

Savunma Sanayi Başkanlığı  
İnsansız Suüstü Araçları Prototip Yarışması  
2021-2022

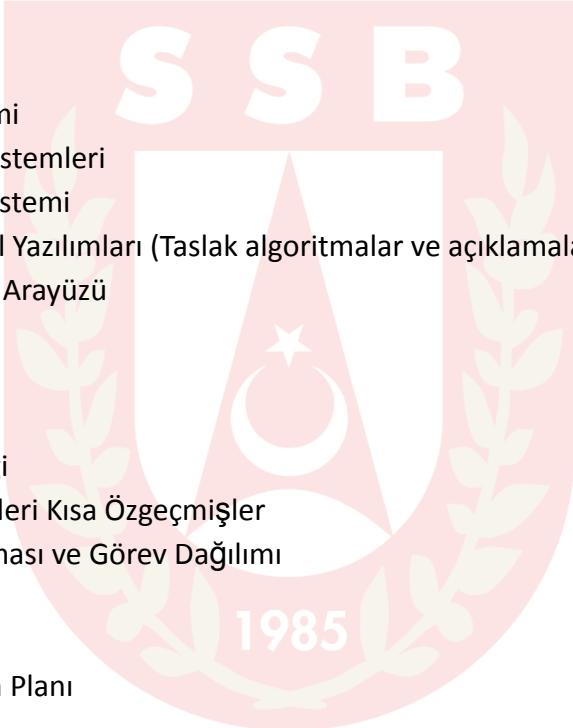
Takım: Sucoote*Robotics*

Takım Danışmanı: Doç. Dr. Mehmet Berke Gür

Takım Kaptanı: Ataberk Şuekinci

Takım Üyeleri: Turgay Kaan Akgöl, Berk Akün, Ali Baran Arslan, Ahmet Barış Gezer, Maral Demirsezen, Öykü Taşçı, Ali Yılmaz Kaya, Kaan Kocabas, Hurinur Şahin

# İçindekiler

- 
- 1. Yönetici Özeti
  - 2. Giriş
  - 2.1. Proje Tanımı
  - 2.2. Amaç ve Hedefler
  - 2.3. Tasarım Kísticasları, Koşulları ve Uygulanan Standartlar
  - 2.3.4 Özgün Tasarım Nitelikleri
  - 3. Ön Tasarım Bilgileri
    - 3.1. Genel Bakış (Ön Tasarım Görselleri)
    - 3.2. Gövde Tasarımı
    - 3.3. İtki Sistemi
    - 3.4. Güç (Batarya) Sistemi
    - 3.5. Algılayıcı (Sensör) Sistemleri
    - 3.6. (Görev) Bilgisayar Sistemi
    - 3.7. Kumanda ve Kontrol Yazılımları (Taslak algoritmalar ve açıklamaları)
    - 3.8. Kullanıcı (Operatör) Arayüzü
    - 3.9. İletişim Sistemi
    - 3.10. Güvenlik Sistemi
  - 4. Proje Yönetimi
    - 4.1. Takım Hakkında Bilgi
      - 4.1.1. Takım Üyeleri Kısa Özgeçmişler
      - 4.1.2. Takım Şeması ve Görev Dağılımı
    - 4.2. İş ve Yönetim Planı
    - 4.3. Zaman Çizelgesi
    - 4.4. Bütçe ve Finansman Planı
  - 6. Ekler
  - 6.2. Madde 2.3'te tanımlı öğrenci/danışman belgeleri

**Şekil 1: Aracın Taslak İskeleti**

**Şekil 2: Aracın Ana Kutusu Detay Görüntüsü**

**Şekil 3: Aracın önden görüntüsü**

**Şekil 4: Aracın ön çaprazdan görüntüsü**

**Şekil 5: Aracın Arkadan Görüntüsü**

**Şekil 6: Aracın arka çaprazdan görüntüsü**

**Şekil 7: Aracın Üstten Görüntüsü**

**Şekil 8: Görselde koyuya belirtilen yerler 175 cm yüzdürme ekipmanı boyuna sahip, 60 kiloluk bir aracın su seviyesinin geldiği yeri göstermektedir.** **Şekil 8: Görselde koyuya belirtilen yerler 175 cm yüzdürme ekipmanı boyuna sahip, 60 kiloluk bir aracın su seviyesinin geldiği yeri göstermektedir.**

**Şekil 9: Görselde koyuya belirtilen yerler 175 cm yüzdürme ekipmanı boyuna sahip, 60 kiloluk bir aracın su seviyesinin geldiği yeri göstermektedir.**

**Şekil 10: Taslak İskelet**

**Şekil 11: İtiş Gücü Grafiği**

**Şekil 12: Akım Grafiği**

**Şekil 13: Motor Teknik Çizim**

**Şekil 14: Teknik çizim Şeması**

**Şekil 15: BMS**

**Şekil 16: Rekromla beraber su üstü otonom araçlarına yönelik revize edeceğimiz/geliştireceğimiz LIDAR**

**Şekil 17: Raspberry Pi Balık Gözü**

**Şekil 18: ZED**

**Şekil 19: Nvidia Jetson Nano**

**Şekil 20: Arduino Mega REV3**

**Şekil 21: Sistemlerin Birbiriyle Çalışma Şekli**

**Şekil 22: Hareket Planlama Algoritma Detayı**

**Şekil 23: 360 derece sanal kuş bakışı görüntü**

**Şekil 24: Farklı kamera açılarından kuş bakışı görüntünün elde edilmesi**

**Şekil 25: Rota Koruma Diyagramı**

**Şekil 26: ROS'un paket yapısı**

**Şekil 27: Düğümler arası bilgi alışverişi**

**Şekil 28: Düğümlerde abonelik yapısı**

**Şekil 29: Farklı Yazılımlar Arasındaki Bağlantıları Gösteren Diyagram**

**Şekil 30: Farklı Elektronik Komponentler Arasındaki Bağlantıları Gösteren Diyagram**

**Şekil 31: Uzaktan Kumada**

**Şekil 32: Bluetooth Modülü**

**Şekil 33: Android tablet**

**Şekil 34: Quectel EC25-E 4G/LTE Mini PCI-e Modülü**

**Şekil 35: LORA RFM95**

**Şekil 36: LTE Main & Diversity & GNSS 3'lü Port u.FL Anten**

**Şekil 37: Kablo ve Kablo Güvenliği**

**Şekil 38: Güç Kesme Anahtarı**

**Tablo 1: Yoğunluk Kiyaslaması**

**Tablo 2: HDPE Mekanik Özellikler**

**Tablo 3: ESC Teknik Özellikler**

**Tablo 4: Teknik Özellikler**

**Tablo 5: Batarya Tercih Modülümüz**

**Tablo 6: BMS Teknik Verileri**

**Tablo 7: Kamera Karar Verme Modülümüz**

**Tablo 8: Ana İşlemci Karar Verme Modülümüz**

**Tablo 9: İletişim Sistemi Kiyaslaması**



## 1.Yönetici özeti

Ünlü fizikçi ve düşünür Thomas Kuhn 1962 yılında yayınladığı *The Structure of Scientific Revolutions* adlı kitabında bilimsel ilerlemeler için paradigma değişikliğini temel kavramlar, kabuller ve yaklaşılardaki kökten değişim olarak tanımlamıştır. Günümüzde savunma sanayi teknolojileri ve stratejilerinde artan yoğunlukta kullanılmaya başlayan insansız otonom araçlar sebebi ile bir paradigma değişikliği yaşanmaktadır. Bu paradigma değişikliği, uluslararası teknolojik rekabet zeminini eşitlemiş ve ülkemiz, bilhassa insansız otonom hava araçları konusunda bu fırsatı çok iyi değerlendirmiştir. Elde edilen bu ivmenin deniz ve denizcilik alanına genişletilmesi, ülkemiz açısından çok önemli olan ‘Mavi Vatan’ stratejisinin tam anlamıyla uygulanabilmesi için hayatı bir öneme sahiptir.

Su üstü otonom araçları, günümüzde üzerinde çalışmalar yapılan ve araştırmalara sürekli konu olan bir teknolojik gelişmedir. Yurt dışında dikkat çektiği kadar ülkemizde de birçok makaleye konu olmakla beraber yatırımcılar tarafından yoğun ilgi görmektedir. Türkiye’de Savunma Sanayii Başkanlığı (SSB) tarafından hibe ve destekler alan otonom sürüs projeleri sadece kara ve hava projeleri ile kalmamış; deniz vasıtalarına da etki etmiş ve yarışmalar düzenlenmeye başlamıştır. Bu ilerleyişe takiben bizler de odağımızı gelişmeler doğrultusunda su üstü otonom araçlarını geliştirmeye yönelttik. Yakın zamanda yapılması planlanan Savunma Sanayi Başkanlığının düzenlediği Roboik Yarışması’na katılmaya ekipçe karar verdik.

Bizler farklı mühendislik dallarında okuyan, hedeflerimizin ve hayallerimizin örtüşlüğü su üstü otonom araç projesi ile sınırlı kalmayıp kendimize, okulumuza ve en çok da ülkemize dünya çapında uzun süredir yükselişte olan ve yakın gelecekte zirveye yerleşeceğini düşündüğümüz elektrikli ve otonom araç teknolojileri konusunda katma değer kazandıracak projelerin üretim ve gelişimine faydalama yapmayı merkez alan öğrencileriz.

Kullandığımız ekipmanların yerli ve milli olmasına dikkat etmekle beraber ekip arkadaşlarımız ile donanımımızın güvenliğini sağlayacak regülör devrelerini oluşturduk. Oluşabilecek donanımsal arızalara karşılık anlık uyarılarda bulunan yapay sinir ağıımızı kendi bünyemizde geliştirdik. Konum takibi modülüümüzü satın almadan geliştirip proje bütçemize katkı sağladık.

İçerisinde kaptan ve mürettebat bulunmadan istediği konuma ulaşabilen araçların uzun vadede hayatımıza gireceğinin görüşünü savunmaktayız.

2022 yılında düzenlenecek olan Roboik yarışması, su üstü araçları kategorisinde otonom sürüs ile desteklenmiş araçların haberleşme ve iletişim alanlarında yenilikler gerektirdiğini öngörerek otuza yakın dünyadaki diğer otonom/insansız su üstü araçlarının, sensör yerleşimini, batarya çeşitlerini ve kullandıkları algoritmaları değerlendirdik. Bunun sonucunda, dünyadaki diğer 2m altı otonom/insansız su üstü araçları ile rekabet edebilecek ve üstünlük sağlayabilecek en verimli aracı ortaya çıkarmaya yönelik çalışmalar yaptık.

Aracımızın gövdesi, yenilikçi malzemelerden üretilen katamaran tipinde ve ters ‘T’ şeklinde yerleştirilen üç iticiden ve oluşacaktır. Aracın gücü hafif olmaları sebebi ile Lityum piller ile sağlanacaktır. Elektronik kararlılık açısından iticiler ile bilgisayar/sensör sistemleri farklı

pillerden beslenecektir ve bir batarya yönetim sistemi kullanılacaktır. Ana görev bilgisayarı olarak görüntü işleme ve yapay zeka/makine öğrenmesi için uygun performans sunan Jetson Nano gömülü bilgisayarı tercih edilmiştir. Robotun seyrüseferi için ataletsel algılayıcılar (IMU) ve uydu konumlandırma sistemi (GNSS) algılayıcıları tercih edilmiştir. Buna ek seyrüsefer ve çarpışmadan kaçınma için olarak geniş açılı (fish-eye) mono kameralar ve 3-B stereo kameralar kullanılacaktır. Araca yerli imkanlar ile geliştirilen bir LiDAR sisteminin eklenmesi için de çalışmalar yürütülmektedir. Aracın pilot alanı ile haberleşmesi LTE ve radyo dalgaları ile gerçekleşecektir. Yazılım altyapısı Robot Operating System (ROS) üzerinden kurgulanacaktır ve ağırlıklı olarak yapay zeka ve makine öğrenmesi yöntemlerine dayalı olacaktır.

Geçerleştirilecek olan SSB Roboik 2022 yarışması için geliştirmeyi planladığımız aracımızı günümüz sorunu olan müsilaj temizliği veya deniz ve boğazların 3 boyutlu haritalandırılması işlevlerinde de rol oynayabileceğini ön görmekteyiz.

SSB Roboik 2022 yarışma şartnamesine uygun olarak tasarladığımız raporumuzu, detaylı ve anlaşılır bir şekilde okuyucuya aktarımı amaçlanmıştır.

## 2. Giriş

### 2.1. Proje Tanımı

Yerli ve milli teknolojilerimizi geliştireceğimiz araca entegre ederek Savunma Sanayii Başkanlığı'nın kriterlerine uygun, uzaktan komutalı ve otonom görevleri icra edebilen özgün bir su üstü araç üretmektir.

### 2.2. Amaç ve Hedefler

#### Amacımız

Savunma Sanayii Başkanlığı (SSB) tarafından belirlenen kriterlere uygun görev tanımlarına ilişkin görevleri başarı ile gerçekleştirebilecek uzaktan komutalı, görev icra etme kabiliyetine sahip otonom su üstü araç üretimini hayatı geçirmek ve geliştirmektir.

#### Hedeflerimiz

- İnsansız otonom su üstü prototipi oluşturmak ve istenilen kriterleri karşılayacak şekilde çalışmasını sağlamak,
- Türkiye'ye katma değer kazandırmak,
- İlerleyen dönemdeki çalışmalara örnek olabilmek,

- Devletin katkı payıyla projenin gerçeğe dönüştürülmesini sağlamak,
- Sürekli gelişen bir Türkiye dinamiğinde paydaş olmak,
- Bilgi düzeyimizi artırmak ve geliştirmek,
- Sponsorlarımızın adlarını duyurmak,
- SSB Roboik 2021-2022 Yarışmasının kazanmak.

## 2.3 Özgün Tasarım Nitelikleri

### 2.3.1 360 Derece Kuş Bakışı Sanal Görüntü ile Kontrol

Kamera kullanımında geleneksel seçimlerde bulunmaktan kaçınıp kamera sayımızı artırarak, 4 adet balık gözü kameradan yararlanmayı düşündük. İlerleyen bölgelerde belirttiğimiz kodlar ile 360 derece sanal kuş bakışı görüntü elde edeceğiz. Bu şekilde uzaktan kontrol görevlerinde, pilotun kuş bakışı görüntü üzerinden aracı yönlendirmesi bize hem farklılık katacak hem de görevlerde pilota kolaylık sağlamış olacağız.

### 2.3.2 Otonom Su Üstü Araçlara Özel Yerli Lidarın Geliştirilmesi

Otonom su üstü aracımızda kullanmak adına başta ultrasonik sensörler gözden geçirilmiş ancak bu sensörlerin yüksek hızlarda ve aracımızın kullanılacağı alanlardaki şartlarda ölçüm vb. konularda hata yapma potansiyelinin yüksek olmasından dolayı ekibimizce bu seçenek uygun görülmemiştir.

Uzun araştırmalar, uzun arayışlar sonrasında yerli bir LIDAR üreticisi olan Rekrom Optoelektronik firması ile görüşme gerçekleştirdik. Bu görüşmenin ardından Rekrom LASIR270 LIDAR'ının, su üstü otonom görevler için birlikte düzenlenmesine karar verilmiştir. Yeni geliştirilen bir lidar 3 ay sonrasına yetişmez

Yeni LIDAR'ın geliştirilme sürecini otonom aracımızda yürüttüğümüz su üstü test ve Ar-Ge çalışmaları yönlendirecek. Su üstü aracımızda kendi geliştirdiğimiz yerli bir LIDAR kullanıyor olacağız. Özetle aşağıdaki noktalar:

→ Türkiye'de su üstü araçlarına özel yerli bir lidar olmaması,

- Rekrom firmasıyla birlikte bu lidar için yazılımsal olarak geliştirmeler yapacak olmamız,
- Kullanacağımız ROS sistemine uyumluluğunu sağlayacak olmamız,
- Ülkemize katma değer katacak bir ürünü kazandırma olasılığı ile bu durum bizi daha özel kılmaktadır.

### **2.3.3 Yapay Sinir Ağı**

Otonom deniz aracımızın önemli bir bölümünde derin yapay sinir ağıları teknolojisi kullanılacaktır. Bu teknoloji sayesinde aracımız kazaları önlemek için sensörlerin yetersiz kalması durumunda:

- Manevraları belirleme ve bu manevraları başarıyla tamamlayabilme,
- Rota takibi,
- Hareketli hedef takibi sayesinde engelleri tespit etme gibi konularda ek olarak eğitilecektir.

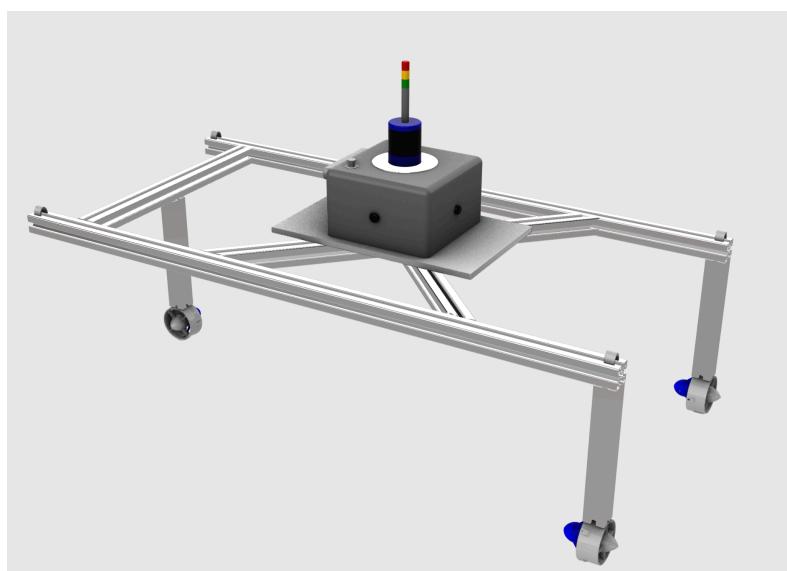
Örnek olarak bir mekanik/elektronik/güvenlik arızasında motorlarımızdan birinin çalışmaması durumunda sistemimizin bunu algılayıp eğer mümkünse, kalan motorlarla devam edebilmek için en iyi senaryoyu seçme ve aksiyon alma kabiliyetlerine sahip olmasını hedeflemekteyiz. Bunun için yazacağımız yapay sinir ağı algoritması teorik olarak motorlarla alakalı hesaplamaları yeniden değerlendirir ve aracımızın hedefe ulaşması için gerekli şartları sağlar.

### **2.3.4 Akıllı Haberleşme**

Haberleşmede kullanılacak sinyalleri yalnız internet üzerinden haberleşmeye bağlı kalmadan radyo frekansları kullanarak internetin çekmediği durumlarda bile haberleşmemizi sağlayacak şekilde devam ettireceğiz. Buradaki planımız ise radyofrekans üzerinden gitmektir.

### **2.3.5 Modüler Alüminyum Gövde**

İskelet bölümü, yüzen gövdenin tamamen değişmesi durumunda bile gövdemiz aynı ya da benzer boyutlarda olduğu sürece, çıkarılıp başka bir gövde üzerinde de kullanılabilecek şekilde tasarlandı. Aynı zamanda iskeletimiz sigma profilden yapıldığı için iskeletin boyutunu değiştirmek de kolaylaştı.



**Şekil 1: Aracın Taslak İskeleti**

Buradaki avantajımız, değişen durumlara göre PVC boru, HDPE ya da karbon fiber vb. malzemeden yapılmış katamaran gövdelerinin değişiminin hızlıca yapabilmesidir.

### **2.3.6 Akım ve Voltaj regülatörü PCB**

Aracın güvenliği için, birleştirilmiş regülatör devremizle aracımızda kullandığımız ürünlerin sayısını azaltmakla kalmayıp bu sayede bataryalarımızdan gelen voltaj ve akım değerlerini daha basit ve efektif bir şekilde kontrol edebileceğiz.

## **3. Ön Tasarım Bilgileri**

### **3.1. Genel Bakış**

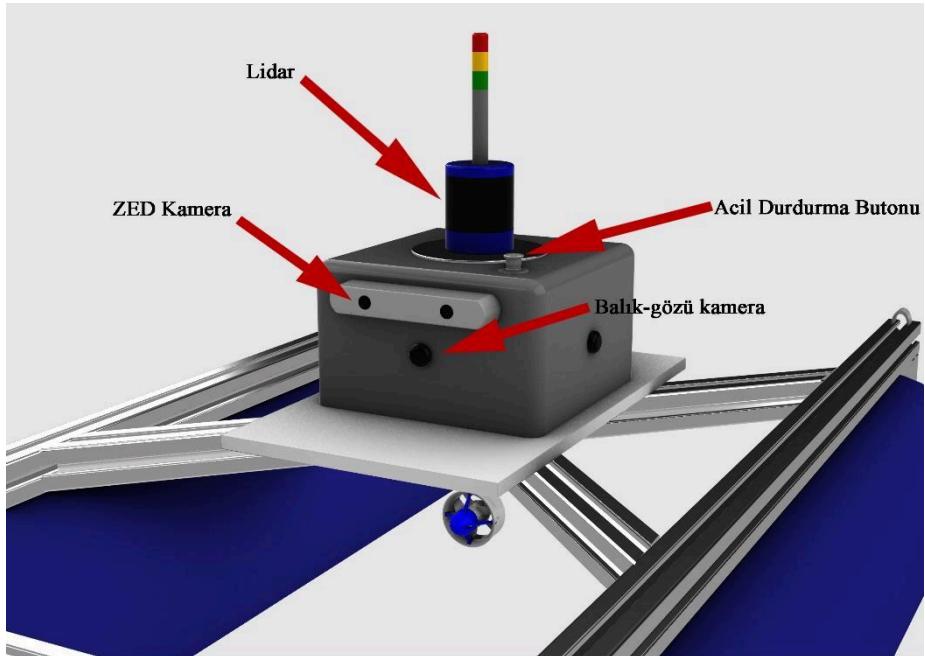
Raporun mekanik kısmında aracın iskelet tasarımı, gövde tasarımı, motor konfigürasyonu ve hesaplamaları; hangi malzeme ve parçanın neden seçildiği, süreçte kullanılacak yazılımlar bilimsel kaynaklara dayandırılarak açıklanacaktır. Aracı dizayn ederken, komponentleri ve konfigürasyonu belirlerken derinlemesine ve detaylı incelemelerde bulunulmuştur.

Mekanik takımı tarafından uzun araştırmalar sonucunda aracımızda T200 motorları kullanılmasına karar verildi, ilerleyen zamanlarda motor seçimimiz değişebilir. Motor konumlandırması konusunda birçok seçenek ile karşı karşıya kalındı, bu seçeneklerin kendine özgü avantajları ve dezavantajları değerlendirildikten sonra 3 motor (2 arka, 1 merkez yatay) dizilim seçilmiştir.

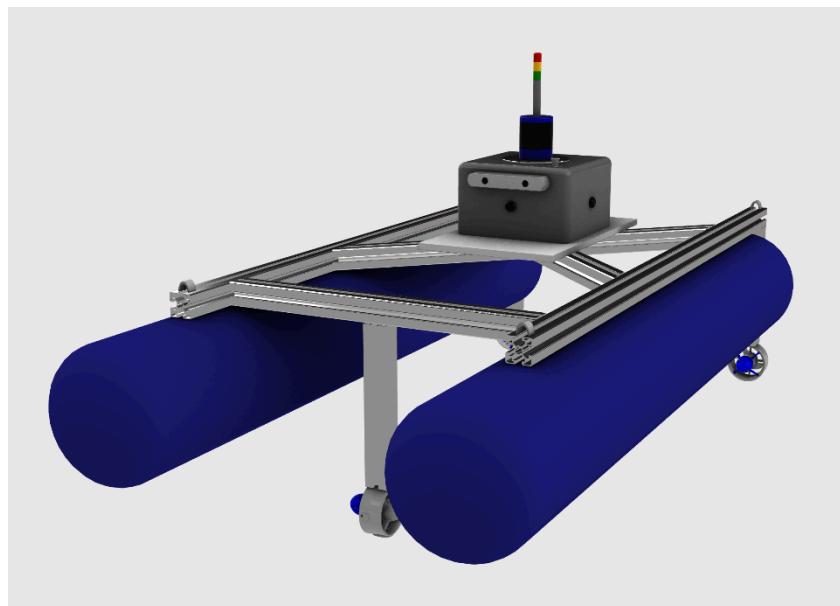
Aracımızın yüzen kısımlarında kullanılacak materyale karar verilmesi için seçeneklerimizin özgül dayanımı, bu alan özelinde düşünüldüğünde ağırlıkları ve tabii ki maliyetleri karşılaştırıldı. Bu çalışmalar sonucunda fiber cam ve karbon fiber gibi rakiplerine karşı daha az bakım gerektiren, daha az maliyetli, çevre dostu(geri dönüştürülebilir), ayrıca özgül dayanımı yüksek olan HDPE (Yüksek yoğunluklu polietilen) materyali kullanılmasına karar verilmiştir. Karbon fiber de seçeneklerimiz arasında ancak sponsorluk alınamaz ise PVC boru ile devam edilebilir. Aracın gövde kısmında alüminyum sigma profiller kullanılmasına karar kılınmıştır.

Aracın şekli konusunda sponsorluk alabilmemiz, nereden alabileceğimiz önem arz etmektedir. Bazı tersaneler kalıplama çeşitleri konusunda sınırlı çalıştığı için sadece boru şeklinde üretim yapmaktadır. Bu durum bizi az da olsa kısıtlayabilir. Boru dizaynı ile devam ettiğimizi farz edeceğiz. İlerleyen bölümlerde komponentleri neden seçtiğimizi, karşılaştırmalarımızı, incelemelerimizi ve hesaplamalarımızı bulabilirsiniz.

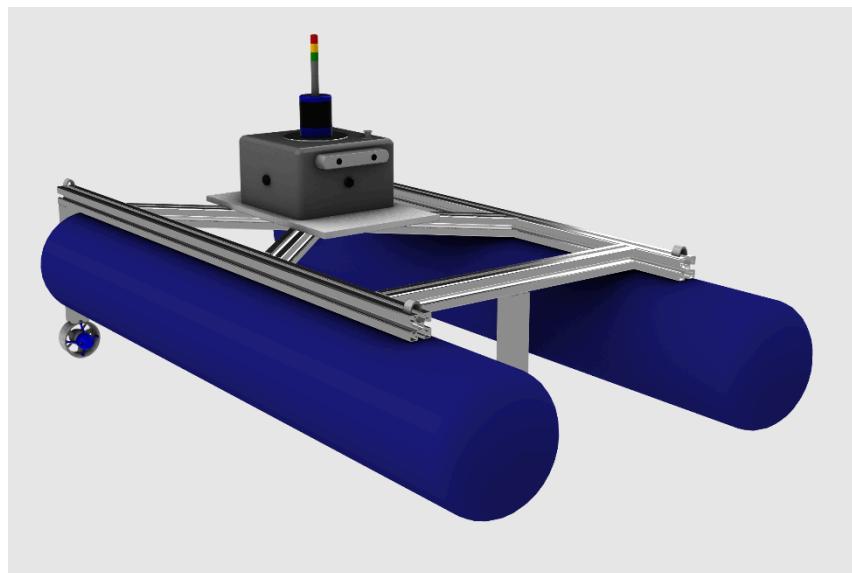
### 3.2 Ön Tasarım Görüşleri



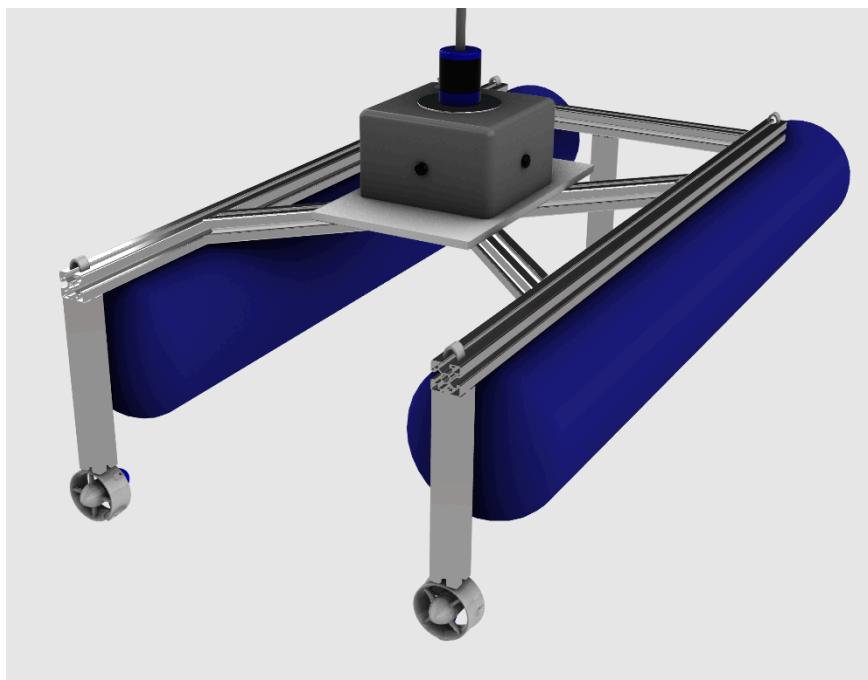
*Şekil 2: Aracın Ana Kutusu Detay Görüntüsü*



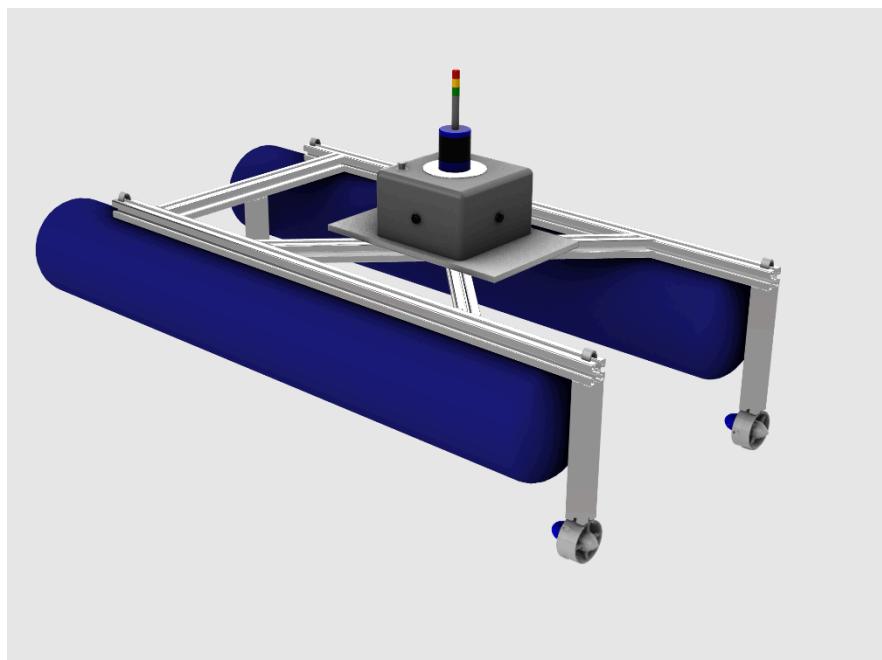
*Şekil 3: Aracın önden görüntüsü*



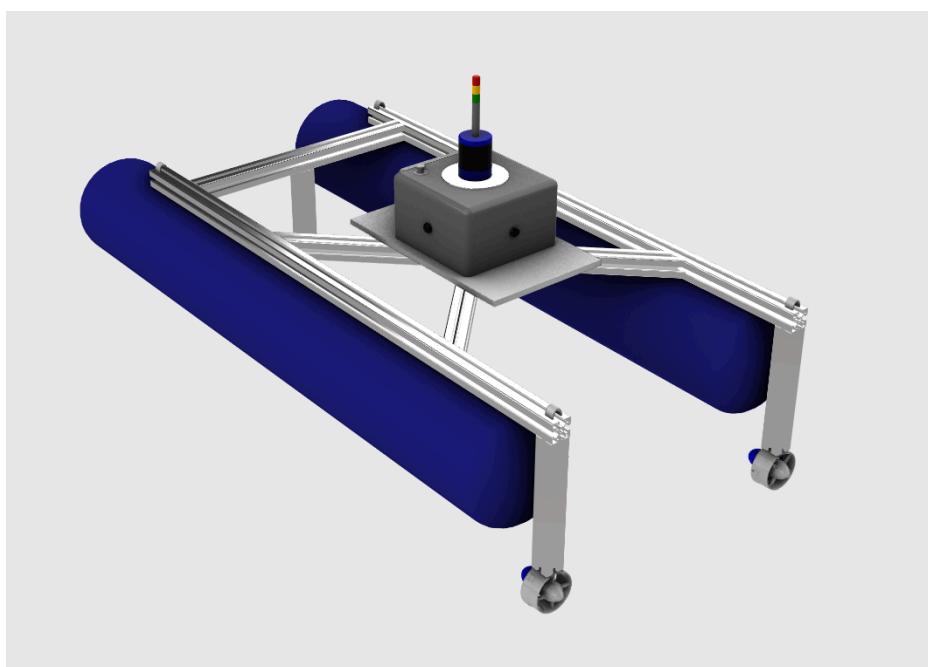
**Şekil 4:** Aracın ön çaprazdan görüntüsü



**Şekil 5:** Aracın Arkadan Görüntüsü



*Şekil 6: Aracın arka çaprazdan görüntüsü*



*Şekil 7: Aracın Üstten Görüntüsü*

## 3.2. Gövde Tasarımı

- **Tek gövdeli - çok gövdeli**

Katamaranlar ve trimaranlar gibi çok gövdeli tekneler tipik olarak tek gövdeli teknelerden daha stabildir. Bu iyi veya kötü olabilir. Düz olmak isteyen bir yük taşıyorsa ve sakin su koşulları geçerliyse bu iyi bir faktörken, ters dönme tehlikeni varsa tam aksi geçerlidir. Çünkü çoklu gövde sadece dik konumdayken değil, aynı zamanda baş aşağı iken de stabildir, bu da dik konuma geri dönmek istemeyeceği anlamına gelir.

Çoklu gövdeler tipik olarak tek gövdelilere göre daha dar gövdelere sahip olduklarıdan, belirli bir güç miktarı için genellikle daha hızlı olurlar. Bu nedenle, nihai hedef hız ise çok gövdeli iyi bir seçenek olabilir. Genel bir kural olarak, okyanusta, denizlerde bir suüstü aracı tek gövdeli yapılmalyken göller ve limanlar için çok gövdeli olması daha mantıklıdır.

- **Ön Alan ve Islak Alan**

İslanan alanın teknenin performansı üzerindeki etkisi de önemlidir. İslanan alan, teknenizin suyla temas eden ("islak") toplam yüzey alanıdır. Örneğin, uzun, ince bir kürek çekme kabuğunun çok küçük bir ön alanı vardır, ancak uzunluğu nedeniyle oldukça önemli miktarda ıslanır.

Ne kadar çok ıslak alan olursa, araç o kadar yavaş gider, çünkü tüm bu ıslanan alan su ile sürtünme oluşturur.

- **İncelik Oranı, Dalga Sürüklemesi ve Gövde Hızı**

Ön bölge ve ıslak alan ile ilgili olarak incelik oranı kavramıdır. İncelik oranı basitçe gövde uzunluğunun gövdenin maksimum genişliğine bölümür. Genel olarak, yüksek incelik oranına sahip bir tekne, daha küçük bir ön alana ve daha büyük bir ıslak alana sahip olurken, düşük bir incelik oranına sahip bir tekne için bunun tersi geçerli olacaktır. Ancak incelik oranının önemi ön alan ve ıslak alandan daha fazlasıdır. İncelik oranı "dalga sürtünmesini" düşünmeye başladığımızda da devreye girer. Temel olarak, bir teknenin suda hareket ederken oluşturduğu dalgalar vs. ile ilgili sürüklemeye dalga sürüklemesi denir. Yavaş hızlarda, dalga sürüklemesi neredeyse ihmal edilebilir, ancak hız arttıkça doğrusal olmayan bir şekilde değeri hızla artar. Böylece dalga sürüklemesi, tekneler için bir tür hız sınırı oluşturur. Bu hız sınırına "gövde hızı" denir. Metre cinsinden ifade edilen gövde hızı yaklaşık olarak:

$$\text{gövde hızı} = 1,24865 * \sqrt{\text{su çizgisi uzunluğu}}$$

Gövde hızı mutlak bir hız sınırı değil, dalga sürüklemesinin çok hızlı bir şekilde artmaya başladığı hızdır. Uçaklar için ses bariyerine kabaca eşdeğerdir. Gövde hızından daha hızlı gitmeye çalışıyorsanız, bunu gerçekleştirmek için çok büyük miktarda güç gerekecektir.

Gövdenin incelik oranını artırarak bu sorun aşılabilir. Çok ince bir gövde (uzun ve dar), kısa ve geniş bir gövdenin yaşadığı ölçüde dalga sürüklənməsi yaşamaz. Genel bir kural olarak, 12 veya daha yüksek bir incelik oranına sahip bir tekne, daha az ince bir tekneye göre önemli ölçüde daha az dalga direnci yaşayacaktır. Bu nedenle, kesinlikle gövde hızından daha hızlı gitmek gerekiyorsa, çok ince bir gövde kullanılmalıdır.

### **Batan Hacim Hesabı**

Ağırlığımızı 65 kg olarak alıp bunun üzerinden ihtiyacımız olan batan hacmi bulmaya odaklandık.

$V_s * D_s * g = M * g$  formülünü baz aldığımızda 65 kg'a karşılık gelen  $V_s * D_s$ 'yi belirlemek için  $D_s$  bilgisine ihtiyacımız vardır.

Bu noktada da Millero ve Poisson'un deniz seviyesinde su yoğunluğu formülüne başvurulmuştur (Frank J.Millero, June 1981). Formül için girdi olarak sıcaklık ve tuzluluk oranı gereklidir, bu bilgilerden de tuzluluk oranı bilgisi Christopoulos'un çalışmasından, sıcaklık bilgisi de Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün çalışmasından alınmıştır (Konstantinos Christopoulos, Jan 2018).

Mart ayı sıcaklık aralığı geneler olarak -2 ve 23 aralığında, ortalaması ise 5 derece şeklindedir. Marmara denizinde tuzluluk oranı ise 0 ve 36 g/kg aralığında, yüzme havuzu ve tatlı su gölleri de 1 ve 3 aralığında olmak üzere bu aralık içerisindeidir.

Bu hesaplamalarla beraber suyun maksimum yoğunluğu 1.029 iken, minimum yoğunluğu 0.998 civarındadır. Bu iki değere göre batan hacim hesaplandığında ise 68.027 litre ile 70.850 litre değerlerini elde ediyoruz. Hesaplamamızı yaparken iki değerin ortalaması olan 69.439 litreyi kullandık. Bu hacme yüzme birimleri dışında ortak olacak olan motorlar ve motorların bağlanacağı aksam vardır. Kullanmaya karar verdigimiz T200 motorlarının tekil hacmi 194.641 milimetreküpü, bu motorlar ve aksamların toplam hacmi 0.175 litre olarak hesaplanmıştır. Geriye kalan  $69.439 - 0.175 = 69.264$  litreyi yuvarlayıp ikiye bölgerek yüzme birimi başına 34,5 litre ile çalışılmıştır.

### **3.3 Malzeme Seçimi**

### 3.3.1 HDPE

Monomer etilenden üretilen termoplastik bir polimer olan Yüksek Yoğunluklu Polietilen anlamına gelir. HDPE, yüksek özgül dayanım oranı ile bilinir. HDPE'nin yoğunluğu 930 ila 970 kilogram/metreküp arasında değişebilir. Sudan daha hafif olması denizcilik alanında çok büyük bir avantaj anlamına gelir. HDPE, birçok solvente karşı dayanıklıdır ve bu da onu tekne yapım endüstrisi için mükemmel bir seçim yapar. Bu malzeme tanklar, borular, konteynerler vb. uygulamalar için yaygın olarak kullanılmaktadır. Yakın zamana kadar net bir çözümü olmayan zorluklar göz önüne alındığında HDPE tekne yapımında kullanılmıyordu. Başlıca zorluklardan bazıları, panellerin bükülmesinin/burkulmasının nasıl önleneceği, diğer malzemeler tarafından verilen eşit mukavemetin nasıl sağlanacağı ile ilgiliydi. Bu engellerin üstesinden gelindiğinde, endüstri çok hızlı genişlemeye başladı. Artık dünya çapında birçok tekne üreticisi mevcut talebi ve gelecekteki beklenileri göz önünde bulundurarak HDPE tekneleri inşa etmeye başlandı.

| PE Türü | Yoğunluk ( $\text{g cm}^{-3}$ ) | Erime Akış İndeksi (g/10 dk) |
|---------|---------------------------------|------------------------------|
| HDPE    | 0.941-0.965                     | 0.2-3.0                      |
| MDPE    | 0.926-0.940                     | 1.0-2.0                      |
| LDPE    | 0.915-0.925                     | 0.3-2.6                      |
| LLDPE   | 0.915-0.925                     | 0.1-10.0                     |
| VLDPE   | 0.870-0.914                     | 0.026-0.1                    |

PE: polyethylene (polietilen); HDPE: high-density polyethylene (yüksek yoğunluklu polietilen); LLDPE: linear low-density polyethylene (lineer düşük yoğunluklu polietilen); VLDPE: very low-density polyethylene (çok düşük yoğunluklu polietilen); LDPE: low-density polyethylene (düşük yoğunluklu polietilen); MDPE: medium-density polyethylene (orta yoğunluklu polietilen)

[6]

**Tablo 1: Yoğunluk Kıyaslaması**

### 3.3.2 Cam elyafı (fiberglass, FRP)

Hafif, hızlı, güçlü, su geçirmez, dayanıklı ve korozyon içermeyen tek bir yapı ile iyi bir çözüm sunuyor. Başlangıçta askeri kullanım için benimsenmiş olmasına rağmen, FRP denizcilik uygulamalarının tüm seviyelerine nüfuz etmiştir ve günümüzde giderek artan bir şekilde ahşap ve çeliğin yerine kullanılmaktadır.

Ekonomik uygulanabilirlik, FRP teknelerinin güçlü yönlerinden biri değildir, çünkü bu tekneleri üretmek için gereken malzeme orta derecede ucuz olsa da sürecin kendisi vasıflı işgücü ve tekne yapım ilkeleri hakkında bilgi gerektirir. Ancak, yatırım getirisini düşündüğünüzde, FRP tekneler daha uzun ömrleri nedeniyle çok daha iyi bir yatırım getirisine sahiptir. Bu nedenle tekneler için açık ara en iyi yapı malzemesidir.

### **3.3.3 Karbon fiber (CFRP)**

Fiberglassan karbon fibere geçiş, bir teknenin toplam ağırlığını %20 veya daha fazla azaltabilir. Karbon fibere yükseltme, teknelerin daha az malzeme kullanarak aynı performansı almasına yardımcı olur ve bu da daha hafif bir tekneye yol açmaktadır. Üstün karbon fiber tasarımlardan gelen bu azaltılmış ağırlık sayesinde, tekneler aynı zamanda daha verimli ve daha hızlı hale gelmektedir. Karbon fiberin daha hafif olması teknenin suda daha yükseğe oturmasına yardımcı olmaktadır. Bu, karbon fiber teknelerin dalgaları daha kolay aşmasını sağlar. Geliştirilmiş sertlik, aynı zamanda, teknenin dalgaları daha kolay kesebilmesi nedeniyle, düzgün bir seyir sağlamaktadır.

### **3.3.4 PVC**

PVC, hava koşullarına dayanıklı olmasının yanı sıra UV ışınlarına karşı da dayanıklıdır, bu da onu dış mekanlarda kullanmak için iyi bir plastik malzeme yapar. PVC, neredeyse tüm organik olmayan kimyasallara dayanabilir, yani su, özellikle tuzlu su, malzeme için fazla aşındırıcı olmayacağındır. Onlarca yıl dayanacak şekilde tasarlanmış uzun ömürlü bir malzemedir. PVC, bir termoplastiktir. Dolayısıyla tekrar tekrar yumuşatılabilir ve yeniden şekillendirilebilir. PVC iletken değildir, bu nedenle denizcilik uygulamalarında ek güvenlik sağlar. Suda çalışırken elektriğin iletilme tehlikesi yoktur. PVC, bir pazar malzemesidir ve düşük maliyetle temin edilebilir, bu da malzemeyi daha ekonomik bir hale getirir. Düşük fiyat, hava koşullarına dayanıklı özel bir kaplama gibi ek kişiselleştirme için de yer bırakır.

## **Neden HDPE seçtiğimiz?**

Malzeme olarak HDPE'yi seçtiğimiz aşağıdaki bilgiler doğrultusunda yapılmıştır.

- Yüksek yüzeylilik - Yüksek yük kapasitesi**

HDPE çok yönlü bir malzemedir. Yüzdürme ile başlayalım; kütle yoğunluğu 0,93 ila 0,97 g/cm<sup>3</sup> arasında değişebilir. HDPE düşük yoğunluğu ile sudan daha hafiftir ve HDPE teknelere yüksek yük kapasitesi sağlar.

- Sıfır korozyon - Sıfır bakım**

Oksijen ve su, alüminyum ve FRP üzerinde güçlü bir etkiye sahiptir. Ancak HDPE'de değil çünkü; HDPE zamanın tahribatından etkilenmeyecektir. Basitçe söylemek gerekirse: HDPE sıfır korozyon, sıfır bakım sunmaktadır.

- Yüksek çekme dayanımı**

FRP, keskin bir kayaya veya surlara çarptığında hızla hasar görür ve alüminyum bile göçebilir veya yırtılabilmektektir. HDPE'nin viskoz ve elastik özellikleri hem deformasyonu hem de çatlak oluşumunu engeller. HDPE, yüksek çekme dayanımı sayesinde hem sağlam hem de esnekir.

- Darbe emilimi**

HDPE çok dayanıklı ve esnektir. Bir HDPE gövde, darbeyi kolayca emer, toparlanır ve orijinal şekline geri döner, böylece herhangi bir göçük otomatik olarak çözülür.

- Üretim esnekliği**

HDPE tekneler, tam olarak ihtiyaçlara göre şekillendirilmiş bir tekne yaratmada büyük esneklik sağlar.

- Tamir kolaylığı**

HDPE gövdelerin tamir gerektirdiği durumlar çok nadir olsa da gerektiğinde herhangi bir yerel plastik şirketi dahi yardımcı olabilir.

- Dayanıklı ve 100% geri dönüştürülebilir**

FRP teknelerin sınırlı bir ömrü vardır ve geri dönüştürülmesi çok zordur. Aynı şey alüminyum için de geçerli: metal bozulması, herhangi bir alüminyum tekneyi bir noktada hurda yiğinine gönderecektir. Polietilen karışıntıları %100 yeniden eritilebilir ve geri dönüştürülebilmektedir.

Yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE), diğer birçok termoplastik malzemeye kıyasla kendine özgü mekanik ve fiziksel özelliklerinin bir sonucu olarak endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

| Mekanik Özellikler                                    |
|---|
| Malzeme sınıfı: Polimer                               |
| Bağıl Sertlik (1-10): 1,1                             |
| Bükülme Mukavemeti: 28 MPa                            |
| Gerilme Direnci: 21,6 MPa                             |
| Akma Dayanımı: 28,9 MPa                               |
| Darbe Tokluğu (Charpy Çentikli): 2,8 J/m <sup>2</sup> |

**Tablo 2: HDPE Mekanik Özellikler**

\*Sponsorluk alınabilir ise HDPE ve karbon fiber arasında seçim yapmayı düşünüyoruz. Aksi takdirde geleneksel PVC boru ile yolumuza devam edebiliriz.

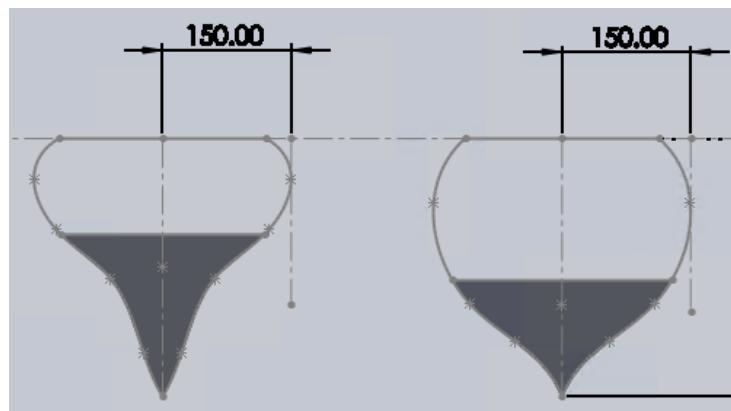
### 3.4 Yüzdürme ekipmanı tasarıımı

Yüzdürme ekipmanlarının tasarımında tersanelerdeki erişilebilir üretim tekniklerinin de etkisiyle 2 ana tasarım tipinde ilerlememiz gerekti. İlk tercihimiz kendi tasarımımızı yapıp en ideal yapıyı kullanmak iken, bu yapının ürettilirilmesinde önumüze engeller çıktıığında kolay ulaşılabilen boru sistemiyle ilerlemeye yönelmek zorunda kaldık. Ayrıca hesaplamalarımızın tümünde Halme'nin çalışmasından yardım alınmıştır. (Halme, 2008)

Yüzdürme ekipmanındaki su çizgisi uzunluğunun su çizgisine oranının 8 veya daha yüksek olması gerekiyordu, aynı zamanda su çizgisi genişliğinin de su içi derinliğe oranı önemliydi. Bu oran V Şeklindeki yüzdürme ekipmanlarında 1.1 ile 1.4 arasında olurken, daha dairesel yapılarda 2 civarında olmalıydı.

İlk tercihimiz V Şeklinde bir ekipman olduğu için görseldeki iki ana Şekil üzerinde odaklandık. Bu yapıyı tasarlarken Sahoo ve Won'un çalışmasından yararlandık(Sahoo, Improved Resistance Prediction for High-Speed Round Bilge Hull Forms, September 2012).

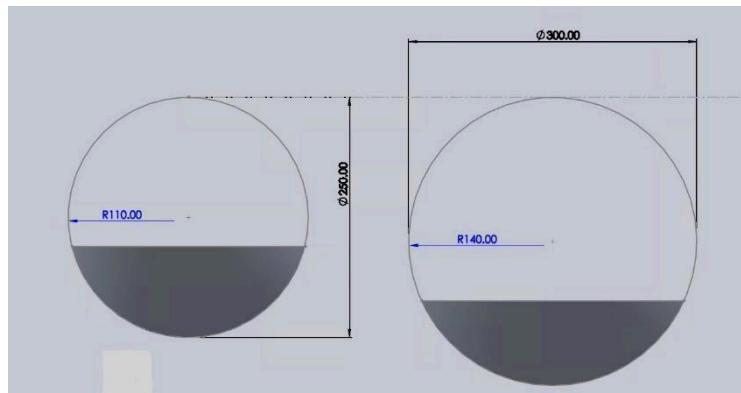
İki yapıda da su çizgisi genişliği 25 cm iken, soldaki Şeklin 20 cm, sağdaki Şeklin ise 15 cm su içi derinliği vardı. Soldaki yapı ideal sayısal değere 1.25 ile daha uygunken, sağdaki yapı 1.66 ile bu aralığın dışına çıkışına rağmen daha az ıslak alana sahipti ve bu ıslak alan konusu da eşdeğer oranda önemliydi.



**Şekil 8:** Görselde koyuya belirtilen yerler 175 cm yüzdürme ekipmanı boyuna sahip, 60 kiloluk bir aracın su seviyesinin geldiği yeri göstermektedir.

25 cm'lik bir su çizgisi genişliğinde ise yine ideal olarak 2 metreden daha fazla su seviyesi uzunluğuna sahip bir yüzdürme ekipmanına ihtiyacımız vardı ancak bu yarışma sınırlarını geçecekti, ve daha önce hesapladığımız batması gereken hacim hesabımızı karşılayabilmemiz için de yüzdürme ekipmanımızı daha fazla küçültmemiyorduk. Ayrıca yüzdürme ekipmanımızı ağırlıkla ilgili problemlerden de dolayı 165 cm civarında tutmaya karar verdik. Devamında tersanelerle görüşmemiz ve ağırlık problemini görmemiz sonucunda daha küçük bir silindir yapıya geçmek durumunda kaldık.

Daha sonra aşağıdaki şekilde de görüldüğü gibi silindirik yapının boyuna karar vermek için iki alternatif belirledik:



**Şekil 9:** Görselde koyuya belirtilen yerler 175 cm yüzdürme ekipmanı boyuna sahip, 60 kiloluk bir aracın su seviyesinin geldiği yeri göstermektedir.

Yine bir tasarım ideal derinlik-genişlik değerine daha yakınen diğer tasarım daha az ıslak alan sağlıyordu. Ancak ağırlıkla ilgili problemlerden de dolayı olarak soldaki yapı tercih edilmiş ve yüzdürme ekipmanı çapımızı 250 mm olarak karar kılınmıştır.

Ayrıca su ile çarpışma anında daha az direnç için yüzdürme ekipmanlarının uçlarını da yuvarlatmasına karar verilmiştir.

### 3.5 İskelet tasarıımı

Yüzdürme ekipmanlarının boyu belirlendikten sonra bu ekipmanların arasındaki mesafeye yönelmiştir. Burada da yüzdürme ekipmanı boyumuzun (165cm) yüzdürme ekipmanları arasındaki mesafeye oranı üzerinden ilerlemiş bulunmaktayız. Bu oranın katamaranlar için ideal değeri 2.2 civarındı. Daha geniş bir yapı bizi daha stabil yaparken, çok genişlemesi de gereksiz ve hız kaybı demekti. 2.2 değerini kullandığımızda da ideal aralık uzunluğumuz 75 cm çıktı; ancak ağırlıktan biraz daha kısmak için bu değeri 65 cm'e çekilmiştir.

### 3.6 Modülerlik

Aracımızı testler sırasında anlık olarak bazı konularda güncelleyebilmek adına başından beri modülerlik üzerinden bir tasarım süreci yürüttük, hafiflik ve sağlamlık gibi özelliklerinden dolayı alüminyum bir iskeleti seçmiştık ve modülerlik adına kaynakla birleştirilmiş kare profillerle ilerlemek yerine ağırlık artmasını da göze alarak sigma profiller ile ilerlemeye karar verilmiştir. Ağırlık ve dayanıklılığı göz önünde bulundurduğumuzda ise

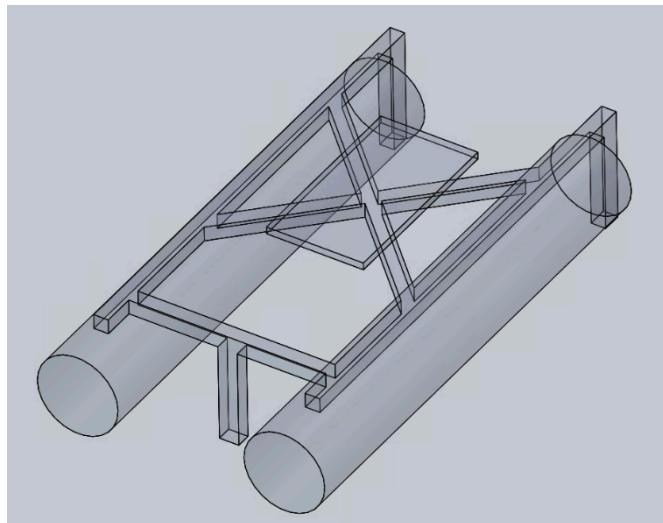
1.3mm et kalınlığına sahip süper hafif 40x40 sigma profiller ile ilerleme konusunda hem fikir olunmuştur.

Ayrıca bu profillerin üzerinde tüm donanım kısmını konuşlaşdıracağımız bir tepsı kullanmak istenildi ancak başlangıçta bu tepsiyi de sigma profilden üretirmeyi düşünsek de daha sonra ağırlık sebebiyle 5mm kalınlığında 30cmx55cm ebatlarında alüminyum plakaya geçmeye karar verilmiştir. Sadece o noktada kaynak olacaktı ama modüler tepsimizi taşıyan yapı hala modülerliğini koruyacağı için ağırlık merkezimiz testlerde rahatça düzenlenebilecekti.

### 3.7 İskelet yerleşimi

Boyuṭlarımız ve motor yerleşimimiz belli olduktan sonra iskeletimizi oluşturacağımız sigma profilleri yerleştirmeye yöneldik. Yüzdürme ekipmanlarında kaynak, vida gibi bir sistem kullanamayacağımız için onları kelepçe ile tutabilecek iki ana profil, öndekı dönüş amaçlı motorumuzu taşıması ve sağlamlık dengesine destek olması için düz ön destek, tepsiyi taşıyacak olan ve ana birleştirici görevi görecek olan "x" şeklindeki bağlantı ve motorları suyun altında belli bir seviyede tutabilmemiz için motor tutucu profiller tasarımımızın ana fikri olmuştur.

Taslak bir yapıyı görmek, ve başlangıç olarak boyut, dolayısıyla da ağırlık hesaplamalarını görebilmek için ise taslak bir geometri çizimi yaptık. Daha sonra yaptığımız tam detay çizim temel olarak aşağıdaki yapıyı baz almıştır.



**Şekil 10: Taslak İskelet**

## **3.8 Kullanılacak Araç Modelleme ve Simülasyon Yazılımları**

Aracımız için yarışma sürecinde mekanik kısımda da birçok yazılım kullanmadık gerekiyor. Başlıklar altında toplamamız gerek ise mekanik hesaplamalar ve bu hesaplamaların matematiksel modellemeleri, 3 boyutlu tasarım ve akışkanlar dinamiği simülasyonları şeklinde belirtebiliriz.

Aracın temel seviyeden ileri seviyeye kadar sayısal hesaplamalarını yapmak için bir yazılıma ihtiyacımız vardı, bunun için temel seviye C dili gibi bir ortam kullanmaktansa hem kütüphane çeşitliliği olsun hem matematiksel modellemeyle uyumları sebebiyle olsun MATLAB ya da Mathematica gibi bir hesaplama yazılımı üzerinden gitmeye karar verilmiştir. Hem ekibimizin MATLAB'e daha hakim olması, hem de programa ve alandaki çalışma örneklerine daha kolay erişilebilmesinden dolayı MATLAB ile devam etme kararı alınmıştır.

- Matematiksel modelleme alanında ise MATLAB ortamında da karar kıldığımızdan dolayı, ve ayrıca çok fazla kaynak erişimi olduğundan ötürü Simulink'de karar kılınmıştır.
- **3 Boyutlu Tasarım(CAD)**

Aracın 3 boyutlu tasarımında birçok seçenek vardı. biz de karar verirken her yazılımın iyi olduğu alanları baz alarak birkaç yazılımı iç içe kullanmaya karar verdik. öncelikle akışkanlar dinamiği simülasyonlarında daha iyi çalışacak yüzdürme ekipmanlarının tasarımını yine bu simülasyon ara yüzünü deniz araçlarına en iyi uyum sağlayan programda yapmak istemekteyiz. B noktada deniz araçları için geniş bir kullanım alanı sunan Maxsurf'ü belirledik. İskelet tasarımında ise daha geniş bir kaynak erişimi olan ve ekip tarafından da daha hakim olunan SOLIDWORKS ile, deniz araç tasarımında sıkılıkla kullanılan ve alanında birçok kolaylık sağlayan Rhinoceros'u tercih etmektedir.

- SOLIDWORKS
- Rhinoceros 3D
- Maxsurf

- **Akışkanlar Dinamiği Simülasyonları(CDF)**

Akışkanlar dinamiği simülasyonlarında ise SOLIDWORKS'ün de bu simülasyon sistemine sahip olmasına rağmen özellikle deniz araçlarına odaklı, yüzen gövde hesaplamalarına daha entegre bir programı da ek olarak kullanmak istedik. Maxsurf ve NavCad önumüze çıkan iki büyük alternatifti ancak Maxsurf'ün yine erişilebilirliği ve kaynak

bolluğu, bunlara ek olarak gelişmiş bir yüzen gövde çizim arayüzüne sahip olması bizi Maxsurf’ü tercih etmeye itmiştir. İskelet kısmında ise SOLIDWORKS’ün simülasyonlarını da eş zamanlı olarak kullanmaya karar verilmiştir.

-Maxsurf

-SOLIDWORKS

### 3.3. İtki Sistemi

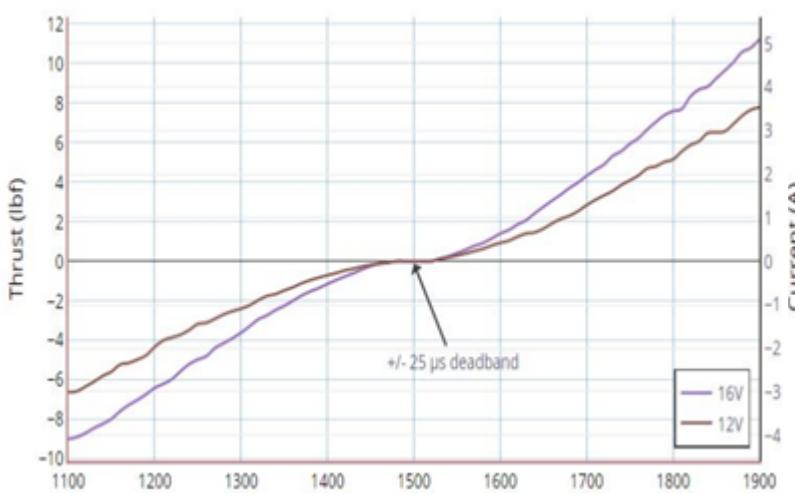
#### 3.3.1 Motor Seçimi ve Dizilimi

Aracımızın gerek yarışma şartnamesinde belirtilen görevleri başarıyla yerine getirmesi gerekse diğer doğa vb. şartlarına ayak uydurabilmesi için seçtiğimiz bataryalarca beslenecek motorlar kullanılacaktır.

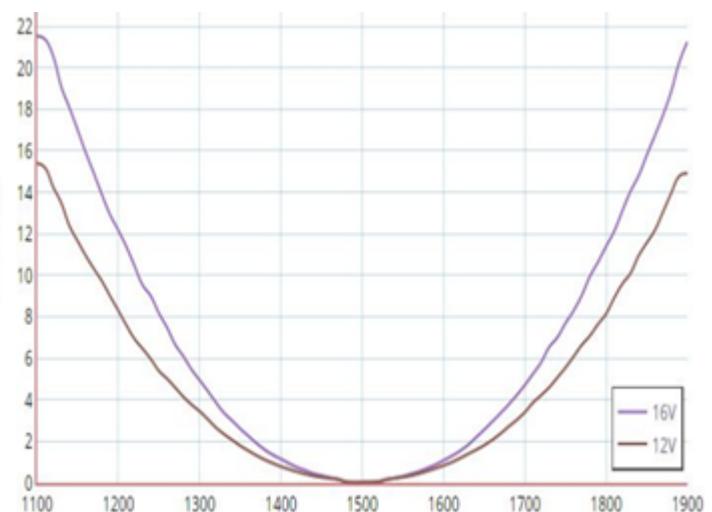
Bunların da T200 veya türevi motorlar olmasına karar verilmiştir. Aslında bataryalarımız bu türevdeki motorların şartnameye yer alan ortalama 100 dakikaya varan görevlerinin en az yarısını yerine getirecek kapasite değerini yakalamasına göre seçilmiştir.

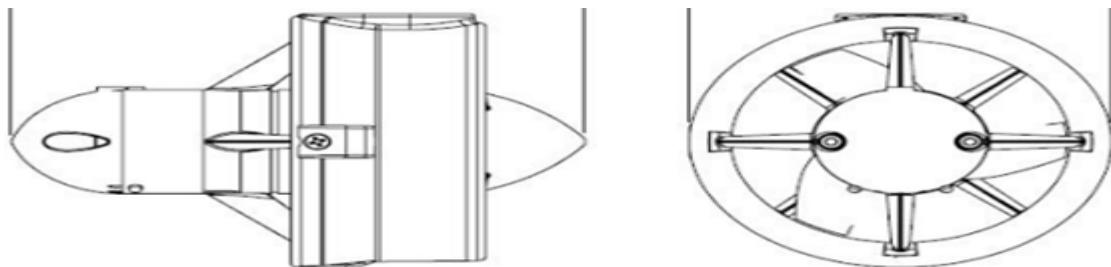
12 Voltta maksimum 15A çeken bu tip motorlardan 3 tane kullanılması kararlaştırılmıştır. Tanesinin yaklaşık 3.55 Kg itiş gücüne ulaşmasını ön gördüğümüz motorlarımızın (16V da 5.00 Kg ya kadar çekilebilir) 2 tanesi sadece itiş ve manevra için kullanılırken, 1 tanesini ise sudaki dalga vb. dış etkenlerin aracımızı çizgisinden çıkarmasını önleyici prensipte çalışması üzerine olacaktır(tasarım kısmında belirtildiği üzere).

**Şekil 11: İtiş Gücü Grafiği**



**Şekil 12: Akım Grafiği**





**Şekil 13: Motor Teknik Çizim**

T200 İtici, fırçasız bir motordan oluşan su altı itici tasarımını kullanır. İtici gövdesi ve pervane, sert polikarbonat plastikten yapılmıştır ve yalnızca açıkta kalan metal bileşenler, denizcilik sınıfı 316 paslanmaz çelikten yapılmıştır.

Tamamen su altındaki tasarım, motorun su ile soğutulmasını ve plastik burçların su ile yağlanması sağlar. İticiyi doğal olarak basınca dayanıklı hale getirmektedir. Tasarım kompakt ve minimum sayıda parçaya sahiptir.

Motor konfigürasyonu olarak bu görevlere uygun olacağını düşündüğümüz üç seçenek vardı. İlk arkada iki motor ve ortada (ağırlık merkezi) iki motor ile hem yanal hem de çizgisel hareket yapabiliyor. İkinci seçenek arkadaki iki motora ek olarak bir ön motor ile manevra kabiliyetimizi artırmamıza olanak sağlıyor, bu da bize yarışmada bir avantaj sağlayabilir. Son seçenek ise arkada iki motor içeriyor. Bu motorları otonom bir parça ile kontrol etme, yönlerini değiştirme fikrini de incelemeye başladık.

Motorla ilgili hesaplama ve modellemeleri araştırmalarımız sonucunda tasarımımızla benzerlik gösteren makaleden aldık ve bu modeller üzerinde çalışıp hesaplamalarımıza devam etmeye karar kılınmıştır. Aşağıda detayları bulabilirsiniz. (Mai The Vu, February 2020)

### 3.3.2 ESC

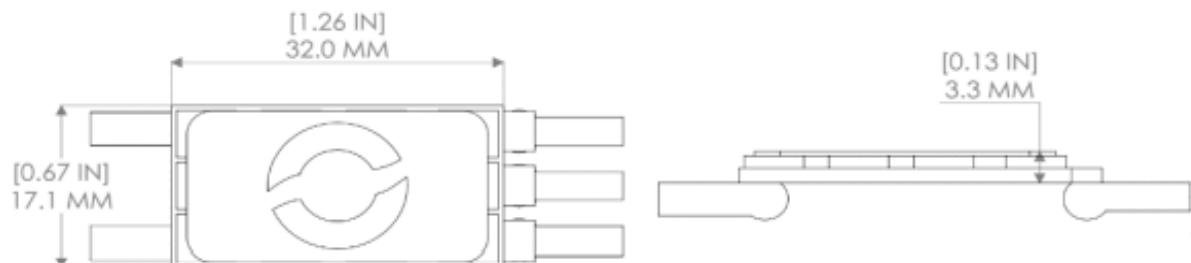
Elektronik hız Kontrol kelimelerinin kısaltılmış hali olan (ESC) elektrikli motor ile çalışan RC model araba , tekne , uçak , helikopter gibi araçlarda kullanılır. Fırçasız motorlara bataryadan gelen akımı düzenleyen, motor dönüş hızını kontrol eden dönüş hızlarını ve motorun tersine dönerek aracın yavaşlaması veya frenlemesini sağlayan elektronik devre kartıdır. ESC'ler motoru yöneten devre kartıdır. Kullanıcının ya da kontrol sisteminin yolladığı PWM sinyaline göre motorun hızını ayarlar. ESC sayesinde araç, gaza veya frene basış şeklimize göre az veya çok tepki vererek hızlanma, yavaşlama, durma ve geri gitme işlevlerini yerine getirebilmektedir. Kisaca elektrik motoru kullanan araçların motorunu yöneten beyindir. Fırçasız motor kullanımını gerektiren bir durumda mutlaka ESC kullanımına

ihtiyaç vardır. Bu sebeplerden ötürü bizde motorlarımıza uyumlu, fazla ısı üretmeyen ve verimli olan Basic ESC kullanımına karar verilmiştir.

|                 |                  |
|-----------------|------------------|
| Giriş Gerilimi  | 7 - 26 V (Volt)  |
| Maximum Akım    | 30 A (Amper)     |
| Sinyal Gerilimi | 3.3 – 5 V (Volt) |



**Tablo 3: ESC Teknik Özellikler**



**Şekil 14: Teknik çizim Şeması**

Fırçasız ESC ler 3 kablo ile motora bağlanır.

Bunlar □ + , - ve sinyal (kırmızı siyah sarı)

### **3.3.3 Dinamik Modelleme**

Aracın kontrolörünü tasarlamak için matematiksel bir model gereklidi. Bu nedenle aracın sayısal modellemesi bu bölümde sunulmuştur. Dinamiklerini etkileyen deniz ortamı (rüzgar, dalgalar ve akıntılar) burada ihmal edilmiştir. Ayrıca motor hesaplamaları yapılrken bizim tasarımımıza benzer bir tasarıma sahip 3 iticili konfigürasyonun hesaplamaları üzerinde çalışılıp kullanılacaktır. Bu hesaplamalar aşağıda bulunuyor.

Dinamik model oluşturulurken makine öğrenmesi yöntemi kullanılacaktır.

### **3.3.4 Varsayımlar**

Problemi basitleştirmek için, aracın hareketi bu yazıda sadece yatay düzlemede açıklanmıştır. Aracın cisim sabit koordinatındaki hareket değişkenleri aşağıdaki şekilde gösterilmiştir. Aracın hareketinin bilgisayar simülasyonları için bazı sadeleştirmeler yapılmıştır. Bu basitleştirmeler aşağıdaki gibidir:

- Aracın enine eksen etrafında dönme, boyuna eksen etrafında dönme, düşey eksen boyunca öteleme hareketleri ihmal edilmektedir.
- Aracın kaldırma kuvveti nötrdü ve vücuda sabit koordinatın başlangıcı kütle merkezinde bulunmaktadır.
- Aracın üç simetri düzlemi vardır.
- Aracın dinamik denklemleri, bozucu kuvvetleri (dalgalar, rüzgar ve akıntıları) içermemektedir.

### **3.3.5 Matematiksel Model**

Tanımlanan koordinatlarla, Euler açılarına göre aracın koordinatından ( $x_b, y_b, z_b$ ) sabit sabit koordinata  $EX_E Y_E Z_E$  dönüştürme için  $RX_R Y_R Z_R$  döndürme matrisi aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$\begin{bmatrix} x_b & y_b & z_b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_E & Y_E & Z_E \end{bmatrix} R(\phi, \theta, \psi),$$

$$R(\phi, \theta, \psi) = \begin{bmatrix} \cos\psi & -\sin\psi & 0 \\ \sin\psi & \cos\psi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

burada  $\Phi$ ,  $\Theta$  ve  $\Psi$ , sırasıyla araçların enine eksen etrafında dönme, boyuna eksen etrafında dönme ve yön açılarıdır.

Bir sistem için bir model, yalnızca kontrol algoritmalarını formüle etmek için değil, aynı zamanda simülasyonu gerçekleştirmek için de gereklidir. Bir su aracının kontrol tasarım modeli türetilirken, sadece yatay düzlemdeki dalgalanma hareketi, sallanma hareketi ve sapma hareketi olan hareketlerin model karmaşıklığını azaltmak için de yardımcı olacaktır. Bir suüstü aracının kinematiğini ifade etmek için iki koordinat tanımlanmıştır. Birinci koordinat  $EX_E Y_E Z_E$ , EFC (yeryüzü ile dönmeyen) koordinatı tanımlarken ikinci koordinat  $BX_B Y_B Z_B$ , gövdeye sabit koordinatı temsil eder.

3 serbestlik derecesinde çalışan bir suüstü araç, altı hareket değişkeni ile tanımlanabilir. İlk mod, aracın enine eksen etrafında dönme, boyuna eksen etrafında dönme, düşey eksen boyunca öteleme hareketleri olarak adlandırılan suüstü aracının konumudur( $\eta = [x \ y \ \psi]^T \in \mathbb{R}^3$ ) ve aracın yatay düzlemdeki konumunu,  $EX_E Y_E Z_E$  yere sabit koordinatına göre tanımlar. İkinci mod, aracın hızıdır:  $v = [u \ v \ r]^T \in \mathbb{R}^3$ ; burada  $u$  ve  $v$ , dalgalanma ve salınım hızlarıdır ve  $r$ , vücuda sabitlenmiş  $BX_B Y_B Z_B$  koordinatına göre düşey eksen boyunca öteleme hızıdır.

Aracın sabit yeryüzü koordinatındaki  $EX_E Y_E Z_E$  konumu ve yönelimi ile araç koordinatındaki  $BX_B Y_B Z_B$  doğrusal ve açısal hızlar arasındaki ilişki şu şekilde verilir:

$$\dot{\eta} = R(\eta)v,$$

burada rotasyon matrisi  $R(\eta)$  şöyle tanımlanır:

$$R(\eta) = \begin{bmatrix} \cos\psi & -\sin\psi & 0 \\ \sin\psi & \cos\psi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, R^{-1}(\eta) = R^T(\eta).$$

Aracın dinamik modeli, Fossen'in modeline dayanmaktadır. 3 serbestlik derecesindeki aracın bu modeli Newton-Euler hareket denkleminden türetilmiştir.

$$M\ddot{v} + C(v)\dot{v} + D(v)v + g(\eta) = \tau.$$

$M \in \mathbb{R}^{3 \times 3}$  simetrik pozitif tanımlı atalet matrisidir,  $C(v) \in \mathbb{R}^{3 \times 3}$  merkezil ve Coriolis matrisidir ve  $D(v) \in \mathbb{R}^{3 \times 3}$  sönüümleme matrisidir;  $g(\eta) \in \mathbb{R}^3$  yerçekimi kuvvetlerini temsil eder

ve  $g(\eta) = [0, 0, 0]^T$ ,  $\tau = [\tau_X, \tau_Y, \tau_N] \in \mathfrak{R}^3$  aracın kontrol girdisini temsil ettiğini varsayıyoruz. Ek olarak, **M**, **C(v)** ve **D(v)** matrisleri şu şekilde ifade edilir:

$$M = \begin{bmatrix} m - X_{\dot{u}} & 0 & 0 \\ 0 & m - Y_{\dot{v}} & mx_g - Y_{\dot{r}} \\ 0 & mx_g - N_{\dot{v}} & I_z - N_{\dot{r}} \end{bmatrix},$$

$$C(v) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & (Y_{\dot{v}} - m)v + \left(\frac{1}{2}Y_{\dot{r}} + \frac{1}{2}N_{\dot{v}} - mx_g\right)r \\ 0 & 0 & (m - X_{\dot{u}})u \\ -(Y_{\dot{v}} - m)v - \left(\frac{1}{2}Y_{\dot{r}} + \frac{1}{2}N_{\dot{v}} - mx_g\right)r & -(m - X_{\dot{u}})u & 0 \end{bmatrix},$$

$$D(v) = \begin{bmatrix} -X_u - X_{|u|u}|u| & 0 & 0 \\ 0 & -Y_v - Y_{|v|v}|v| - Y_{|r|v}|r| & -Y_r - Y_{|v|r}|v| - Y_{|r|r}|r| \\ 0 & -N_v - N_{|v|v}|v| - N_{|r|v}|r| & -N_r - N_{|v|r}|v| - N_{|r|r}|r| \end{bmatrix},$$

$m$  teriminin aracın kuru kütlesini tanımladığı yerde,  $X_g$ , gövdeye sabitlenmiş çerçevede ifade edilen  $x$  eksenindeki ağırlık merkezi ile araç orijini arasındaki koordinattır ve  $I_z$ ,  $BZ_B$  etrafındaki atalet momentlerini belirtir. eksen.  $X_{\dot{u}}, Y_{\dot{v}}, Y_{\dot{r}}, N_{\dot{v}}, N_{\dot{r}}, X_u, Y_v, Y_r, N_v, N_r, X_{|u|u}, Y_{|v|v}, Y_{|r|r}$ .

ve  $Y_{|v|r}, Y_{|r|r}, N_{|v|v}, N_{|r|v}$  aracın hidrodinamik katsayılarıdır.

### 3.3.6 İticilerin Konfigürasyonu

Araç, 3 serbestlik dereceli hareket kontrolü için üç iticiye sahip olacak şekilde tasarlanmıştır. Devir hızı  $n$ , ile, itme kuvveti aşağıda gösterildiği gibi ifade edilir.

$$T_i = \rho n_i^2 D_p^4 K_T,$$

burada  $p$  deniz suyunun yoğunluğu,  $DP$ , Araçta bulunan üç iticinin çapları ve  $KT$ , itme katsayısıdır. Araç üzerindeki yerel itme kuvveti ile gövdeye sabit itme kuvveti arasındaki ilişki şu şekilde tanımlanabilir:

$$\tau_e = T \cdot F_T,$$

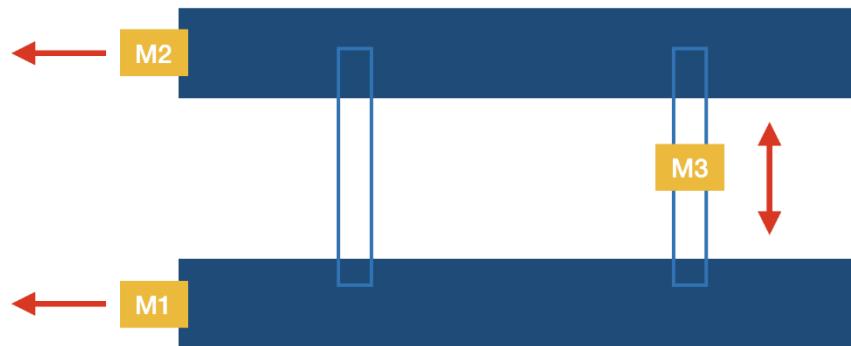
burada bireysel itme kuvveti vektörü  $F_T = [F_1 \ F_2 \ F_3]^T \in \Re^{3 \times 1}$  ve araca etki eden genelleştirilmiş kuvvet vektörü şudur :  $\tau_c = [F_x \ F_y \ M_z]^T \in \Re^{3 \times 1}$

Ayrıca, aracın itme tahsisi şu şekilde ifade edilir:

$$T = \begin{bmatrix} 1-t_p & 1-t_p & 0 \\ 0 & 0 & 1-t_p \\ (1-t_p)\frac{D_L}{2} & -(1-t_p)\frac{D_L}{2} & (1-t_p)\frac{D_s}{2} \end{bmatrix},$$

tp, her bir iticinin itme kesinti katsayısıdır, DL öndeği iticiyle arkadaki iticiler arasındaki mesafe, Ds arkadaki iki itici arasındaki mesafedir.

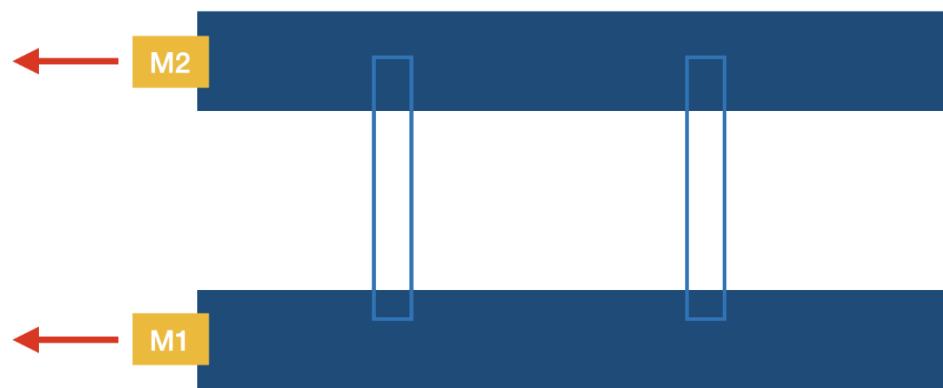
### 3 motor (iki arka, ön motor yatay)



İlk seçenek manevrayı öndeği motorun yatay çalışması ve arkadaki iki motorun diferansiyel çalışmasıyla yapabilmektedir. İleri geri harekette ise arkadaki iki motoru tam verimde kullanabilmektedir. Kenetlenme konusunda bu motor dizilimi avantaj sağlayabilir. Prototipimizi bu motor yerleşim düzeniyle geliştirmeyi planlıyoruz.

### Yakın olduğumuz iki seçenek 3 motor ve 2 motor seçenekleri

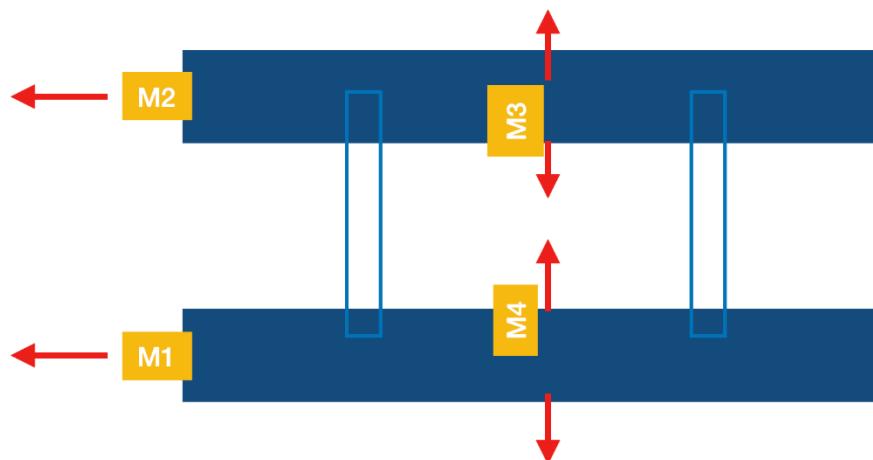
#### 2 motor (iki arka)



İkinci seçenekimiz ise arkada iki motordur. Manevralar diferansiyel çalışmaya gerçekleştiriliyor, ileri geri hareket birlikte çalışmalarıyla.

Verilen görevler incelediğinde üç motorlu seçeneğin bize hem manevralarda yardımcı olabileceği hem de dört motorlu sistemle iki motorlu sistemin arasındaki doğru seçenek olabileceği düşünülmüştür. İlerleyen zamanlarda test ortamında bu durum değişimelidir.

#### 4 motor (iki arka, iki ağırlık merkezi)



Üçüncü seçenek arkada iki motor ile ileri geri hareketi sağlarken, ortadaki (ağırlık merkezindeki) iki motor ile yanal hareket yapmaya olanak sağlanmaktadır. Bu dizilim aynı zamanda manevralarda arkadaki motorlardan birini diferansiyel olarak ortadaki motor ile kullanılabilmektedir.

## 3.4. Güç Sistemi

### 3.4.1 Batarya

Aracımızın ihtiyaç duyduğu gücün kesintisiz, yeterli bir şekilde sağlanması ve yarışma şartnamesinde belirtilen özelliklere de uygun olacak bir güç besleme sistemine ihtiyaç duyulmaktadır. Aracımızın görevleri başarıyla tamamlayabilmesi için itki sisteminin ve kontrol sisteminin ihtiyacı olan enerjiyi en az görev süresi boyunca kesintisiz olarak sağlanması gerekmektedir. Gerek kullanılacağı koşullar gerekse bu görevleri rahat bir şekilde tamamlayabilmesi için aracın güç ihtiyacının batarya vasıtıyla araç üzerine konumlandırarak sağlanması kararlaştırılmıştır.

Kullanılacak batarya çeşidi olarak da benzer kapasitedeki kuru akü, marin tipi jel akü veya lityum bazlı olan Lifepo4 pil/bataryalarından biri olması düşünülmüştür. Daha rahat karar verilebilmesi adına Dünyadaki diğer otonom su üstü araçlarını ve raporlarını inceleyip (24'e yakın) kullandıkları bataryaları analiz edilmiştir. Bu raporlardaki araçlarda Li-ion, NiMH, LiPo, LifePo4 ve marin tipi jel akülerin kullanıldığı görülmüştür. Biz de piyasadaki (bize uygun kapasitedekilerin) bulunabilirliği açısından aralarından seçtiğimiz 3 tanesini karar verme modülüne eklenip incelenmiştir.

**Tablo 4: Teknik Özellikler**

|                               | Lifepo4 <sup>1</sup> | Kuru Akü      | Marin Jel Akü |
|-------------------------------|----------------------|---------------|---------------|
| Nominal Voltaj                | 12V                  | 12V           | 12V           |
| Kapasite                      | 60 Ah                | 60 Ah         | 65 Ah         |
| Ağırlık                       | 4.8 Kg               | 15 Kg         | 22 kg         |
| Maksimum Sürekli Deşarj akımı | 60A                  | belirtilmemiş | belirtilmemiş |
| Pik Deşarj Akımı              | 120A                 | belirtilmemiş | belirtilmemiş |
| Ebat                          | 223x150x175mm        | x350xmm       | 167x350x179mm |
| Fiyat                         | 2880TL               | 600 TL        | 1150 TL       |

<sup>1</sup> Seçtiğimiz batarya

Ayrıca 12 Volt 9 Amper-Saat kapasiteli ayrı bir akü ile donanım ekipmanlarımıza gücü bu güç kaynağından vererek daha sağlıklı bir güç dağılımı ve motor aküsüne fazladan yük bindirmemeyi hedeflemektedir. Motorlar için 12V de, maksimum 15A çekmesi üstünden yapılan hesaplamalarımızda yarışma süresi boyunca aracın arka kısmında bulunan 2 motor maksimum güçte ve ortada bulunan tek motor yarı güçte çalışsa bile yüksek performansta dahi  $37A \times 1.6$  saatten = 59.2Ah gelir sonuç olarak akümüzün çok rahat bir şekilde Şartnamede yazan görevleri tanımlayabileceğini öngörmektedir. Süre olarak normal kullanımda 2 kata kadar varan çalışma performansı gösterebilir.

|                                      | <b>Oran</b> | <b>Kuru Akü</b> | <b>Jel Akü</b> | <b>Lifepo4</b> |
|--------------------------------------|-------------|-----------------|----------------|----------------|
| <b>Fiyat Ve Erişilebilirlik</b>      | 20          | 5               | 4              | 3              |
| <b>Maksimum Sürekli Deşarj Akımı</b> | 5           | 3               | 5              | 4              |
| <b>Pik Deşarj Akımı</b>              | 5           | 5               | 5              | 5              |
| <b>Ağırlık</b>                       | 30          | 3               | 3              | 5              |
| <b>Uyum ve Güvenlik</b>              | 25          | 3               | 5              | 5              |
| <b>Boyut (Ebat)</b>                  | 15          | 3               | 4              | 5              |
| <b>Toplam skor</b>                   | 100         | 3,5             | 4,05           | 4,55           |

**Tablo 5: Batarya Tercih Modülümüz**

- Fiyat ve Erişilebilirlik:** Teknik tablomuzdan da görülebileceği üzere fiyat olarak 3.5 kat daha uygun olduğu için kuru akü kullanmamız bütçemizde önemli ölçüde fark yaratmaktadır. Bu sebeple herhangi bir sorunla karşılaşıldığımızda telafisi daha mümkün olsa da sadece bu konuda diğerlerine karşı tam anlamıyla sadece bu alanda üstündür.
- Deşarj akımları:** Öncelikle kuru akünün marş pili olarak değil de (kısa akım patlamaları) uzun süre motorumuza akım besleyecek cinsten olmasına dikkat edilmelidir. Bu ve diğerlerine oranla verimsizdir( Seçtiğimiz Lityum pillerde verim oranı %99 dur.) Bununla beraber lityum batarya ve jel akü ile karşılaştırırsak üçü de yeterlidir. Bu sebeple yakın puanlanmıştır.
- Ağırlık:** Burada lityum pilin bariz bir üstünlüğü olduğunu görmekteyiz teknik tablomuzda görüleceği gibi 3 kata kadar aynı kapasitedeki pillerde ağırlık farkı oluşmaktadır. Bataryalardaki ağırlığı maksimum araç ağırlık sınırı konusunda bizi oldukça rahatlatacağı ve daha yüksek hızlara çıkaracağı öngörlülmüştür. Bu yüzden puanlamada oldukça yüksek bir puan almıştır.

- **Boyut:** Boyut olarak 3 akünün de büyük bir sorun teşkil etmeyeceği görülmüş olsa da lifepo4 akümüzün boyut-ağırlık-güç yoğunluğu olarak en verimli seçim olduğu ortadadır.
- **Uyum ve Güvenlik:** Aracımız su üstü aracı olduğundan ötürü, dalga sarsıntı gibi etkilere maruz kalacaktır. Bu nedenle bataryamızın bu etkenlere karşı dayanıklı olması bizim için önemli bir husustur. İncelediğimiz diğer raporların ışığında gerek güvenlik gerekse motorlarımıza giden akımın yeterli bir şekilde karşılanması konusunda jel ve lityum aküler öndedir ancak lityum aküler dengesiz şarj durumunun engellenmesi için bir BMS'ye ihtiyaç duyar (BMS akümüzün içinde hazır gelecektir).

## Sonuç

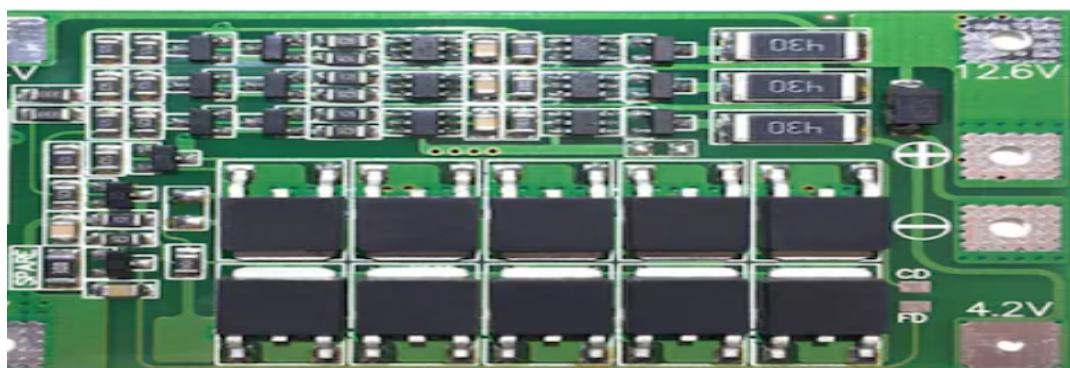
Yukarıda da belirttiğimiz üzere incelediğimiz onlarca akü türü içinden aracımız için en uygun ve en verimli olan akü türünü seçmek için incelemeler yapılmıştır. Bu doğrultuda kapasitesini yüksek verimli bir şekilde kullanması (%99 a varan verim), rakiplerine kıyasla iyi ağırlık-enerji yoğunluğu oranı ve lityum pillerin en güvenlilerinden sayılabilcek lifepo4 akünün en doğru seçim olduğuna karar verildikten sonra tek sorun olan maliyet sorununu ücrette yardımcı firma bularak çözme sonucunda kesin olarak lifepo4 akü kullanılmasına karar verilmiştir. Jel akü ağırlığı, kuru akü tam manasıyla uyumlu olmama ihtimaline karşı seçilmemiştir.

### 3.4.2 Batarya Durumunu Uzaktan Takip ve Müdahale:

İletişim ara yüzümüzü kullanarak bataryamızın durumunu ve seviyesini takip ederek uzun operasyonel süreli görevlerde aracımızın görevlerini eksiksiz bir şekilde yerine getirebilmesi için bataryamızın seviyesinde düşüklük gözlemlendiğine araçtaki konumunun da avantajı sayesinde bataryalarımız hızlıca değiştirilip aracımız görevine devam edebilir.

#### BMS:

Batarya yönetim sisteminin kısaltılmış olan BMS bataryaların güvenlik sistemidir. Gerilim, akım ,sıcaklık vb. bataryalar için önemli koşulları güvenli sınırlarda/limitlerde tutmaktan sorumludurlar. Ayrıca pil hücrelerini denetleyerek hücrelerin aynı Şarj seviyesini dengelemektedir. Bu özellik de aracımızın tam kapasiteli olarak operasyonel süresi boyunca görev yapması için önemlidir. Özellikle bizim aracımızda kullanmayı planladığımız seçeneklerden biri olan lityum bazlı bataryalar için bu sistem çok daha kritik bir öneme sahip olmaktadır. Bunun sebebi ise diğer batarya türlerinde hücrelerin maksimum şarj gerilimi 100 milivolt aşılısa dahi en fazla karşılaşacağı tehlike ufak kapasite kayıplarından ibaret olacaktır; ancak bizim batarya/pil türümüzde çok daha tehlikeli bir şekilde ısınıp hiç istenmeyen patlama boyutuna varan parçalanmalara uğrayabilir. Bu sebeple bizler sadece bir batarya konusundan ziyade güvenlik önemi olarak da kritik rol üstlenen BMS'in içinde dahil olarak geldiği bir akü tercih ettiğimizdir.



**Şekil 15: BMS**

|                                     |                       |
|-------------------------------------|-----------------------|
| Şarj Gerilimi<br>(limit)            | 15 V                  |
| Sürekli deşarj akımı<br>(üst limit) | 121 A ±20 A (9 ±5 ms) |
| Yüksek Sıcaklık Kesicisi            | 75 °C                 |

*Tablo 6: BMS Teknik Verileri*

## 3.5. Algılayıcı (Sensör) Sistemleri

### 3.5.1 LIDAR

#### 3.5.1.2 Rekrom LASIR 270

Rekrom firmasının işbirliğiyle otonom su üstü araçların gereksinimlerine özel olarak ortak çalışma ile geliştireceğimiz Lidarı aracımızda kullanacağız.

| LASIR 270              |  |
|------------------------|--|
| Lazer Sınıfı           | I (IEC 60825-1:2014)   |
| Lazer                  | Kızılıtesi (905 nm)  |
| Yakın Algılama Menzili | 4 m  |
| Uzak Algılama Menzili  | 50 m (± 10 Yansıma)<br>110 m (± 90 Yansıma)  |
| Tarama Alanı           | 270° (Ayarlanabilir)   |
| Entegre İsratçı        | 25 W   |
| Bağlantı Arayüzü       | TCP/IP ve RS 485   |
| Sızdırmazlık           | IP 67 (TS 3033 EN 60529)   |
| Koruma Sınıfı          | III (EN 50178 (1997,10))   |
| Çalışma Şartları       | -40 °C ~ +60 °C  |
| Çalışma Gerilimi       | 12 VDC   |
| Ağırlık                | 550 g  |
| Hatalı Alarm Engelleme | Sis, Yağmur, Kar Düzeltme<br>Atmosferik Filtreleme<br>Arka Plan Öğrenme<br>Kirilik Uyarısı |

*Şekil 16: Rekromla beraber su üstü otonom araçlarına yönelik revize edeceğimiz/geliştireceğimiz LIDAR*

#### 3.5.1.3 LIDAR'ın Çalışma Prensibi

LIDAR verileri, ilk olarak ROS (ilerleyen sayfalarda 3.7.5 başlığı adı altında ROS hakkında detaylı bilgi verilmiştir.) sürücülerinden bir nokta-bulutu ROS mesajı olarak alınır. Bu nokta bulutu daha sonra lazer taramasına dönüştürmek için var olan ROS paketi ile ön işlemeden geçer ve aralık değerlerine göre noktaların temsil edildiği bir lazer taraması üretilir. Lazer taraması daha sonra bir doluluk ızgarası (occupancy grid) biçimine dönüştürülür ve hücreler doluluk olasılığını 0 ile 100 arasında saklamaktadır.

Ardışık taramalar ile ölçülen hücrelerin boş olasılığı azalır. Böylece, geçici gürültü kaynaklarından gelen parazit azaltılır. Göl ve deniz gibi marin ortamlarında ortaya çıkması beklenen su yüzeyindeki rastgele yansımalarдан ve lazer darbelerinin sudaki dalgalanmalardan saçılmasıyla ortaya çıkan yanlış pozitifler veya negatifler gibi sahte

verilerin en aza indirilmesinin sağlanacağını, dünyadaki diğer otonom su üstü araçlarının bilimsel raporlar incelendiğinde görülmüştür.

### 3.5.2 Raspberry Pi Balık Gözlü Kamera

Bu geniş açılı kamera modülü, 160 ° diyagonal görüş alanına sahip, ayarlanabilir uzunlukta bir balık gözü lens ile gelir. Düz çizgilerde, eğrilik efektli panoramik görüntüler çekebilmektedir. Bu da kuşbakışı görüntü elde etmemiz konusunda bize fazla ile yardımcı olacaktır. Raspberry Pi Balık Gözlü Kamera'dan aracımızda 4 adet kullanacağız. Bunun nedeni araştırmalarımıza göre algoritmalar kısmında belirttiğimiz gibi 360 derece görüntü alınırken bir mozaik oluşturulmasıdır.

Yaptığımız araştırmalarda ,bunun için 120 derecelik 8 adet kamera kullandığını gördük. Daha az kamera ile (160 derecelik 4 adet ) sanal kuş bakışı görüntü alabileceğimizi farkettik. Karar verme modülümüzde diğerlerinden düşük puanmasına karşın beklediğimiz özellikleri düşük maliyetle karşıladığı için tercih sebebiniz olmuştur.



**Şekil 17: Raspberry Pi Balık Gözü**

### 3.5.3 ZED Kamera

ZED stereo kamera kırmızı ötesi sinyal kullanmadan kullanıldığı ortamda objelerin 3 boyutlu olarak görüntülerinin verebilen çift kameraya sahip bir stereo kamera sistemidir.

Kameralarda yaşanan derinlik kaybını bu kamera insan gözü gibi çalışarak ortadan kaldırmaktadır ve görüntülere aynı zamanda gerçek derinliğini de katmaktadır.

Aracımızda Raspberry balık gözü kameraları ile birlikte çalışacak ZED kameramız hem geniş açısı hem de stereo (derinlik algılama) özelliğinden dolayı tercih edilmiştir.



**Şekil 18: ZED**

|                         | Oran | GO PRO HERO 9 BLACK | ÖZELLİKLER   | ZED  | ÖZELLİKLER  | Raspberry Pi Balık Gözü | ÖZELLİKLER                               |
|-------------------------|------|---------------------|--|------|---|-------------------------|--|
| Fiyat                   | 15   | 3                   | 5.015 TL   | 2    | 9.500 TL  | 5                       | 309 TL                                   |
| Bağlantı                | 10   | 5                   | USB C  | 4    | USB C   | 4                       | CSI li jetson nano veya raspberry pi ile |
| Görüş Alanı             | 15   | 4                   | 170 Dereceye kadar (Balık Gözü ile) ekstra ücret ile** | 4    | 110 Derece  | 5                       | 160 Derece çapraz, 120 derece dikey      |
| Çözünürlük              | 10   | 4                   | 20 MP  | 5    | >20MP   | 2                       | 5 MP                                     |
| Sensör                  | 15   | 4                   | 1 Çipli CMOS   | 5    | -Belirtilmemis- (Diğer ikisine kıyasla çok daha yüksek kapasiteli ekran çözünürlük ve data işleme kapasitesi) | 3                       | < zed ve go pro                          |
| Video Kayıt Çeşitliliği | 15   | 3                   | 5K30, 4K60, 2.7K120, 1440p120, 1080p240                | 4    | 2.2K15, 1080p30, 720p60 ve WVGA100  | 4                       | 1080p30, 720p60 ve 640 x 480p60/90       |
| Sertifika               | 10   | 5                   | CE   | 5    | CE  | 1                       | --                                       |
| Güç                     | 5    | 5                   | 5V   | 5    | 5V  | 5                       | 3.3V                                     |
| Boyut (Ebat)            | 5    | 4                   | 71,0 x 55,0 x 33,6 mm                                  | 3    | 175 x 30 x 33 mm  | 5                       | 25mm x 24 mm                             |
| Toplam skor             | 100  | 3,95                |  | 4,05 |   | 3,75                    |  |

**Tablo 7: Kamera Karar Verme Modülüümüz**

### Sonuç:

Zed kamerasının hem go-pro dan üstün olması hem de okulumuzun sponsorluğu sayesinde kolayca temin edebildiği için GoPro Hero kamerası uygun görülmemiştir. Raspberry Pi kamerasının ise kuşbakışı görüntü almayı bütçemize uygun şekilde gerçekleştirebildiğinden seçilmiştir.

### 3.5.4 IMU

IMU; doğrusal hızlanma, açısal dönüş hızı ve manyetik alan vektörlerin verilerini bir arada toplayan ve ana işlemciye gönderen elektronik birimdir. IMU ile yüksek hassasiyette

ölçüm imkânı sağlanmaktadır. Diğer sensörlere beraber kullanıldığı zaman robotun otonom kabiliyetini de en yüksek seviyede çalışmasına yardımcı olmaktadır.

### **IMU + GPS Çalışma Prensibi:**

Aracımızın optimum durumunu elde etmek adına IMU ve GPS'i birleştirmek için bir kalmanfiltresi kullanılır. Kalman Filtresi, durum uzayı modeli ile gösterilen bir dinamik sistemde, modelin önceki bilgileriyle birlikte giriş ve çıkış bilgilerinden sistemin durumlarını tahmin edebilen filtredir. Kalmanfiltresi sensör füzyonu ve veri füzyonu için kullanılır. Tipik olarak, gerçek zamanlı sistemler bir sistemin durumunu elde etmek için tek bir ölçüm yapmak yerine birçok ardışık ölçüm üretir. Bu birçok ölçüm daha sonra o zaman anında sistemin durumunu üretmek için matematiksel olarak birleştirilir.

Bu sistemlerin birlikte kullanımı, tek tek kullanıcıları ile elde edilecek doğruluğu ve güvenilirliği önemli ölçüde geliştirmeye olanak sağlar. Bir bilgisayar ile IMU birlikte kullanıldığında Inertial Navigation System (INS) oluşturulur. Entegrasyon, konum ve hız yerine her iki alt sistemin ham verileri düzeyinde gerçekleştirilir. Konum ve hız bilgileri ise muhtemel GPS dönü kayıklıklarını tespit etmek ve düzeltmek için kullanılır. Konumsal ve açısal düzeltmeler uygulandıktan sonra da dış yöneltme parametreleri belirlenir.

## 3.6 Bilgisayar (Görev) Sistemi

Aracımızın bilgisayar sistemi olarak birbirleri ile uyumlu çalışacağını tespit ettiğimiz Nvidia Jetson Nano ve Arduino Mega REV3 ikilisini kullanmayı uygun gördük.

### 3.6.1 Nvidia Jetson Nano

Günümüz teknolojisinin gelişmesiyle birlikte yapay zekâ, görüntü ayırtırma, nesneleri algılama, segmentasyon ve ses işleme gibi uygulamaları yapmak için Nvidia ürünlerini çok kullanılmaktadır.

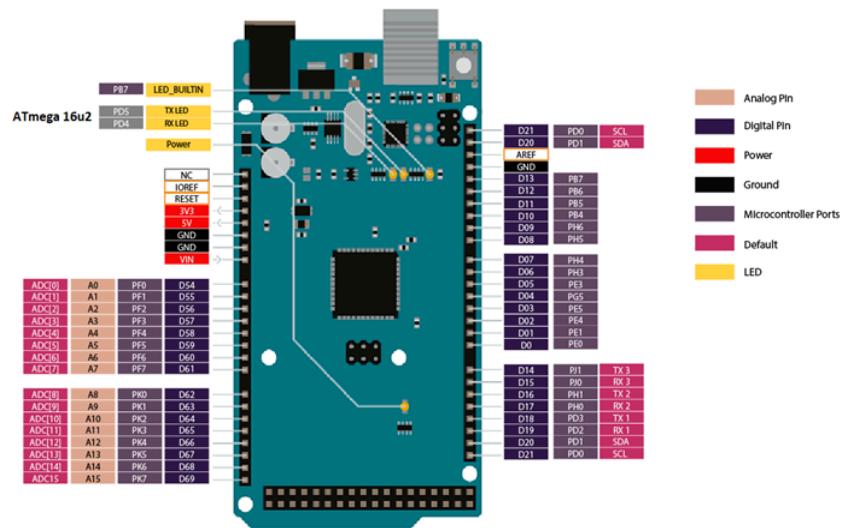
Küçük boyut yapısı ve yüksek güçte düşük maliyetlerle bu işlemleri yapmak için iyi bir performans sunan Nvidia Jetson Nano kullanılması tercih edilmiştir. Tüm bu işlemler sırasında 5 Watt güç harcamaktadır. Ayrıca Ethernet, USB girişleri hızlı bağlantı ve kolay müdahale şansı vermektedir. Nvidia Jetson Nano kartı üzerinde elektronik sistemlerle haberleşme ve bu cihazların kontrolü amacıyla kullanılan portlar, genel amaçlı giriş çıkış portları (General Purpose Input/Output) GPIO olarak adlandırılır. Bu kartın üzerinde 40 tane GPIO pinı bulunmaktadır. 2 adet 5Volt girişi, 2 adet 3,3V girişi, 8 adet toprak (GND) girişi bulunmaktadır. GPIO pinleri sayısının fazlalığı ile aracımızdaki kullanımı için yeterlidir.



**Şekil 19:** Nvidia Jetson Nano

### 3.6.2 Arduino Mega REV3

Aracımızda kullandığımız tek-kartlı mikrodenetleyicimiz Arduino Mega serisinin güncellenmiş bir mikrodenetleyicisidir. Bu mikrodenetleyicinin sahip olduğu en önemli özelliklerden birisi birden çok şirketin piyasaya sunduğu yazılım ve donanım ürünlerini desteklemesidir. Aracımızda motorların PWM ile kontrol edilmesinde rol oynayacaktır.



**Sekil 20: Arduino Mega REV3**

***Tablo 8: Ana İşlemci Karar Verme Modülüümüz***

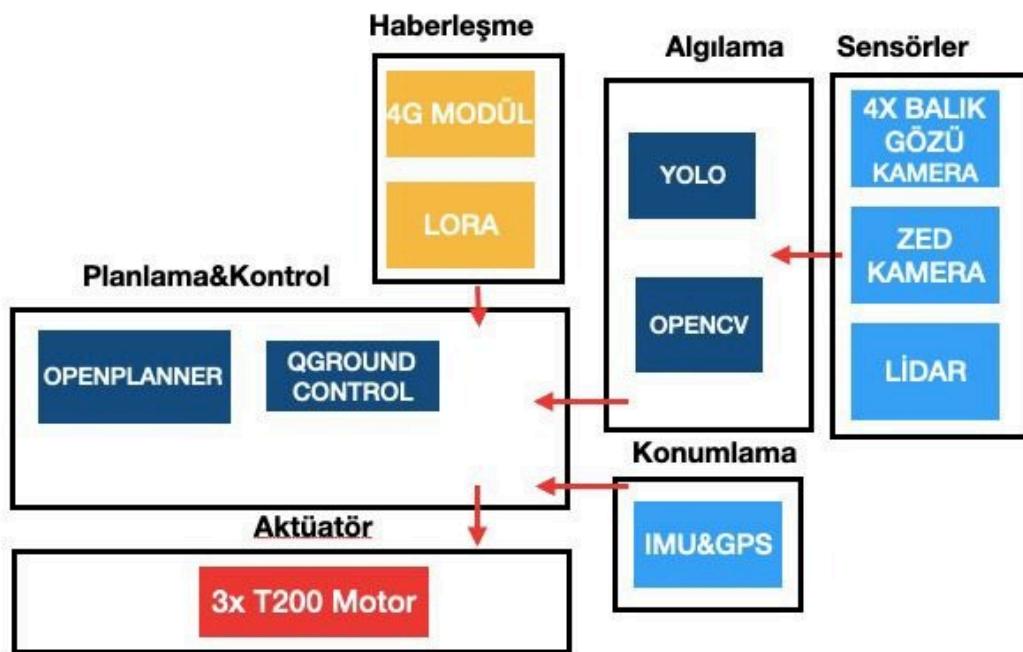
**Sonuç:**

Aracımıza entegre etmeyi planladığımız kuş bakışı görüntü, alan tarama, obje tanımlama vb gibi yetenekler GPU, CPU, RAM ve AI Performansı gibi özelliklerin gereksinimi doğurmaktadır. En iyi oranda ve düşük maliyet ile bize sunabilecek küçük, güçlü bir bilgisayar seçme amacıyla karar verme modülü oluşturulmuştur. Bu doğrultuda araç geliştirilmesindeki kısıtlamalara bağlı kalarak Nvidia Jetson Nano ile Raspberry Pi 4 Model B'yi modülümüzde tüm özellikleriyle karşılaştırdık. Sonuç olarak AI ve GPU performansında üstünlük sağlayan Nvidia Jetson Nano kullanılmasını kararlaştırdık.

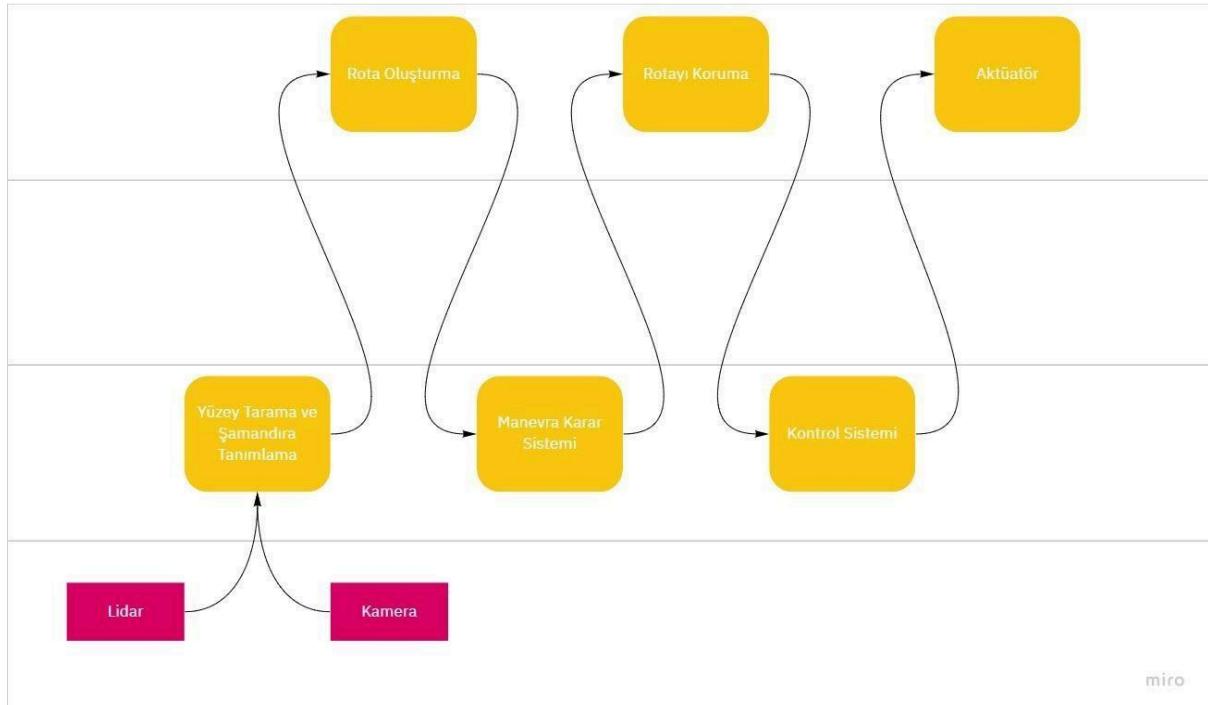
### 3.7. Taslaklar, Algoritmalar ve Açıklamaları

Aracımızda bulunan algılama sistemlerinden elde edilen verilerimizi algılama algoritmaları kullanılarak yazdığımız yol bulma algoritmasına aktaracağız. Yol bulma algoritmamız ve haritalandırma sistemimiz görüntü işleme ile birlikte oluşturdukları çıktıyı arayüzümüze gönderecekler. Back-end kısmında qgroundcontrol kullandığımız arayüzümüzün front-end kısmını kendimiz oluşturacağız.

Bu bölümde kullanacağımız bütün bileşenleri bir özet olarak şemalarda görebilirsiniz, her bir bileşenin detayları ilgili kısımda belirtilmiştir.



**Şekil 21: Sistemlerin Birbiriyle Çalışma Şekli**



**Şekil 22: Hareket Planlama Algoritma Detayı**

### 3.7.1 Görüntü İşleme

#### 3.7.1.1 Algılama - Yüzey Tarama ve Engel Tanımlama

Görüntüleme ve konumlandırma sistemi olarak içerisinde GPS entegrasyonu bulunan LIDAR ekipmanı kullanılacaktır. Araca dahil edilen kamerayla ise gerçek zamanlı veri alma hedeflenmektedir. Bu alınan gerçek zamanlı veriler YOLO algoritması ile analiz edilerek karşılaşılan cismin renk, konum ve detay bilgileri belirlenecektir. Bu yapay zeka algoritmasının eğitilmesi için veri setlerine ihtiyaç duyulur. Belirtilen veri setlerine internet üzerinden ulaşlamadığı veya ulaşılan setlerin yetersiz kaldığı durumlarda, takımımız kendi veri setlerini oluşturacaktır.

Bu proje için geliştirilen algılama çözümümüz, özel yazdığımız Python kodlarımız ile mevcut ROS ve OpenCV araçlarının bir kombinasyonu ile uygulanmaktadır. Genel algılama grubunun görevi LIDAR ve kamera verilerini birleştirip nesne algılama ve sınıflandırma için yazılım tasarlamak, kalibre etmek ve uygulamaktır.

#### 3.7.1.2 Algoritma Detayı

Montaj konumu (mounting position), yönlendirme(orientation), odak uzaklığı(focal length) ve bozulma(distortion) gibi bilinen kamera parametrelerini kullanarak, bir nesnenin NED konumu belirlenir ve LIDAR aracılığıyla tespit edilen bir nesne için bir İlgili Alanının (ROI)

çıkarılmasını sağlar. Bu İlgi Alanları, daha önce tanımladığımız nesneler listesinden seçilip tanımlanmak için tek tek modüllere, bizim uygulamamızda YOLO algoritmasına ilettilir.

- YOLO Algoritması

Nesne algılama algoritmasında YOLO kullanmayı planlamaktayız. Çünkü YOLO tek bir ağ ile özellik çıkarmamızı, sınırlayıcı kutular oluşturmamızı ve nihai çıktı aşamasında konum arama ve sınıflandırma yoluyla bunları eş zamanlı olarak sınıflandırmamızı sağlamaktadır. YOLO'nun şamandıraları büyülüğüne ve rengine göre algılaması ve sonrasında bizim yazdığımız programlamaya göre doğru tepkiyi vermesi planlanmaktadır.

Algoritmamızı seçmek için araştırma yaparken derin öğrenmeyi, spesifik olarak Faster R-CNN'i de değerlendirdik. Görüntü işleme için ilk başta makine öğrenmesi algoritmaları kullanılırken, derin öğrenme ile beraber katmanlarla CNN (Evrişimsel Sinir Ağı) yapılmaya başlanmıştır.. Bu CNN geliştirilerek R-CNN'e dönüştü, R-CNN'in geliştirilmesi ile Fast R-CNN (Hızlı R-CNN), Fast R-CNN'in geliştirilmesi ile Faster R-CNN (Daha Hızlı R-CNN) çıktı ama YOLO Algoritmasının çıkışıyla birlikte, artık çok özel durumlara sahip araçlar dışındaki otonom araçlarda diğer algoritmaların daha az kullanılmaya başlandığını fark edildi. Görüntü işlemede YOLO'nun bütün diğer tekniklerden, en efektif algoritmaların bile daha hızlı ve doğru bir şekilde tanımlama yaptığı okunan raporlardan öğrenilmiştir. Bu yüzden bizler de YOLO'yu seçmiş bulunmaktayız.

YOLO'nun çalışma prensibi:

YOLO ilk önce görüntüyü izgaraya böler, her izgarada olan objeyi tespit eder ve Sınırlayıcı kutu regresyonu ile bulunan objeleri sınırlayıcı kutu içine alır. Görüntüdeki her sınırlayıcı kutu, genişlik (bw), yükseklik (bh), sınıf (örneğin, kişi, araba, trafik ışığı vb.) (c), sınırlayıcı kutu merkezi (bx,by) niteliklerine sahiptir.

Bu algoritmayı uygulamak için diğer bileşenlerimiz ile uyumluluğu açısından OpenCV kütüphanesini tercih etmiş bulunmaktayız.

- CNN - Evrişimsel Sinir Ağları

Görüntü algılamasında kesinti olması gibi çeşitli sorunlarla karşılaşırsak her ihtimale karşı geliştireceğimiz yapay sinir ağlarına geçiş yapılması planlanmaktadır.

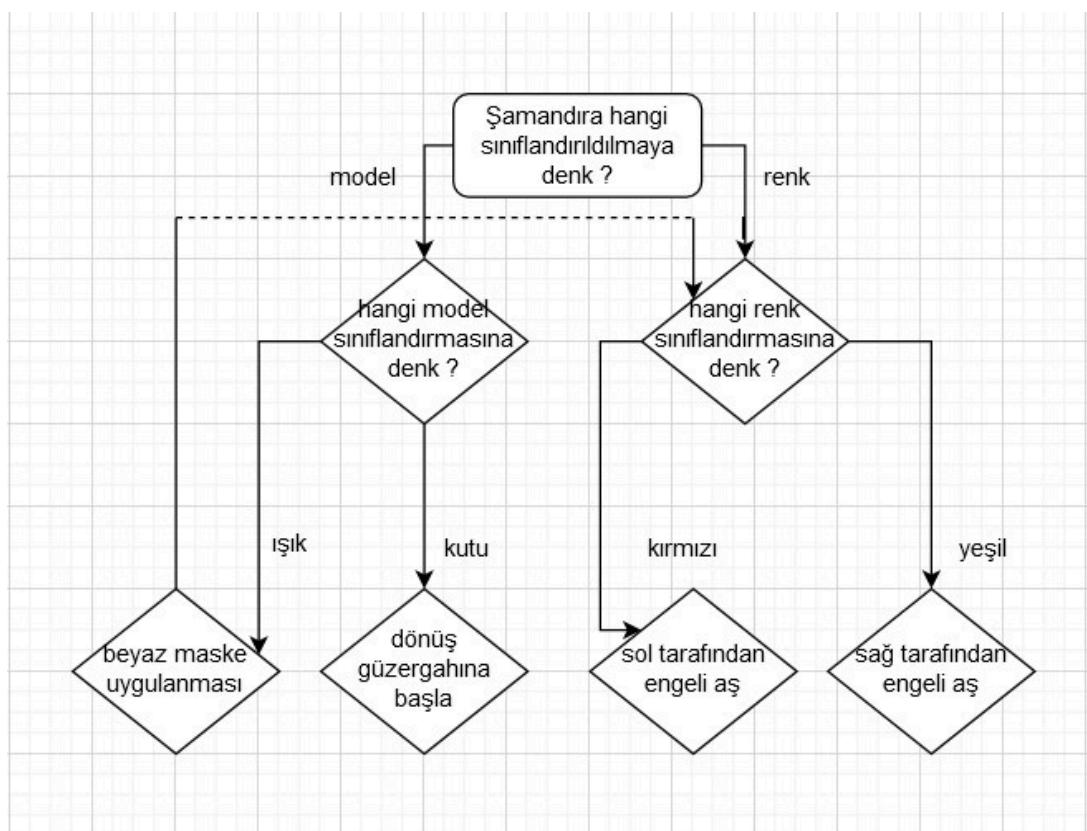
### 3.7.1.3 Engellerden Kaçınma Kontrol Sistemi

Sistemin kendi kendine kararlar alabilmesini sağlamak adına en önemli adım Manevra Karar Sistemi'dir. Bu süreçte araç, topladığı verileri ve görüntüleri nesne algılama ve sınıflandırma algoritmasını kullanarak istenen rotayı oluşturmaya çalışmaktadır.

Olası durumlar aşağıda listelenmiştir:

#### Şamandıralar:

Şamandıralar başlangıçta bir LIDAR algılama modülü ile tanımlanır daha sonra YOLO algoritması engellerin İlgî Alanı üretilirken renk ve model de belirlenir.



#### Farklı renklerde Şamandıralar için

- **Kırmızı Şamandıra:**

Araç kırmızı şamandırayı gördüğünde bu engeli liman(sol) tarafına alacak şekilde manevra yaparak hareket etmelidir ve bu hareket aracın bakış açısı baz alınarak hem gidiş hem de dönüş rotası için aynı işleyecektir. Bu hareket engel kaynaklı incelendiğinde, araç hareketini kırmızı engelin sancak(sağ) tarafından ilerleyerek tamamlaması gerektiğine karar verir.

- **Yeşil Şamandıra:**

Araç yeşil şamandırayı gördüğünde bu engeli sancak(sağ) tarafına alacak şekilde manevra yaparak hareket etmelidir ve bu hareket aracın bakış açısı baz alınarak hem gidiş hem de dönüş rotası için aynı işleyecektir. Bu hareket engel kaynaklı incelendiğinde araç hareketini yeşil engelin liman(sol) tarafından ilerleyerek tamamlaması gerektiğine karar verir.

### Farklı modellerde Şamandıralar için

- **Kutu Şamandırası:**

Araç kutu şamandırasını gördüğünde gidiş güzergahının bitiş noktasına vardığını belirler ve şamandıranın etrafında tam tur atarak dönüş güzergahına dönmesi gerektiğine karar verir.

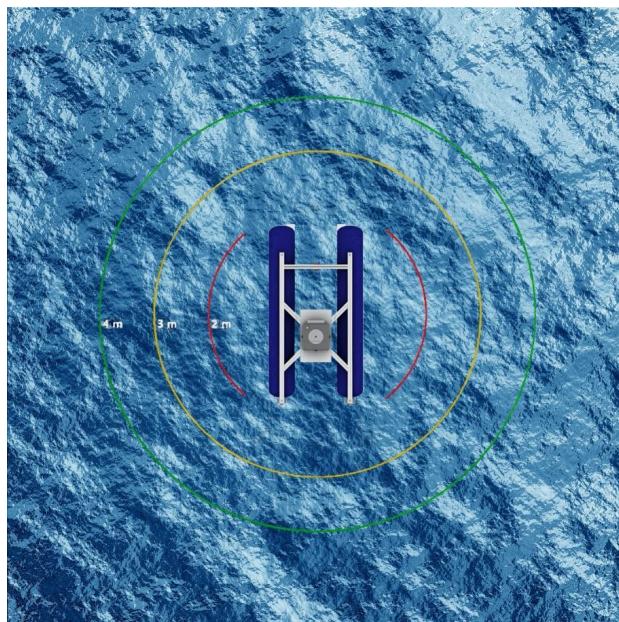
- **Işık Şamandırası:**

Araç ışık ışık şamandırasını gördüğünde özel bir sınıflandırma sistemine geçecektir. Rengine karar verir ve rengine göre yukarıda belirtildiği gibi hareket eder. Şamandıranın rengini tespit etmek için beyaz bir maske kullanılması ve şeklinin ve renginin konturlarla onaylanması planlar.

### Boşlukları bulmak:

Boşluklar, turuncu işaretleyicilerin sarı işaretleyiciler arasında nerede olduğunu belirlerek bulunur. Bunun için görüntüler ilk olarak turuncu ve sarı boru hattı renklerine ayarlanmış bir renk tonu eşiği uygulanarak işlenir. Konturlama, daha sonra şerit işaretleyicilerini (lane markers) ve yönlendirmeleri (orientation) çıkarmak için kullanılır. Böylece, doğru renk işaretleyicisinin tanımlandığına olan güveni daha da artırılması sağlanır. Bu noktadan itibaren, tüm işaretleyicilerin tam olarak anlaşılmasını sağlamak için nesneler çerçeveler arasında izlenir. Böylece turuncu işaretleyicilerin sarı işaretleyiciler arasında nerede olduğu belirlemeyi hedeflemekteyiz.

### 3.7.1.4 Kuşbakışı Sanal Görüntü Oluşturma

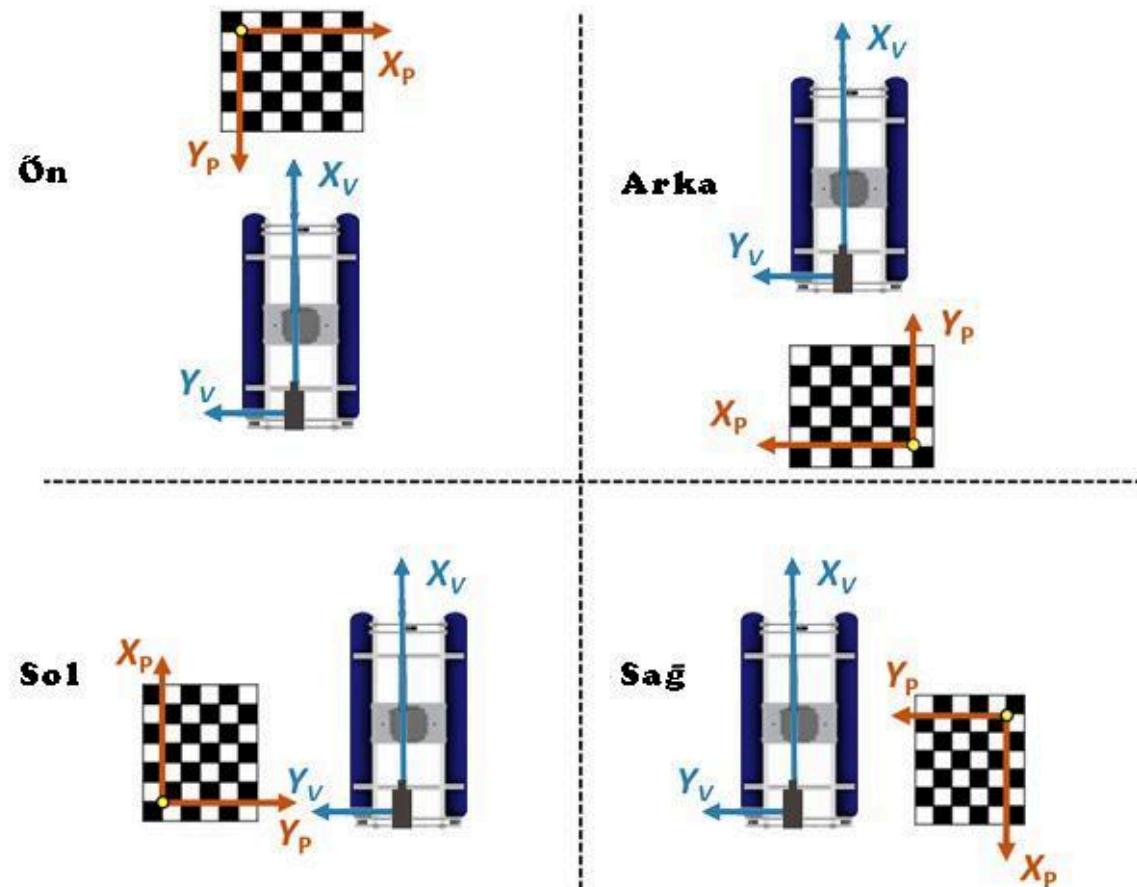


**Şekil 23: 360 derece sanal kuş bakışı görüntü**

Arabalarda kullanılan kuşbakışı kamera sistemlerinden yola çıkarak, bu sistemi otomatik aracımızı kontrol ederken daha iyi manevra kabiliyetine ve daha iyi bir görüşe sahip olmak için kullanacağımız. Kurulan kameralardan alınan verileri işleyip ara yüzümüzde gösterebilir ve aracımızın modelini ortaya koyup aracımızın etrafını üçüncü kişi bakış açısından görebiliriz. Bu bize birinci kişi bakış açısına göre daha güvenilir mesafe hesaplama, daha iyi ortam farkındalığı gibi avantajlar sağlamamaktadır.

Aracımızın üzerine koyacağımız 4 adet kamera kendi görüş açılarından aldığı gerçek zamanlı verileri bize göndereceklerdir.

Aldığımız gerçek zamanlı görüntüler yazacağımız koda entegre ederek bir “görüntü tahmini” oluşturacağımız. Görüntü tahmini oluşturulduktan sonra kameraların araç içindeki konumunu hesaplayacağımız. Bir merkez noktası belirleyip oluşturacağımız koordinat sisteminde yazdığımız kod ile kamerasının konumunu bulabileceğiz.



**Şekil 24:** Farklı kamera açılarından kuş bakışı görüntünün elde edilmesi

Bu işlemler sonucunda elde edeceğimiz tahmini verileri her kamera için ayrı kuşbakışı görüntü oluşturmak için kullanacağız. Elde ettiğimiz kuş bakışı görüntüleri birleştirip 360 derece kuşbakışı görüntü elde etmiş olacağız.

NOT: Kuşbakışı sanal görüntü oluşturmak için kullanacağımız detay kodlamamızın ekran resimlerini 6.Bölümde (EKLER BÖLÜMÜNDE) bulabilirsiniz.

### 3.7.2 Navigasyon

Navigasyonda kullanılacak harmayı KartoSLAM paketini kullanarak oluşturmayı planlıyoruz. Bu harmayı kullanarak rotayı OpenPlanner ile belirleyeceğiz. Belirlediğimiz rotayı korumak için ise Pure Pursuit algoritmasını kullanacağız.

### **3.7.2.1 Haritalandırma**

Haritalandırma için LIDAR verilerini ve ROS'un KartoSLAM paketini kullanmayı planlıyoruz. Eşzamanlı Yerelleştirme ve Haritalama (SLAM), bilinmeyen ortamlarda haritalar oluşturmak ve güncellemek için kullanışlı iken, robot konumuyla ilgili bilgileri tutar. KartoSLAM grafik optimizasyon tabanlı bir algoritmadır. Grafik optimizasyonu Karto'nun anahtar özelliğidir. Aynı zamanda global optimizasyon sağlayan grafik optimizasyonu, robot poz tahmini için de kullanılabilir. Aktif olarak döngü kapayarak, algoritma yakın ana kareler arasında özel kısıtlamalı bir seyrek grafik inşa eder. Bu grafik sürekli olarak optimize edilerek evrensel hata azaltılır, ana karelerdeki birikmiş hataları da yuvarlar.

KartoSLAM’ı tercih ettiğimizde çünkü diğer SLAM algoritmalarına göre daha az CPU harcıyor ve yerelleşmede iyi. Aynı zamanda IMU kullanmıyor ve açık kaynak kodludur. IMU’nun uzun kullanımda elde edilen verilerin güvenilirliği azaldığı için bu bir avantaj. Sonuçta çıkarılan 2D haritayı navigasyonda kullanmayı planlıyoruz.

LIDAR güncel olarak bizimle beraber geliştirileceği için LIDAR geliştirme süreci yetişmezse KartoSLAM yerine kullanılacak haritalandırma algoritması EKF-SLAM dir. EKF-SLAM ile ZED Stereo Kamera kullanılarak haritalandırma yapılacaktır. Hesaplama verimliliği adına EKF tabanlı bir yaklaşım izlemeye karar verdik. Denizde konum ve oryantasyon için en iyi referans olan şamandıraları işaret olarak kullanacaktır ve buna göre pozisyonunu düzenleyecektir.

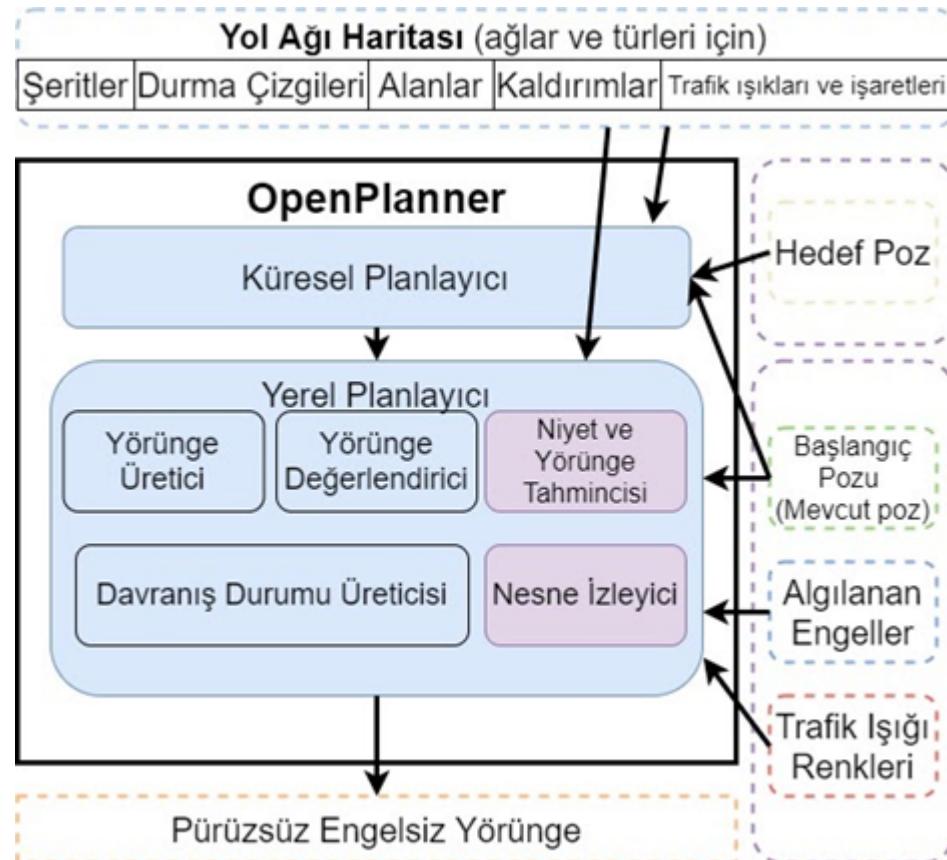
EKF-SLAM Genişletilmiş Kalman filtresini (EKF) kullanır. Genişletilmiş Kalman滤子, Kalman filtre algoritmasının bir modifikasyonudur. Kalman滤子 sadece lineer modellerle ilgilenirken, EKF lineer olmayan modellerle başa çıkmak için kullanılabilir. EKF-SLAM önce önceki robot pozu ve robot odyometrisi verilen beklenen robot durumunu tahmin eder. Daha sonra robotun durumuna göre beklenen ölçüyü tahmin eder, gerçek ölçüyü alır. Daha sonra elde edilen ölçüyü (nirengi noktalarına) karşılık gelen tahmin edilen yer işaretini gözlemi ile ilişkilendirir. Son olarak, elde edilen ölçüm ile tahmin edilen ölçüm arasındaki farkı hesaplar ve durumu (ortalama ve kovaryans matrisi) Kalman Kazancı aracılığıyla günceller.

### **3.7.2.2 Rota Oluşturma**

Open Planner, otonom araçlar için geliştirilmiş genel bir planlama algoritmasıdır. Rotayı Open Planner kullanarak belirlemeyi planlıyoruz. Bir hedef konumu

aldıktan sonra, önce bir vektör haritası kullanarak evrensel bir yol bulur. Ardından, evrensel yol referans olarak kullanılırken olası yerel yollar oluşturulur. Bu yollar arasından Open Planner en düşük maliyetli yolu seçer.

Open Planner 2.0'ın kendi sayfasında belirttiği algoritma işleyışı:



Eğer OpenPlanner'ın kendi oluşturduğu haritanın hassaslığı bizim için yeterli gelmezse tercih edebileceğimiz iki diğer sistem de bulunuyor:

ROS'un Smach paketini de değerlendirdik. Bu paket, normal durum makinesini genişleten çeşitli faydalı özelliklere sahiptir. Smach karmaşık görevleri tamamlayabiliyor. Ama Open Planner az engel bulunan rotalarda iyi çalışır ve bu bizim aracımız için yeterlidir.

Ek olarak sık kullanılan RRT algoritmasını da araştırdık.

Yol planlaması için basit yapısı, yüksek hızı ve modifikasyon kolaylığı nedeniyle RRT algoritmasını kullanılması tercih ediliyor. Ayrıca, alternatifi olan A\* algoritmasını daha kısa yol planı sunmasına rağmen önemli ölçüde yavaş olduğu için yedek seçeneğimiz olarak RRT algoritmasının kullanımının yarışma için daha doğru bir karar olduğuna vardık.

Algoritmanın genel yapısı aşağıdaki gibidir :

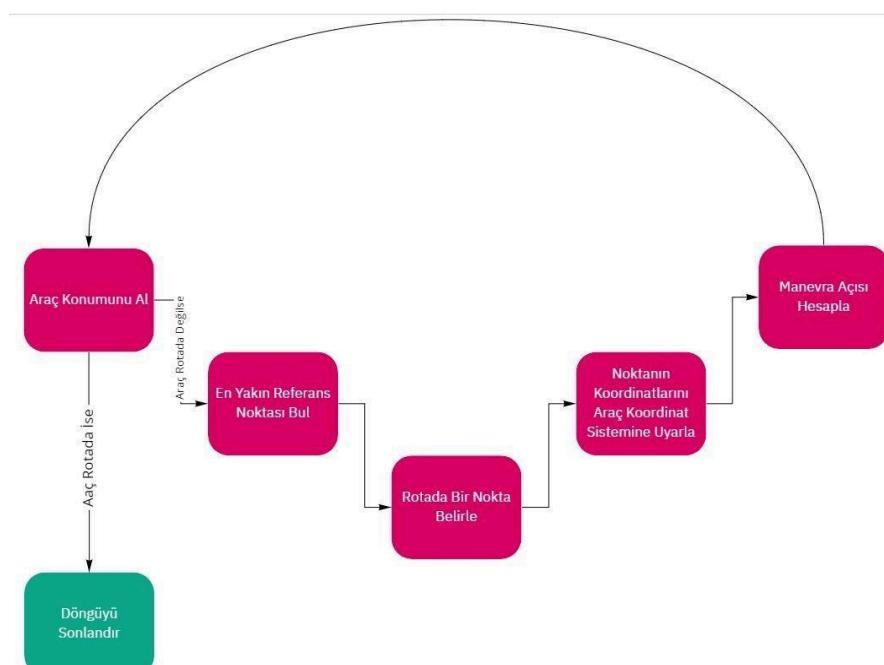
```
Algorithm BuildRRT
Input : Initial configuration qinit, number of vertices in RRT K, incremental distance Δq
Output : RRT graph G

G.init(qinit)
for k = 1 to K do
    qrand ← RAND_CONF()
    qnear ← NEAREST_VERTEX(qrand, G)
    qnew ← NEW_CONF(qnear, qrand, Δq)
    G.add_vertex(qnew)
    G.add_edge(qnear, qnew)
return G
```

Burada sensörler yardımıyla toplanan veriler, çoklu araştırma ve rota eleme metodlarını kullanarak en iyi rotayı elde eden rota oluşturma algoritması "Bidirectional Rapidly-exploring Random Tree(bi-RRT)" tarafından değerlendirilir ve rotayı koordinat sistemine uygun bir formatta paylaşır).

### 3.7.2.3 Rotayı Koruma

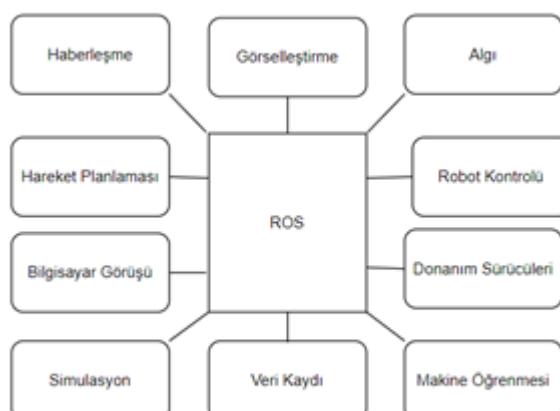
Herhangi bir engelden kaçınma durumunda araç oluşturulan rotaya tekrar dönebilmek başka bir deyişle oluşturulan rotayı takip edebilmek için Rota Koruma Sistemine başvurur. Rota takip algoritması olarak ise Pure Pursuit kullanılacaktır. Pure Pursuit algoritması koordinat sistemine göre aracın mevcut konumunu alır, aracın rotaya olan en yakın noktasını bulur, en uygun mesafeyi seçer ve hedef nokta belirler, belirlenen noktanın koordinatlarını aracın koordinat sistemine uyarlar, hesaplar sonucu manevra açısı oluşturur ve bu döngüyü rotaya ulaşana kadar tekrarlar. Çevresel sabitlerden veya bağlantı hatalarından kaynaklanabilecek yetersiz ya da kesintili veri eldesi problemini minimum seviyeye indirmek için geliştirilmiş "Kalman Filtering" algoritması Pure Pursuit algoritmasına destek niteliğinde kullanılacaktır.



**Şekil 25: Rota Koruma Diyagramı**

### 3.7.3 Robot Operasyon Sistemi (ROS)

Projemizde ROS kullanıyoruz. ROS, aracımızı hareket ettirmek için gerekli kodu programlamamızı sağlar. Yol planlama, navigasyon ve aracımızın parçaları arasındaki iletişimde çok faydalı olacaktır.



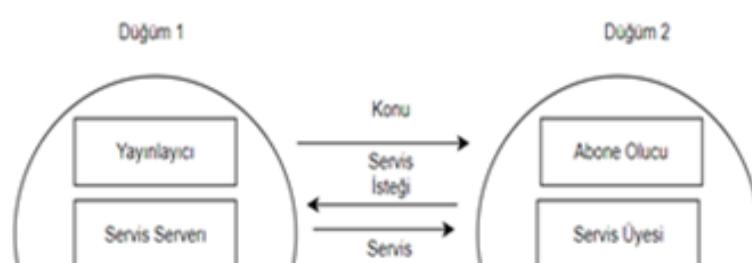
Aracımızın, arayüzümüzle ve kendi parçalarıyla iletişim kurmasını sağlamak için ROS kullanmak uygun bir seçenekdir. ROS, parçalar arasında iletişimde izin veren birçok pakete sahiptir. ROS iletişim modülü, iki paradigma içinde özelleştirilmiş bir TCPROS protokolü üzerinde çalışır: çoktan çoka yayıcı-abone metodolojisi ve eşler arası daha hızlı hizmetler metodolojisi. Bu şekilde kendi iletişim ağını oluşturur.

**Şekil 26: ROS'un paket yapısı**

ROS'un birincil amaçlarından biri, ROS düğümleri arasındaki iletişimini kolaylaştırmaktır.

Bu düğümler yürütülebilir kodu temsil eder. Kod tamamen bir bilgisayarda bulunabilir veya düğümler bilgisayarlar arasında veya bilgisayarlar ve robotlar arasında dağıtılabılır. Bu dağıtılmış yapının avantajı, her düğümün bir sistemin bir yönünü kontrol edebilmesidir.

Örneğin, bir düğüm bir kamerasdan görüntülerini yakalayabilir ve görüntülerini işlenmek üzere başka bir düğüme gönderebilir. Görüntüyü işledikten sonra, ikinci düğüm, kamera görüntüsüne yanıt olarak robotik bir manipülatörü kontrol etmek için üçüncü bir düğüme bir kontrol sinyali gönderebilir. ROS düğümleri tarafından iletişim kurmak için kullanılan ana mekanizma, mesaj gönderip almaktır. Mesajlar, konu adı verilen belirli kategoriler halinde düzenlenir. Düğümler, belirli bir konuda mesajlar yayinallyabilir veya bilgi almak için bir konuya abone olabilir.

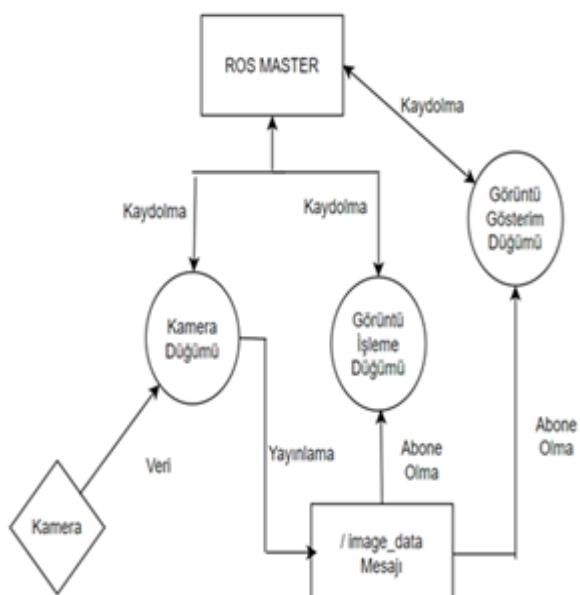


**Şekil 27: Düğümler arası bilgi alışverişi**

Bazı düğümler, örneğin bir kamera beslemesinin yapacağı gibi, diğer düğümler için bilgi sağlar. Böyle bir düğümün, diğer düğümler tarafından alınabilecek bilgileri yayınladığı söylenir.

ROS'taki bilgilere konu denir. Bir konu, o konuya ilgili gönderilecek mesaj türlerini tanımlar. Verileri iletten düğümler, konu adını ve gönderilecek mesajın türünü yayırlar. Gerçek veriler düğüm tarafından yayınlanır.

Bir düğüm bir konuya abone olabilir ve o konu hakkında iletlenen mesajlar abone olan düğüm tarafından alınır.



**Şekil 28: Düğümlerde abonelik yapısı**

Kamera örneğinden devam edersek, kamera düğümü görüntütüyü camera/image\_raw konusunda yayinallyabilir. camera/image\_raw konusundaki görüntü verileri, görüntütüyü bilgisayar ekranında gösteren bir düğüm tarafından kullanılabilir.

Bilgileri alan düğümün yayinallymakta olan konuya abone olduğu söylenilir, bu durumda camera/image\_raw. Bazı durumlarda, bir düğüm bir veya daha fazla konuyu hem yayinallyabilir hem de bunlara abone olabilir.



Kalman滤resi sensör füzyonu ve veri füzyonu için kullanılır.

Tipik olarak, gerçek zamanlı sistemler bir sistemin durumunu elde etmek için tek bir ölçüm yapmak yerine birçok ardışık ölçüm üretir.

Bu birçok ölçüm daha sonra o zaman anında sistemin durumunu üretmek için matematiksel olarak birleştirilir.

Aracımızda Kalman filtresini ROS'a entegre edeceğiz.

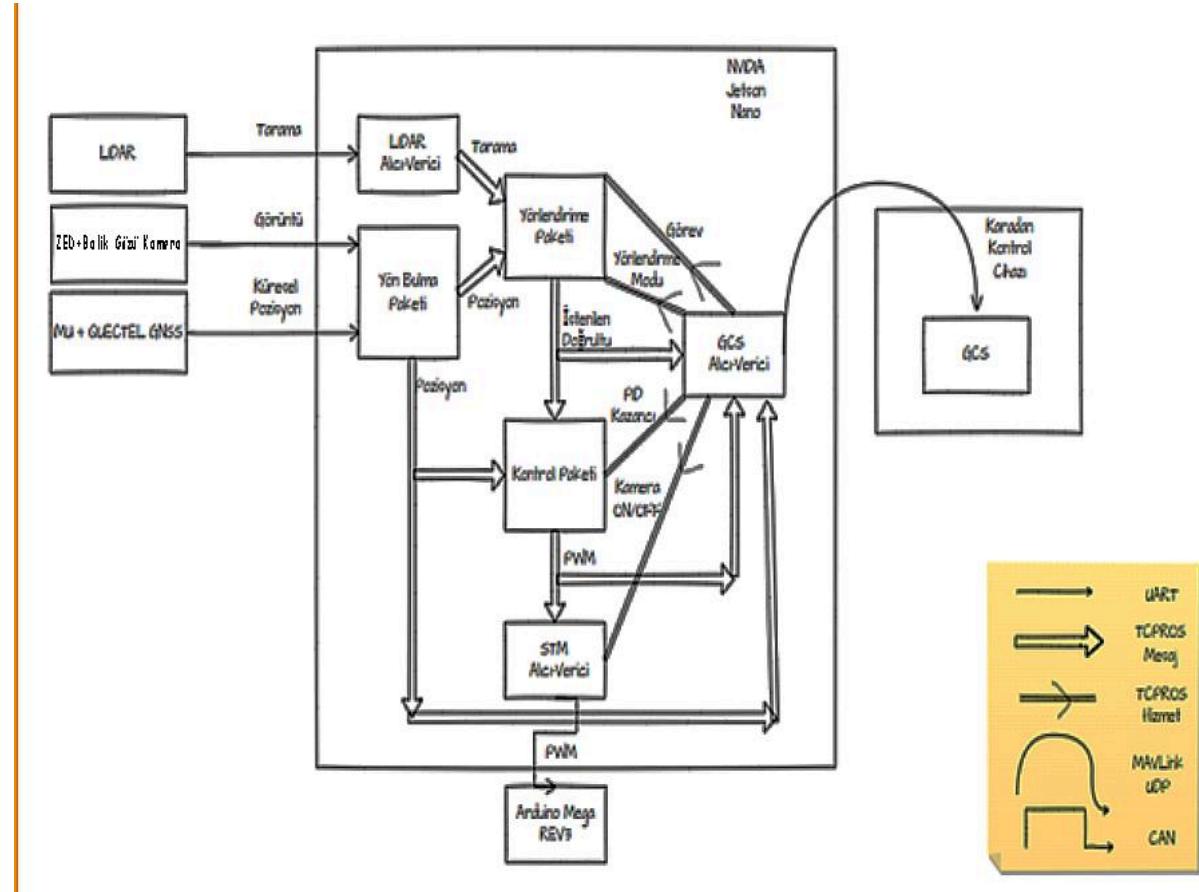
### 3.7.5.1 Donanım Cihazları Arasındaki İlişkiler

QGroundControl aracılığıyla gömülü bilgisayardaki aracın oto pilot yazılım paketi, ROS platformunun zemininde modüler hale getirilmiş bileşenlerden oluşur. Her yazılım, TCPROS protokolü aracılığıyla birbirleriyle iletişim kuran görevye özel bir ROS düğümünde düzenlenir. Yön Bulma Paketi, GNSS alıcısının ve IMU verilerinden geminin pozunu yaynlarken, Yönlendirme Paketi, çeşitli kılavuz modları gerçekleştirir (düz hat yolu izleme, eğri yolu izleme, SBG engellerden kaçınma) ve Kontrol Paketi, mevcut rota hatasına dayalı olarak her bir yan itici için PWM sinyalini dışa aktarır.

Ayrıca, LIDAR Alıcı-Verici, STM Alıcı-Verici ve GCS Alıcı-Verici, ROS-dış protokol paketlerinden (UART, CAN, MAVLink) ROS-iç protokol paketlerine (TCPROS) dönüştürmekten sorumludur. Kaynak kullanım verimliliğini en üst düzeye çıkarmak için iki tür TCPROS bağlantısı kullanıyoruz: mesaj (yayınla-abone ol mekanizmasıyla periyodik güncelleme) ve hizmet (istek-yanıt mekanizmasıyla talep üzerine geçici olarak kullanılabilir).

Denetleyici Alan Ağrı (CAN veri yolu), mikro denetleyicilerin ve cihazların bir ana bilgisayara ihtiyaç duymadan birbirlerinin uygulamalarına bağlanması güvenilir bir araç veri yolu standartıdır. Bir frame'deki veriler, her cihaz için sırayla iletilir, ancak aynı anda birden fazla cihaz iletim yapıyorsa, diğerleri geri çekilirken en büyük önceliğe sahip cihaz devam

edebilir. Verici cihaz dahil tüm cihazlar frame alır.



**Şekil 29: Farklı Yazılımlar Arasındaki Bağlantıları Gösteren Diyagram**

Arduino Mega, iticilere PWM sinyalleri göndererek ve uzak bir RC denetleyicisinden (JLINKER) komutlar alarak onları kontrol etmek için kullanılır. Nvidia Jetson Nano, navigasyon, rehberlik ve kontrol stratejilerinin gerçekleştirilemesinde kritik öneme sahiptir çünkü her bir yazılım bileşeni modüllerdir ve Robot İşletim Sistemi (ROS) ekosisteminde mesaj alışverişini yapar. UART arayüzü aracılığıyla GNSS alıcısı, IMU ve LiDAR, Nvidia Jetson Nano ile iletişim kurar. Nvidia Jetson Nano, CAN veri yolu aracılığıyla bir mikrodenetleyici ile ve Wi-Fi protokolü aracılığıyla karadan kontrol etmede rol alan bir cihazımızla iletişim kurar.

**CSI-2 (Camera Serial Interface):** Yüksek bant genişliğinde video çıkışının kullanılması. CSI-2, mobil ve diğer pazarlarda en yaygın kullanılan kamera ara yüzüdür. Kullanım kolaylığı ve 1080p, 4K, 8K ve ötesi video ve yüksek çözünürlüklü fotoğrafçılık dahil olmak üzere çok çeşitli yüksek performanslı uygulamaları destekleme yeteneği nedeniyle yaygın bir şekilde benimsenmiştir.

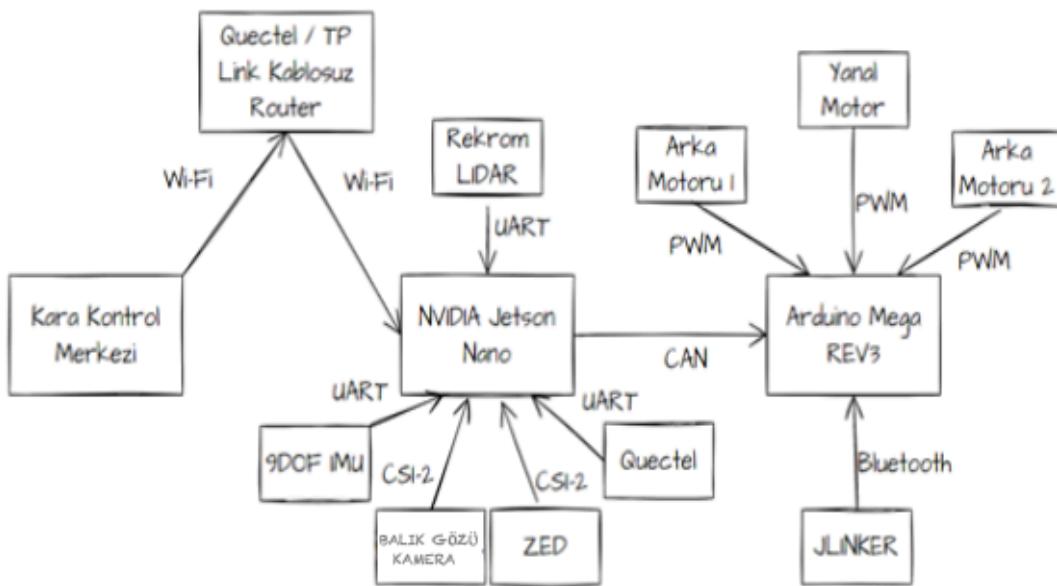
**UART (Universal asynchronous receiver/transmitter):** Bilgisayar üzerinden seri haberleşme için kullanılır. UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter), bilgisayar ve mikro kontrolcü veya mikrokontrolcü ve çevre birimler arasında haberleşmeyi sağlayan haberleşme protokolüdür. Asenkron olarak çalıştığı için herhangi bir "clock" ihtiyacı duymaz.

PWM (Pulse Width Modulation): Türkçe adıyla Darbe Genişliği Modülasyonu, aslında dijital bir sinyal olup, anahtarlama ile analog sinyal oluşturmaya yarar.

MAVLink veya Micro Air Vehicle Link: Küçük insansız araçlarla iletişim için kullanılan bir protokoldür. Yalnızca başlık içeren bir ileti sıralama kitaplığı olarak tasarlanmıştır. Çoğunlukla bir Yer Kontrol İstasyonu (GCS) ile insansız araçlar arasındaki iletişimde ve aracın alt sisteminin kendi aralarındaki iletişiminde kullanılır. Aracın yönünü, GPS konumunu ve hızını iletmek için kullanılabilir.

### 3.7.4 QGroundControl (QGC)

Otonom deniz araçlar için sevgisel ve güçlü bir yer kontrol istasyonudur (GCS). Herhangi bir MAVLink özellikli araç için tam uçuş kontrolü ve görev planlaması sağlar. Birden çok cihaz boyutu ve stilinin yanı sıra birden çok işletim sistemi platformunda çalışabilen tek bir kod tabanı sağlamak üzere tasarlanmıştır.



**Şekil 30: Farklı Elektronik Komponentler Arasındaki Bağlantıları Gösteren Diyagram**

Not: Tabloya ek olarak kablosuz haberleşme modüllerimizden biri olan LoRa RFM95W ile Quectel EC25-E modelinin verimsiz olduğu bölgelerde radyo frekansları ile veri iletimi planlanmaktadır.

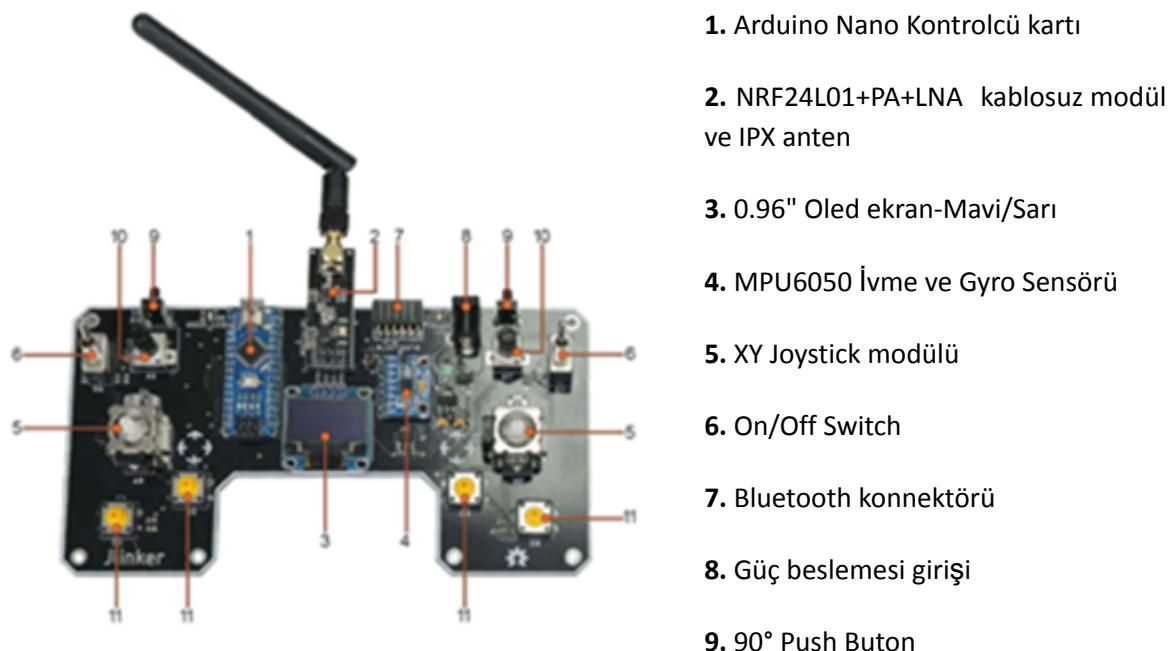
## 3.8 Kullanıcı (Operatör) Ara Yüzü

Kullanmayı planladığımız arayüzün back-end kısmı için qgroundcontrol ve ardupilot yazılımlarını kullanmayı düşünmektedir. İki yazılım birbirlarıyla çok uyumlu çalışır ve modifikasyon için uyumludur. Ardupilot'ın bot komut arayüzüni kullanmayı planlamaktayız. Front-end kısmında ise kendi yazacağımız arayüze 360 derece kuşbakışı olarak işleyeceğimiz görüntüyü alıp entegre etmeyi hedefliyoruz.

### 3.8.1 Kara Kontrol Merkezi

#### 3.8.1.1 Uzaktan Kontrol Cihazı JLINKER

Bluetooth destekli ve Arduino uyumlu olan bu uzaktan komuta kontrol cihazı aracın hareketine kullanıcı-dostu bir çözüm sağladığından dolayı seçildi.



**Şekil 31: Uzaktan Kumada 10. Potansiyometre**

#### 11. Push Buton

#### Özellikler:

- Model: Jlinker V1.0
- Besleme voltajı: 5-15VDC
- NRF24L01+PA ile açık alanda maksimum 1000 metreye kadar kablosuz iletişim desteği
- Frekans: 2.4GHz-2.5GHz
- Bluetooth ile kablosuz iletişim desteği

- Kullanıcı etkileşimi için Oled ekran
- Eksenel kontrol için Mpu6050 ivme sensörü
- Nrf24l01 için özelleştirilmiş voltaj regülatör devresi
- Aşırı akım koruması
- Ters polarizasyon koruması
- Anlık gerilim koruması
- Kart üzerinde bulunan pin bilgilendirmeleri sayesinde programlama kolaylığı
- Kullanıcı etkileşimi için programlanabilir led programlanabilir-kablosuz-joystick

### 3.8.1.2 Wi-Fi / Bluetooth Modülü

- Çip: Intel 8265AC
- Bantlar: 2.4 GHz / 5 GHz
- Hız: 300 Mbps / 867 Mbps
- WiFi protokolü: 802.11ac
- Bluetooth sürümü: 4.2
- NIC arayüzü: NGFF (M.2)
- Anten arayüzü: IPEX konektörü Desteklenen İşletim Sistemi: Linux, Windows 10 / 8.1 / 8/7



**Şekil 32: Bluetooth Modülü**

Kablosuz uzaktan kontrol kumandamız olan JLINKER ile aracımıza yön vermesinde kullanılacak elektronik cihaz olan AC8265, Nvidia Jetson Nano'ya uyum sağladığı için seçilmiştir. 2.4GHz / 5GHz çift bantlı WiFi ve Bluetooth 4.2 destekler.

### 3.8.1.3 Harici Monitör



**Şekil 33: Android tablet**

Kara Kontrol Merkezinin ekranı olarak android tablet kullanılacaktır. Geliştireceğimiz arayüzümüz üzerinden, arac çevresinin 360 derece sanal kuş bakışı görüntüsü ve aracın durum verileri ekrana yansıtılacaktır.

### 3.8.2 Kara Kontrol İstasyonu (Monitör dahil edilmemiştir.)



*Raspberry Pi 3 Model B+*



*Raspberry Pi 3 serisine uyumlu soğutma fanı içeren koruyucu kılıf*



*16GB Class 10 MikroSD kartı*



*Güç Adaptörü*



3'lü LTE / GNSS u.FL anteni



Şekil: Wi-Fi Kartı

Raspberry Pi 3 Model B+ bilgisayarımız olacaktır.

Bilgisayarı soğutma ve koruma amacıyla kılıf kullanılacaktır.

Görüntü ve video depolama amacıyla mikroSD kart kullanılacaktır.

İnternete bağlanmak amacıyla bir Wi-Fi / Bluetooth kartı ile u.FL anteni kullanılacaktır.

## 3.9 İletişim Sistemi

Aracımızda Quectel EC25-E 4G/LTE GSM Modülü ile LoRa RFM95W 868 MHz RF Modülünü birlikte kullanacağımız. LoRa RF Modülü ile Quectel EC25'-yi birlikte kullanarak hem veri iletiminde hem de bağlantı konusunda yaşanabilecek problemlerimizin üstesinden gelmeyi planlıyoruz. Yazılım kullanılarak gerekli durumlarda LoRa'dan Quectel'e veya Quectel'den LoRa'ya geçiş yapılması planlanmaktadır. Kullanacağımız LTE Main & Diversity & GNSS 3'lü Port u.FL Anten ile haberleşmemiz daha uzak mesafelerden daha istikrarlı bir şekilde yapılabilecektir.

### 3.9.1 Quectel EC25-E 4G/LTE GSM Modülü

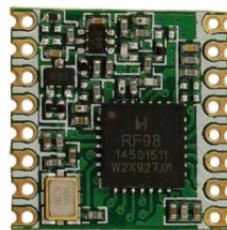
Aracımızda kullanılmasına gerek duyulan bu modül, araç ile arayüz iletişimini sağlayacaktır. Bunun için de GStreamer kullanılması tercih edilmiştir. Bu kablosuz iletişim sisteminde yer alan çok kanallı bir GNSS alıcısı bulunur. Bu sayede daha hızlı, daha doğru ve verimli konumlara ulaşabilir.



**Şekil 34 : Quectel EC25-E 4G/LTE Mini PCI-e Modülü**

### 3.9.2 LoRa RFM95W 868MHz RF Modülü

LoRa, CSS teknolojisinden (Chirp Spread Spectrum) geliştirilmiş bir kablosuz modülasyon tekniğidir. Radyo dalgalarılarındaki bilgileri kodlamak için civiltı darbeleri kullanır. LoRa modülasyonlu iletim, bozulmalara karşı dayanıklıdır ve çok uzak mesafelerde alınabilir. LoRa, düşük bit hızlarında az miktarda veri gönderen uygulamalar için çok uygundur. WiFi, Bluetooth veya ZigBee ile karşılaşıldığında, veriler daha uzak mesafelere gönderilebilir. Bu özellikler, LoRa'yı düşük güçlü sensörler ve aktüatörler için mükemmel bir seçim haline getirir. LoRa 868 MHz haberleşme modülü, menzil pahasına daha iyi veri hızları elde etmek için 2,4 GHz'de çalıştırılabilir.



**Şekil 35: LORA RFM95**

### 3.9.3 LTE Main & Diversity & GNSS 3'lü Port u.FL Anten

Ana ve Çeşitlilik LTE antenleri, tek bir antende bir GNSS anteni ile birleştirilmiştir. Quectel EC25 Mini PCIe 4G/LTE Modülü için doğrudan uyum sağlayabilmesi sebebiyle seçilmiştir.

Tek bir formda aynı anda üç antene sahip. Bunlardan biri GNSS (GPS, Glonass), diğer ikisi hem birincil hem de çeşitlilik olan tam bant LTE'dir. Bir tür esnek PCB'dir (FPC) ve dar alanlar için katlanabilmektedir. Ayrıca kutulara/muhafazalara sabitlemek için arkasında yapışkan bant vardır.

- 50-ohm empedans
- 100mm kablo uzunluğu
- 2G/3G/4G LTE kapsama
- Desteklenen Frekans Aralıkları:
  - 698-960/1427.9-1510.9/1559-1610/1695-2200/2300-2700/3400-3600 MHz
  - Küresel LTE bantları: B1-B23, B25-B29, B33-B42 (Kuzey Amerika, Avrupa ve Asya-Japonya dahil)
  - LTE bantları(1695-3600MHz) için maksimum kazançlar 3.4dBi-4.2dBi aralığındadır ve GNSS bantları (1570 – 1610 MHz) için maksimum kazanç 0.8 dBi'dir.
  - u.FL bağlantıları
  - Yapışkan Bant

U.FL konnektörleri, akıllı telefonlar ve Dizüstü Wi-Fi kartları gibi alanın kritik önemi taşıdığı uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. U.FL konektörleri, Wi-Fi antenini bir Mini PCI, Mini PCIe veya M.2 WiFi kartına bağlamak için dizüstü bilgisayarlarda ve gömülü sistemlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Diğer bir yaygın kullanım GPS antenlerini bağlamaktır.



**Şekil 36: LTE Main & Diversity & GNSS 3'lü Port u.FL Anten**

**Tablo 9: İletişim Sistemi Kıyaslaması**

|       | LORA RFM95 | QUECTEL EC25 MINI LTE 4G | XBEE 900 PRO |
|-------|------------|--------------------------|--------------|
| Fiyat | 130 TL     | 740 TL                   | 447 TL       |

|                   |   |  |  |
|-------------------|---|--|--|
| Teknik Özellikler | <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ LoRa TM Modemi.</li> <li>❖ 164 dB maksimum bağlantı bütçesi.</li> <li>❖ +20 dBm - 100 mW sabit RF çıkışlı, 3.3V beslemeye karşı.</li> <li>❖ +14 dBm yüksek verimli PA.</li> <li>❖ 300 kbps'ye kadar programlanabilir bit hızı.</li> <li>❖ Yüksek hassasiyet: -144 dBm'ye kadar.</li> <li>❖ Kurşun geçirmez ön uç: IIP3 = -12,5 dBm.</li> <li>❖ Mükemmel engelleme bağışıklığı.</li> <li>❖ 10.3 mA düşük RX akımı, 200 nA kayıt tutma.</li> <li>❖ 61 Hz çözünürlüğe sahip tam entegre sentezleyici.</li> <li>❖ FSK, GFSK, MSK, GMSK, LoRa</li> <li>❖ TM ve OOK modülasyonu.</li> <li>❖ Saat kurtarma için yerleşik bit eş zamanlayıcı.</li> <li>❖ Başlangıç tespiti.</li> <li>❖ 127 dB Dinamik Aralık RSSI.</li> <li>❖ Ultra hızlı AFC ile Otomatik RF Algılama ve CAD.</li> <li>❖ CRC ile 256 bayta kadar paket motoru.</li> <li>❖ Dahili sıcaklık sensörü ve düşük pil göstergesi.</li> <li>❖ Modül Boyutu : 16*16mm</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>□ Quectel EC25 Mini PCIe, standart PCI Express® Mini Card form faktörünü (Mini PCIe) benimseyen bir LTE kategori 4 modülü serisidir.</li> <li>□ M2M ve IoT uygulamaları için özel olarak optimize edilmiştir ve 150 Mbps aşağı bağlantı ve 50 Mbps yukarı bağlantı veri hızları sunar.</li> <li>□ 4G veya 3G kapsama alanından yoksun uzak alanlarda bile bağlantı sağlar.</li> <li>□ Entegre GNSS, ürün tasarımını büyük ölçüde basitleştirir ve daha hızlı, daha doğru ve daha güvenilir konumlandırma sağlar.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1,8 mil/3 km RF LOS menzili</li> <li>• 2.1 dB dipol antenli</li> <li>• 6 mil/10 km RF LOS menzili</li> <li>• yüksek kazançlı anten ile Hızlı 156 Kbps veri hızı</li> <li>• son düğüm için uyku modlarını destekler</li> <li>• Artan pil ömrü</li> <li>• Dağıtma yeteneğine sahip</li> <li>• ile DigiMesh protokolü basit yazılım değişikliği</li> <li>• Havadan yapılandırma</li> <li>• Digi Drop-in ile birlikte çalışabilir kullanan ağ ürünlerini XBee-PRO 900 teknolojisi, cihaz adaptörleri dahil ve</li> <li>• ağ geçitleri</li> <li>• Bir kullanıcı için ortak XBee ayak izi çeşitli RF modülleri, Çoklu anten seçenekleri, Endüstriyel sıcaklık derecesi (-40°C ila +85°C)</li> </ul> |
|-------------------|---|--|--|

## 3.10 Güvenlik Sistemi



### 3.10.1 Güvenlik Önceliğimiz

SucooteRobotics için güvenlik takım organizasyonunda önem derecesi en yüksek olan değerlemedir. Başta ekip arkadaşlarımızın güvenliği öncelikli olmak üzere çalışma alanımızda ve prototip yapım sürecinin her bir adımında olası tüm kazaları önlemeye yönelik tedbirler alıyor, çalışmalarımızda “Önce Emniyet” ilkesine uyuyoruz. Takdir edersiniz ki can güvenliğinden daha önemli bir şey söz konusu değildir.

### 3.10.2 İnsansız Suüstü Aracımıza Yönelik Güvenlik

#### 3.10.2.1 Genel Güvenliği

Süüstü aracın Mekanik Güvenliği yarışma şartnamesinde belirtilen kısıtlamalara yönelik düzenlenmiştir. Bu kapsamında su altı aracında uygulanan yönetmelikler aşağıdaki gibidir:

- Tüm keskin, sivri, hareketli veya hassas parçalar kaplanacaktır ve işaretlenecektir.
- İticiler izole edilecektir.
- Tüm kablolar istisnasız yalıtım yapılmış şekilde kullanılacaktır.
- Koruyucu gözlükler takımlar tarafından sağlanacaktır.

- Ekibimiz, araçlarıyla iletişim kurmak için kendi 'ağ' çözümünü kurmaktan sorumludur.

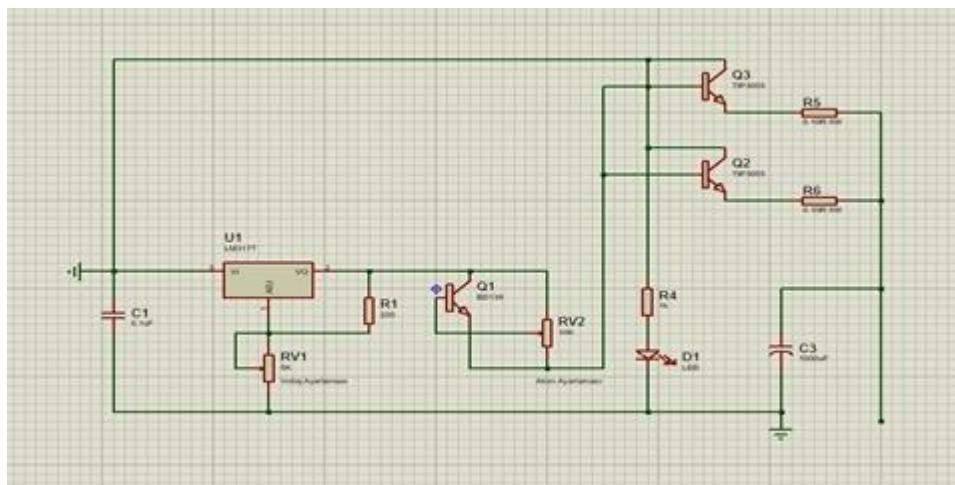
### 3.10.2.2 Çalışma Alanı Güvenliği

Ekip arkadaşlarımızın laboratuvar ortamında tehlike arz edebilecek durumlarda güvenli bir şekilde çalıştığını takibini yapmak için güvenlik kontrol tablosu aşağıdaki gibidir:

| Laboratuvara Dikkat Edilmesi Gerekenler  | Güvenlik Önlemleri Yapıldı mı |
|--|-------------------------------|
| Eşya dolaplarının devrilmesine karşı dikkatli olunacaktır.   |                               |
| Belirli dönemlerde oluşturulan ve 1 günden fazla kullanılması gereken düzenekler için gerekli güvenlik önlemleri alınacaktır örneğin güvenlik çemberi.                               |                               |
| Laboratuvar içerisinde kullanılan, sert ve hızlı hareketlerin test edildiği robot kola dikkat edilecektir.   |                               |
| Yerde hareket edebilir halde bulunan düzensiz kablolar takılma, kesilme, parçalanma, kullanıcı ve cihazın zarar görme riskine karşılık sabitlenecek ve kontrolüne önem verilecektir. |                               |
| Deney sırasında kullanım amaçlı masa üzerinde bulunan uzatma kablolara, takılma ve çekmeye karşı dikkatli olunacaktır.   |                               |

### 3.10.2.3 Güvenlik için PCB

Yapacağımız regülatörün elektronik koruma olanağıyla cihaz ayarlarının dışında gerçekleşen gerilim düşmesi ve yükselmesi durumlarında, gerilimi elektromekanik olarak keser böylece ortamda oluşacak olan hasarı önlemeyi planlamaktayız.



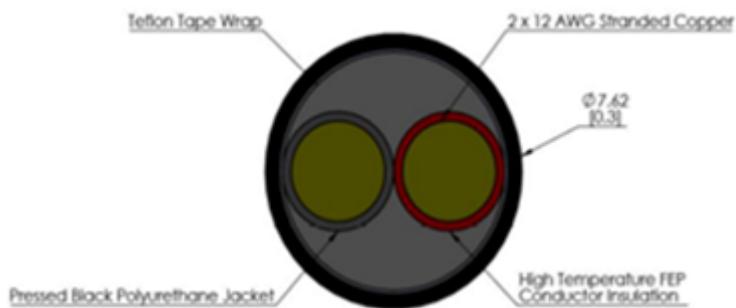
### 3.10.3 Kablo

Batarya tarafından sağlanan elektrik akımının minimum voltaj kaybı ile aracımızın ihtiyaç duyduğu yerlere güvenli ve verimli bir şekilde ulaşması gerekmektedir. Su üstünde sızdırmazlık sağlanması için kılıf ile kaplayıp minimum voltaj kaybı için de yapılan araştırmalarımız sonucunda 12 AWG (4.00 mm<sup>2</sup>) sınıflandırılmasında olan “heavy duty power cable” kablosunun donanım sistemleri arasındaki güç aktarımı için kullanımı planlanmaktadır. Motorlarımızı beslemek için ise 1.5mm<sup>2</sup> kablo ile en uygun maliyetle minimum voltaj kaybını hedeflemektedir. Motora giden kablolarımız ise güvenlik amacıyla su almaması için spiral yalıtım hortumundan geçirilecektir.

\*AWG kısaca Amerikan Kablolama Ölçü Birimi anlamına gelmektedir. Bir kablonun içerisindeki tel çapı mm olarak bir AWG değerine denk gelir.

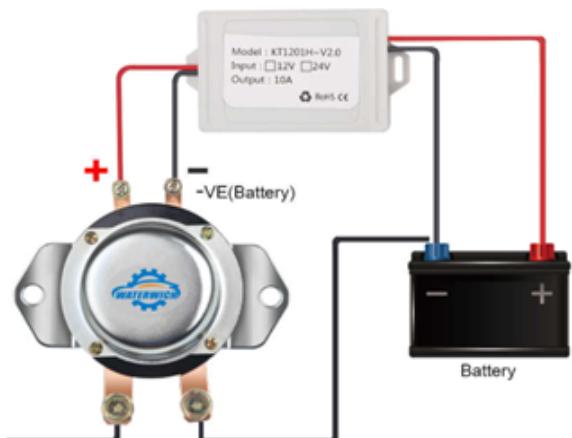


**Şekil 37: Kablo ve Kablo Güvenliği**



### 3.10.4 Güç Kesme Anahtarı

Yarışma şartnamesinde belirtildiği gibi aracımızda fiziksel olarak üzerine basılınca akülerdeki ve diğer elektriksel donanım parçaları dahil gücün kesilmesine yarayan bir düğme konumlandırılacaktır. Buna ek olarak aracımız aynı prensip ile çalışan uzaktan güç kesme anahtarı özelliğine de sahip olacaktır. Böylece sadece fiziksel değil uzaktan da olumsuz durumlarda müdahale seçeneğimiz olacaktır. Bu sayede aracımızı daha güvenli bir hale gelecektir.



**Şekil 38: Güç Kesme Anahtarı**

## 4. Takım hakkında Detaylı Bilgiler ve Görev Dağılımları

### 4.1 Takım Üyeleri Kısa Özgeçmişler



**Doç. Dr. Mehmet Berke GÜR Takım Danışmanı**

**Bahçeşehir Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Mekatronik Mühendisliği Bölüm Başkanı**

berke.gur@eng.bau.edu.tr

+90 212 381 0556

<http://berkegur.com/>

#### Akademik Danışman

Doç. Dr. Mehmet Berke Gür

3 yıl Avusturya'da Johannes Kepler Üniversitesi'nde Almanca olarak mekatronik mühendisliği eğitimi gördüm, şartlar nedeniyle 2019 yılında Türkiye'ye geri döndüm ve eğitimime Bahçeşehir Üniversitesi mekatronik mühendisliği anadal, elektrik-elektronik mühendisliği çift anadal programına devam etmekteyim.

"Smart Spine Assistance" adlı projemiz ile Siemens IDMedTech 2020 inovasyon yarışmasında Türkiye 3.sü olduk. Ekipimle birlikte, Boğaziçi Üniversitesi ve Ford Otosanın ortak düzenlediği innoBU inovasyon yarışmasında yaklaşık 1000 kişi, 400 ekip arasından 1. seçildik. Çocukluğumdan beri en büyük hayalim bilim insanı olmak ve bu hedef uğrunda çalışmalar yapıyorum. Robotik bilimi ve proje yönetimi konularında kendimi geliştirmekteyim.

Mekatronik Mühendisliği 4.sınıf öğrencisiyim. 9-10 yaşımдан beri babamın mesleği sebebiyle otomotiv sektörüne, gemi ve araba motorlarına; parçalarına, mekanik yapılarına hakimdim. Üzerlerinde çalışma, toplama, tamir ve bakım yapma fırsatı bulduğum için şanslıyım. NETAŞ'ta 4 ay süreyle Araştırma ve Geliştirme Stajyeri olarak görev yaptım. NETAŞ'ta çalışırken node.js, Apache Kafka, HTML ve CSS kullandım; tren navigasyon simülasyonları üzerine çalışmalar yaptım. 2021 yılında proje bazlı bir yazılım görevi için taşeron bir firma aracılığıyla Roketsan Ankara Tesisleri'nde çalıştım. Python ve C dillerinde projeler yaptım. Okulda teknik çizim üzerine CATIA dersi, veritabanı yönetimi üzerine SQL dersi aldım. Yapay zeka ve veri bilimi alanları üzerine birçok kurs tamamladım.

Lise yıllarımда ,First League Lego ve WRO gibi yarışmalarda tasarımcı olarak görev aldım. Bu yarışmalardan derece ve tasarım ödülleri aldım.Küçük yaşılardan itibaren başladığım tasarım hayatımı, üniversitede devam etmeye karar verdim, şu anda Bahçeşehir Üniversitesinde endüstriyel tasarım 4.sınıf öğrencisiyim.Ulaşım araçları, farklı boyutlarda yatlar tasarlama konusunda deneyim sahibiyim.Birçok düzenleme ve rhinoceros,maxsurf gibi cad programlarına ileri derecede hakimim.



#### Takım Lideri

Ataberk Şuekinci

Turgay Kaan Akgül





Ahmet Barış Gezer

Bahçeşehir Üniversitesi’nde tam burslu Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü (4. Sınıf) ve Yazılım Mühendisliği Bölümü(3. Sınıf) yüksek onur öğrencisiyim. Araştırmayı seven, sorumluluk duygusundan kaçınmayan sadece üstüme düşeni değil gerektiği zaman daha fazlasını yapabilen, bulunduğum pozisyonlarda ve o pozisyonda yer alan kişilerle ikili ilişki olarak güçlü ve kolay adapte olabilen bir kişiliğim var. Matematik, fen bilimleri ve elektrik-elektronik mühendisliği disiplinlerine özgü konularda yeterli bilgi birikimine, bununla birlikte bu alanlardaki kurumsal ve uygulamalı bilgileri karmaşık mühendislik problemlerinde kullanma becerisine sahibim. Matlab, Proteus uygulamalarına ve C yazılım diline hakimim aynı zamanda İngilizce ve Rusça yabancı dillerini biliyorum. Robotik ve Otomasyon üzerine yapılmış bir yarışmaya katılabilmenin heyecanını duyuyorum. Ekipimizde Donanım bölümünde donanım ekip lideri pozisyonunda yer alıyorum; Elektronik Dağıtım Sistemi, Haberleşme Sistemi, ROS & Kontrol kısımlarında ve ekip yönetiminde görev alacağım.



Ali Baran Arslan

Bahçeşehir Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği 3.sınıf öğrencisiyim. Lise yıllarından beri Rc araçlar, finans, IoT ve robotik alanlarına ilgi duymaktayım. Bu doğrultuda Arduino, Python, C gibi dillerle yurt dışı okulların online eğitim bursları ile çalışmalarda bulundum. Bunların yanı sıra Otomotiv Sanayii Derneği ve Badiworks’ün düzenlediği Otomotiv Yaz Kampına katılarak Ülkemizdeki seçkin otomotiv üreticilerinden eğitim aldım. Burada araçlarda kullanılmaya başlanan yeni batarya ve güç sistemleri hakkında kazandığım edinimlerin yanında kara, su üstü, su altı birçok aracın raporları üzerinde incelemelerde bulundum. Ekipimizin donanım bölümünde görev yapmaktadır



Ali Yılmaz Kaya

Bahçeşehir Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisi 4. sınıf öğrencisiyim. Lise dönemlerinden beri robotik alanına ilgi duymaktayım. FLL Robot Lego League'de katıldığım ilk senemde Yükselen Yıldız madalyasını aldım. Ondan sonraki senelerde de takımımıyla birlikte çeşitli başarılar elde ettim. Yıllardır yazılım üzerine çalışmaktadır. C#, Python, Javascript, HTML, CSS gibi dillerde ileri seviyede yazılım yapabilmekteyim. Yazılım ve elektrik-elektronik tabanlı birçok stajyerlik yaptım.



Maral Demirseçen

Yazılıma, özellikle yapay zekaya çok ilgi duyuyorum ve bize katabilecekleri için çok heyecanlıyım. Bu alanda yaptığım çeşitli stajlara ve aldığım eğitimlere ek olarak şimdi de bu projenin bir parçası olarak edindiğim deneyimlerle her gün kendimi geliştirmiyorum. Bu projeye birlikte, bildiklerime ek olarak güncel gelişmeleri görmek için diğer raporları okuyarak akademik düzeyde detaylı araştırma yapmayı, otonom araç alanındaki bütün detayları, bir projeyi gerçekleştirmek için gereken adımları ve projenin bir bütünü olduğunu gördüm. Bu projeden edindiğim tecrübelerle yapay zeka alanında ilerlemeye devam edeceğim.



Öykü Taşçı

Veri bilimiyle ilgilenmekteyim ve bu konuda çalışmalar yaparak kendimi geliştirmeye devam ediyorum. Netaş ve Etiya gibi şirketlerde stajlar yaptım ve Medium'da çeşitli yazılar yazdım. Java ve Python biliyorum. Bahçeşehir Üniversitesinde yazılım mühendisliği bölümünde 4. sınıf tayım.



Kaan Kocatürk

Gökbörü Takımının yazılım ekibinde, Mission planner üzerinde dronekit modülünü kullanarak sabit kanatla ilgili otomatik hareket bazlı görevlerde yer aldım. Takım olarak, 2021 senesinde katıldığımız Teknofest'te, Savaşan İha yarışmasında finallere kaldık. Ayrıca, mobil uygulama alanında android tarayısıyla ilgileniyorum. Daha önce yaptığım yazılım stajında "Spring boot", "Hibernate" gibi teknolojileri kullanarak java ile web servis geliştirdim.



Hurinur Şahin

İşletme mühendisliği aynı zamanda ekonomi ve finans (çift anadal) 4.sınıf öğrencisiyim. Buna ek olarak özel hukuk yandal yapıyorum. Bahçeşehir Üniversitesi'nde öğrenimimi sürdürüyorum. Daha öncesinde böyle bir projede yer almamıştım. Projede raporlama ve sponsorlukla ilgileniyorum. Yarışma için heyecanlıyım.

#### 4.1.2 Takım Şeması ve Görev Dağılımı



**Akademik Danışman**  
Doç. Dr. Mehmet Berke Gür



**Takım Lideri**  
Ataberk Şuekinci

##### Mekanik



Turgay Kaan Akgöl



Berk Akün

- Hidrodinamik hesaplar, ağırlık merkezi
- Bataryaların yerleşim planı
- Teknik çizim, simülasyon testleri

##### Donanım



Ahmet Barış Gezer



Ali Baran Arslan



Ali Yılmaz Kaya

- Batarya yönetim sistemi
- Elektronik dağıtım sistemi
- Haberleşme sistemi
- Kontrol & ROS

##### Yazılım



Maral Demirsehen



Öykü Taşçı



Kaan Kocatürk

- Çevre algılama, tanımlama
- Navigasyon Sistemi
- Kontrol paneli arayüzü

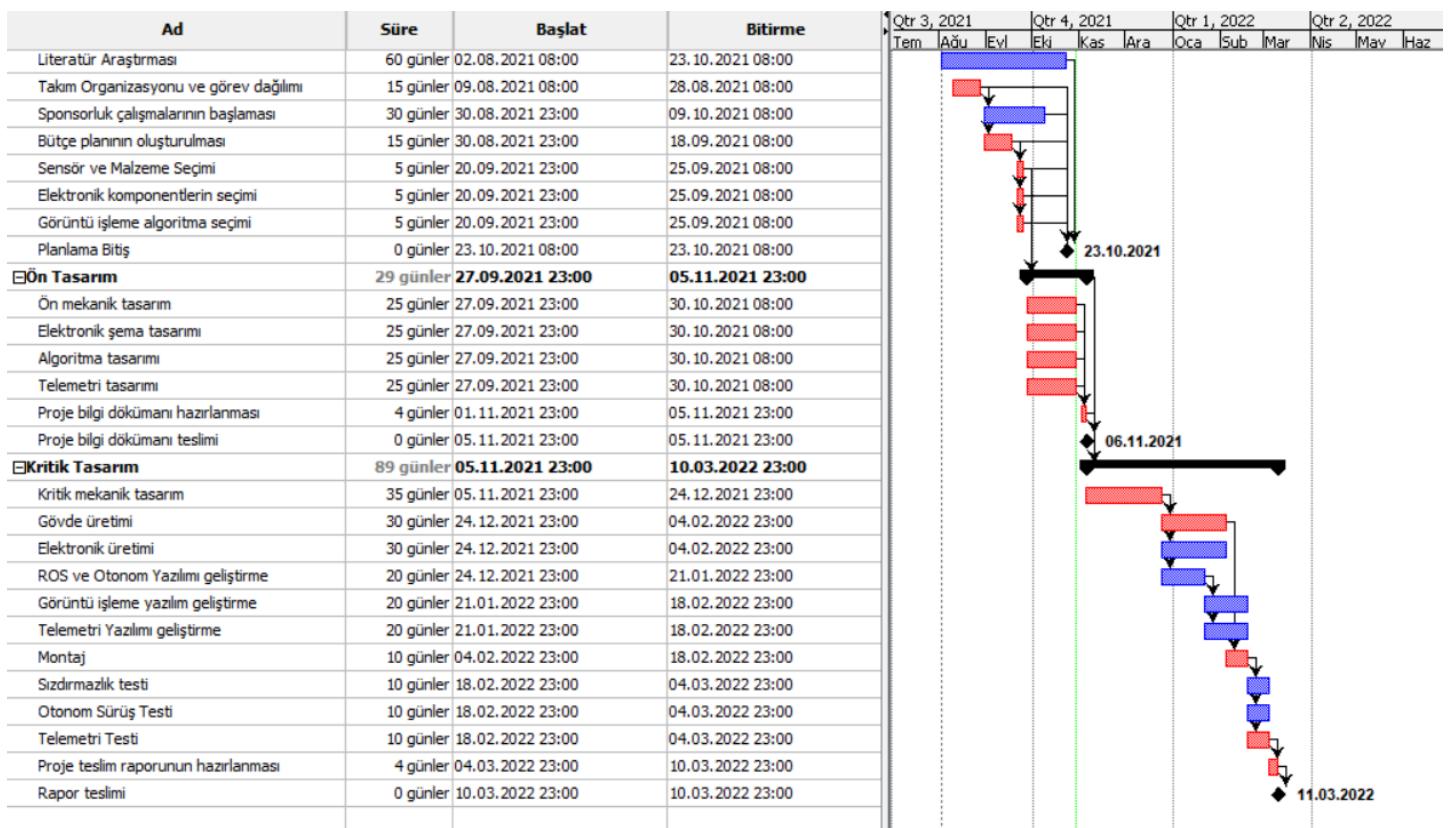


Hurinur Şahin

- Rapor düzeni
- Sponsorluk

## 4.2. Zaman Çizelgesi ve İş Planı

Proje yönetiminde yaygın olarak kullanılan Gantt Şeması, zamana karşı görüntülenen faaliyetleri (görevler veya olaylar) göstermenin en popüler ve kullanışlı yollarından biridir. Grafiğin solunda faaliyetlerin bir listesi ve üstte uygun bir zaman ölçüği vardır. Her aktivite bir çubukla temsil edilir; çubuğun konumu ve uzunluğu, faaliyetin başlangıç tarihini, süresini



ve bitiş tarihini yansıtır. Özetlemek gerekirse biz de size hangi faaliyeti nerede ve ne zaman yapmamız gerektiğini göstermek için Gantt şemasını kullandık.

*Şekil: Yol Haritasının Şemalandırılması*

## 5. Bütçe ve Finansman Planı

Finansal plan, proje yönetimine yönelik kararlar alırken riski azaltmayı sağlayan bir yöntemdir. Bizler bu minimize edebilmek için donanım ve mekanik bölümleri kapsamı adı altında iki ayrı bütçe tablosu oluşturduk durumun seyrini görmek ve izlemek istedik. Bu sayede hem nakit akışını doğru yönlendirebildik hem de etkili bir dağılımıyla finansal riskleri ortadan kaldırdık.

**Donanım Bütçe Planı**

| Satın Alma Linki  | Komponentler                         | Komponent Adedi | Birim Fiyat | Toplam Komponent Fiyat | Kullanım Nedeni   |
|---|--------------------------------------|-----------------|-------------|------------------------|---|
| <a href="https://openzeka.com/urun/nvidia-jetson-nano-developer-kit/">https://openzeka.com/urun/nvidia-jetson-nano-developer-kit/</a>   | Nvidia Jetson Nano 4GB               | 1               | ₺1.570      | ₺1.570                 | Elektronik sistemlerde haberleşme ve cihazların kontrol amacılı kullanılır. |
| <a href="https://market.samm.com/arduino-mega-2560-rev3-orijinal">https://market.samm.com/arduino-mega-2560-rev3-orijinal</a>   | Arduino Mega REV3                    | 1               | ₺424        | ₺424                   | Araçta kullanılan motorlara yön araciyla kullanılır.                        |
| BAU Sponsorluk  | SparkFun 9DOF IMU*                   | 1               | ₺0          | ₺0                     | Aracın kontrol kabiliyetini en seviyede yardımcı olur.                      |
| <a href="https://www.hepsiburada.com/mercekli-modul-led-yesil-1-5w-1-adet-p-HBV00000BPGVN?magaza=Amber%20LED">https://www.hepsiburada.com/mercekli-modul-led-yesil-1-5w-1-adet-p-HBV00000BPGVN?magaza=Amber%20LED</a>   | Mercekli Modül Led Yeşil 1.5W        | 2               | ₺7,19       | ₺14,38                 | Şartname gereğine göre hangi modda olduğunu gösterir                        |
| <a href="https://www.hepsiburada.com/mercekli-modul-led-kirmizi-1-5w-1-adet-p-HBV00000BPGVJ">https://www.hepsiburada.com/mercekli-modul-led-kirmizi-1-5w-1-adet-p-HBV00000BPGVJ</a>   | Mercekli Modül Led Kırmızı 1.5W      | 2               | ₺7,19       | ₺14,38                 | Şartname gereğine göre hangi modda olduğunu gösterir                        |
| <a href="https://www.hepsiburada.com/mercekli-modul-led-amber-sari-1-5w-1-adet-p-HBV00000BPGVP">https://www.hepsiburada.com/mercekli-modul-led-amber-sari-1-5w-1-adet-p-HBV00000BPGVP</a>   | Mercekli Modül Led (Amber) Sarı 1.5W | 2               | ₺7,19       | ₺14,38                 | Şartname gereğine göre hangi modda olduğunu gösterir                        |
| <a href="https://www.n11.com/urun/intel-ax200ngw-wi-fi-6-bluetooth-51-network-karti-1965829?magaza=safir-teknoloji&amp;gclsrc=aw.ds&amp;gclid=Cj0KCQjw_fiLBhDOARIsAF4khr2MLTzD0yHN3GWQVI2rNU71ZoD8rM2b06LPvC31h0a1R3ft18aXORMaAv7zEALw_wcB">https://www.n11.com/urun/intel-ax200ngw-wi-fi-6-bluetooth-51-network-karti-1965829?magaza=safir-teknoloji&amp;gclsrc=aw.ds&amp;gclid=Cj0KCQjw_fiLBhDOARIsAF4khr2MLTzD0yHN3GWQVI2rNU71ZoD8rM2b06LPvC31h0a1R3ft18aXORMaAv7zEALw_wcB</a> | Wi-Fi / Bluetooth Modülü             | 1               | ₺196,00     | ₺196,00                | Kontrol merkezi internetin bağlantısı                                       |
| BAU Sponsorluk  | Raspberry Pi Model 3 B               | 1               | ₺0,00       | ₺0,00                  | Kontrol Merkezi mikroişlemcisini görevinde kullanır.                        |

|   |   |   |         |         |   |
|---|---|---|---------|---------|---|
| Kendimiz yapacağımız PCB olarak   | Voltaj ve Akım<br>Regülatör Kartı                         | 1 | ₺0,00   | ₺0,00   | Regülatörler akım, frekans, basınç gibi büyülükleri özelliklerine göre tutar  |
| BAU Sponsorluk  | ZED*  | 1 | ₺0,00   | ₺0,00   | Aracın bulunduğu çevreyi algılaması uzaktan kontrollenin kullanılması.  |
| Rekrom Optoelektronik<br>Sponsorluk   | LIDAR   | 1 | ₺0,00   | ₺0,00   | Aracın bulunduğu ortamı sezmesi otonom kabinin arttırmamasında kullanılır.  |
| <a href="https://www.roboLinkMarket.com/jlinker-programlanabilir-kablo-suz-joystick">https://www.roboLinkMarket.com/jlinker-programlanabilir-kablo-suz-joystick</a>   | JLINKER   | 1 | 287,92  | ₺287,92 | Aracı uzaktan etmek amacıyla kullanılır.  |
| BAU Sponsorluk  | GPS*  | 1 | ₺0,00   | ₺0,00   | Aracın konumunu internet olarak kullanılır.   |
| <a href="https://www.google.com/shopping/product/2092049733559108304?q=kablosuz+router&amp;prds=etos:13084013292528835485_0;8723541865421126332_0;2530357689191548323_0,rsk:PC_1013665938591483495&amp;sa=X&amp;ved=0ahUKEwid9vrTpPDzAhU0hf0HHa4iAolQ9pwGCA8">https://www.google.com/shopping/product/2092049733559108304?q=kablosuz+router&amp;prds=etos:13084013292528835485_0;8723541865421126332_0;2530357689191548323_0,rsk:PC_1013665938591483495&amp;sa=X&amp;ved=0ahUKEwid9vrTpPDzAhU0hf0HHa4iAolQ9pwGCA8</a> | Kablosuz Router   | 1 | ₺150,00 | ₺150,00 | İnternet bağlantısının oluşturulmasında kullanılır.   |
| <a href="https://www.hepsiburada.com/sandisk-extreme-pro-32gb-sdhc-95mb-s-v30-uhs-%C4%B1-u3-hafiza-karti-sdsdxxg-032g-gn4%C4%B1n-pm-HB0000034NBY">https://www.hepsiburada.com/sandisk-extreme-pro-32gb-sdhc-95mb-s-v30-uhs-%C4%B1-u3-hafiza-karti-sdsdxxg-032g-gn4%C4%B1n-pm-HB0000034NBY</a>   | MicroSD Kart  | 1 | ₺133,00 | ₺133,00 | Verileri depolamak amacıyla kullanılır.   |
| <a href="https://www.robotistan.com/ec25-e-4glte-mini-pcie">https://www.robotistan.com/ec25-e-4glte-mini-pcie</a>   | Quectel EC25-E/<br>GSM + GPRS                             | 1 | ₺740,00 | ₺740,00 | GStreamer ile aracın ara yüz iletişimini aracın konum bilgilerinin aktarımı sağlar.   |
| <a href="https://sixfab.com/product/lte-main-diversity-gnss-triple-port-u-fl-antenna-100mm/">https://sixfab.com/product/lte-main-diversity-gnss-triple-port-u-fl-antenna-100mm/</a>   | LTE Main &<br>Diversity &<br>GNSS 3'lü Port<br>u.FL Anten | 1 | ₺122    | ₺122    | Ana ve Çeşitlilik antenleri, tek antende bir GNSS ile birleşen kablosuz şekilli aktarımını ve üzerine yerlesmesi için aracın bilgisini algılar. |

|   |                                       |    |         |                  |   |
|---|---------------------------------------|----|---------|------------------|---|
| <a href="https://www.orbus.com.tr/71-product-128V-60AH-LITYUM-AKU.html">https://www.orbus.com.tr/71-product-128V-60AH-LITYUM-AKU.html</a>   | 12V 60Ah lifepo4 (7kg)                | 1  | ₺1.500  | ₺1.500           | Motorlara gereken değerlerini sağlar                                    |
| <a href="https://www.orbus.com.tr/67-product-12V-9AH-KURU-AKU.html">https://www.orbus.com.tr/67-product-12V-9AH-KURU-AKU.html</a>   | 12V 9Ah kuru akü (3kg)                | 1  | ₺145    | ₺145             | Donanım parçalar gereken güç değerlerini sağlama                        |
| Altek Sponsorluk  | IP-67 Sertifikalı Kutu                | 1  | ₺0      | ₺0               | Donanım parçalarak akülerimiz için güvenlik ve sağlama                  |
| <a href="https://www.direnc.net/raspberry-pi-kamera-balik-gozu-genis-acici-h?language=tr&amp;h=6e7dbdfc&amp;gclid=Cj0KCQjww4OMBhCUARlsAILndv68H9oBR4z4Pr_43_5RNUB0GOCdaKmEAqnheWUiJbMilcockGSap4-gaAIJIEALw_wcB">https://www.direnc.net/raspberry-pi-kamera-balik-gozu-genis-acici-h?language=tr&amp;h=6e7dbdfc&amp;gclid=Cj0KCQjww4OMBhCUARlsAILndv68H9oBR4z4Pr_43_5RNUB0GOCdaKmEAqnheWUiJbMilcockGSap4-gaAIJIEALw_wcB</a> | Raspberry Pi Kamera - Balık Gözü Lens | 4  | ₺308,72 | ₺1.234,88        | Her açıdan g sağlayarak kuş sistemimizi daha çalışması kullanılmaktadır |
| BAU Sponsorluk  | T200 motor*                           | 3  | ₺0,00   | ₺0,00            | Aracın itiş gücü manevra kabası sağlama                                 |
| <a href="https://www.direnc.net/868mhz-rf-modul-lora-smd">https://www.direnc.net/868mhz-rf-modul-lora-smd</a>   | RFM95W 868MHz RF Modül Lora SMD       | 2  | ₺122,70 | ₺245,40          | Aracımıza olan kabiliyetimizi aramacıyla                                |
| <a href="https://www.motororbit.com/urun/esc-30a-brushless-fircasiz-motor-hiz-kontrol-surucusu?gclid=Cj0KCQjw_fiLBhDOARlsAF4khR2N8XqKvtGNwosWSJ9My1Ra11uznSA6yOQ7772gLhithY9Vzby_klg_aAoVzEALw_wcB">https://www.motororbit.com/urun/esc-30a-brushless-fircasiz-motor-hiz-kontrol-surucusu?gclid=Cj0KCQjw_fiLBhDOARlsAF4khR2N8XqKvtGNwosWSJ9My1Ra11uznSA6yOQ7772gLhithY9Vzby_klg_aAoVzEALw_wcB</a>                           | Basic Esc                             | 3  | ₺80,86  | ₺242,58          | Bataryadan gelen电流 düzenleyerek dönüş hızı kontrol eder                 |
| Berk Elektronik Sponsorluk  | Elektronik Komponentler               |    | ₺0,00   | ₺0,00            | Kondansatör, direksiyon kesme anahtarı, röle                            |
| Envanterde Mevcut   | Android Tablet                        | 1  | ₺0,00   | ₺0,00            | Kontrol Merkezi ekranı Kullanılacaktır                                  |
| <a href="https://www.roboshop.com.tr/12awg-silikon-kablo">https://www.roboshop.com.tr/12awg-silikon-kablo</a>   | 12AWG kablo 1metre                    | 10 | ₺130    | ₺130             | Donanım parçaları ve güç kaynakları arasındaki iletişim hattı           |
| <b>Donanım için Toplam Maliyet</b>  |                                       |    |         | <b>₺7.529,50</b> |   |



### Mekanik Bütçe Planı

| Satın Alma Linki  | Komponentler                   | Sayı           | Toplam Ağırlık | Birim Fiyat         | Fiyat   | Kullanım Yeri  |
|---|--------------------------------|----------------|----------------|---------------------|---------|--|
| <a href="https://www.demirtech.net/urun/15x120-yuzey-kaplama-profil">https://www.demirtech.net/urun/15x120-yuzey-kaplama-profil</a>   | 15x120 yüzey kaplama profili   | 6x<br>450mm    | 3.67kg         | 20,896 - 100mm için | ₺208,96 | Donanım için oluşturacak tepsinin yüzeyi ( D )                                     |
| <a href="https://urun.n11.com/oem-yedek-parca/45x45-sigma-profil-10-kanal-P408901977?Metraj=3+MT&amp;gclsrc=aw.ds&amp;gclid=Cj0KCQjw_fiLBhDOARIsAF4khR2p6reXj2Y23qTsDSbVRgnquWLAe1GiZZGl9ikE9yhR135Ng8mqkiAaAqdHEALw_wcB">https://urun.n11.com/oem-yedek-parca/45x45-sigma-profil-10-kanal-P408901977?Metraj=3+MT&amp;gclsrc=aw.ds&amp;gclid=Cj0KCQjw_fiLBhDOARIsAF4khR2p6reXj2Y23qTsDSbVRgnquWLAe1GiZZGl9ikE9yhR135Ng8mqkiAaAqdHEALw_wcB</a> | 40x40 super light sigma profil | 2x<br>1400mm   | 2.987kg        | ₺213,00             | ₺426,00 | Yüzdürme birimlerinin ana gövdeye bağlantısı ( B )                                 |
| <a href="https://urun.n11.com/oem-yedek-parca/45x45-sigma-profil-10-kanal-P408901977?Metraj=3+MT&amp;gclsrc=aw.ds&amp;gclid=Cj0KCQjw_fiLBhDOARIsAF4khR2p6reXj2Y23qTsDSbVRgnquWLAe1GiZZGl9ikE9yhR135Ng8mqkiAaAqdHEALw_wcB">https://urun.n11.com/oem-yedek-parca/45x45-sigma-profil-10-kanal-P408901977?Metraj=3+MT&amp;gclsrc=aw.ds&amp;gclid=Cj0KCQjw_fiLBhDOARIsAF4khR2p6reXj2Y23qTsDSbVRgnquWLAe1GiZZGl9ikE9yhR135Ng8mqkiAaAqdHEALw_wcB</a> | 40x40 super light sigma profil | 3x<br>500mm    | 0.927kg        | ₺42,67              | ₺128,00 | Motorların ana gövdeye bağlantısı ( E )  |
| <a href="https://urun.n11.com/oem-yedek-parca/45x45-sigma-profil-10-kanal-P408901977">https://urun.n11.com/oem-yedek-parca/45x45-sigma-profil-10-kanal-P408901977</a>   | 40x40 super light sigma profil | 1x<br>700mm    | 0.628kg        | 113,75 - 800mm için | ₺113,75 | Ön motoru tutacak olan yatay bağlantı ( C )  |
| <a href="https://urun.n11.com/oem-yedek-parca/45x45-sigma-profil-10-kanal-P408901977?Metraj=3+MT&amp;gclsrc=aw.ds&amp;gclid=Cj0KCQjw_fiLBhDOARIsAF4khR2p6reXj2Y23qTsDSbVRgnquWLAe1GiZZGl9ikE9yhR135Ng8mqkiAaAqdHEALw_wcB">https://urun.n11.com/oem-yedek-parca/45x45-sigma-profil-10-kanal-P408901977?Metraj=3+MT&amp;gclsrc=aw.ds&amp;gclid=Cj0KCQjw_fiLBhDOARIsAF4khR2p6reXj2Y23qTsDSbVRgnquWLAe1GiZZGl9ikE9yhR135Ng8mqkiAaAqdHEALw_wcB</a> | 40x40 super light sigma profil | 2x700 mm       | 2.45kg         | 128 - 900 mm için   | ₺128,00 | Tepsiyi de üzerinde taşıyacak olan, aracın ana bağlantı noktaları (1. kısım) ( A ) |
| <a href="https://urun.n11.com/oem-yedek-parca/45x45-sigma-profil-10-kanal-P408901977">https://urun.n11.com/oem-yedek-parca/45x45-sigma-profil-10-kanal-P408901977</a>   | 40x40 super light sigma profil | 2x<br>381.34mm | 0.785kg        | 71,08 - 500 mm için | ₺142,16 | Tepsiyi de üzerinde taşıyacak olan, aracın   |

|  |  |                            |        |            |         | ana bağlantı noktası<br>(2. kısım) ( A )                               |
|--|--|----------------------------|--------|------------|---------|--|
| <a href="https://urun.n11.com/mobil-ya-hirdavati/baglanti-saci-4-yonlu-40x40-k10-P512144322?gclsrc=aw.ds&amp;gclid=Cj0KCQjw_fiLBhDOARIsAF4khR0bCq-qGDJ6UZu3MFZdH7OR7nsVb5TfEBwUIQTwC5tr7SvKc8IM6xmsaAsVzEALw_wcB">https://urun.n11.com/mobil-ya-hirdavati/baglanti-saci-4-yonlu-40x40-k10-P512144322?gclsrc=aw.ds&amp;gclid=Cj0KCQjw_fiLBhDOARIsAF4khR0bCq-qGDJ6UZu3MFZdH7OR7nsVb5TfEBwUIQTwC5tr7SvKc8IM6xmsaAsVzEALw_wcB</a>                | 40x40 dört yönlü bağlantı sacı                     | 1x                         | 0.37kg | ₺26,48     | ₺26,48  | A parçasının iç bağlantısı   |
| <a href="https://urun.n11.com/mobil-ya-hirdavati/baglanti-saci-3-yonlu-40x40-k10-P512143812?gclsrc=aw.ds&amp;gclid=Cj0KCQjw_fiLBhDOARIsAF4khR0cdcs-uVU2yvK6wgE-q2RNlzX-Rfd7nMaXDzoseG6mMjUARY85Z-0aApyGEALw_wcB">https://urun.n11.com/mobil-ya-hirdavati/baglanti-saci-3-yonlu-40x40-k10-P512143812?gclsrc=aw.ds&amp;gclid=Cj0KCQjw_fiLBhDOARIsAF4khR0cdcs-uVU2yvK6wgE-q2RNlzX-Rfd7nMaXDzoseG6mMjUARY85Z-0aApyGEALw_wcB</a>                  | 40x40 üç yönlü bağlantı sacı                       | 3x                         | 0.84kg | ₺20,53     | ₺20,53  | C parçasının B parçalarına, öndeği E parçasının C parçasına bağlantısı |
| <a href="https://www.roboLinkmarket.com/30x30-2-yonlu-baglanti-saci?gclid=Cj0KCQjw_fiLBhDOARIsAF4khR1IQoEI5mNJIxtwNfMARGyZEI-bPSoFW3-F1JHcmZAJr33u14wgLVkaAnKdEALw_wcB">https://www.roboLinkmarket.com/30x30-2-yonlu-baglanti-saci?gclid=Cj0KCQjw_fiLBhDOARIsAF4khR1IQoEI5mNJIxtwNfMARGyZEI-bPSoFW3-F1JHcmZAJr33u14wgLVkaAnKdEALw_wcB</a>  | 40x40 iki yönlü bağlantı sacı                      | 2x                         | 0.42kg | ₺10,03     | ₺20,06  | Arkadaki E parçalarının B parçalarına bağlantısı                       |
| <a href="https://www.otomasyoncu.net/urun/tirtilli-somun-kanal-10-m6-1-adet">https://www.otomasyoncu.net/urun/tirtilli-somun-kanal-10-m6-1-adet</a>  | tırtıklı somun M6-kanal 10                         | 37x                        | 0.22kg | ₺3,41      | ₺126,17 | İskelet için gerekli olan tüm somunlar                                 |
| <a href="https://www.google.com/aclk?sa=L&amp;ai=DChcSEwi7gtre9PTzAhUG-VEKHYfCALwYABAUGgJ3cw&amp;sig=AOD64_3lpzycGU7xl-hWedHGOp55S6aBBw&amp;ctype=5&amp;q=&amp;ved=0ahUKEwjD6tLe9PTzAhVxS_EDHcw6DKsQgeUECPYE&amp;adurl=">https://www.google.com/aclk?sa=L&amp;ai=DChcSEwi7gtre9PTzAhUG-VEKHYfCALwYABAUGgJ3cw&amp;sig=AOD64_3lpzycGU7xl-hWedHGOp55S6aBBw&amp;ctype=5&amp;q=&amp;ved=0ahUKEwjD6tLe9PTzAhVxS_EDHcw6DKsQgeUECPYE&amp;adurl="</a> | imbus civata M6X16                                 | 37x                        | 0.20kg | 10'lu 4,37 | ₺17,48  | İskelet için gerekli olan tüm civatalar                                |
| <a href="https://urun.n11.com/oem-yedek-parca/45x45-sigma-profil-10-kanal-P408901977">https://urun.n11.com/oem-yedek-parca/45x45-sigma-profil-10-kanal-P408901977</a>  | 40x40 super light sigma profi                      | 1x<br>10000mm<br>(10metre) | 6.5kg  |            |         | BAP ARACI İSKELET  |
| <a href="https://www.hepsiburada.com/firat-dublex-pvc-atik-su-borusu-200-250-cap-200-uzunluk-25-cm-pm-HBC00000EM01">https://www.hepsiburada.com/firat-dublex-pvc-atik-su-borusu-200-250-cap-200-uzunluk-25-cm-pm-HBC00000EM01</a>  | Pvc Atık Su Borusu 200/250 (ÇAP:200 Uzunluk:25 Cm) | 2x                         |        | ₺110       | ₺220    |  |
| <a href="https://www.roboLinkmarket.com/40x40-genis-kose-baglanti?gclid=Cj0KCQjw_fiLBhDOARIsAF4khR0cSmzc437G6SqezlheN0CsGdwXzN1uz1l61A1">https://www.roboLinkmarket.com/40x40-genis-kose-baglanti?gclid=Cj0KCQjw_fiLBhDOARIsAF4khR0cSmzc437G6SqezlheN0CsGdwXzN1uz1l61A1</a>  | 40x40 geniş köşe bağlantı                          | 4x                         | 0.2kg  | ₺9,44      | ₺37,76  | D parçasının A parçasına bağlantısı                                    |

|   |   |    |                                     |                  |        |   |
|---|---|----|-------------------------------------|------------------|--------|---|
| ckKFO17-veABvJ0saArDLEAL<br>w_wcb   |   |    |                                     |                  |        |   |
| <a href="https://www.roboLinkmarket.com/40x40-genis-kose-baglaniti?gclid=Cj0KCQjw_fiLBhDOARIsAF4khR0cSmzc437G6SqezlheN0CsGdwXzN1uz1I61A1ckKFO17-veABvJ0saArDLEALw_wcb">https://www.roboLinkmarket.com/40x40-genis-kose-baglaniti?gclid=Cj0KCQjw_fiLBhDOARIsAF4khR0cSmzc437G6SqezlheN0CsGdwXzN1uz1I61A1ckKFO17-veABvJ0saArDLEALw_wcb</a> | 40x40 geniş köşe bağlantı                 | 8x | 0.39kg                              | ₺9,44            | ₺75,52 | Yüzdürme birimlerinin B parçasına bağlantısı            |
|   | Su geçirmez elektronik alet kutusu        |    |                                     |                  |        |   |
| <a href="https://www.cnc-marketi.com/urun/cektirme-tip-baglanti-duz-40x40-k10-yeni">https://www.cnc-marketi.com/urun/cektirme-tip-baglanti-duz-40x40-k10-yeni</a>   | 40x40 çekirme tipi bağlantı düz-kanal 10  | 4x | 0.2kg                               | ₺12,33           | ₺49,32 | A parçasının B parçasına bağlantısı                     |
| <a href="https://www.hirdavatvadisi.com/urun/mapa-aybolt-m-10">https://www.hirdavatvadisi.com/urun/mapa-aybolt-m-10</a>   | Kaldırma ve Taşıma Mapası-Kalıp Mapa M 10 | 4x | 0.440kg                             | ₺13.71           | ₺54,84 | Aracın acil durumda çekilebilmesi için kullanılan demir |
| <a href="https://www.asilcelikhalat.com/ek-kilitler-g-210-kilit-mapa-d-tipi-vidali/">https://www.asilcelikhalat.com/ek-kilitler-g-210-kilit-mapa-d-tipi-vidali/</a>   | U tip zincir kilit                        | 4x | 2.4kg                               | ₺15,00           | ₺60,00 | Aracın vinç ile taşınabilmesi için kullanılan kilitler  |
| <b>Mekanik için Toplam</b>  |   |    | <b>48,916 kg<br/>(Aküler Dahil)</b> | <b>₺2.172,05</b> |        |   |



## 6. Ekler

- Kuşbakışı Sanal Görüntü Oluşturma Kodlarımız

```
ld = load("cameraParams.mat");
```

```
numCameras = 8;
intrinsics = cell(numCameras, 1);

intrinsics(:) = { ld.cameraParams.Intrinsics };
```

```
% Hesaplamalar metre cinsinden

patternOriginHeight = 0.625;
squareSize = 29e-3;
```

```
patternPositions = [ "front", "left", "left", "back", ...
                     "back", "right", "right", "front"];
extrinsicsCalibrationImages = cell(1, numCameras);
for i = 1:numCameras
    filename = "extrinsicsCalibrationImage" + string(i) + ".jpg";
    extrinsicsCalibrationImage{ i } = imread(filename);
end
helperVisualizeScene(extrinsicsCalibrationImage, patternPositions)
```

```

monoCams = cell(1, numCameras);
for i = 1:numCameras
    % Undistort the image.
    undistortedImage = undistortImage(extrinsicsCalibrationImage{ i }, intrinsics{ i });

    % Detect checkerboard points.
    [imagePoint, boardSize] = detectCheckerboardPoints(undistortedImage, ...
        "PartialDetections", false);

    % Generate word points of the checkerboard.
    wordPoints = generateCheckerboardPoints(boardSize, squareSize);

    % Estimate extrinsic parameters of the monocular camera.
    [pitch, yaw, roll, height] = estimateMonoCameraParameters(intrinsics{ i }, ...
        imagepoints, worldPoints, patternOriginHeight, ...
        "PatternPosition", patternPosition(i));

    % Create a monoCamera object, assuming the camera is at origin.
    monoCams{ i } = monoCamera(instinsics{ i }, height, ...
        "Pitch", pitch, ...
        "Yaw", yaw, ...
        "Roll", roll, ...
        "SensorLocation", [0, 0]);
end

```

**(tek kamera için tahmini veri hesaplama ve çarpıtmaları yok etme)**

```

sceneImage = cell(1, numCameras);
for i = 1:numCameras
    filename = "sceneImage" + string(i) + ".jpg";
    sceneImage{ i } = imread(filename);
end
helperVisualizeScene(sceneImage)

```

**(görüntü aktarımı)**

```

distFromVehicle = 4.5; % in meters
outView = [-distFromVehicle, distFromVehicle, ... % [xmin, xmax,
           -distFromVehicle, distFromVehicle]; % ymin, ymax]
outImagesSize = [640, NaN];

```

**(aracın etrafında kare alan oluşturma)**

```

bevImgs = cell(1, numCameras);
birdsEye = cell(1, numCameras);
for i = 1:numCameras
    undistortedImage = undistortImage(sceneImage{ i }, monoCams{ i }, Instrinsics);
    birdEye{ i } = birdEyeView(monoCams{ i }, outView, outImageSize);
    bevImgs{ i } = transformImage(birdsEye{ i }, undistortedImage);
end
helperVisualizeScene(bevImgs)

```

(her bir kameradan alınan görüntü için kuşbakışı görüntü oluşturma)

```

% The last two images of the scene best demonstrate the advantage of
% constrained feature matching as they have many repetitive pavement
% markings.
I = bevImgs{7};
J = bevImgs{8};

% Extract features from the two images.
grayImage = rgb2gray(I);
pointsPrev = detectKAZEFeatures(grayImage);
[featuresPrev, pointsPrev] = extractFeatures(grayImage, pointsPrev);

grayImage = rgb2gray(J);
points = detectKAZEFeatures(grayImage);
[features, points] = extractFeatures(grayImage, points);

% Match features Using the two methods.
indexPairs1 = matchFeaturesInRadius(featuresPrev, features, points.Location, ...
                                      pointsPrev.Location, 15, ...
                                      "MatchThreshold", 10, "MaxRatio, 0.6");

indexPairs2 = matchFeaturesInRadius(featuresPrev, features, "MatchThreshold", 10, ...
                                      "MaxRatio, 0.6");

% Visualize the matched features.
tiledLayout(1, 2)
nexttitle
showMatchedFeatures(I, J, pointsPrev(indexPairs1(1, 1)), points(indexPairs1(1, 2)))
title(sprintf("%d pairs matched\n with spatial constraints", size(indexPairs1, 1)))

nexttitle
showMatchedFeatures(I, J, pointsPrev2(indexPairs2(1, 1)), points(indexPairs2(1, 2)))
title(sprintf("%d pairs matched\n with spatial constraints", size(indexPairs2, 1)))

```

**(elde ettiğimiz kuşbakışı 360 derece görüntüleri birleştirme)**

```
% Combine the first four images to get stitched leftSideView and the
% spatial reference object Rleft.
radius = 15;
leftImage = bevImgs(1:4);
tforms = helperRegisterImages(leftImgs, radius);
[leftSideView, Rleft] = helperStitchImages(leftImgs, tforms);

% Combine the last four images to get the stitched rightSideView.
rightImgs = bevImgs(5:8);
tforms = helperRegisterImages(rightImgs, radius);
rightSideView = helperRegisterImages(rightImgs, tforms);

% Combine the two side views to get the 360 degree bird s-eye-view in
% surroundView and the spatial reference object Rsurround
radius = 50;
imgs = { leftSideView, rightSideView };
tforms = helperRegisterImages(imgs, radius);
[surroundView, Rsurround] = helperStitchImages(imgs, tforms);
figure
imshow(surroundView)
```

**(sağ taraf ve sol tarafı ayrı ayrı birleştirme)**

```
proximityRange = [2, 3, 4]; % in meters
colors = ["red", "yellow", "green"];
refBirdsEye = birdsEye{1};
Rout = { Rleft, Rsurround };
vehicleCenter = [0, 0];
vehicleCenterImage = helperVehicleToBirdsEyeView(refBirdsEye, vehicleCenter, Rout);

for i = 1:length(proximityRange)

    % Estimate the radius of the circular guidelines in pixels given its
    % radius in meters.
    circlePoint = [0, proximityRange(i)];
    circlePointImage = helperVehicleToBirdsEyeView(refBirdsEye, circlePoint, Rout);

    % Compute radius using euclidean norm.
    proximityRangeInPixels = norm(circlePointInImage - vehicleCenterInImage, 2);

    surroundView = insertShape(surroundView, "Circle", [vehicleCenterInImage, proximityRangeInPixels], ...
        "LineWidth", 1, ...
        "Color", color(i));

    labelText = string(proximityRange(i)) + " m";
    surroundView = insertText(surroundView, circlePointInImage, labelText, ...
        "TextColor", "White", ...
        "FontSize", 14, ...
        "BoxOpacity", 0);
end
imshow(surroundView)
```

### (mesafe ölçme)

```
vehicleCenter = [0, 0];
vehicleSize = [5.6, 2.4];% length - by - width in meters
[polygonPoints, vehicleLength, vehicleWidth] = helperGetVehicleBoundaryOnBEV(refBirdsEye, ...
    vehicleCenter, ...
    vehicleSize, ...
    Rout);

showShape("polygon", polygonPoints, "Label", "Ego Vehicle")
```

### (aracın etrafında belirlediğimiz sınırların mesafesini belirleme)

```
distFromVehicle = 4.25;% in meters
[x, y, h, w] = helperGetImageBoundaryOnBEV(refBirdsEye, distFromVehicle, Rout);
croppedSceneBirdsEyeView = imcrop(sceneBirdsEyeView, [x, y, h, w]);
imshow(croppedSceneBirdsEyeView)
```

### (sisteme siyah sınırları yok etme)

## 7. Referanslar

- <https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/what-is-lorawan/> adresinden alındı
- <https://forum.pycom.io/topic/6491/getting-ropy4-to-consistently-work-when-wifi-or-lora-connectivity-is-out-of-range> adresinden alındı
- Alexander Norris, J. S. (tarih yok). Design of the USYD RowBot WAM-V System for the 2018 RobotX Challenge.
- AlMa'adeed, M. A.-A. (May 2015). Processing and characterization of polyethylene-based composites.
- Christopher M. Ash, N. D. (tarih yok). Design of the Minion Research Platform for the 2016 Maritime RobotX Challenge.
- Clark Bakstran, S. B. (April 26, 2012). Multiple Autonomous Surface Vehicle Project.
- Eduardo Pinto, P. S.-3.-6.-3.-9. (April 2013). On Collaborative Aerial and Surface Robots for Environmental Monitoring of Water Bodies.
- Eric Steimle, R. R. (November 2009). Unmanned marine vehicle use at Hurricanes Wilma and Ike..
- Fossen, S. (December 2018). Visualization of Ships in a Mixed-Reality Environment and Automated Situational Awareness using Live AIS Data.
- Frank J. Millero, A. P. (June 1981). International one-atmosphere equation of state of seawater. Deep Sea Research Part A. . *Oceanographic Research Papers. Vol 28, Issue 6, June 1981*, , Vol 28, Issue 6, June 1981, Pages 625–629.
- Gomes, T. F. (2017). Energy Design of a conceptual Autonomous Surface Vehicle (ASV).
- Hugo Almeida Ferreira, C. A. (January 2007). ROAZ and ROAZ II Autonomous Surface Vehicle Design and Implementation.
- Ivan R. Bertaska, M. I. (JANUARY 2019). Experimental Evaluation of Supervisory Switching Control for Unmanned Surface Vehicles. *IEEE JOURNAL OF OCEANIC ENGINEERING, VOL. 44, NO. 1*.
- Jason Moulton, N. K. (October 2018). An Autonomous Surface Vehicle for Long Term Operations.
- Joho Lee, J. W. (January 2017)). Vision and 2D LiDAR based autonomous surface vehicle docking for identify symbols and dock task in 2016 Maritime RobotX Challenge. .
- Kim, J. W. (October 2016). Vector Field based Guidance Method for Docking of an Unmanned Surface Vehicle.
- Konstantinos Christopoulos, N. P. (Jan 2018). Experimental analysis of the water salinity impact on the energy consumption of small desalination plants.
- Mai The Vu, M. V. (February 2020). Study on Dynamic Behavior of Unmanned Surface Vehicle-Linked Unmanned Underwater Vehicle System for Underwater Exploration.
- Müdürlüğü, T. T.<http://www1.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/sicaklik-analizi.aspx> adresinden alındı
- Sahoo, P. ( September 2012). Improved Resistance Prediction for High-Speed Round Bilge Hull Forms.

Steyaert, F. S. (September 2020). Aquatic Surface Robots: the State of the Art, Challenges and Possibilities.

Terho Halme (2008),

[https://www.academia.edu/42633251/HOW\\_TO\\_DIMENSION\\_A\\_SAILING\\_CATAMARAN](https://www.academia.edu/42633251/HOW_TO_DIMENSION_A_SAILING_CATAMARAN)  
AN adresinden alındı

*The Things Network.*

<https://www.thethingsnetwork.org/docs/gateways/rak7243c/configuring-gateway/>  
adresinden alındı

Tixiao Shan, W. W. (December 14-18, 2020). A Receding Horizon Multi-Objective Planner for Autonomous Surface Vehicles in Urban Waterways. . *2020 59th IEEE Conference on Decision and Control (CDC) Jej.*

Wei Wang, B. G. (November 4-8, 2019). Roboat: An Autonomous Surface Vehicle for Urban Waterways. *2019 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS) Mac.*