T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AĞIR TİCARİ ARAÇLARDA KİRLENME PROBLEMLERİNİN DENEYSEL İNCELENMESİ VE HAVA KANALI UYGULAMASI

Mert ÖLÇEN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Isı-Proses Programı

Danışman

Prof. Dr. Hakan DEMİR

Temmuz, 2019

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AĞIR TİCARİ ARAÇLARDA KİRLENME PROBLEMLERİNİN DENEYSEL İNCELENMESİ VE HAVA KANALI UYGULAMASI

Mert ÖLÇEN tarafından hazırlanan tez çalışması 11.07.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Isı-Proses Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Hakan DEMİR

Yıldız Teknik Üniversitesi

Danışman

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Hakan DEMİR, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. Ş. Özgür ATAYILMAZ, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Doç. Dr. Aliihsan KOCA, Üye
Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi _____

Danışmanım Prof. Dr. Hakan DEMİR sorumluluğunda tarafımca hazırlanan Ağır Ticari Araçlarda Kirlenme Problemlerinin Deneysel İncelenmesi ve Hava Kanalı Uygulaması başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Mert ÖLÇEN

İmza

TEŞEKKÜR

Başta bu yüksek lisans çalışmasına yön vererek tüm çalışma süreçlerimde değerli görüşleri ile katkıda bulunan danışman hocam Sayın Prof. Dr. Hakan DEMİR' e teşekkürlerimi sunarım.

Tüm yüksek lisans sürecimde çözüm önerileri ile beni destekleyen FORD OTOSAN Ürün Geliştirme ekip lideri Sayın Cenk DİNÇ'e ve ekibine, tüm bu süreçte desteklerini esirgemeyen ekip liderim Sayın Murat USLU' ya ve ekip arkadaşım Sayın Bekir BENTÜRK' e teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans serüvenimin en başından beri desteklerini hiç esirgemeyen ve her zaman arkamda olan, çok değerli hocalarım Sayın Prof. Dr. Özden AĞRA ve Sayın Prof. Dr. Şevket Özgür ATAYILMAZ'a teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans sürecimde yaşadığım tüm zorluklarda beni cesaretlendiren ve desteklerini esirgemeyen, her daim yanımda olan arkadaşım Sayın Rumeysa Öztürk' e teşekkürlerimi sunarım.

Ve son olarak bugünlere gelmemde en büyük katkıları olan aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

Mert ÖLÇEN

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ VI
KISALTMA LİSTESİ VII
ŞEKİL LİSTESİ VIII
TABLO LİSTESİ X
ÖZET XI
ABSTRACT XIII
1 Giriş 1
1.1 Literatür Özeti 1
1.2 Tezin Amacı 5
1.3 Hipotez 5
2 Araç Gövdesi Kirlenme Problemleri 6
2.1 Araç Önü Kirlenmesi 7
2.2 Araç Arkası Kirlenmesi 8
2.3 Yan Kirlenme 10
2.3.1 Ön Tekerlek 10
2.3.2 Arka Tekerlek 10
2.3.3 Dış Kaynaklar 10
2.4 Ağır Ticari Araçlarda Sıçrama ve Sprey Oluşum Mekanizmaları 11
2.5 Ağır Ticarı Araçlarda Sprey Oluşumunu Engelleme Yöntemleri 12
2.5.1 Enerji Sönümleme Tipi Test Prosedürü 14
2.5.2 Hava/Su Ayrıştırıcı Tipi Testi 16
3 Fiziksel Yol Testleri ve Kirlenme Analizleri 18
3.1 Testler İçin Prototip Parça Üretimi 23

4 Kirlenme Analiz Yöntemleri 28
4.1 Kirlenme Anazliz Yöntemleri 28
4.2 Görüntü İşleme Çalışması Yapılabilecek Paket Programlar 29
4.2.1 MATLAB 29
4.2.2 HALCON 29
4.2.3 OpenFrameworks 29
4.2.4 CIMG 30
4.2.5 Fiji 30
4.2.6 OpenCV 30
4.3 Yeni Nesil Programlama Dili Pyhton 30
4.3.1 Anaconda Navigator Programı Üzerinden Python Kodlama 34
4.3.2 Görüntü İşlemenin Temelleri 36
4.4 Python Programlama Dilinde Görüntü İşleme 40
5 Testler Sonrası İşlemler 45
5.1 Python Programı ile Kirlilik Analizi 47
6 Sonuçlar ve Öneriler 49
Kaynakça 57
Tezden Üretilmiş Yayınlar 60

SİMGE LİSTESİ

d/d	Devir/dakika
PS	Güç(kilowatt)
v	Hız (metre/saniye)
x	Kanat açısı(°)
n	Kanat sayısı
k	Kirlilik oranı
KF	Kirlilik Faktörü
S	Şanzıman vites sayısı
%	Yüzde

KISALTMA LİSTESİ

CFD	Computational Fluid Dynamics
HAD	Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği
HCV	High Commercial Vehicle
LBM	Lattice Boltzmann Method
RNG	Re-Normalisation Group
SUV	Sport Utility Vehicle

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1. 1 Çalışmada kullanılan hava kanalı tipleri [4] 3
Şekil 1. 2 Çalışmada yapılan parçacık takibi analizlerinden bir görüntü. 3
Şekil 2. 1 Belirli bir hızda Hareket eden aracın ön yüzeyinden, arka tarafa doğru yönelen akış [8] 7
Şekil 2. 2 Spoiler uygulaması ve araç arka camı kirlenme artışı [8] 9
Şekil 2. 3 Spoiler uygulaması ve araç arka camı kirlenme artışı [8] 9
Şekil 2. 4 Spray engelleyici parça ve araçtaki konumu 13
Şekil 2. 5 Enerji Sönümleme Tipi Test Düzeneği, A: su kaynağı, B: Su toplama kap tankı doğrultusu, C: Su toplama kollektörü, D: Paslanmaz Çelik, E: 12 adet silindirik delik, F: Numune, G: Rijit düz plaka [10] 15
Şekil 2. 6 Hava/su ayrıştırıcı tipi testi test düzeneği [10] 16
Şekil 3. 1 Hava Kanalı Parçası Arkadan Görünüşü 19
Şekil 3. 2 Hava kanalı parçasının araç üstündeki yeri ve hava kanalının bağlantı noktaları 20
Şekil 3. 3 Kaput üzerine bağlanan hava deflektörleri ve aracın simetri ekseni [11] 20
Şekil 3. 4 Test akış şeması 21
Şekil 3. 5 Klasik bir araç üretim süreci 24
Şekil 3. 6 Üç Boyutlu Üretim Yöntemleri 25
Şekil 3. 7 Üç Boyutlu Üretim Yöntemleri 25
Şekil 3. 8 3D yazıcıyla üretilen hava kanalı parçasının destek yapısı ayrılmamış.. 26
Şekil 4. 1 www.python.org sayfasının görüntüsü [18]. 31
Şekil 4. 2 Microsoft Azure üzerinden yeni proje oluşturma [19] 32
Şekil 4. 3 Azure sisteminde yeni proje oluşturma [19] 32
Şekil 4. 4 Azure sistemi üzerinden çalışma sayfası oluşturma [19] 33
Şekil 4. 5 Çalışma sayfasına isim verme ve Python versiyonu seçme [19] 33
Şekil 4. 6 Jupyter Not Defteri ve Yazılmış Olan Bir Kod Örneği [19] 34
Şekil 4. 7 Anaconda programının ara yüzü 35
Şekil 4. 8 Kodlama sayfasına geçiş 36
Şekil 4. 9 Örnek bir görüntü ve görüntü içerisinden belirli bir alanın piksellerinin büyütülmüş hali [20]. 36

Şekil 4. 10 El yazısıyla yazılmış olan rakamların matrise dönüştürülmüş hali [21] 37
Şekil 4. 11 El ile yazılmış 1 rakamının 28 X 28' lik matriste gösterimi ve renk analizi [21] 38
Şekil 4. 12 RGB renk skalası [22] 39
Şekil 4. 13 32 bitlik görüntüde renk dağılımı [22] 39
Şekil 4. 14 Bir fotoğrafın görüntü işlemedeki 3 farklı boyutu [21] 40
Şekil 4. 15 Numpy kütüphanesinin çağırılması 40
Şekil 4. 16 Matpolot kütüphanesinin çağırılması 40
Şekil 4. 17 Pyhton fotoğraf kütüphanesinin sisteme çağırılması 41
Şekil 4. 18 Open komutu ile fotoğrafın programa çağırılması 41
Şekil 4. 19 Pic komutu ile görüntünün çalışma sayfasında görselleştirilmesi 41
Şekil 4. 20 Çağırılan dosyanın türünü öğrenme 42
Şekil 4. 21 İşlenen fotoğrafın piksel eksenlerinin görüntülenmesi 42
Şekil 4. 22 Aynı resim üzerinde RGB skalalarına göre görüntüleme 43
Şekil 4. 23 Aynı fotoğrafın full kırmızı/yeşil/mavi halinin gri skalada gösterimi .. 43
Şekil 5. 1 a) Orijinal fotoğrab b) Beyaz dengesi yapılmış fotoğraf 45
Şekil 5. 2 Kirlilik analizi yapılacak bölge 46
Şekil 5.3 3000 x 1000 piksel değerinde kesilmiş çamurluk görüntüsü 46
Şekil 5. 4 Kirlilik analizi için kullanılan kodlar 47
Şekil 5. 5 Gri skalaya çevrilmiş parçanın fotoğrafı 47
Şekil 5. 6 Matris komutu ve piksel kontrol komutları 48
Şekil 5. 7 Ortalama renk yoğunluğunu sayısallaştırma işlemi 48
Şekil 6. 1 Beş kanatlı hava kanalı analiz grafiği 51
Şekil 6. 2 Üç kanatlı hava kanalı analiz grafiği 51
Şekil 6. 3 Beş ve üç kanatlı hava kanalı tasarımlarının kirlilik analiz grafiği 52
Şekil 6. 4 Çalışmada kullanılan hava kanalı tipleri[23] 53
Şekil 6. 5 % temiz yüzey / normalleştirilmiş hava hızı [23] 53

TABLO LİSTESİ

Tablo 3. 1 Test Aracının Teknik Özellikleri 18
Tablo 3. 2 Test Takip Tablosu 22
Tablo 6. 1 Sol 5 kanatlı 0° - Sağ 5 kanatlı 30° 49
Tablo 6. 2 Sol 3 Kanatlı 0° - Sağ 3 kanatlı 30° 49
Tablo 6. 3 Sol 3 kanatlı 15° - Sağ 5 kanatlı 15° 50
Tablo 6. 4 Üç kanatlı hava kanalı tasarımının %' de kirlilik oranları 50
Tablo 6. 5 Genel kıyaslama tablosu 54

ÖZET

Ağır Ticari Araçlarda Kirlenme Problemlerinin Deneysel İncelenmesi ve Hava Kanalı Uygulaması

Mert ÖLÇEN

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Hakan DEMİR

Sürüş konforu bir müşteri için vazgeçilmez özelliklerden biridir. Sürüş konforunu oluşturan birçok farklı özellik bulunmaktadır. Bu özelliklerden biri ise sürüş sırasında sürücünün görüş alanının yeterli seviyede olması ve aracın uzun süre temiz kalmasıdır. Ayrıca geniş görüş alanı güvenlik açısından da çok önemlidir. Bu yüzden otomotiv firmaları her türlü hava koşulunda sürücüye sunulan maksimum görüş alanını korumaya çalışmaktadırlar. Yağmur, kar gibi sert hava koşullarında araçların ön, yan, arka cam ve aynalarında kir birikmeleri meydana gelmektedir. Bunun yanında araçların arka kısımlarında oluşan kirlenme problemleri özellikle geri görüş kameralarının efektif çalışmasını engellemektedir. Ağır ticari kamyonlarda da durum benzerdir. Çok daha kirli, tozlu ortamlarda çalışan bu araçların her türlü hava koşulunda minimum kirlenme karakteristiğine sahip olması beklenir. Ağır ticari araçlarda kir birikmesi özellikle araç yan gövde bölümünde meydana gelmektedir. Sürücü aracına binmeye çalışırken kirlenmiş kapı kolunu tutmakta ve merdivenlerden çıkarken kirli yüzeye temas etmesinden dolayı

kıyafetleri kirlenmektedir. Dolayısıyla bu durum ciddi miktarda müşteri şikayetine neden olmaktadır. Bu çalışmada farklı araç marka ve modelleri için kir birikme problemlerinin kök sebepleri detaylıca incelenmiş ve çözüm yöntemleri araştırılmıştır. Bunun yanında ağır ticari araçlarda kirlenme karakterestikleri incelenmiş ve ağır ticari bir araç için kirlenmeyı engelleyici en uygun hava kanalı (corner vane) tasarımları araştırılmıştır. Hava kanalında bulunan kanatçıkların kanat açısı, kanat adedi farklı hızlarda, araç üzerinde test edilmiştir. Test yol şartlarında yapılmış ve herbir tasarım için araç yan gövde kirlenmeleri takip edilmiştir. Her bir testten sonra araç yan gövdeleri aynı mesafeden fotoğraflanmıştır. Her bir fotoğraf için "Python" yazılım dili kullanılarak "image processing"(görüntü işleme) işlemi yapılmıştır. Bu yöntemle her bir test sonrasında kapıda biriken kir oranı hesaplanmış ve kirlenmeyi en aza indiren hava kanalı tasarımı belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Kir-toz yönetimi, hava kanalı, sürüş konforu, kirlenme, görüntü işleme

ABSTRACT

Experimental Investigation of Soiling Problems on High Commercial Vehicles and Corner Vane Application

Mert ÖLÇEN

Department of Mechanical Engineering

Master Thesis

Advisor: Prof. Dr. Hakan DEMİR

Driving comfort is one of the indispensable features for a customer. There are many different features that make driving comfort. While one of these features is that the driver's field of vision is adequate while driving, the other one is that the vehicle remains clean for a long time. Also, the wide field of view is very important in terms of security. Therefore, automotive companies are trying to maintain the maximum field of vision offered to the driver in all weather conditions. In harsh weather conditions such as rain, snow, dirt accumulates in the front, side, rear window and mirrors of vehicles. Besides, contamination problems that occur in the back of the vehicles prevent the effective operation of rear-view cameras. The situation is similar for heavy commercial trucks. These vehicles, which work in much more dirty, dusty environments, are expected to have minimum contamination characteristics in all weather conditions. The accumulation of dirt at heavy commercial vehicles occurs especially in the vehicle side body. When drivers are trying to get into the vehicle, they hold the dirty door handle and as they climbs up-down during ingressing and egressing to the vehicle, their clothes become dirty due to touching the dirty surface. Therefore, this situation causes serious customer

complaints. In this study, the root cause of dirt accumulation problems for different vehicle brands and models were examined in detail and the solution methods were investigated. Besides, soiling characteristics of heavy commercial vehicles were examined and the most effective corner vane design for heavy commercial vehicles was investigated. Different angle of wings, number of wings were experimented at the different velocity. The test was carried out under the road conditions and the vehicle's body side contamination was tracked for each design. After each test, the vehicle body side are photographed at the same distance. "Python" programming language was used for each photo and "image processing" was performed. By using this method, the rate of dirt accumulation at the door was calculated after each test. Consequently, the most effective corner vane design is determined.

Keywords: Water-dirt management, corner vane, driving confort, image processing

1
Giriş

1.1 Literatür Özeti

Bir çok otomotiv firması müşterilerine farklı özelliklerde araçlar sunmaktadırlar. Yol tutuşu, sessizlik, minimum yakıt tüketimi, dayanım, performans gibi özellikler müşterinin araç alırken en çok dikkat ettiği özelliklerdir. Otomotiv firmaları da rakip firmalar arasında ön plana çıkabilmek için bu özelliklerin geliştirilmesi için maksimum performans göstermektedirler. Diğer yandan güvenlik ve sürüş konforu, müşterilerin bir araçtan bekledikleri en doğal ve öncelikli özelliklerdir. Ayrıca sürücü için maksimum görüş alanı güvenlik açısından çok önemli bir parametredir. Dolayısıyla ön cam, yan cam ve arka camın, araç dış aynalarının görüş alanlarının, araç üzerinde kullanılan geri görüş kamerası gibi sistemlerin en efektif şekilde kullanılabilmesi gerekmektedir.

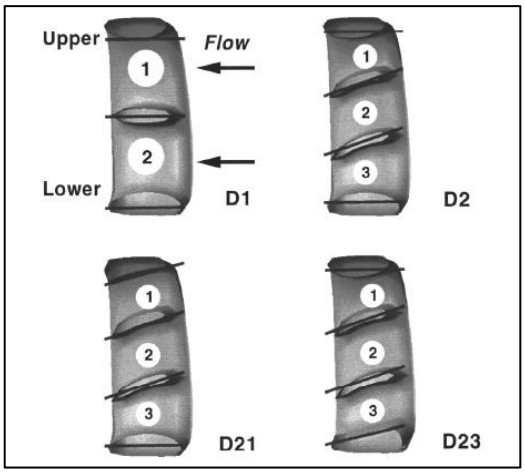
Bir araçta efektif bir görüş alanı sağlansa bile yağmur, kar, fırtına gibi sert hava koşullarında araç sürüşü zorlaşmaktadır [1]. Çünkü araç camlarının, kamera sistemlerinin veya aynaların yüzeyleri karla kaplanabilmekte, hava veya yol şartlarından ötürü kirlenebilmektedir. Bu yüzden sürüş konforunda ciddi bir düşüş ve güvenlik açısından tehlike oluşmaktadır. Bu kirlenme sürücünün görüş alanını etkileyecek cam, ayna, kamera sistemlerinde olabileceği gibi, aracın yan gövdesinde de olabilmektedir. Özellikle araç yan gövdesinde oluşan kirlenme problemi müşteriyi olumsuz etkilemektedir. Araç kapısını ya da bagaj kapağını açmak isteyen bir müşterinin elleri kirlenmektedir. Bunun yanında ağır ticari araç sürücüleri araca binmek için basamakları kullanırken ellerinin yanında elbiseleri de kirlenen yüzeylere değdiği için kirlenme probleminden şikayetçi olmaktadırlar.

Gaylard ve arkadaşlarının 2011 yılında yaptıkları çalışmada ıslak yolda su sıçraması ve çamurluk, alt gövde kısmındaki damlamalardan kaynaklı yan ve arka camlarda oluşan kir filmi incelenmiştir. Dönen tekerlekten ve yoldan gelen su taneciklerini simule edebilmek için Latice Boltzmann metodu kullanılmıştır. Ayrıca hem SUV hem de sedan araçlar özel toprak yol pistinde test edilmiş ve test sonrasında kir filmi

fotoğraflanmıştır. Bunun yanında SUV aracına, rüzgar tünelinde gerçek sürüş koşulları altında, floresan ışığında görünebilen boya püskürtülmüş ve yan gövde üzerindeki kirlenme miktarı tespit edilmiştir. Test sonrasında elde edilen fotoğraflar analiz sonuçları ile kıyaslanmıştır. Sonuç olarak simülasyon yönteminin fiziksel testle bağdaştığı gözlemlenmiştir. Ayrıca Langrangian parçacık izleme yönteminin kararsız akış şartlarında su damlacıklarının etkisinin görselleştirilmesinde kullanılabileceği ve doğru sonuçlar verdiği belirtilmiştir [2].

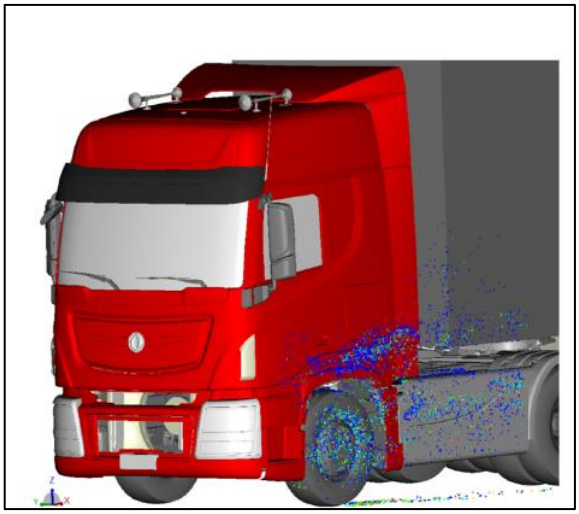
Jonathan ve arkadaşlarının 2013 yılında yaptıkları çalışmada tekerlekten kaynaklanan sprey yayılımının, süreksiz akış şartlarında parçacık takibi ile bir film modeli oluşturulmasının avantajları araştırılmıştır. Çalışmada efektif bir sıçrama modeli kurabilmek için, araç gövdesi üzerinden süzülen ve damlayan su damlacıkları göz ardı edilmiştir. Çalışmada LBM programı kullanılarak parçacık takibi yapılmıştır. Sonuçlar gerçek yol testleri ve rüzgar tüneli test sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Çalışma sonunda sıçrama yapısındaki su taneciği hareketinin daha küçük parçacıklar ürettiği ve stoke sayısı düşük olan bu parçacıkların süreksiz akış durumunda araç gövde kirlenmelerini arttırdığı gözlemlenmiştir [3].

Min-Ho Kim'in 2000 senesinde yaptığı çalışmada kaput üzerinde bulunan köşe kanadının (corner vane) ağır ticari araçlarda aerodinamik etkisi, yakıt tüketimine ve araç yan gövde bölümlerindeki kirlenme etkisi incelenmiştir. Bu çalışmada daimi, sıkıştırılamaz yüksek hızlı viskoz akış için RNG k-ε türbülans modeli kullanılmıştır. Akış analizlerinde sonlu hacimler yöntemiyle çalışan STAR-CD v3.10 programı kullanılmıştır. Yapılan analiz çalışmalarına ek olarak kapıdaki kirlenmeyi görsel olarak deneyimlemek için gerçek sürüş koşullarında test yapılmış ve test sonrasında farklı tasarımlara sahip kanatçıklar için kapı üzerindeki kirlenme miktarı görselleştirilerek analiz sonuçları ile karşılaştırılmıştır(Şekil 1.1). Son olarak hem kapı kirlenmesine en çok etki eden hem de en aerodinamik kanatçık belirlenmiştir. Köşe kanadı uygulamasının kapı üzerindeki kirlenmeyi azalttığı gözlemlenmiştir [4].



Şekil 1. 1 Çalışmada kullanılan hava kanalı tipleri [4]

Kebing ve arkadaşlarının 2015 senesinde yeni Dongfeng marka ağır ticari çekici aracının aerodinamik geliştirme çalışmalarında tüm aerodinamik geliştirme çalışmalarından sonra yan gövde üzerinde kir filmini engelleyecek hava kanatçığı, çamurluk ve ön tampon dizayn itarasyon çalışmaları yapmıştır. Çalışmada HAD analiz programı olarak $PowerFlow^{®}$ kullanılmıştır ve Lattice Boltzmann metodu ile parçacık takibi analizleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 1.2). Çalışma sonrasında kapıda ve kapı kolunda çok az miktarda parçacık tespit edilmiştir [5].



Şekil 1. 2 Çalışmada yapılan parçacık takibi analizlerinden bir görüntü.

Dasarathan ve arkadaşlarının 2016 yılında yaptıkları çalışmada bir yolcu otobüsünün su ve kir yönetiminin HAD yöntemleri ile korelasyon çalışması yapılmıştır. İlk olarak biri referans diğeri test aracı olmak üzere iki test otobüsü art arda 100 km/h hızla maksimum 10km/h rüzgar altında, değişken hava koşullarında kontrolsüz bir ortamda test edilmiştir. Araca bağlanan Full HD kamera ile video kaydı yapılmıştır. Test sonrasında sürücü tarafı camının sol üst köşesinde kalıcı bir kirlenmenin olduğu ve sprey tarzı bir kirlenmenin geliştiği gözlemlenmiştir. Çalışma daha sonra HAD analizleri ile desteklenmiştir. LBM simülasyon programı ile RNG k-epsilon türbülans modeli kullanılmıştır. Yapılan analizlerde de aracın sürücü tarafı camının sol üst köşesinde yüzey gerilimlerinin çok fazla olduğu ve bu gerilimin su taneciklerini aracın sol üst köşesine doğru ittiği gözlemlenmiştir. Dolayısıyla sol üst köşede bir su birikmesinin meydana geldiği ve bunun ana nedeninin aracın A sütununun oluşturduğu girdaptan(vortex) kaynaklandığı gözlemlenmiştir. Araç camının sol üst köşesinde bulunan damlalık rayı (drip rail) ve sol tarafında dik bir şekilde konumlandırılmış yağmur oluğu (rain gutter) parçalarında yapılan dizayn değişikliği sonrasında camın sol üst köşesinde biriken ve sıkışan suyun azaldığı ve yüzey geriliminin camın aşağısına doğru kaydığı, hem HAD analizleri ile hem de yol testleri ile kanıtlanmıştır [1].

Ming ve arkadaşlarının 2011 senesinde tamamladıkları çalışmada, ağır ticari çekici sınıfı aracının aerodinamik ve aeroakustik analizleri yapılmıştır. Yüksek ve alçak kabinli araçta Exa's *PowerFlow*® programı ile Lattice Boltzmann metodu kullanılarak parçacık takibi yapılmış ve kapı yüzeyinde oluşan kirlenmenin nedenleri araştırılmıştır. Alçak kabinli araçta rüzgarlık kullanıldığı zaman kabin ile dorse arasındaki türbülansın ciddi ölçüde azaldığı ve bununda kapı üzerindeki kirlenmeye olumlu katkı yaptığı gözlemlenmiştir. Yüksek kabinli aracın eski modeli ile yeni modeli, kirlenme açısında analiz edilmiş ve yeni model aracın kapı kirlenme seviyesinin daha az olmasına karşın hava kanalının tasarımının geliştirilmesi gerektiği belirtilmiştir. Daha sonra yüksek kabinli yeni model aracın hava kanalının kanatlarının açısı havayı aşağı doğru yönlendirecek şekilde değiştirilmiştir. Yapılan analiz sonucunda herhangi bir iyileşme görülmemiş, aksine kirlenmede artış gözlemlenmiştir [6].

1.2 Tezin Amacı

Bu çalışmanın ana amacı ağır ticari bir aracın çamurluk bölgesinde meydana gelen kirlenmenin azaltılması için uygun hava kanalı tasarımının görüntü işleme yöntemi kullanılarak belirlenmesi, araç üzerinde uygulanması ve kirlenme probleminin azaltılmasıdır.

1.3 Hipotez

Ağır ticari araçlarda kirlenme problemi birçok araç üreticisi için büyük sorun teşkil etmektedir. Çok kısa sürelerde kirlenen araçlar, müşteri şikayetine neden olmaktadır. Dolayısıyla erken fazlarda fark edilemeyen kirlenme sorununu çözmek için yeni yatırım maliyetleri gerektirmekte ve alınan aksiyonlar aracın başka özelliklerine olumsuz etki edebilmektedir. Dolayısıyla araç kirlenme problemleri diğer araç özellikleri gibi dikkat edilmesi gereken bir konudur. Bu çalışmada ağır ticari araçlarda yan gövde kirlenme problemini ortadan kaldırmak için "Hava Kanalı" (Corner Vane) parçasının optimum dizaynı belirlenmeye çalışılmıştır. Hava kanalı parçası farklı kanat açıları, farklı kanat sayısı kullanılarak farklı hızlarda test edilmiştir. Testler sonrasında bu parametrelere bağlı olarak her bir dizayn için kirlilik faktörü ve genel bir kirlilik formülü oluşturulmuştur.

2
Araç Gövdesi Kirlenme Problemleri

Araç kirlenmesi akışkanın ya da akışkanın sürüklenen parçacıklarının, bir taşıtın dış yüzeyinde oluşturduğu bulutlanma etkisi olarak tanımlanabilir. Araç kirlenmesi, sıçrama ve sprey kombinasyonu ile gerçekleşmektedir. Sıçrama, lastikler tarafından oluşturulan büyük damlacıkları ifade eder ve teker hareketinden kaynaklı bir balistik yörüngeyi izlerken, sprey atmosferde asılı kalan, birleşerek sis bulutu oluşturan ve görünürlüğü engelleyen küçük damlacıklardan oluşur. Hem yayalar için tehlike yaratması hem de sürücünün görüş alanını ciddi ölçüde kısıtlaması bakımından sprey, sıçramaya göre sürüş konforunun ve güvenliğinin azalmasına daha çok etki etmektedir. Genel olarak araçların kirlenmesine neden olan etkilere bakacak olursak bunlar; yağmur, kar, toz ve çamurdur. Bu etkenlerin hepsi taşıtlar üzerinde kirletici etkiye neden olmaktadır. Kirletme biçimleri ve formları tüm bu etkenlerde aynı olsada çamur kaynaklı kirlenme diğer kirlenme durumlarına göre daha etkili olmaktadır. Çamur sonucu oluşan kirlilik araç yüzeyinde daha çok kalmaktadır.

Aerodinamik açıdan bakıldığında ise iki türlü kirlenmeden söz edilebilir. Bunlar laminer akış ve türbülanslı akış kirlenmesi olup, türbülanslı akışta kirlenme hızı laminer akışa göre daha fazladır.

Akış ayrılması, türbülanslı akışın tetikleyicilerinden biridir; bu nedenle, akış ayrılmasının yakın olduğu taşıtlarda özellikle araç alt kısımlarında bulunan (yani, orta düzlem düzleminin altında) parçalarda ciddi kirlenme olması beklenir. Orta yatay düzlemin üstündeki kirlemeye genel olarak cam kirlenmesi denir ve orta düzleminin altında gerçekleşen kirlenme gövde kirliliği olarak adlandırılır.

Araç gövdesi üzerinde kirlenme;

- araç önü kirlenmesi,
- araç arkası kirlenmesi,
- yan gövde kirlenmesi olarak 3'e ayrılabilir [7].

2.1 Araç Önü Kirlenmesi

Aracın ön tarafının gözyaşı damlası aerodinamik modeline yakın olmasından kaynaklı olarak, aracın ön bölümünde akış ayrılması genellikle görülmemektedir. Aracın ön tarafından gelen hava akımı kaputu, ön camı ve araç tavanını düzgün bir şekilde takip ederek araç arkasına doğru yönelmektedir (Şekil 2.1). Dolayısıyla araçların ön gövdelerinde genellikle gözle görülür ve müşteriyi etkileyecek bir kirlilik oluşmamaktadır.



Şekil 2. 1 Belirli bir hızda Hareket eden aracın ön yüzeyinden, arka tarafa doğru yönelen akış [8]

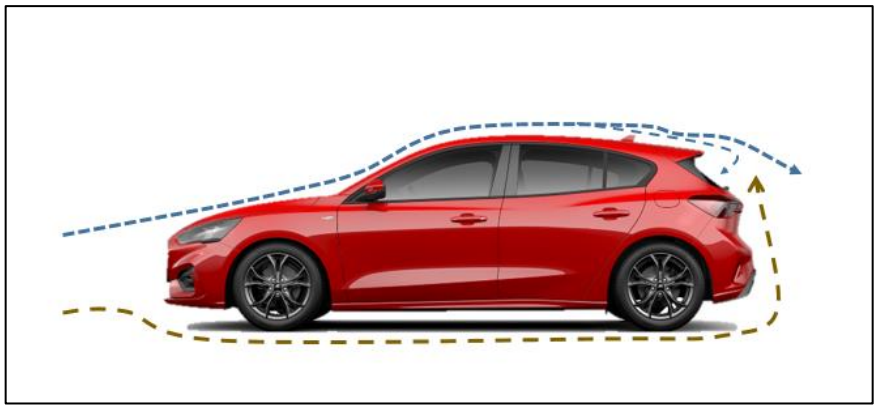
Genel olarak araç önü kirlenmesine kar ve yağmurdan kaynaklı aracın ön camının ve farlarının kir tutması örnek gösterilebilir. Bilindiği gibi sürücü ön camdan yolu net bir şekilde görmek istemektedir. Bu yüzden iyi bir silecek dizaynı araç ön camı kirlenmesinin önlenmesinde çok önemlidir. Ön cam kirlenmesinin engellenmesinin diğer yolları ise araç ön camının eğiminin ve gövde-cam yüzeylerinin sürtünme katsayılarının azaltılmasıdır.

Araç ön tarafının kirlenmesine neden olan bir diğer önemli durum ise önde giden aracın lastiklerinin rotasyonel hareketinden kaynaklı oluşturduğu su spreyidir. Bu su spreyi beraberinde toz ve çamur taneciklerini barındırmaktadır ve arkadaki aracın özellikle tampon ve far bölümünde ayrıca ön camda kirlenmeye neden

olmaktadır. Binek araçlara nazaran ağır ticari araçlar, lastiklerinin daha büyük olmasından kaynaklı olarak trafik koşullarında ciddi ölçüde su spreyi oluşturmaktadır. Bu su spreyi kirlenmenin yanı sıra ciddi kaza riski meydana getirmektedir [7].

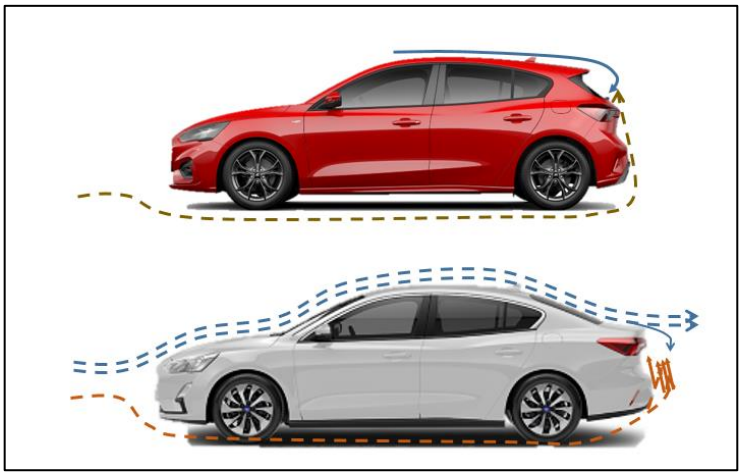
2.2 Araç Arkası Kirlenmesi

Araç yol üzerinde ilerlerken genellikle toz ve kir türbülanslı akış nedeniyle yerden araç gövdesine doğru yükselir ve yükselen bu kirli hava, aracın arka cam, bagaj ve tampon kısmında birikir. Hava durumuna bağlı olarak, araç arkası kirlenmesinde tavan kısmından gelen hava akımının oluşturacağı kirlenme, aracın arka lastiklerinin oluşturduğu ve araç alt tarafından gelen hava akımının oluşturduğu kirlenme kadar önemlidir. Fakat son zamanlarda aracın hava ile olan bağlantısını uzatmak ve sürtünme katsayısını düşürmek için araç tavanının bitiş noktalarında rüzgarlık(spoiler) ugulamalarıyla araç tavanı uzatılmaktadır. Bu aeordinamik açıdan her ne kadar iyi bir uygulama olup aracın stabilitesini arttırsada araç arkası kirlenmesine olumsuz yönde etki etmektedir. Bunun sebebi, araç tavanını süpürerek gelen hava akımının, spoiler parçasından dolayı aracın arka camın daha uzağında etki etmesidir. Bunun yanında spoiler bitiş noktasında akışın bir bölümü araç arka camına doğru dönmekte ve türbülans oluşturmaktadır. Ayrıca yerden kir kaldırarak gelen araç altı hava akımı, aracın tampon kısmında yukarı doğru yükselmekte ve arka camda kirlenme oluşturmaktadır. Dolayısıyla spoiler parçası olmayan araçların tavan hava akımı, araç altından gelen ve arka camda kirlenmeye neden olan hava akımını aşağı yönde itmekte ve arka camda kir toplanmasını engellemektedir (Şekil 2.2) [7].



Şekil 2. 2 Spoiler uygulaması ve araç arka camı kirlenme artışı [8]

Araç arkası kirlenmesinde de araç gövde dizaynının büyük önemi vardır. Örneğin sedan araçların arka camları station vagon araçların arka camlarına göre daha az kirlenmektedir (Şekil 2.3). Bunun sebebi sedan araçlarda üst taraftan gelerek tavanı süpüren hava akımının araçtan ayrılmadan önce arka camın yüzeyinden boylu boyunca geçmesidir. Ayrıca araç altından gelen hava akımı tampon kısmında akış ayrılmasına maruz kalmakta ve yukarıya doğru yönelmektedir. Fakat aracın üstünden gelen havanın iki bileşeni bulunmaktadır ve bu kuvvetlerin farklı özellikleri bulunmaktadır. Bunlar; direk kuvvet ve kesme kuvvetidir. Direkt kuvvet, alttan gelen havanın yükselmesini engellerken, kesme kuvveti ise aynı akımın yukarı doğru olan momentumunu azaltır. Bu yüzden sedan araçlarda tampon kirlenmesi station vagon araçlara göre daha az olmaktadır [7].



Şekil 2. 3 Spoiler uygulaması ve araç arka camı kirlenme artışı [8]

2.3 Yan Kirlenme

Yan kirlenmenin neden olan etmenler genel olarak ön tekerlekler, arka tekerlekler ve dış kaynaklardır [7].

2.3.1 Ön Tekerlek

Ön tekerleğin dönme hareketinden dolayı hava akımı çamurluk bölgesine çarpar. Ardından aracın alt ve dış tarafına doğru yönlenir. Dolayısıyla herhangi bir kir kaynağı rotasyonel bir akıştan kayma akışına geçer ve aracın yan tarafında ve özellikle alt kısımlarında kirlenmeye neden olur [7].

2.3.2 Arka Tekerlek

Arka tekerleklerin araç üzerinde oluşturduğu kirlenme ön tekerleklerin yapısını genel itibariyle benzemektedir. Fakat arka tekerleklerin araç mimarisindeki yerleri düşünüldüğünde konum olarak aracın arkasında olmalarından dolayı, yan gövde üzerindeki kirlenmeye etkileri çok azdır. Arka tekerleklerin dönme hareketi yerden kaldırılan su ve toz karışımını ön tekerleklerde olduğu gibi bir rotasyonel harekete sokmaktadır. Akışın küçük bir bölümü bir bölümü çamurluk kısmına çarparken geri kalan kısmı ise uzunlamasına, yanal ve dikey yönlere doğru haraket ederek aracın arkasında kirlenmeye neden olur. Bu kir içeren akış, aracın altından gelen hava akımı ile birleşerek momentum kazanır, yerden ekstra toz partikülleri kaldırır ve araç arka bölümündeki vorteksi oluşturan hava akımına katılırlar [7].

2.3.3 Dış Kaynaklar

Dış kaynaklar da aracın kirlenmesine önemli ölçüde etki etmektedir. Dış kaynaklar genel olarak araca etki eden rüzgarlar ve diğer araçların oluşturduğu hava akımlarıdır. Araçların yan gövdelerine gelen kuvvetli rüzgarlar aracın yan yüzeyinde araç arkasına doğru haraket eden hava akımını şiddetli bir biçimde bastırabilmektedir. Bu da kirlerin araç yan yüzeyine yapışmasına neden olmaktadır. Bunun yanında normal yol şartlarında yandan geçen aracın oluşturduğu hava akımı da araç gövdesi üzerinde kirlenmeye neden olmaktadır. Ayrıca yandan geçen araç bir su birikintisine girdiğinde tekerleklerin sıçrattığı sıvı filmi doğrudan diğer aracın kirlenmesine etki etmekdir [7].

2.4 Ağır Ticari Araçlarda Sıçrama ve Sprey Oluşum Mekanizmaları

Kamyonlar yağmurlu havalarda büyük ölçüde sprey oluşumuna neden olmaktadır. Bu yüzden ıslak zeminde araç kullanırken özellikle kamyonların oluşturduğu sprey filmi diğer araçlar için tehlike oluşturmakta ve sadece araç kirlenmesine değil aynı zamanda kazalara neden olmaktadır. Bu sebeplerden ötürü kamyonların oluşturduğu sprey filmini azaltmak için yıllardan bu yana çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Kamyonlara takılan özel aparatlar hem sprey hem de sıçramayı azaltmakta ve daha güvenli bir sürşü ortamı sağlamaktadır.

Kamyonların tekerleklerinin yerden su damlacıkları kaldırmasının temelde 4 ana sebebi bulunmaktadır. Bunlar; yay dalgası (bow wave), yan dalga(side wave), kılcal adezyon ve son olarak lastik dişleridir. Bu herbir madde çok önemli olup ayrı ayrı çalışılması gerekmektedir. Yan dalganın (Side wave) oluşturduğu su damlası modeli genellikle sıçrama yönündedir. Yan dalganın oluşturduğu su damlası modeli aracın dışına doğru yayılarak yol yüzeyinde birikir ve otoyol koşullarında herhangi bir ciddi görme problemi oluşturmaz. Yay dalgası (bow wave) aracın öne doğru haraketinden dolayı ortaya çıkmaktadır ve aracın lastiklerinin ön kısmında türbülanslı hava akımı oluşturmaktadır. Yay dalgası büyük çoğunlukla su sıçraması meydana getirsede küçük bir bölümü de sprey oluşumuna neden olur. Bu sprey lastik etrafındaki hava akışının tipine ve durumuna göre aracın etrafına yayılabilmektedir.

Kılcal adezyon ve lastik dişleri sprey oluşma probleminin ana nedenlerindendir. Lastik dişleri genellikle su damlacıkları oluşturarak sıçrama meydana getirsede ortaya çıkan su damlacıkları türbülanslı hava şartlarında düz bir yüzeye çarptığında sprey formuna dönüşmektedir. Kılcal adezyon ise latik üst yüzeyinden kopan su damlacıklarının türbülanslı hava şartlarında sprey formu oluşumuna neden olması olarak tanımlanabilir.

Hem sprey hem de sıçrama oluşum mekanizmaları incelenirken ağır ticari araçlar için aks konumununda iyi bir şekilde analiz edilmesi gerekmektedir. Aracın dümenlenebilir ön lastiklerindeki yay dalgası(bow wave), araç hareket halindeyken ön taraftan gelen hava akımına maruz kalmaktadır. Ayrıca aracın tamponunun yere yakın olması bu durumu engellemektedir. Dolayısıyla aracın önünden gelen hava

akımı tekerlek yuvasına direk etki etmektedir. Bu nedenle tekerleğin üstünde sadece kılcal adezyon değil aynı zamanda ciddi miktarda yay dalgası oluşmaktadır.

Aracın arka dingilleri incelendiği zaman ise lastik dişlerinin oluşturduğu sıçrama durumu önemli olmaktadır. Çünkü aracın arka kısmında bulunan akü kutusu, hava tankı, yakıt tankı gibi araç parçaları düz birer yüzey oluşturmakta ve sıçrayan su damlacaıklarının bu yüzeylere çarparak sprey modeline dönüşmektedir.

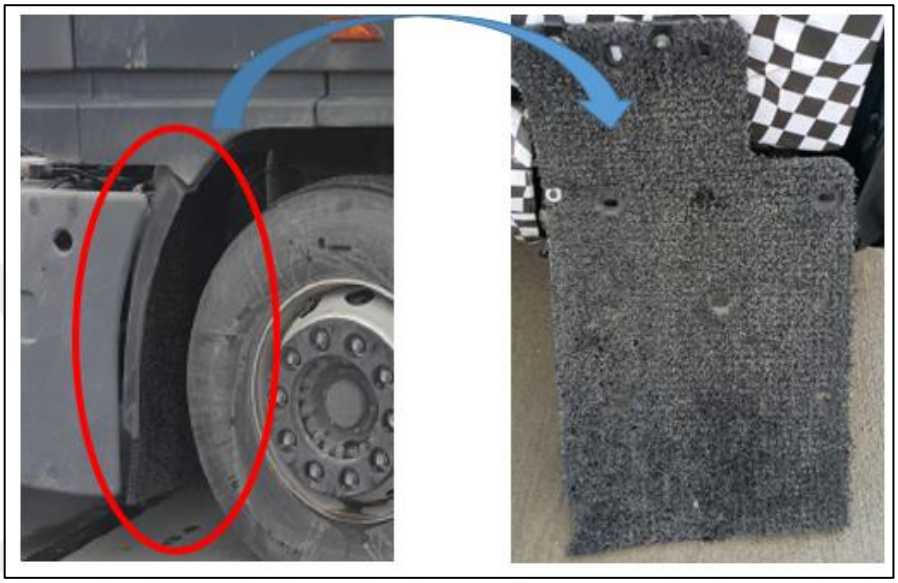
Tahrik dingilleri her ne kadar dümenlenebilen dingilin arkasında bulunsa da tahrik dingilinin lastik dişleri, bozulmamış bir su yüzeyinde hareket etmektedirler. Bu yüzden tandem dingil sistemlerinde sprey oluşumu kompleks bir yapıya sahiptir. Ön dingillerin oluşturduğu kılcal adezyon ve lastik dişlerinden kaynaklı sıçrayan su direkt olarak hareketli dingile çarpmaktadır. Bunun yanında dümenlenebilen dingilin lastiklerinin içe doğru oluşturdukları yan dalgalar da birbirine çarpmakta ve buda sprey oluşumuna katkı sağlamaktadır. Bu bölgedeki hava akımından dolayı oluşan sprey yapısı ya aracın arkasına doğru taşınmakta ya da doğrudan tahrik dingillerinin lastiklerinin üstüne ve dorsenin alt kısmına taşınmaktadır. Bu yüzden yukarı doğru yükselen bu sprey bulutu, araç ile dorse arasındaki açıklıktan dolayı ortaya çıkan türbülanslı hava akışı ile karşılaşmaktadır. Dolayısıyla dorsenin altından gelen bu sprey bulutu anlık basınç değişimlerinden kaynaklı olarak aracın yukarısına doğru taşınmakta ve araç arka ve dorse gövdesinin kirlenmesine neden olmaktadır.

Dorselerin tekerlekleri incelendiğinde ise genellikle pek bir sorun ile karşılaşılmamaktadır. Çünkü ön dingiller suyun büyük bir bölümünü temizlemiş olmaktadırlar. Bu yüzden aracın genelinde oluşan sprey kombinasyonda ki katkıları daha az olmaktadır [9]

2.5 Ağır Ticarı Araçlarda Sprey Oluşumunu Engelleme Yöntemleri

Ağır ticari araçlarda sprey oluşumunu engellemek için iki temel yaklaşım uygulanmaktadır. Bunlardan ilki türbülanslı hava akımının ortadan kaldırılması veya yönünün değiştirilmesidir. Diğeri ise lastik üzerinden yayılan suyun toplanması ve düzgün bir şekilde yönlendirilmesidir[9].

Birçok ağır ticari araçta lastik kaynaklı kirlenmeyi engellemek için araç üzerine takılan ürünler geliştirilmiştir. Bu ürünlerin çalışma stratejisi genel olarak lastikten sıçrayan su damlacıklarını toplama ve düzgün bir şekilde yönlendirme üzerine kuruludur. Bir çok kamyonun ön ve arka lastiklerini çevreleyen çamurluk bölgesinde "spray suppression" adı verilen sprey engelleyici parçalar kullanılmaktadır (Şekil 2.4). Bu parçanın ana amacı tekerden sıçrayan suyun hapsetmek ve düzenli bir şekilde yere doğru yönlendirmektir.



Şekil 2. 4 Spray engelleyici parça ve araçtaki konumu

Araç yolda giderken lastiğin dönme hareketinden kaynaklı olarak yerden ciddi miktarda su kaldırılmaktadır. Bu su damlacıkları daha önce de belirtildiği gibi düz yüzeylere çarparak ve diğer sıçrayan su tanecikleri ile birleşerek sprey yapısını oluşturmaktadır. Tekerden sıçrayan su damlacıkları ilk olarak aracın "Wheel House Liner" denilen tekerlek yuvası bölgesine çarpmaktadır. Eğer tekerlek yuvası bölgesinde aracın arka tarafına açılan bir boşluk mevcutsa bu su damlacıkları üzerinde taşıdığı kirle birlikte aracın arka kısmına doğru yönelmektedir. Dolayısıyla aracın arkasında dorse ile kabin arasında bulunan, çalışma lambası, akü, yakıt tankı, adblue tankı, fren ve elektrik hortumu gibi bir çok parçanın kirlenmesine neden olmaktadır. Bu da müşteri memnuniyetini ciddi derecede azaltan bir sorundur. Çünkü müşteri aracını olabildiğince uzun süre temiz kalmasını istemektedir. Sürekli

kirlenen bir araç müşteriye ekstra masraf çıkarmaktadır. Bu yüzden tekerlek yuvasında herhangi bir açıklık bulunmaması gerekmektedir.

Bir çok farklı kamyon markası farklı dizaynlara sahip sprey engeleyici parçalar kullanmaktadırlar. Buradaki en önemli nokta sprey tutucu parçanın suyu en iyi şekilde hapsetme kabiliyetidir.

Otoyollarda sprey oluşumu diğer araçlar için büyük risk teşkil etmektedir. Bu yüzden Avrupa Birliği komisyonu otoyol güvenliği sağlamak ve sprey oluşumunu azaltmak için 2011 senesinde 109/2011 numaralı bir regülasyon yayınlamıştır. Bu regülasyona göre sprey engelleyici parçası ıslak zeminde kullanıldığında olumlu sonuçlar vermelidir[10].

Üretilen bir sprey engelleyici parçasının araçta kullanılabilmesi için regülasyonda belirtilen testten geçmesi gerekmektedir. Parçanın kullanılabilmesi için yapılabilecek iki ayrı test bulunmaktadır. Bunlardan biri "enerji sönümleme" metodu iken diğeri ise "hava/su ayrıştırıcı tipi" test metodudur.

Her iki test içinde test şartları aynı olmak üzere test şartları;

- Testler kapalı bir odada, durgun havada yapılmalıdır.
- Ortam ve parçanın sıcaklığı 21(±3)C° olmalıdır.
- İyonsuzlaştırılmış su kullanılmalıdır.
- Her bir parka test öncesi ıslatılarak hazırlanmalıdır.

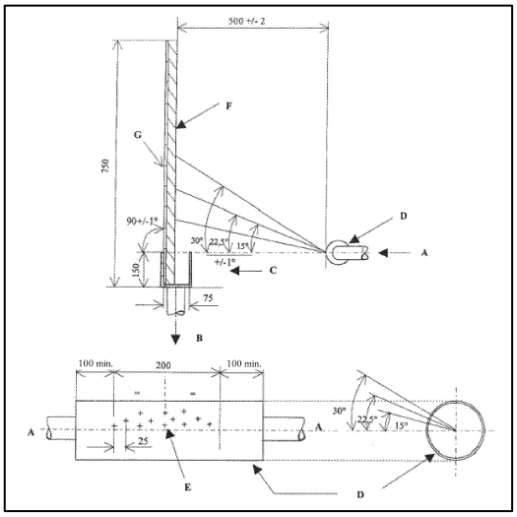
2.5.1 Enerji Sönümleme Tipi Test Prosedürü

- Test edilecek olan sprey tutucu parça 500(±5) mm genişliğinde ve 750 mm yüksekliğinde olmalıdır. Test parçası test ekipmanının dikey plakasına sabitlenmelidir. Test numunesinin su toplayıcı sınırları içerisinde olduğuna dikkat edilmelidir. Suyun akışını engelleyecek herhangi bir engelin olup olmadığına dikkat edilmelidir (Şekil 2.5).
- Akış debisini 0,675 (± 0,01) 1/s ayarlanmalıdır. Su kaynağı parçaya 90° (maksimum 120°) olacak şekilde parça ile arasındaki mesafe 500 mm (± 2) olacak şekilde ayarlanmaladır.

- Su parçaya püskürtülmeli ve parçanın altına konumlandırılan su toplama kabında suyun birikmesini sağlanmalıdır. Daha sonra püskürtülen su miktarına göre test numunesinin altında bulunan su toplayıcı kabında biriken su mitarı yüzde olarak hesaplanmaladır.
- Test toplamda 5 defa tekrar edilmeli ve biriken suyun ortalama % değerini hesaplanmaladır.

Testin başarılı sayılabilmesi için;

- Test numunesinin altında bulunan su toplama kabında toplam püskürtülen suyun %70 veya daha fazlasının toplanmış olması gerekmektedir.
- Ard arda tekrarlanan testlerden maksimum ve minimum yüzdeye sahip sonuçlar arasında %5' den fazla fark varsa test tekrarlanmalıdır. Eğer ikinci kez yapılan test sonrasında maksimum ve minimum toplanan su yüzdaleri arasındaki fark %5' ten hala büyükse ve minimum yüzde değeri %70' in altındaysa, test onayı geçersiz sayılmaktadır.
- Cihazın dikey pozisyonunun, testte elde edilen sonuçları etkileyip etkilemediğini kontrol edilmelidir. Test sırasında elde edilen maksimum ve minimum yüzdeyi veren pozisyonlarda test tekrar edilmeli ve aynı şartları sağamalıdır [10].

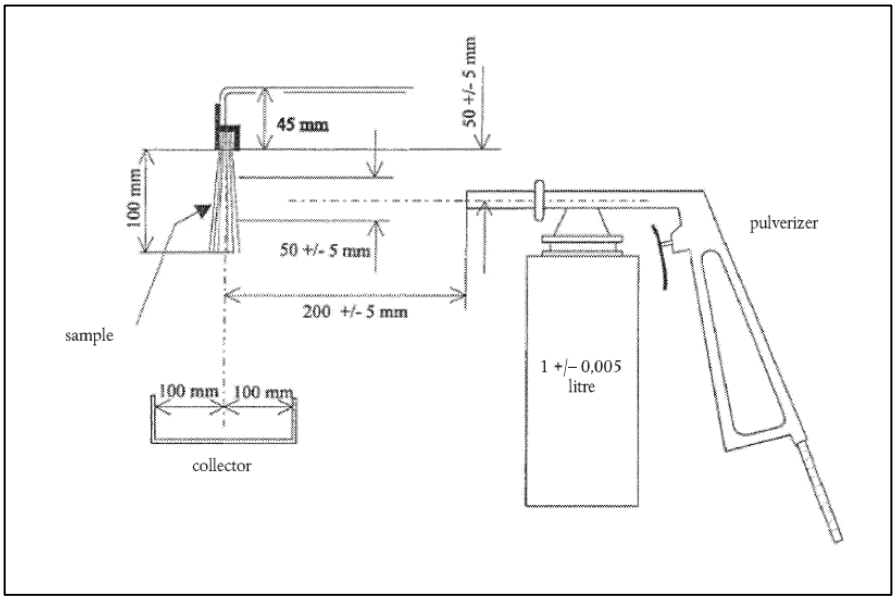


Şekil 2. 5 Enerji Sönümleme Tipi Test Düzeneği, A: su kaynağı, B: Su toplama kap tankı doğrultusu, C: Su toplama kollektörü, D: Paslanmaz Çelik, E: 12 adet silindirik delik, F: Numune, G: Rijit düz plaka [10]

2.5.2 Hava/Su Ayrıştırıcı Tipi Testi

Bu testin ana amacı basınçlı hava/su püskürtücüsü vasıtasıyla püskürtülen suyu tutmaya yönelik olarak gözenekli bir malzemenin etkinliğini belirlemektir. Test şartları "enerji sönümleme tipi test" ile aynıdır. Test prosedürüne göre;

- 305 X 100 mm'lik bir numune parçası test düzeneğine dikey olarak yerleştirilmelidir. Su püskürtücü haznesine 1±0,005 litre su konulmalıdır ve Şekil 2.6' da gösterildiği gibi yerleştirilmelidir.
- Ayrıca hava/su püskürtücüsü basıncı 5 bar + %10/ - %0 olmalıdır. Debisi 1 litre/dakika ± 5 sn, püskürtme çapı 50 ± 5 mm, parçadan uzaklığı 200 mm ve noozle çapı 5 ± 0,1 mm olmaldır.
- Kaptaki su, su buharı bitene kadar pulverize edilmelidir ve geçen süre not edilmelidir. 60 sn boyunca parça üzerine su püskürtülmeli ve ardından parçanın altında bulunan kollektörde biriken su miktarının, püskürtücüde kalan suyun ve kollektörde birken suyun toplam miktara göre %' si hesaplanmalıdır.
- Test 5 defa tekrar edilmeli ve biriken ortalama su %' de değeri hesaplanmalıdır. Her testten sonra püskürtücünün kuru olduğundan emin olunmalıdır.



Şekil 2. 6 Hava/su ayrıştırıcı tipi testi test düzeneği [10]

Testin başarışı sayılabilmesi için;

- 5 testin sonucunda elde edilen ortalama toplanan su miktarı %85 veya %85’ den fazla olmaldır.
- Ard arda tekrarlanan testlerden maksimum ve minimum yüzdeye sahip sonuçlar arasında %5’ den fazla fark varsa test tekrarlanmalıdır. Eğer ikinci kez yapılan test sonrasında maksimum ve minimum toplanan su yüzdaleri arasındaki fark %5’ ten hala büyükse parça testten başarısız sayılır ve tip onayı reddedilir.
- Cihazın dikey pozisonunun test sonuçlarını etkilemesi durumunda, test sırasında elde edilen maksimum ve minimum yüzdeyi veren pozisyonlarda test tekrar edilmeli ve aynı şartları sağamalıdır[10].

3
Fiziksel Yol Testleri ve Kirlenme Analizleri

Bu çalışmada öncelikle hava kanalı(corner cane) parçasının kapı üzerindeki kirlenme oluşumunu engelleme kabiliyeti incellenmiştir. Ardından önceden belirlenmiş farklı tasarımlı hava kanalı parçaları araca takılmışır.

Tüm testler çekici serisi bir araçta yapılmıştır. Araç 430 beygir gücünde olup iki dingilli bir çekici araçtır. Arkadan itişli olan bu araç normal şartlarda dorseli kullanılmaktadır. Aracın şasi kısmında bulunan 5. teker olarak adlandırılan bağlantı noktası sayesinde dorse ile mekanik bağlantısı yapılmakta ve araç ile dorse arasındaki elektriksel ve hava bağlantıları yapılabilmektedir. Araç özellikleri Tablo 3.1' de verilmiştir.

Tablo 3. 1 Test Aracının Teknik Özellikleri

Temel Özellikler	
Araç Tipi	Çekici
Aks Düzeneği	4X2
Emisyon Standardı	Euro 5
Kabin Tipi	Ekstra Yüksek Tavan Yataklı Kabin
Dingil Mesafesi (mm)	3600
Motor	
Tip	12.7 Litre
Slindirik Hacmi	12740
Güç	430 PS(320 kW) / 1800 d/d
Tork	2500 Nm / 1000-1400 d/d
Güç Aktarımı	
Debriyaj	430 mm tek disk
Manuel Şanzıman / Oranları	16S

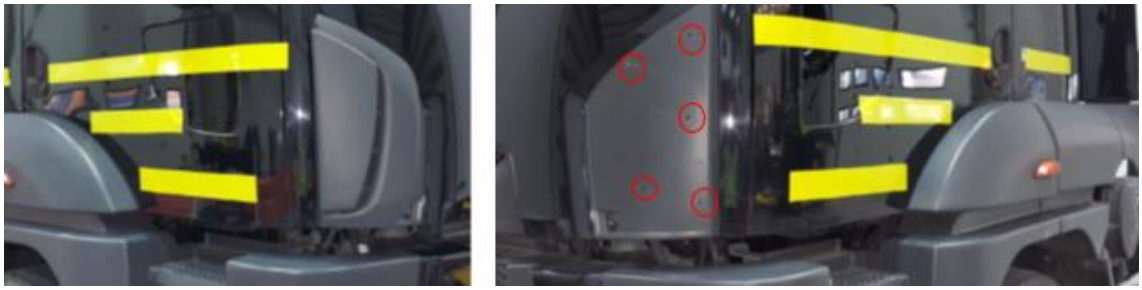
Testler öncesinde hava kanalı parçasının araç yan gövdesinde oluşan kirlenme problemine etkisini daha iyi anlayabilmek için, hava kanalı parçasının dizayn özellikleri incelenmiştir (Şekil 3.1).



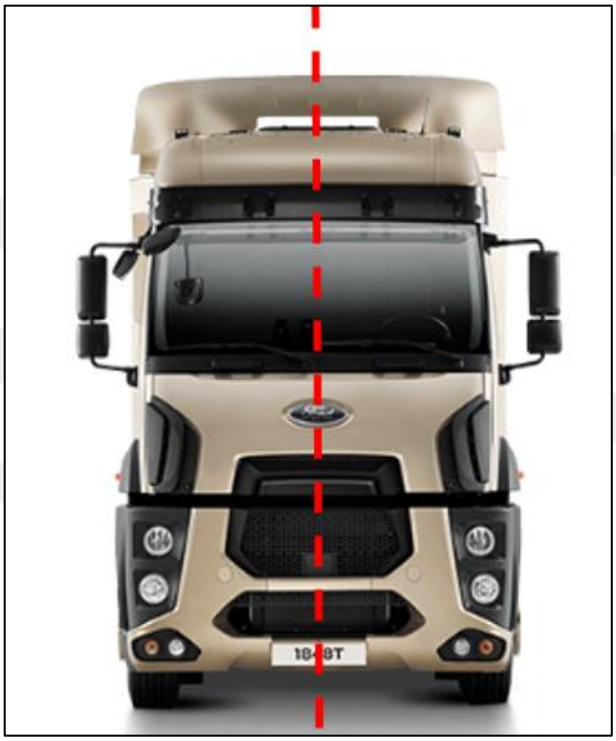
Şekil 3. 1 Hava Kanalı Parçası Arkadan Görünüşü

Hava kanalı parçası aracın ön kısmında kaput parçasına bağlı bulunmaktadır. Toplamda 5 noktadan araca bağlı olan bu parçanın ana görevi aracın ön tarafından gelen hava akışını içinde bulunan kanatlar aracılığıyla aracın yan gövdesi üzerine yönlendirmektir. Bu sayede lastikten ve yoldan sıçrayan kirli su damlacıklarının kapıya ve yan gövdeye yapışmasını engelleyerek temiz kalmasını sağlamaktır. Birçok kamyon firması hava deflektör parçasının bir çok koşulda araç yakıt ekonomisini kötüleştirmesine rağmen araçlardında kullanmaktadırlar.

Hava kanalı parçasının üzerinde toplamda 5 adet kanat bulunmaktadır (Şekil 3.2). Kanatçıkların herbirinin ayrı bir yüzey yapısı bulunmaktadır ve herbirinin boyu birbirinden farklıdır. Ayrıca hava kanalı parçası aracın her iki yanında da bulunmaktadır. Her iki tarafta bulunan parçalar birbirinin tamamen aynısıdır. Ayrıca araç "Z" eksenine göre simetik yapıdadır (Şekil 3.3).



Şekil 3. 2 Hava kanalı parçasının araç üstündeki yeri ve hava kanalının bağlantı noktaları



Şekil 3. 3 Kaput üzerine bağlanan hava deflektörleri ve aracın simetri ekseni [11]

Tüm çalışma boyunca yapılacak olan iş akış sırası Şekil 3.4' de gösterilmiştir. Buna göre öncelikle dizaynı etkileyecek olan parametreler belirlenmiştir. Bu parametreler;

- Araç hızı,
- Hava kanalı kanat sayısı,
- Hava kanalı kanat açısıdır.

Hava kanalı parçası aracın önünden gelen hava akışını kapılara yönlendirmesinden dolayı parça yüksek hızlarda daha başarılı sonuçlar vermektedir. Dolayısıyla düşük hızlarda kapının üzerinde bulunan kirli su kaynağını kapıdan uzaklaştırabilmesi zordur. Bu yüzden testler yüksek hızlarda yapılacaktır.



Şekil 3. 4 Test akış şeması

Hava kanalı parçasının kanat sayısı ve kalınlığı bir diğer önemli parametredir. Kanat sayısını arttırmak veya belirli bir kanat sayısı için kanat kalınlığını arttırmak teorik olarak aynıdır. Bu yüzden çalışmada kanat sayısı değişken olarak seçilmiştir.

Diğer önemli bir parameter ise hava kanalının kanat açısıdır. Kanat açıları üzerinde yapılacak değişiklik yan gövde üzerinde hava akışının etki edeceği bölgeyi değiştirmektedir. Bu çalışmadaki ana amacımız kapı kolu ve çamurluk kısmı olduğundan kanat açılarının değişimiyle kirlemedeki değişim incelenmesi gerekmektedir.

Tüm bu parametrelere bağlı olarak yapılacak olan testler aşağıdaki Tablo 3.2' de gösterilmektedir.

Tablo 3. 2 Test Takip Tablosu

	Nu	Hız (km/h)	Kanat Açısı(°)	Kanat Sayısı
Var Yok Testi	1	60	15	5
	2	70	15	5
	3	80	15	5
	4	60	0	3
	5	60	15	3
	6	60	30	3
	7	60	0	5
	8	60	15	5
	9	60	30	5
	10	70	0	3
	11	70	15	3
	12	70	30	3
	13	70	0	5
	14	70	15	5
	15	70	30	5
	16	80	0	3
	17	80	15	3
	18	80	30	3
	19	80	0	5
	20	80	15	5
	21	80	30	5

Test takip tablosu Tablo 3.2' de de görüldüğü üzere ilk olarak aracın var-yok testleri yapılacaktır. Bu testlerde kanat açısı olan 15° ve kanat sayısı 5 sabit tutularak 60, 70, 80 km/h hızlarda gerçekleştirilecektir. Test öncesinde aracın simetrik olmasından faydalanılarak aracın bir tarafına hava kanalı takılacak diğer tarafına ise takılmayacaktır. Bu şekilde tek bir test sonrasında mevcut hava kanalının araç kirlenmesine etkisi gözlemlenebilecektir.

Yol testleri Eskişehir - İnönü yolu üzerinde bulunan Oklubal mevkiinde bulunan maden ocağı yolunda yapılmıştır. Bu yol toplamda 10 km'dir ve tamamiyle topraktan oluşmaktadır. Trafiğe kapalı bir alan olmasından dolayı testler sırasında başka araçların yarattığı sprey veya sıçrama etkisi olmayacaktır.

Her bir testten önce aracın temiz halini kayıt altına alabilmek için, aracın sağ ve sol yan gövdelerinin fotoğraflar 3 metre uzaklıktan 1,5 metre yükseklikten çekilmiştir. Bu işlem test sonrasında kirlenen yüzeyleri kayıt altına alınması için de yapılmıştır.

Fotoğraflar APS-C 18 megapiksel CMOS sensörlü ve saniyede 3 kare çekebilen Canon 1300D fotoğraf makinesi ve geniş açı çekimler için kullanılan titreşim engelleyici özellikli 18-55 IS lensle çekilmiştir.

Testler yol şartlarında yapıldığı için fotoğraflar açık alanda çekilmiştir. Farklı zamanlarda, fotoğraf makinasının lensine farklı ışık şiddeti geleceğinden dolayı fotoğraflama hem manuel modda ortam ışık şiddeti ayarlanarak hem de otomatik modda yapılmıştır. Bunun yanında farklı ışık şiddetini engellemek için test öncesinde ve sonrasında fotoğraf çekiminden önce aracın yan gövdesine beyaz A4 kağıdı yapıştırılmıştır. Bunun sebebi fotoğraflarda "beyaz dengesi" (white balancing) işlemi yapılarak fotoğraflardaki tüm beyaz renklerin referans noktasına göre ayarlanmasını sağlamaktır.

Fotoğraflarda "beyaz dengesi" işlemi yapabilmek için lisanslı "PhotoScape X" resim düzenleme programı kullanılmıştır. Programda herhangi bir fotoğraf açıldıktan sonra "editor" sekmesi altında "White Balance" fonksiyonu kullanılmıştır. Bu tuşa tıklandıktan sonra fotoğrafta bulunan ve test öncesi araca yapıştırılmış beyaz A4 sayfası seçilmiştir. Bu sayede seçilen nokta tam beyaz kabul edilmiş ve fotoğraf renkleri bu referansa göre düzenlenmiştir.

Testler sonrasında elde edilen fotoğrafların herbiri için "Pyhton" programlama dili kullanılarak görüntü işleme (image process) işlemi yapılacaktır. Bu işlemin ana amacı kirlenmenin seviyesini daha iyi belirleyebilmektir. Çünkü testler sonrasında kirlenmiş araç fotoğraflarının temiz araç fotoğraflarıyla kıyaslanabilmesi için metrik bir değere ihtiyaç olmasıdır. Dolayısıyla görüntü işleme yöntemi sayesinde testlerden sonra hangi dizaynın daha başarılı olduğunu anlaşalabilecektir.

3.1 Testler İçin Prototip Parça Üretimi

Bu çalışmada çekici sınıfı bir aracın kaputu üzerinde bulunan "hood deflector" veya "corner vane" olarak bilinen ve araç yan yüzeyindeki kirlenme problemini ortadan kaldırmak için dizayn edilmiş hava kanalı parçasının optimum tasarımı çalışılmıştır.

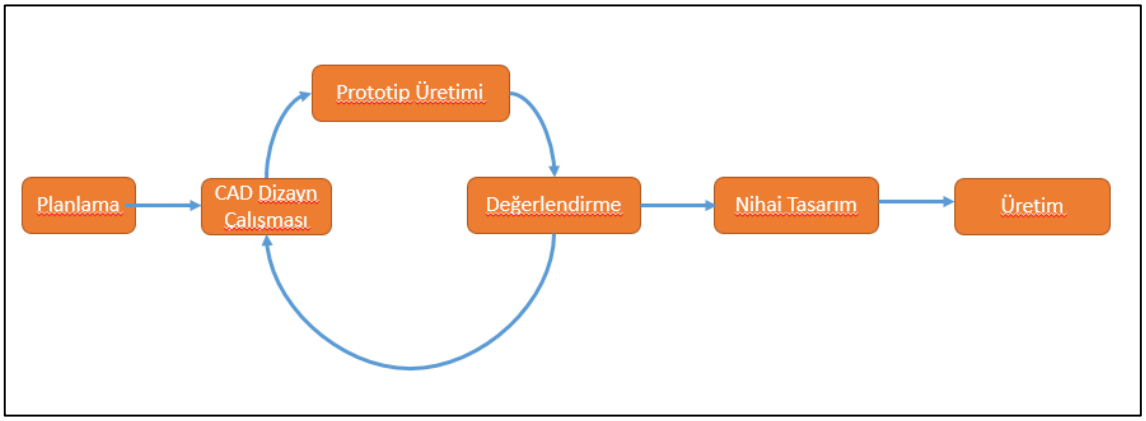
Çalışmada ilk olarak kapıdaki kirlenmeyi en aza indirecek olan tasarım için tasarım parametreleri belirlenmiştir. Belirlenen bu parametrelerin mevcut araç üzerinde

kullanılabilecek birer prototipe dönüşmesi için 3 boyutlu ticari çizim programı olan Catia V5. Kullanılmıştır.

Farklı tasarımların araç yan yüzeyi üzerindeki kirlenme etkilerinin gözlenebilmesi için 3D ortamında çizilen parçaların prototiplerinin üretilmesi gerekmiştir. Hem hızlı bir şekilde üretilmesi hem de üretim kolaylığından dolayı prototipler üç boyutlu yazıcı kullanılarak üretilmiştir.

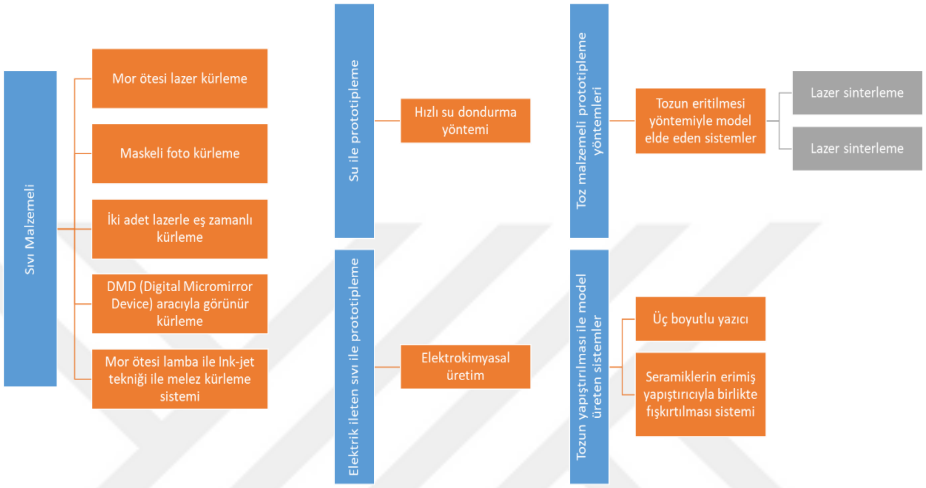
Prototip parçalar, üretilmesi planlanan bir parçanın üretim süreçleri ve yöntemleri yerine farklı yöntemler kullanılarak üretilmiş tasarımla uyumlu parçalardır. Bazen ilk analiz çalışmalarının yapılabilmesi için boyutsal olarak gerçek parçayı temsil etmesi gerekirken, parça malzemesinde uyum aranmayabilir. Genellikle prototip parçalar ana üretime geçilmeden önce parça tasarımının doğrulanması fazlarında kullanılmaktadır. Günümüzde bir çok parça hızlı prototipleme yöntemleri kullanılarak üretilmektedir. Genellikle prototip kalıp maliyetleri, seri üretim kalıp maliyetlerine göre düşük olsada, parça birim maliyetleri seri üretime göre kat kat fazladır [12].

Otomotiv endüstirisinde, tüketici ihtiyaçları ve rekabetçi ortam, üreticileri en efektif araç üretimine zorlamaktadır. Süreçlerdeki verimlilik sürekli arttırılarak perfermans hedeflerine ulaşılması hedeflenmektedir. Klasik bir araç üretim süreci Şekil 3.5' de gösterilmiştir. Genellikle "prototip üretimi"nden sonra değerlendirme sonuçları olumsuz çıktığında 2 numaralı basamağa geri dönülmekte ve tasarımda iyileştirme çalışmaları yada değişiklik yapılmaktadır [13].



Şekil 3. 5 Klasik bir araç üretim süreci

Prototipleme fazlarında birçok farklı üretim metodu bulunmaktadır. Fakat son yıllarda 3 boyutlu yazıcıların kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Bu metod sayesinde insanlar hem evlerinde kendi tasarımlarını hayata geçirebilmekte hem de endüstride hızlı aksiyonlar alınabilmektedir. Prototipleme fazında hızlı bir şekilde ürün elde edilmesini sağlayan bu yöntem sadece Otomotiv dünyasında değil, tıp, mimarlık vb. bir çok farklı alanda kullanılmaktadır [14]. 3-boyutlu üretimin bir çok farklı yöntemi bulunmaktadır (Şekil 3.6 ve Şekil 3.7).



Şekil 3. 6 Üç Boyutlu Üretim Yöntemleri



Şekil 3. 7 Üç Boyutlu Üretim Yöntemleri

Bu çalışmada testler sırasında kullanılmak üzere tüm hava kanalını üretmek yerine sadece hava kanalının kanatları 3D yazıcıda üretilmiştir. Çünkü hava kanalının dış kısmı ve kanatları bir bütündür. Tek seferde tüm hava kanalının üretilmesi durumunda, farklı kanat açıları için tekrar yeni parça üretilmesi gerekecektir. Dolayısıyla testlerde denenecek olan her üç açı(15°, 30° ve 45°) için ve iki farklı kanat sayısı için (3 ve 5) toplamda 6 adet hava kanalı parçası üretilmesi gerekecektir.

Bu çalışmada ise belirtildiği gibi sadece hava kanalı kanatları üretilmiştir. Orjinal hava kanalının kanatları parçaya zarar vermeden dış gövdeden ayrılmıştır. Üretilen kanatlar ilk olarak 0° olacak şekilde ve parçanın CAD datasına bağlı kalınarak dış gövdeye akıllı vida kullanılarak bağlanmıştır. Örneğin tablo 3.2' de gösterilen 4 numaralı ilk test tamamlandıktan sonra vidalar sökülmüş kanat açısı 15° olarak ayarlanarak 5 numaralı test yapılmış ve ardından 30°' ye ayarlanan kanat açısı ile 6 numaralı test tamamlanmıştır.

Testlerde kullanılmak üzere Makerbot markasının replicator Z18 modeli kullanılmıştır. Makerbot Replicator Z18 3D yazıcı FDM (Fused Deposition Modelling) baskı teknolojisini kullanmaktadır. Üretim hacmi 30.5 x 30.5 x 45.7 cm (X-Y-Z) olmak üzere toplamda 42,512 cm^3' dür. Katman kalınlığı 100 mikron olup "Makerbot Though PLA Filament" yada "Makerbot PLA Filament" kullanılabilmektedir. Cihaz boyutları ise 49,3 x 56,5 x 85,4 , ağırlığı toplam 41 kg' dur.



Şekil 3. 8 3D yazıcıyla üretilen hava kanalı parçasının destek yapısı ayrılmamış

Kanat tasarımları CAD ortamında çizildikten sonra Makerbot 3D yazıcısının simulator programına yüklenmiştir. En az malzeme kullanılarak en hızlı üretim için yapılan analizler sonrasında parçalar üretilmiştir (Şekil 3.8).

Hava kanalı parçaları 3D yazıcıdan basıldıktan sonra destek kısımlarının parçadan ayrılması gerekmektedir. Destek kısımlarının parçadan rahat bir şekilde ayrılabilmesi ve malzeme tüketimini azaltmak için üretilen parçaya göre daha az yoğunlukta malzeme kullanılarak üretilmektedir. Yazıcıdan çıkan parçanın destek kısmı rahatlıkla parçadan ayrılabilmektedir. Paraçalar destek malzemelerinden ayrıldıktan sonra uygun bir zımpara yardımıyla yüzey pürüzlülükleri giderilmektedir. Bu işlemlerden sonra parçalar testler için hazır hale gelmektedir.

4
Kirlenme Analiz Yöntemleri

4.1 Kirlenme Anazliz Yöntemleri

Testler sonrasında araç yan gövdeleri fotoğraflanmıştır. Bu fotoğraflar image process (görüntü işleme) yöntemiyle analiz edilmiştir. Görüntü işleme, bir fotoğraftan veya videodan alınan bir görüntüyü dijital bir forma sokarak, özel bir görüntü elde etmek yada görüntüden yararlı bilgiler çıkarmak için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde girdi bir fotoğraf karesi veya bir videodan bir kesit olabilmektedir.

Görüntü işleme yöntemleri temelde üç ana adımı içermektedir.

- Görüntünün optik tarayıcı ile veya dijital fotoğraflarla alınması.
- Veri sıkıştırma, görüntü iyileştirme ve uydu fotoğrafları gibi insan gözü olmayan lekelenme kalıplarını içeren görüntüyü analiz etme-kullanma.
- Çıktı, sonuçların görüntü analizine dayalı olarak değiştirilmiş, kullanıma hazır hale getirme.

Görüntü işlemenin amacına bakacak olursak bunu 5 gruba ayırıabiliriz.

1. Görselleştirme – Görünmesi zor nesneleri gözlemleme.
2. Görüntü keskinleştirme ve restorasyon.
3. Görüntü alımı – İlgi çekici ve yüksek çözünürlüklü görüntü arama .
4. Desen Tanıma – Bir görüntüdeki çeşitli nesneleri tanımlama.
5. Görüntü Tanıma – Bir görüntüdeki nesneleri ayırt etme [15].

Görüntü işleme ilk olarak 1920 yılında denizaltı kablosu aracılığıyla gönderilen gazete resimlerinin sayısallaştırılmasıyla başlamış ve normalde haftalarca süren işlem 3 saate düşürülmüştür[16]. Günümüzde ise şuanda bir çok kullanım alanı bulunmaktadır. Bunlar;

- Tıp
- Astronomi
- Coğrafya

- Biyoloji
- Endüstiriyel Uygulamalar
- Mühendislik
- Belge İşleme
- Güvenlik, savunma sistemleri ve hukuk (parmak izi, plaka tanımlama, yüz tanıma)[17].

Ayrıca görüntü işleme yöntemleri mevcut görüntelerin de görüntü kalitesinin iyileştirilmesinde kullanılmaktadır. Farketmeden çektiğimiz bir fotoğraf bulanık, aşırı parlak, aşırı keskin olabilir ve bu kaliteyi düşüren etmenleri ortadan kaldırabilmek için görüntü işleme kullanılmaktadır. Bunun yanında görüntü sıkıştırmak içinde kullanılmaktadır.

Günümüzde görüntü işleme yapabilmek için bir çok farklı program bulunmaktadır. Bunlar temelde birbirinden ayrı gözüksede kullanım alanlarına göre çeşitli avantajlar sunmaktadırlar.

4.2 Görüntü İşleme Çalışması Yapılabilecek Paket Programlar

4.2.1 MATLAB

MATLAB programı temel matametiksel hesaplamalardan büyük mühensilik sorunlarının çözümüne kadar bir çok noktada kullanılmaktadır. MATLAB' den sadece bir görüntü işleme kütüphanesi olarak bahsetmek doğru olmayacaktır fakat içerisinde görüntü işlemeye yönelik temel bir çok algoritmayı içermektedir. Dördüncü nesil bir programlama dili olan MATLAB akademik çalışmalarda ve performansın önemli olmadığı durumlarda rahatlıkla kullanılabilmektedir.

4.2.2 HALCON

HALCON ticari yazılımı içerisinde geliştirmeye imkan sunan bir kütüphanesi vardır. Ayrıca kendi içerisinde çeşitli yazılım dillerini barındıran endüstiriyel bir yapay görme(machine vision) odaklı ticari yazılımdır.

4.2.3 OpenFrameworks

Bu program açık kaynak olarak geliştirilen bu kütüphane C++ programlama dilini kullanmaktadır. Birçok farklı platformda çalışabilmektedir. OpenCV kütphanesi bir

çok algoritmasını bu kütüphaneden almaktadır. Bu programın diğer programlardan temel farklılığı daha hızlı sonuçlar vermesidir.

4.2.4 CIMG

CIMG kütühpaneside OpenFrameworks kütüphanesi gibi açık kaynak kodlu bir kütüphane olup sadece C++ yazılım dilinde uygulamalara hizmet vermekte ve Windows, Linux, OS X gibi platformlarda çalışmaktadır. Yapılan geliştirmelerle Java ve Python programlama dilleriylede uyumlu çalışabilmektedir.

4.2.5 Fiji

Bilimsel görüntü analizi için geliştirilmiş ve Java programlama diliyle uyumlu olarak çalışan bu program Windows, Linux, OS X platformlarında çalışmaktadır. Genetik bilimi, hücre biyolojisi ve nöro-bilim gibi alanlar için özel algoritmaları bulunmaktadır.

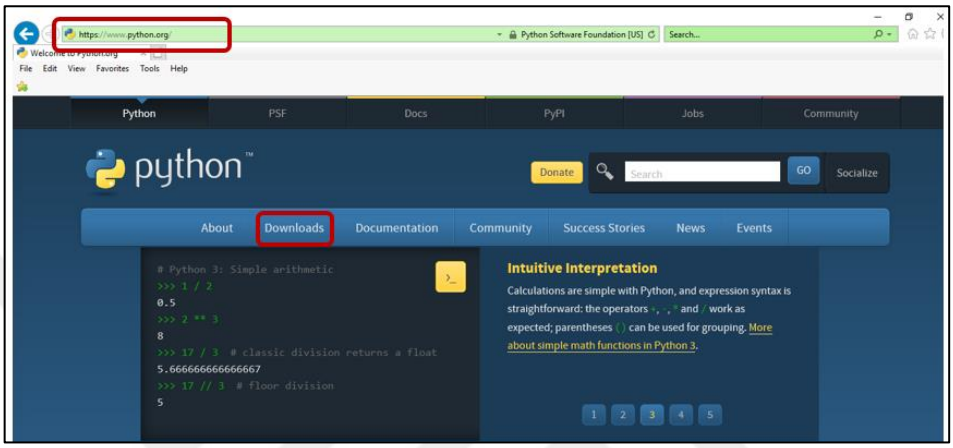
4.2.6 OpenCV

OpenCV(Open Source Computer Vision) açık kaynak kodlu bir görüntü işleme kütüphanesidir. 1999 yılında Intel firması tarafından geliştirilmeye başlanan bu kütüphane GOOGLE, Nvidia gibi büyük firmalarında desteğiyle gelişim sürecini bugünkü konumuna getirmiştir. Piyasaya ilk olarak 2000 yılında çıkan bu kütüphane ilk olara C programlama dilinde çalışırken daha sonra C++ programlama dili için geliştirimeye devam etmiştir. Tamamen halka açık olan bir kütüphanedir ve projelerde ücretsiz bir şekilde kullanılabilmektedir. Bağımsız bir kütüphane olan OpenCV Windows, Linux, Mac OS , FreeBSD, Android, Ios platformlarında çalışabilmekte C++, C, Python, Java, Matlab, EmguCV aracılığıyla uygulamalar geliştirilebilmektedir [17].

4.3 Yeni Nesil Programlama Dili Pyhton

Python, C, C++, Ruby, Perl gibi programlama dillerinden biridir. 90' lı yılların başında Hollandalı Guido V. Rossum adında bir programcı tarafından geliştirilmiştir. Bir çok programlama diline göre daha kolay öğrenilebilmesi son zamanlarda revaçta olmasını sağlamaktadır. Bunun nedeni yıllardan bu yana bir çok alanda kullanılan C, C++ gibi çok bilinen diller gibi derleme yapılmasına gerek olmamasıdır. Bu yüzden

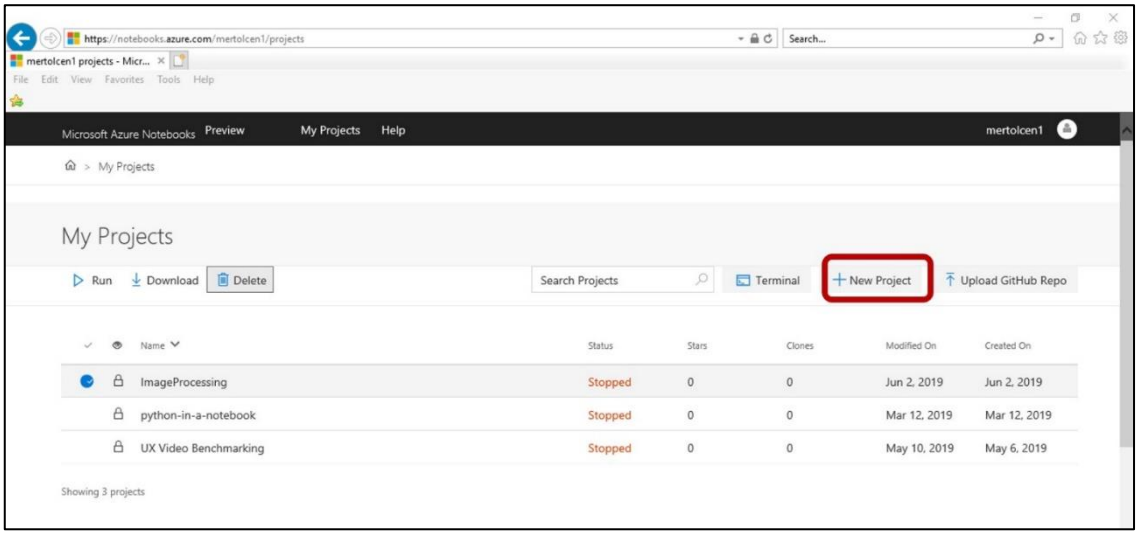
çok hızlı bir şekilde kodlama yapılabilmektedir. Program dilinin sadece olması, kolay bir şekilde program yazmayı sağlarken aynı zamanda başka biri tarafından yazılan bir programında kolaylıkla anlaşılmasını sağlamaktadır. Bu programlama dili Windows, MAC OS X, GNU/Linux, MS-DOS, BeOS,S60, Risc0S, iOS ve Android gibi birçok platformda kullanılabilmektedir. Python programlama dilini kullanabilmek için, python resmi internet sitesi olan www.python.org' dan son sürümünü Downloads sekmesine tıklayarak bilgisayara indirilmelidir (Şekil 4.1).



Şekil 4. 1 www.python.org sayfasının görüntüsü [18].

Bu yazılım dilini internet sitesi üzerinden indirerek kullanabileceği gibi indirmeden de uygulama geliştirilebilmektedir. Örneğin "Jupyter" adı verilen ve çeşitli programlama dilleri için etkileşimli bir ortam sağlayan yazılım Python programları için kullanılabilmektedir. Jupyter üzerinden kodlama yapabilmek için iki yötemden söz edebiliriz.

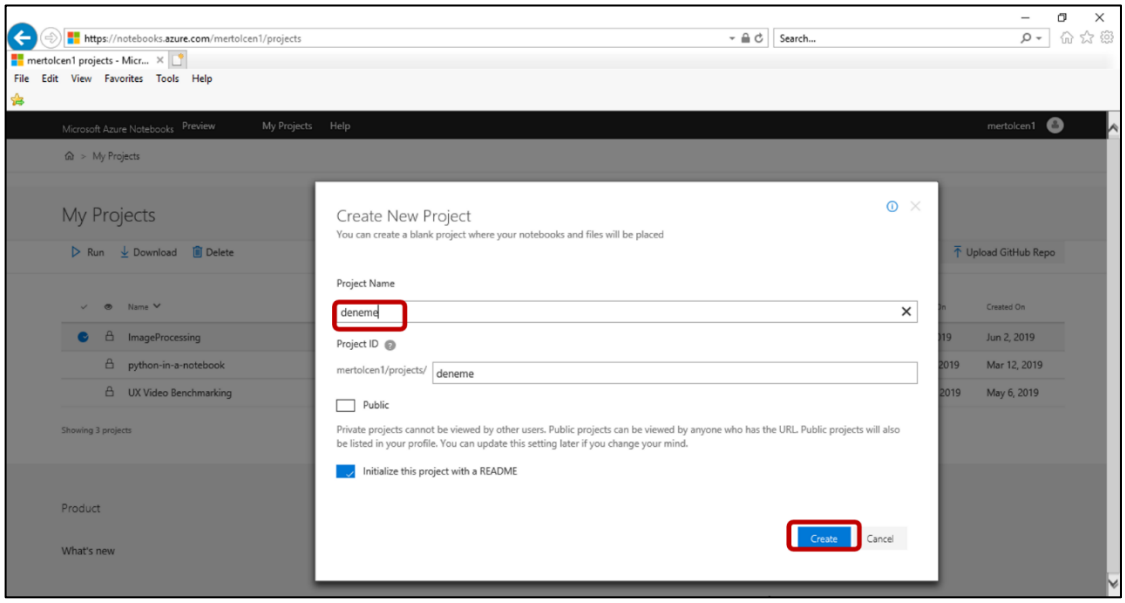
Bunlardan birincisi Microsoft firmasının tamamen ücretsiz olarak sunduğu internet tarayıcısı üzerinden erişilebilen notebooks.azure.com sayfasıdır. Bu internet sitesi üzerinden gerekli üyelik işlemlerinin ardından +New Project kısmına tıklayarak yeni bir proje yaratılır (Şekil 4.2).



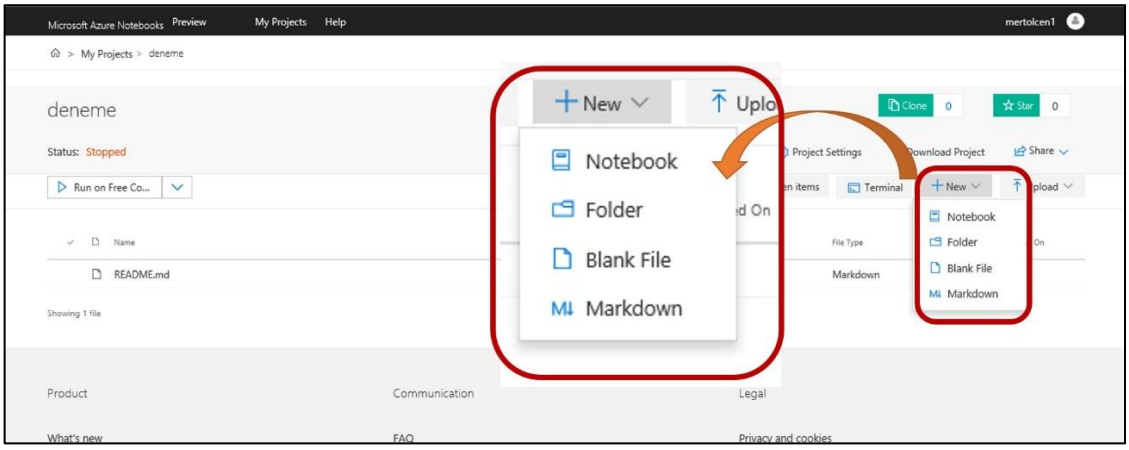
Şekil 4. 2 Microsoft Azure üzerinden yeni proje oluşturma [19]

Ardından projeye bir isim verip "proje oluştur"(create) butonuna tıklanır (Şekil 4.3). Bu işlemden sonra verilen isimde bir proje oluşur.

Bu işmelerden sonra artık bir proje sayfası açmış olunur ve sayfanın sağ üst köşesinde bulunan "+New" butonuna tıklayarak "Notebook", "Folder", "Blank File" oluşturulabilir. (Şekil 4.4).

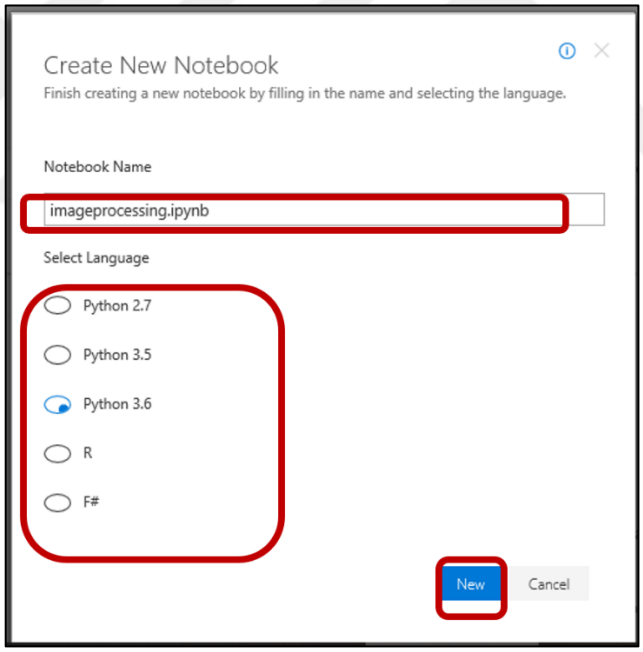


Şekil 4. 3 Azure sisteminde yeni proje oluşturma [19]



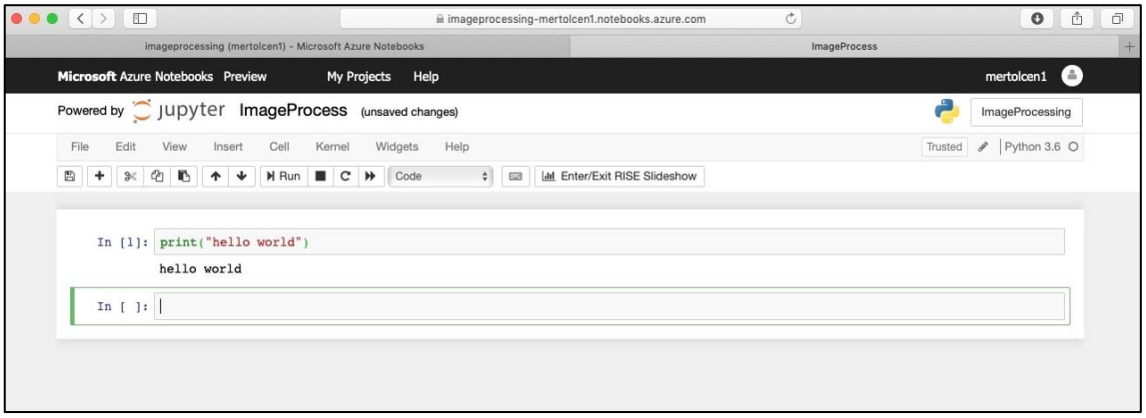
Şekil 4. 4 Azure sistemi üzerinden çalışma sayfası oluşturma [19]

Notebook' a(not defteri) tıklandığında ortaya çıkan ekranda çalışma sayfasına bir isim verilmesi gerekir. Ardından kullanmak istenilen programlama dili seçilip "New" butonuna basılır (Şekil 4.5).



Şekil 4. 5 Çalışma sayfasına isim verme ve Python versiyonu seçme [19]

İstenilen programlama dili seçilip not defterine isim verildikten sonra kod yazılabilecek sayfaya geçiş yapılabilir (Şekil 4.6).



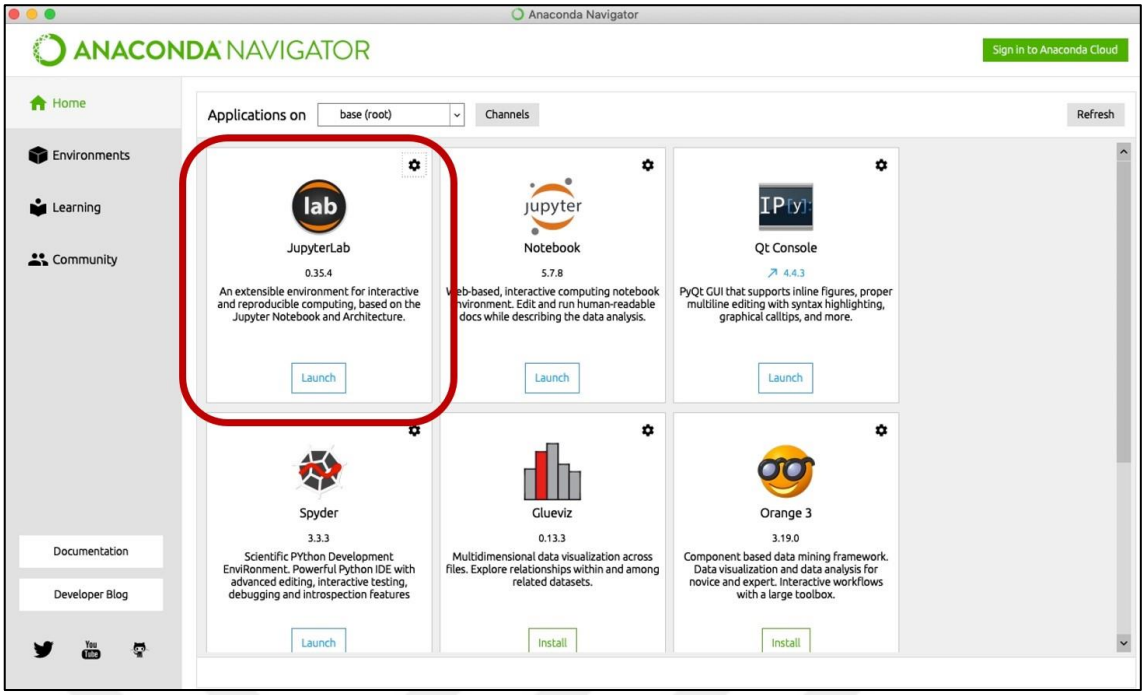
Şekil 4. 6 Jupyter Not Defteri ve Yazılmış Olan Bir Kod Örneği [19]

4.3.1 Anaconda Navigator Programı Üzerinden Python Kodlama

Anaconda programı, tamamen ücretsiz ve açık kaynak kodlu bir yazılımdır. Ana amacı paket yönetimi ve dağıtımını basitleştirmektir. Data bilimi(data science), makina öğrenimi(machine learning) gibi bilimsel bilgi işlemleri konuları için Python ve R programlama dillerinin ücretsiz ve açık kaynaklı bir dağıtımıdır. Yazılım geliştirmeleri ve sürüm güncellemeleri Conda adlı firma tarafından yapılmaktadır.

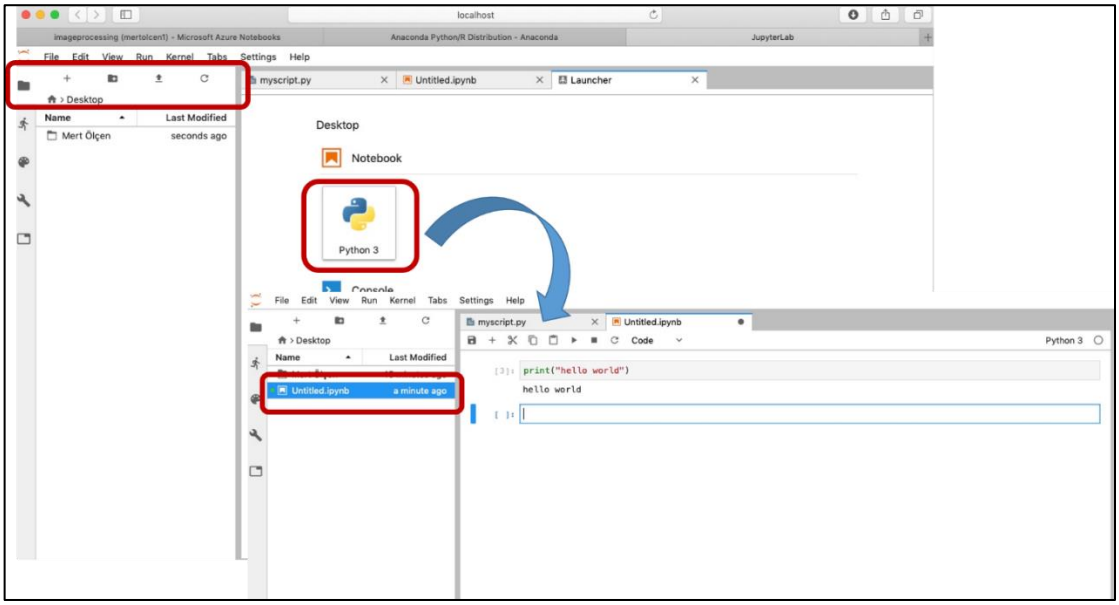
Anaconda Navigator kullanılarak programlama yapabilmek için ilk olarak Anaconda' nın resmi internet sitesine girilmelidir. Ardından "Products"(ürünler) linkine tıklanmalı ve "Anaconda Distribution"(anaconda dağıtımı) seçilmelidir.

Ardından gelecek ekranda "Download" (indir) butonuna tıklanmalı ve kullanılan bilgisayarın işletim sistemi ve özelliklerine göre ilgili seçimler yapılmalıdır. Gerekli yükleme dosyası indirildikten ve dosya kurulumu tamamlandıktan sonra program arayüzünden istenilen programlama dili veya kütüphane seçilebilmekte ve kodlama yapılabilmektedir. Program çalıştırıldıktan sonra "JupiterLab" ikonuna tıklandıktan sonra sistem bir "local host" oluşturmaktadır (Şekil 4.7).



Şekil 4. 7 Anaconda programının ara yüzü

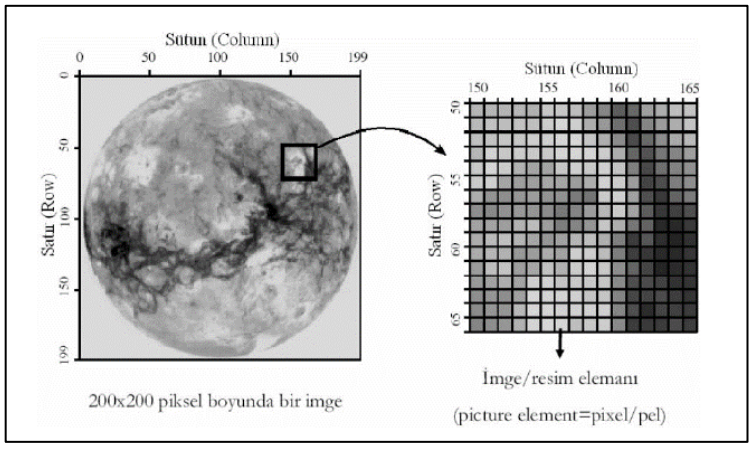
Oluşturulan local host sayfasında dosya ikonuna tıklanıp ardından "+" imlecine tıklandığında hangi tarzda "notebook", "Console", "Other" bölümlerinden biri seçilmesi gerekmektedir. Notebook başlığı altında "Python 3" sekmesi seçildiğinde kod yazılabilecek "Untitled.ipynb" adında isimsiz bir kod sayfası oluşturulmaktadır (Şekil 4.8).



Şekil 4. 8 Kodlama sayfasına geçiş

4.3.2 Görüntü İşlemenin Temelleri

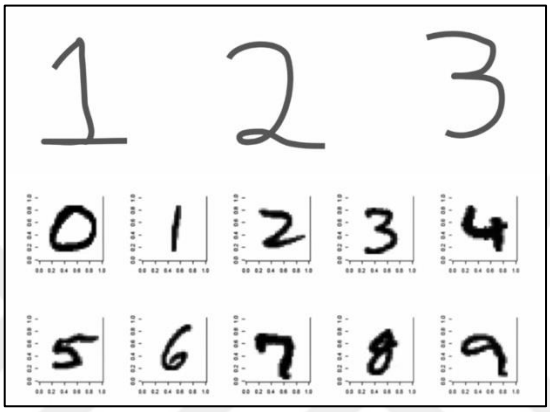
Bir fotoğrafın djital ortamdaki en küçük birimine "piksel" denilmektedir. Görüntü işleme yapabilmek için dijital bir görüntünün satır ve sutunlara ayrılarak istenilen piksellerini takip edebilmek yada o pikselle ilgili bilgi almak gerekebilir. Dolayısıyla bir görüntüyü "görüntü işleme" yöntemi kullanarak inceleyeceğimiz zaman piksellerine ayırmamız gerekecektir. 200 X 200 piksel ölçülerine sahip bir imgenin detay piksellerine ayrılmış şekli Şekil 4.9' da gösterilmiştir.



Şekil 4. 9 Örnek bir görüntü ve görüntü içerisinden belirli bir alanın piksellerinin büyütülmüş hali [20].

Python programlama dilinde bilimsel hesaplamaları hızlı bir şekilde yapabilmek için hazırlanmış olan kütüphaneyi kullanmak gerekmektedir. Bu kütüphaneye "Numpy" yani "Numerical Python" kütüphanesi denilmektedir. Bir görüntüyü piksellerine ayırabilmek için ise "array" fonskiyonunun kullanılması gerekmektedir.

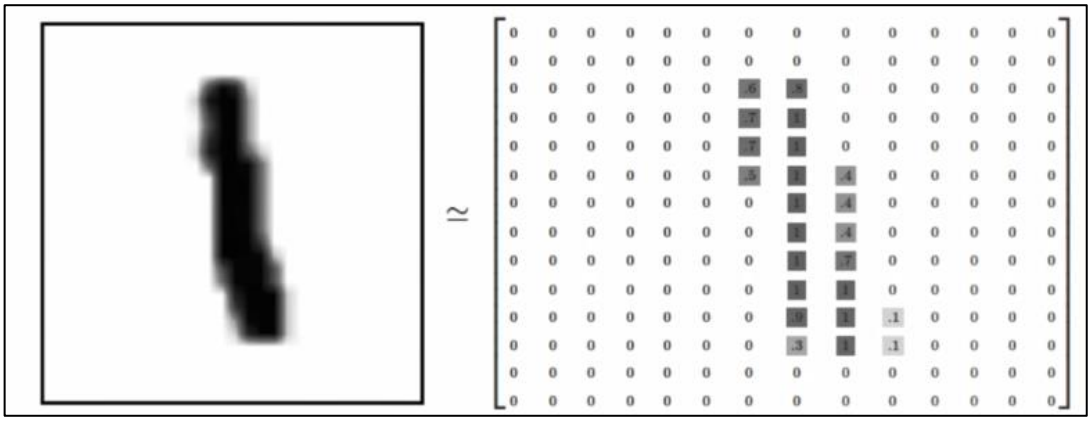
Python programına bir görüntü işlendiği zaman program bunu dizin olarak yani "array" olarak görmektedir. Örneğin el yazısı ile yazılmış rakamlar python programına atıldığı zaman her bir dijit, dizin yani "array" olarak algılanmaktadır (Şekil 4.10).



Şekil 4. 10 El yazısıyla yazılmış olan rakamların matrise dönüştürülmüş hali [21]

4.3.2.1 Gri Renk Skalası

Şekil 4.11' de verilen herhangi bir rakamı detaylı inceleyecek olursak gri renk sklasını daha iyi anlaşılacaktır. Örneğin 1 rakamı 28 X 28' lik bir matris oluşturmaktadır. Bu rakamın rengi siyah ve beyazı barındıran giri bir fotoğraftır. Matriste görününen "0" değerleri tam beyaz rengi ifade ederken "1" değeri ise tam siyah rengi ifade etmektedir. 0 ile 1 arasındaki değerler ise gri rengi ifade etmektedir. Dolayısıyla bu matrise bakarak her bir pikselin hangi rengi ifade ettiğini anlayabiliriz (Şekil 4.11).



Şekil 4. 11 El ile yazılmış 1 rakamının 28 X 28' lik matriste gösterimi ve renk analizi [21]

4.3.2.2 Piksel ve Renk Derinliği

Fotoğrafçılık dünyasından dijital fotoğraf makinalarının ortaya çıkmasıyla analog görüntüleri dijital olarak ifade etmek gekektir. Bunun içinde çözünürlük kavramı ortaya çıkmıştır. Bir dijital görüntüde bulunan nokta sayısı ne kadar fazla olursa o görüntünün gerçeğe yakınlığı çok daha fazla olmaktadır. Bunun yanında her bir noktanın rengi gerçeğe ne kadar yakın olursa görüntü de o kadar net olmaktadır. Bu nokta diye bahsedilenler aslında fotoğrafçılıkta "piksel" diye adlandırılmaktadır. Herbir pikselin alabileceği renk aralığı ne kadar fazla olursa o pikselde gerçeğe daha yakın bir renk alabilecektir. Bu duruma renk derinliği denilmektedir ve "bit" olarak ifade edilmektedir.

1 bit renk derinliğine sahip bir piksel $2^1 = 2$ adet renk alabilir ve bu renklerde siyah ve beyazdır.

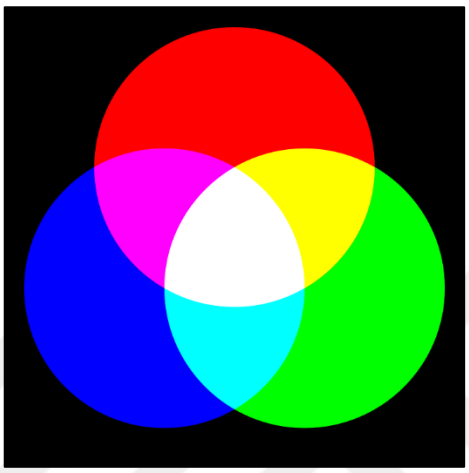
2 bit renk derinliğine sahip bir piksel $2^2 = 4$ adet renk alabilir.

Kısaca bit sayısı arttıkça pikselin alabileceği renk sayısı 2^n şeklinde bulunabilir. Ayrıca 8 bit renk derinliğine sahip bir noktacık için $2^8 = 256$ adet renk alabilir denilebilir.

Dolayısıyla bir dijital resim 8 bitlik bir renk derinliğinde 0 ile 255 arasında toplam 256 farklı renk alabilir [22].

4.3.2.3 RGB Renk Skalası

Bilindiği üzere çerçek hayatta tüm nesneler siyah yada beyaz renklerden oluşmamaktadır. Renklerin tamamı kırmızı, yeşil ve mavi renklerin belirli oranda birleşmesiyle oluşmaktadır. Bu üç renk %100 karıştırıldığında beyaz, %0 karıştırıldığında ise siyah bir renk ortaya çıkmaktadır(Şekil 4.12). Bu sisteme RGB skalası denilmektedir ve inglizce "red" (Kırmızı), "green" (yeşil) ve "blue" (mavi) kelimelerinin baş harflerinden oluşmaktadır [22].



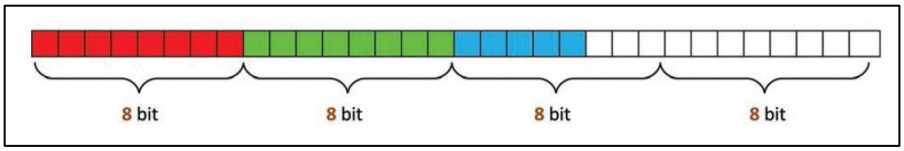
Şekil 4. 12 RGB renk skalası [22]

Gerçek bir renk 32 bit ile ifade edilmektedir. Çünkü herbir piksel 8 bit kırmızı, 8 bit yeşil, 8 bit mavi renklerini alabilir. Buda;

Kırmızı için $2^8 = 256$,

Yeşil için $2^8 = 256$,

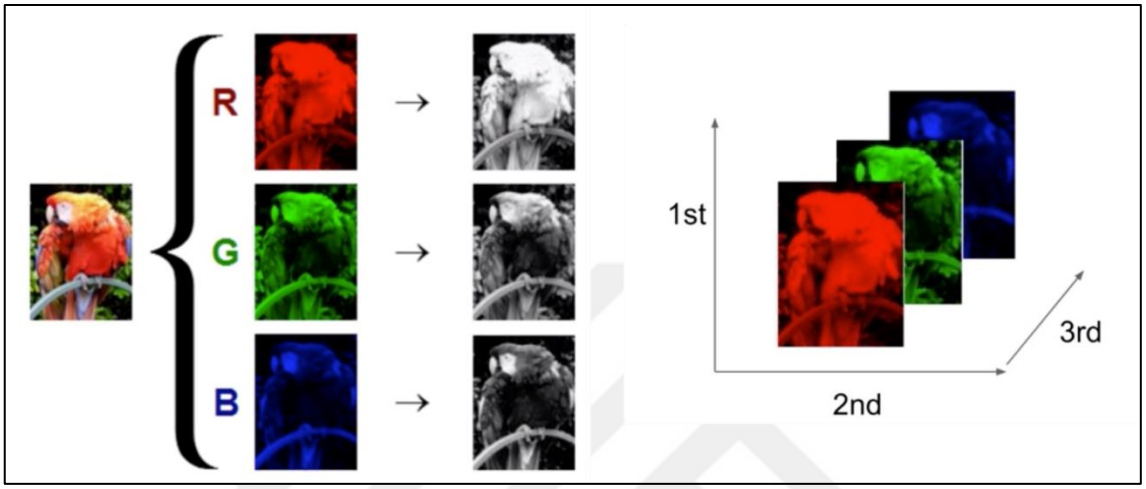
Mavi için $2^8 = 256$ farklı renk alabilmekte ve toplamda bir piksel $256^3 = 16.777.216$ farklı renk alabilir. 32 bitin ilk 24 biti Kırmızı, mavi ve yeşil renk derinliğini ifade ederken son 8 bit ise saydamlık bilgisi tutan alfa kanalını ifade etmektedir (Şekil 4.13) [24].



Şekil 4. 13 32 bitlik görüntüde renk dağılımı [22]

4.4 Python Programlama Dilinde Görüntü İşleme

Pyhton programlama dilinde herbir fotoğrafın için 3 farklı boyut gösterilmektedir. Bunlar yükseklik, genişlik ve renk skalasıdır. Örneğin bir fotoğrafı pythonda işleme sokulduğunda program (1280,720,3) şeklinde bir bilgi vermektedir. İlk sayı olan 1280 pixel yüksekliği, 720 piksel genişliği ve 3 ise içerdiği ana renk sayısıdır(RGB veya KYM)(Şekil 4.14).



Şekil 4. 14 Bir fotoğrafın görüntü işlemedeki 3 farklı boyutu [21]

Görüntü işlemi için ilk olarak Anaconda programı üzerinden bir çalışma sayfası açılması gerekmektedir. Ardından aşağıdaki basamaklar takip edilmelidir (Şekil 4.15)

```
[1]: import numpy as np
```

Şekil 4. 15 Numpy kütüphanesinin çağırılması

- Ardından Python' da bilimsel programlamanın en önemli araçlarından olan "Matplotlib" grafik çizim paketi yazılan kodla sisteme çağırılır (Şekil 4.16).

```
[2]: import matplotlib.pyplot as plt
```

Şekil 4. 16 Matpolot kütüphanesinin çağırılması

- “PIL” olarak kısaltılan “Python Images Library” yani “Python Fotoğraf Kütüphanesi” yani resimlerin işlenebildiği ve üzerinde çalışılabildiği bir kütüphanedir. Görüntü işleme için “PIL” de işlemek istediğiniz görüntüyü açmanız gerekmektedir (Şekil 4.17).

```
[3]: from PIL import Image
```

Şekil 4. 17 Pyhton fotoğraf kütüphanesinin sisteme çağırılması

- Ardından “PIL” de işlemek istediğimiz fotoğrafın uzantısını yazarak Python’ da açtırılması gerekir (Şekil 4.18).

```
[4]: pic = Image.open("kopek.jpg")
```

Şekil 4. 18 Open komutu ile fotoğrafın programa çağırılması

- Boş bir satıra pic komutu yazıldığında artık üzerinde çalışmak istediğiniz fotoğraf Python çalışma sayfanızda görünecektir (Şekil 4.19).

```
[5]: pic
```



Şekil 4. 19 Pic komutu ile görüntünün çalışma sayfasında görselleştirilmesi

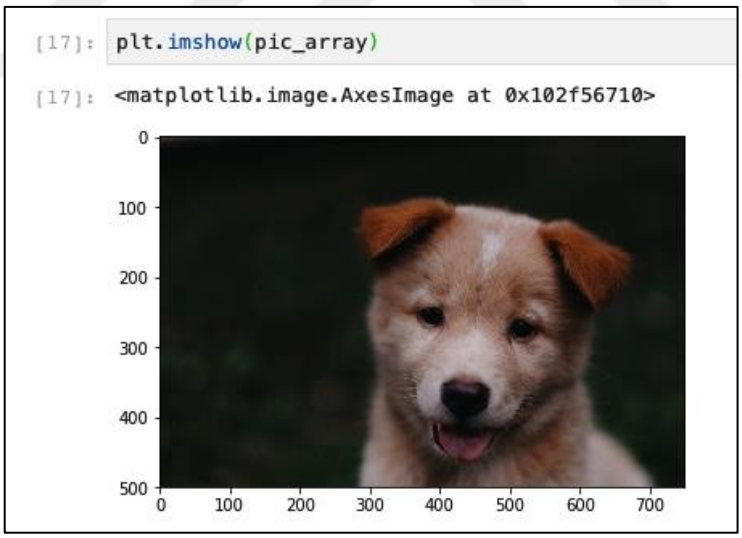
- Eğer ne tarz bir dosya olduğunu görülmek istenirse type(pic) komutunun yazılması gerekmektedir (Şekil 4.20).

```
[6]: type(pic)

[6]: PIL.JpegImagePlugin.JpegImageFile
```

Şekil 4. 20 Çağırılan dosyanın türünü öğrenme

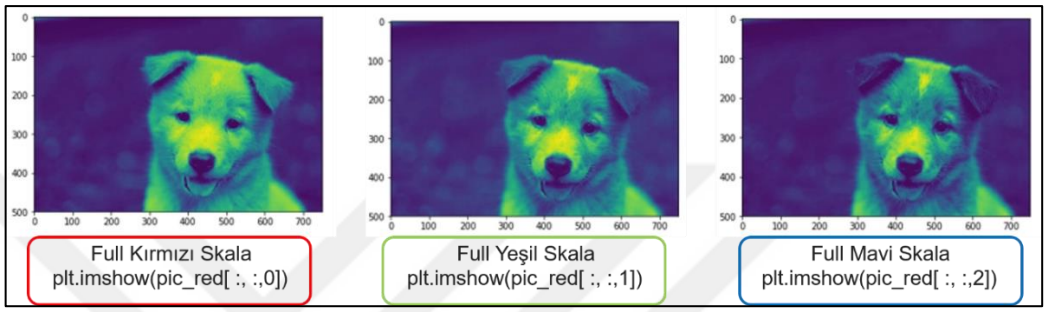
- Görüntüyü işleyebilmek için "array" yani dizin haline getirmemiz gerekmektedir. Bunun için pic_array =np.asarray(pic) komutu yazılır. Artık "pic" olarak tanımladığımız fotoğrafımız "array" formatına geçmiştir. Bunu kontrol etmek için komut satırına type(pic_array) yazdığımız zaman Python bize "numpy.ndarray" yani fotoğraf artık "array" tipinde olduğunu gösterir.
- Eğer fotoğrafımızın şekli hakkında bilgi almak istersek shape komutunu kullanmamız gerekmektedir. Boş satıra "pic_array.shape" komutu yazıldığında sistem (500, 750, 3) şeklinde bilgi verir. Yani fotoğrafımız 500 x 750 piksel boyutlarında 3 renk skalasına sahiptir.
- Fotoğraf üzerinde piksel skalasını görmek istersek satıra "plt.imshow(pic.array) yazmamız yeterli olacaktır. Bu durumda ortaya çıkan resimde X ve Y piksel eksenlerini görebiliriz (Şekil 4.21).



Şekil 4. 21 İşlenen fotoğrafın piksel eksenlerinin görüntülenmesi

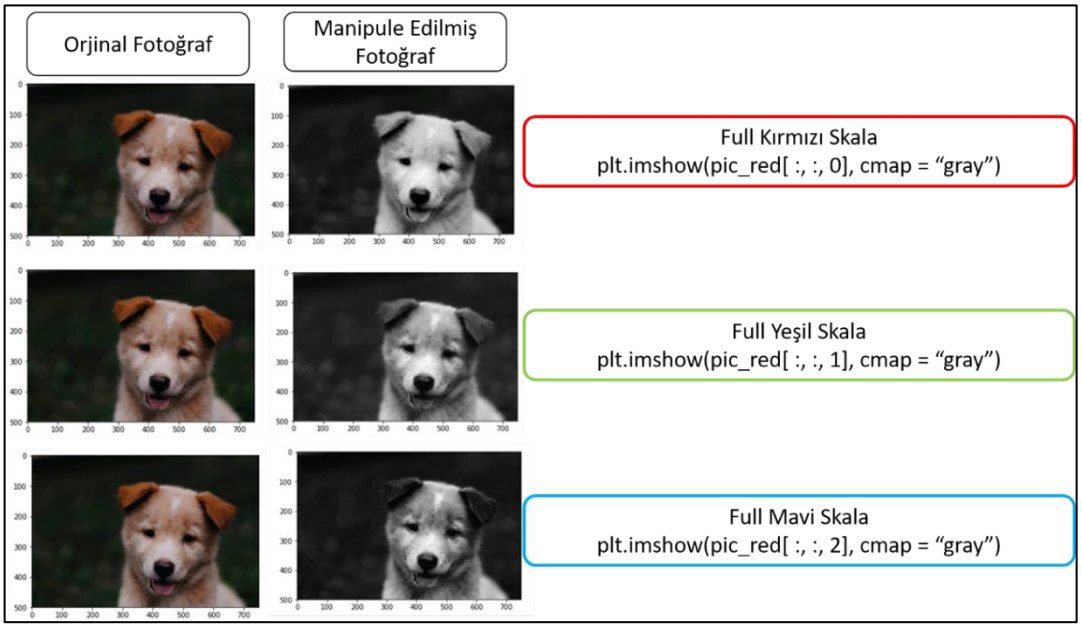
- Eğer fotoğrafımızı sadece kırmızı renk sklasında görüntülemek istersek fotoğrafımızın bir kopyasını oluşturmamız gereklidir.

- Örneğin fotoğrafımızın yeni ismi “pic_red” olsun bu yeni ismi yaratmak için “pic_red=pic_array.copy()” komutunu yazılır. Ardından “plt.imshow(pic_red[:, :,0])” komutu yazıldığında fotoğrafta sadece kırmızı renk skalasında gösterilir.
- Kodda 0 yazan yere 1 yazıldığında (“plt.imshow(pic_red[:, :,1])”) fotoğrafta sadece yeşil kanal, 0 yazan yere 2 yazıldığında(“plt.imshow(pic_red[:, :,2])”) sadece mavi kanal gösterilir (Şekil 4.22).



Şekil 4. 22 Aynı resim üzerinde RGB skalalarına göre görüntüleme

- Bunun yanında aynı kodda “cmap=gray” yazdığımızda, fotoğraf tamamen gri renge bürünecektir (Şekil 4.23).



Şekil 4. 23 Aynı fotoğrafın full kırmızı/yeşil/mavi halinin gri skalada gösterimi

- Şekil 4.23'e bakıldığı zaman orjinal fotoğraf " plt.imshow(pic_red[:, :, 0], cmap="gray) kodu yazılarak full kırmızı skalaya daha sonrada gri skalaya çevrilmiştir. Ayrıca fotoğraf kırmızı skladan gri sklaya çevrildiği için 0 değeri tam siyahı, 255 değeri ise tam kırmızıyı ifade eder. 1. sıradaki orjinal ve manipule edilmiş köpek fotoğrafı incelendiğinde, köpeğin manipüle edilmiş fotoğrafında kulak kısımları beyaz görünmektedir. Demek ki original resimde bu bölgelerde kırmızı renk mevcuttur. Orjinal resme bakıldığı zaman köpeğin kulaklarınında kırmızı renkler görünmektedir. Yada 3. sıradaki fotoğraflara bakıldığında manipule edilmiş fotoğrafta köpeğin kulakları siyah gözükmektedir. Demek ki bu bölgede mavi renk neredeyse hiç bulunmamaktadır. Orijinal resim incelendiğinde de aynı sonuca varılacaktır.

5
Testler Sonrası İşlemler

Testler yol şartlarında yapıldığı için fotoğraflar açık alanda çekilmiştir. Farklı zamanlarda fotoğraf makinasının lensine farklı ışık geleceğinde dolayı fotoğraflama hem manuel modda ortam ışık şiddeti ayarlanarak hem de otomatik modda yapılmıştır. Bunun yanında farklı ışık şiddetini engellemek için test öncesinde ve sonrasında fotoğraf çekiminden önce aracın yan gövdesine beyaz A4 kağıdı yapıştırılmıştır. Bunun sebebi fotoğraflarda "beyaz dengesi" (white balancing) işlemi yapılarak fotoğraflardaki tüm beyaz renklerin referans noktasına göre ayarlanmasını sağlamaktır.

Fotoğraflarda "beyaz dengesi" işlemi yapabilmek için lisanslı "PhotoScape X" fotoşop programı kullanılmıştır. Programda herhangi bir fotoğraf açıldıktan sonra "editor" sekmesi altında "White Balance" fonksiyonu kullanılmıştır. Bu tuşa tıklandıktan sonra fotoğrafta bulunan ve test öncesi araca yapıştırılmış beyaz A4 sayfası seçilmiştir. Bu sayede seçilen nokta tam beyaz kabul edilimiş ve fotoğraf renkleri bu referansa göre düzenlenmiştir. Şekil 5.1' de orijinal ve beyaz dengesi yapılmış fotoğraflar gösterilmiştir.



(a) (b)

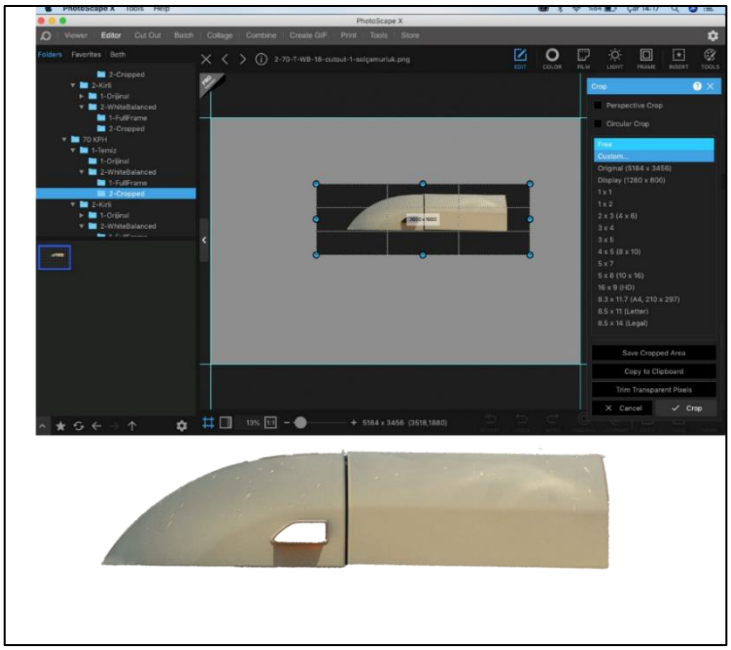
Şekil 5. 1 a) Orijinal fotoğrab b) Beyaz dengesi yapılmış fotoğraf

Beyaz dengesi tüm fotoğraflar için yapıldıktan sonra aracın çamurluk bölgesi analizleri için fotoğraftan sadece ilgili parçanın kesilmesi gerekmektedir. Şekil 5.2' de aracın kirlilik analizi yapılacak bölgesi gösterilmiştir.



Şekil 5. 2 Kirlilik analizi yapılacak bölge

Kirlilik analizi yapılacak olan bölgeni fotoğraftan kesilmesi için "PhotoScape X" programında "Cut Out" fonksiyonu kullanılmıştır. Herbir fotoğraf için bu işlem yapılmışıtır. Ardından herbir kesilen fotoğraf 3000 x 1000 piksel değerine getirilmiştir (Şekil 5.3).



Şekil 5.3 3000 x 1000 piksel değerinde kesilmiş çamurluk görüntüsü

5.1 Python Programı ile Kirlilik Analizi

Her bir fotoğraf analizler öncesinde aynı piksel ölçülerine sahip hale getirildikten sonra "python" programlama dili kullanılarak kirlilik analizi yapılmıştır. Örnek bir kirlilik analizi aşığıdaki gibidir (Şekil 5.4). Ayrıca gri skalaya çevrilmiş parçanın Şekil 5.5' de gösterilmiştir.

```
In [516]: from PIL import Image

In [517]: import numpy as np

In [518]: import matplotlib.pyplot as plt

In [1020]: im = Image.open("2-60-T-WB-12-cutout_solçamurluk-1-c.png")

In [1021]: im_grey = im.convert("LA")

In [1022]: width, height = im.size

In [1023]: total = 0

In [1024]: for i in range(0, width):
               for j in range(0, height):
                   total += im_grey.getpixel((i,j))[0]

In [1025]: mean = total / (width*height)

In [1026]: im_grey
```

Şekil 5. 4 Kirlilik analizi için kullanılan kodlar



Şekil 5. 5 Gri skalaya çevrilmiş parçanın fotoğrafı

Python çalışma sayfasında ilk olarak "PIL", "numpy" ve "matplotlib" kütüphaneleri çağırılır. Ardından fotoğrafın bilgisayarda kayıtlı uzantısı kullanılarak fotoğraf Python' da açılır. Fotoğraf gri skalya çevrilir. Ardından fotoğrafın yükseklik ve eni için tüm piksel değerleri için "i" ve "j" değişkenleri tanımlanır. Fotoğraftaki tüm piksellerin ortalama renk yoğunluk bilgisi için ilgili formül yazılır. Fotoğraf pythonda gri formata çevirilip çevrilmediğinden emin olmak için "im_grey" komutu kullanılarak çalışma sayfasında görüntülenir (Şekil 5.4).

Fotoğraftaki tüm piksellerin okunabilmesi için fotoğraf matris haline "pic_arr=np.asarray(im_grey)" kodu kullanılır. Fotoğrafın piksel bilgisi kontrol edilmek istenirse "pic_arr.shape" komutu kullanılabilir (Şekil 5.6). Son olarak "Print" komutu çalıştırıldığında analiz edilen fotoğraftaki tüm piksellerin 0-255 arasındaki renk değerlerinin ortalaması ortaya çıkar (Şekil 5.7).

```
In [1027]: pic_arr  = np.asarray(im_grey)

In [1028]: pic_arr

Out[1028]: array([[[0, 0],
                   [0, 0],
                   [0, 0],
                   ...,
                   [0, 0],
                   [0, 0],
                   [0, 0]],

                  [[0, 0],
                   [0, 0],
                   [0, 0],
                   ...,
                   [0, 0],
                   [0, 0],
                   [0, 0]],

                  [[0, 0],
                   [0, 0],
                   [0, 0],
                   ...,
                   [0, 0],
                   [0, 0],
                   [0, 0]],

                  ...,

                  [[0, 0],
                   [0, 0],
                   [0, 0],
                   ...,
                   [0, 0],
                   [0, 0],
                   [0, 0]],
```

Şekil 5. 6 Matris komutu ve piksel kontrol komutları

```
In [1029]: pic_arr.shape

Out[1029]: (1000, 3000, 2)

In [1030]: print(mean)
           24.681043666666667
```

Şekil 5. 7 Ortalama renk yoğunluğunu sayısallaştırma işlemi

Aynı işlem test sonrasında elde edilen çamurluk fotoğrafı için de yapıldığı zaman kirlenmeden dolayı farklı bir renk yoğunluğu değeri oluşacaktır. Bu iki değerin arasındaki fark kirlenme miktarını vermektedir.

6
Sonuçlar ve Öneriler

Tüm kirli ve temiz çamurluk fotoğrafları için "python" programında kirlilik analizi yapılmıştır. Tablo 6.1'de 5 kanatlı ve kanat açıları 30° ile 5 kanatlı ve kanat açıları 0° olan tasarımların 60 km/h, 70 km/h ve 80 km/h hızlarında test öncesi ve test sonrası çamurluk ortalama renk yoğunluğu bilgisi yer almaktadır.

Tablo 6. 1 Sol 5 kanatlı 0° - Sağ 5 kanatlı 30°

	5 Kanatlı Sol 0° - Sağ 30°					
	60 km/h		70 km/h		80 km/h	
	R(30°)	L(0°)	R(30°)	L(0°)	R(30°)	L(0°)
Temiz	25,216	26,210	26,981	38,010	44,026	48,582
Kirli	26,981	38,010	44,026	39,560	63,128	49,112
Fark	1,765	11,800	17,045	1,550	19,102	0,530
% Kir	0,689	4,609	6,658	0,605	7,462	0,207

Tablo 6.2'de 3 kanatlı ve kanat açıları 30° ile 3 kanatlı ve kanat açıları 0° olan tasarımların 60 km/h, 70 km/h ve 80 km/h hızlarında test öncesi ve test sonrası fotoğraflarının çamurluk ortalama renk yoğunluğu bilgisi yer almaktadır.

Tablo 6. 2 Sol 3 Kanatlı 0° - Sağ 3 kanatlı 30°

	3 Kanatlı Sol 0 Derece - Sağ 30 Derece					
	60 km/h		70 km/h		80 km/h	
	R(30°)	L(0°)	R(30°)	L(0°)	R(30°)	L(0°)
Temiz	28,812	33,004	31,220	35,580	31,127	33,018
Kirli	61,205	60,071	54,346	55,686	50,109	35,859
Fark	32,393	27,067	23,126	20,106	18,982	2,841
% Kir	12,65352	10,57305	9,034	7,854	7,415	1,110

Tablo 6.3'de 15° kanat açılı 3 kanatlı ve 15° kanat açılı 5 kanatlı tasarımların 60 km/h, 70 km/h ve 80 km/h hızlarında test öncesi ve test sonrası fotoğraflarının çamurluk ortalama renk yoğunluğu bilgisi yer almaktadır.

Tablo 6. 3 Sol 3 kanatlı 15° - Sağ 5 kanatlı 15°

	Sol 3 Kanatlı 15° - Sağ 5 Kanatlı 15°					
	60 km/h		70 km/h		80 km/h	
	R(15-5)	L(15-3)	R(15-5)	L(15-3)	R(15-5)	L(15-3)
Temiz	18,030	16,118	23,053	31,667	29,048	22,159
Kirli	27,750	30,506	29,574	45,340	30,920	33,903
Fark	9,720	14,388	6,521	13,673	1,872	11,744
% Kir	3,797	5,620	2,547	5,341	0,731	4,588

5 kanatlı hava kanalı tasarımının %' de kirlilik oranları tablo 6.4' de ve 3 kanatlı hava kanalı tasarımının %' de kirlilik oranları Tablo 6.5' de gösterilmiştir.

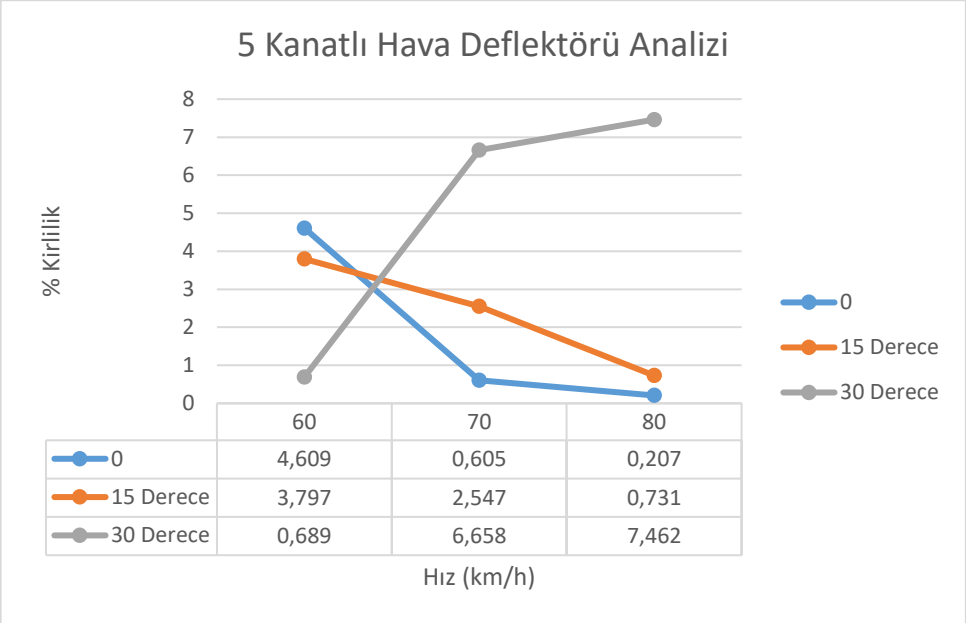
Tablo 6. 4 Beş kanatlı hava kanalı tasarımının %' de kirlilik oranları

	5 Kanatlı Hava Kanalı		
Kanat Açısı / Hız(km/h)	0°	15°	30°
	%' de Kirlilik		
60	4,609	3,797	0,689
70	0,605	2,547	6,658
80	0,207	0,731	7,462

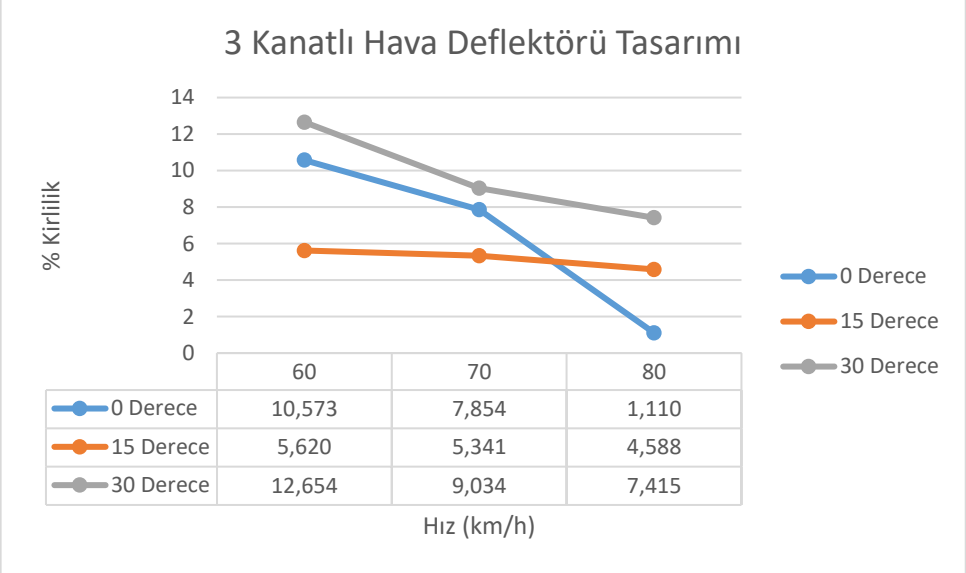
Tablo 6. 4 Üç kanatlı hava kanalı tasarımının %' de kirlilik oranları

	3 Kanatlı Hava Kanalı		
Kanat Açısı / Hız(km/h)	0°	15°	30°
	%' de Kirlilik		
60	10,573	5,620	12,654
70	7,854	5,341	9,034
80	1,110	4,588	7,415

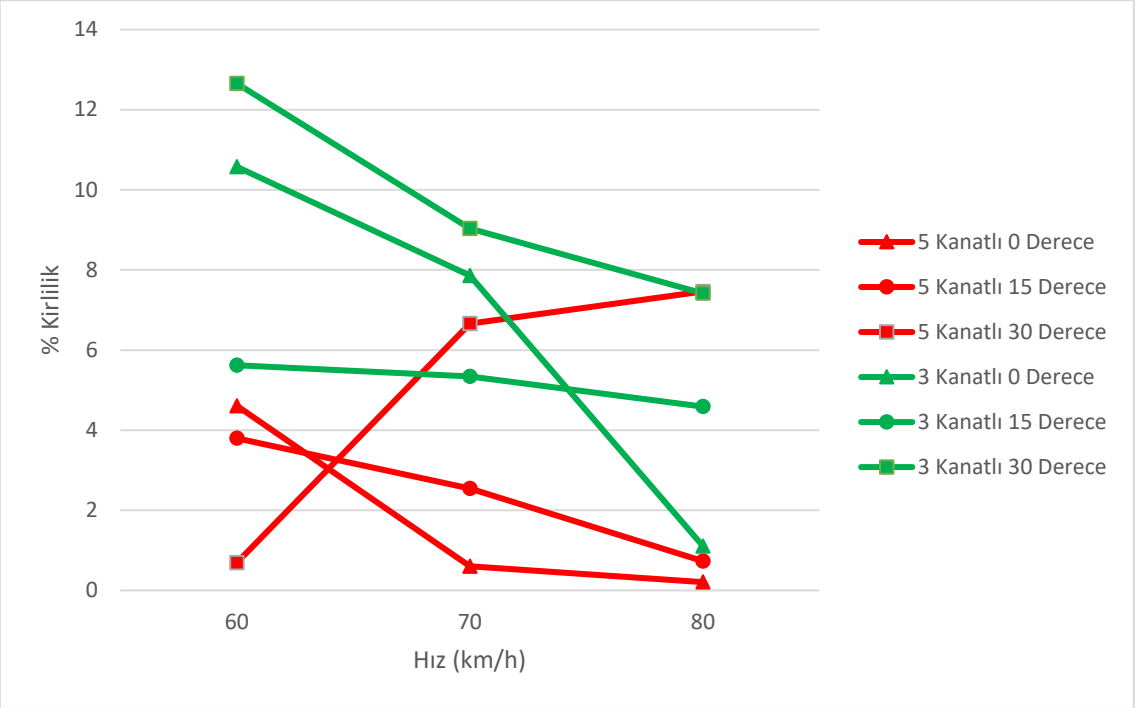
Tablo 6.4 ve Tablo 6.5' de yer alan bilgiler kullanılarak Şekil 6.1, Şekil 6.2 ve Şekil 6.3 oluşturulmuştur. Bu sayede farklı kanat açılarına sahip olan 3 kanatlı ve 5 kanatlı hava kanalı tasarımlarının etkileri kıyaslanabilmiştir.



Şekil 6. 1 Beş kanatlı hava kanalı analiz grafiği

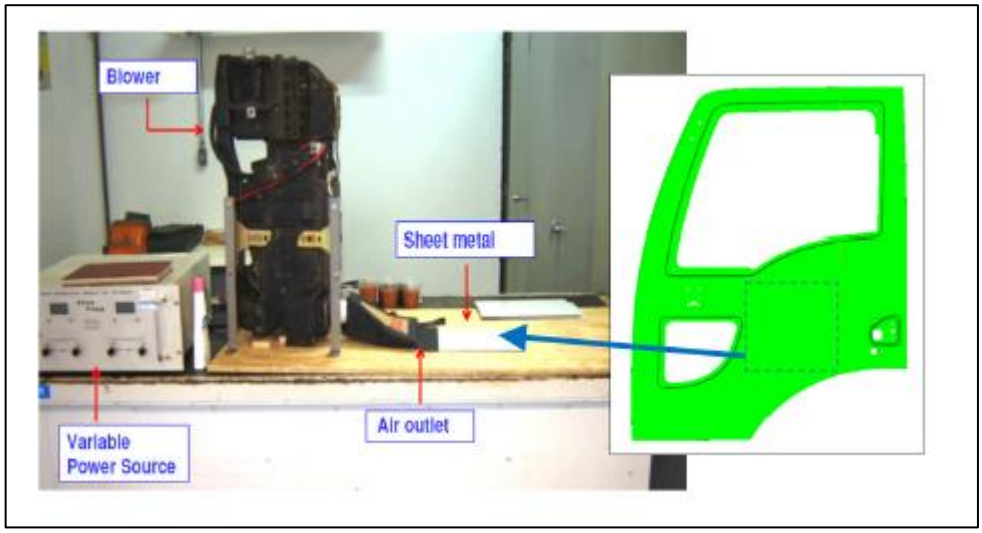


Şekil 6. 2 Üç kanatlı hava kanalı analiz grafiği

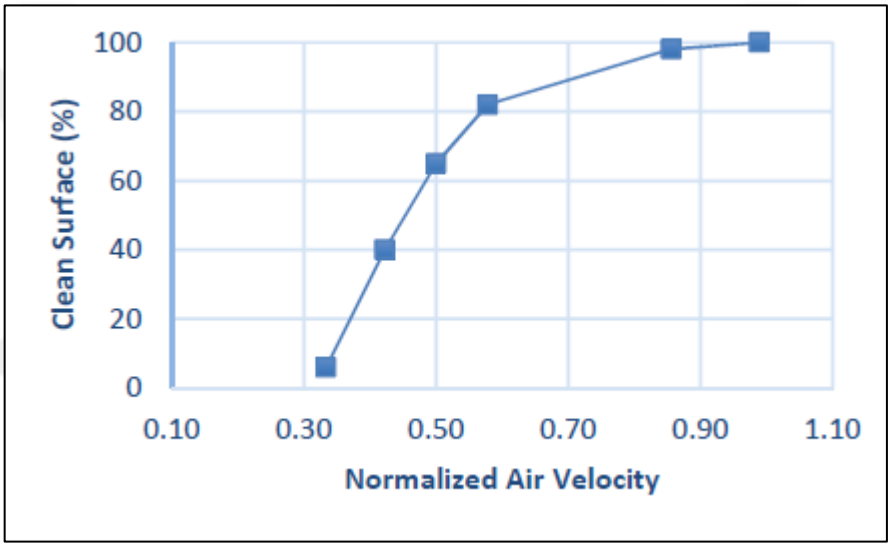


Şekil 6. 3 Beş ve üç kanatlı hava kanalı tasarımlarının kirlilik analiz grafiği

Testler sonrası yapılan analizlerde 3 kanatlı hava kanalı tasarımında araç hızı arttıkça yan yüzeylerdeki kirlenme miktarının azaldığı her üç farklı açı tipi için de gözlemlenmiştir. Bunun nedeni ise araç hızı arttıkça hava kanalının araç yan gövdesine ilettiği hava hızının artması ve bu sayede yan gövdeyi daha iyi süpürmesidir. Araç hızı arttıkça hava kanalı tasarımının kapı yüzeyindeki kirlenme miktarını azalttığı yönündeki buluglar litaratürde de yer almaktadır. Edinilson'ın 2017 yılında yaptığı çalışmada ağır ticari çekici aracın kaputu üzerinde bulunan hava kanalı parçası incelenmiştir. İlk olarak bir test düzeneği oluşturulmuştur(Şekil 6.4). Bu test düzeneğinde araç kapısından alınan bir örnek metal yüzeyin üzerine farklı ölçülerde toz düzenli bir şekilde yerleştirilmiştir. Ardından değişken güç kaynağına bağlı olan ve üfleme hızı değiştirilebilen bir üfleyici ile toz bulunan örnek metal yüzeyine hava püskürtülmüştür. Örnek metal yüzeyindeki tüm toz taneleri temizlenene kadar üfleç hızı arttırmışlar ve tüm toz tanelerini uzaklaştırabilmek için gerekli olan hız değeri belirlenmiştir. Çalışmalarda görülmüştürki hava hızı arttıkça kap yüzeyindeki kirlenme miktarı azalmaktadır (Şekil 6.5) [23].



Şekil 6. 4 Çalışmada kullanılan hava kanalı tipleri[23]



Şekil 6. 5 % temiz yüzey / normalleştirilmiş hava hızı [23]

Aracın bir tarafına hava kanalı takılıp diğer tarafına takılmadığı zaman, hava kanalı takılı olan bölümün yüzey kirlenmesinin daha az olduğu fotoğraflardan görülmektedir. Diğer bir yandan Ednilson ve arkadaşları aynı çalışmada deflektörlü ve deflektörsüz tasarımlar için yol testi yapmıştır ve araç yüzeyine akışın görselleştirilebilmesi için küçük püsküller takmışlardır. Sonuç olarak kanalısüz araçta, araç yan gövdesindeki hava akışının daha düzensiz olduğu diğer bir yandan hava kanalının aracın ön tarafından gelen havayı yan yüzeye daha başarlı ve düzenli bir şekilde yönlendirdiği gözlemlenmiştir.

Bir diğer yandan 5 kanatlı hava kanalı tasarımının genel olarak 3 kanatlı hava tasarımına göre daha başarılı olduğu Şekil 6.3' de görülmektedir. Litaratürde de aynı sonuçlar 2000 senesinde Kim M. tarafından gözlemlenmiştir [4]. 4 kanatlı ve ortadaki iki kanadı 15°' lik açıyla yere dönük olan hava kanalının, 3 kanatlı ve tüm kanatları yere paralel olan hava kanalı tasarımına göre daha iyi sonuç alındığı bulunmuştur. Dolayısıyla kanat sayısının artması havanın istenilen bölgeye daha iyi yönlendirilmesini sağlamaktadır. Fakat havayı en iyi şekilde yönlenmesini sağlayacak optimum kanat sayısı çalışmasının yapılması gerekmektedir.

5 kanatlı hava kanalı tasarımında 0° ve 15°' lik tasarımlar için araç hızı arttıkça % kirlenme değeri düşerken 30°' lik tasarımda ise dramatik bir şekilde artış gözlemlenmiştir. Bunun sebebi 30°' lik tasarımın havayı araç çamurluğunun aşağı kısmına yönlendirmesidir. Ayrıca Şekil 6.3 incelendiğinde genel olarak en başarısız tasarımın ise 30°'lik kanat açısına sahip hava kanalı tasarımı olduğu görülmektedir. Bunun nedeni yine aynı şekilde 30°' lik kanat tasarımında hava çamurluk bölgesi yerine bu bölgenin daha aşağısına etki etmesi olarak söylenebilir.

Tablo 6. 5 Genel kıyaslama tablosu

	Kanat Sayısı (Adet)	Hız km/h	Açı (°)	Kirlilik	KF
Az Kirli	5	80	0	0,530	0,00
	5	70	0	1,550	0,03
	5	60	30	1,765	0,04
	5	80	15	1,872	0,04
	3	80	0	2,841	0,07
	5	70	15	6,521	0,19
Orta Kirli	5	60	15	9,720	0,29
	3	80	15	11,744	0,35
	5	60	0	11,800	0,35
	3	70	15	13,673	0,41
	3	60	15	14,388	0,43
	5	70	30	17,045	0,52
Çok Kirli	3	80	30	18,982	0,58
	5	80	30	19,102	0,58
	3	70	0	20,106	0,61
	3	70	30	23,126	0,71
	3	60	0	27,067	0,83
	3	60	30	32,393	1,00

Tüm bu çalışmalar sonrasında tüm tasarımlar için 0 ile 1 arasında olacak şekilde bir kirlilik faktörü(KF) değerleri hesaplanmıştır. En az kirlenme değerini veren tasarım "0" değerini alırken en çok kirlenme değerini veren yani kirlenmeyi azaltmada en az etkisi

olan tasarıma da “1” değeri verilmiştir (Tablo 6.5). Kirlilik faktörlerine göre tüm tasarımlar, “Az Kirli”, “Çok Kirli” ve “Orta Kirli” olarak 3 ana gruba ayrılmıştır.

Bu bilgiler ışığında Tablo 6.6’ ya bakıldığında da;

- 5 kanatlı tasarımın 3 kanatlı tasarımlara göre daha başarılı olduğu,
- Araç hızı arttıkça genel olarak tasarımların kirlenmeyi daha da azalttığı ve 80km/h hızın kirlenmede en etkili hız olduğu,
- En çok kirlenmenin 30°’lik kanat açısına sahip tasarımda olduğu,
- En az kirlenmenin genel olarak 0°’lik kanat açısına sahip olan tasarımlarda olduğu gözlemlenmiştir.

Tüm verilere dayanarak ;

Kirlilik oranı formül 6.1’ de gösterildiği gibidir.

$$k = 21{,}28 + 0{,}1053\,x - 2{,}049\,n - 0{,}1369v \qquad (6.1)$$

Burada;

k : kirlilik oranı

x : kanat açısı (°)

n : kanat sayısı

v : hızı (km/h) ifade etmektedir.

Daha önceden de bahsedildiği üzere bir kamyon kullanıcısı araca binmeye çalışırken üzeri çamurluğa sürtünmesinden dolayı kirlenmektedir. Bu yüzden lastik kaynaklı oluşan kirlenmeyi engellemek için hava kanalı etkili bir uygulamadır. Test edilen araç için uygun olan hava kanalının 5 kanatlı olması gerekmektedir. Ayrıca her ne kadar 60 km/h hızda 0°’lik tasarımın % kirlilik değeri diğer 5 kanatlı tasarımlara göre daha fazla çıksada, 0°’ lik kanat açısı tercih edilmelidir. Çünkü 70 ve 80 km/h hızlarda kirlilik değeri diğer tasarımlara göre daha iyi sonuçlar vermektedir. Ayrıca normal bir çekici araç şehirler arası yolculuk sırasında ortalama 70, 80 km/h hızlarda hareket etmektedir.

Genel olarak hava kanalı parçasının araç yan gövde üzerindeki kirlenmeyi ciddi oranda azalttığı gözlemlenmiştir. Bu yüzden ağır ticari araçlarda yan gövde

kirlenme problemlerini azaltmak için uygun hava kanalı tasarımının seçilerek uygulanması önerilmektedir. Her nekadar bu çalışmada sadece yan yüzey kirlilik oranını azaltacak optimum hava kanalı araştırılmış olsada, hava kanalı parçasının aracın genel direnç katsayısına etkisi yani yakıt tüketimine etkisinin de araştırılması ve göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Kaynakça

[1] Dasarathan D., Jilesen J., Crateau D. ve Ayala R., CFD Water Management Design for a Passenger Coach with Correlation, SAE Technical Paper, 2016-01-8155, doi: 10.4271/2016-01-8155, 2016.

[2] Gaylard A. ve Duncan B., Simulation of Rear Glass and Body Side Vehicle Soiling by Road Sprays, SAE Technical Paper, 2011-01-0173, doi: 10.4271/2011-0-0173, 2011.

[3] Jonathan J., Gaylard A., Duncan B., Konstantinov A. ve Wanderer J., Simulation of Rear and Body Side Vehicle Soiling by Road Sprays Using Transient Particle Tracking, SAE Technical Paper, 2013-01-1256, doi: 10.4271/2013-01-1256, 2013.

[4] Kim M., Numerical Simulation on the Aerodynamic Characterstics Around Corner Vane of a Heavy-Duty Truck, SAE Technical Paper, 2000-01-3499, doi: 10.4271/2000-01-3499, 2000.

[5] Tang K., He L., Zhao Y., Friz H. ve Li B., The Aerodynamic Development of a New Dongfeng Heavy Truck, SAE Technical Paper, 2015-01-2886, 2015, doi:10.4271/2015-01-2886, 2015.

[6] Ming J., Wu H., Tang K., ve diğerleri, Evaluation and Optimization of Aerodynamic and Aero-Acoustic Performance of a Heavy Truck using Digital Simulation, SAE Technical Paper, 2011-01-0162, doi:10.4271/2011-01-0162, 2011.

[7] Obidi T., Theory and Applications of Aerodynamics for Ground Vehicles, SAE Technical Book, doi:10.4271/R-392, ISBN:978-0-7680-2111-0, 2014.

[8] Ford, Dış tasarım, Galeri, http//:www.ford.com.tr, 05.2019.

[9] Clarke R., Heavy Truck Splash and Spray Suppression: Near and Long Term Solutions, 831178, 1983.

[10] Commission Regulation (EU) No 109/2011 of 27 January 2011, implementing Regulation (EC) No 661/2009 of European Parliment and of the Council as regards type-approval requirements for a certain categories of motor vehicles and their trailers as regards spray suppression system, 2011.

[11] Ford Trucks, Araçlar, http://www.fordtrucks.com.tr, 05.2019.

[12] Durgun, İ., Otomotiv geliştirme sürecinde prototip imalatının dünü bugünü ve yarını, Ege Üniversitesi 15. Üretim Araştırmaları Sempozyumu, İzmir, 989-996, 2015.

[13] Peddiraju P., Papadopoulous A. ve Singh R., CAE Frame Work For Aerodynamic Design Development of Automotive Vehicles, 3rd ANSA & μETA International Conference, 2009.

[14] Baş H. ve Yapıcı F., Ergonomik Tasarım ve Üretimde Hızlı Prototipleme Teknolojisi, Suleyman Demirel Universitesi Muhendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi 3(3), OS:Ergonomi2015, 199-204, 2015 ISSN: 1308-6693, 2015.

[15] Udentify, Görüntü İşleme Nedir?, http://blog.udentify.co/04/2017/goruntu-isleme-nedir/, 05.2019.

[16] Academia, Görüntü İşleme, Resim İşleme, Image Processing, https://www.academia.edu/10271834, 05.2019.

[17] Pişkin Mesut, OpenCV ile Görüntü İşleme, Blog Yazıları Derlemesi Kitabı, 2017.

[18] Python, Downloads, http://www.python.org/downloads, 05.2019.

[19] Microsoft Azure Notebooks, My Projects, http//notebooks.azure.com, 05.2019.

[20] Perihanoğlu G. , Dijital Görüntü İşleme Teknikleri Kullanılarak Görüntülerden Detay Çıkarımı , İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Entitüsü Yüksek Lisans Tezi, 2015.

[21] Portilla J., Python for Computer Vision with OpenCV and Deep Learning, Udemy Eğitim Videoları, 2019.

[22] Duyar U., Dijital Görüntü Teknolojileri, Elektrik Mühendisleri Odası, Elektrik Mühendisliği Dergisi, Sayı 440, 2010.

[23] Edinilson C., Method for Preventing Contamination on Trucks Cabin Side Using CFD, SAE Technical Paper, 2017-36-0080, doi: 10.4271/2017-036-0080.10.4271/2017-36-0080, 2017.

Tezden Üretilmiş Yayınlar

İletişim Bilgisi: mertolcen@gmail.com

Konferans Bildirileri

1. Ölçen M., Demir H., "Araç Kirlenme Problemleri ve Ağır Ticari Araçlarda Corner Vane Uygulaması ile Kirlenme Probleminin Giderilmesi", 4. Uluslararası Mühendislik Mimarlık ve Tasarım Kongresi, İstanbul, 2019.