TEKNOFEST

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

İNSANSIZ SUALTI SİSTEMLERİ YARIŞMASI

KRİTİK TASARIM RAPORU

TAKIM ADI : OCEANUS
KATEGORİ : TEMEL
TAKIM (BAŞVURU) ID : 399745

İçindekiler

1. RAPOR ÖZETİ……..2
2. TAKIM ŞEMASI……..3
3. PROJE MEVCUT DURUM DEĞERLENDİRMESİ……..3
3.1. Mekanik Alanda Yapılan Değişiklikler……..3
3.2. Elektronik ve Yazılım Alanlarında Yapılan Değişiklikler……..4
3.3. Bütçe Planlamasında Yapılan Değişiklikler……..4
4. ARAÇ TASARIMI……4
4.1. Sistem Tasarımı……..4
4.2. Aracın Mekanik Tasarımı……5
4.2.1. Mekanik Tasarım Süreci……5
4.2.1.1. Şasi……6
4.2.1.2. Sızdırmaz Su Altı Haznesi……7
4.2.1.3. Triton Su İticiler……7
4.2.1.4. Sigma Kapakları……7
4.2.1.5 Robotik Kol……8
4.2.1.6. Dikey Eksenli İtici Bağlantı Parçaları……8
4.2.1.7. Yatay Eksenli İtici Bağlantı Parçaları……9
4.2.1.8. Pak Görevine Yönelik Kürek Tasarımı……9
4.2.1.9. Kanca……9
4.2.1.10. Pim Çekme Kolu……10
4.2.2. Malzemeler……10
4.2.3. Üretim Yöntemleri……10
4.2.3.1. CNC Talaşlı İmalat……11
4.2.3.2. Üç Boyutlu Eklemeli İmalat……11
4.2.3.3. Havya ile Lehimleme……12
4.2.4. Fiziksel Özellikler……12
4.3. Elektronik Tasarım, Algoritma ve Yazılım Tasarımı……14
4.3.1. Elektronik Tasarım Süreci……14
4.3.2. Algoritma Tasarım Süreci……14
4.3.2.1. Manuel Sürüş Algoritması……15
4.3.2.2. Otonom Sürüş Algoritması……15
4.3.3. Yazılım Tasarım Süreci……16
4.4. Dış Arayüzler……16
5. GÜVENLİK……17
5.1 Çalışma Ortamı Güvenliği……18
5.1.1. Mekanik Alanı Güvenliği……18
5.1.2. Elektronik Alanı Güvenliği……18
5.2. Tasarım ve Üretim Aşaması Güvenliği……19
5.3. Test Aşaması Güvenliği……19
6. TEST……19
6.1. Simülasyon Testleri……19
6.1.1. Mukavemet……19
6.1.2. Akış Simülasyonu……20
6.2. Havuz Denemeleri……21
6.2.1. Sızdırmazlık Testi……21
6.2.2.Hareket Kabiliyeti Testi……21
6.3. Görüntü Algılama Testi……22
7. TECRÜBE……22
8. ZAMAN, BÜTÇE VE RİSK PLANLAMASI……23

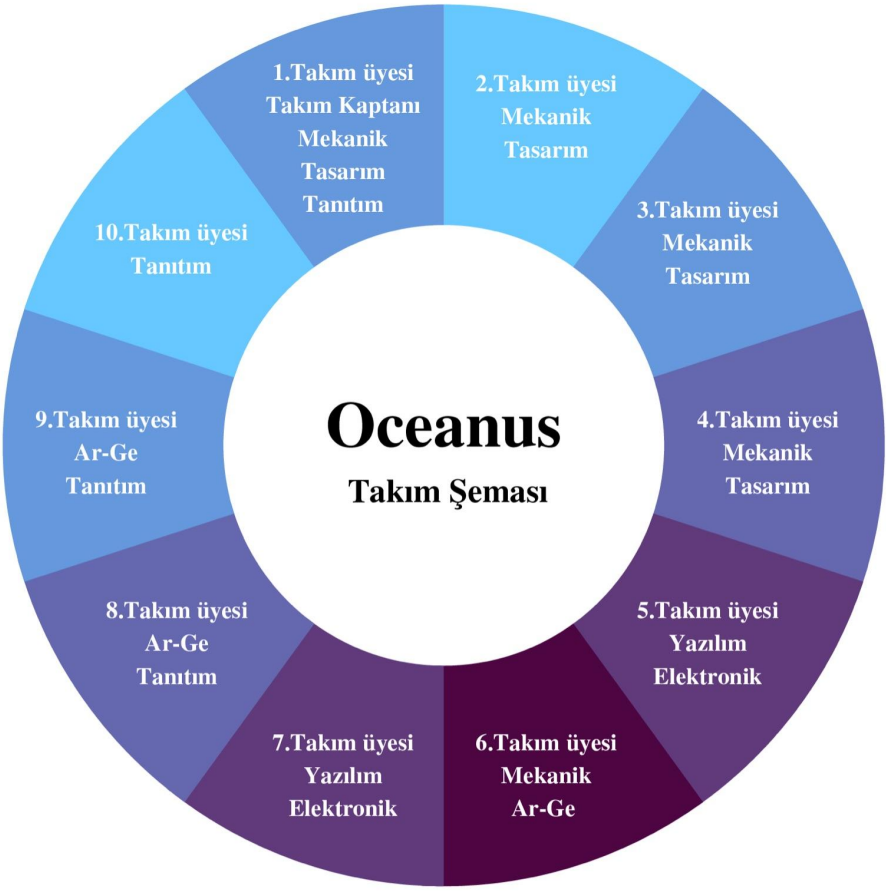
8.1. Zaman Planlaması……..23
8.2. Bütçe Planlaması……24
8.3. Risk Planlaması……..25
9. ÖZGÜNLÜK……..……28
10. YERLİLİK……28
11. KAYNAKÇA……29
12. EKLER……..29

1. RAPOR ÖZETİ

TEKNOFEST 2022 İnsansız Su Altı Sistemleri Yarışması kapsamında kurulmuş olan Oceanus takımı, yetenekler doğrultusunda görev dağılımları belirleyerek disiplinli bir çalışma süreci yürütmüştür. Bu süreçte takımımız başlıca mekanik, tasarım, yazılım, elektronik ve Ar-Ge olmak üzere farklı alanlara ayrılmıştır. Takımımızca yapılan literatür çalışmaları sonucunda toplantılar yapılmış, bu toplantılar sonucunda ise aracın tasarımına ve elektronik sistemine karar verilmiştir. Araç tasarımında biyomimikri kullanılmasına karar verilmiş ve balıkların vücut yapılarından esinlenilen bir tasarım yapılmıştır. Tamamen takımız tarafından yapılan bu tasarım ile aracın su altında kolay hareketinin sağlanması hedeflenmiştir. Aracın su altında yer ile teması sonucunda herhangi bir hasara uğramaması adına 4 adet sarhoş teker yerleştirilmiştir. Aracın yine güvenliği ve taşınabilirliğinin kolaylaştırılması adına su altı taşıma aracı takımımız tarafından tasarlanıp üretilmiştir. Araçta bulunan elektronik aksamların ana hazne içinde karışıklığını önlemek ve çalışmalarımızı kolaylaştırmak adına hazne yatağı tasarlanmıştır. Elektronik sistemimizde kartlarda ve güç bağlantısında değişikliğe gidilmiş ve otonom görevinde kullanılması planlanan kütüphane değiştirilmiştir. Bu tasarım ve elektronik sistem ile takımımızca yerine getirilmesi gereken görevleri en uygun şekilde tamamlamak ana amacımız olmuştur.

2. TAKIM ŞEMASI

Takım üyeleri; gerekli düzenin ve senkronizasyonun rahatça sağlanabilmesi adına yetenekleri ve ilgi alanlarının izinde mekanik, tasarım, elektronik, yazılım, Ar-Ge ve tanıtım gibi alanlarda faaliyet göstermiş ve iş bölümü yapılması sağlanmıştır. Yapılan iş bölümü aracılığıyla yarışma sürecine hazırlık disiplinli bir şekilde gerçekleştirilebilmiştir. Aynı zamanda takım kaptanın da aracılığıyla takım üyeleri arasında herhangi bir iletişim sorunu yaşanmadan her birey kendi uzmanlık alanına yönelebilmiştir. Takım şeması Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Takım Şeması

3. PROJE MEVCUT DURUM DEĞERLENDİRMESİ

Proje ön tasarım sürecinde takım olarak istikrarlı ve disiplinli bir Ar-Ge süreci izlenerek aracımızın genel tasarımı oluşturulmuş ve elektronik yazılım şemaları geliştirilmiş, ardından rapor yazım aşamasına geçilmiş ve ÖTR süreci başarılı bir şekilde sonuçlanmıştır. Ön tasarım sürecinden kritik tasarım sürecine geçişte aracı iyileştirmek ve geliştirmek adına bazı değişiklikler yapılmıştır bu değişiklikler mekanik, elektronik, yazılım ve bütçe planlaması olmak üzere dört alt başlıkta incelenmiştir. Bahsedilen dört alt başlık 3.1., 3.2. ve 3.3'te gösterilmiştir.

3.1. Mekanik Alanda Yapılan Değişiklikler

- Motorları korumak adına ilk başta tasarıma yerleştirilen motor kalkanlarının ilerleyen süreçte kabuk kullanılırken gerekli olmadığı düşünülmüştür ve tasarımdan çıkarılmıştır.
- Araç şasisinin ön ve arka kısımlarında bulunan boşlukların sağlamlığını artırmak adına destek artırılmıştır.
- Ön ve arka plakayı bağlayan millerin sayısı ikiden dörde çıkarılarak aracın sağlamlığı artırılmıştır.
- Alt kısma konulacak kamera görüntüsünü engellediği düşünüldüğünden ilk başta robotik kol bağlantısında kullanılacak sigma sayısı ikiden bire düşürülmüştür.
- Hazne içinde bulunan elektronik aksamlarda karışıklığı ve problemi önlemek, elektronik anlamda çalışılabilirliği kolaylaştırmak adına hazne içine bir hazne yatağı tasarlanmıştır.

3.2. Elektronik ve Yazılım Alanlarında Yapılan Değişiklikler

- Otonom görev için kullanılması planlanan YOLOv3 nesne tanıma modeli yerine daha gelişmiş olan YOLOv5 kullanılmasına karar verilmiştir.
- Sistemde kullanılması planlanan Raspberry Pi 3B+ yerine Pixhawk 2.4.8 ile daha entegre çalışabilmesinden dolayı Raspberry Pi 3B kullanılmasına karar verilmiştir.
- Ön tasarım sürecine kullanılması planlanan 12V 66A olan adaptör, sistemin ihtiyaç duyduğu total güçten ihtiyaç duyulmayacak kadar fazlasını sağlamasından dolayı aracın istenen performansta çalışması için yeterli olan 12V 42A'lık bir adaptörle değiştirilmiştir.
- Ön tasarım sürecinin ardından aracın taşınabilirliğini kolaylaştırmak amacıyla RJ45 ethernet soketi kullanılarak ethernet rulosu ve araç birbirlerinden ayrılabilir hale getirilmiştir.
- Ön tasarım aşamasında QGroundControl yanında TKinter kütüphanesi kullanılarak farklı bir arayüz tasarlanması düşünülmekteydi ancak süreç içerisinde QGroundControl yazılımının yeterli olması nedeni ile tek başına kullanılarak devam edilmesine karar verilmiştir.

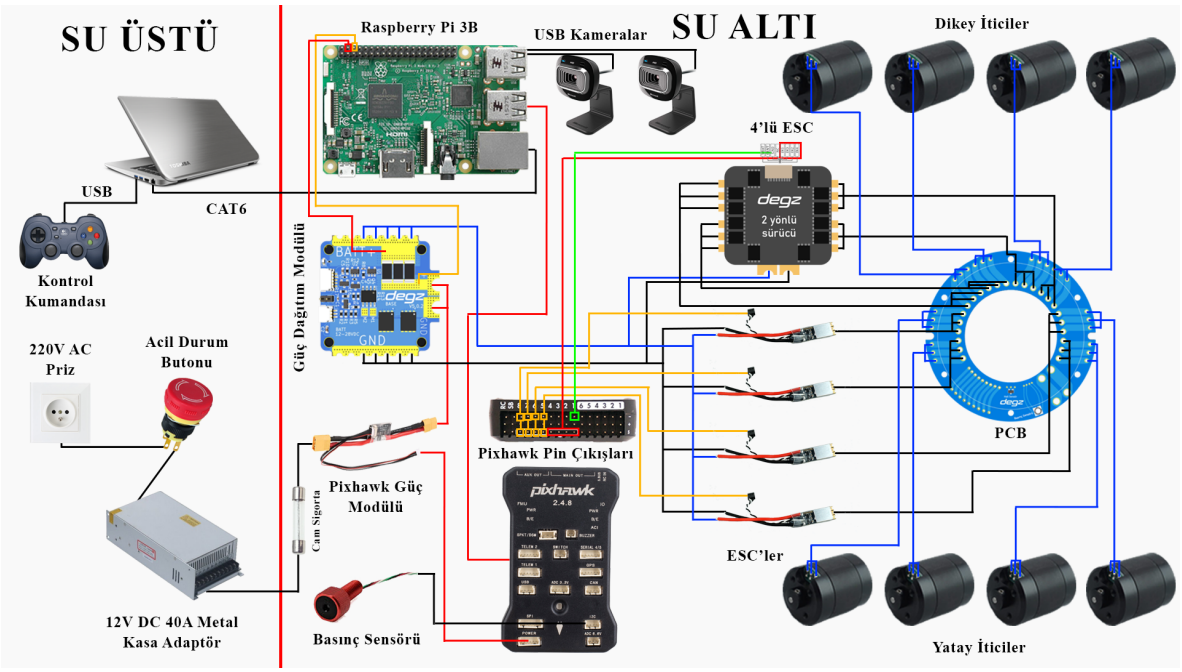
3.3. Bütçe Planlamasında Yapılan Değişiklikler

Mekanik, elektronik ve yazılım alanlarda yapılan değişiklikler ışığında bütçe planlamasında da bazı değişikliklere gidilmiş olduğunu söylemek yanlış olmaz. Ön tasarım sürecinde planlanmış olan bütçeye, kritik tasarım sürecinde mekanik malzemelerden polioksimetilen ve penetratörlü hazne arka kapağı eklenmiştir. Kritik tasarım sürecinde elektronik malzemelerde ise RJ45 konnektör ve güç kablosu konnektörünün bütçe planlamasına eklenmesi gerçekleştirilmiştir.

4. ARAÇ TASARIMI

4.1. Sistem Tasarımı

Aşağıdaki blok şemada seçilmiş olan elektronik sistemin en genel halini gösterilmiştir. Sistem tasarım şeması Şekil 2'de verilmiştir.



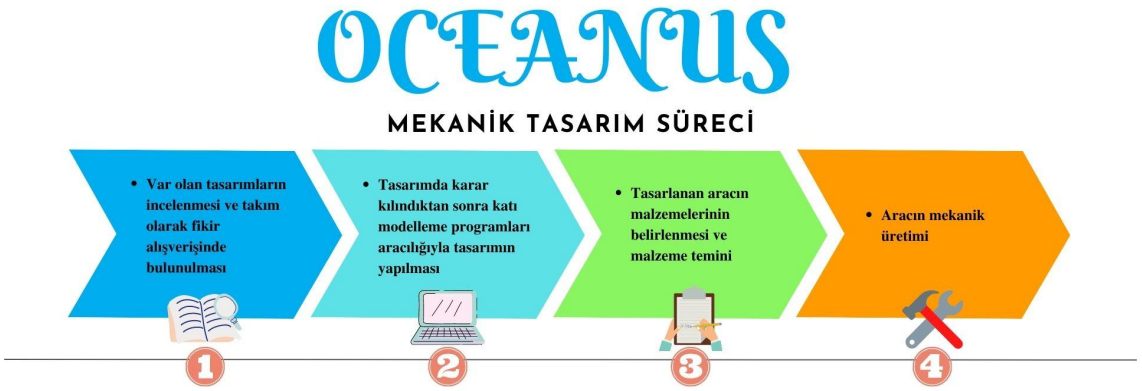
Şekil 2. Sistem Tasarım Şeması

4.2. Aracın Mekanik Tasarımı

Yapılan detaylı literatür taraması ve şartnamenin detaylı incelemesi ardından araç tasarımı gerçekleştirilmiştir. Araç tasarımı yapılırken şartnamede belirtilen boy-kütle oranı, araç dengesi ve aynı zamanda su altında etki eden statik ve dinamik kuvvetler göz önüne alınmıştır. Tasarım aşamasında Fusion 360, Autocad ve Solidworks yazılımları kullanılmıştır. Aracımızda 1 adet sızdırmaz hazne, 4'er tane yatay ve dikey itici motor, 6 parça 20x20 sigma profil, 1 adet pnömatik robotik kol, PLA filamentinden oluşturulmuş 8 adet sigma kapağı, 4 adet yatay eksenli motor bağlantı parçası, 4 adet dikey eksenli motor bağlantı parçası, 1 adet kanca, 1 adet pim çekme kolu; 1 adet kürek ve 1 adet robotik kol bağlantı parçası bulunmaktadır.

4.2.1. Mekanik Tasarım Süreci

Geçtiğimiz yıldan elde edilen deneyim ile Oceanus takımı olarak sürecin işleyişine, planlı bir yol haritası çizmeye ve aracın gereksinimlerine hakim olduğumuz düşünülmektedir. Bu yüzden sürecin işleyişi planlanırken 4 ana başlığa ayrılmıştır. Bu dört ana başlığın belirtildiği mekanik tasarım süreci Şekil 3'te gösterilmiştir.

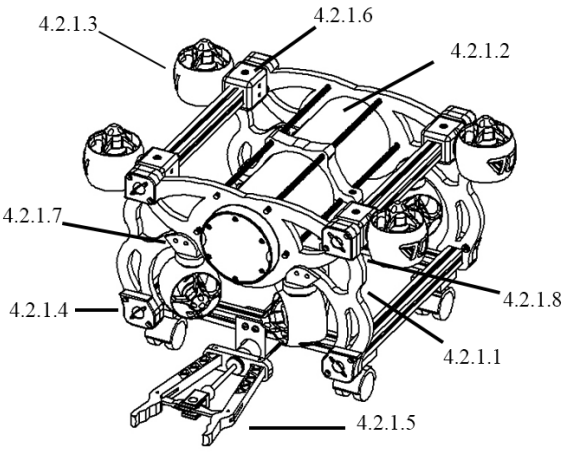


Şekil 3. Mekanik Tasarım Süreci

Takımca yapılan fikir alışverişinden sonra su altının hidrodinamik yapısına uygun bir şasi tasarlanmıştır. Ardından şasiye uyumlu ve motorların kullanımında en avantajlı motor tutucuları tasarlanmıştır. Ardından milli teknoloji hamlesi kapsamında milli üretim yapan bir firmadan sızdırmaz su altı haznesi temin edilmiştir. Aracımızda toplam 10 adet ana parça bulunmaktadır. Bunlar:

- Şasi
- Sızdırmaz Su Altı Haznesi
- Triton Su İticiler
- Sigma Kapakları
- Robotik Kol
- Dikey Eksenli İtici Bağlantı Parçaları
- Yatay Eksenli İtici Bağlantı Parçaları
- Pak Görevine Yönelik Kürek Tasarımı
- Kanca
- Pim Çekme Kolu

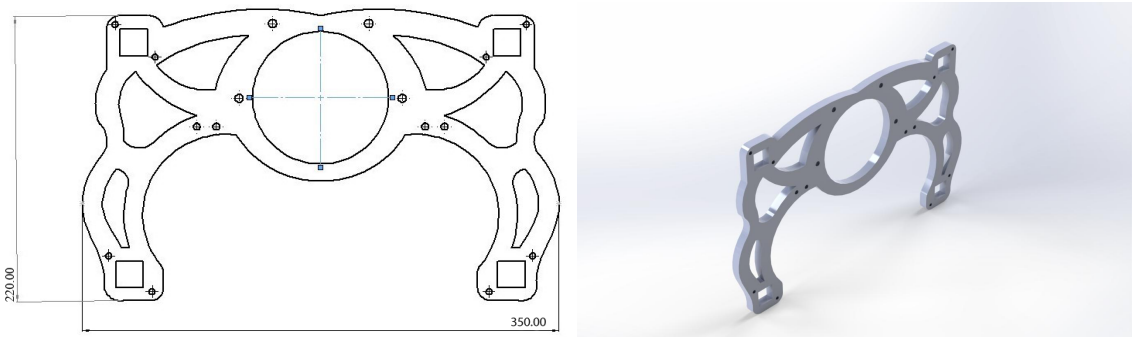
olarak belirlenmiştir.



Şekil 4. Aracın Genel Teknik Çizimi

4.2.1.1. Şasi

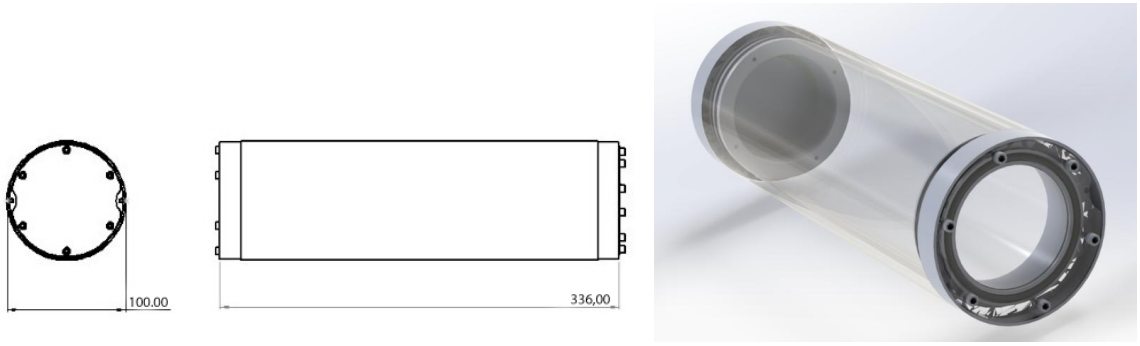
Şasi tasarımı, aracın su altındaki kabiliyetini üst düzeye çıkarmak için kavisli ve su akışının gerçekleşebilmesi için delikli tasarlanmıştır (Şekil 5). Üretim malzemesi derlin (polioksimetilen)dir. Aracımızda iki adet bulunmakta ve 20x20 sigma profiller sayesinde birbirlerine bağlanmaktadır.



Şekil 5. Şasi

4.2.1.2. Sızdırmaz Su Altı Haznesi

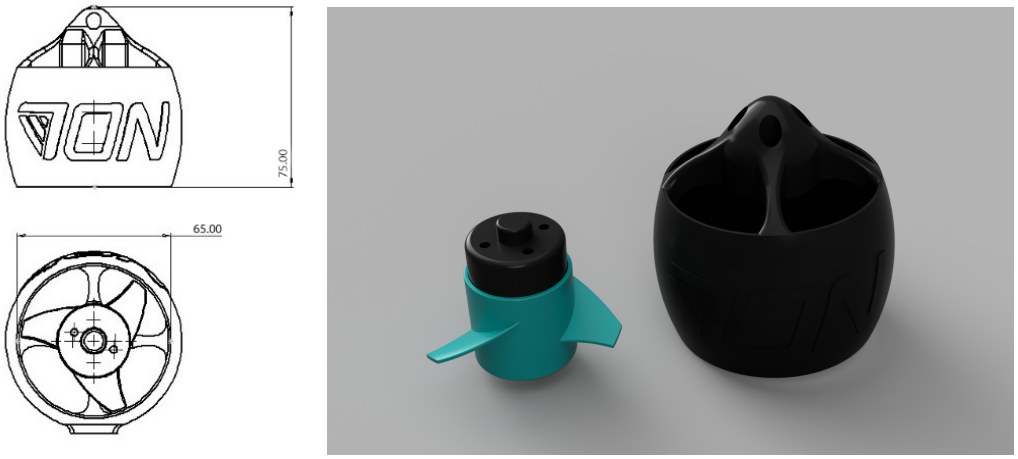
Sızdırmaz su altı haznesi, yerli ve milli teknoloji hamlesi kapsamında yerli bir firmadan temin edilmiştir. Hazne, iki şasinin arasında bulunmaktadır. Haznenin iç çapı 9 cm, dış çapı 10 cm dir. 100-200 metre derinliğe kadar sızdırmazlık özelliği göstermektedir. Hazne kapaklarının boyutları ise 34 cm dir. Hazne kapaklarının içinde bulunan O-ringler su altında oluşan basınç sonucu şişmekte ve sızdırmaz haznenin içine su girmesini engellemektedir (Şekil 6).



Şekil 6. Sızdırmaz Su Altı Haznesi

4.2.1.3. Triton Su İticiler

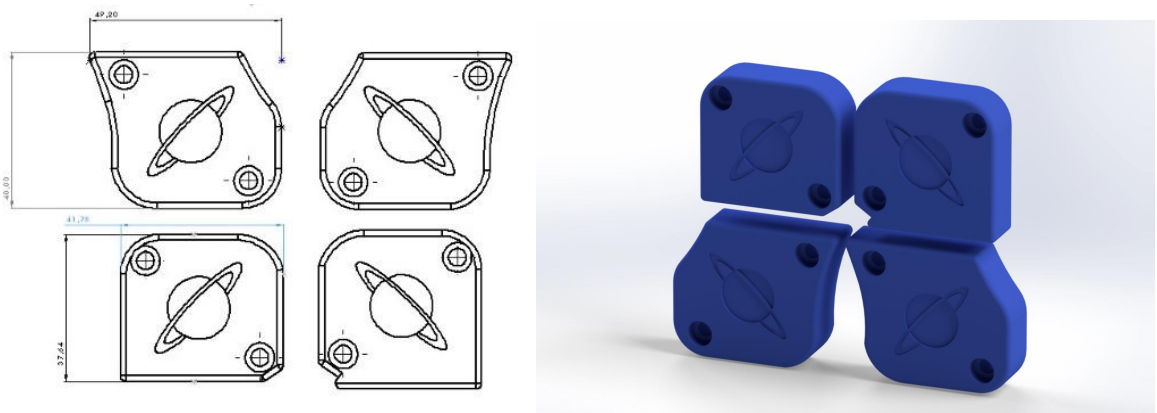
Triton su iticiler, yerli ve milli üretim yapan bir firmadan temin edilmiştir (Şekil 7). Su altı aracı tasarımında 4 adet yatay eksende ileri-geri/sağ-sol hareketlerini sağlamak amacıyla; 4 adet dikey yukarı-aşağı eksende itici konumlandırılmıştır. İki eksende de 4'er tane itici tercih edilmesi, aracın hareket kabiliyetini kolaylaştırmıştır.



Şekil 7. Triton Su İticiler

4.2.1.4. Sigma Kapakları

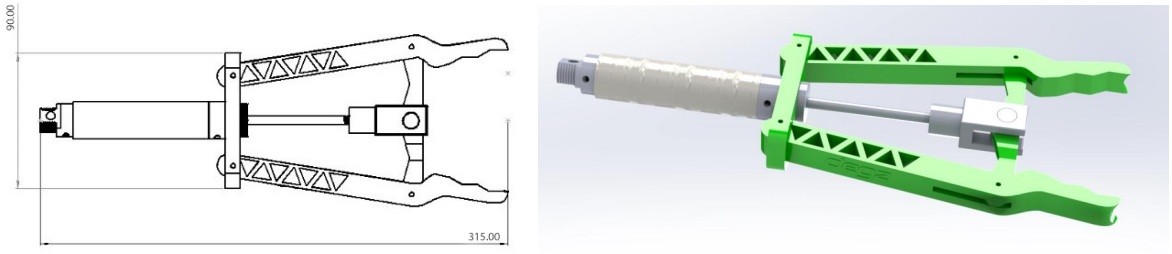
Sigma kapakları, 20x20 sigma profillerin sivri kısımlarının daha yumuşak kenarlı tasarlanmış parçalar ile kapatılmasını amaçlamaktadır. Üretimi PLA filament ile 3D yazıcı aracılığıyla üretilmiştir (Şekil 8).



Şekil 8. Sigma Kapakları

4.2.1.5. Robotik Kol

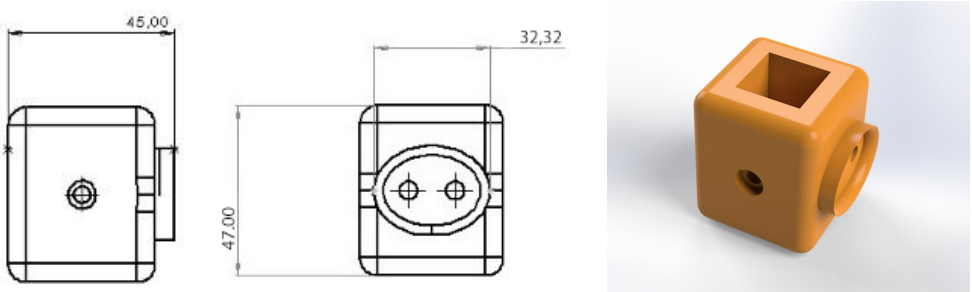
Robotik kol, yerlilik ilkesine bağlı olarak milli bir firmadan temin edilmiştir. Robotik kol, TEKNOFEST 2022 İnsansız Su Altı Sistemleri Şartnamesinde belirtilen "Su Altı Hokey Görevi" ve "Su Altı Montaj Görevi"ne uygun olarak tercih edilmiş ve konumlandırılmıştır. Araca montajı tasarım ekibimiz tarafından tasarlanan robotik kol bağlantı parçası ile sağlanmıştır (Şekil 9). Robotik kolun çalışma prensibi pnömatik sistemdir. Ve açılıp kapanma eylemini pnömatik piston ile sağlamaktadır. Pnömatik pistonun kontrolünü gerçekleştirmek amacıyla pnömatik valf, pnömatik boru ile hem kompresöre hem de robotik kola bağlanmaktadır. Gerekli olan elektrik enerjisi, aküden sağlanmaktadır. Ayrıca kompresör aküden aldığı elektrik enerjisini pnömatik valfe ileterek sistemin çalışmasını sağlamaktadır.



Şekil 9. Robotik Kol

4.2.1.6. Dikey Eksenli İtici Bağlantı Parçaları

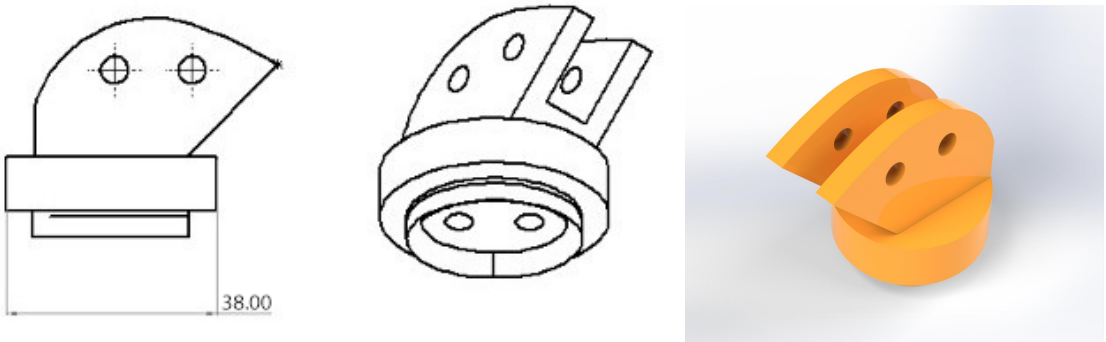
Dikey eksenli itici bağlantı parçaları, ileri-geri/sağ-sol hareket işlevini sağlayan 4 adet motorun şasiye bağlanmasını sağlamaktadır. PLA filament ile 3D yazıcı aracılığıyla üretilmiştir (Şekil 10).



Şekil 10. Dikey Eksenli İtici Bağlantı Parçaları

4.2.1.7. Yatay Eksenli İtici Bağlantı Parçaları

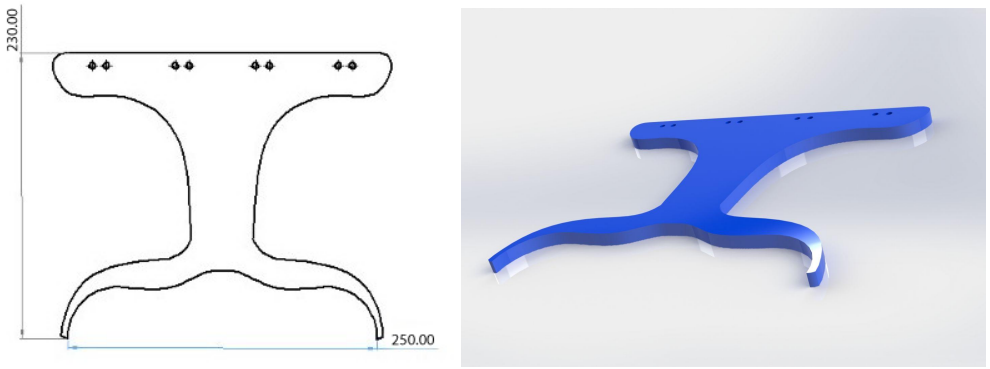
Yatay eksenli itici bağlantı parçaları, aşağı-yukarı hareket işlevini sağlayan 4 adet motorun şasiyi bağlayan 20x20 sigma profillere bağlanmaktadır. PLA filament ile 3D yazıcı aracılığıyla üretilmiştir (Şekil 11).



Şekil 11. Yatay Eksenli İtici Bağlantı Parçaları

4.2.1.8. Pak Görevine Yönelik Kürek Tasarımı

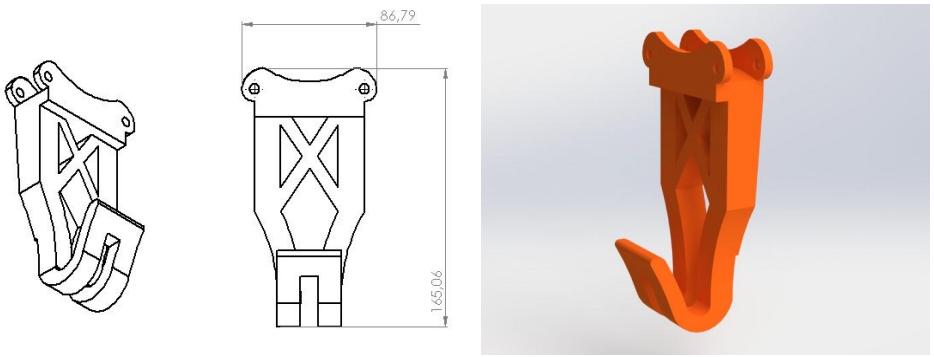
Kürek tasarımı, şartnamede belirtilen "Su altı Hokey Pakı Görevi"ne uygun olarak tasarlanmıştır (Şekil 12). Tasarımında balina yüzgeçlerinden esinlenilen bu tasarım aynı anda aynı renk 3 pakı almayı amaçlamaktadır. Üretim malzemesi derlindir.



Şekil 12. Pak Görevine Yönelik Kürek Tasarımı

4.2.1.9. Kanca

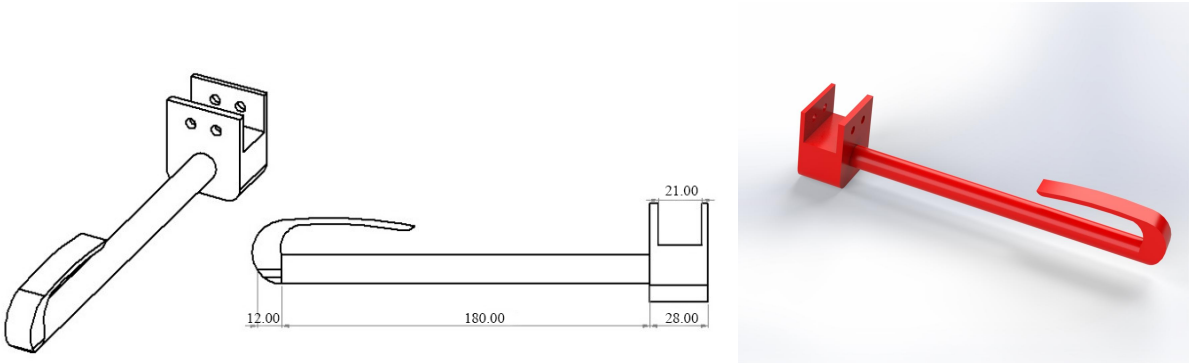
Kanca, şartnamede belirtilen "Su Altı Plaka Görevi" adına tasarlanmıştır (Şekil 13). Amacı, sandıkların içinde bulunan plakaların mapalarından tutarak hareketini sağlamaktır. PLA Filament ile 3D Printer aracılığıyla üretilmiştir.



Şekil 13. Kanca

4.2.1.10. Pim Çekme Kolu

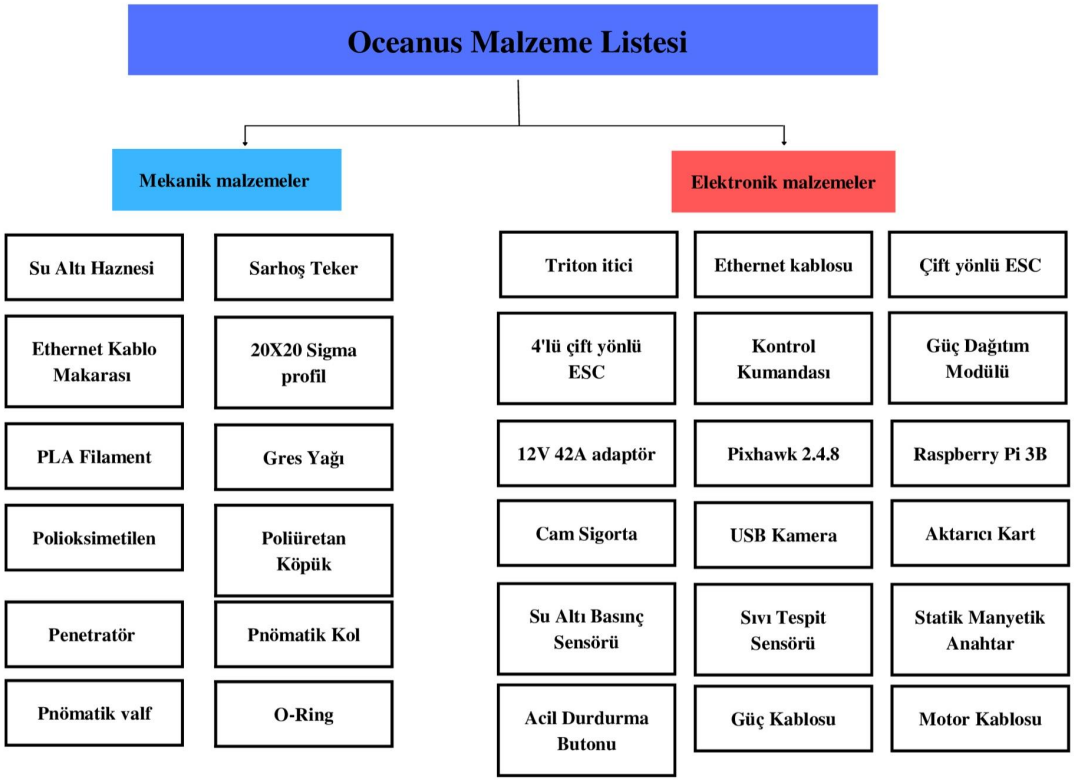
Montaj görevinde bulunan pim çekme aşamasını yerine getirmek için robotik kola alternatif olarak robotik kolla aynı şekilde bağlanacak bir kol tasarımı üzerinde çalışılmıştır (Şekil 14).



Şekil 14. Pim Çekme Kolu

4.2.2. Malzemeler

Malzeme listesi Şekil 15'de verilmiştir.



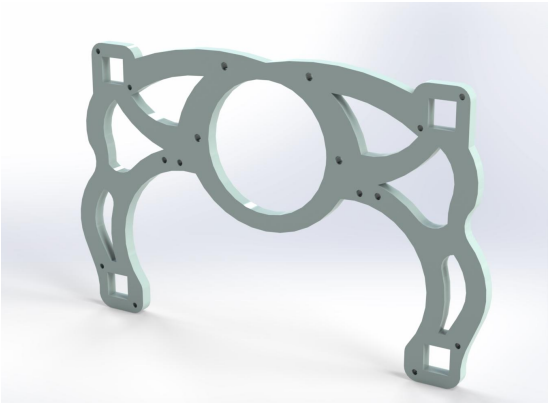
Şekil 15. Oceanus Malzeme Listesi

4.2.3. Üretim Yöntemleri

Aracımızda bulunan triton su iticiler gibi parçalar, milli teknoloji hamlesi kapsamında yerli bir firmadan temin edilmiştir. Tasarımları gerçekleştirilmiş olan insansız su altı aracının parçaları takımımız tarafından belirli yöntemler kullanılarak üretilmiştir. İnsansız su altı aracının üretim aşamasında CNC talaşlı imalat ve üç boyutlu eklemeli imalat yöntemlerinden yararlanılmıştır. Aracın mekanik anlamında üretilmesinde kullanılan imalat yöntemlerinin yanında elektronik bileşenlerin birbiriyle temasının sağlanması havya ile lehimleme yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. İmalat yöntemlerinin seçilme aşamasında kullanışlılık ve amaca hizmet gibi etmenlerin göz önünde bulundurulmasına özellikle dikkat edilmiştir. Üretim aşamasında kullanılan yöntemlerin detaylı açıklamaları 4.2.3.1, 4.2.3.2 ve 4.2.3.3'de verilmiştir.

4.2.3.1. CNC Talaşlı İmalat

Aracın bütünlüğünü sağlamaya yardımcı plakalar CNC talaşlı imalat yöntemi aracılığıyla üretilmiştir. Talaşlı imalat sayesinde tasarım ekibi tarafından SolidWorks gibi katı modelleme programları yardımıyla milimetrik detaylar ile tasarlanmış olan araç plakaları gibi parçalar, doğru ölçüler ve temiz yüzeylerle insansız su altı aracımızda kullanılmaya hazır hale gelebilmiştir. CNC talaşlı imalat yönteminin sayısız avantajlarından biri de hızlı bir şekilde işlemlerin gerçekleştirilebiliyor olmasıdır. CNC talaşlı imalat yönteminin hızının fazla olmasının sebepleri: manuel hareket, ölçü, ayarlama gerektirmemesi olarak verilebilir.
CNC talaşlı imalat sürecinde, sanayiye gidilerek profesyonel şekilde kesim işlemlerinin tamamlanması sağlanmıştır. Aracın plakalarının malzemesi olarak derlinden yararlanılmıştır. Derlin; yüksek sertlik, düşük sürtünme ve mükemmel boyut kararlılığı gerektiren hassas parçalarda kullanılır. Bu açıdan derlin hem hafifliği hem de hassas parçalarda kullanılabilmesi adına insansız su altı aracına fayda sağlamıştır. CNC talaşlı imalat yöntemi aracılığıyla üretilen plakanın çizimi Şekil 16'da ve plakanın üretilmiş hali Şekil 17'de verilmiştir.



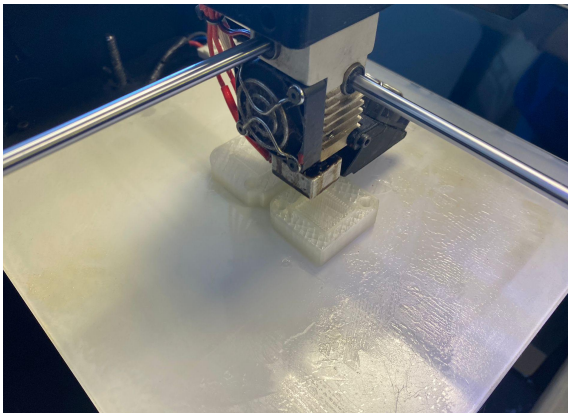
Şekil 16. Şasinin Çizimi

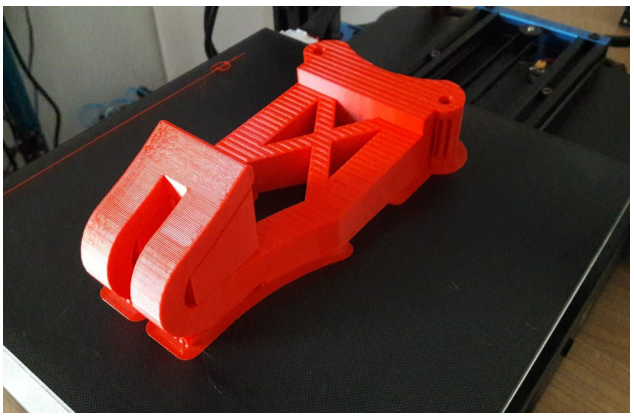
Şekil 17. CNC Talaşlı İmalat Aracılığıyla Üretilen Derlin Şasi

4.2.3.2. Üç Boyutlu Eklemeli İmalat

Motor montaj parçaları, su iticilerinin kabukları, pervaneler ve sigma kapakları tasarım ekibi tarafından katı modelleme programları kullanılarak tasarlanmış ve sonrasında ise üç boyutlu baskı, hızlı prototip üretme ya da serbest formlu üretim adları da verilen üç boyutlu eklemeli imalat yöntemi aracılığıyla üretimi gerçekleştirilmiştir. Eklemeli imalat, geleneksel üretim yöntemlerine oranla daha hafif ve daha detaylı tasarımların üretimine izin verir.

Üç boyutlu eklemeli imalat yöntemi kullanılırken malzeme olarak bitkisel ürünlerden elde edilen bir plastik olan PLA filamentten yararlanılmıştır. PLA filamentin basımı ABS filamente göre oldukça kolaydır. Filament sert yapısı sayesinde olası kaza durumlarında zor aşınır ancak sert olmasına rağmen keskin değildir. Bu durum sayesinde sigma kapaklarında PLA filamentten yararlanılmış olması güvenlik önlemi anlamında önem taşımaktadır. Üç boyutlu eklemeli imalat Şekil 18'de verilmiştir.

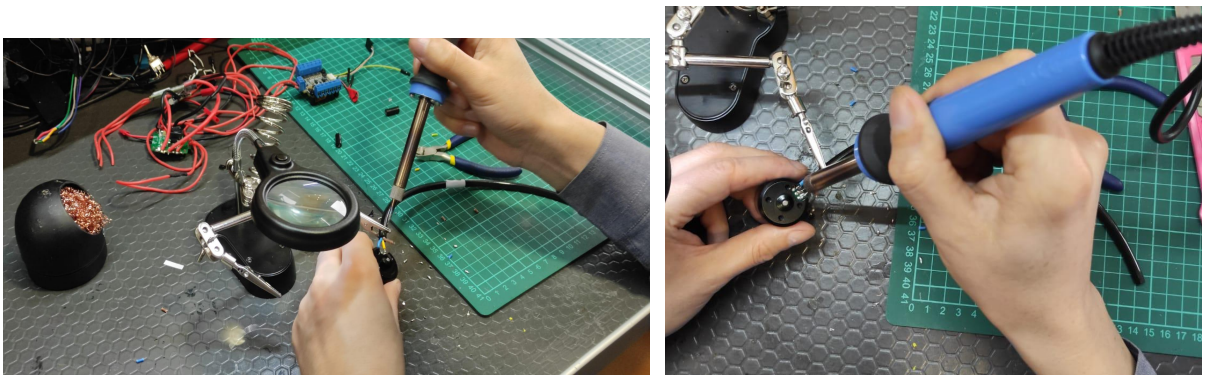




Şekil 18. Üç Boyutlu Eklemeli İmalat Yöntemiyle Parça Üretiminin Gerçekleştirilmesi

4.2.3.3. Havya ile Lehimleme

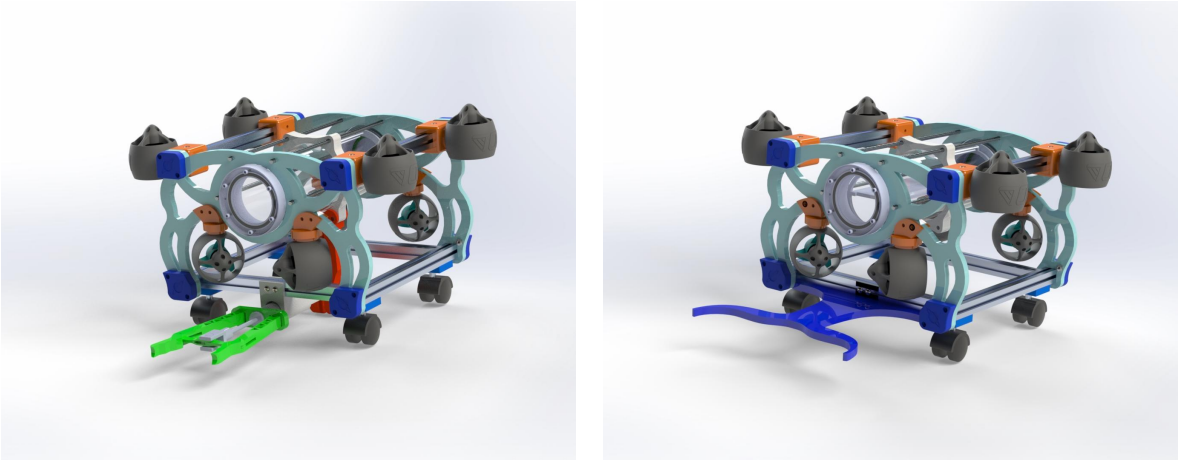
İnsansız su altı aracının sızdırmaz haznesinin içinde bulunan sistemde yer alan elektronik aksamların birbiriyle bağlantısı havya ile lehimleme yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Havya ile lehimleme yöntemi, bağlantıda iyi elektrik ve ısıl iletkenlik sağlar, tamiri ve yeniden yapılması kolaydır. Dolayısıyla havya ile lehimleme yöntemi elektronik aksamların bağlantısında ilk tercih olmuştur. Havya ile lehimleme işlemi Şekil 19'da gösterilmiştir.



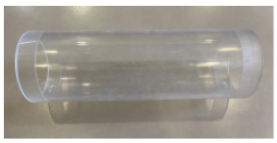
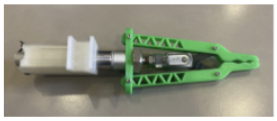
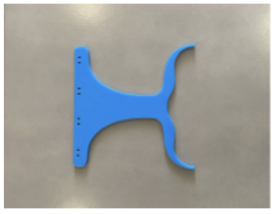
Şekil 19. Havya ile Lehimleme İşlemi

4.2.4. Fiziksel Özellikler

Şartnamede belirtilen ölçüler dikkate alınarak araç tasarımı oluşturulmuştur. Aracın genel görünümününün renderları Şekil 20'de verilmiştir. Aracın ve araç tasarımında kullanılan parçaların en, boy ve kütleleri aşağıdaki tabloda belirtilmiştir.



Şekil 20. Aracın Genel Görünüm Renderları

Parça Adı	Görsel	En	Boy	Kütle
Şasi		22 cm	35 cm	250 gr
Sızdırmaz Su Altı Haznesi		10 cm	336 cm	532 gr
Triton Su İticiler		7,5 cm	7,5 cm	41 gr
Robotik Kol		9 cm	31,5 cm	600 gr
Kürek		25 cm	23 cm	300 gr
Kanca		8,6 cm	16,5 cm	78 gr

Tablo 1. Araç Parçalarının En-Boy-Kütle Tablosu

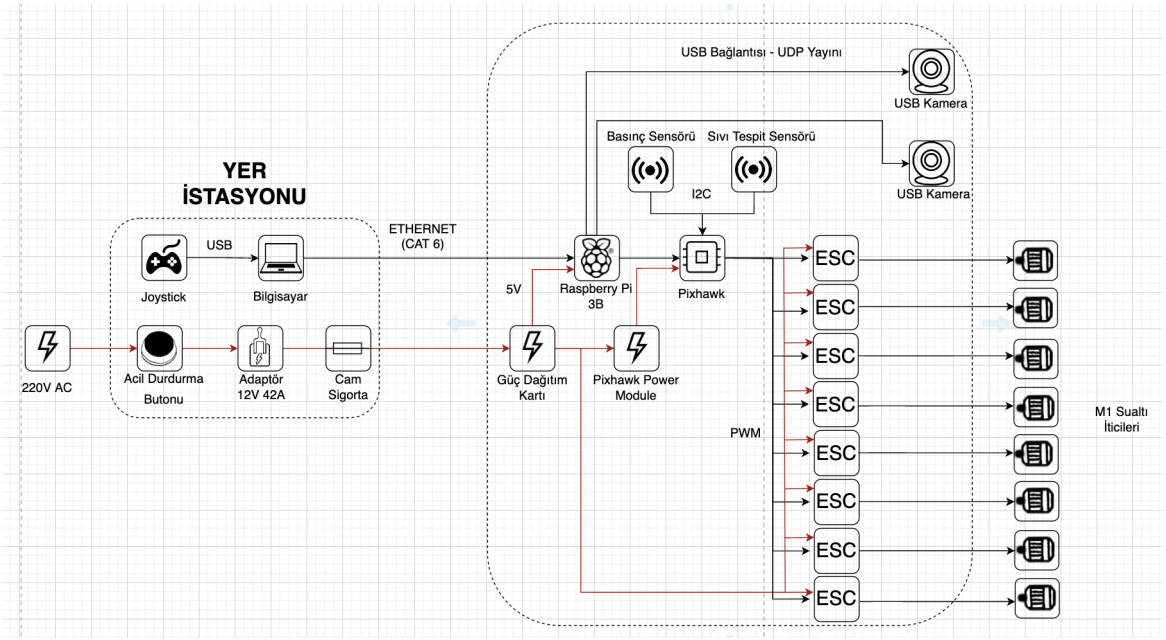
4.3. Elektronik Tasarım, Algoritma ve Yazılım Tasarımı

4.3.1. Elektronik Tasarım Süreci

Su altı aracının elektronik sistemi için ilk olarak otonom uçuş kartı olarak Pixhawk kullanılmasına karar verilmiştir. Bu kararın sebebi olarak entegre sensör bulundurması, alternatif kartlara oranla daha fazla port bulundurması ve az alan kaplaması gösterilebilmektedir. Pixhawk'a güç vermek adına Pixhawk güç modülü kullanılmıştır. Görevlerde kolaylık sağlanması adına sistemde basınç sensörü kullanılmış, bu sensör Pixhawk'ın I2C portuna bağlanmıştır. Sistemde anakart olarak Pixhawk ile uyumlu olması sebebiyle Raspberry Pi 3B kullanılmıştır. Aracın görüş alanını genişletmek ve yarışma parkurlarında avantaj sağlayabilmek adına bir tanesi öne bir tanesi aşağıya bakacak şekilde konumlandırılmış iki adet USB kamera kullanılmıştır. Araçta 4 dikey ve 4 yatay olmak üzere bulunan toplam 8 adet motor; 1 adet 4'lü ESC ve 4 adet tekli ESC'ye bağlanmıştır. ESC'ler için gerekli olan güç, güç dağıtım kartından sağlanmıştır. Motorların PWM sinyalleri Pixhawk'ın sinyal çıkışlarına bağlanmıştır.

Su üstünde bilgisayarın araç ile olan veri bağlantısı Cat6 kablosu aracılığı ile sağlanmıştır. Bilgisayarın USB girişine bağlı olan kablolu kontrol kumandası ile araç kontrolü sağlanmaktadır.

Araca güç sağlanmasında hazne içi karışıklığı önlemek ve daha uzun bir sürüş vakti edinmek amacıyla batarya yerine adaptör tercih edilmiştir. Bu tercih doğrultusunda 220V AC şehir şebekesinden elde edilen güç 12V DC 40A metal kasa adaptör yardımı ile araca iletilmiştir. Meydana gelebilecek kaza ve arıza durumlarıyla karşılaşabilme ihtimaline karşı, güç düzeneğine acil durum butonu ve cam sigorta da dahil edilmiştir. Elektronik tasarım şeması Şekil 21'de verilmiştir.



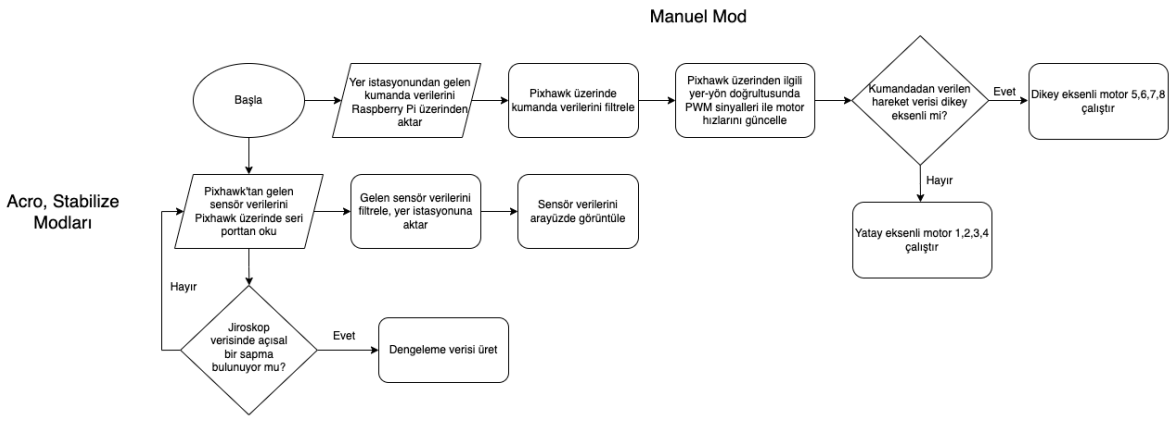
Şekil 21. Elektronik Tasarım Şeması

4.3.2. Algoritma Tasarım Süreci

Algoritma tasarım süreci; manuel sürüş algoritması ve otonom sürüş algoritması olmak üzere iki alt başlık altında incelenmiştir. Ön tasarım sürecinde tasarlanan algoritmalar jüri değerlendirilmesinde detaylı bulunmuştur ve kritik tasarım sürecine geçişte köklü bir değişiklik yaşanmamıştır.

4.3.2.1. Manuel Sürüş Algoritması

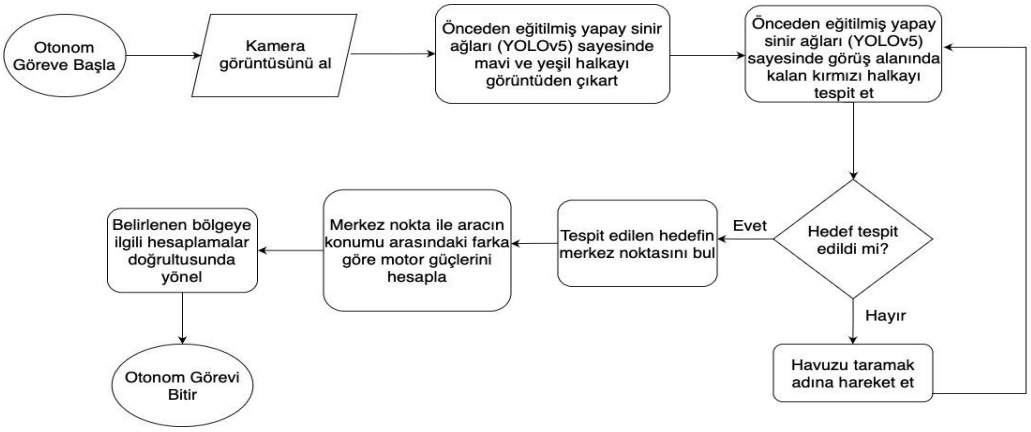
Motor hızlarının güncellenmesi temellerine dayanan manuel sürüş algoritması, jiroskop, ivme, pusula, basınç gibi sensör verilerinin filtrelenmesi daha sonra ise filtrelenen verilerin hedef değer ile arasındaki farkın kullanılarak hesaplanmasına dayanır. Bu durumda kumanda sayesinde verilen girdiler ve sensör verileriyle stabilizasyon en üst düzeye çıkarılmıştır (Şekil 22).



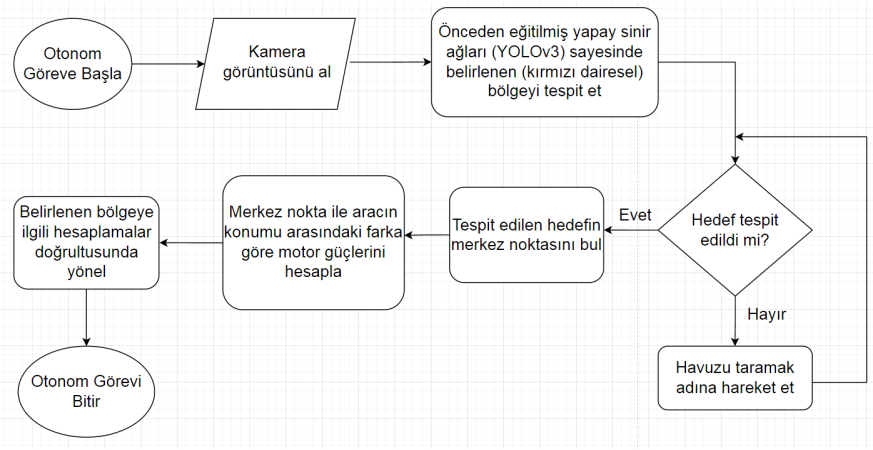
Şekil 22. Manuel Sürüş Algoritması

4.3.2.2. Otonom Sürüş Algoritması

Otonom sürüş adına yapay zeka modeli eğitilmesine dayanan bir yöntem geliştirilmektedir. YOLOv5 ile birlikte modelin eğitilmesi adına 1000-1200 adet fotoğraf kullanılmıştır. (Şekil 23) Ayrıca NumPy kütüphanesi kullanılarak Contour Detection (Kenar Tespiti) ve Colour Detection (Renk Tespiti) yapılmıştır. OpenCV kütüphanesi ile daire ve renk algılama alternatif bir yol geliştirilmiştir (Şekil 24).



Şekil 23. Otonom Sürüş Algoritması



Şekil 24. Yedek Otonom Sürüş Algoritması

4.3.2.3. Yazılım Tasarım Süreci

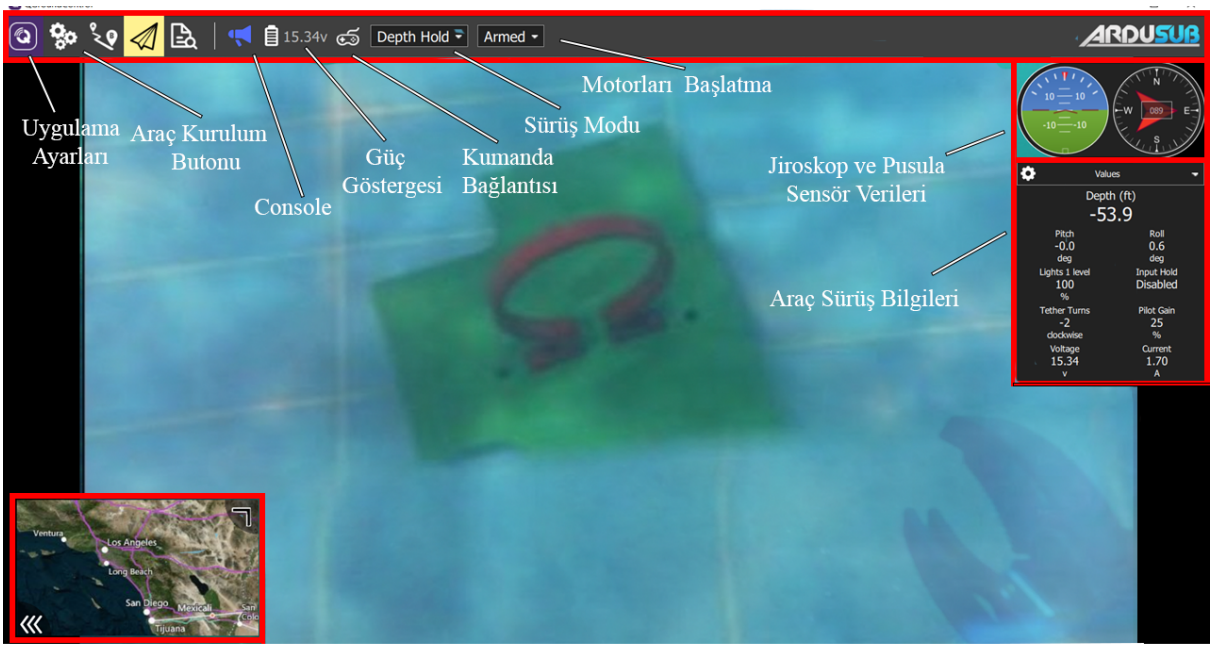
Yazılım tasarım sürecinde Python dili kullanılmıştır. Araç iletişimi QGroundControl yazılımı üzerinden MavLink protokolü ile gerçekleştirilmiştir. MavLink protokolü ile beraber araç ile bilgisayar "heartbeat" sinyalleri ile haberleşmektedir.

Raspberry Pi üzerinden UDP kamera yayını GStreamer eklentisi kullanılarak yapılmıştır. Bu aşamada GStreamer eklentisinin kullanılmasındaki nedenler QGroundControl üzerinden yayının direkt olarak görüntülenebilmesi ve otonom görevde bu verinin kullanılabilecek olmasıdır.

Aracın otonom görevi tamamlanması aşamasında YOLOv5 (You Only Look Once) nesne algılama modeli kullanılmıştır. YOLOv5 modeli kullanılarak otonom göreve yönelik bir veri tabanı oluşturulmaya başlanmıştır. Bu noktada yaklaşık 1000-1200 görsel kullanılması planlanmaktadır. İlgili veri tabanı hazırlanmadan önce hazır veri tabanları kullanılarak YOLOv5 modelinin verimliliği test edilmiştir. Otonom görev için kamera görüntüsü GStreamer üzerinden alınırken, sensör verileri ise PyMAVlink protokolü ile aktarılmaktadır. Otonom aşamada ilgili görev yazılımı yer üstü istasyonunda bulunan bilgisayar üzerinde çalışmaktadır ve tüm bu veriler QGroundControl yazılımının arayüzü üzerinden takip edilmektedir.

4.4. Dış Arayüzler

Arayüz olarak QGroundControl 4.2.1 (QGC) yazılımı kullanılmıştır. Bu tercihin sebeplerinin başında Pixhawk ile uyumlu çalışabilmesi, araç ile yer istasyonu arasında ethernet üzerinden sağlıklı bir iletişim kurabilmesi ve Pixhawk'a entegre olan ivmeölçer, pusula, basınç ve jiroskop sensörlerinin kalibrasyonunda önemli bir düzeyde kolaylık sağlaması yer almaktadır. Ayrıca QGroundControl içerisinde bulunan "stabilize, depth hold, acro" gibi modlar sayesinde gerekli vektör hesaplamaları yapılarak aracın hareketi daha dengeli olmaktadır. Dış arayüz görseli Şekil 25'de verilmiştir.



Şekil 25. Dış Arayüz

5. GÜVENLİK

Çalışmalarımız esnasında önem verdiğimiz noktalardan bir tanesi de iş güvenliğidir. Bu başlığın incelenmesi ise üç farklı alanda gerçekleşebilmektedir. Bu alanlar başlıca çalışma ortamı güvenliği, üretim aşamasında güvenlik ve test aşamasında güvenliktir. Bunların yanında takım içerisinde güvenlik kuralları için bir tablo oluşturulmuş ve çıktı alınarak bu kurallara uyulup uyulmadığı her gün düzenli olarak kontrol edilmiştir. Tablo yöntemi uygulanarak her gün uyulan kurallar sırası ile işaretlenmiş böylece süreç boyunca daha düzenli bir çalışma ortamı oluşturulmuştur.

Atölyede Alınan Güvenlik Önlemleri	Test Aşamasında Alınan Güvenlik Önlemleri
• Atölye alanına yiyecek ve içecek sokulması yasaktır. • Prizlerdeki kablolar iş bitiminde kontrol edilmelidir. • İş bitiminde atölye temiz bırakılmalıdır. • Çalışma esnasında eldiven, gözlük gibi koruyucu aksesuarlar kullanılmalıdır. • İş bitiminde elektrik şalterleri kapatılmalıdır. • Elektrik kesme butonunun yeri tüm takım üyeleri tarafından biliniyor olmalıdır. • Atölyede kullanılan kabloların güvenliği öncesinde test edilerek kullanılmalıdır.	• Robot havuzda test edildikten sonra tüm paçaları detaylı bir şekilde kontrol edilmeli ve eksiksiz atölyeye getirilmelidir. • Test aşamasından sonra robotun tüm parçalarının bakımı özenli bir şekilde yapılmalıdır. • Elektrik kesme butonunun yeri tüm takım üyeleri tarafından biliniyor olmalıdır. • Tüm kabloların bağlantı noktası doğru olmalıdır. • Test aşamasında etrafta canlı bulunmamalıdır. • Test aşamasında eldiven, gözlük gibi koruyucu aksesuarlar takılmalıdır.

Tablo 2. Oceanus İş Güvenliği Tablosu

5.1. Çalışma Ortamı Güvenliği

Atölyede çalışmalarımızı sürdürürken iş güvenliği büyük önem arz etmektedir. Süreçte daha güvenli ilerleyebilmek adına, tüm takım üyelerine test ve imalat aşamalarına geçilmeden önce İş Sağlığı ve Güvenliği Temel Eğitimi verilmiştir. Almış olduğumuz İş Sağlığı ve Güvenliği Temel Eğitiminin Eğitim Katılım Formu Ekler bölümünde gösterilmiştir. Bu eğitim ile birlikte ekip üyelerimizin gözlük, maske, eldiven, iş elbisesi gibi koruyucu ekipmanları nasıl kullanacakları ve test aşamasında havuzda uymaları gereken kurallar anlatılmıştır. Ardından takım içinden üye 3 ve 4'e takım güvenlik sorumlusu görevi verilerek sürecin daha sağlıklı ilerlemesi sağlanmıştır. Ayrıca aracın test aşamasında havuza götürülmesini kolaylaştırmak adına bir araç tasarımı geliştirilmiştir. Bu araca ait görsel Şekil 26 da araç verilmiştir .

Şekil 26. Su altı Taşıma Aracı

5.1.1. Mekanik Alanı Güvenliği

Çalışırken takımımız içerisinde ayrıldığımız alanlardan bir tanesi olan mekanik alanında güvenliği sağlamak adına, kullanılan cihazların kullanım aşamalarında gözlük, eldiven gibi koruyucu aksesuarlar kullanılmıştır. Farklı alanlara ayrılmamızın sebeplerinden biri olan ilgi ve el yatkınlığı etkenleri ile mekanik aletlerin kullanımından sorumlu kişilerin alet hakkında bilinçli olması takımımızın güvenliği için alınan önlemlerden bir tanesi olmuştur.

Bunların yanında araç tasarımımızda aracın keskin kenarları olmamasına dikkat edilmiş, kesilen parçaların sivri kısımları zımpara yardımı ile keskin olmayacak şekilde zımparalanmıştır.

5.1.2. Elektronik Alanı Güvenliği

Çalışma alanlarımızdan bir tanesi olan elektronik alanında başlıca alınan önlemler arasında kablo bağlantılarının kontrolü örnek olarak gösterilebilmektedir. Sistem bağlantıları sağlanırken havya ile lehimleme yapılmasından önce alanında bilgili kişiler tarafından lehim eğitimi alınmıştır. Epoksi ve makaron uygulamaları hayata geçirilirken deri temasından kaçınılmıştır ve gerekli ekipmanların, başta eldiven olmak üzere, kullanımına özen gösterilmiştir.

Elektronik sistemden geçen elektrik akımının fazlalığı sebebiyle güvenlik anlamında sigortanın kullanılması şart hale gelmiştir ve dolayısıyla sistemde sigorta bulunmaktadır.

Araca su sızması durumunda elektronik aksamlar zarar görecektir ve tehlike arz edecektir, araçta bulunan sıvı tespit sensörü de bu noktada devreye girmektedir. Elektronik alanı güvenliklerinden bir diğeri de araçta acil durum butonu bulunmasıdır.

5.2. Tasarım ve Üretim Aşaması Güvenliği

Ürettiğimiz aracın başlıca güvenliği adına alınan önlemlerden ilki yapılan işlemlerin dikkatli bir şekilde yapılması olmuştur. Alan düzenli kullanılmış olup herhangi bir faktörün dikkat dağıtmaması amaçlanmıştır. Aracın montajı aşamasında sorumluluk almış olan takım üyeleri tarafından kesici, tehlike arz edebilecek alet ve edevatların kullanılması; üretim süreci boyunca takım içinden seçilen güvenlik sorumlusunun gözetimi altında olmuştur. Gerektiğinde eldiven, gözlük gibi koruyucu giysilerin takım üyeleri tarafından kullanılması her zaman bir öncelik olmuştur.

Araç tasarımında ise, tasarımda kullanılan sigma profillere sigma kapakları tasarlanmış bunun yanında araç taşımında aracın güvenliğini sağlamak adına bir taşıma aracı yapılmıştır. Bu sayede aracın taşınırken hasar alma olasılığını en aza indirmek ve aynı zamanda taşınabilirliğini artırmak planlanmıştır.

5.3. Test Aşaması Güvenliği

İnsansız su altı aracının testleri okulumuzda bulunan yarı olimpik havuzda gerçekleştirilmiştir. Havuzda alınması gereken güvenlik önlemleri maddeler halinde verilmiştir.

- Test esnasında tüm takım üyeleri, başlarına gelebilecek risklerin bilincinde olmalı ve tetikte kalmalıdır.
- Havuz alanında görevi olan olabildiğince az kişinin bulundurulmasına dikkat edilmelidir.
- Test aşamasında kablolarda herhangi bir kaçak olmadığından emin olunmalıdır.
- Elektronik sistemde güvenlik amacıyla sigorta bulunduğundan emin olunmalıdır.
- Robotun sürücüsünün rahatsızlanması ihtimaline karşın takımda en az bir yedek sürücü bulunmalıdır.
- Test alanına yiyecek içecek getirilmediğinden emin olunmalıdır.
- Test sürüşlerinin gerçekleştirildiği alanların da güvenliğinden emin olunmalı, havuzda herhangi bir elektrik kaçağı veya arıza olmadığından emin olunmalıdır.

6. TEST

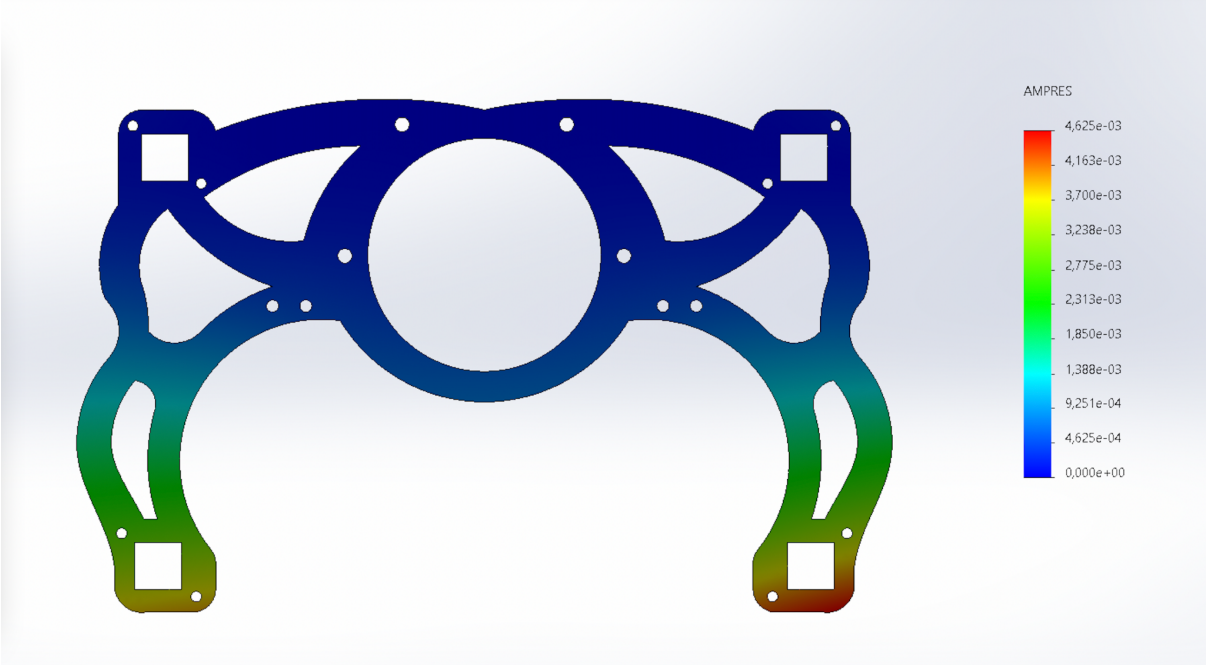
6.1. Simülasyon Testleri

Aracın havuz içerisindeki davranışlarını ve karşılaşılabilecek olası durumları önceden tespit etmek büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle araca bir ürünün gerçek dünyadaki fiziksel davranışlarını sanal ortamda test ederek eden bunu yaparken de Sonlu Eleman Analizi (FEA) kullanan, SOLIDWORKS® Simulation portfolyosu kullanılmıştır. Simülasyon testleri sonucunda araç bir sonraki aşama olan fiziksel testlere hazır hale gelmiştir.

6.1.1. Mukavemet

Mukavemet testi ile araca su altında uygulanacak basınç sonucunda geometri üzerinde oluşacak zamana paralelinde basıncın meydana getirdiği gerilmeler, yer değiştirmeleri, güvenlik katsayısı değerleri ve kritik bölgelerde meydana gelen gerilim ölçülmüş ve aracın tasarım uyumluluğu belirlenmiştir. Analiz sonucunda yarışmanın gerçekleşeceği Giresun olimpik yüzme havuzunun derinliği olan 2,00 mt de araca uygulanan 1,2 atm basınç altında

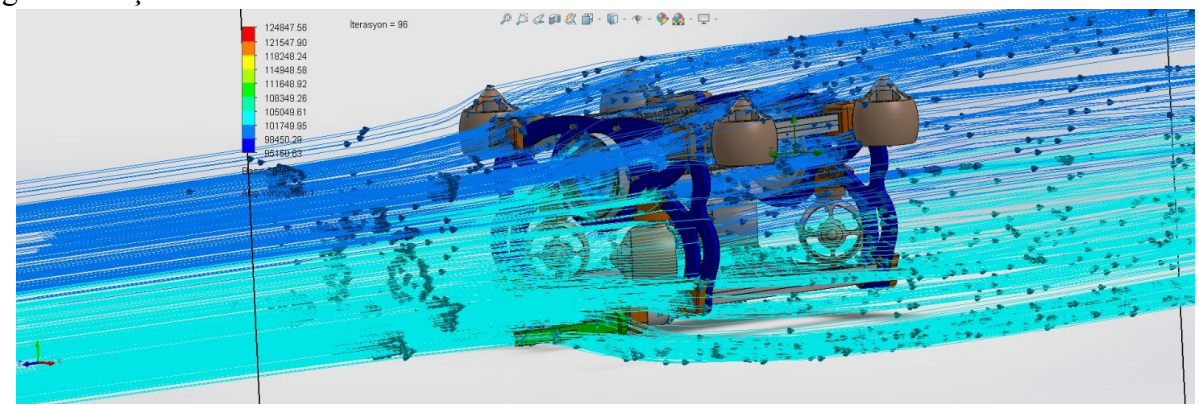
aracın muhakemenin uygun olduğu görülmüştür araç şasisine uygulanan basınç dağılımı Şekil 27 de verilmiştir.



Şekil 27. Araç Şasisine Uygulanan Basınç Dağılımı

6.1.2. Akış Simülasyonu

Aracın su içerisindeki hareketini ve göstereceği davranış paterninin tespit etmek, aerodinamikliğinin uygunluğunu analiz etmek adına akış simülasyonu büyük önem taşımaktadır. Kullanılan SOLIDWORKS® Flow Simulation; tasarımın çevresinde sıvı ve gaz akışını analiz etmenizi sağlayan sezgisel bir Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (CFD) çözümüdür. Uygulanan testin sonuçlarına bakıldığında aracın üst ve alt bölgelerindeki akış dinamiğinin Üst tarafta 95.150 Pa, Alt bölgelerde 98.450 PA basınç saptanmış ve değer 1 standart atmosfer basıncı olan 101.325 Pa dan az geldiğinden aracın genel akış dinamiğinin aerodinamik bir yapı sergilediği görülmüştür. Araca uygulanan akış simülasyonu Şekil 28'de gösterilmiştir.



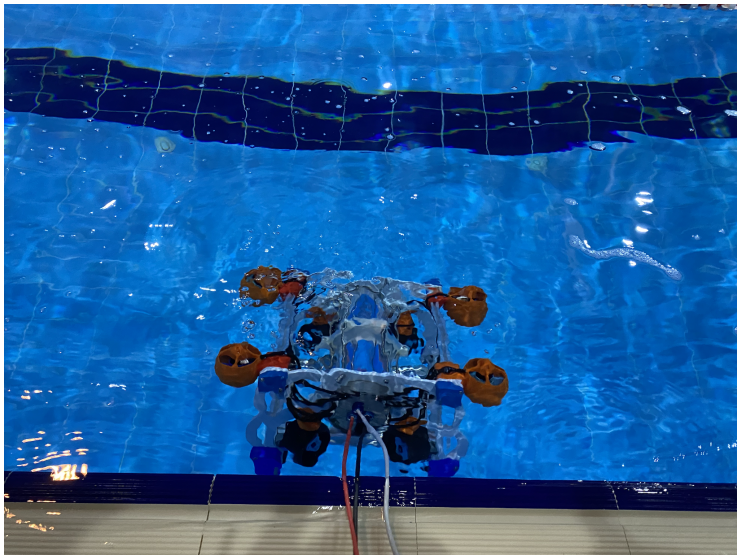
Şekil 28: Araca Uygulanan Akış Simülasyonu

6.2. Havuz Denemeleri

Okulda bulunan yarı olimpik havuzda hayata geçirilen sızdırmazlık ve hareket kabiliyeti testleri 6.2.1 ve 6.2.2'de açıklanmıştır.

6.2.1. Sızdırmazlık Testi

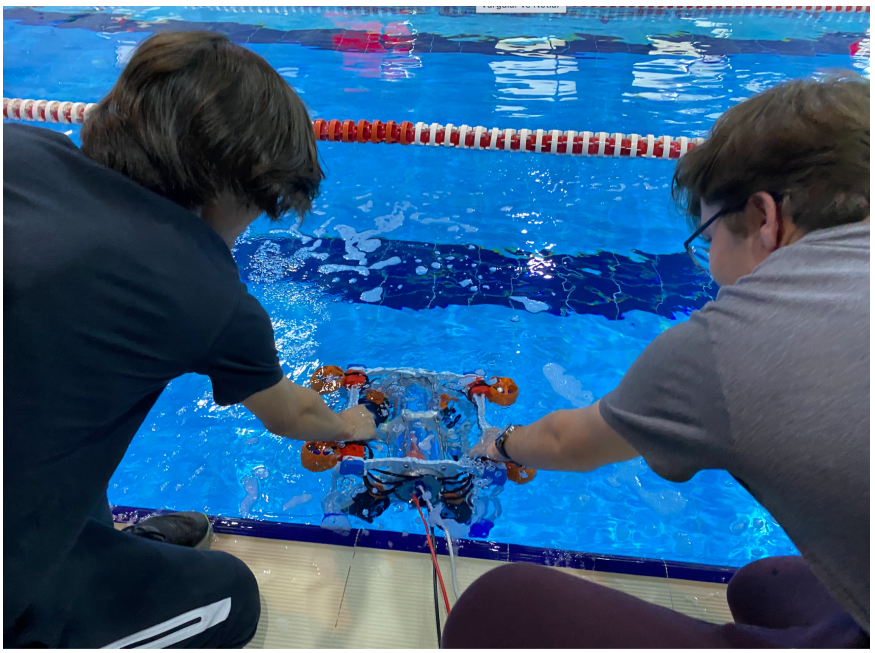
İnsansız su altı aracı su altında görevlerini sürdürürken su sızdırmıyor olması hayati nitelik taşımaktadır. Takımın her bireyi aracın su sızdırması durumunda elektronik sistemin zarar göreceğinin bilincindedir ve bu duruma göre hareket etmiştir. Araçta bulunan sızdırmaz haznenin kapaklarına, gres yağı aracılığıyla yağlanmış o-ringler yerleştirilmiştir. Sızdırmaz hazne kapağında yuvalarına yerleştirilen o-ringler, araç su altındayken basınç altında şişerek haznenin içine su almamasını sağlamaktadır. Sızdırmazlık test süreci yöntemlerinden biri, haznenin içine kağıt veya pamuk yerleştirilerek haznenin su sızdırıp sızdırmıyor olduğu anlaşılabilmesidir. Deneyimli birtakım olarak yarışmada yer alınıyor olunmasından ötürü sızdırılmama anlamında daha kesin bir yöntem olarak elektronik sisteme sıvı tespit sensörü eklenmiştir. Böylelikle hata payı en aza indirilerek insansız su altı aracının sızdırmazlığı tespit edilebilmiştir. Yarı olimpik yüzme havuzunda hayata geçirilen sızdırmazlık testi başarıyla sonuçlanmıştır ve su altı aracının su sızdırmadığı görülmüştür.



Şekil 29. Sızdırmazlık Test Aşaması

6.2.2.Hareket Kabiliyeti Testi

Aracımızın su altında yapılması gereken görevleri en kolay şekilde zorlanmadan yapabilmesi adına tasarımımızda balıkların iskelet yapılarından esinlenilmiştir. Bu tasarım sayesinde suya uygulanan direncin azaltılarak hareket kabiliyetinin artırılması hedeflenmiştir. Tasarımda aynı zamanda hareket kabiliyetinin yüksek seviyede olması adına motor yerleşimine dikkat edilmiştir. Araçta bulunan 8 adet triton iticilerden dikey eksende bulunan 4 motor aracın dış; yatay eksende bulunan 4 motor ise aracın iç tarafına yerleştirilmiştir. Yapılan bu işlemler ile aracın su altında rahat hareketinin sağlanması dolayısıyla görevleri de kolayca yerine getirmesini sağlamak amaçlanmıştır. Hareket kabiliyeti testlerimiz sonucunda hedeflenen amaçlara, tasarlanan araç ve kurulan sistem ile ulaşıldığı kanısına varılmıştır.



Şekil 30. Hareket Kabiliyet Test Aşaması

6.3. Görüntü Algılama Testi

Görüntü işlem sürecinde YOLOv5 uygulaması kullanılmıştır. Yapay zekanın algı kapasitesini test edebilmek adına algoritmaya içerisinde çeşitli objeler bulunan bir görsel sunulmuştur. Algoritmayı test edebilmek adına içinde birden fazla nesne bulunan bir görselle zorluk oluşturulmuş fakat bir sorun çıkmadan süreç başarıyla sonuçlanmıştır.

Şekil 31'da görüntü algılama testine ait 3 farklı örnek verilmiştir. Test aşamasında araç havuza indirildiğinde engelleyici eşya olmayacağından ve test edilecek şekil basit bir geometrik şekil olduğundan yapay zekâ gerçek zamana yakın bir hızla çalışabilecektir.

Şekil 31. Görüntü Algılama Testi

7. TECRÜBE

Bir aracın en iyi niteliklerle tasarlanması, üretilmesi ve test edilmesi sürecinde meydana gelen olası kazaların araçta revizelerle iyileştirilmesini sağlamak bir takımın sahip olması gereken niteliklerden olmalıdır. İnsansız su altı aracının tasarımı katı modelleme programları aracılığıyla hayata geçirilirken aracın alt bölgesinde bulunan robotik kolu tutan sigmaların sayısı iki olarak belirlenmiştir. Yarışma tarihi yaklaşırken ve tecrübeler kazandıkça iki adet sigma kullanımının hem malzeme kullanımı açısından fazlalık olacağı anlaşılmış hem de

ikinci sigmanın kamerayı kapatabilecek olma ihtimaline sahip olduğu anlaşılmıştır. Yapılan hatadan ders çıkarılmış ve sigma sayısı bire düşürülmüştür.

Su altı aracının çizimlerinin bitmesinden ve ilk defa basımı gerçekleştirildikten sonra aracın ölçülerinin büyük ve dolayısıyla da kullanışsız olduğu sonucuna ulaşılmıştır ve tasarım yeniden yapılarak ölçülerde küçülmeye gidilmiştir. Ölçülerde küçülmeye gitme durumu da su altı aracının hareket kabiliyetini güçlendirici etki göstermiştir. SolidWorks gibi katı modelleme programları kullanılarak tasarlanan su altı aracı parçalarının üç boyutlu eklemeli imalat yöntemi ile basım aşamasında farklı yazıcılardan yararlanılarak çalışmalara başlanmıştır. Her üç boyutlu yazıcının kendilerine özel hata paylarının olmasından dolayı yazıcılardan çıkan parçalarının birbirleriyle uyuşmama durumlarının yaşandığı görülmüştür ve ilerleyen süreçte genel olarak tek yazıcı üzerinden parçaların basılmasının daha kullanışlı bir yöntem olacağı takım tarafından kararlaştırılmıştır.

Üretilen ilk sızdırmaz hazne içi yatakta bulunan delikler elektronik sistem ile tam olarak uyum göstermemektedir. Bu durumdan dolayı hazne içi yatak tasarımında revizeye gidilmiştir ve delikleri elektronik sisteme en uyumlu şekilde olan hazne içi yatak tasarımı üretilmiştir.

8. ZAMAN, BÜTÇE VE RİSK PLANLAMASI

8.1. Zaman Planlaması

Proje geliştirme sürecinde zamanlama ve planlama kavramlarının düzenlenmesinin etkisi çok fazladır. Proje sürecinde disiplinli ve verimli bir çalışma sürdürebilmek adına bir iş-zaman çizelgesi oluşturulmuştur. Söz konusu iş-zaman çizelgesi aşağıda ayrıntılı bir şekilde verilmiştir (Şekil 32).

Zaman planlaması	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz
Ar-Ge süreci	X				
Tasarım ve geliştirme	X	X			
Ana program yazılımı	X	X			
İtici test denemeleri			X		
Üretim ve montajlama	X	X	X		
Boyut hesaplama			X	X	
Sürücü eğitimi			X	X	
Test aşaması			X	X	X
Kritik Tasarım Raporunun yazımı			X		
Finale kalan takımların açıklanması				X	
Yarışma					X

Şekil 32. Zaman Planlaması Tablosu

8.2. Bütçe Planlaması:

Kullanılan malzemelere dair maliyet hesaplaması tabloda detaylı belirtilmiştir. Toplam maliyet 17.072 TL olarak hesaplanmıştır. "Triton itici, pnömatik su altı tutucu sistemi, güç dağıtım kartı, raspberry pi 3B, USB kamera, H-50 su altı haznesi" malzemeleri geçen sene de yarışmaya katılım gösterdiğimizden elimizde bulunmaktaydı bu nedenle 10.902 TL lik bir tasarruf sağlanarak toplam maliyet 6.170 TL gelmiştir. Bütçe planlaması Şekil 33'te gösterilmiştir.

Malzeme Adı	Malzeme Miktarı	Malzeme Maliyeti
PLA Filament	3 Kilogram	450 TL
Polioksimetilen	30x40 cm	500 TL
Sarhoş Teker	4 Adet	54 TL
Penetratörlü Hazne Arka Kapak	1 Adet	390 TL
Civata	80 Adet	120 TL
Civata Somunu	45 Adet	45 TL
Pixhawk 2.4.8	1 Adet	1500 TL
12V 42A Adaptör	1 Adet	283 TL
Çift Yönlü ESC	8 Adet	740 TL
Aktarıcı Kart + Su Altı Basınç Sensörü + Statik Manyetik Anahtar	1 Adet	485 TL
Sıvı Tespit Sensörü	1 Adet	145 TL
Cam Sigorta	3 Adet	1,5 TL
CAT6 Ethernet Kablosu	30 Metre	450 TL
Motor Kablosu	6 Metre	150
Güç Kablosu	60 Metre	1200 TL
RJ45 Konnektör	1 Adet	190 TL
Triton İtici	8 Adet	5.200 TL
Pnömatik Sualtı Tutucu Sistemi	1 Adet	2.265 TL
Güç Dağıtım Kartı	1 Adet	610 TL
Raspberry Pi 3B	1 Adet	500 TL
USB Kamera	2 Adet	500 TL
H-50 Su Altı Haznesi	1 Adet	1.827 TL

Şekil 33. Bütçe Planlaması

8.3. Risk Planlaması:

Proje sürecinde karşılaşılabilecek riskleri bilmek ve bu riskleri önlemek için olası çözüm yolları oluşturmak projenin sürdürülebilirliği açısından büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle süreçte karşılaşılabilecek risk senaryoları ve olası çözüm yöntemleri aşağıya maddeler halinde yazılmıştır. Ayrıca etki matrisi yardımı ile riskin olasılık hesaplaması da

gerçekleştirilmiştir. Kullanılan etki matrisi (şekil 34'te verilmiştir). Birçok farklı sektörde büyük şirketlerinde sıklıkla kullandığı SWOT analizi yöntemi kullanılmıştır (şekil 35'te verilmiştir). SWOT analizi yapmanın aracılığıyla takım olarak güçlü, zayıf yönlerin, tehditlerin ve fırsatların bilincinde olunması kesinleşmiştir.

- Risk: Sistem sağlığını tehlikeye sokacak kablo kopması, komponentlerin aşırı ısınması gibi bir durum yaşanabilir. (Risk analizi: olasılık (3) X etki(5) = Sonuç(15))
  Çözüm: Araçta bulunan acil durdurma butonu, araçta gerçekleşebilecek sistem güvenliğini tehlikeye atan bir durum yaşandığında kullanılabilmektedir.

- Risk: Motorlara istenilen miktardan daha fazla amper akım gelebilir ve sonucunda motorlar arızalanarak kullanılamaz hale gelebilir. (Risk analizi: olasılık (3) X etki(4) = Sonuç(12))
  Çözüm: Motorlara ihtiyaç duyulan miktardan daha yüksek bir akımın gelmesini engellemek için sisteme sigortalar eklenmiştir. Eklenilen bu sigortalar istenilenden daha yüksek bir akımın motorlara gitmesini engellemek için istenmeyen bir durumda yanarak motorları korumaktadır.

- Risk: Araç sistem elemanlarından biri veya birkaçı kısa devre, kırılma yaparak sistem güvenliğini tehlikeye sokabilir. (Risk analizi: olasılık (2) X etki(5) = Sonuç(10))
  Çözüm: Araçta bulunan elektronik malzemeler ve bağlantı elemanlarının her birinin yedeği bulundurulmaktadır. Araç kafesinin herhangi bir zarar alması durumunda çizimler takımımız tarafından gerçekleştirildiğinden vakit kaybetmeden düzeltilebilir.

- Risk: Yarışma ve test aşamalarında araç sudan çıkarılırken herhangi bir yaralanma durumu oluşabilir (Risk analizi: olasılık (3) X etki(4) = Sonuç(12))
  Çözüm: Aracın tasarımında herhangi bir sivri veya köşeli kenar bulundurulmamıştır, bu sayede oluşabilecek olası yaralanmaların önüne geçilmiştir.

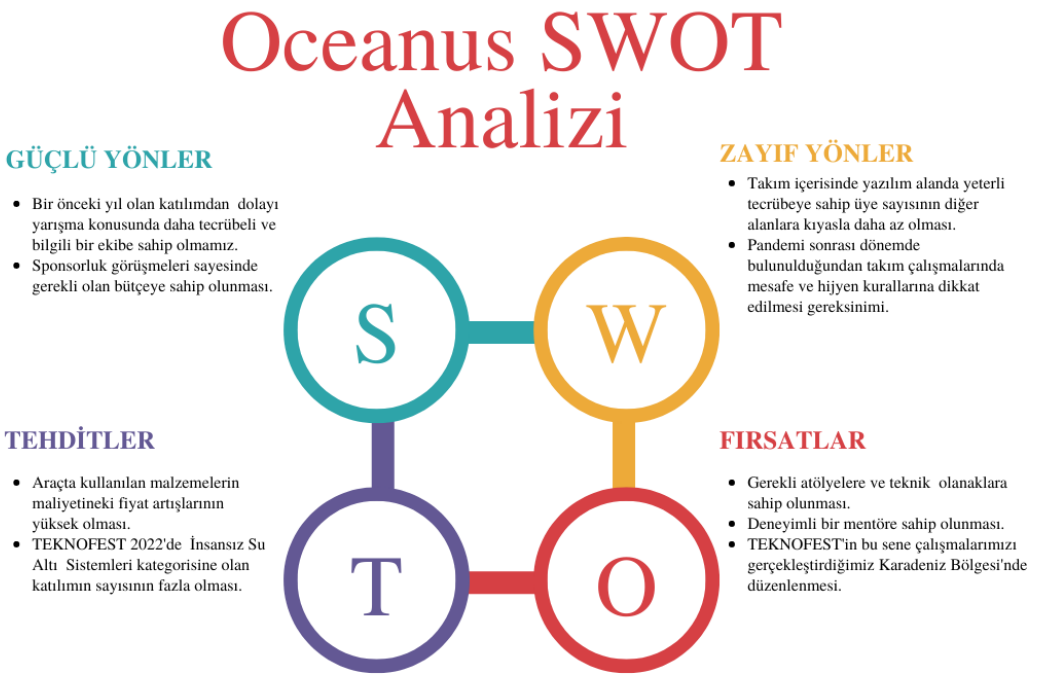
- Risk: Ethernet aracılığıyla sağlanan yer istasyonu ve raspberry arasındaki bağlantının kopması. (Risk analizi: olasılık (3) X etki(5) = Sonuç(15))
  Çözüm: Araçta bulunan acil durdurma butonu ile araç kapatılmalı ve vakit kaybetmeden sudan çıkarılmalıdır.

- Risk: Aracın güç beslemesi dışarıdan yapıldığından kabloya herhangi bir zarar gelmesi durumunda güvenlik riski oluşturabilir. (Risk analizi: olasılık (3) X etki(5) = Sonuç (15)) Çözüm: Bu durum sisteme entegre edilen sigorta sayesinde önlenmiştir.

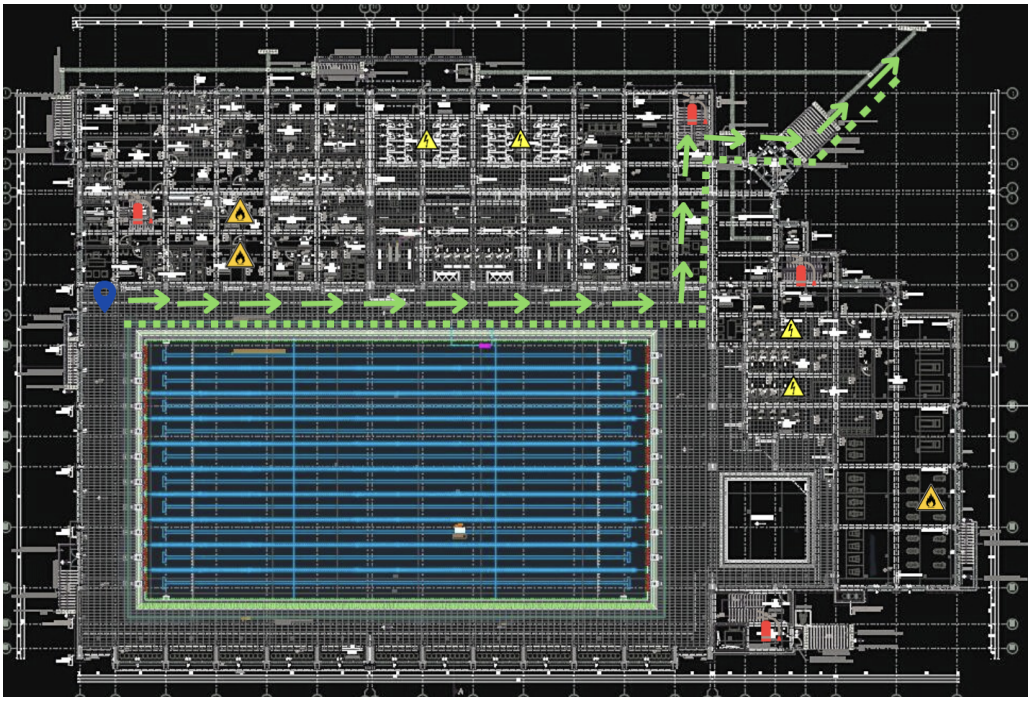
- Yarışma alanında yangın, deprem vb. bir acil durumla karşılaşılabilir ve alanın hızlı bir şekilde tahliye edilmesine ihtiyaç duyulabilir. (Risk analizi: olasılık (1) X etki(5) = Sonuç(5))
  Çözüm: Yarışmanın yapılacağı Giresun kapalı yüzme havuzunun zemin kat planı alınmış ve Acil durum çıkış planı oluşturularak Şekil 36 takımın alanı nasıl terk edeceği planlanmıştır.

OLASILIK X ETKİ			ETKİ				
			Çok yüksek	Yüksek	Orta	Düşük	Çok düşük
			5	4	3	2	1
OLASILIK	Çok yüksek	5	25	20	15	10	5
	Yüksek	4	20	16	12	8	4
	Orta	3	15	12	9	6	3
	Düşük	2	10	8	6	4	2
	Çok düşük	1	5	4	3	2	1

Şekil 34. Etki Matrisi



Şekil 35. SWOT Analizi



Şekil 36. Acil Durum Çıkış Planı

9. ÖZGÜNLÜK

Yaptığımız işlerin ve tasarımımızın özgün olması takımımız adına önemli bir adımdır. Aracın tasarım ve elektronik sistemi tamamen takımımız tarafından yapılmış olunup, yapılan işlemlerin özgün bir yapıda olmasına dikkat edilmiştir. Bu doğrultuda yapılan literatür taramaları ve toplantılar sonucunda karar verilen araç tasarımında biyomimikri kullanımı takımımızın özgünlüğü olarak örnek verilebilmektedir. Tasarımda biyomimikri adına, aracın su altında hareketinin kolaylaştırılması ve suya uygulanan direncin minimalize edilmesi amacıyla balıkların vücut yapılarından yararlanılmıştır. Bunun yanında hazne içinde bulunan elektronik aksamların karışıklığını, kısa devre yapmasını önlemek adına bir hazne yatağı tasarlanmıştır. Aracın elektronik yazılım aşamasında açık kütüphanelerden faydalanılmış, araç tasarımına uygun şekilde kodlar özel olarak takımımız tarafından yazılmıştır. Araç tasarımı ve elektronik sistemi dışında aracın taşınabilirliğinin artması ve kolaylaşması adına denizaltı taşıma aracı tasarlanmış ve takımımız tarafından üretilmiştir.

10. YERLİLİK

Milli teknoloji hamlesi kapsamında yerli firmaları desteklemek büyük önem taşımaktadır. Üretilen insansız su altı aracının mekanik parçalarından olan sızdırmaz hazne, hazne kapakları, itici motorlar, pnömatik su altı tutucu sistemi yerli bir firmadan temin edilmiştir. Elektronik malzemelerden ise güç dağıtım kartı, fırçasız motor sürücü ve kablolar gibi malzemeler yine yerli bir firmadan temin edilmiştir. Ayrıca başka araç parçaları olan sigma kapakları, itici motorların kabukları, pervaneler ve motor tutucular okulumuzda üç boyutlu eklemeli imalat yöntemi aracılığıyla tarafımız tarafından basılmıştır. Alınan malzemelerin maliyetinin karşılanabilmesi adına takımın tanıtım ekibi, yerli firmalara sponsorluk görüşmelerine giderek belli bir bütçe oluşturmuştur.

11. KAYNAKÇA

Canlı, G. A. , Kurtoğlu, İ. , Canlı, M. O. & Tuna, Ö. S. (2016). DÜNYADA VE ÜLKEMİZDE İNSANSIZ SUALTI ARAÇLARI İSAA-AUV & ROV TASARIM VE UYGULAMALARI . GİDB Dergi , (04) , 43-75 . Retrieved from https://dergipark.org.tr/en/pub/gidb/issue/53674/717533

Cevheri, N., (2009). Computer Aided Engineering of an Unmanned Underwater Vehicle, (In Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Mechanical Engineering). Science of Middle East Technical University.

Degz, 2022. Blu 30A ESC, Erişim tarihi: 03.04.2022 https://degzrobotics.com/product/a30-esc-fircasiz-motor-surucu/

Degz, 2022. Güç Dağıtım Kartı, Erişim tarihi: 16.04.2022, https://degzrobotics.com/product/guc-dagitim-anahtarlama-karti/

Dronecode, 2022. PX4 Development Guide, Erişim tarihi: 28.03.2022, https://dev.px4.io/master/en/

LENTAMARINE, 23.02.2022. ArduSub Nedir? *Underwater Solutions*, Erişim tarihi: 10.03.2022. https://lentamarine.com/ardusub-nedir/

Ridao, P., Batlle, J., & Carreras, M. (2001). Dynamics model of an underwater robotic vehicle. *Institute of Informatics and Applications, University of Girona*, 3-28.

Rosebrock, A. (2018). YOLO Object Detection with OpenCV, *Pyimagesearch,* Erişim tarihi: 04.03.2022, https://pyimagesearch.com/2018/11/12/yolo-object-detection-with-opencv/

Kuznetsova, A., Maleva, T., & Soloviev, V. (2021). YOLOv5 Versus YOLOv3 for AppleDetection. Cyber-Physical Systems: Modelling and Intelligent Control, 11, Erişim tarihi: 05.03.2022

Nepal, U., & Eslamiat, H. (2022). Comparing YOLOv3, YOLOv4 and YOLOv5 for Autonomous. *Sensors*, 15, Erişim tarihi: 20.04.2022

12. EKLER

Ek 1: Takım üyelerinin güvenlik eğitim sertifikalarını içeren drive linki
https://drive.google.com/drive/folders/1Jo42ZD48aWbpE-lOWURuuo_1JnJXw1zE?usp=sharing