TEKNOFEST
HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

İNSANSIZ SUALTI SİSTEMLERİ YARIŞMASI
KRİTİK TASARIM RAPORU

TAKIM ADI : CREATINY

KATEGORİ : İleri Kategori

TAKIM (BAŞVURU) ID : 341364

İÇİNDEKİLER

1. RAPOR ÖZETİ 3
2. TAKIM ŞEMASI 3
3. PROJE MEVCUT DURUM DEĞERLENDİRMESİ 4
4. ARAÇ TASARIMI 5
4.1. Sistem Tasarımı 5
4.2. Aracın Mekanik Tasarımı 5
4.2.1. Mekanik Tasarım Süreci 5
4.2.2. Malzemeler 9
4.2.3. Üretim Yöntemleri 9
4.2.4. Fiziksel Özellikler 9
4.3. Elektronik Tasarım, Algoritma ve Yazılım Tasarımı 10
4.3.1. Elektronik Tasarım Süreci 10
4.3.2. Algoritma Tasarım Süreci 13
4.3.3. Yazılım Tasarım Süreci 16
4.4. Dış Arayüzler 17
5. GÜVENLİK 18
5.1. Üretim Sürecinde Alınacak Güvenlik Önlemleri 18
5.2. Çalışma Alanında Alınacak Güvenlik Önlemleri 18
5.3. Su Altı Aracı Güvenliği 18
5.3.1. Araç Elektronik Sistemler Güvenliği 18
5.3.2. Araç Mekanik Sistemler Güvenliği 19
5.4. Çalışma Alanı Güvenlik Uyarıları 19
6. TEST 19
6.1. Mekanik Testler 19
6.2. Elektronik Testler 20
6.3. Yazılımsal Testler 22
6.3.1. Görüntü İşleme Testi 22
6.3.2. Gömülü Yazılım ve Haberleşme Testi 22
6.3.3. PID Testi 23
6.3.4. Yapay Zeka Testi 23
7. TECRÜBE 24
8. ZAMAN, BÜTÇE VE RİSK PLANLAMASI 25
8.1. Risk Planlaması 25
8.2. Bütçe Planlaması 26
8.3. Zaman Planlaması 26
9. ÖZGÜNLÜK 27
10. YERLİLİK 28
11. KAYNAKÇA 30

1. RAPOR ÖZETİ

2022 yılı TEKNOFEST yarışması için hazırlanmış olan bu kritik tasarım raporu, Creatiny ekibinin geliştirdiği insansız su altı aracı ve alt bileşenlerini, test platformlarını, tasarımları ve geliştirilen özgün yazılımın ana hatlarını içermektedir. Kritik Tasarım Raporu hazırlanırken yarışma şartnamesi göz önünde bulundurulmuştur. Ekibimiz yenilikçi, özgün, düşük maliyetli ve yerel ikame oranı yüksek bileşen ve çıktılar kullanma ve üretme amacıyla çalışmalarını sürdürmektedir. Kritik tasarım raporunda aracımızın mekanik, elektronik ve yazılımsal bileşenleri açıklanmıştır.

Ön tasarım raporunda belirlenen araç tasarımı akabinde yaptığımız testler ardından aracımızda görsel ve hidrodinamik açıdan iyileştirmeler yapılmıştır. Tasarlanan araç modeli ve tüm alt parçaları itki, titreşim, çekme gibi çeşitli testlere tabi tutulmuştur.

Creatiny ekibinin takım şeması ekip üyelerinin yetkinlikleri ile hazırlanılmış ve değerlendirmenize sunulmuştur. Projemiz proje takvimi ile uyumlu bir şekilde yürütülmekte ve yarışmaya emin adımlarla hazırlanılmaktadır. Risk planlaması ile ekibimiz öngörülen olası risklere karşı önceden önlemlerini almıştır. Yapılan ve planlanan testler ile belirlenen sistemin aracımız ile uyumluluğu ölçülmüştür. Üstten bakıldığında görünümü yüzen bir kelebeği andıran aracımız; muadilleriyle karşılaştırılmış ve son hali verilmiştir. Aracımız üzerinde bulundurduğu elektronik, mekanik ve yazılım sistemleri ile bir bütün halinde beklenen tüm güvenlik şartlarını yerine getirmektedir. Ekibimiz ekip üyeleri ve araç sistemleri güvenliğini ön planda tutarak çalışmalarını devam ettirmektedir.

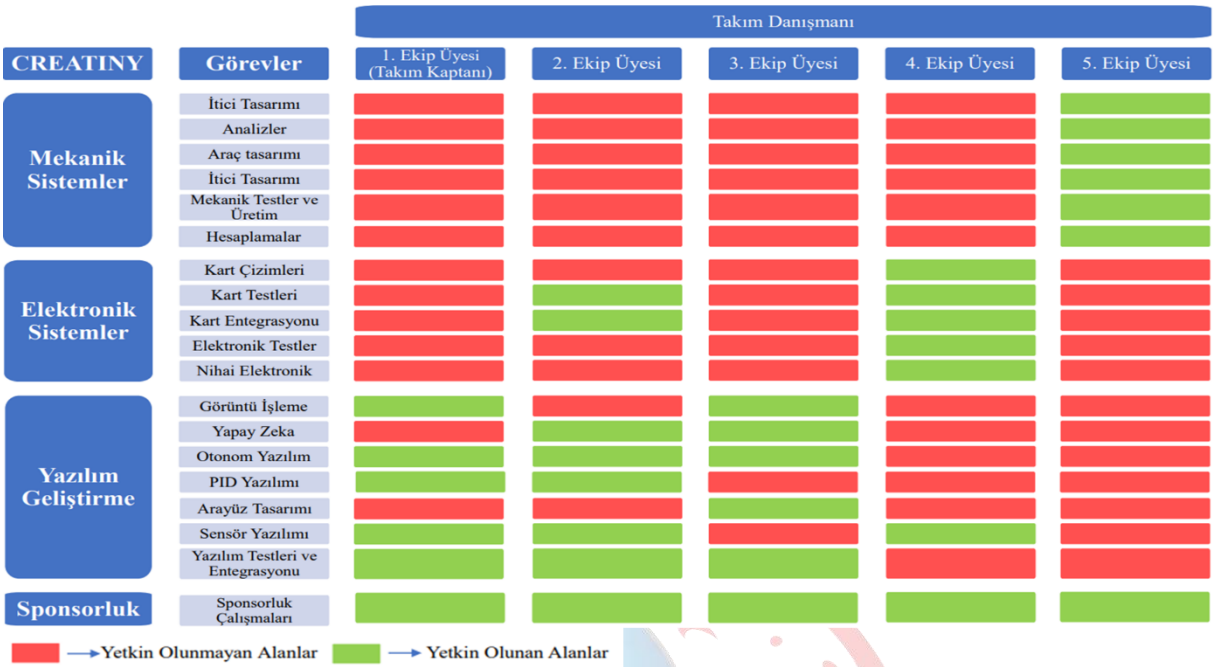
Aracımız; hidrodinamik, stabilite ve hız olarak belirlenen görevler için yeterli düzeyde bir tasarım ve donanıma sahiptir. Geliştirilen kartlar ve tercih edilen sensörler ile ilgili detaylı bilgilere rapor içerisinde yer verilmiştir. Ekibimiz elektronik sistemi tasarlarken birçok farklı konfigürasyonu test etmiş ve yapılan testler ve tecrübeler sonucunda oluşturulan tasarım ilgili başlıklar altında anlatılmıştır.

Yarışma şartnamesi açıklandığı günden itibaren ekibimiz, görevleri verilen görev süresince başarılı bir şekilde tamamlayabilmek için birçok algoritma tasarımı üzerinde düşünmüştür. Final tasarımına karar verildikten sonra, belirlenen algoritmanın başarılı bir şekilde yazılabilmesi için uygun yazılım dilleri ve kütüphaneleri belirlenmiştir. Raporumuzda algoritma şemamızdan ve yazılım süreçlerimizden ayrıntılı bir şekilde bahsedilmiştir.

Otonom görevlerin testleri esnasında verilerin analizi, hataların daha kolay tespiti ve zaman kaybını önlemek için ekibimiz tarafından bir su üstü kontrol istasyonu kullanılacaktır.

2. TAKIM ŞEMASI

Creatiny ekibinin takım şeması Şekil 1'de gösterilmiştir. Şekil içerisinde her bir ekip üyesinin yetkinlikleri yeşil renkli kutucuklar ile temsil edilmiştir. Takım danışmanımızın görevi; bizlere akademik, sosyal ve kültürel konularda yol göstermek ve kendimizi geliştirmemizi sağlamak ve uygun çalışma ortamının hazırlanmasına rehber olmaktır.



Şekil 1. Takım şeması ve ekip üyelerinin yetkinlik alanları

3. PROJE MEVCUT DURUM DEĞERLENDİRMESİ

Teknofest hakemlerimiz tarafından ön tasarım raporu değerlendirilmesinde ekibimize yapılan dönütler arasında en çok yorum yapılan kısımların "Özgünlük" ve "Aracın Mekanik Tasarımı" bölümleri olduğu görüldü. Kritik Tasarım raporumuzu hazırlarken ve yarışma hazırlıklarımızı yaparken değerli hakemlerimizin yapmış olduğu geri dönüşleri ön planda tutarak çalışmalarımız devam ettirildi. Proje takvimimiz yaptığımız değişiklikler doğrultusunda güncellenmiş ve proje takvimine bağlı bir şekilde çalışmalar sürdürülmüştür. Özgünlük bölümümüze yenilikçi ögelerin eklenmesine ve özgün sistemlerimizin sayısının arttırılmasına karar verilmiştir.

Ekip içerisinde yapılan değerlendirme ve toplantılar doğrultusunda projede yapılması gereken değişiklikler olduğuna karar verilmiştir. Aracımızda tasarımsal olarak su direncini azaltacak yönde iyileştirmeler yapılmıştır. Böylelikle daha üstün hareket kabiliyetine ve daha az enerji tüketimine sahip, görünüm olarak güzelleştirilmiş bir su altı aracı ortaya çıkartılmıştır. Ön tasarım raporunda kullanılacağı belirtilen Mitras su altı iticisi; ekibimiz tarafından tasarlanan, analizleri yapılan tamamen yenilikçi ve özgün su altı iticisi ve pervanesi ile değiştirilmiştir. İticilerin dışında tasarlanan çıkıntılar pervanelerin suda oluşturduğu dönme etkisini nozul çıkışında tekrardan yönlendirerek itkiye katkı sağlamaktadır. Dörtlü motor sürücü modeli değiştirilmiş ve her bir motor için tekli motor sürücü kullanılmasına karar verilmiştir. Bu kararı almamız ardındaki temel neden, yarışma esnasında sürücülerde oluşabilecek muhtemel arızalara hızlı şekilde müdahale edebilmek ve gerektiğinde değiştirebilmektir.

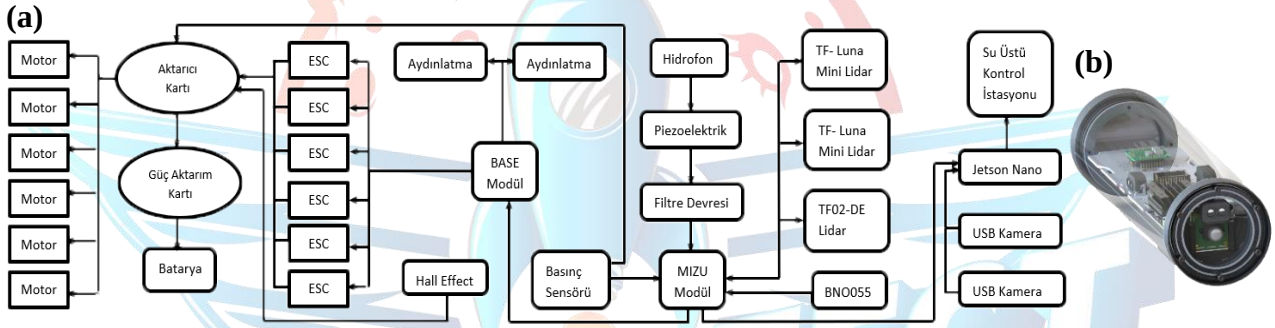
Toplam bütçe değişikliği; eklenen ve çıkartılan malzemeler ve güncel fiyat listesi ile bir önceki raporda belirtilen tutardan 324 TL daha az olarak hesaplanmıştır. Ön tasarım raporunda belirtilen malzeme ve fiyat listesinin güncel hali bütçe planlaması bölümünde ayrıntılı bir şekilde belirtilmiştir.

4. ARAÇ TASARIMI

Aracımız aylarca süren planlama, araştırma, geliştirme ve üretim kalite standartları altında yapılan testlerin bir ürünüdür. Geliştirmiş olduğumuz araç, muadillerine göre farklı fonksiyonlara ve donanımlara sahip bir araçtır. Bu seneki yarışma görevleri göz önünde bulundurularak, çeşitli alanlarda ve görevlerde kullanılabilecek bir araç üretmiş olan ekibimiz, çeşitli tasarımlar yapmış ve üretilmeye karar verilen aracımızın tasarımı, kullanılan donanımlar ve yazılım tasarımı ayrıntılarıyla birlikte Araç Tasarımı başlığı altında belirtilmiştir.

4.1. Sistem Tasarımı

Ortaya çıkardığımız elektronik bileşenler elektronik sistem tasarımı başlığı altında detaylı bir şekilde açıklanmıştır (Şekil 2). Su altı aracının sisteminde; altı (6) adet thruster (itici), altı (6) adet motor sürücü (ESC), aracın beyni olan MIZU modülü, modüle bağlı olan sensörler ve iki (2) adet aydınlatma sistemi ve kendi tasarımımız olan su üstü kontrol istasyonu bulunmaktadır.



Şekil 2. Sistem Tasarımı (a) Araç Hazne Düzenleyici (b) Sistem Tasarımı Blok Şeması

4.2. Aracın Mekanik Tasarımı

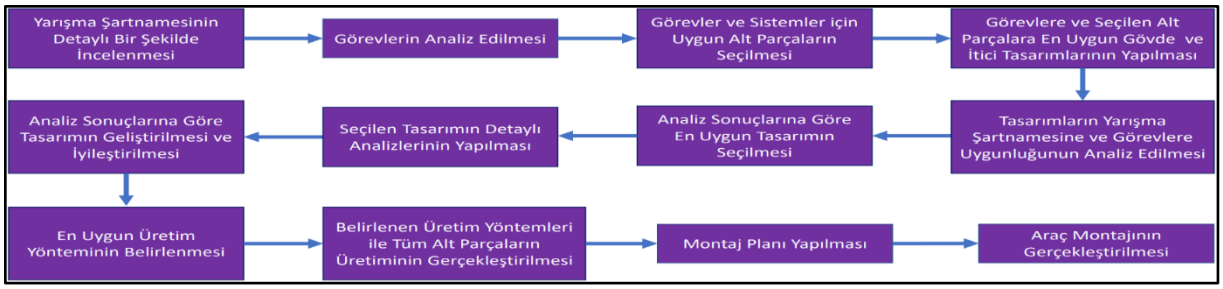
Ekibimiz nihai tasarımı şekillendirirken; görev analizlerini, yarışma şartnamesini ön planda tutmuştur. Yapılan tasarım ve analizler, tasarım karşılaştırmaları, üretim yöntemleri ve tüm alt bileşenler alt başlıklar altında anlatılmıştır. Fiziksel özellikler bölümünde kütle bütçesi yapılmış aracımızın kütlesi ve boyutları yarışma isterleri ile karşılaştırılmıştır.

4.2.1. Mekanik Tasarım Süreci

Ekibimiz tasarım süreci boyunca çeşitli tasarımlar ortaya çıkartmış, çıkarttığı tasarımları çeşitli testlerden geçirmiştir. Tasarımlar yapılırken alanında yetkili ekip üyelerimiz, içerisinde gelişmiş komut sisteminin bulunması ve bu sayede ayrıntılı çizimler yapabilmemize olanak sağlayan SolidWorks programını kullanmışlardır. Ayrıca akış, statik, pervane ve basınç analizleri Solidworks Flow Simulation ve Ansys programları üzerinden gerçekleştirilmiştir.

4.2.1.1. Mekanik Tasarım ve Üretim Süreci Adımları

Ekibimizin mekanik tasarımı süreci Şekil 3'de şema şeklinde verilmiştir. Belirlenen tasarım metodolojisi sayesinde güçlü bir tasarım ve sistem ile yarışma alanında bulunulacaktır.



Şekil 3. Tasarım metodolojisi

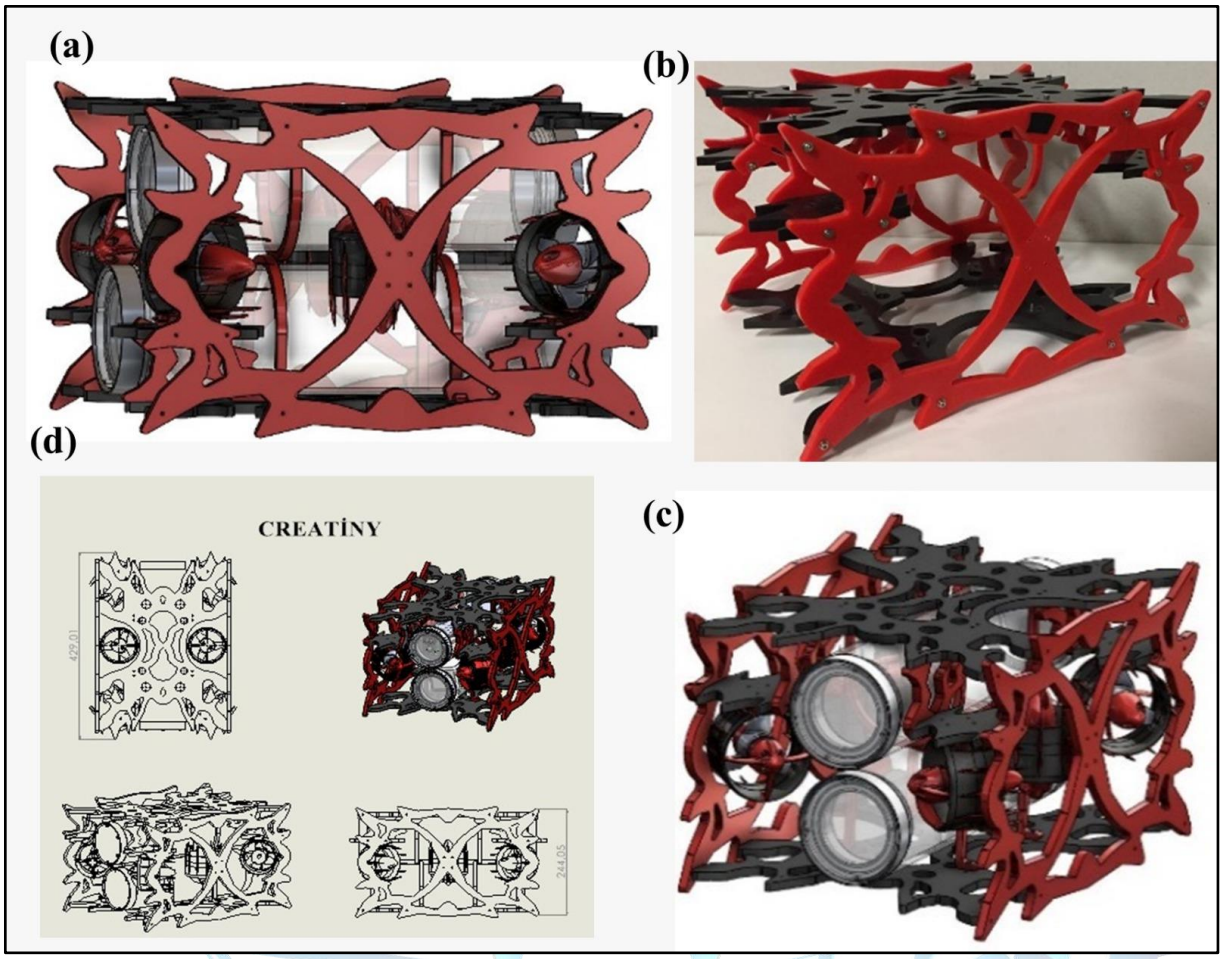
4.2.1.2. Mekanik Tasarım

Ekibimiz belirlenen tasarım metodolojisi ile çalışmalarını sürdürmüş ve son olarak tüm değişiklikleri ve iyileştirmeleri tamamlanan ana iki tasarım arasından en uygun aracın seçilmesi için puanlandırma yapmıştır. Araç tasarımları yapılırken minimum ağırlık ve boyut, maksimum çeviklik ve hareketinin stabil olması düşünülerek en optimum tasarım belirlenmiştir. Şekil 4'de yapmış olduğumuz tasarımların karşılaştırmaları ve karar verilen tasarımın ayrıntılarına yer verilmiştir.

TASARIM ANALİZLERİ										
TASARIM KRİTERLİ ve KATSAYILARI	İTKİ GÜCÜ-HIZ*1	MANEVRE KABİLİYETİ*1	ENERJİ TÜKETİMİ*1	SIZDIRMAZLIK*4	STABİLİTE*2	MALİYET*4	AĞIRLIK*2	BOYUT *2	PUANLAMA ÖLÇÜTLERİ	KARAR VE GEREKÇESİ
									1 Kötü 2 Orta 3 İyi 4 Çok İyi	Yapmış olduğumuz tüm tasarımlar şartname isterlerinin hepsini karşılamaktadır. İlk iki tasarım yapılan son tasarıma göre hız, hidrodinamik olarak iyi olsa bile, Tasarım-2'nin hızının yeterli olduğuna kanaat getirildi. Tamamen özgün ve yerli bir şekilde tasarlanan itici ve pervane sistemleri ile yarışmada kendinden söz ettirecek bir tasarıma sahiptir. Üretim kolaylığı ve düşük maliyeti de göz önüne alındığında Tasarım-2'nin kullanılmasına karar verildi.
									TOPLAM PUAN	AÇIKLAMA
TASARIM-1	3	4	3	4	4	1	3	2	48	Tasarım-1'de 8 motordan oluşan bir sistem kullanılmaktadır. Araç motor dizilimi sayesinde çok karmaşık hareket kabiliyetine sahiptir. Su altı boruları gibi dar alanlarda başarılı bir şekilde görev yapabilme yeteneğine sahiptir. Olumlu durumların aksine araç tasarımı tek hazne olup gerekli tüm sistemler tek haznenin içerisine konumlandırılamamaktadır. Aracın boyutları ise gerekli isterleri karşılamamaktadır.
TASARIM-2	4	3	4	4	3	1	4	4	53	Bu tasarımda ise 4 motor 45 derecelik açılar ile konumlandırılmış olup dikeyde 2 motor kullanılmıştır. Tasarım birçok açıdan dengelidir. Araç statik dengesini ve dikey hareketini 2 motor ile yapabilecek yeterliliktedir. Kullanılan diğer 4 motor sayesinde de görevlerin hepsini en iyi şekilde yerine getirebilecektir. Kamera görüş açıları ideal konumlandırılmıştır. Esnek bir malzemeden üretilen araç görevleri yapabilme yeterliliğine sahiptir.

Şekil 4. Tasarım karşılaştırmaları

Ağırlık ve boyut ölçümlerinden herhangi bir sıkıntı ile karşılaşmamak için aracın panellerinde yarışma şartnamesinde belirlenen ölçülere bağlı kalınarak çeşitli delikler açılmış böylelikle hem ağırlık azaltılmış hem de araç görsel açıdan farklı bir görünüme sahip olmuştur. Su altı aracında elektronik elemanların bulunduğu iki (2) adet su geçirmez hazne, üst ve alt plakalara hazne tutucuyla sabitlenmektedir. Aracımızda altı (6) adet itici bulunmaktadır. İki (2) adet itici yan plakalara bağlanmış, diğer dört (4) itici ise motor tutucularına bağlanarak yan plakalara tutturulmuştur (Şekil 5).



Şekil 5. İnsansız su altı aracının farklı açılardan görünümü. (a) soldan görünüş (b) İskelet, (c)önden görünüş, (d) farklı açılardan görünüş

4.2.1.3. Tasarım ve Parçalar

Sızdırmaz Hazne: Su altı aracında kullanılmış olan elektronik elemanların yerleştirildiği haznedir.

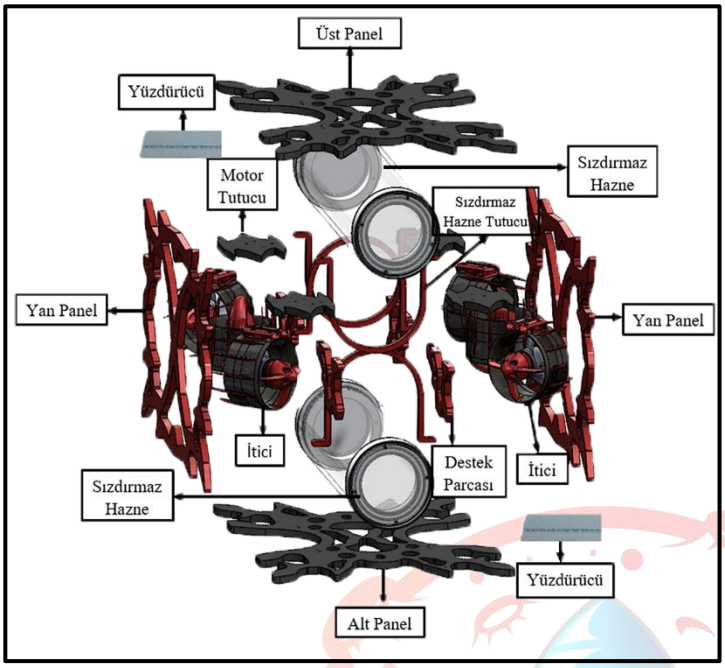
Üst ve Alt Panel: Polietilen malzeme ile üretimini yaptığımız panellere, yan paneller ve sızdırmaz haznenin sabitlenmesi için vida delikleri açılmıştır. Parçanın göze hitap etmesi ve dikey yönde su direncini azaltmak için boşluklar oluşturulmuştur.

Yan Paneller: Polietilen malzeme ile üretilmiştir. İticilerin hepsi yan panel üzerine vidalarla sabitlenmiştir. Dikey motorların tamamı araç hareketsiz halde iken su içerisinde kalmaktadır. Bu sayede araç çok rahat bir şekilde dalış yapabilmektedir.

Motor Tutucu: Ön ve arkadaki dört (4) adet itici, motor tutucular sayesinde yan panellere sabitlemiştir. Tasarımı sayesinde suyun yanlara dağılmasını sağlamaktadır.

Destek Parçası: Motor tutucu ile üst panele bağlanmaktadır. Motorun gücüne karşı motor tutucuların esnemesini engellemektedir. Bu sayede aracın daha stabil olmasını sağlanmaktadır.

Sızdırmaz Hazne Tutucu: Üst ve alt panellere vidalarla tutturulmuştur. Amacı sızdırmaz haznelerin araç ilerlerken sabit kalmasını sağlamaktadır (Şekil 6).

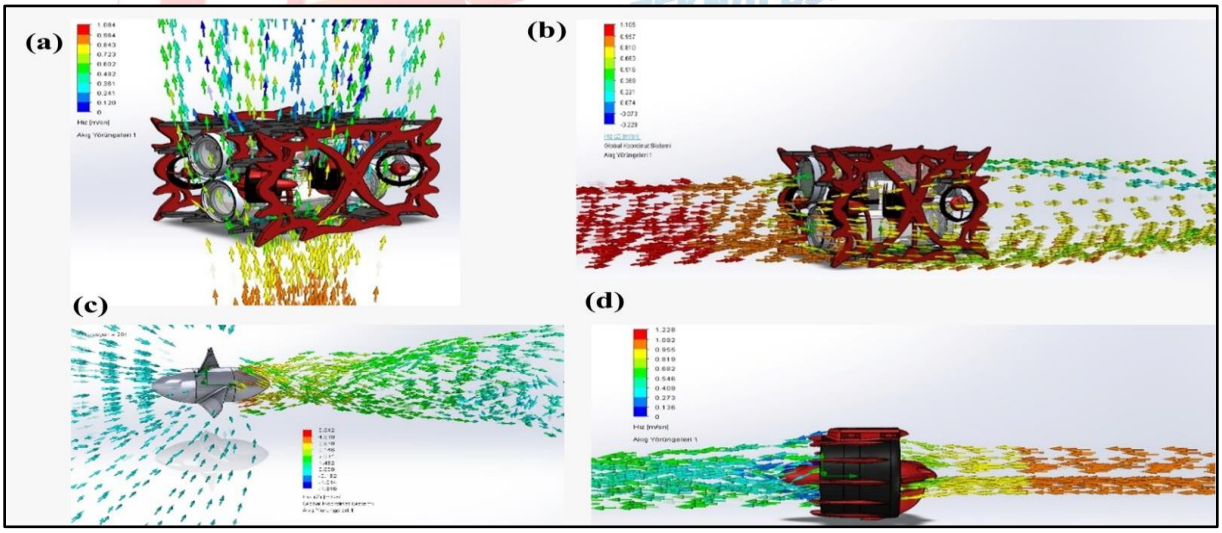


Şekil 6. Aracın bütün bileşenlerinin detaylı konumları

İticiler: Su altı aracımızda altı (6) adet itici bulunmaktadır. PLA filamentten üretilmektedir. Kendi tasarladığımız pervaneler ve iticinin dış duvarı sayesinde itki sağlamaktadır. İticilere yapılan itki testi soncunda 2.8 kilogram itki sağlamaktadır.
Yüzdürücüler: Su altı aracının suda yüzer şekilde kalması için alt ve üst panellere yüzdürücü köpük koyulmaktadır.

4.2.1.4. Tasarım Analizleri

Araç, pervane ve itici analizleri Solidworks Flow Simulation programında suyun akış hızını 1 metre/saniye alınarak akış analizleri çıkartılmıştır. Yapılan analizler sonucunda aracımız toplam 7,9 Newton kuvvet uygulamaktadır. Belirlenen hıza yarı güçten daha az bir güçle hareket edebilmektedir. Çeşitli tasarımlar yapıp, analizlere sokulan pervanelerden en iyisini optimize edilerek 28 Newtonluk itki kuvvetine ulaşılmıştır.



Şekil 7. Aracın dikey (a) yatay (b) eksende akış analizi. Pervanenin (c) ve nozulun(d) yatay eksende akış analizi,

4.2.2. Malzemeler

Geliştirilen su altı aracının hareket kabiliyetini üst seviyelerde tutabilmek için aracın ağırlık kriteri, su emilim kapasitesinin düşük olması gerekmektedir. Bu nedenle hidrofobik yüzeyli malzeme seçilmesi, suyun direnci, su içinde yüzebilen malzeme seçimi ve malzeme seçiminde ortaya çıkardığımız ürünün özgünlüğü ön planda tutulmuş ve malzemeler kullanıldığı bölge, özellikleri ve seçim nedenleri detaylı bir şekilde Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Araçta kullanılan malzemeler, kullanım bölgeleri, malzeme özellikleri ve seçim nedenleri

Malzeme Adı	Malzeme Kullanılan Bölge	Malzeme Özellikleri	Malzeme Seçim Nedeni	Hazır Alınan	Geliştirilen Tasarlanan
Pleksiglass (Akrilik Cam)	Sızdırmaz Hazne	Kolayca işlenebilir, ışığı taşır, darbelere ve yüke dayanıklıdır.	Elektriksel sistemleri korumak amacı ile pleksiglass kullanımına karar verilmiştir.	✓	
Alüminyum (6061 T6 Kodlu)	Sızdırmaz Hazne Kapak Hazne Tutucu Parça	Dayanıklılık ve hafiflik oranını yüksektir.	Korozyon direncinin yüksek olması en önemli seçilme sebebidir.	✓	
Polietilen Levha	Araç Şase	Yaşlanmaya ve korozyona karşı dayanıklıdır. Uzun ömürlüdür.	Kullanabilirlik, erişilebilirlik ve dayanıklılık açısından en uygun malzemedir.		✓
PLA Flament	İticiler Aydınlatma Pervaneler	Suya ve ısıya karşı duyarlıdır. Dayanıklıdır.	Üretim kolaylığı ve uygunluğu nedeniyle tercih edilmiştir.		✓
Paslanmaz Krom	Vida ve Somun	Suya dayanıklı ve sağlamdır.	Kullanım kolaylığı ve uygunluğu nedeniyle tercih edilmiştir.	✓	

4.2.3. Üretim Yöntemleri

Üretilmiş olan su altı aracı için kullanılan ve kullanılacak üretim yöntemleri kolaylık, maliyet ve elverişlilik maksimum olacak şekilde seçilmiştir. Tablo 2'de su altı aracında kullanılan üretim yöntemleri, kullanıldığı bölge ve üretim yöntemi seçimi nedenleri detaylı olarak açıklanmıştır.

Tablo 2. Araçta kullanılan bileşenlerin üretim yöntemleri ve kullanılan üretim yönteminin seçim nedeni

Kullanılan Üretim Yöntemi	Kullanılacağı Bölge veya Kullanım Amacı	Üretim Yöntemi Seçim Nedeni
Döküm İle İmalat	Sızdırmaz Hazne	Bu yöntem sayesinde haznenin deformasyonu azalmaktadır. Ayrıca ürünün her noktası aynı et kalınlığına sahip olmaktadır. Döküm pleksiglassın maliyetinin fazla olması dezavantaj iken yüksek toleranslı imalata sahip olması ve deformasyon katsayısının düşük olması avantajdır.
Talaşlı İmalat	Sızdırmaz Hazne Kapak Araç Şase Delikleri	Farklı malzemelerin işlenebilir olması, hassas tolerans aralıklarına sahip parçalar üretilebilir olması, vida açma, delik delme, düzgün, köşe ve geometrili parçalarda düzgün ölçüler ve temiz yüzeyler elde edilebilir olması gibi etkenler talaşlı imalat yönteminin tercih edilmesinde önemli etkileri olmuştur.
CNC Kesim	Şase Plakaları	Kesim yapılacak ürün, malzemelerde herhangi bir deformasyon oluşmasına izin vermemesi, kesim sırasında ve sonrasında herhangi bir pürüz ve çapak oluşturmaması, oldukça küçük ebatlarda delik delebilme özelliği sunması, kalıp maliyeti ortaya çıkmasına engel olması, kesim sırasında malzeme ile temas gerektirmediğinden malzemede eğilme, bükülme gibi hasarlara neden olmaması gibi sebeplerden dolayı tercih edilmiştir.
Taşlama ve Çapak Alma	Üretim Sonrası Kaba Çıkıntılar	Üretim sonrası oluşan rahatsız edici üretim problemleri ortadan kaldırılması amaçlanarak kullanılmaktadır. Yüksek doğruluk ve tekrar edilebilirlik ile kalite sürekliliği sağlanır.
Lehim İşlemi	Elektronik Sistem ve Kablo Bağlantıları	Elektronik kartlar ve sistemler üzerinde kaliteli bağlantılar gerçekleştirmek amacı ile kullanılmaktadır.
3 Boyutlu Baskı	Pervane ve İtici	Herhangi bir problemde kolayca üretilmesi ve ulaşılabilirliği olması üretim riskinin az olması ayrıca uygun fiyatlı olması bu yöntemin seçilmesindeki nedenlerdendir.
Vidalama Yöntemi	Araç Montajı	Araç tasarımı yapılırken yerleştirilen vidalama delikleri montaj yapılırken vidalanır ve aracın bir bütün halinde tutulması sağlanır.
Zımparalama	Araç Üzerindeki Pürüzlü ve Tehlike Arz Eden Yüzeyler	Sivri ve pürüzlü yüzeyleri ortadan kaldırmanın en uygun yolu olduğu düşünüldüğü için tercih edilmektedir. Kullanılacak zımpara türü kullanılan yüzeye ve malzemeye göre değişkenlik göstermektedir.

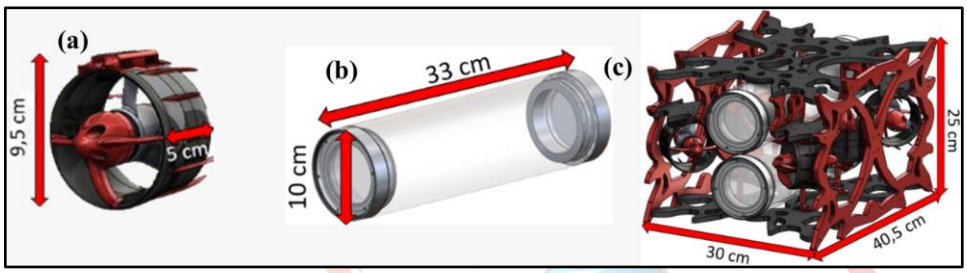
4.2.4. Fiziksel Özellikler

Ekibimiz yaptığı kütle bütçesi ve ölçümler sonucunda yarışma şartnamesinde belirtilen "Ebat Puanlaması" ve "Ağırlık Puanlaması" bölümlerinde belirtilen en yüksek puana uygun olarak

araç tasarımını gerçeklemiştir. Yapılan ölçümler ve hesaplamalar Tablo 3 ve Şekil 8'de gösterilmiştir.

Tablo 3. Kütle ve hacim hesapları tablosu

Mekanik Kütle	4753.65 gram
Elektronik Kütle	3186.85 gram
Toplam Kütle	7940,50 gram
Araç Hacmi	7985503.21 mm^3



Şekil 8. İtici boyutu (a), sızmaz hazne boyutları (b), araç boyutları (c)

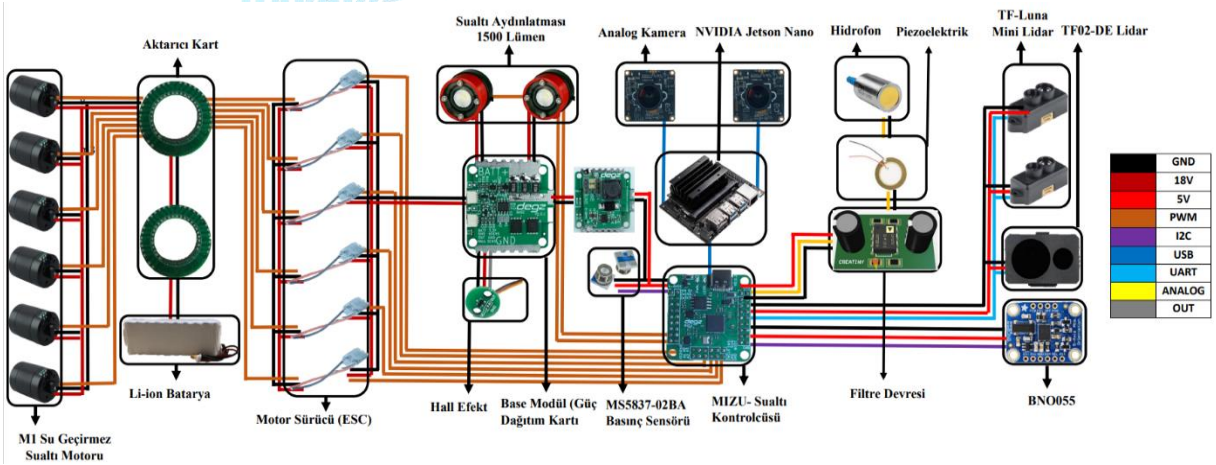
Su altı aracımızın yüzerliğini sağlamak amacıyla itki sistemi kullanılacak ve mekanik olarak dengesini sağlamak için üst panelde bulunan boşluklara yüzdürücü konumlandırılacaktır.

4.3. Elektronik Tasarım, Algoritma ve Yazılım Tasarımı

Aracımızın elektronik tasarımı, algoritma ve yazılım tasarımında yerlilik ve özgünlük ön planda tutulmuştur. Elektronik sistemimiz, yarışmada belirtilen şartlar ve görevleri yerine getirebilmesi için tasarlanmış ve üretilmiştir.

4.3.1. Elektronik Tasarım Süreci

Ekip üyelerimiz özgün ve yerli bir elektronik tasarım dizayn etmiştir. Böyle bir final tasarımında karar kılınmasının sebepleri; bileşenlerin güç ihtiyaçlarının güvenli bir şekilde karşılanması, yüksek doğruluğa sahip sensörlerin kullanılması, araca yön veren motorlarımızın düzenli şekilde sürülebilmesi ve Jetson NANO ile MIZU arasındaki haberleşmenin kesintisiz bir şekilde sağlanmasının amaçlanmasıdır. Aracın elektronik sisteminde bulunan bileşenler ve bileşenlerin bağlantılarına Sekil 9'da verilmiştir.



Şekil 9. Elektronik tasarım

4.3.1.1. Elektronik Tasarım Süreç Adımları

Elektronik Tasarım sürecinde ilk olarak geçmiş deneyimlerimize dayanarak kullanılacak sensörlere ve görev bilgisayarına karar verilmiştir. Ardından sensörlerin haberleşme protokollerine göre ihtiyaç duyulan pin sayısına bağlı olarak yüksek hızlı RP2040 işlemcisi kullanılmasına karar verilmiştir. Daha sonra karar verilen bileşenleri içeren MIZU kartımız Altium Designer programı kullanılarak tasarlanmıştır. Görev bilgisayarına bağlanılacak kameralara karar verilmiştir. Tüm bileşenlerin belirlenmesinin ardından güç bütçesi yapılmıştır. Hesaplarımız sonucunda ihtiyacımızı karşılayan kapasiteye sahip bataryaya karar verilmiştir. MIZU kartı üretildikten sonra gerekli testler yapılmış, testlerin ayrıntılarına testler başlığı altında yer verilmiştir.

4.3.1.2. Elektronik Bileşenler

Kablolar: Aracımızda yüksek güç isteyen kısımlarda güç dağıtımının yapılması amacıyla yüksek gerilim ve akımlara dayanıklı olan AWG kablolar, sinyal ve haberleşme gibi yüksek güç istenmeyen bölgelerde bağlantı yapılabilmesi için Şekil 10a'da gösterilen LIYY kablo kullanılmasına karar verilmiştir.

Motor Sürücü: Sistemimizde motorların yüksek akım çekme durumunda güvenlik problemlerinin önlenmesi ve motorların sürülebilmesi amacıyla 30A'lik altı (6) adet motor sürücü kullanılacaktır. Blheli-S yazılım desteği olan Şekil 10b'deki motor sürücümüz iki yönlü olacak şekilde programlanmıştır.

Motor: Aracımızın hareket fonksiyonlarının yerine getirilebilmesi amacıyla Şekil 10c'de gösterilen altı (6) adet M1 model motor kullanılacaktır. Motorlarımızın sürekli akımı 11A, maksimum akımı 40A olan fırçasız motorlardır. Motorlarımız tuzlu suya dayanıklı rulmanlara sahiptir. Ayrıca anodize aliminyum gövdeden üretilmişlerdir.

Batarya: Ekibimiz kullanılacak olan bileşenlerin güç bütçesini yapmıştır. Hesaplamalar sonucunda aracın güç kapasitesini karşılayan, hücresi 2500mAh (mili Amper saat) olan LG/Hg2 pillerin kullanılmasına karar verilmiştir (LG Chem, 2015). Bu pillerden oluşan 5S, 6P'lik bir Li-ion batarya kullanılmasına karar verilmiştir. Şekil 10d'de gösterilen bataryamızın kapasitesi 18.000 mAh'dir.

Basınç Sensörü (MS5837-02BA): Şekil 10e'de gösterilen sensör, havuz içindeki derinliği saptamak amacıyla kullanılacaktır. Güç dağıtım kartının üzerinde bulunan basınç sensörümüz, sızdırmazlığı sağlanarak güvenli bir şekilde veri alması sağlanmaktadır. Çalışma gerilimi 5V'dur. I2C haberleşme protokolüne sahip olan sensörümüzün verileri MIZU kartımız yardımıyla okunacaktır.

Güç Dağıtım Kartı (Base Modül): Şekil 10f'de gösterilen kart bataryadaki gücün gerekli elektronik elemanlara dağıtmasını sağlayan araçtır. Üzerinde bulunan hall efekt sensörü mıknatıs yardımıyla aracın sızdırmaz haznesi açılmadan elektronik sistem açılıp kapanabilmektedir. Acil durum butonu olarak da kullanılmaktadır.

MIZU Modül: Takımımızın kurucularının kurmuş olduğu şirket olan DEGZ Robotik Sanayi Ltd. Şti. ile ortaklaşa tasarlayıp ürettiğimiz Şekil 10g'de gösterilen kart olan MIZU, RP2040 mikroişlemcisini bulundurmaktadır. RP2040'ın seçilme sebebi tüm analog ve digital pinlerinin haberleşme pini olarak kullanılabilmesidir (Pi, 2020). Aracın kontrol, navigasyon, güdüm algoritmaları bu kartta işlenecek olup sensör verileri de MIZU'nun haberleşme pinleri ile

okunacaktır. Olası pin ihtiyacı durumlarına karşı işlemcimizin bütün pinleri headerlar yardımıyla kart üzerinde bulunmaktadır.

Jetson Nano: Güçlü işlemci ve NVDIA Cuda çekirdekleri sayesinde görüntü işleme ve yapay zeka algoritmaları Şekil 10h'da gösterilen Jetson Nano üzerinde çalıştırılacaktır. Su altı aracından gelen veriler arayüze Jetson Nano tarafından iletilecektir.

USB Kamera: Şekil 10ı'da gösterilen kamera görüntü ve yapay zeka algoritmalarında görüntüyü sağlayacak elemandır. 8 Megapiksele ve 30 fps (frame per second) video yenileme hızına sahiptir. Jetson Nano' ya USB kablo yardımıyla bağlanacaktır.

Lidar (TF-Luna Mini ve TF-02 DE): Şekil 10i-j'de gösterilen lidarların ölçüm aralıkları sırasıyla 0-12 ve 0- 22 m'dir. Çalışma gerilimleri 5V olup haberleşme protokolleri UART'tır. Su altı aracının önünde, sağında ve solunda bulunacaktır. Aracın sağında ve solunda bulunan mini lidarlar aracın sağ ve sol duvar arasındaki mesafeyi, DE lidarlar aracın önündeki duvar ile arasındaki mesafeyi ölçecektir.

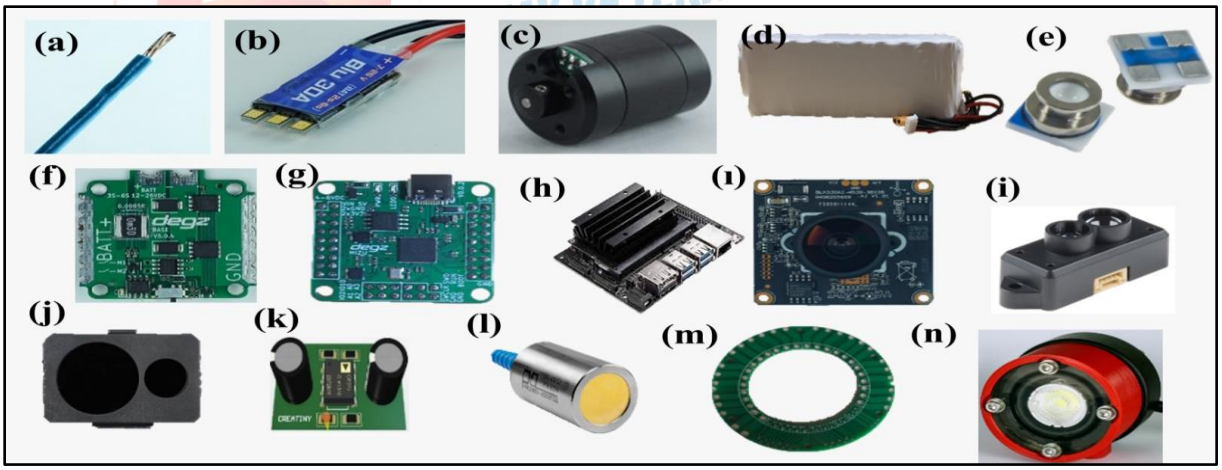
BNO055: Gyro sensörü olan BNO055 su altı aracının gyro verileri elde edilecek olup PID algoritması gyro sensöründen gelen veriler yardımıyla çalıştırılacaktır. 5V çalışma gerilimine sahiptir. Haberleşme arayüzü I2C haberleşmesidir. Yenileme hızı 100Hz'dir ve 9 eksene sahiptir (Bosch, 2014). İçerisinde bulundurduğu manyetometre ve pusula sayesinde gyro verilerini düzenli bir şekilde okumaktadır.

Filtre Devresi: Hidrofondan okunacak verinin belirli desibel aralıklarında okunması için Şekil 10k'de gösterilen filtre devresi tasarlanmıştır. Filtre devresinin içerisinde 10uF'lık kondansatör, 47nF'lık seramik kondansatör, 3 tane 100 kohm direnç, 1 tane 10kohm potansiyometre ve 1 tane TL082 OP-Amp paketi bulunmaktadır.

Piezoelektrik ve Hidrofon: Hidrofon içerisinde bulundurduğu piezoelektrik sayesinde ses dalgalarını algılamaktadır. Şekil 10l'te gösterilmiştir.

Aktarıcı ve Güç Aktarım Kartı: Sızdırmaz hazne dışındaki elektronik elemanların hazne içindeki elektronik elemanlar ile bağlantısını sağlayan Şekil 10m'de gösterilen karttır. Sızdırmazlığının sağlanması adına üzeri epoksi ile kaplanmaktadır. Kart üzerinde 8 motor giriş, çıkışı, güç dağıtım pini ve basınç sensörü bulunmaktadır.

Aydınlatma Devresi: Su altı kamera çekimlerinde ortamın ışık şiddetini ayarlayabilmek için tasarlanmıştır. 500-1500 lümen arası ışık akısını desteklemektedir. Şekil 10n'de gösterilmiştir.



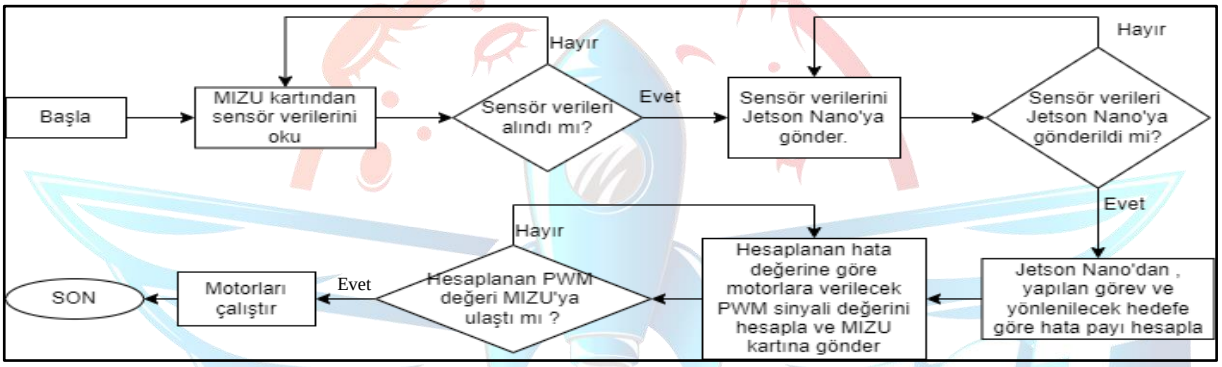
Şekil 10. Lily kablo (a), motor sürücüsü (b), M1 fırçasız motor (c), batarya (d), basınç sensörü (e), güç dağıtım kartı (f), MİZU (g), jetson nano (h), USB kamera (ı), lidar (i,j), filtre devresi (k), hidrofon (l), güç aktarım kartı (m), aydınlatma (n)

4.3.2. Algoritma Tasarım Süreci

Algoritma tasarım süreci bölümünde aracımızın kontrol/navigasyon/güdüm fonksiyonlarını yerine getirebilmesi için kullanılacak olan algoritmalar ayrıntılı bir şekilde açıklanmış ve akış diyagramlarına yer verilmiştir.

4.3.2.1. Gömülü Yazılım Algoritması

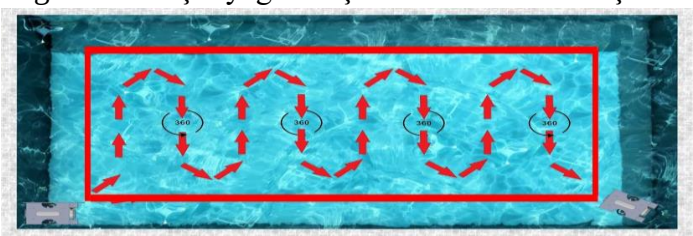
Aracımızda kullanacağımız sensörlerin verileri MIZU kartı ile okunacaktır. MIZU'dan okunan değerler Jetson NANO'ya gönderilecektir. Jetson Nano verileri alacak, aynı zamanda görev esnasında hesapladığı hata değerlerine göre ölçtüğü motor PWM değerlerini MIZU'ya aktaracak ve motorların çalıştırılması sağlanacaktır. Böyle bir final tasarımının seçilmesinin sebebi görev esnasında sensör verilerini okuduğumuz ve motorları süren kart MIZU ile görev bilgisayarı olan Jetson NANO arasındaki veri haberleşmesinde hiçbir kayıp olmamasının sağlanmasıdır. Algoritma akış diyagramına Şekil 11'de yer verilmiştir.



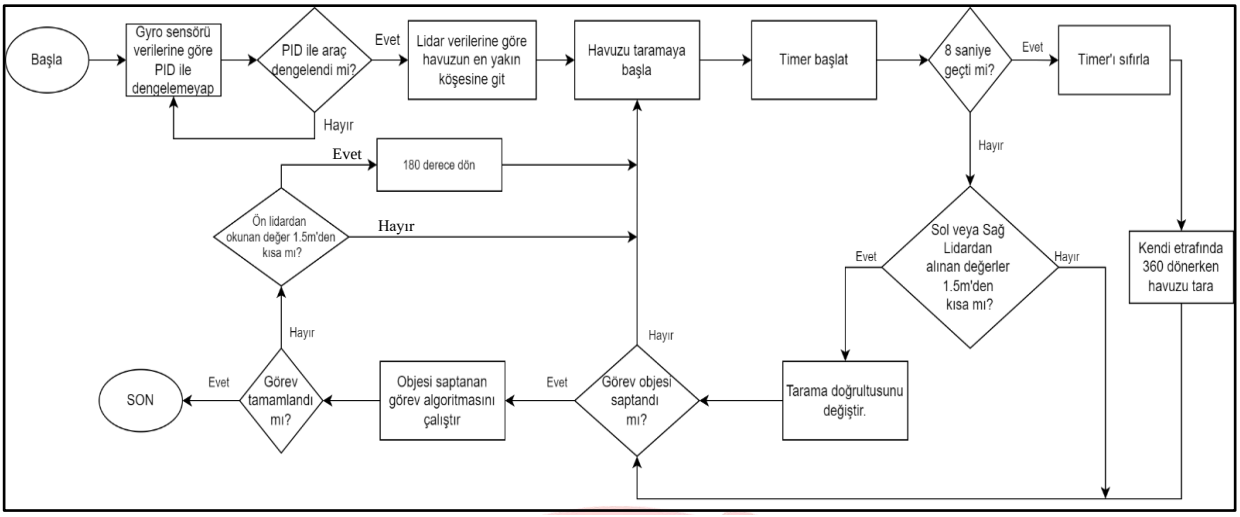
Şekil 11. Gömülü yazılım akış diyagramı

4.3.2.2. Havuz Tarama Algoritması

Aracımızın yarışma görevlerini başarılı bir şekilde tamamlayabilmesi için havuzun tamamını tarayacak bir algoritma üzerinde çalışmalarımız devam etmektedir. Bu algoritmadaki amacımız su altı aracımızın havuzun neresinden konulursa konulsun araca entegre edilen lidarlar sayesinde havuzun duvarları ile arasındaki mesafeyi algılayarak, aracın kendisine en yakın köşesine gidip havuzun tamamını Şekil 12'deki gibi taramasıdır. Yapılan testlerde aracımızda bulunacak kameraların görüş açıları tespit edilmiş ve bunun sonucunda aramanın yapılacağı dikdörtgen alan Şekil 12'de gösterilmiştir. Aracımızda bulunan görev bilgisayarı olan Jetson NANO, MIZU kartından sensör verilerini alacak ve aldığı gyro sensör verilerine göre bir PID algoritması ile dengeleme yapacaktır. Görev objeleri algılanana dek tarama algoritması çalışacaktır. Görev objesi algılandığında ilgili görevin algoritması çalışacaktır. Böyle bir tasarımın seçilmesinin sebebi aracın görev süresi içerisinde havuzun tamamını taramasıdır. Algoritma akış diyagramı Şekil 13'de belirtilmiştir.



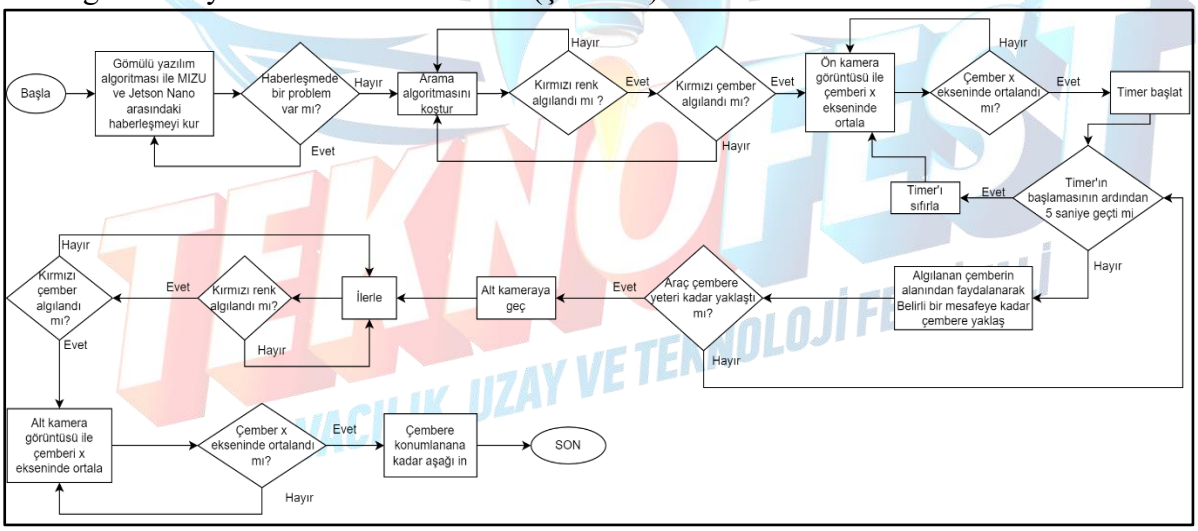
Şekil 12. Havuz tarama şeması



Şekil 13. Havuz tarama akış diyagramı

4.3.2.3. Renk Tespiti ve Konumlanma Görevi Algoritması

Aracımızın ön kısmında bulunan kamera göreve başlamadan önce kamera modülüne 30° açıyla konumlandırılacaktır. Görev esnasında, kırmızı renk algılanana kadar arama algoritması ve renk algılama algoritması çalışacaktır. Aracımız kırmızı rengi algıladıktan sonra yerine göre hata payı hesaplayacak ve aracın çemberleri ortalaması sağlanacaktır. Bu tasarımın seçilmesinin sebebi aracın havuzu tamamen tarayıp kırmızı çembere konumlanmasının en hızlı ve en güvenilir yoldan tamamlanmasıdır (Şekil 14).

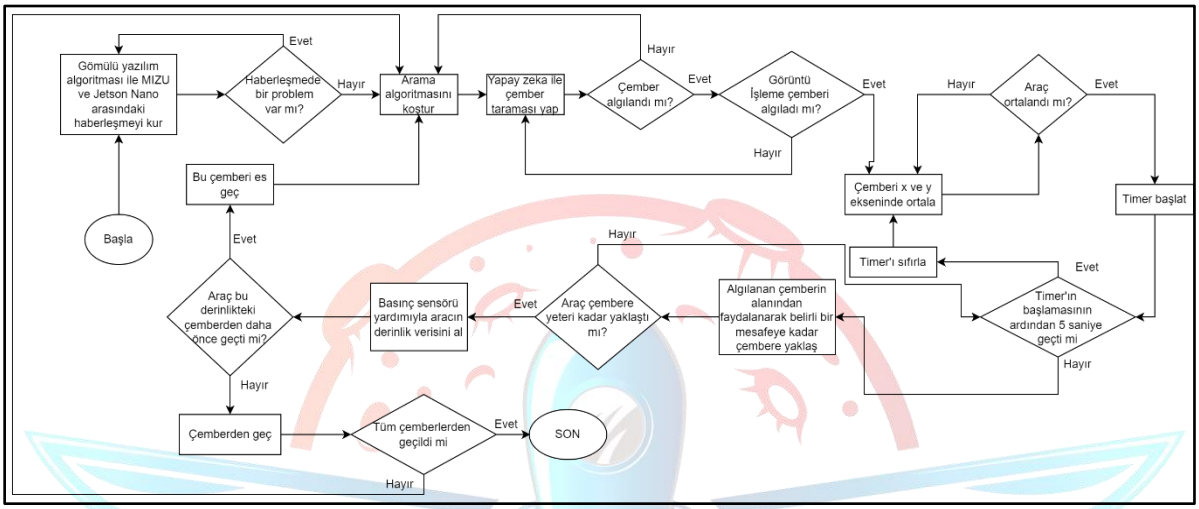


Şekil 14. Renk Tespiti ve Konumlanma Akış Diyagramı

4.3.2.4. Hedef Tespiti ve Geçişi

Görev esnasında çemberlerin algılanması için arama algoritması ve eğitilen yapay zeka, görüntü işleme ile çember algılanana kadar birlikte çalıştırılacaktır. Çember algılandıktan sonra Hough Circle Detection algoritması kullanılarak hata payı hesaplanacaktır. Bu hata payı kullanılarak motorlara güç verilecek ve aracın çemberi iki eksenli (x ve y ekseninde) ortalaması sağlanacaktır. Araç çemberi ortaladıktan sonra çembere doğru ilerleyecek ve her 5 saniyede bir çemberin ortalanıp ortalanmadığını kontrol edilecektir. Eğer ilerlerken çemberin ortasını kaçırırsa tekrar çemberi ortalayacak ve çembere algoritmada belirlenen piksel aralığına

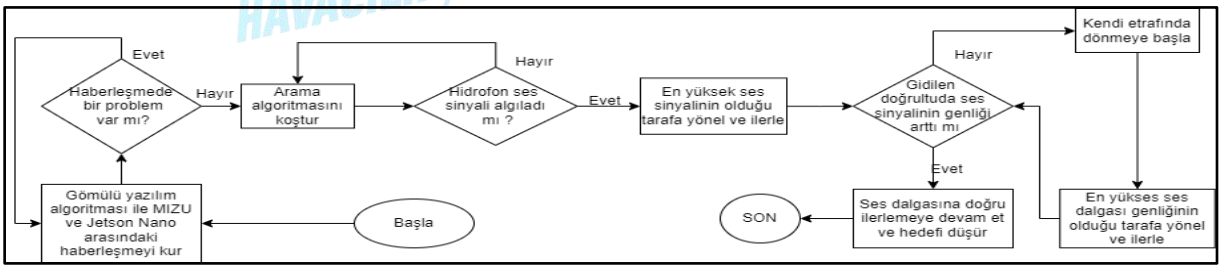
gelinceye kadar bu kontrolleri tekrarlayacaktır. Çembere yaklaştıktan sonra çemberin içerisinden geçecektir. Çemberden geçildikten sonra çemberin alanından ve derinliğinden faydalanılarak çemberin büyük/küçük/orta boy çember olduğu hafızaya kaydedilecektir. Bu sayede içerisinden geçilen çemberden bir daha geçilmeyecektir. Araç aynı anda birden çok çember algıladığı zaman büyük olan çembere öncelik verilecektir. Tüm havuzu tarayarak görevde bulunan üç çemberden de görev süresi içerisinde eksiksiz bir şekilde geçebilmesi için final tasarımının aşağıda açıklanan şekilde olmasına karar verilmiştir (Şekil 15).



Şekil 15. Hedef tespiti ve geçişi akış diyagramı

4.3.2.5. Hedef Tespiti ve İmhası Algoritması (Pasif Akustik Yöntemi İle)

Pingerli hedef görevi için hidrofon ile gürültü filtresi kullanılacaktır. Hidrofon ses algılayana kadar arama algoritması koşturulacaktır. Hidrofon ses dalgalarını algılayacak, ardından filtre devresi yardımıyla 120-160 db ses aralığını filtreleyecektir. Filtrelemenin sebebi yansıyan ses dalgalarının elemine edilmesidir. Filtrelenen ses dalgası MIZU kartında işlenerek 120-160 db arası en yüksek ses genliği algılanacak ve araç o yöne doğru hareket edecektir. Sinyaller işlenerek aracın gittiği doğrultuda ses dalgalarının genliği artıyor mu diye kontrol edilecek, artıyorsa araç gittiği doğrultuda pingerli hedefe yaklaşmaya devam edecektir. Eğer ses dalgasının genliğinde azalma olursa araç kendi etrafında dönerek başka genliği yüksek ses dalgası var mı tespit edecek ve o yöne yönelecektir (Şekil 16).

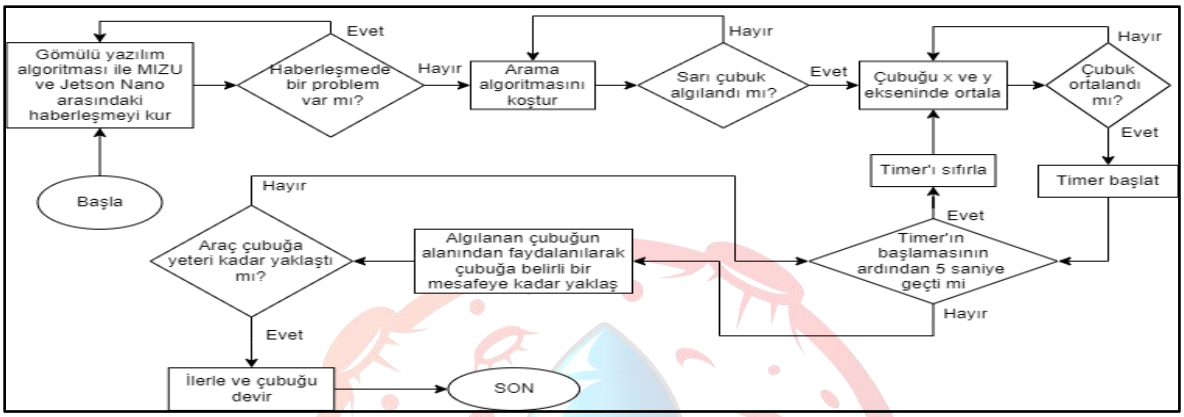


Şekil 16. Hedef Tespiti ve İmhası Akış Diyagramı (Pasif Akustik Yöntem)

4.3.2.6. Hedef Tespiti ve İmhası Algoritması (Görüntü İşleme Yöntemi İle)

Pasif akustik yöntemde yaşanacak herhangi bir problem dahilinde ekibimiz görevi başarılı bir şekilde görevin tamamlanması için hedef tespiti ve imhası görevinin görüntü işleme yöntemi ile yapılması adına algoritma geliştirmiştir. Bu algoritmaya göre araç pingerli hedefin

sabitleneceği çubuğun rengi olan sarıyı algılayana dek arama algoritmasını koşturacaktır. Renk algılandıktan sonra sarı renkli çubuk x ve y düzleminde ortalanacaktır. Ortalama yapıldıktan sonra çubuğa belirlenen piksel aralığına gelinceye kadar araç ilerleyecektir. İlerleme esnasında her 5 saniyede bir olmak üzere araç çubuğun ortalanıp ortalanmamasını kontrol edecek ve ortalanmadıysa tekrar ortalayacaktır. Çubuğa belli bir mesafe yaklaşıldıktan sonra araç düz gidecek ve çubuğu devirecektir (Şekil 17).



Şekil 17. Hedef Tespiti ve İmhası Akış Diyagramı (Görüntü İşleme Yöntemi)

4.3.3. Yazılım Tasarım Süreci

Algoritma tasarım süreci bölümünde aracımızın kontrol/navigasyon/güdüm fonksiyonlarını yerine getirebilmesi için kullanılacak olan yazılım süreçleri, kullanılan programlama dilleri ve seçilme nedenleri ayrıntılı bir şekilde verilmiştir.

4.3.3.1. Gömülü Yazılım Tasarım Süreci

Sensör verilerinin MIZU'dan okunması için Arduino IDE'den C programlama dili kullanılarak yazılan bir yazılım kullanılacaktır. Arduino IDE kullanılmasının sebebi birçok sensörün kütüphanesine ulaşım kolaylığının olmasıdır. C programlama dili kullanılmasının sebebi ise Arduino IDE kullanılmasıdır. MIZU ile Jetson NANO kartı arasındaki haberleşme USB kablo üzerinden UART haberleşmesi kullanılarak 9600 baud rate ile sağlanacaktır. Jetson Nano'dan verilerin okunabilmesi için Python yazılım dilinde bir yazılım yazılmıştır. Python dilinin kullanılmasının sebebi ekibimizin bu dile olan aşinalığı ve yazılım kolaylığıdır. Bu yazılıma pySerial kütüphanesi import edilmiş ve USB portundan gelen verilerin okunması ve MIZU'ya veri gönderimi sağlanmıştır. Ayrıca Jetson Nano'da bulunan WIFI modülü sayesinde SSH kütüphanesi ve VNC programı kullanılarak Jetson Nano ile uzaktan bağlantı sağlanabilmektedir. Bu sayede Jetson Nano'ya yazılım yüklenebilmekte, haberleşme kontrol edilebilmekte ayrıca MIZU kartına kod yüklenebilmektedir. Gömülü yazılım ekibimiz tarafından yerli ve özgün olarak yazılarak gerekli testleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan testler ve sonuçları ile ilgili ayrıntılar testler başlığı altında açıklanmıştır.

4.3.3.2. Görüntü İşleme Yazılım Süreci

Aracımız algoritmalar kısmında ayrıntılı şekilde açıklanan aracın kontrol/güdüm ve navigasyon algoritmalarının yazılımlarında kullanılacak olan görüntü işleme kodlarını Python yazılım dilini kullanarak OpenCV kütüphanesi ile yazmıştır. Ekibimizin Python yazılım dilini kullanmasının sebebi OpenCV kütüphanesinin bu dil ile yazılım kolaylığı ve ekip üyelerinin dile olan

aşinalığıdır. Görüntü işleme kodları ekibimiz tarafından yerli ve özgün bir biçimde yazılmış ve testleri yapılmıştır. Yapılan testler, testler başlığı altında ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır.

4.3.3.3. Yapay Zeka Yazılım Süreci

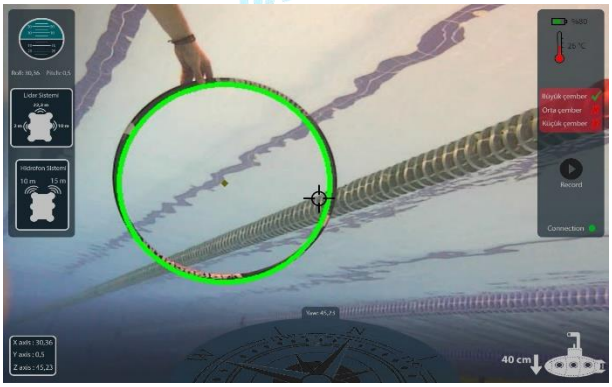
Hedef tespiti ve geçişi sistemimiz, nesne tespiti, konumlandırma ve hedeften geçiş aşamalarından oluşmaktadır. Su altı aracının keşif yapması ile gelen veriler hedefin konumu hakkında bilgileri aracımıza gönderecektir. Görüş açısında belirlenen yüzdelik kısımlara (%25 yatay ve %10 dikey) bir hedef çember girdiğinde tespit sistemi çalışmaktadır. Nesne tespiti için YOLO (You Only Look Once), SSD (Single Shot Detector) gibi algoritmalar bulunmaktadır. Yüksek doğruluk oranları ve hızlı çalışması nedeniyle YOLO algoritması tercih edilmektedir. Çeşitli yapay zeka modelleri ekibimiz tarafından eğitilip test edilmiş, bu testler testler kısmında ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır.

4.3.3.4. PID Yazılım Süreci

PID kontrol sistemlerinde yaygın olarak kullanılan geri beslemeli bir denetleyicidir. PID denetleyiciler sürekli olarak amaçlanan sistem durumu ile sistemin mevcut durumu arasındaki farkı hesaplamaktadır. Bu fark bir hata değerine eşitlenir. PID denetleyici sistemin girişini ayarlayarak hata değerini en aza indirmeye çalışmaktadır ve bu işlem hata değeri sıfıra eşitlenene kadar devam etmektedir. (Åström, 1988).
PID algoritması yazılımı gömülü yazılımımız içerisinde bulunmaktadır. Dolayısıyla bu yazılım da Arduino IDE kullanılarak C programlama dili ile yazılmıştır. PID algoritmamızın yazılımı ekibimiz tarafından tamamlanmış ve test aracımız üzerinde test edilmiştir. Test ile ilgili detaylar testler alt başlığı altında ayrıntılı şekilde açıklanmıştır.

4.4. Dış Arayüzler

Ekibimiz tarafından geliştirilen kullanıcı arayüzü için Qt Creator programı kullanılmıştır. Kullanıcı arayüzü işlediği verileri Fathom ROV Tether kablosunu, ethernet kablosu gibi kullanarak Jetson Nano modülü üzerinden almaktadır. Bu su üstü kontrol istasyonu ile haberleşme Jetson Nano ile bilgisayarımız arasındaki bağlantı ile sağlanacaktır. Arayüzün veri alma ve veri gönderme için yapılan haberleşmelerde C++ yazılım dili kullanılmıştır. Verilerin işlenerek grafiksel gösterimler haline gelmesi ise QML dili ile yazılmıştır. Tasarlanan arayüzün görünümüne Şekil 18'de yer verilmiştir. Halihazırda da şu an test aracımızın üzerinde kullanıcı arayüzü kullanılmaktadır.



Şekil 18. Dış arayüz

5. GÜVENLİK

Ekibimiz 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği yasası ve yarışma şartnamesinin 7. Bölümünde belirtilen Güvenlik İhtiyaçları başlığı esas alarak Ar-Ge çalışmalarını yürütmektedir. Geliştirilen su altı aracı yarışma şartnamesine uygun hale getirilirken, güvenlik önemlerine dikkat edilmekte ve sürekli denetim yapılmaktadır.

5.1. Üretim Sürecinde Alınacak Güvenlik Önlemleri

Bu bölümde belirtilen ekipmanlar 89/656/EEC sayılı Direktif: Kişisel Koruyucu Donanımların İşyerlerinde Kullanımı Hakkında Yönetmelik esas alınmıştır. Belirtilen tüm elemanlar ekibimiz tarafından aktif bir şekilde kullanılmaktadır. Ekibimiz çalışmalarını yaparken baret, can yeleği, koruyucu eldiven vb. malzemeleri oluşabilecek tehditlere karşı kullanmaktadır.

5.2. Çalışma Alanında Alınacak Güvenlik Önlemleri

Creatiny ekibi aracının yapıldığı ortamın güvenliğini ve düzenini sağlamak amacıyla 89/654/EEC sayılı Direktif: İşyerlerinde Alınacak Asgari Sağlık ve Güvenlik Gereklilikleri esas alınarak İş Sağlığı ve Güvenliği Kontrolü Tablosunda oluşturmuştur. Her bir ekip üyesi Tablo 4'te belirtilen İş Sağlığı ve Güvenliği Kontrolü Tablosunu doldurmalıdır. Tablo çalışma alanı içerisinde de konumlandırılmıştır. Belgeye uymayan kişiler çalışma alanına girememektedir.

Tablo 4. İş Sağlığı ve Güvenliği Kontrol Tablosu

İŞ SAĞLIĞI ve GÜVENLİĞİ KONTROLÜ	Uygunluk Durumu	
	Uygun	Uygun Değil
İş sağlığı ve güvenliği alanında bilgi edinilmesi desteklenmelidir.		
Kullanılacak ekipmanlar ile ilgili gerekli güvenlik bilgisine sahip olunmalıdır.		
Çalışma öncesi çalışma alanı iş güvenliği şartlarına uygunluğu tespit edilmelidir.		
Çalışma öncesinde çalışma alanından tehlike görebilecek kişiler uzaklaştırılmalıdır.		
Çalışma esnasında geçici işaretler çalışma alanına yerleştirilmelidir.		
Çalışma esnasında gerekli olacak koruyucu donanımlara (eldiven, koruyucu gözlük ve tulum vb.) sahip olunmalıdır ve kullanılmalıdır.		
Çalışma yapılırken yiyecek ve içecek tüketilmemelidir.		
Çalışma yaparken elektrikli cihazları kapalı halde prize takılmalıdır.		
Çalışma alanında bulunan kimyasal maddeler koklanmamalı ve ten ile temasından kaçınılmalıdır.		
Çalışma sonunda çalışma alanı kontrolü sağlanmalı, elektrikli cihazlar prizden çıkarılmalıdır.		
Çalışma sonrasında, çalışma alanı sonraki ekip üyeleri için iş güvenliğine uygun halde bırakılmalıdır.		

5.3. Su Altı Aracı Güvenliği

Su Altı aracı güvenliği bölümü mekanik, yazılım ve elektronik güvenlik olarak 3 bölümde ele alınmıştır.

5.3.1. Araç Elektronik Sistemler Güvenliği

Acil Durdurma Butonu ve Güç Kesme Sistemi: Ekibimiz araç üzerinde manyetik sistemle çalışan bir acil durdurma butonu yerleştirmiştir. Araç içerisinde elektriksel olarak 18,5 Volt ve 45 A üstü gerilim ve akım oluşmaktadır. Belirtilen değerler olası bir hatada ve kazada insan hayatını ve aracı tehlikeye atmaktadır. Bu tarz durumların önüne geçmek için aktarıcı kartın üzerinde acil durdurma butonu kullanılmaktadır.

Kısa Devre Kontrolü: Ana ve alt hazne de bulunan elektriksel parçaların nem ve su ile temasa geçmesini engelleyip kısa devre veya benzeri bir durum yaşanmaması için epoksi kaplama işlemi uygulanmaktadır.

Gerginlik Kontrolü: Araç üzerinde bulunan bağlantıların gergin olmamasına dikkat edilmiştir ve ani hareketlerde esneklik sağlayabilmektedir.

5.3.2. Araç Mekanik Sistemler Güvenliği

Motor Koruyucular ve İzolasyonu: Pervanelerin gücünü arttırmak ve motorda oluşabilecek herhangi bir sorunda motora kolayca erişebilmek amacıyla motor koruyucu tasarlanmıştır. Motorların suya karşı izolasyonunu sağlamak için epoksi ile kaplama yöntemi uygulanmıştır.
Sızdırmaz Parçalar: Sızdırmazlık kullanılan oringler ile sağlanmaktadır. Sızdırmaz parçalar belirli periyotlarla kontrol edilmekte ve değiştirilmektedir.
Araç ana gövde koruyucular: Yarışma şartnamesinin 7. Bölümünde belirtilen "Aracın ana gövdesi üzerinde keskin noktalar bulunmayacak ve yuvarlatılacaktır." isterini aracımızın karşılayıp karşılayamadığını görmek amacı ile ana gövde koruyucu sistemi geliştirilmiştir. Aracın tasarımında polietilen malzeme kullanılmıştır ve keskin noktalar bulunmaması için insana zarar verebileceği düşünülen her bir köşesine radius atılmıştır. Aracımızın detaylı tasarımlarına mekanik tasarım süreci bölümünde yer verilmiştir.
Gevşek parça kontrolü: Aracımız üzerinde bulunan cıvata ve somunların gevşeme durumları sürekli olarak ekibimiz tarafından kontrol edilmektedir.

5.3.3. Yazılım Güvenliği

Güvenli yazılım mimarisi, olası saldırılara karşı önlemler alınarak tasarlanmıştır. Kullanıcı ve yazılımın gerekli işlemleri gerçekleştirirken ihtiyaç duyacağı en optimum yetkisine sahip olmasıdır. Erişimler sürekli kayıt altında tutulmaktadır.

5.4. Çalışma Alanı Güvenlik Uyarıları

Ekibimizin çalışma alanında bulunması gereken levhalar Şekil 19'da verilmiştir. Levhalar kuralları hatırlatmakta, olası kaza ve aksamaların önüne geçmektedir.

Şekil 19. Güvenlik Levhaları

6. TEST

Bu bölüm 3 alt başlık altında toplanmış, yapılan ve yapılması planlanan testler, testlerin sonuçları hakkında bilgi verilmiştir.

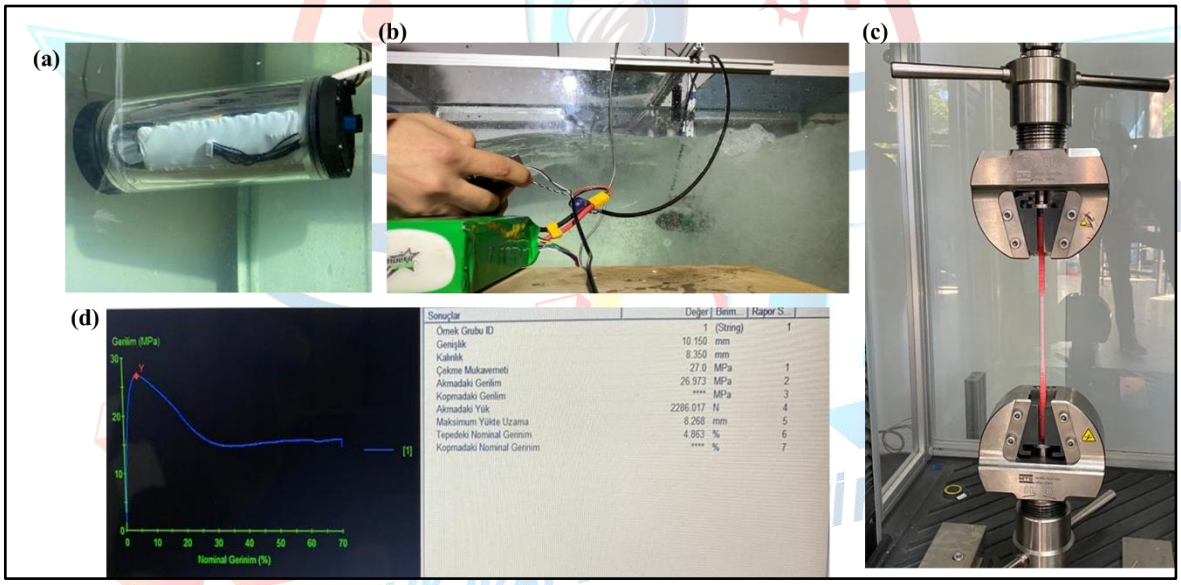
6.1. Mekanik Testler

Sızdırmaz Hazne Sızdırmazlık Testi: Elektronik sistemimizi muhafaza ettiğimiz sızdırmaz hazne, dayanıklılık değeri ve basınç verileri göz önüne alınarak içerisine bir ağırlık yerleştirilerek havuzda bekletilmiş herhangi bir sızıntıya rastlanmamıştır. Test yarışma

şartlarına uygun bir havuzda gerçekleştirilmiştir (Şekil20a). Test sonuçları tasarımımızla uyumludur.

Motor İtki Testi: Aracın hareketini sağlamak için tasarlanmış ve üretilmiş olan itici sisteminin özgün bir şekilde geliştirilmiş Şekil 20b'de gösterilen test platformumuz üzerinde test edilmiştir. Test platformumuz üzerinde bulunan sensörler sayesinde tasarlanan iticiye PWM sinyali verildiğinde iticinin su altı oluşturduğu itki kuvvetini çıktı olarak vermektedir. Alınan çıktılar ve analiz değerlendirmeleri sonucunda en uygun itici tasarımı seçilmiştir. Seçilen itici tasarımının sonucunda 2.8 kg itki uyguladığı görülmüştür. Elde edilen sonuç ile tasarımımız ihtiyaç duyduğu itki kuvveti uyumludur.

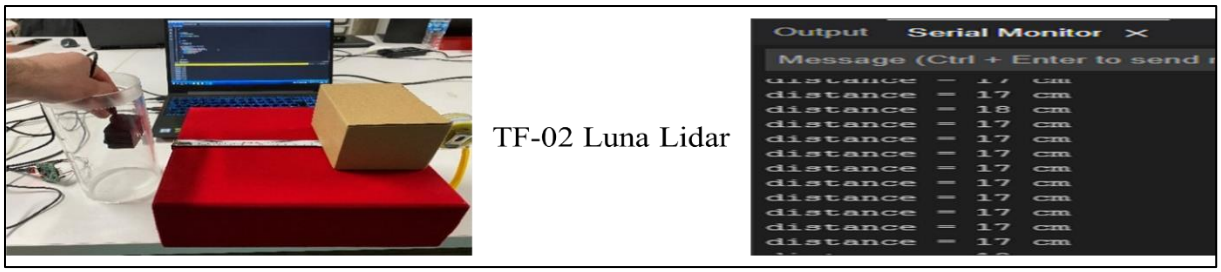
Çekme ve Titreşim Testi: Su altında kullanılması muhtemel parçalar dayanıklılık ve mukavemet değerlerine göre parça seçimleri yapılmıştır (Şekil 20c). Yapılan seçimler sonucunda tercih edilen parçalar statik yük altındaki elastik ve plastik davranışlarını belirlemek amacı ile çekme testi gerçekleştirilmiştir. ASTM D638 standartlarında yapılan çekme testi sonucunda 30 Mega Pascal'lık bir dayanaklılığa sahip olduğu gözlemlenmiştir. Kullanılan malzemelerin sistemimiz için en uygun malzeme olduğuna karar verilmiştir. Titreşim testi, sarsıcı olarak bilinen elektrodinamik bir tahrik sistemi üzerinde gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen test sonucunda pul kullanılmasına karar verilmiştir (Şekil 20d).



Şekil 20. Sızdırmazlık Testi (a), motor itki testi (b), çekme mekanizması (c), çekme testi sonuçları

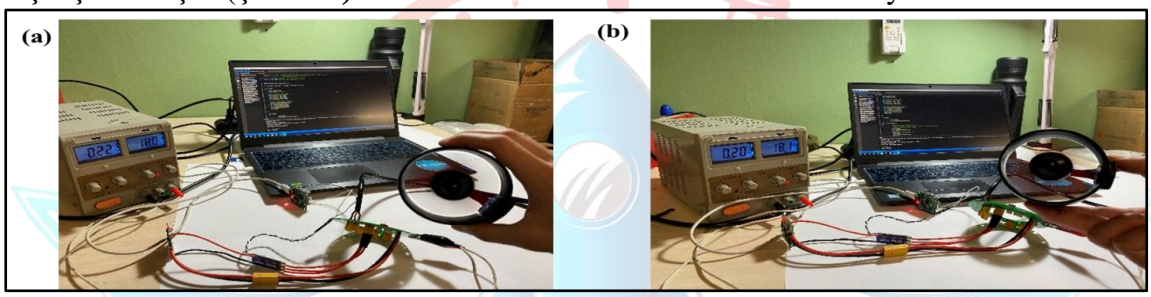
6.2. Elektronik Testler

Lidar Mesafe Ölçüm Testi: Su altı aracımızın suyun altında havuzun duvarları ile arasındaki mesafeyi ölçebilmek için optik esaslı lidarlar kullanılmasına karar verilmiştir. Bu testte lidarlarımızın mesafe ölçüm doğruluğu test edilmiştir (Şekil 21). Test esnasında lidarların önüne engel koyularak gösterdiği değerler gerçek uzaklık ile kıyaslanmıştır. Lidarların maksimum ölçüm mesafeleri test edilmiştir. Verilerin doğruluğundan emin olunduktan sonra gerçeğe yakın bir ortam olması amacıyla lidarlar sızdırmaz haznenin içine koyularak ölçümler tekrarlanmıştır. Test sonucunda lidarlarımızın neredeyse kusursuz ölçüm yaptığı saptanmıştır ve sistemimizle uyumluluğu doğrulanmıştır.



Şekil 21. Lidar testi

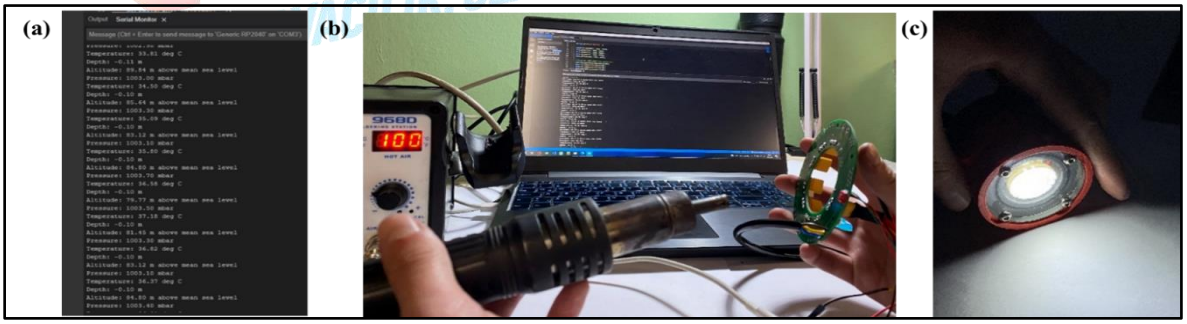
Motor – ESC Yön Testi: Ekibimizin kullanacağı ESC'ler çift yönlü programlanmıştır. ESC'ler programlandıktan ESC'ler ile motorlar arasında bağlantı yapılmıştır. Daha sonra ESC'lerin düzgün çalışıp çalışmadığını kontrol etmek amacıyla ESC'lere verilen PWM sinyalleri değiştirilerek sistem güç altındayken motor dönüş yönleri gözlemlenmiş ve bir sorunla karşılaşılmamıştır (Şekil 22). Tercih edilen motor sürücüler sistemle uyumludur.



Şekil 22. İtici ileri yön testi (a), itici geri yön testi

Basınç Sensörü Testi: Basınç sensörü entegresi sızdırmaz haznenin arka kapağında bulunan aktarıcı kart üzerinde bulunmaktadır. Bu sensör sayesinde basınç, derinlik, yükseklik ve sıcaklık değerleri ölçülebilmektedir. Bu test esnasında basınç sensörü verilerinin doğruluğu test edilmiştir (Şekil 23a,b). Yapılan test sonucunda yüksek doğruluk ile gelen veriler ile sistemimize entegre edilmiştir.

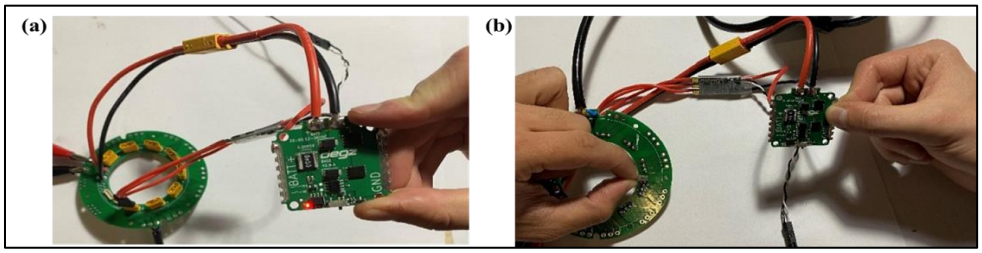
Aydınlatma Testi: Ekibimizin kullanacağı aydınlatma devresine ısı koruma devresi entegre edilmiştir. Bu sayede fazla ısınma durumlarında MIZU kartına sinyal gönderilecek ve çalışması durdurulacaktır. Test esnasında aydınlatma devresinin güç bağlantıları yapılmış ve MIZU Kartı'nın analog pinlerinden verilen analog sinyale göre parlaklık test edilmiştir (Şekil 23c).



Şekil 23. Basınç sensörü çıktıları (a), basınç sensörü test mekanizması (b), aydınlatma testi (c)

Base Modül Anahtarlama Testi: Su altı aracımızın gücünü dış ortamdan kolayca kesebilmek için aktarıcı kart üzerinde hall efekt sensörü bulunmaktadır. Sistemdeki gücün tamamı Base modül üzerinden dağıtıldığı için hall efekt sensörü bu kart ile çalışır ve manyetik alan

yardımıyla sistemi açıp kapatır. Bu test esnasında da hall efektin bir mıknatıs yardımıyla sistemi açıp kapatması test edilmiştir (Şekil 24). Testler sonucunda kullanılmasına karar verilmiştir.

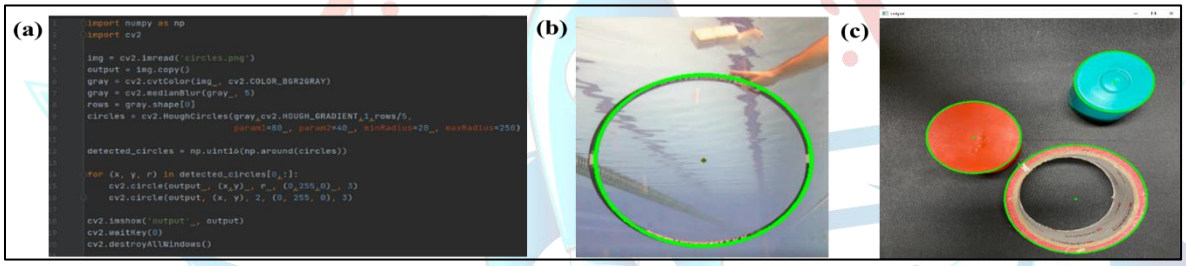


Şekil 24. Güç dağıtım kartı anahtar açıkken (a), güç dağıtım anahtar kapalıyken (b)

6.3. Yazılımsal Testler

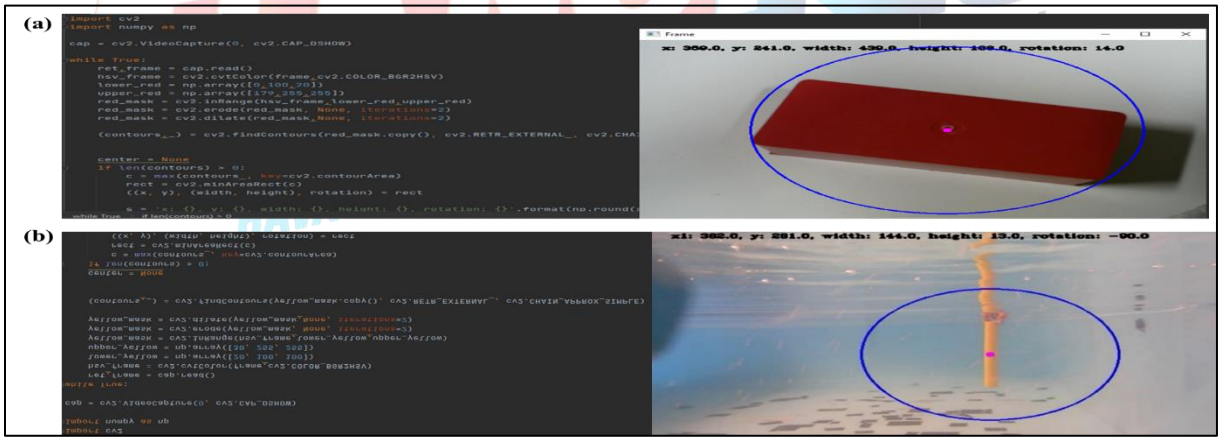
6.3.1. Görüntü İşleme Testi

Çember Algılama Testi: Ekibimiz yarışma görevlerini eksiksiz yerine getirmek amacıyla Hough Circle Detection algoritması sayesinde dış ortamda ve su altında çember algılama testleri gerçekleştirmiş ve çemberleri algılamada bir problemle karşılaşmamıştır (Şekil 25).



Şekil 25. Çember algılama kod örneği (a), su altı çember algılama (b), çember algılama örneği (c)

Renk Algılama Testi: Ekibimiz yarışma görevlerini eksiksiz yerine getirmek amacıyla renk algılama algoritması yazmıştır. Testlerde görev objelerinin renkleri olan renkler algılanmaya çalışılmış ve bir problemle karşılaşılmamıştır (Şekil 26).

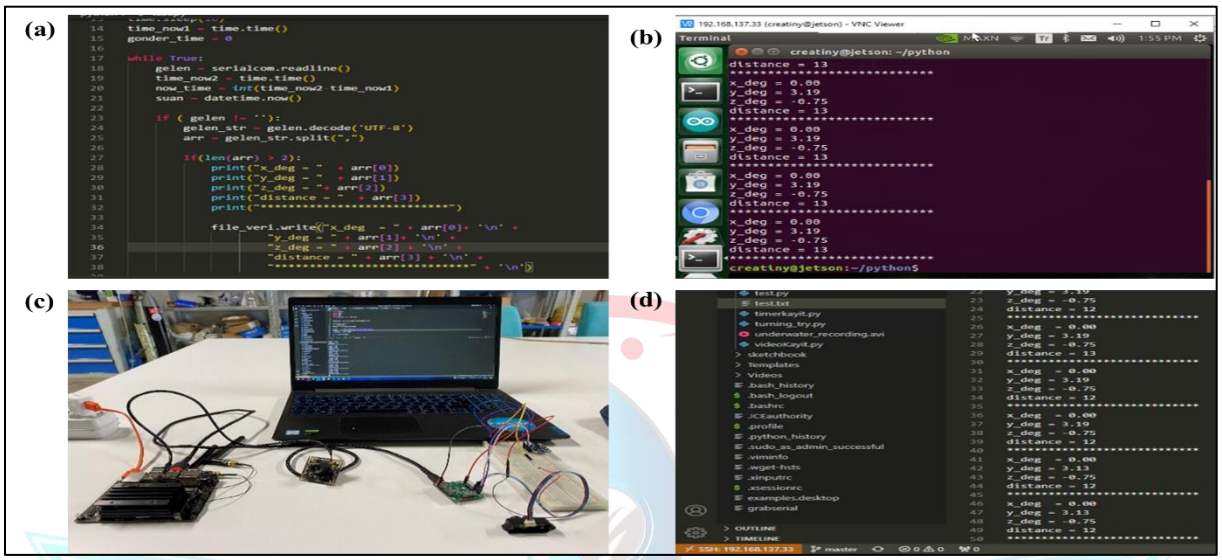


Şekil 26. Kırmızı renk algılama kod örneği ve çıktısı (a), sarı renk algılama kod örneği ve çıktısı (b)

6.3.2. Gömülü Yazılım ve Haberleşme Testi

Bu test esnasında gyro modülü ve lidar MIZU kartına bağlanarak veriler MIZU kartıyla okunmuştur. MIZU kartı USB bağlantısıyla Jetson Nano'ya bağlanmıştır. Jetson Nano'da Python yazılım dili kullanılarak Serial kütüphanesi yardımıyla MIZU'dan okunan değerler

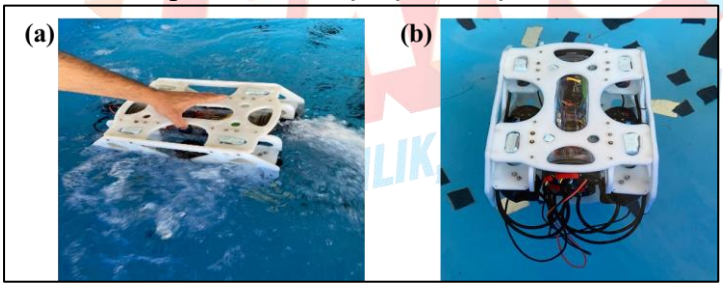
Jetson Nano'ya aktarılmıştır. Ayrıca okunan veriler Jetson Nano'da bir txt dosyasına kaydedilmiştir. Yazılan kod sayesinde Jetson Nano'ya bağlı kameradan alınan görüntünün de kaydı alınmıştır. Test esnasında SSH kütüphanesi ve VNC programı kullanılarak Jetson Nano'ya WIFI üzerinden bağlanılmış ve veriler okunmuştur. Test esnasında herhangi bir problemle karşılaşılmamıştır (Şekil 27).



Şekil 27. Gömülü yazılım kod örneği (a), VNC çıktı örneği (b), MİZU ve jetson nano bağlantısı (c), Telemetri okuma örneği (d)

6.3.3. PID Testi

Bu testte test aracımız havuz içerisine konulmuş ve dengesi dış ortamdan bozularak aracın kendini dengeleyip dengelemediği gözlemlenmiştir. Şekil28a'da gösterildiği gibi aracın dengesi bozulduğunda aracın motorları çalışmakta ve kendini denge durumuna getirmeye çalışmaktadır. Aracı bıraktığımızda aracın kendini dengelediği Şeki28b'de gösterilmiştir. Test esnasında bir problemle karşılaşılmamıştır.



Şekil 28. Araç PID'si bozulduğu an (a), araç kendini ayarlanılan açıya getirdiği an (b)

6.3.4. Yapay Zeka Testi

Yaptığımız araştırmalarda son çıkan YOLO v5 versiyonu ile daha iyi sonuçlar verdiği belirtilen bu algoritmayı test işlemlerimizde denedik fakat alınan sonuçlar tatmin edici olmamıştır. Bunun sebebi olarak görev bilgisayarı olarak kullanılacak Jetson Nano'nun gerekli donanım yeterliliğinde olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Buna çözüm olarak YOLO'nun diğer versiyonları üzerinde denemeler yapılmıştır. Seçilen modelin Jetson Nano üzerinde yerine getirmesini istediğimiz 6 önemli parametre bulunmaktadır. Bunlar: Modelin doğruluğu, FPS (frame per second), CPU kullanımı, RAM kullanımı, GPU gücü ve enerji tüketimidir.

YOLO'nun diğer versiyonları (v3, v3-tiny, v4, v4-tiny) üzerinde gerekli performans testleri yapılmış ve kaydedilmiştir. Buna göre aracımızda kullanacağımız yapay zeka modeli YOLOv4-tiny olarak belirlenmiştir (Tablo 5). Bunlara ek olarak tespit edilecek sınıf sayısının az olmasından dolayı tek sınıflı bir ağ yapısı ile kendi modelimizi oluşturarak denemeler yapılmaktadır.

Tablo 5. Yapay zeka modelleri karşılaştırılması

Modeller	Ortalama Doğruluk (%)	FPS	CPU Kullanımı (%)	RAM Kullanımı (%)	GPU Gücü (W)	Enerji Tüketimi (kJ)
YOLOv3	99.7	2.4	26.8	0.86	3.7	5.43
YOLOv3-tiny	59.7	10.3	30.5	1.00	3.7	1.18
YOLOv4	94.2	1.6	26.8	1.22	4.0	7.92
YOLOv4-tiny	67.1	15.0	34.3	0.98	3.9	0.86

7. TECRÜBE

Tasarım Simetrisi: Geçen senelerden edindiğimiz tecrübelerimize dayanarak aracın su içinde dengede kalmasının en önemli parametre olduğu öğrenildi. Simetrik olan tasarımların ise suyun içerisinde dengede kalmasının çok stabil olduğu keşfedildi. Yaptığımız keşifle tamamen simetrik bir sisteme sahip bir tasarım tercih edilmiştir.

Hazne İçi Düzenleyici: Araç üzerinde bulunan sızdırmaz hazne içinde çok fazla kablo olmasından dolayı karışık bir görüntü ve istendiği zaman istenilen elemanlara ulaşamama problemi yaşamaktaydık. Kablolardan dolayı oluşan karışıklığı önlemek nedeniyle sızdırmaz hazne içine parça tasarlanmış ve eleman dizilimlerinde düzenleme yapılarak kablo uzunluğu azaltılmış oldu. Ayrıca kablo sayısında azalıma gitmek adına devre kartı tasarlanmış ve kablo sayısı azaltılmıştır. Bu sayede hazne içinde oluşan sıcaklık değeri de düşürülerek elemanların sıcaklıktan etkilenmesinin önüne geçilmiştir.

Araç Formu Düzenleme: Aracın su içerisinde dirence karşı daha rahat hareket edebilmesi için geçen senelerde tasarlanmış araçlarımıza göre daha ince bir formda tasarlanmıştır. Bu sayede araç içinde oluşan su akışının daha rahat olması sağlandı ve hareket konusunda pozitiflikler kazandırılmıştır.

Colab Kullanımı: Yapay zeka üzerinde çalışırken yapay zeka ile çalışmanın ne kadar zaman alıcı ve uğraştırıcı olduğu görülmüştür. Özellikle sağlam bir donanım ve yapay zeka eğitimi için iyi bir bilgisayar olması gerektiği fark edilmiştir. Bu yüzden Google Colab üzerinden yapay zeka modeli eğitilmiştir. Bir süre sonra o da yeterli olmamış ve ücretli versiyonuna geçilmiştir. Eğittiğimiz model sonrasında yapay zekamızı Jetson Nano da bulunan CUDA çekirdekleri kullanılarak çalıştırılmıştır.

Gyro Kalibrasyonu: Aracın PID'sini yaparken aracın bakması istenilen yön sürekli sapmalara maruz kalıyordu. Uzun uğraşlar sonucunda gyro sensörünün manyetometro özelliği ile kullanılmasını gerektiği öğrenildi ve uygulanmaya başlandı.

Pul Kullanımı: Araç üzerinde bulunan metrik 3 paslanmaz civataların oda sıcaklığından daha soğuk suya testler amacıyla sürekli daldırılıp çıkarıldığından zamanla gevşediğini ve boşluklar yarattığı fark edildi. Buna çözüm olarak civatların olduğu yerlere koyulan pullar ile gevşeyen civatalar tespit edildi. Tespit yöntemi olarak kullandığımız titreşim test ile boşluk oluşmuş civatalara bağlı pulların çıkarmış olduğu sesten hangi civatada boşluk oluştuğu tespit edilmiş oldu. Bu yöntemle aracın mekaniğinde oluşabilecek problemlerin önüne geçilmiştir.

Statik IP Kullanımı: Araçta bulunan görev bilgisayarına uzaktan bağlantı sağlamak amacıyla araca SSH ile bağlandığımızda IP adresi her bağlantı sonrası değişmekteydi. Takımımızda bulunan yazılımcı arkadaşlarımızın araca daha kolay bağlanması için statik bir IP adresi oluşturuldu bu sayede daha kısa sürede görev bilgisayarımıza bağlantısı sağlandı.

8. ZAMAN, BÜTÇE VE RİSK PLANLAMASI

Ekibimiz tarafından hazırlanan ve uygulanan risk ve zaman planlaması verilmiştir. Bütçe planlaması detayları ile güncellenmiş ve temin edilen malzemeler belirtilmiştir.

8.1. Risk Planlaması

Creatiny ekibinin oluşabilecek risklere karşı yapmış olduğu risk planlaması Tablo 6'da verilmiştir. Risk planlaması yaşanması düşünülen olası durumlara karşı güncellenmiştir.

Tablo 6. Risk tablosu

CREATINY RİSK PLANLAMASI									
	OLASI RİSKLERİN BELİRLENMESİ							RİSK İÇİN ALINAN KARARLAR	
RİSK NO	ÇALIŞMA ALANI	RİSK	RİSK OLUŞTURABİLECEK DURUM	RİSK ETKİ DEĞERİ	OLASILIK	TEDBİR	TEDBİR YETERLİLİĞİ	KARARLAR	EYLEMLER
R1	MEKANİK	Elektrik Ünitelerinin Su ile Teması	O-ringlerin hasar görmesi	3	1	Haznenin açılıp kapanmasını önlemek	3	Onaylandı	Yedek O-ring temin edilecek
R2	MEKANİK	Elektrik Ünitelerinin Su ile Teması	Aktarıcı Kart üzerinden su sızması	3	1	Aktarıcı kart ve hazne arasına epoksi dökülmesi	3	Onaylandı	Elektrik sisteminin yedek parçalarının temin edilmesi
R3	MEKANİK	Elektrik Ünitelerinin Su ile Teması	Sızdırmaz haznenin çatlaması/kırılması	3	1	Hazne hatlarını koruyucu plaka ve korumaların tasarlanması	2	Onaylandı	Yedek hazne ve hazne taşıma çantası temin edilecek
R4	MEKANİK	Titreşim Sonucu Gevşek Parça Oluşması	Gevşek Parçalar Sonucu Malzemelerin Hasar Görmesi	2	2	Pul kullanılarak gevşek parçaların fark edilmesinin sağlanması	3	Onaylandı	Civataların bağlantı noktalarında pul kullanılacak
R5	ELEKTRONİK	Sıcaklık artışı	Haznede yer alan bataryadan kaynaklı sıcaklık artışı	3	2	Hazne içerisine sıcaklık sensörü yerleştirilmesi	3	Onaylandı	Alanda çift batarya bulundurulacak
R6	ELEKTRONİK	Kabloların kopması/kesilmesi	Açıkta bulunan kabloların kopması/kesilmesi	3	1	Kabloların koruyucu makaronlar ile sarılması	2	Onaylandı	Yedek kablolar temin edildi
R7	ELEKTRONİK	Kısa devre olması	Açıkta kalan kablo uçlarının kısa devre olması	3	1	Bağlantısı yapılan sistem sürekli olarak kontrol edilecektir	2	Onaylandı	Yedek sistemler temin edildi
R8	ELEKTRONİK	Fazla akım çekilmesi	Motorların normalden fazla akım çekmesi	3	1	Korumalı ESC'lerin tercih edilmesi	2	Onaylandı	Yedek sistemin temin edilmesi
R9	ELEKTRONİK	Sigortaların zarar görmesi	Sigortaların devre dışı kalması/çalışmaması	3	1	Yedek sigortaların devreye alınması	2	Onaylandı	Yedek sigorta temin edilmesi
R10	ELEKTRONİK	Jetson Nano fazla ısınması	Isınması sonucu güdüm algoritmasının çalışmaması/yavaş çalışması	3	2	Jetson Nano için ekstre soğutucu blok kullanılması	2	Onaylandı	Yedek Jetson Nano temin edilmesi
R11	YAZILIM	Yazılım derleme hatası	Güdüm algoritmalarının çalışmaması/düzgün çalışmaması	2	2	Yazılan parametrelerin değiştirilerek tekrar denenmesi	2	Onaylandı	Yeni parametreler ile test yapılması
R12	YAZILIM	Yazılım güvenliği hatası	Aracın otonom sistemine farklı erişimlerin sağlanması	3	3	Kullanıcı ve yazılım gerekli işlemleri optimum yetki ile gerçekleştirilmesi	1	Onaylandı	Yazılım güvenliği ile ilgili çalışmalar yapıldı
R13	FİNANS	Ödemelerin aksaması ve bütçe yetersizliği	Malzeme temini gerçekleştirilmemesi	2	2	Sponsorluk ekibinin çalışmalarını hızlandırması	2	Onaylandı	Geçtiğimiz senelerde elde edilen bütçelerin kullanılması
R14	ÜRETİM/ İMALAT	İmalatın gecikmesi	İmalatın gecikmesi sonucu testlerde yaşanacak aksamalar	1	3	Üretim ve imalat ile ilgili çalışmaların hızlandırılması	2	Onaylandı	Üretim için gerekli tüm alt sistemlerin adım adım takip edilmesi

Yüksek Risk → Ortalama Risk → Düşük Risk
Yüksek Olasılık → Ortalama Olasılık → Düşük Olasılık
Yüksek Yeterlilik → Ortalama Yeterlilik → Düşük Yeterlilik

8.2. Bütçe Planlaması

Tablo 7'de Creatiny ekibinin güncellenen bütçe planlaması verilmiştir. Koyu renk ile gösterilen kutular henüz temin edilemeyen malzemeleri ifade etmektedir.

Tablo 7. Bütçe tablosu

	Malzeme	Özellik	Miktar (Adet)	Birim Fiyat (TL)	Toplam (TL)
1	M1 Motor	M1 Su Geçirmez Sualtı Motoru	6	655,00	3.930,00
2	Tekli ESC	Miltras Su Altı İticileri İçin Tekli Motor Sürücü	6	395,00	2.370,00
3	USB Kamera	Görüntü İşleme Sistemi İçin Kullanılacak Kamera	2	412,78	825,56
4	Güç Dağıtıma Kartı	Güç Yönetici ve Dağıtıcı Kart	1	780,00	780,00
5	Sualtı Aydınlatması	1500 lümen power led teknolojisi ile	2	1.340,00	2.680,00
6	TF-Luna Lidar Mikro	6 Metreye Kızılötesi Mesafe Ölçer Lidar	2	560,83	560,83
7	DE-LIDAR TF02 (ToF)	22 Metreye Kadar Kızılötesi Mesafe Ölçer Lidar	2	1.785,00	3.570,00
8	Hydrophone	Pasif Akustik Su Altı Dinleme Sistemi Maliyeti	2	1000,00	2000,00
9	HDPE Polietilen Levha	Aracın İskeleti İçin Kullanılacak Malzeme	1	600,00	600,00
10	Sızdırmaz Hazne (250 mm)	Aracın Alt Sızdırmaz Su Altı Haznesi	1	2.960,00	2.960,00
11	Sızdırmaz Hazne (300 mm)	Aracın Üst Sızdırmaz Su Altı Haznesi	1	3.060,00	3.060,00
12	Jetson Nano	Mikroişlemci	1	3416,10	3416,10
13	Adafruit BNO055	9-DOF Mutlak Oryantasyon IMU	1	678,33	678,33
14	Batarya	18.000 mAh Li-po batarya	1	2.000,00	2.000,00
15	Filtre Kartı	Pingerli Top Tespiti İçin Tasarlanan Okuma Kartı	1	150,00	150,00
16	Sensör Kartı	Sisteme Bağlanan Sensörlerin Dağıtıcı ve Düzenleyici	1	122,00	122,00
17	Bağlantı Elemanları	Tuzlu Suya Dayanıklı Somun, Cıvata, Rondela, Pul vb.	62	3,00	186,00
				TOPLAM:	**29.888,82**

→ Temin Edilen Malzemeler → Temin Edilemeyen Malzemeler

8.3. Zaman Planlaması

Tablo 8 ve 9'de Creatiny ekibinin güncellenmiş genel zamanlama planlaması verilmiştir. Test aracımız üzerinde görevler düzenli bir şekilde test edilmektedir. Proje takvimi oluşan gecikmelere ve eksiklere göre güncellenmektedir. Ekibimiz proje takvimine uyumlu bir şekilde çalışmalarına devam etmektedir. Projenin bitiş tarihi 28 Haziran olarak belirlenmiştir. Belirtilen tarihten sonra ekibimiz tüm sistemleri düzenli bir şekilde testlerden sokacak ve yarışma alanına güçlü bir şekilde gelecektir.

Tablo 8. Faz-1-2 İş-zaman çizelgesi

FAZ-1: CREATINY ZAMAN PLANLAMASI	KASIM (1-15)	KASIM (16-30)	ARALIK (1-15)	ARALIK (16-31)	OCAK (1-15)	OCAK (16-30)	ŞUBAT (1-15)	ŞUBAT (16-28)	MART (1-15)	MART (16-31)	NİSAN (1-15)	NİSAN (16-30)	MAYIS (1-15)	MAYIS (16-31)	HAZİRAN (1-15)	HAZİRAN (16-30)	TEMMUZ (1-15)	TEMMUZ (16-22)
Ekibin Tamamlanıp Organizasyon Şemasının Oluşturulması																		
Mekanik, Elektronik ve Yazılım Sistemlerin Araştırılması																		
Proje Alt Dallara Ayrılarak Zaman Planlamasının Oluşturulması																		
Proje Alt Dallara Ayrılarak Test Planlamasının Oluşturulması																		
Yapılan Araştırmalar Gerekli Alt Bileşenlerin Belirlenmesi																		
Bütçe Planlaması Yapılması ve Şartname Değişikliklerine Göre Güncellenmesi																		
Kütle Bütçesinin Yapılması ve Şartname Değişikliklerine Göre Güncellenmesi																		
Güç Bütçesi Yapılması ve Şartname Değişikliklerine Göre Güncellenmesi																		
Risk Planlaması Yapılması ve Şartname Değişikliklerine Göre Güncellenmesi																		
Sponsorluk Görüşmelerinin Yapılması ve Malzeme Temini İçin Bütçe Oluşturulması																		
FAZ-2: MEKANİK SİSTEMLER VE TASARIMI	KASIM (1-15)	KASIM (16-30)	ARALIK (1-15)	ARALIK (16-31)	OCAK (1-15)	OCAK (16-30)	ŞUBAT (1-15)	ŞUBAT (16-28)	MART (1-15)	MART (16-31)	NİSAN (1-15)	NİSAN (16-30)	MAYIS (1-15)	MAYIS (16-31)	HAZİRAN (1-15)	HAZİRAN (16-30)	TEMMUZ (1-15)	TEMMUZ (16-22)
Test Aracının Tasarlanması																		
Test Aracının Üretilmesi																		
Tasarım İçin Kullanılacak Malzemelerin Belirlenmesi																		
Belirlenen Sisteme En Uygun Tasarımın Yapılması																		
Yapılan Tasarım ve Manevra Analizlerinin Yapılması																		
Yüzerlik ve Hacim Hesaplamalarının Yapılması																		
Gerekli Alt Malzemelerin Temin Edilmesi ve İmalatı																		
İskelet ve Genel Montaj İçin Montaj Planlaması Yapılması																		
İskelet ve Genel Montajın Tamamlanması																		

Tablo 9. Faz-3-6 İş-zaman çizelgesi

FAZ-3: ELEKTRONİK SİSTEMLER VE TASARIMI	KASIM (1-15)	KASIM (16-30)	ARALIK (1-15)	ARALIK (16-31)	OCAK (1-15)	OCAK (16-30)	ŞUBAT (1-15)	ŞUBAT (16-28)	MART (1-15)	MART (16-31)	NİSAN (1-15)	NİSAN (16-30)	MAYIS (1-15)	MAYIS (16-31)	HAZİRAN (1-15)	HAZİRAN (16-30)	TEMMUZ (1-15)	TEMMUZ (16-22)
Belirlenen Algoritmalara En Uygun Elektronik Sistem Tasarımının Yapılması																		
Elektronik Sisteme Göre Kart Çizimlerinin Yapılması																		
Güç Bütçesine Göre Batarya Yönetim Sisteminin Belirlenmesi																		
Gerekli Malzemelerin Temini ve İmalatı																		
Elektronik Sistem Montaj Planının Yapılması																		
Elektronik Sistem Montajının Yapılması																		
FAZ-4: OTONOM SİSTEMLER VE YAZILIM GELİŞTİRME	KASIM (1-15)	KASIM (16-30)	ARALIK (1-15)	ARALIK (16-31)	OCAK (1-15)	OCAK (16-30)	ŞUBAT (1-15)	ŞUBAT (16-28)	MART (1-15)	MART (16-31)	NİSAN (1-15)	NİSAN (16-30)	MAYIS (1-15)	MAYIS (16-31)	HAZİRAN (1-15)	HAZİRAN (16-30)	TEMMUZ (1-15)	TEMMUZ (16-22)
Aracın kontrol/ navigasyon/ güdüm algoritmalarının belirlenmesi																		
Yazılım Tasarım Süreçlerinin Belirlenmesi																		
Kullanılacak Sensör Sistemlerinin Yazılımlarının Yazılması																		
Araç Kontrol Yazılımlarının Yazılması																		
Çember Bulma, Renk Ayırt Etme Algoritmasının Yazılması																		
Pingerli Hedef Bulma Algoritmasının Yapılması																		
Görevler İçin Arama Algoritmalarının Yazılması																		
FAZ-5: TEST ARACI ÜZERİNDE YAPILACAK TESLER PLANLAMASI	KASIM (1-15)	KASIM (16-30)	ARALIK (1-15)	ARALIK (16-31)	OCAK (1-15)	OCAK (16-30)	ŞUBAT (1-15)	ŞUBAT (16-28)	MART (1-15)	MART (16-31)	NİSAN (1-15)	NİSAN (16-30)	MAYIS (1-15)	MAYIS (16-31)	HAZİRAN (1-15)	HAZİRAN (16-30)	TEMMUZ (1-15)	TEMMUZ (16-22)
Elektronik Sistemin Test Edilmesi ve Mekanik Sistem İle Birleştirilmesi																		
Aracın Güç Bütçesine Uygunluğunun Test Edilmesi																		
Aracın sensör yazılımlarının Test Edilmesi																		
Aracın PID Yazılımlarının Test Edilmesi																		
Çember Bulma, Renk Ayırt Etme Algoritmasının Test Edilmesi																		
İki Görev için Yazılan Arama Algoritmasının Test Edilmesi																		
Pingerli Hedef Bulma Algoritmasının Test Edilmesi																		
Testlerin Sistem Geliştirilerek Tekrarlanması																		
FAZ-6: YARIŞMAYA GİDİLECEK ARAÇ ÜZERİNDE YAPILACAK TESTLER PLANLAMASI	KASIM (1-15)	KASIM (16-30)	ARALIK (1-15)	ARALIK (16-31)	OCAK (1-15)	OCAK (16-30)	ŞUBAT (1-15)	ŞUBAT (16-28)	MART (1-15)	MART (16-31)	NİSAN (1-15)	NİSAN (16-30)	MAYIS (1-15)	MAYIS (16-31)	HAZİRAN (1-15)	HAZİRAN (16-30)	TEMMUZ (1-15)	TEMMUZ (16-22)
Mekanik Sistemin Sızdırmazlık ve Sağlamlık Testlerinin Yapılması																		
Mekanik Sistem Üzerinde Çekme Titreşim Testlerinin Yapılması																		
Tasarlanan İticiler için İtki Testlerinin Yapılması																		
Elektronik Sistemin Test Edilmesi ve Mekanik Sistem İle Birleştirilmesi																		
Aracın Kütle Bütçesine Uygunluğunun Test Edilmesi																		
Elektronik Sistem Alt Parçalara Ayrılarak Birer Birer Test Edilmesi																		
Test Aracında Yazılan Yazılımların Yarışmaya Gidecek Araca Entegrasyonu																		
Test Sistemlerinin Geliştirilerek Tekrarlanması																		

HAVACILIK,

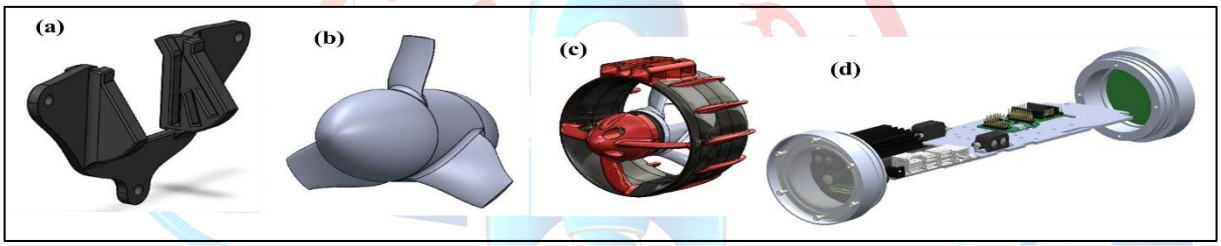
9. ÖZGÜNLÜK

Creatiny su altı ekibi su altı aracının mekanik, elektronik ve yazılım alanında özgün olarak birçok sistem geliştirmektedir. Bu geliştirme ve yapılan araştırmalar sonucunda ortaya çıkan ürünler su altı aracında etkin olarak kullanılmaktadır. Su altı ekibi tarafından yapılan özgün çalışmalar başlıklar altında açıklanmıştır.

9.1. Mekanik Tasarım ve Dizayn Özgünlükleri

Kamera Açı Ayarlama Modülü: Şekil 29a'da gösterilen kamera açı ayarlama modülü üç ayrı sekmeden oluşmaktadır. 0°-60° arasındaki alan kamerayla gözlemlenmektedir. Bu sayede havuz ve havuz tabanı rahatlıkla görüntülenmektedir.

Gövde Tasarımı: Geçen sene kullanılan tasarımın fazla ağırlığından dolayı bu sene kullanılacak yeni tasarımın minimum ağırlık maksimum dayanıklılığa sahip olması amaçlanarak tasarlanmıştır. Minimum ağırlık için tasarımda dengeyi ve dayanıklılığı etkilemeyecek şekilde gövde üzerinde şekiller açılarak hem su altı aracının ağırlığı azaltılıp hem de aracın göze hoş gözükmesi sağlanmıştır.
Pervane: Şekil 29b'de gösterilen pervane maksimum performans verecek şekilde özgün ve yerli olarak tasarlanmıştır.
Geliştirilen modelin akış ve kavramsal analizleri yapılmış. Su altı aracı için en uygun model seçilmiştir. PLA malzemeden üretilmiştir.
Alpha Su Altı İtici : Su altı ekibi tarafından yeni tasarlanan Şekil 29c'de gösterilen iticiler eski tasarımdan farklı olarak 3 kollu tasarlanmıştır. Yapılan analizler sonucunda yeni tasarımın itki kuvveti artmıştır
Sızdırmaz Hazne İç Düzenleyici: Sızdırmaz hazne kapağında sabitlenmiştir. Sabitlenmesi sayesinde elektronik elemanlara gelen herhangi bir darbeye karşı sistem çalışmaya devam etmektedir. Ayrıca iç düzenleyici üzerinde elektronik elemanlara özel yerler yapılarak elektronik elemanların sabit kalması ve sistemin düzenli olmasını sağlanmıştır (Şekil 29d).



Şekil 29. Kamera açı ayarlama modülü (a), su altı pervanesi (b), su altı iticisi (c), hazne içi düzenleyici(d)

9.2. Elektronik Sistemler ve Tasarımı Özgünlükleri

Filtre Modülü: Özgün ve yeni tasarlanan filtre modülü hidrofonlardan gelen sesin gürültüsünü azaltıp ardından sesin işlenmesini sağlar.
Hidrofon: Pingerli hedef görevinde sesin işlenebilmesi için piezoelektrik kullanılarak hidrofon tasarlanmıştır.

9.3. Yazılım Geliştirme Özgünlükleri

Araç Yazılımı ve Yapay Zeka: Yarışmada belirlenen otonom görevler için tüm yazılım algoritmaları ve yapay zeka eğitimleri ekibimiz tarafından yerli ve özgün şekilde yapılmaktadır.
Arayüz: Görüntü ve veri akışının farklı tasarımlar ile tasarlandığı arayüz ekibimiz tarafından su altı aracına özel olarak yapılmaktadır.

10. YERLİLİK

H-1 Su Altı Haznesi: H-1 Su altı haznesi akrilik, alüminyum, aktarıcı kartı ve elektronik sensörlerden oluşturmaktır. Su altında yapılan testler sonucunda 200 metre derinliğe kadar dayanabilmektedir. Aktarıcı kart üzerinde bulunan basınç, sıcaklık ve hall efekt sayesinde yerden tasarruf sağlanmış ve aracın kullanım kolaylığı artmıştır. Ürünün üretimi ve montajı yerli imkanlarla yapılmıştır. İthalata dayalı hammaddeler Al-7000 serisi, Dökme Akrilik, Fr-8 Kart ürün değerinin %7 sini oluşturmaktadır. Katma değer bazlı yerlilik oranı %93 tür.

Ürün başına olan ithal ikame tutarı : **$307**((Bluerobotics firmasının bir ürünü olan 4” hazneler referans alınmıştır).

Alpha Su altı İticisi: 2.8 kg a kadar itme kuvveti sağlayan su altı iticisidir. Gövde PLA malzemeden oluşmaktadır. İticinin tasarımı yerli ar-ge çalışmaları ile tasarlanmıştır. İtici motoru hazır olarak temin edilmekte olup tüm dış aksamı yerli olarak üretilmektedir.

Ürün başına olan ithal ikame tutarı: **$200**(Bluerobotics firmasının bir ürünü olan T200 iticileri referans alınmıştır).

Mizu Su Altı Kontrolcüsü: Su altı araçlarının elektronik sisteminin hızlı, basit ve küçük olmasını sağlamak için ARM temelli oluşturulan yazılım geliştirme kartıdır. Yerli olarak tasarlanmış elektronik kart ve yerli kod mimarisi sayesinde kolay kullanım imkanı sağlamaktadır.
Ürün başına olan ithal ikame tutarı : **$356**(Raspberry Pi 4 ve Pixhawk PX4 modelleri referans alınmıştır).

Güç Dağıtım Kartı: Su altı aracının elektronik sisteminin güç kontrolünü ve acil durumlarda tüm gücü keserek aracın durmasını sağlamaktadır. Kartın yerlilik oranı %67 dir. Düşük maliyetli kompenentler yurt dışından ithal edilmekte katma değer oluşturacak tüm işlemler yerli imkanlarla yapılmaktadır.
Ürün başına olan ithal ikame tutarı : (Referans alınabilecek bir ürün bulunamamıştır).

Hidrofon: Piezoelektrik kullanarak üretilmektedir. 40 kHz sesin dinlenebilmesini ardında filtre modülüne iletmesini sağlamaktadır.
Ürün başına olan ithal ikame tutarı : **$1500**(Şartnamede örnek gösterilen hidrofon referans alınmıştır).

Su Altı Aydınlatması: Anodize alüminyum kullanılarak üretilmiş gövdesi, özgün tasarımı ve güçlü led sistemi sayesinde 300 metre derinliğe kadar maksimum 1500 lümen ışık şiddeti sağlayarak kameranın net çekim yapabilmesini sağlamaktadır.
Ürün başına olan ithal ikame tutarı : **$150**((Bluerobotics firmasının bir ürünü olan lumen r2 modeli referans alınmıştır).

Yapay Zeka: Açık kaynaklı kütüphaneler ve oluşturduğumuz veri kütüphanesi sayesinde yerli olarak yapay zeka eğitimi yapabilmekteyiz.

Görüntü İşleme: Açık kaynaklı kütüphaneler kullanılarak kod üzerinde gerekli yönlendirme ve geliştirme ekibimiz tarafından yerli olarak yapılmıştır. Bu sayede görüntü işlemeyi istediğimiz doğrultuda kullanmayı sağlamıştır.

Arayüz: Su altı aracından tam performans ve kullanım kolaylığı sağlamak amacıyla kullanıcı arayüzü geliştirilmiştir. Qt Creator uygulaması üzerinden C++ ve QML yazılım dilleri kullanılarak yerli arayüz tasarımı yapılmıştır.

Toplam İthal İkamesi: Ürünler gözden geçirildiğinde, 6 itici, hazneler, aydınlatmalar ve elektronik sistemden oluşacak bir aracın toplam ikame tutarı **$4266 (Yaklaşık ₺69,956)** olarak belirlenmiştir. Ürünlerin ithal edilmeyip üretilmesi kazandırılması ülkemize gözle görülür büyüklükte katkı sağlayacaktır.

11. KAYNAKÇA

Araki M., “PID CONTROL”, Encylopedia of Life Support Systems (EOLSS), vol. 2,
J. E. Matsson, Ph.D., 2013, “An Introduction to SolidWorks Flow Simulation 2009”, Schroff Development Corporation, pp. 1-38.

Basulto-Lantsova, A., Padilla-Medina, J. A., Perez-Pinal, F. J., and Barranco-Gutierrez, A. I., “Performance comparative of OpenCV Template Matching method on Jetson TX2 and Jetson Nano developer kits”, In 2020 10th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC), pp. 0812-0816, 2020.

BNO055 Intelligent 9-axis absolute orientation sensor, Bosch Sensortec, 2014.

F. Zhang, G. Marani, R. N. Smith, H. T. Choi, "Future Trends in Marine Robotics [TC Spotlight]", IEEE Robotics Automation Magazine, vol. 22, no. 1, pp. 14-122, Mar. 2015.

İşyeri Bina ve Eklentilerinde Alınacak Sağlık ve Güvenlik Önlemlerine İlişkin Yönetmelik, T.C. Resmi Gazete, 10 Şubat 2004, 25369.

İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu, T.C. Resmi Gazete, 20 Haziran 2012, 28339.

J. B. de Sousa, G. A. Gonçalves, "Unmanned vehicles for environmental data collection", Clean Technologies and Environmental Policy, vol. 13, no. 2, pp. 369-380, Apr. 2011.

K.J. Åström and T. Hägglund, Automatic Tuning of PID Controllers. Research Triangle Park, NC: Instrum. Soc. Amer.1988.

Kişisel Koruyucu Donanımların İşyerlerinde Kullanılması Hakkında Yönetmelik, T.C. Resmi Gazete, 2 Temmuz 2013, 28695.

LG 186550HG2 Product Specification, LG Chem, 2015.

R. Laganière. OpenCV 2 Computer Vision Application Programming Cookbook. Packt Publishing 2011.

RP2040 Datasheet, Raspberry Pi, 2020.

Said D. Jennie & Agus Budiyono, Design, Development, and Testing Underwater Vehicle: ITB Experience, In Procceding of International Conference On Underwater System Technology: Theory and Applications, Penang Malaysia, 2006.

T. Stolarski et al., Engineering Analysis with ANSYS Software, Butterworth-Heinemann. Cambridge, United States: 2018, vol. 2.

Yu, X. Xiang, J. Zhang, R. Zhao, C. Zhou, "Complete coverage tracking and inspection for sloping dam wall by remotely operated vehicles", OCEANS 2017 - Anchorage, pp. 1-5, Sep. 2017.