TEKNOFEST UZAY VE HAVACILIK TEKNOLOJİ FESTİVALİ

İNSANSIZ SUALTI SİSTEMLERİ YARIŞMASI KRİTİK TASARIM RAPORU

Takım Adı: Matiricie Jr.

Takım ID: 424464

Kategori: İnsansız Sualtı Sistemleri

İçindekiler

1. RAPOR ÖZETİ 3
2. TAKIM ŞEMASI 4
2. PROJE MEVCUT DURUM DEĞERLENDİRMESİ 5
4. ARAÇ TASARIMI 6
4.1. Sistem Tasarımı 6
4.2. Aracın Mekanik Tasarımı 7
4.2.1. Mekanik Tasarım Süreci 7
4.2.2. Malzemeler 11
4.2.3. Üretim Yöntemleri 13
4.2.4. Fiziksel Özellikler 14
4.3. Elektronik Tasarım, Algoritma ve Yazılım Tasarımı 14
4.3.1. Elektronik Tasarım Süreci 14
4.3.2. Algoritma Tasarım Süreci 19
4.3.3 Yazılım Tasarım Süreci 19
4.4. Dış Arayüzler 22
5. GÜVENLİK 23
6. TEST 23
7. TECRÜBE 24
8. ZAMAN, BÜTÇE ve RİSK PLANLAMASI 25
8.1. Zaman 25
8.2. Bütçe 25
8.3. Risk Planlaması 26
9. ÖZGÜNLÜK 27
10. YERLİLİK 28
11. KAYNAKÇA 30

1. RAPOR ÖZETİ

Teknofest İnsansız Su Altı Sistemleri yarışmasına katılma amacı ile kurulmuş, Matiricie Jr. takımı çalışmalarını azimli ve özverili bir şekilde yürütmektedir. Takım bünyesinde bölüm paylaşımı takım üyelerinin istek ve becerilerine göre değerlendirilip en uygun bölümler seçilmiştir. Takım çalışmaları sırasında oluşabilecek sorunların ve problemlerin tespit edilip eksiksiz bir şekilde çözümlenmesi amaçlanmaktadır.

MEKANİK

Belirlenen gereksinimlerinin sağlanacağı mekanik çalışmalarda, tasarım kriterlerini de kullanarak verimli, özgün, düşük maliyetli bir araç tasarlanmıştır. Ayrıca ilk tasarımda bulunan eksiklikler düzeltilerek tasarım son halini almıştır. Örneğin ÖTR (Ön Tasarım Raporu)' den sonra tüpü sabitlemek için tasarlanan tüp montaj parçasının (mount) çizime nasıl eklenebileceği düşünülmüş, tüp montaj parçasını tüm kasaya monte edip tasarımın bel kemiği haline getirerek sağlam bir iskelet oluşturulmasına karar verilmiştir. Bu fikir uygulamaya geçirilerek test edilmiş ve tasarıma katılmıştır. Araç ÖTR'den sonra akış simülasyonu, dayanıklılık simülasyonu gibi simülasyonlarda test edilerek en ideal duruma getirilmiştir. Aracın şasesinde polietilen kullanılmasına karar verilmiştir. Bunun sebebi suyu minimum seviyede emmesidir. Yapılan testler aracılığıyla kullanılan 8 motorun yeterli batış-çıkış gücünü sağladığı sonucuna ulaşılmıştır. Ek olarak ÖTR'de oluşturulan aracı daha düşük maliyetle hayata geçirebilmek için pervaneler dijital ortamda çizilip 3D yazıcıdan basılmıştır. Tasarlanan aracın sanal ortamda tabi tutulduğu hesaplamalar sonucunda aracın kütlesi, hacmi ve boyutları başta olmak üzere tüm fiziksel özellikleri detaylı şekilde listelenerek görevlere olan uygunluğu tartışılmıştır. Son fikir alışverişi sonucu alınan karalar uygulanarak tasarım üzerinde iyileştirmeler yapılmış ve araç inşaya hazır hale getirilmiştir.

ELEKTRONİK

Matiricie Jr. takımı elektronik departmanı altında Teknofest görev modellerine uygun hazırladığı aracı mekanik olanaklarına, tasarlanan algoritmasına ve geliştirilen yazılıma uygun sistem özelliklerini ve aracın elektronik bileşenlerini belirlemiştir. Aracın ve elektronik bileşenlerim güç gereksinimleri düşünülerek güç dağıtımı şematize edilmiştir. Güç dağıtım şeması oluşturulurken diğer parça seçimleri gibi malzemeler yerlilik oranına, verimliliğine ve araç gereksinimlerini karşılamaları dikkate alınarak titizlikle seçilmiştir. Aracın kontrol sisteminin elektronik yapısı, yüzey kontrol sisteminin özellikleri belirlenmiş ve sistem tasarım şeması oluşturulmuştur. Sonucunda da tüm bileşenler listelenmiştir.

YAZILIM

Yazılım departmanında; öncelikle aracın yazılımı için uygun programlama dilini bulmak amacıyla programlama dilleri üzerinde araştırmalar yapılmıştır. Yapılan araştırmalar sonucunda en uygun programlama dili Python olarak seçilmiştir. Son olarak aracın yazılımının Python ve çeşitli kütüphaneler kullanılarak yazılması kararı alınmıştır. Sonrasında yazılacak yazılımın temelini oluşturmak amacıyla oluşturulan algoritmalar şematize edilmiştir. Görüntü işleme için gerekli olan yazılımlar ve kütüphaneler üzerine araştırmalar yapılıp, edinilen bilgiler tartışılarak görüntü işleme konusunda bilgi edinilmiştir. Otonom görev özelinde renk algılama yazılımları geliştirilerek test edilmiştir.

2. TAKIM ŞEMASI

Matiricie Jr. Takımı çalışmalarını daha verimli ve eksiksiz yürütebilmek için 4 ana departman altında çalışmaktadır. Bu departmanlar Mekanik, Yazılım, Elektronik ve Halkla İlişkiler olarak ayrılmıştır.

Mekanik Departmanı:

Mekanik departmanı, tasarlayacağı araç için araştırmalar yapan departmandır. Yapılan araştırmalar sonucunda hata oranını en aza indirgemek için dijital bir platform üzerinden aracı tasarlamaktadır. Tasarımın ölçülerine uygun olarak tasarlanan araç hayata geçirilmektedir. Matiricie Jr. takımının mekanik departmanından 2. üye sorumludur. Robot tasarımı SOLIDWORKS uygulamasından yapılmıştır.

Yazılım Departmanı:

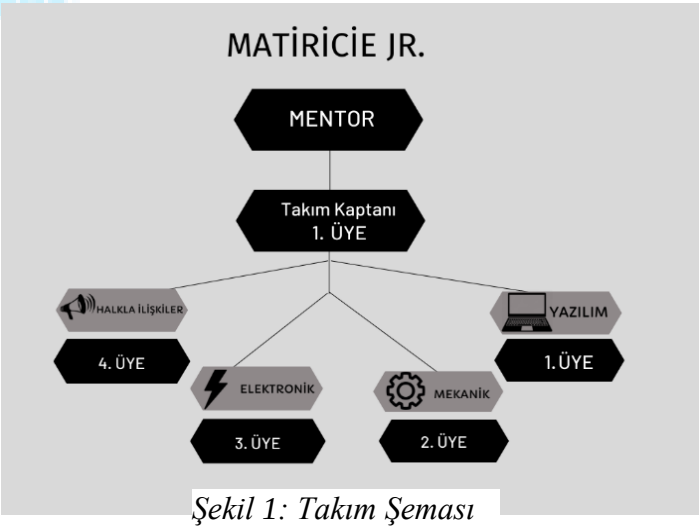
Yazılım departmanı, araca komutlar gönderilmesinden ve sensor verilerinin okunmasından sorumludur. Araç üzerinden gelen verilerin işlenmesi için gerekli yazılım geliştirilmekte, otonom görevler için gerekli olan algoritması tasarlanmakta ve koda dönüştürülmektedir. Bu sayede aracın görevleri başarıyla tamamlaması sağlanmaktadır. Matiricie Jr. takımında yazılım departmanından 1. üye sorumludur. Aracın yazılımı Python üzerinden yapılmıştır.

Elektronik Departmanı:

Elektronik departmanı; robotun elektronik bileşenlerinin belirlenmesinden ve birbiri ile uyum içerisinde çalışmasından sorumludur. Aynı zamanda görev modellerine uygun kartları, aracın tasarımına ve fiziksel özelliklerine göre motorları, motorlarına göre güç devresini belirlemektedir. Elektronik kartları, motorları aracın şasesine yerleştirmektedir. Buna uygun olarak elektronik devre şeması oluşturmaktadır. Matiricie Jr. takımında elektronik departmanından 3. üye sorumludur.

Halkla İlişkiler Departmanı:

Halkla ilişkiler departmanı; sosyal medya yönetiminden, sponsorluk çalışmalarından, bütçe yönetiminden ve takım içi dosyalamadan sorumludur. Bütçe planlaması yazılım, mekanik ve elektronik departmanları ile iş birliği içerisinde yapılmaktadır. Buna uygun sponsorluk görüşmeleri düzenlenmektedir. Matiricie Jr. takımında halkla ilişkiler departmanından 4. üye sorumludur.



Şekil 1: Takım Şeması

2. PROJE MEVCUT DURUM DEĞERLENDİRMESİ

Ön Tasarım Raporu sonuçları açıklandıktan sonra Matiricie Jr. takımı sonuçlarını incelemiş, toplam 18,50 puanın kırıldığı başlıklar için iyileştirmeler yapmıştır. Takım şeması KTR dosyasında departmanlar ayrıntılı olacak şekilde açıklanarak kişi sayısı ile verilmiştir. Zaman, bütçe ve risk planlanması yeniden gözden geçirilmiş, zaman başlığı tekrar düzenlenmiş ve daha ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Gerekli malzemelerin tamamı temin edilmiş ve araç inşasına temin edilen malzemeler ile başlanmıştır. Projenin mevcut durumu ise özetle şöyledir:

Mekanik:

Araç ÖTR raporundan sonra yenilenmiştir. Yenilenen tasarımda 6 motor kullanmak yerine itiş gücünü artırmak amacı ile 8 motor kullanılmıştır. 3 boyutlu çizimde robot kolunu monte ederken zorluk çıktığı görülmüştür. Bundan ötürü tam simetrinin az miktarda dışına çıkılarak robot kolun montaj kolaylığı sağlanmıştır. Ayrıca 2 boyutlu çizimde şase oldukça köşeli öngörülürken 3 boyutlu çizim üzerinden yapılan simülasyonlarda köşeli yapının hidrodinamiği azaltması nedeniyle köşeler dairesel biçimde yumuşatılmıştır.

Halkla İlişkiler:

Araç inşası sırasında çalışmaların güvenli ilerleyebilmesi için, çalışmalara başlamadan önce gözlük, eldiven ve önlük kullanımını ihlal edilmemiştir. Buna yönelik yeni güvenlik planlaması oluşturulmuştur.

Zaman çizelgesine uygun ilerlenebilmesi için haftalık planlamalar yapmış ve çalışmalar bu planlamalara uyularak ilerlemiştir. Seçilen malzemelere uygun olarak bütçe planı yenilenmiştir.

Yazılım:

Aracın yazılımı için uygun dil Python olarak seçilmiştir. Bu yazılım programının kütüphaneleri üzerinde araştırmalar yapılmıştır.

Araçta kullanılacak dış ara yüzler bulunmuş ve kullanımı öğrenilmiştir. Aracın otonom görevler ve görüntü işleme konusundaki algoritması çıkarılmıştır. Aracın yazılımına başlanmış olup büyük bir kısmı tamamlanmıştır.

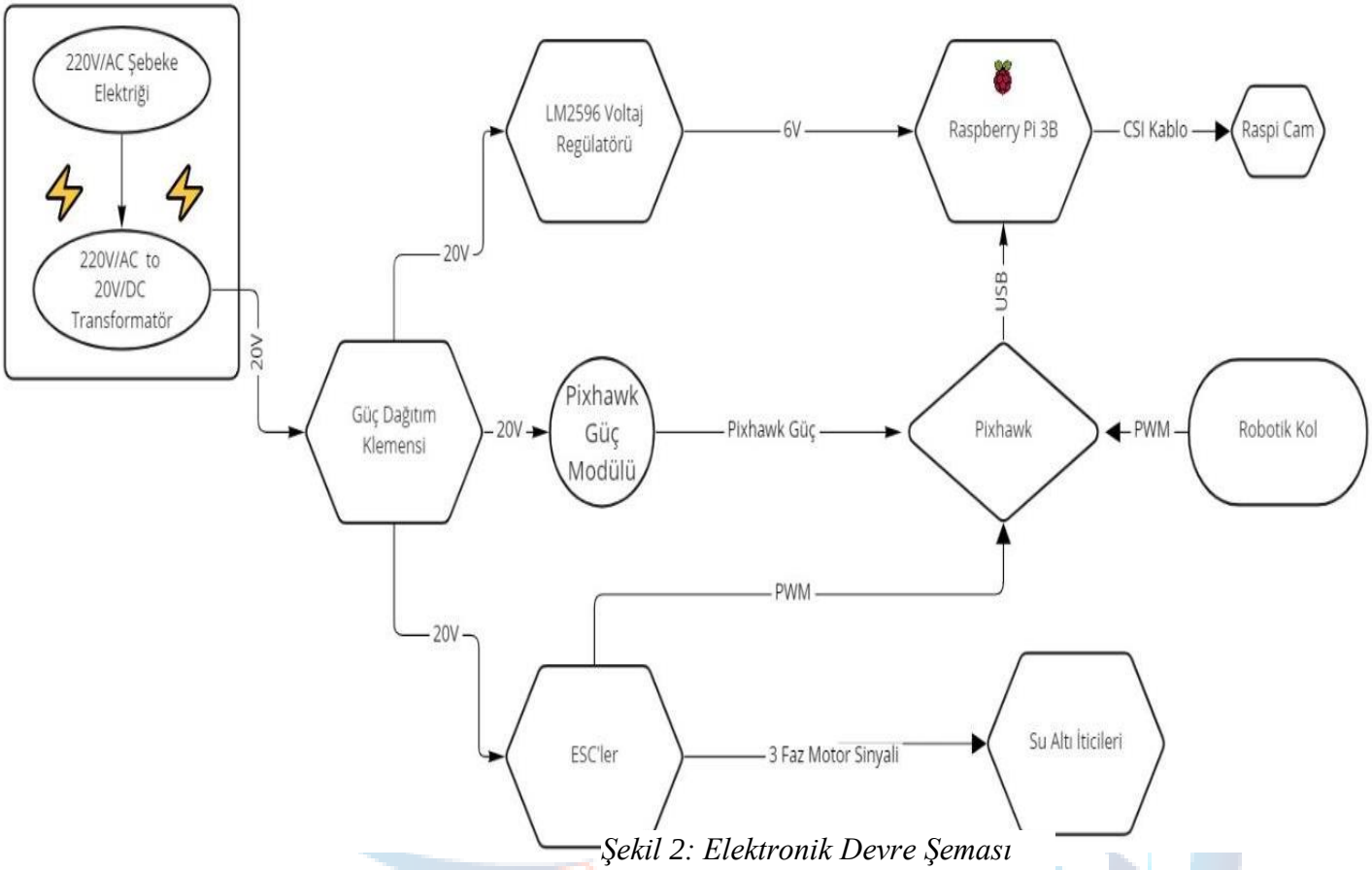
Elektronik:

Aracın elektronik kısmının ÖTR raporunda planlandığı gibi olmasına karar verilmiştir. Bütün parçalar aracın görev gerekliliklerini karşılamasına yönelik seçilmiştir.

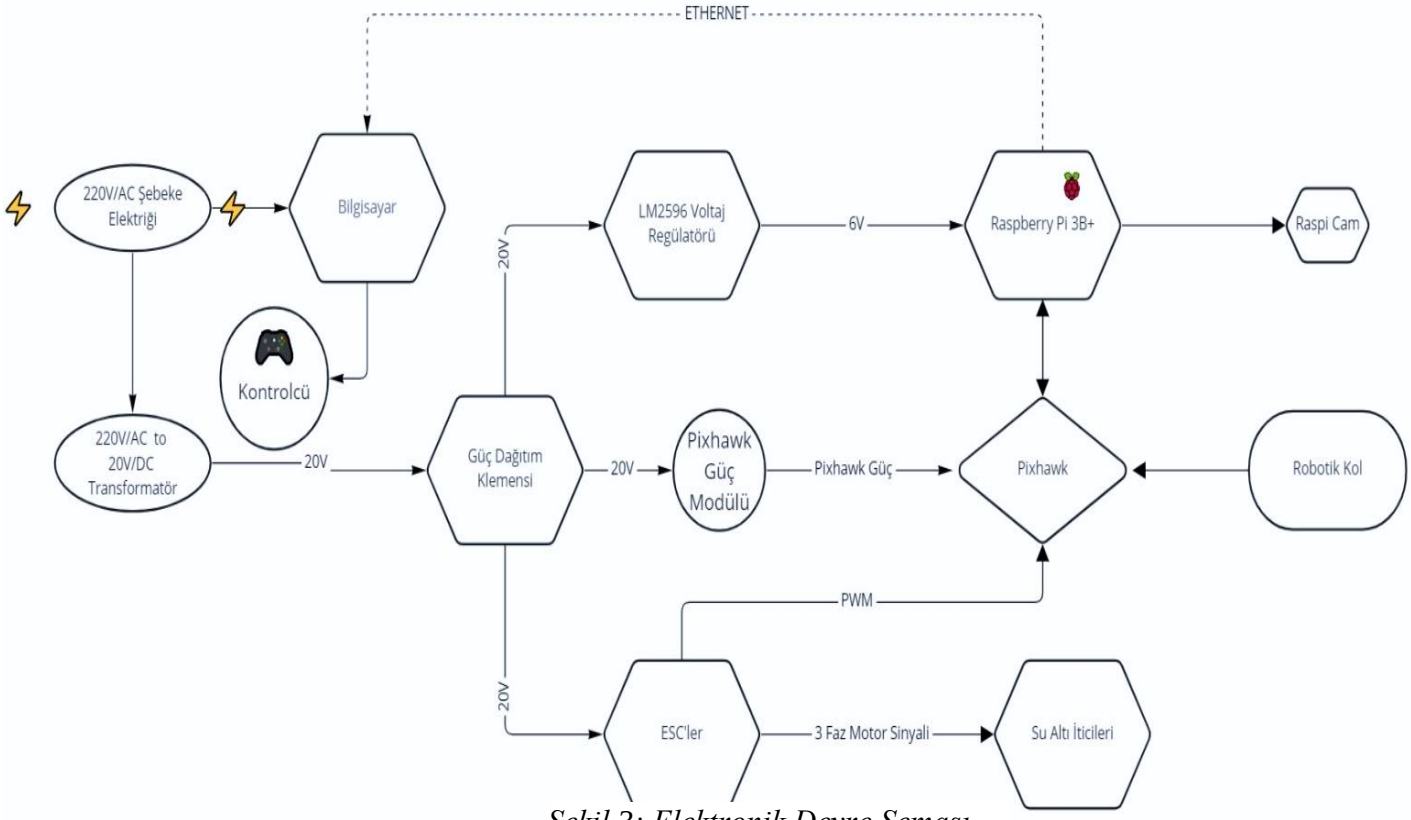
Yazılım, elektronik ve mekanik ekibi iş birliği içinde çalışmıştır. Elektronik testleri tamamlanmış ve herhangi bir aksama yaşanmamıştır.

4. ARAÇ TASARIMI

4.1. Sistem Tasarımı



Şekil 2: Elektronik Devre Şeması

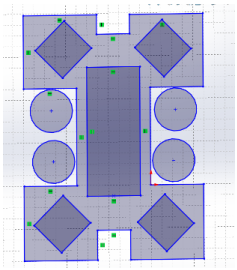


Şekil 3: Elektronik Devre Şeması

4.2. Aracın Mekanik Tasarımı

4.2.1. Mekanik Tasarım Süreci

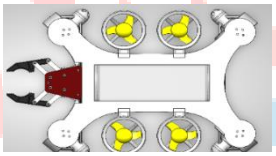
Matiricie Jr. takımı 2022 yılında kurulmuş bir takım olduğu için bu süreçte yeni bilgiler edinmiştir. Mekanik çizimi yapabilmek için ara yüzü oldukça gelişmiş olan SOLIDWORKS uygulaması tercih edilmiştir. Uygulamanın eğitimi www.tekyazonline.com sitesinden alınarak mekanik tasarım sürecine başlanmıştır. Sonrasında ise uygulamada birtakım deneme çizimleri yapılmış, yapılan deneme çizimleri tartışılarak geliştirilmiş ve araç tasarımı adım adım oluşturulmuştur.



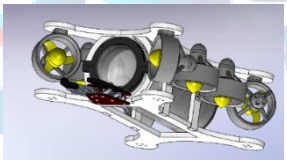
Şekil 4: Araç Tasarım Şeması

Araç çizilirken ilk aşama olarak 2 boyutlu bir teknik çizimle başlamıştır. Bu şekilde kullanılacak parçaların araç üzerinde nasıl konumlandırılacağı belirlenmiştir. Yapılan çizim aynı zamanda aracın şu anki şemasını da oluşturmuştur. Şekil 4'te görülen şema üzerinden araç anlatılacak olursa: 4 ana köşedeki çapraz duran kareler su altı iticileridir. Burada olduğu gibi çapraz şekilde konumlandırılıp birbirlerini beslemeleri sağlanmıştır. Köşelere konumlandırılan 4 su altı iticisi sayesinde araca yön verilebilmektedir. Ana dikdörtgen şeklin dışında kalan dairelerse diğer 4 su altı iticisidir. Bunlar da araçta batıp-çıkma için kullanılan iticilerdir. Sonuç olarak araçta 4+4 su altı iticisi vardır. Ortada duran dikdörtgen elektronik devrelerin ve kameranın bulunduğu su geçirmez tüptür. Geri kalan kısım ise aracın gövdesidir. Aracın ilk çiziminde de görülebildiği üzere araç tam simetriktir.

Şekil 5 ve 6'da görüldüğü üzere şematik çizimden sonra araç 3 boyutlu hale getirilip detaylandırılmıştır. Ayrıca tasarım süreci esnasında araç pek çok sefer parça dayanıklılığını ölçmek amacıyla simülasyondan geçirilmiştir ve dayanıklılık, statik su altı basıncı ve hidrodinamiği ölçen simülasyonlardan yararlanılarak araç gerekli görülen hidrodinamik düzeye getirilmiştir. Bu şekilde hatalar düzeltilerek ilerlenmiştir. Yapılan hatalar stabilizasyon hesaplamasının ihmali, yetersiz çizim bilgisi, imkân kısıtlılığı ve tecrübesizlikten kaynaklanmıştır. Oluşan problemleri çözmek için ÖTR raporundan sonra birçok toplantı düzenlenmiş, araç çizimine eklemeler yapılmış ve risk hesaplamalarının üstüne düşülmüştür. Bu sayede risk planlaması oldukça geliştirilmiş ve hatalar düzeltilerek araç geliştirilmiştir.



Şekil 5: Araç Tasarımı



Şekil 6: Araç Tasarımı

Düzeltilen hatalar sıralanacak olursa:

- 2 boyutlu çizimde şase oldukça köşeli öngörülürken 3 boyutlu çizim üzerinden yapılan simülasyonlarda köşeli yapmanın hidrodinamiği azaltamasın nedeniyle hareket kabiliyetini azaltacağına karar verilmiştir.

- 3 boyutlu tasarım aşamasına gelindiğinde tam simetrinin robot kolu (gripper) monte ederken zorluk çıkardığı görülmüştür. Eklentinin yerleştirileceği kısmın da hilal şeklinde tasarlandığı fark edilmiş bundan ötürü tam simetrinin küçük ölçüde dışına çıkılarak şasenin ön kısmı düz bir girinti şeklinde tasarlanmıştır. Simetri araçta önemli bir yer kaplamaktadır, bu şekilde onarım ve montaj kolaylığı, olası bir sorunda kolayca müdahale edebilme olanağı sağlanmaktadır.

- Araç, planlanma aşamasında 6 motorlu olarak tasarlanmış ancak suyun kaldırma kuvveti düşünülüp, aracın ağırlığı da hesaplanarak 6 motor gücünün yetmeyeceğine karar verilmiştir. Bundan dolayı çizim ve montaj aşamasına geçirilirken 8 itici kullanılmıştır.

Araç tasarlanırken özellikle dikkat edilen hususlar şunlardır:

- Şasenin dikdörtgensel yapısı sayesinde 1 veya daha fazla su altı iticisinin hasar görmesi, performans düşüşü vb. teknik problemlerin yaşanması durumunda dışarından müdahaleye gerek duyulmadan aracın düz konuma gelerek kendini stabilize edebilmesi,
- Araç simetrik tasarlandığından mekanik bir sorun çıktığında kolayca onarım sağlanması,
- 8 motor kullanıldığından daha fazla itiş gücü sağlanması,
- 8 motorun ağırlık merkezi dikkate alınarak yerleştirilip aracın dengeli bir tasarıma ulaştırılması,
- Şasenin polietilenden olması sayesinde işleme ve montaj kolaylığı elde edilmesi,
- Şasenin alt tabanını hilal şeklinde tasarlandığından pak toplama kolaylığı sağlanması,
- Şasenin üst yüzeyi düz bir şekilde tasarlandığından robot kolun montajında kolaylık ve sağlamlık sağlanması,
- Tüpün önüne konumlandırılan kubbe şeklindeki kapak sayesinde geniş görüş alanı sağlanmış,
- Uygulanan hafifletme prosedürleri sayesinde hafif ve sağlam bir şase elde edilmesidir.

Şasenin malzemesi seçilirken oldukça kapsamlı araştırmalar yapılmıştır. Yapılan araştırmalar sonucunda elde edilen veriler şunlardır:

- Alüminyum sigma profillerin en önemli özelliği seri ve pratik montaj özelliği, işlenme kolaylığı, kullanışlılık ve dayanıklılığıdır. Fakat ağır olması aracın yüzerliğini olumsuz etkileyebileceğinden sigma profiller araçta kullanılmamıştır.
- Alüminyumun yumuşak, hafif, işlenebilir olması gibi avantajlarına karşın maliyetli olmasından dolayı araçta kullanılmamıştır.
- Petg filament sert ve yüksek dirençlidir fakat 3 boyutlu yazıcıdan basılması gerektiği için hem işlem çok uzun sürmekte hem de düzgün çıktılar alabilmek için sıcaklık ve yatak kalibrasyonu çok iyi yapılmalıdır. Soğuma esnasında kalkma ve çatlama sorunları ile karşılaşılmaması için ise kapalı sisteme sahip bir 3D yazıcı kullanılmalıdır.

Bu malzemelerin dezavantajları Matiricie Jr. üyelerini daha çok araştırmaya itmiştir. Yapılan araştırmalar sonucundaysa alüminyum sigma profilden çok daha hafif, alüminyumdan çok daha ucuz, petg filamentten çok daha zahmetsiz olan polietilen kullanımına karar verilmiştir.

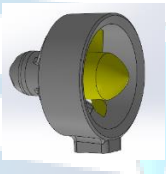
Polietilenin özellikleri kısaca şunlardır:

- Suyu ihmal edilebilecek kadar küçük bir düzeyde emer.
- Geri dönüşümü oldukça kolaydır.
- Suya ve kimyasal maddelere direnci iyidir.
- Mekanik özellikler çok iyi olup, özellikle darbe ve çekme dayanımları yüksektir.
- Birçok biçimlendirme yöntemine uygun bir malzemedir.
- Elektriksel uygulamalara da çok elverişlidir.
- Polietilenin yoğunluğu 0.940 – 0.970 g/cm3 olduğundan yoğunluğu 1 cm3 olan su içerisinde eklenecek diğer bileşenlerle askıda kalabilmektedir.
- Oldukça düşük bir sürtünmeye sahiptir.
- Mükemmel kaynak özellikleri ek yerlerinden çıkma, kopma veya sızıntı olmasını engellemektedir.

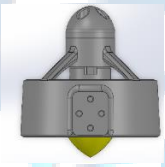
Final tasarımına ait teknik detaylar şu şekildedir:

- Şase polietilendir.
- 8 M1 motoru kullanılmaktadır. Batma-çıkma işlemi için fazlasıyla yeterli bir güçtür.

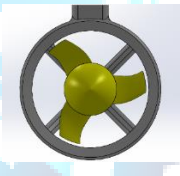
Şekil 7: M1 Motor



Şekil 8: M1 Motor

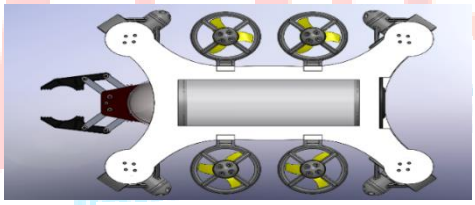


Şekil 9: M1 Motor

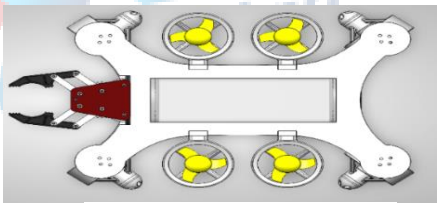


Şekil 10: M1 Motor

- Tüp şasenin tam ortasına yerleştirildiğinden ağırlık merkezinin ortada olması sağlanmıştır. Bu sayede aracın dengesi oldukça iyi bir duruma getirilmiştir.

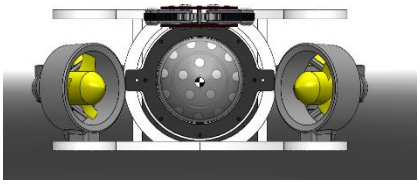


Şekil 11: Araç Tasarımı

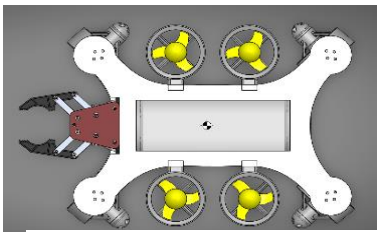


Şekil 12: Araç Tasarımı

- Şasenin üstünde ve altında bırakılan boşluklarla su akışındaki pürüzleri azaltılmıştır.

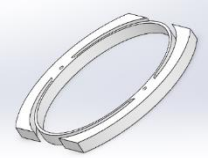


Şekil 13: Araç Tasarımı



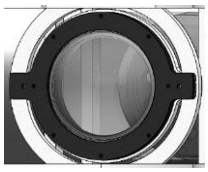
Şekil 14: Araç Tasarımı

- Tüpü şaseye sabitlemek için tasarlanan tüp montaj parçası(mountu) özgün bir tasarımdır. Sadece tüpü sabitlemekle kalmayıp, şaseyi tutan bel kemiklerinden biridir.

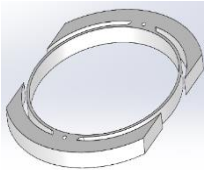


Şekil 15: Montaj Parçası

Şekil 16: Montaj Parçası



Şekil 17: Montaj Parçası

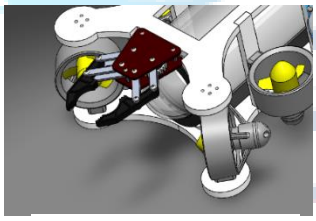


Şekil 18: Montaj Parçası

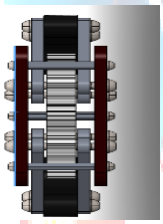
- Şasenin yanlarında bulunan sütunlar sayesinde şasenin alt ve üst tabanı bağlanmıştır. (Polietilenin kaynak yapılan yerlerinin iyi tutma özelliği kullanılmıştır.)

Şekil 19: Araç Tasarımı

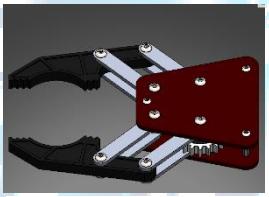
- Robot kol (gripper) üste yerleştirilip geniş bir görüş alanı elde edilmiştir. Gripper çarklı sistemle tasarlanmış olup su geçirmez servo motorla çalışmaktadır.



Şekil 20: Robot Kol

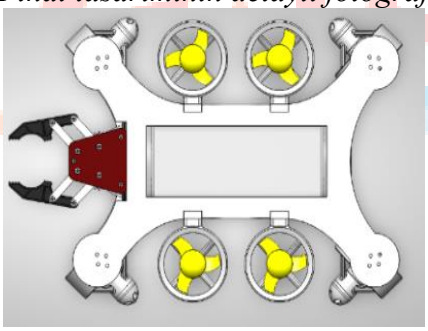


Şekil 21: Robot Kol

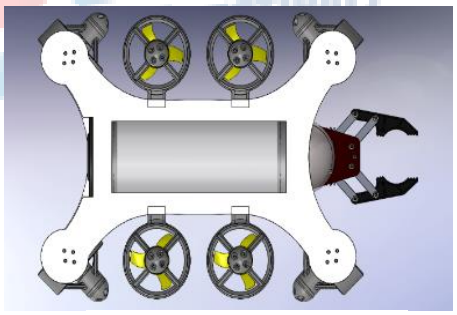


Şekil 22: Robot Kol

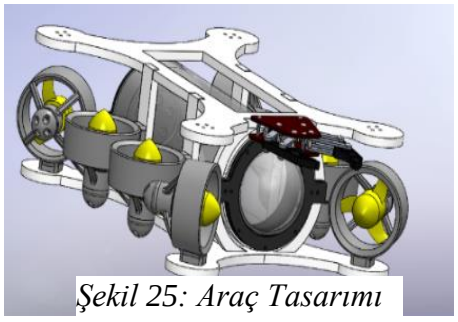
Final tasarımının detaylı fotoğrafları şu şekildedir:



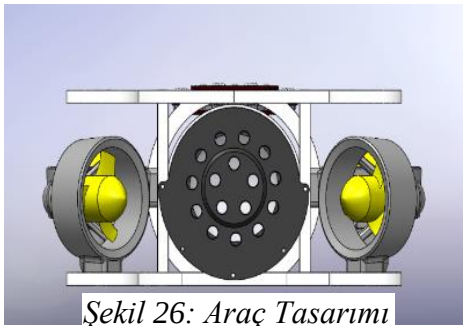
Şekil23: Araç Tasarımı



Şekil 24: Araç Tasarımı



Şekil 25: Araç Tasarımı



Şekil 26: Araç Tasarımı

Şekil 27: Final tasarımının prototipi

Şekil 28: Final tasarımının prototipi

4.2.2. Malzemeler

Petg Filament: Polietilen Tereftalat Glikol olarak da bilinen PETG filament, dayanıklılığı ve kullanım kolaylığı ile bilinen bir ko-polyesterdir. PETG'deki G, cam benzeri görsel özelliklere sahip, son ürünü berrak hale getiren glikol modifiyeli anlamına gelir. ABS'nin sertliği ve mekanik özelliklerine sahip olduğu, ancak yine de PLA gibi basılması kolay olduğu için genellikle "her iki dünyanın en iyisi" olarak tanımlanır. Kolayca ısıtıldığı ve belirli kalıplara şekillendirildiği anlamına gelen harika termoform özelliklerine sahiptir. PETG plastiğinin büzülme veya bükülme olasılığı daha düşüktür. Yüksek mukavemetli mekanik parçalar için bire birdir.

Şekil 29: Petg Filament

Su geçirmez tüp

Su geçirmez hazne insansız su altı araçlarının su altı görüntüleme sistemlerinin ve basınçlı ortamlarda çalışacak çeşitli su altı ekipmanlarının vazgeçilmez bir parçasıdır. Bombe başı sayesinde size geniş bir kamera açısı ve ekstra alan sağlar. Rahat sökülüp takılabilir yapısı sayesinde içine kolay bir erişim imkânı sunmaktadır. 100 metre basınçta 4 saat boyunca sorunsuz sızdırmazlık sağlamıştır. Alüminyum tüpü sayesinde çok iyi termal iletkenlik sağlar ve su geçirmez hazne içindeki hava çok daha az ısınır. Böylece elektronik sistem sağlıklı bir şekilde çalışır. Aynı zamanda kırılmalara karşı dayanıklı bir yapıya sahiptir. Araçta 30cm çapında tüp kullanılmıştır. Özel geometrisi sayesinde çok daha hafifleştirilerek basınç dayanımı artırılan kapaktaki delikler M10 penetratör montajına uygundur.

Şekil 30: Su Geçirmez Tüp

Su Geçirmez Servo Motor

Metal dişli servo modelidir. Su geçirmez özelliği bulunmaktadır.

- 3 Kutuplu Güçlü Fırçalı Motor
- İsabetli ve Yüksek Tepki Hızı
- Yüksek Çözünürlük
- Hassas Metal Dişliler
- Su Geçirmez

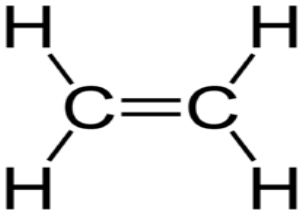
Şekil 31: Servo Motor

<u>Teknik Özellikleri</u>

- Servo Teknolojisi: Dijital & Düşük Voltaj
- Giriş Voltajı:(V) 4.8V- 6.0V
- Servo Tipi: Mini
- Motor Tipi:3 Kutuplu Fırçalı Motor
- Dişli Türü: Metal
- Kasa Türü: Kompozit
- Hız:60°/Sn @ 6.0V: 0.11 Sn/60°
- Tork: Kg/Cm @ 6.0v 5.0 Kg/Cm
- Uzunluk:29.5 mm
- Genişlik:14.0 mm
- Yükseklik:32.5 mm
- Ağırlık:25 gr
- Konnektör Tipi: JR
- Şaft Diş Büyüklüğü:21T

Polietilen

PE Polietilen Genel özellikleri ve kullanım alanları:



Şekil :32 Polietilenin Kimyasal Yapısı

- Darbelere ve alınan hasarlara karşı dirençli olması makine sanayisinde de kullanılmasına yol açmıştır.
- Yoğunluğunun düşük olmasından kaynaklı hafiftir.
- Bir termoplastiktir.
- Suyu ihmal edebilecek kadar küçük bir düzeyde emer.
- Mekanik özellikleri iyidir bu da darbe dayanıklılığını doğrudan artırır
- 100 °C'ye kadar sıcaklığa dayanıklıdır.
- Çok çeşitli şekillendirme yöntemlerine uygun olup aynı zamanda
- Elektriksel uygulamalara da çok elverişlidir.
- Çatlamaya karşı oldukça dirençlidir.
- Basınca karşı dayanıklıdır. Basınç altında ek yerlerinden çıkma ve kopma olmamasını sağlar

Şekil 33: Polietilen

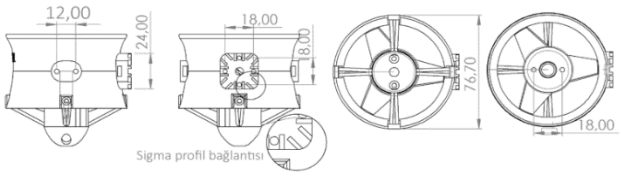
Aynı zamanda polietilenin geri dönüştürülebilir olması Matiricie Jr. takımının geri dönüştürülebilirlik odağı ile örtüşmektedir. Polietilen robotun şasesi yapımında kullanılmıştır.

M1 Motor

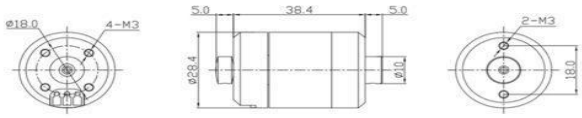
İnsansız sualtı aracı motoru olarak bilinen bu motor, sert bir statör (motorda dönmeyen sabit kısım) kaplamasına sahiptir bu da basınçtan etkilenmesini azaltıp denizin/suyun derinliklerinde de oldukça dirençli olmasını sağlamaktadır.

Şekil 34: M1 Motor

- Voltaj Aralığı: 3s-6s (12v – 24v)
- Sürekli Akım: 8A
- Peak akım: 12a 10sn
- Voltaj – devir ilişkisi: 350kv
- Anodize alüminyum gövde
- Tuzlu suya dayanıklı rulmanlar



Şekil 35: Motor Boyutları



Şekil 36: Motor Boyutları

4.2.3. Üretim Yöntemleri

Pleksi Şişirme:

Pleksi şişirme pleksi parçanın bir fırında ısıtılmasıyla başlar. Sonrasında esnek hale gelen parça pleksi şişirme kalıbına aktarılır. Hava basıncı malzemeyi yukarı doğru iterek yarım küre şeklinde bir kubbe haline gelmesini sağlar.

Şekil 37: Pleksi Şişirme

CNC Router:

Bilgisayar sayısal kontrolü (CNC) çeşitli yeni teknolojilere ve makinelere dahil edilmiştir. Bu işleme biçiminde kullanılan popüler bir makine CNC router olarak bilinir. Bir CNC router, çeşitli malzemeleri kesmek için kullanılan yaygın olarak kullanılan el router'ına çok benzeyen bir makinedir. Bir CNC router, çelik, ahşap, alüminyum, kompozitler, plastik ve köpük gibi malzemelerin kesilmesine yardımcı olabilir.

Tornalama:

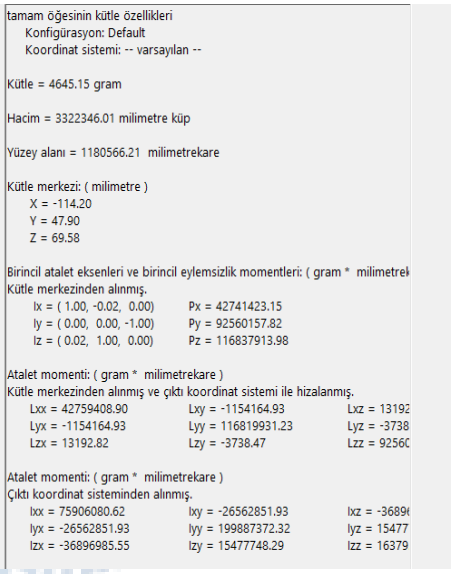
Doğrusal düzlemde hareket eden bir kesici takım iş parçası üzerinden talaş kaldırmasıyla yapılan işleme tornalama, bu işlemin gerçekleştirildiği tezgahlara da torna tezgâhı olarak adlandırılır. Genel olarak inceltme ve kısaltma işlemlerinde tornalamaya başvurulmuştur.

Lehimleme:

Elektronik sistemlerde bir devre yapmak veya parçaları birbirlerine tutturmak için yapılan işleme Lehim adı verilir. İki metal malzemenin, erime sıcaklığı kendilerinden daha düşük olan bir metal ile birbirine bağlandığı, çözülemeyen bir bağlama işlemidir.

4.2.4. Fiziksel Özellikler

Matiricie Jr. takımının 2022 Teknofest aracının tasarımı için 3 boyutlu tasarım ve analiz programı olan SOLIDWORKS 2022 adlı programı kullanıldı. SOLIDWORKS ağırlık ve hacim hesaplama araçları sayesinde elektronik hazne içeriği harici aracın ağırlığı ortalama 4,6 kg olarak hesaplanmıştır. Hacmi yaklaşık 332cm3'tür. Ayrıca kütle merkezi de tam ortada hesaplanmıştır.



```
tamam öğesinin kütle özellikleri
    Konfigürasyon: Default
    Koordinat sistemi: -- varsayılan --

Kütle = 4645.15 gram

Hacim = 3322346.01 milimetre küp

Yüzey alanı = 1180566.21  milimetrekare

Kütle merkezi: ( milimetre )
    X = -114.20
    Y = 47.90
    Z = 69.58

Birincil atalet eksenleri ve birincil eylemsizlik momentleri: ( gram *  milimetrek
Kütle merkezinden alınmış.
    Ix = ( 1.00, -0.02,  0.00)        Px = 42741423.15
    Iy = ( 0.00,  0.00, -1.00)        Py = 92560157.82
    Iz = ( 0.02,  1.00,  0.00)        Pz = 116837913.98

Atalet momenti: ( gram *  milimetrekare )
Kütle merkezinden alınmış ve çıktı koordinat sistemi ile hizalanmış.
    Lxx = 42759408.90        Lxy = -1154164.93        Lxz = 13192
    Lyx = -1154164.93        Lyy = 116819931.23       Lyz = -3738
    Lzx = 13192.82           Lzy = -3738.47           Lzz = 9256C

Atalet momenti: ( gram *  milimetrekare )
Çıktı koordinat sisteminden alınmış.
    Ixx = 75906080.62        Ixy = -26562851.93       Ixz = -3689
    Iyx = -26562851.93       Iyy = 199887372.32       Iyz = 15477
    Izx = -36896985.55       Izy = 15477748.29        Izz = 16379
```

Şekil 38: Fiziksel Özellikler

4.3. Elektronik Tasarım, Algoritma ve Yazılım Tasarımı

4.3.1. Elektronik Tasarım Süreci

Genel Bakış:

Tasarlanan araç, altyapısı kullanılan açık kaynak kodlu Ardusub yazılımı ile uyumludur. Araç tasarlanırken en performanslı, stabil ve yazılım ile uyumlu parçalar seçilerek donanımsal problemlerin önüne geçilmeye çalışılmıştır. Ayrıntılı bir araştırma yapılarak, ihtiyaç duyulan ürünler temin edilirken yerli firmaları tercih etmeye önem verilmiştir. Seçilen ürünler temin edilmiş ve test edilmiştir. Elektronik parçaları su geçirmez tüpün içerisine belirlenen şekilde yerleştirilmiştir.

Aracın elektroniği aracın görev gereksinimlerini karşılayabileceği en uygun parçalar seçilerek oluşturulmuştur. Araç elektroniği oluşturulurken, araçta kullanılması planlanan Ardusub yazılımının desteklediği kartlar kullanılmıştır. Araç ve gerçekleştirmesi planlanan görevler için gerekli olan yazılımsal ve mekanik gereksinimleri karşılayabilecek en uygun kartlar seçilmiştir. Elektronik parçalar temin edilirken yerli firmalara öncelik verilmiştir.

Güç Dağıtım:

Güç dağıtımı aracın kontrol mekanizmasını oluşturan elektronik parçalar, manipülatör kol, motor gibi robotun elektronik bileşenlerinin ihtiyacı olan elektrik enerjisini yeterli ve verimli şekilde sağlamayı amaçlamaktadır. Elektronik departmanı kullanılan sistem bileşenlerine uygun olarak 20 Volt/DC bir güç dağıtım altyapısı tasarlamıştır. Bu altyapı 220 Volt/AC şebeke elektriğini 20 Volt/DC'ye çeviren bir AC'den DC'ye adaptör ve hem Raspberry Pi hem de Pixhawk için gerekli olan gücü sağlayabilecek voltaj regülatörlerinden oluşmaktadır.

Aracın gerçekleştireceği görevler için seçilen kontrol sisteminin ve aracın hareket sistemindeki motor, robot kol gibi elektronik bileşenlere ihtiyacı olan gücün taşınması hedeflenmiştir. Kullanılan elektronik parçalardan en yüksek voltaja ihtiyaç duyan motorlar için 220 Volt/AC şehir elektriğini 20 Volt/DC'ye dönüştüren adaptör ve sadece motorlar için uygun olan voltajın elektronik kartlara (Raspberry Pi, Pixhawk) uygun hale getirilebilmesi için voltaj regülatörleri kullanılmıştır.

Güç Dağıtım Sistemi Bileşenleri:

220V/AC to 20V/DC 25A Güç Kaynağı:

Detaylı bir piyasa araştırmasının ardından aracın enerji ihtiyacını karşılayabilecek güçte olması sebebiyle tercih edilmiştir.

Şekil 39: Güç Kaynağı

Teknik Özellikler:
• 200-240V/AC giriş gerilim aralığı
• 24V/DC çıkış voltajı
• 25A çıkış akımı
• 600W çıkış gücü
•ip20 IP sınıfı

2*2,5mm2 Silikon Elektrik Kablosu:

Aracın güç ihtiyacını karşılayabilecek kapasiteye sahip olduğu için seçildi. Aracın başlıca güç tüketen bileşenleri su altı iticileridir ve bu iticilere güç taşıyabilecek kalınlığa, iletkenliğe, yüksek akım uygu kapasitesine sahip olduğundan dolayı bu kablo seçilmiştir.

Şekil 40: Silikon Kablo

Teknik Özellikler:
• 2,5 mm2 max. 7,98 Ω/km iletken direnci

XT60 Konektör:

Güç kaynağı ile robota elektrik iletecek kabloyu birbirine bağlaması ve gerekli durumlarda güç bağlantısının kesilebilmesi için bir konektöre ihtiyaç duyulmuştur. XT60 konektör düşük dirençli olması ve yüksek amper seviyeleri için tasarlanmış olmasından dolayı tercih edilmiştir. Yapısı gereği kolay çıkamaması ve sağlam olması sebebiyle güvenlik ve güç kesintisi gibi olası sorunları en aza indirmektedir.

Şekil 41: XT60 Konektör

Teknik Özellikler:

• 60 Amper akım uygusu l

Pop Konsol 3.5mm Banana Plug:

Ucu açık kabloları birbirine bağlamak için kullanılan bir fiş çeşididir. Montaj kolaylığı ve yüksek akım dayanımı sebebiyle ESC'ler ile su altı iticilerinin motorlarının kablolarını birbirine bağlamak için kullanılmıştır.

Şekil 42: Banana Plug

Bariyer Klemens:

Genellikle ucuna "U" şeklinde soket montajlanmış kabloları birbirine bağlamak için kullanışlı ve yaygın bir araçtır. Kullanılan ESC'lerin güç girişleri soket montajlı olduğundan ve bu tip kablolar için en uygun klemens tipi bariyer klemens olduğundan tercih edilmiştir.

Sekil 43: Bariver Klemens

Pixhawk Güç Modülü:

Güç modülü pixhawk uçuş kontrol kartına güç sağlamada ve aynı zamanda eğer araç bataryalıysa batarya voltajını ölçmede, değilse aracın içerisine gelen elektrik enerjisinin ölçümünde kullanılır.

Teknik Özellikler:

• 50 Volt Azami Giriş Voltajı

• 60 Ampere Kadar Akım Algılama

Şekil 44: Pixhawk Güç Modülü

Voltaj Regülesi:

Raspberry Pi'a ihtiyacı olan gerilimi sağlaması için kullanılmaktadır. Raspberry Pi'ın portlarına bağlı olan araçlara güç vermektedir ve Raspberry Pi'a sağlanan 5 volt gerilim çoğu durumda yeterli gelmemektedir. Çıkış voltajını ayarlayabilmek amacıyla tercih edilmiştir. Giriş gerilimini üzerinde bulunan potansiyometre sayesinde istenilen değere ayarlanabilmektedir.

Teknik Özellikler:
• 4-35 Volt Giriş Voltajı
• 1.23- 30 Volt Çıkış Voltajı
• Maksimum 3 Amper Çıkış Akımı

Şekil 45: Voltaj Regülesi

Kontrol Sistemi:

Yüzeyde kurulu olan yüzey kontrol sistemimiz ile aracın arasındaki iletişim Ethernet kablosu ile sağlanmaktadır bu sayede aracın sensorlerinin, iticilerinin kartlarının kontrol edilmesini sağlar. Aracın beyni olarak sistem bileşenlerinden gelen verileri işleyerek yüzeye ileten Raspberry Pi 3B kullanılmıştır. Aynı zamanda aracın içerisinde aracın dengesini sağlayan sensorlere sahip pixhawk ile de iletişime geçerek aracın stabil ve dengede kalmasını yönetmektedir. Otonom görevlerin gerekliliklerini Raspberry Pi 3B sağlayabilmektedir. Görüntü işleme ile aracın hareketlerine karar verilmesi gibi yüksek donanım gerektiren görevleri Raspberry Pi 3B rahatlıkla yapabilmektedir. Ayrıca pixhawk otonom uçuş kartı, motorların amaca uygun kontrol edilmesini sağlayan ESC'ler de kontrol sistemi içine dahildir.

Kontrol Sistemi Bileşenleri:

Raspberry Pi 3 Model B:

Yaygın olarak kullanılan ve araç için en uygun yazılım olan Ardusub yazılımı tarafından tamamen desteklenen piyasadaki tek karttır. Yüzeyle iletişimde çok etkili bir rol oynayan Ethernet bağlantısı için gerekli Ethernet portuna sahip olması nedeniyle tercih edilmiştir.

Şekil 46: Raspberry Pi 3

Teknik Özellikleri:

• Quad Core 1.2GHz Broadcom 64bit CPU

• 1GB RAM

• 4 adet USB 2.0 portu

• Ethernet Portu

Pixhawk:

Pixhawk gerek insansız hava araçlarının gerek insansız ve otonom herhangi bir aracın kontrol edilmesinde yaygın olarak kullanılan bir oto pilot kartıdır. Üzerinde denge kontrolü için jiroskop, dinamik ivmeyi ölçmek için ivmeölçer, yön bulmak için pusula ve basınç ölçümü için barometre sensorlerini bulundurur. Ardupilot yazılımı baz alınarak üretilmiştir ve Ardusub ile tamamen uyumlu çalışır.

Şekil 47: Pixhawk

Teknik Özellikleri:

• STM32F427 32-bit ARM Cortex M4 İşlemci

• 14 Adet PWM Çıkışı

• I2C, SPI, 2x CAN, USB Portları

• 256 KB RAM • 2MB Flash

Raspberry Kamera Modülü V2:

Şekil 48: Raspberry Kamera Modülü

Araç çalışır durumdayken görüntü sağlamakta, aracın yön tayinini yapmamızı kolaylaştırmaktadır ve 62,2 derece yatay ve 48,8 derece dikey görüş açısına sahiptir. Aracın beyni olan Raspberry Pi 3B ile CSI (Camera Serial Interface) portu üzerinden haberleşmektedir ve h.264 video yayını imkânı sağlamaktadır. Diğer sistem bileşenleri gibi kamera da Ardusub yazılımı tarafından desteklenmektedir ve boyut olarak da küçük olduğu için kullanımına karar verilmiştir.

Teknik Özellikler:

• 8 Megapiksel Çözünürlük

• h.264 Video Yayını

Cat6 Foil Ethernet Kablosu:

Şekil 49: Ethernet Kablosu

Ethernet tabanlı bilgisayar ağlarında kullanılan ve gigabit hızında veri taşıma kapasitesine sahip çift bükümlü bir UTP kablodur. Araç ve yüzey arasında iletişim kurarak sensor verilerinin monitöre aktarılmasında, aracı manuel kontrolünü sağlanmasında ve otonom görevlerde yüzeyden görüntü işlenmesi için kullanılmaktadır.

Teknik Özellikler:

• 1 Gigabit hız desteği

• 50 metreye kadar 10 gigabit hız desteği

Emax blheli 30A oneshot esc 2s-4s ESC:

Şekil 50: ESC

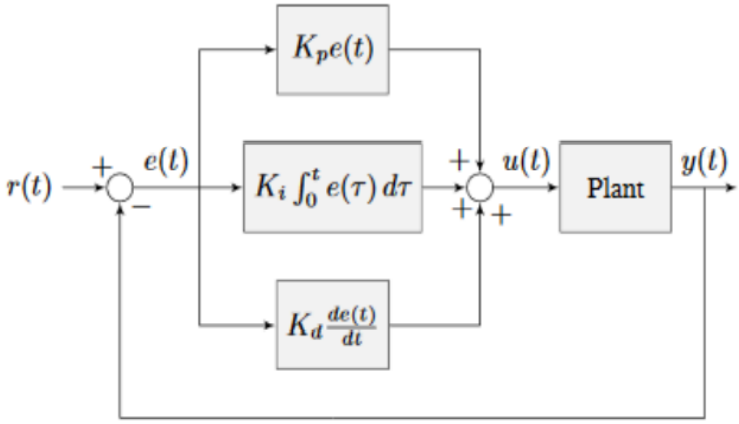
Su altı iticilerinin kontrolünü sağlar. 3 fazlı fırçasız motorları sürmek için elektronik hız kontrolcülerine ihtiyaç vardır. Detaylı piyasa araştırmasının ardından Emax ESC'lerin M1 sualtı motorları için uygun olduğuna karar verilmiştir. Bu sayede motorlar tam verimlilikle çalışabilmektedir. ESC'ler BLHeli_S yazılımına sahiptir ve bu sayede motorların dönüşleri çift yönlü kontrol edilebilmektedir. Ayrıca ESC'ler diğer 3 fazlı fırçasız motorlarla da tamamen uyumludur.

Teknik Özellikleri:
• 7-16 Volt Arasında Giriş Voltajı
• 30 Amper Çıkış Akımı

4.3.2. Algoritma Tasarım Süreci

PID:

Oransal İntegral Türev (PID) basınç, sıcaklık, denetleyici ve hız gibi farklı parametreleri istenilen değerlerde düzenlemek için kullanılan, otomatik olarak optimize edilmiş ve doğru bir kontrol sistemidir. Bir PID, gerçek değer ile istenen değer arasındaki farkı hesaplayarak hatayı hesaplar ve ardından karar verme parametrelerini buna göre ayarlar. PID algoritması, robotun su içinde dengede kalmasını sağlar. Ayrıca PID, su içinde oluşan herhangi aksi bir durumda devreye girer ve robotun dengede kalmasını sağlar.



Şekil 51: PID Algoritması

4.3.3 Yazılım Tasarım Süreci

- **Python:**

Python; diğer programlama dillerine göre daha kolay kullanılabilen ve anlaşılabilen, ayrıca geniş kütüphaneleri, güçlü ifade yeteneği, kolay anlaşılır nesne tabanlı programlama özellikleri ve modüler yapısı sayesinde kullanım kolaylığı sağlayan bir programlama dilidir. Web geliştirme, bilimsel hesaplamalar, masaüstü ara yüzleri ve yazılım geliştirme gibi birçok alanda kullanılır.

- **C++:**

C++, geliştirilmesinden sonra tüm dünyada en çok kullanılan programlama dillerinden biri olmuştur. Özellikle performans konusunda C++ genellikle ilk tercih edilen programlama dili olmuştur. Bunun sebebi diğer programlama dillerine kıyasla çok daha sık güncellenen bir yazılım dili olmasıdır. C++ genellikle; sistem yazılımları, uygulamalar ve gömülü firmware yazılımlar üretmek için kullanılır.

- **Ardusub:**

Ardusub projesi, uzaktan kumandalı sualtı araçları (ROV'lar) ve otonom sualtı araçları (AUV'ler) için tam özellikli bir açık kaynaklı sistemdir. ArduSub, ArduPilot projesinin bir

parçasıdır ve orijinal olarak ArduCopter kodundan türetilmiştir. Ardusub, tam araç kontrolü ve görev planlaması sağlayan QGroundControl ile de uyumlu bir şekilde çalışmaktadır.

- **Pymavlink:**

Ardusub, Mavlink protokolü ile haberleşmektedir. Pymavlink, Python ile yazılmış, genel amaçlı bir MAVLink mesaj işleme kütüphanesidir. Pymavlink sayesinde sensor verileri okunabilir ve araca bazı komutlar gönderilebilmek.

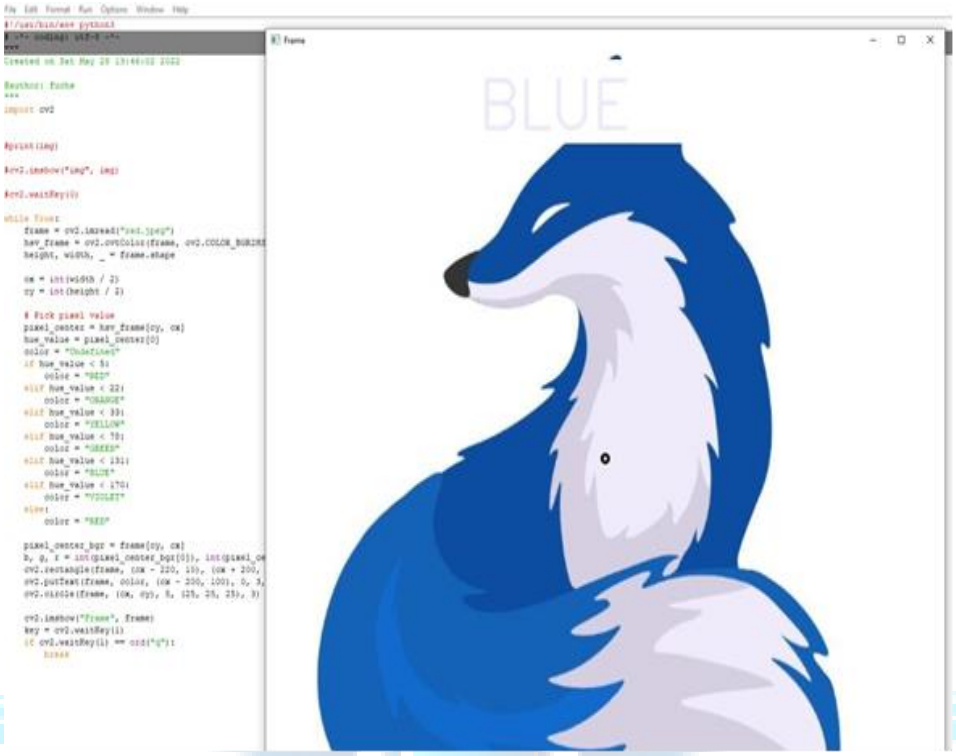
Veri Ön İşleme:

- **OpenCV:**

OpenCV (Open Source Computer Vision Library) Nesne Algılama; görüntü ve videolardaki nesnelerin örneklerini algılamayla ilgilenen derin öğrenme, bilgisayarla görme ve görüntü işleme ile ilgili bir bilgisayar teknolojisidir. OpenCV kütüphanesi ile yapılan örnek renk tanıma kodu Şekil 50'de görüldüğü gibidir.

```
*untitled*
File  Edit  Format  Run  Options  Window  Help
cap = cv2.VideoCapture(2)
cap.set(cv2.CAP_PROP_FRAME_WIDTH, 1280)
cap.set(cv2.CAP_PROP_FRAME_HEIGHT, 720)

while True:
    _, frame = cap.read()
    hsv_frame = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2HSV)
    height, width, _ = frame.shape

    cx = int(width / 2)
    cy = int(height / 2)

    # Pick pixel value
    pixel_center = hsv_frame[cy, cx]
    hue_value = pixel_center[0]
        color = "Undefined"
    if hue_value < 5:
        color = "RED"
    elif hue_value < 22:
        color = "ORANGE"
    elif hue_value < 33:
        color = "YELLOW"
    elif hue_value < 78:
        color = "GREEN"
    elif hue_value < 131:
        color = "BLUE"
    elif hue_value < 170:
        color = "VIOLET"
    else:
        color = "RED"

    pixel_center_bgr = frame[cy, cx]
    b, g, r = int(pixel_center_bgr[0]), int(pixel_center_bgr[1]), int(pixel_center_bgr[2])
        cv2.rectangle(frame, (cx - 220, 10), (cx + 200, 120), (255, 255, 255), -1)
    cv2.putText(frame, color, (cx - 200, 100), 0, 3, (b, g, r), 5)
    cv2.circle(frame, (cx, cy), 5, (25, 25, 25), 3)

    cv2.imshow("Frame", frame)
    key = cv2.waitKey(1)
    if key == 27:
        break
```

Şekil 52: OpenCV Renk Tanıma Kodu



Şekil 53: OpenCV Renk Tanıma

Görüntü İşleme Algoritması:

Araçta bulunan kamera ile gerçek zamanlı bir görüntü işleme gerçekleştirmek için OpenCV kütüphanesi kullanılmıştır.

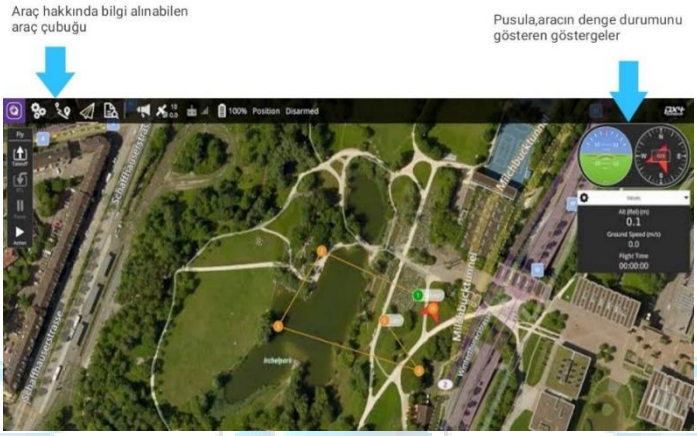
```
File  Edit  Format  Run  Options  Window  Help
            buffer=buf.extract_dup(0, buf.get_size()), dtype=np.uint8)
        return array

    def frame(self):
        """ Get Frame

        Returns:
            np.ndarray: latest retrieved image frame
        """
        if self.frame_available:
            self.latest_frame = self._new_frame
            # reset to indicate latest frame has been 'consumed'
            self._new_frame = None
        return self.latest_frame

    def frame_available(self):
        """Check if a new frame is available

        Returns:
            bool: true if a new frame is available
        """
        return self._new_frame is not None

    def run(self):
        """ Get frame to update _new_frame
        """
        self.start_gst(
            [
                self.video_source,
                self.video_codec,
                self.video_decode,
                self.video_sink_conf
            ])

        self.video_sink.connect('new-sample', self.callback)
    def callback(self, sink):
        sample = sink.emit('pull-sample')
        self._new_frame = self.gst_to_opencv(sample)

        return Gst.FlowReturn.OK
if __name__ == '__main__':
    # Create the video object
    # Add port= if is necessary to use a different one
    video = Video()

    print('Initializing stream...')
    waited = 0
    while not video.frame_available():
        waited += 1
        print('\r  Frame not available (x{})'.format(waited), end='')
        cv2.waitKey(30)
    print('\nSuccess!\nStarting streaming - press "q" to quit.')
    while True:
        # Wait for the next frame to become available
        if video.frame_available():
            # Only retrieve and display a frame if it's new
            frame = video.frame()
            cv2.imshow('frame', frame)
        # Allow frame to display, and check if user wants to quit
        if cv2.waitKey(1) & 0xFF == ord('q'):
```

Şekil 54: OpenCV Görüntü İşleme Kodu

4.4. Dış Arayüzler

- QGroundControl:

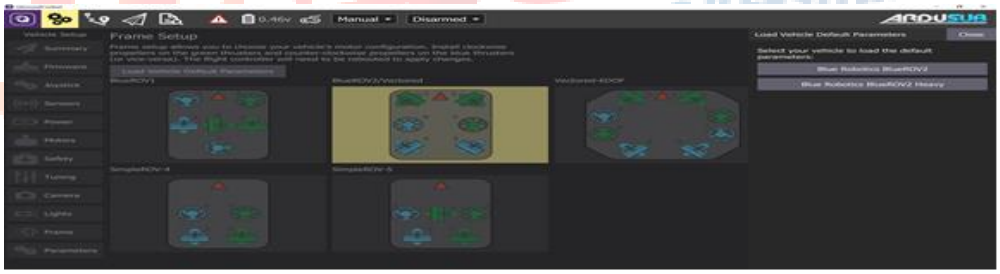
QGroundControl, MAVLink İnsansız araçlarla iletişim kurmak için kullanılan bir protokol ile tam araç kontrolü ve görev planlaması sağlar. QGroundControl birçok İHA'da da sıklıkla kullanılır. QGroundControl üzerinden Pixhawk oto pilot kartının birçok ayarı değiştirilebilir.



Şekil 55: QGroundControl'den Alınmış Örnek Görsel

Parametreler:

Yer kontrol istasyonu yazılımı kullanarak aracın uzaktan ölçüm verilerinin gözlemlenebilmesine ve planlanan görevleri yerine getirebilmesine olanak sağlar.



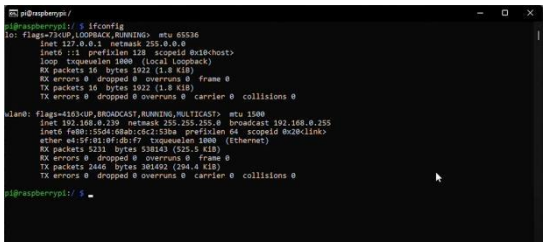
Sekil 56: Motor Konfigürasyon

- **MAVLink Protokolü:**

MAVLink, küçük insansız araçlarla iletişim kurmak için çoğunlukla kullanılan bir seri haberleşme protokolüdür. MAVLink protokolü kullanılarak yollanan mesajların araca ulaşmasının garantisi yoktur. Bu sebepten aracın durumu sürekli yer istasyonu tarafından kontrol edilmektedir.

- **Raspberry Pi Terminali**

Raspberry Pi terminali, Raspberry Pi' a Ethernet üzerinden komut gönderimi yapılmasını ve otonom Python kodlarının çalıştırılmasını sağlar.



Şekil 57: Raspberry Pi Terminali

5. GÜVENLİK

Matiricie Jr. takımı kendisine çalışmaları sürecinde uymak üzere güvenlik kuralları belirlemiştir. Belirlenen kurallara uyulması çalışmaların daha verimli yürütülmesi için çok önemlidir. Takım olarak güvenlik kurallarına her çalışmasında uyulmuş ve oluşabilecek sağlık sorunlarının veyahut çalışma ortamının kirlenmesinin önüne geçilmiştir.

- Çalışma alanına yiyecek ve içecek sokulmamalıdır
- Her çalışmadan sonra kullanılan malzemeler yerlerine koyulmalıdır
- Kesici, delici, yanıcı malzeme kullanımında önlemleri alınmalıdır
- Tüm eşya ve ekipmanlar temiz kullanılmalıdır
- Gün sonunda araç belirlenen güvenli yerine koyulmalı çalışma ortamında malzeme bırakılmamalıdır.

6. TEST

Aracın ilk çiziminde köşeli olması öngörülmüş ve o şekilde çizilmiştir fakat sonradan yapılan simülasyonlarda bu özelliğin aracın hidrodinamiğini azalttığı anlaşılmış ve köşeler yumuşatılmıştır.

Aracın şasesi için malzeme seçilirken 3 malzeme arasında kalınmıştır. Bunlar alüminyum sigma profil, PETG filament ve polietilendir. Araçta bu malzemelerin olduğu durumlar tek tek hesaplanmıştır. Örneğin şase malzemesi olarak alüminyum sigma profil kullanılırsa ağırlığının büyük oranda arttığını görülmüştür. Bu da aracın batma-çıkmasına, yön alabilmesine olumsuz olarak etkilediğinden alüminyum sigma profilden vazgeçilmiştir. PETG kullanımında ne gibi sorunlar ortaya çıkabileceğinin görülmesi için 3 boyutlu yazıcıdan küçük bir deneme çıktısı alınmış; alınan çıktıda işlemin çok uzun sürdüğü, iyi sıcaklık ve yatak kalibrasyonu yapılmadığı için çıktının pürüzlü olduğu görülmüştür. Buna ek olarak soğuma esnasında çatlamalar görülmüş ve bu da PETG şase fikrinden uzaklaşılmasına neden olmuştur.

Su içerisinde araç dengesi test edilmiştir. Bu test bilgisayar ortamında, simülasyon içerisinde test edilmiş olsa da kablo yerleştirmesi vs. nedeniyle oluşabilecek hata payını en aza indirmek için teorik veriler test edilmiştir. Güç verilmeden aracın su içindeki dengesini görebilmek için serbest halindeki duruşu gözlemlenmiştir.

Araca güç verilmeden önce elektronik sistemdeki bütün kablo bağlantılarının doğruluğu, güç dağıtımında kısa devre olup olmadığı test edilip güç verilmesinin uygun olduğuna karar verilmiştir.

7. TECRÜBE

Matiricie Jr. takımı çalışmaları sırasında birçok tecrübe edinmiştir. Edindiği tecrübeler departmanlara göre şu şekildedir;

Halkla İlişkiler:

- Alınan güvenlik önlemleri bazı durumlarda yetersiz kalmıştır. Buna bağlı olarak çalışmaları sırasında güvenlik önlemlerini ihmal etmemeyi,
- Takım içi dosyalama işlemlerini gerçekleştirirken dosyalara aynı anda her takım üyesinin erişebileceği bir sistem üzerinden yapmayı kendisine tecrübe edinmiştir.

Elektronik;

- Elektronik sistemi kurulup tüpe yerleştirildikten sonra kartların ısınmasıyla birlikte tüpün ısındığı fark edilmiştir. Çözüm olarak tüpün içerisine fan eklenerek hava dolaşımı sağlanmıştır. Aynı zamanda güç dağıtımında da tecrübe kazanılmıştır.
- Yüzeydeki güç kaynağından araca güç taşınırken kablo direncinin de etkisiyle birlikte akım çekilirken büyük oranda voltaj düşmesi yaşanmıştır. Çözüm olarak aracın ihtiyacından biraz daha fazla voltaj verilerek akım çekilirken voltaj düşüşü ile voltajın istenilen seviyelerde olması sağlanmıştır.

Yazılım:

Önceden hesaplanıp yazılan renk değerleri su içindeyken istenilen değerleri vermemiştir. Çözüm olarak su içinde alınan değerler göz önünde bulundurularak yeni değerler hesaplanmıştır. Bu durum Matiricie Jr. takımına renk tanıma yazılımı hakkında tecrübe kazandırmıştır.

Mekanik:

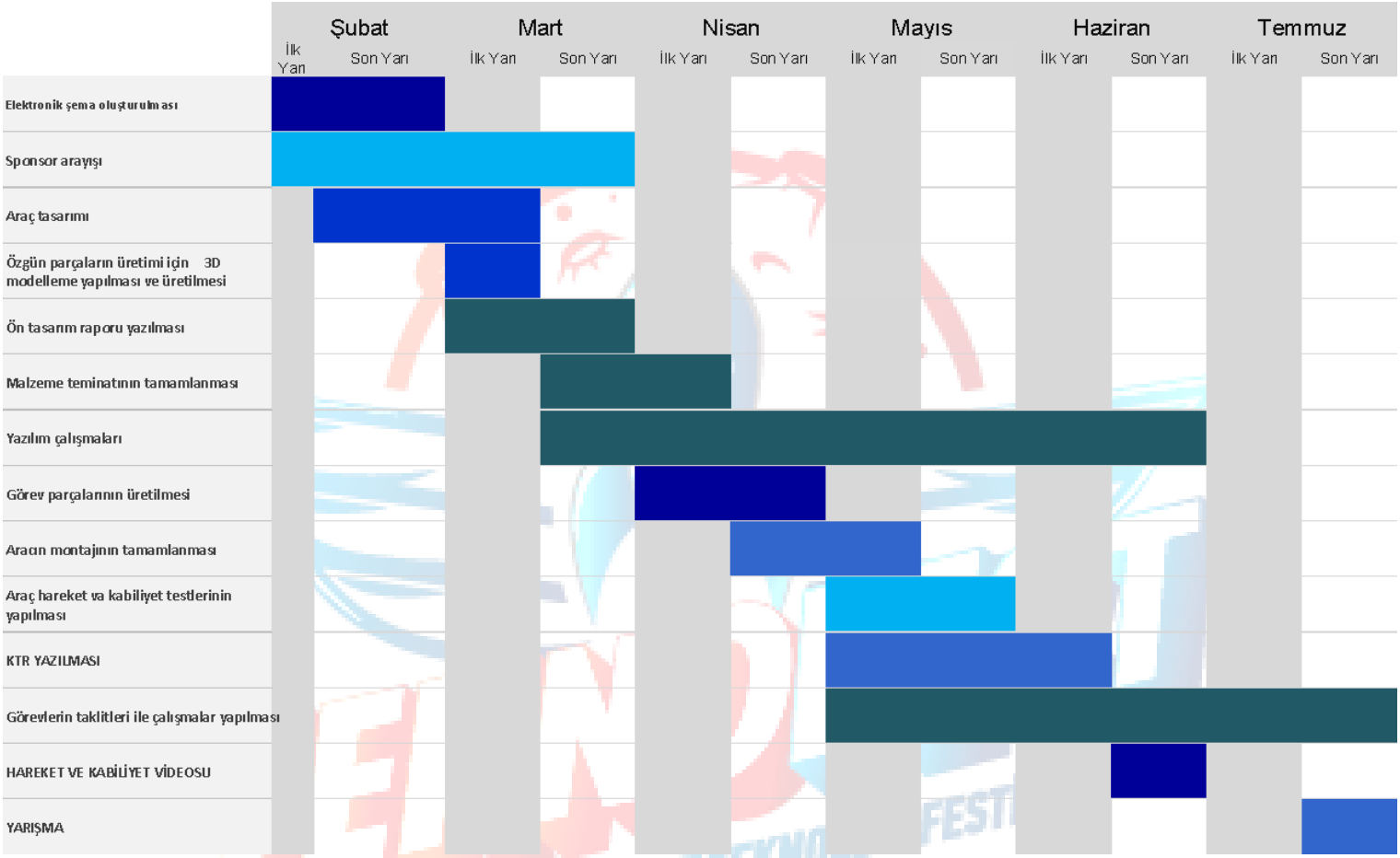
Araç tasarlanırken ilk olarak aracın ön ve arka kısımları tam simetriye uyarak hilal şeklinde tasarlanmıştır fakat sonradan bu şeklin robot kolun montajını zorlaştırması sebebiyle araçta robot kolun monte edileceği yer (şasenin üst kısmı) düz olarak tasarlanmıştır.

Robot kolun ilk aşamada aracın alt kısmında olması planlanırken sonradan kameranın görüş alanını kısıtladığı görülmüş ve bunundan dolayı robot kol üst kısma alınmıştır

8. ZAMAN, BÜTÇE ve RİSK PLANLAMASI

8.1. Zaman

Matiricie Jr. takımı araç çalışmalarına başlamadan önce bir plana uymak amacı ile zaman çizelgesi oluşturmuştur. Bugüne kadar oluşturduğu çizelgeye uymuş ve herhangi bir aksama yaşamamıştır. Bir aksaklık söz konusu olması durumunda alternatif zaman çizelgeleri oluşturmuş, aksaklık yaşandığında en uygun olan zaman çizelgesine göre çalışmalarını yürütmeye devam etmiştir.



Şekil 58: Zaman Çizelgesi

8.2. Bütçe

Ön Tasarım Raporundaki bütçe, araç tasarımına başlanmadan önce yenilenmiştir. Matiricie Jr. takımı en düşük bütçeyle en efektif aracı yapmak istediğinden, gerekli parçalar kontrol edilmiş ve bütçede değişikliğe gidilmiştir.

Ürün Adı	Ürün Adet	Adet Fiyatı	Toplam Fiyat
Ethernet Kablosu	1	₺66,33	₺66,33
Pixhawk	1	₺4.352,84	₺4.352,84
ESC	8	₺244,29	₺1.954,32
Motor	4	₺564,00	₺2.256,00
Pixhawk Güç Modülü	1	₺191,82	₺191,82
Voltaj Düşürücü Güç Modülü	1	₺19,13	₺19,13

Raspberry Camera	1		₺629,36	₺629,36
M10 Pentratör	16		₺60,87	₺973,92
24V Güç Kaynağı	1		₺943,06	₺943,06
Polietilen Levha		1x2 metre	₺1.076,00	₺1.076,00
Su Geçirmez Hazne	1		₺3.072,46	₺3.072,46
Petg Filament	1		₺224,20	₺224,20
Su Geçirmez Servo Motor	2		₺604,16	₺1.208,32
			TOPLAM	₺16.967,76

Tablo 1: Bütçe

(Malzemelerin üzerine tıklayarak ilgili linklere ulaşabilirsiniz.)

8.3. Risk Planlaması

Her projenin çalışma aşamalarında yaşanan belirli riskler vardır. Bazen bu riskler istenmeyen sonuçlar doğurabilir. Bu durumu en iyi şekilde yönetebilmek için Matiricie Jr. takımı kendisine oluşabilecek riskleri belirlemiş ve bu riskler oluştuğunda çözüme nasıl varacağını planlamıştır. Bugüne kadar sürdürdüğü çalışmalarında yüksek veya aşırı bir riskle karşılaşmamış, karşılaştığı düşük ve orta seviye riskleri kolayca çözüme ulaştırabilmiştir.

		ŞİDDETİN BÜYÜKLÜĞÜ			
		Önemsiz (1)	İhmal edilebilir (2)	Kritik (3)	Kadastrofik (4)
OLASILIK	Düşük (1)	Düşük (1)	Orta (4)	Orta (6)	Yüksek (10)
	Orta (2)	Düşük (2)	Orta (5)	Yüksek (8)	Aşırı (11)
	Yüksek (3)	Orta (3)	Yüksek (7)	Yüksek (9)	Aşırı (12)

Şekil 59: Risk Matrisi Değer Tablosu

Risk Tanımı	Tehlike	Olasılık	Değer	Çözüm
Su altı iticilerinin bozulması	Kadastrofik	Düşük	Yüksek (10)	Bozulan parçaları uygun şekilde tamir eder,tamir edilebilecek bir zaman değilse robot kendini stabilize eder.
Tüpün içerisine su alması	Kadastrofik	Orta	Aşırı (11)	Bu şekilde bir durumla karşılaşıldığında takımımız oluşan sorunu çözüme ulaştırmak için gerekeni yapar, olmuyorsa yeni ürün temin edilir
Gripper'ın bozulması	Düşük	Yüksek	Orta (6)	3D Yazcıdıan yeni Gripper parçasının basılması bu riske bir çözüm oluşturur.
Yapım aşamasında ağırlık mekrezinin sapma oluşmasından dolayı robotun bi tarafının daha çok batması	Kritik	Düşük	Orta (6)	Oluşabilecek riskle yapım aşamasında karşılaşılmaması için şase de belirli ölçümler yapılmıştır
Kabloların kısa devreye neden olması	Kritik	Orta	Yüksek (8)	Sigorta devreye girmesiyle robot su içerisinden alınarak müdahale edilir.
Kamera lensinin buğulanması	İhmal Edilebilir	Orta	Orta (5)	Dalış öncesinden kamera lensine buğu önleyici sprey sıkılması.
Veri akışının kesilmesi	Kadastrofik	Düşük	Yüksek (10)	Bağlantıların gözden geçirilmesi ve analiz edilen hasarın ortadan kaldırılması.

Şekil 60: Risk Matrisi

9. ÖZGÜNLÜK

Matiricie Jr. takımının araç tasarlarken en önem verdiği kriterlerden biri de özgünlüktür. Bu amaç doğrultusunda birçok fikir alışverişi yapılmış, olası problemleri en aza indiren ideal araç tasarımı üzerine fikir yürütülmüştür. Bu fikir alışverişleri neticesinde aşağıda ortaya çıkan maddeler şöyledir:

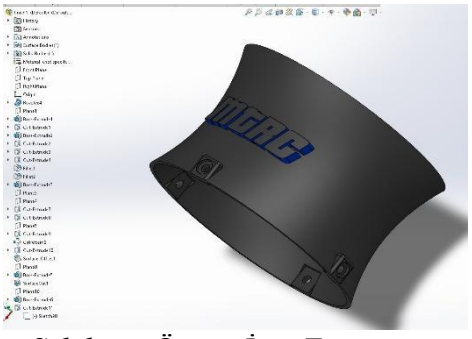
- **Şasenin Üretimi:** Bu sezon tasarlanan şasenin büyük bir kısmı geri dönüştürülebilir plastikten oluşmaktadır. Bu durum aynı zamanda araç maliyetini önemli seviyede düşürmektedir. Ana maddesi polietilen olan bu tasarım geri dönüştürülebilirlik teknolojisini kullanarak daha sağlıklı bir geleceğe katkıda bulunmaktadır. Yapılan geri dönüşüm planının ana maddesi polietilen olmakla beraber olası PLA kullanımında 3 boyutlu yazıcıdan çıktı alınan parçalar da geri dönüştürülebilir malzemeler arasında yer almaktadır. Şasenin yaklaşık **%85'i** geri dönüştürülebilmektedir. Ayrıca polietilenin minimum seviyede su çekmesi özelliğinden ve kimyasallara karşı dayanıklılığından da yararlanılmaktadır.

- **Eklenti parçalarının Üretimi:** Tasarlanan araç modelinde birçok eklenti (motor pervaneleri, tüp montaj parçası (mountu), robot kol, motor çerçeveleri vb.) 3 boyutlu yazıcıdan çıktı olarak alınmıştır. Bu şekilde bütçeden ciddi anlamda kâr edilmiş olup Matiricie Jr. takımına özel tasarımlar yapabilme fırsatı sunmuştur.

- **Tüp montaj parçası (mountu)**: Tüpün deliklerine özel olarak tasarlanmış tüp montaj parçası aracın sağlamlığına fazla nitelikler katmaktadır. Bu nitelikler şu şekildedir:

- Tüp şasenin içerisine tam oturtulabilmektedir.
- Tüm şase parçalarının birbirine montajlanmasını sağlamaktadır. Bu sayede şaseye ekstra sağlamlık kazandıran tüp montaj parçası tasarımın belkemiği haline gelmektedir.

- **Özgün su altı itici çerçeve tasarımı**: Bütçeden tasarruf etmek ve maksimum itiş gücü sağlamak amacıyla 3 boyutlu yazıcıdan üretilen su altı itici çerçevesi Matiricie Jr. takımına özel olarak tasarlanmıştır. Bu şekilde 3 boyutlu çizim alanında tecrübe kazanılmıştır.



Şekil 61: Özgün İtici Tasarımı

- **Şasenin dikdörtgensel yapısı:** Şasenin dikdörtgensel yapısı sayesinde 1 veya daha fazla su altı iticisinin hasar görmesi, performans düşüşü vb. teknik problemlerin yaşanması durumunda dışarından müdahaleye gerek duyulmadan aracın düz konuma gelerek kendini stabilize edebilmesi sağlanmıştır.

- **Şasenin şekli**: Şasenin alt tabanını hilal şeklinde yapılmış bu sayede paklar kolayca toplanacaktır, Şasenin üst tabanı düz bir şekilde tasarlanmış bu şekilde robot kol (gripper) kolayca ve sağlamca monte edilebilir hale gelmiştir.

- **Pürüz azaltıcı boşluklar:** Şasenin üstünde ve altında bırakılan boşluklarla su akışındaki pürüzleri azaltılmıştır.

10. YERLİLİK

Alüminyum Anodize:

Alüminyum anodize, elektrokimyasal işlem yüzeyin alüminyum oksit kaplanması (Anodik Oksidasyon) işlemidir. Paslanma ile yüzeyin sertleştirilmesi de denebilir. Araçta kullanılan vidaların paslanmaması için kullanılır. Bu sayede vidalar daha uzun ömürlü kullanılır. Yerli üreticilere destek vermek adına bu işlem Türk Router firmalarında gerçekleştirilmektedir.

Su Altı Aydınlatması:

Yerli DEGZ firmasının ürettiği su altı aydınlatması su altında görüş mesafesinin düşük olduğu durumlarda daha iyi kamera görüntüsü elde etmek için kullanılmak üzere tercih edilmiştir. 1500 lümen gücü sayesinde araç için gayet yeterli aydınlatma sağlamaktadır. Ürün %86 oranında yerlidir bu sebeple diğer tercihlere göre öncelikli olarak seçilmiştir.

Filament:

Tasarlanan araçta filament birçok yerde kullanılmıştır. Örneğin su altı iticilerinin pervaneleri ile çerçevesi ve robot kol tamamen 3 boyutlu baskıdır.

Bundan dolayı Matiricie Jr. takımı filament seçiminde yerli marka kullanımına oldukça önem vermiştir ve bunun için uzun araştırmalar yapmıştır.

Bu araştırmalar sonucunda yüksek kaliteli filament geliştirilmesi amacıyla kurulmuş yerli teknoloji girişim firması olan Porima'nın PETG filamentini tercih etmiştir.

Geliştirilen filamentler ile ithalatı önlemenin yanında katma değerli ürünlerin ihraç edilebilmesi için gerekli bilimsel ve ticari çalışmaları yürüten bir firma olmasıyla da dikkat çekmektedir.

Su geçirmez Hazne:

Katma değer bazlı yerlilik oranı: %97

Ürün yerli firma olan Lentamarine firmasına aittir. Ürünün gövde kısmı alüminyumdur ve bombe başa sahiptir. Bu da görüş alanının genişlemesine olanak sağlamaktadır. Ayrıca su basıncını homojen bir şekilde dağıtan kademeli bir arka kapağı bulunmaktadır.

11. KAYNAKÇA

- *Polietilen (PE) Hakkında | (Şensan Plastik)*. E Tarihi: Mayıs 20, 2022, https://www.sensanplastik.com.tr/polietilen-pe-hakkinda

- *Meran, C., Haldenbilen, S., Kula, M., Öztürk, H., Özsandıkçı, G., Üniversitesi, P., Fakültesi, M., Mühendisliği Bölümü, M., Mühendisliği Bölümü, İ., & Aş, B. (2014.). Makale İnvestigation Of Recycling Of Cross Linkedin Polyethylene Foam Wastes Soner Haldenbilen Müge Kula Çapraz Bağlı Polietilen Köpük Atıkların Geri Dönüşümde Kullanılabilirliğinin İncelenmesi Özet. Erişim Tarihi: Mayıs 28,2022* www.cevreonline.com/atik.htm

- Çetinel, H. (n.d.). *"DEÜ Mühendislik ve Fen Fakültesi Mühendislik Dergisi" Cilt: 2 Sayı: 3 sh. "Polietilen ve Polipropilenin Mekanik Özelliklerinin İncelemesi An Investigation on Mechanical Properties of Polyethylene and Polyproplyne". 79-87, Ekim 2000.*

- Arzu Kurtoğlu, B. T. (2006). *Gama absorpsiyon tekniği ile kıymetli metallerin analizi ve değerlendirilmesi. Erişim Tarihi: 28 Mayıs, 2022* http://www.itudergi.itu.edu.tr/index.php/itudergisi_d/article/viewFile/501/443

- Aycan, T., Malzeme, B., & Ve Mühendisliği, B. (2012). *Aluminium Alloys and Usage in the Automobile Industry Alüminyum Alaşımları ve Otomotiv Endüstrisinde Kullanımı Özet. Erişim Tarihi: 28 Mayıs 2022*

- *Sigma Profil Nedir: Bilgimerkezi.com*. (2017). Erişim Tarih: Mayıs 28, 2022, https://www.bilgimerkezi.com/tanitici-reklam/sigma-profil-nedir

- *PETG Filament Nedir? | Ömer Faruk Yıldız*. (2021). Erişim Tarihi: Mayıs 28, 2022, https://omerfarukyildiz.com/petg-filament-nedir/

- *Sigma Profil Nedir: Bilgimerkezi.com*. (2014). Erişim Tarihi: Mayıs 28, 2022, https://www.bilgimerkezi.com/tanitici-reklam/sigma-profil-nedir

- Grøtli, E. I., Tjønnås, J., Azpiazu, J., Transeth, A. A., & Ludvigsen, M. (2016). Towards more autonomous ROV operations: Scalable and modular localization with experiment data. *IFAC-PapersOnLine*, *49*(23), 173–180. https://doi.org/10.1016/J.IFACOL.2016.10.339

- *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science The preliminary of Design and Movement of Remotely Operated Vehicle (ROV)*. (2020). https://doi.org/10.1088/1755-1315/557/1/012006