

**TEKNOFEST**  
**HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ**  
**SAVAŞAN İHA YARIŞMA**  
**KRİTİK TASARIM RAPORU**

**TAKIM ADI: RACLAB GRIFFIN**

**YAZARLAR:**

**SELAHATTİN CAN AYDIN**

**SEMANUR KUTLU**

**HAKAN AKKAŞOĞLU**

**UĞUR TAŞKUYU**

**GİZEM ÖZDEMİR**

**ABDULKADİR ALTINTAŞ**

**AHMET MELİH ŞENOL**

**HAZİM GÖZKAYA**

**ENES AKKAYA**

**OSMAN FARUK TAŞAGİREN**

## İÇİNDEKİLER

1. TEMEL SİSTEM ÖZETİ .....	3
1.1. Sistem Tanımı .....	3
1.2. Sistem Nihai Performans Özellikleri .....	3
2. ORGANİZASYON ÖZETİ .....	4
2.1. Takım Organizasyonu .....	4
2.2. Zaman Akış Çizelgesi ve Bütçe .....	5
3. DETAYLI TASARIM ÖZETİ .....	7
3.1. Nihai Sistem Mimarisi.....	7
3.2. Alt Sistemler Özeti .....	8
3.3. Hava Aracı Performans Özeti.....	10
3.4. Hava Aracının Üç Boyutlu Tasarımı .....	16
3.5. Hava Aracı Ağırlık Dağılımı.....	19
4. OTONOM GÖREVLER .....	22
4.1. Otonom Kilitlenme .....	22
4.2. Kamikaze Görevi .....	27
5. YER İSTASYONU VE HABERLEŞME .....	29
6. KULLANICI ARAYÜZÜ TASARIMI .....	33
7. HAVA ARACI ENTEGRASYONU .....	35
7.1. Yapısal Entegrasyon.....	35
7.2. Mekanik Entegrasyon .....	37
7.3. Elektronik Entegrasyon.....	38
8. TEST VE SİMÜLASYON .....	40
8.1. Alt Sistem Testleri.....	40
8.2. Uçuş Testi ve Uçuş Kontrol Listesi .....	43
9. GÜVENLİK .....	45
10. REFERANSLAR .....	47

## 1. TEMEL SİSTEM ÖZETİ

### 1.1. Sistem Tanımı

Yarışma şartnamesinde belirtilen isteklere ek olarak manevra kabiliyeti, havada kalma süresi ve sahip olduğu hız gibi etkenler göz önünde bulundurularak tasarımı yapılan ardından üretimine geçilen insansız hava aracının otonom hareket edebilme aynı zamanda havada elde ettiği görüntü ile işlem yapabilme yeteneklerini gerçekleştirip diğer araçlara ve yerde bulunan sabit hedeflere kilitlenme, diğer araçlardan kaçınma görevlerini başarıyla tamamlaması beklenmektedir.

Sistemi oluşturan genel bileşenler;

**İHA (İnsansız Hava Aracı):** Yarışma süresince görevleri gerçekleştirmek üzere tasarlanıp üretilen araçtır. Savaşan ve Kamikaze İHA olmak üzere iki farklı görev gerçekleştirmesi beklenmektedir. Savaşan İHA görevi için gerekli olan insansız hava aracının havada bulunan diğer araçlardan aldığı görüntüler ile otonom kilitlenmeyi sağlamaktadır. Aynı anda puan kaybı yaşamamak için diğer araçların kilitlenmesini önlemesi de gereklidir. Bu nedenle araç çeşitli manevralar yapabilecek kabiliyette tasarlanmalıdır.

**Kumanda:** Temel olarak insansız hava aracının uçuş kontrolünü gerçekleştirmesini sağlayan bileşendir. Alanda pilot tarafından kullanılarak uçuşa ek olarak manevra kabiliyeti gibi diğer durumları da gerçekleştirmektedir. Birlikte kullanıldığı alıcısı ile aracın birçok yerinde bulunan servo motorlara sinyal gönderir ve kanallara atanan özellikleri kullanmamızı sağlar.

**Yer Kontrol İstasyonu:** Üç bileşenden meydana gelir: Telemetri, Alıcı, Yer bilgisayarı. Sahip olduğu bileşenler ile havada uçuş yapan insansız hava aracından karşılıklı olarak canlı veri aktarımı yaparak aradaki bağlantıyı sağlar. Yarışma kapsamında istenilen uçuş verilerini ilgili komisyona iletmek gibi haberleşme kısmı ile görevlidir.

**Yer Anteni:** Yarışmada karşılıklı kullanılan antenlerde yer istasyonu kısmında yer alır. Araçtan gelen verileri aktarır yer istasyonundan veri aktarımı gerçekleştirir.

### 1.2. Sistem Nihai Performans Özellikleri

Tasarımı yapılan insansız hava aracının performans özellikleri elde edilen aerodinamik veriler ve formüller ile hesaplanmış olup Tablo 1’de verilmiştir.

PERFORMANS	
Seyir Hızı	12 m/s
Maksimum Hız	30 m/s
Minimum Hız	10.28 m/s
Minimum Dönüş Yarıçapı	11.0253 m
Uçuş Süresi	34 dk
İtki/Ağırlık	0.55 N/kg
Kalkış Mesafesi	3.92 m
Ağırlık	3876 gr

**Tablo 1.** Tasarımı Yapılan İHA’nın Performans Sonuçları

Tasarımı yapılan insansız hava aracı sisteminde görevler için görüntü alma işleminde Logitech C920 kamera kullanılması ve yapay zeka sistemlerini çalıştırmak için düşük güç ile yüksek performans sağlamasından dolayı NVIDIA Jetson Nano kullanılması kararlaştırılmıştır. Tablo 2’de kameranın Tablo 3’te ise yardımcı bilgisayarın teknik özellikleri verilmiştir.

Kullanılacak Kamera Özellikleri	
RGB Kamera Çözünürlüğü	1920 x 1080
RGB Kamera Kare Hızı	30 FPS
RGB Kamera Görüş Açısı (H x V x D)	69° x 42° x 77°

**Tablo 2.** Kamera Teknik Özellikleri

Kullanılacak Yardımcı Bilgisayar Bilgisayarı Özellikleri	
CPU	Quad-core ARM Cortex-A57 MPCore processor
GPU	NVIDIA Maxwell™ mimarisi ve 128 NVIDIA CUDA® çekirdeği
Bellek	4 GB 64-bit LPDDR4, 1600MHz 25.6 GB/s
Bağlantılar	Gigabit Ethernet, M.2 Key E
Güç	Max 10W

**Tablo 3.** Yardımcı Bilgisayar Teknik Özellikleri

## 2. ORGANİZASYON ÖZETİ

### 2.1. Takım Organizasyonu

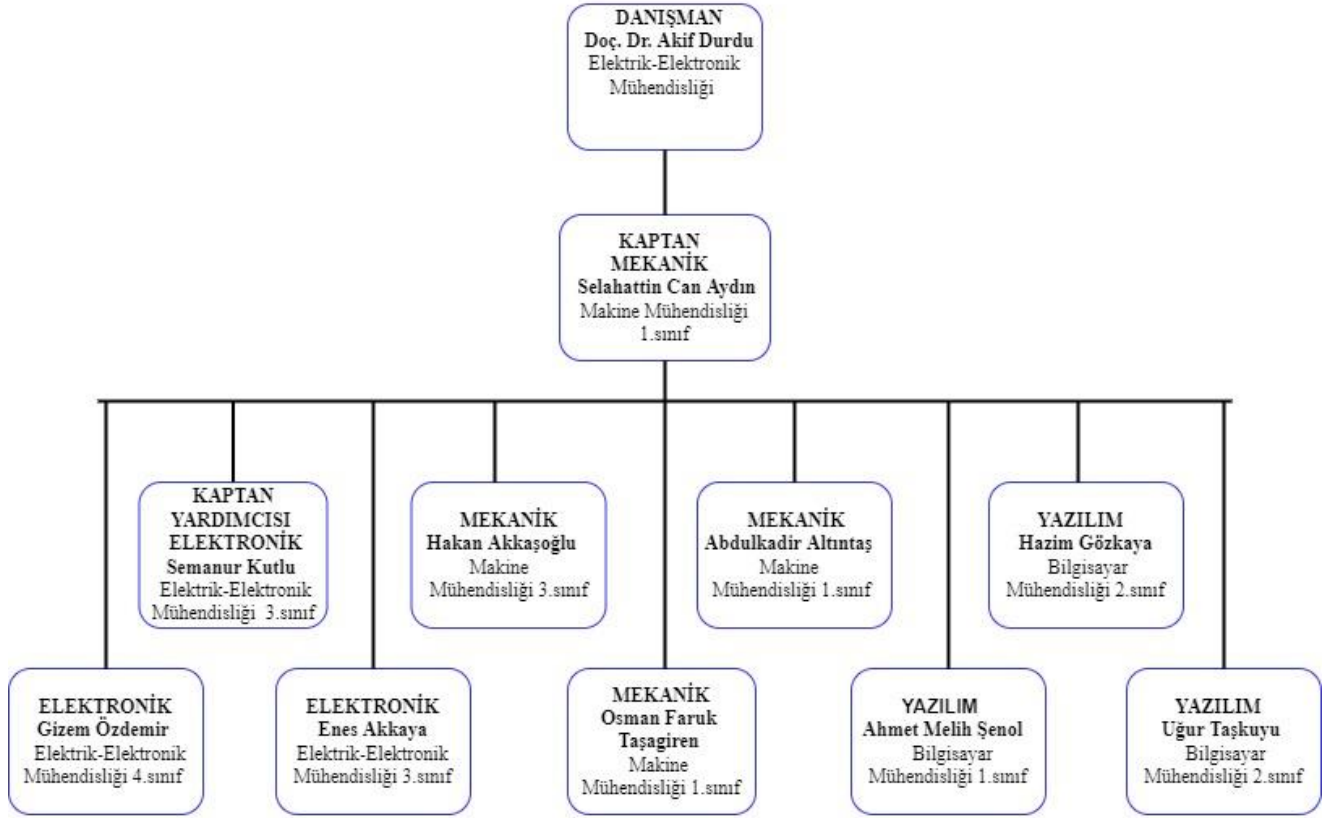
Takım organizasyonu temel olarak 3 ekipten oluşmaktadır: Mekanik Ekip, Elektronik Ekip, Yazılım Ekibi.

Mekanik Ekip; yarışmada kullanılacak insansız hava aracının mekanik olarak tasarımı ve üretiminden sorumludur. İnsansız hava aracının sahip olduğu tüm alt sistemlerin bir araya getirilerek araç içine düzgün yerleşiminde elektronik ekip ile görev alır.

Elektronik Ekip; üretilecek insansız hava aracı için gerekli olan elektronik ekipmanların seçimi görevini üstlenerek sistemlerin kurulmasından sorumludur. Mekanik ekip ve yazılım ekibi arasında köprü görevi görmektedir.

Yazılım Ekibi; yarışma görevlerinde gerçekleştirilmesi beklenen isterleri yerine getirmekten sorumludur. Otonom uçuş, takip, algılama ve kilitleme algoritmaları ve arayüz tasarımı görev alır.

## SAVAŞAN İHA YARIŞMASI 2022



Şekil 2.1.1 Takım Organizasyon Şeması

### 2.2. Zaman Akış Çizelgesi ve Bütçe

		RACLAB GRIFFIN																																				
İş Paketleri		Süre (Gün)	OCAK				ŞUBAT				MART				NİSAN				MAYIS				HAZİRAN				TEMMUZ				AĞUSTOS							
1	Kavramsal Tasarım	28	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1.1	Literatür Taraması	14	1	2	3	4																																
1.2	Taslak Tasarım Oluşturulması	14		1	2	3	4																															
2	Detaylı Tasarım	56					1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
2.1	Detaylı Tasarımın Oluşturulması	21					1	2	3	4	1	2	3	4																								
2.2	Detaylı Tasarımın Analizi	7						1	2	3	4																											
2.3	Detaylı Tasarım Güncellemeleri	28									1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
3	Prototip Üretimi ve Entegrasyon	28													1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
3.1	Prototip Üretimi Hazırlık Süreci	7													1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
3.2	Prototip Üretimi	14														1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			
3.3	Entegrasyon Aşaması	7															1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
4	Prototip Testleri ve İyileştirme Çalışmaları	21																	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
4.1	Test Aşaması (İtki, Batarya vb.)	14																		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			
4.2	Tasarımın İyileştirilme Aşaması	7																			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
5	Yazılım Geliştirme ve Test	77														1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			
5.1	Uçuş Yazılımı Hazırlanması	7														1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			
5.2	Yapay Zeka Modeli Eğitilmesi	21															1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
5.3	Prototip Üzerinde Deneme Testleri	28																		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			
5.4	Yazılımın İyileştirilmesi	21																			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
6	Asıl Üretim	21																				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
6.1	Yarışmada Kullanılacak İHA'nın Üretimi	14																				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
6.2	Entegrasyon Süreci	7																					1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
7	Son Testler	49																																				
7.1	Güvenlik Testleri	7																																				
7.2	Görev Testleri	42																																				
8	Yarışma	7																																				

Şekil 2.2.2 Zaman Akış Çizelgesi

■ : Zaman Akış Çizelgesi'nde belirtilen görevlerin gerçekleşme süresi

■ : Zaman Akış Çizelgesi'nde gerçekleşmesi beklenen görev süresi

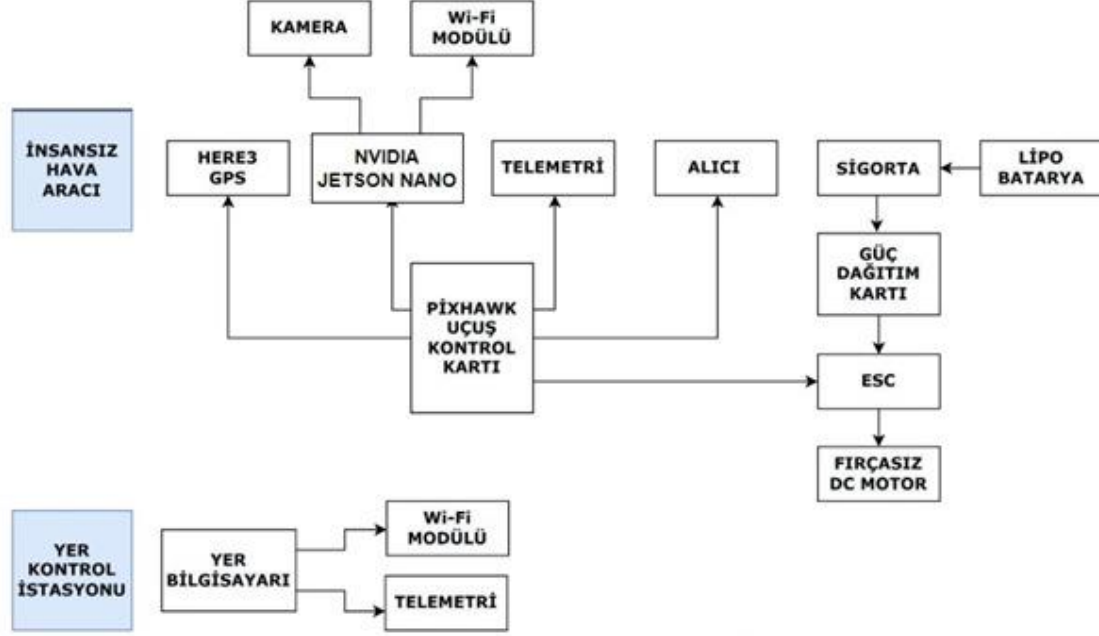
## SAVAŞAN İHA YARIŞMASI 2022

RACLAB GRIFFIN Malzeme Listesi			
Malzeme	Miktar (Adet)	Birim Fiyat (₺)	Toplam Fiyat (₺)
Pixhawk Cube Orange	1	11.480,00	11.480,00
Here3 GPS	1	6.150,00	6.150,00
NVIDIA Jetson Nano	1	6.030,25	6.030,25
RFD900 Telemetri	1	7.782,02	7.782,02
Bullet M5 Wi-Fi Modem	2	1.683,38	3.366,76
FrSky QX7 Plus Kumanda	1	3.075,99	3.075,99
FrSky XM+ Alıcı	1	552,74	552,74
Matek XT60	1	141,21	141,21
T-MOTOR AT3520 Long Shaft	1	2.117,24	4234,48
ZTW Beatles 60A ESC	3	841,53	2.524,59
TowerPro MG90S	8	70,71	565,68
15V 600mA SMPS Regülatör	2	179,80	359,60
Tattu 4S 10.000mAh LiPO	2	5.801,52	11.603,04
Logitech C920	1	1.850,01	1.850,01
GEMFAN 14x7 APC	4	83,00	332,00
Cam Elyaf 25gr/m <sup>2</sup>	5	129,45	647,25
Karbon Fiber Kumaş 245gr/m <sup>2</sup>	3	526,17	1.578,51
Karbon Boru (m) çap 10 ve 12	8	215,88	1.727,04
XPS Köpük (8'li set)	2	361,00	722,00
Toplam Fiyat (₺)		64.813,17	

Tablo 1. Malzeme Listesi

### 3. DETAYLI TASARIM ÖZETİ

#### 3.1. Nihai Sistem Mimarisi



Şekil 3.1.1. Sistem mimarisinin şematik gösterimi

Sistem mimarisi Şekil 3.1.1.’de görüldüğü gibi iki alt başlıktan oluşmuştur. Bu başlıklar yer kontrol istasyonu ve insansız hava aracı olarak belirlenmiştir.

Yer kontrol istasyonu; telemetri, Wi-Fi modülü ve yer bilgisayarından oluşmaktadır.

İnsansız hava aracı; uçuş kontrol kartı, GPS, yüksek performanslı mini bilgisayar, USB kamera, görüntü aktarımı vericisi, telemetri, radyo alıcı, batarya, sigorta, güç dağıtım kartı, ESC ve motordan oluşmaktadır.

- Uçuş kontrol kartı olarak Pixhawk Cube Orange kullanılacaktır.
- İHA’nın konumlandırmasını sağlamak için HERE 3 GPS kullanılacaktır.
- Görüntüleme sisteminde Logitech C920 kullanılmasına karar verilmiştir.
- İHA üzerinde çalışacak olan algoritmaların yüksek güç ihtiyacını karşılamak için NVIDIA Jetson Nano uçuş bilgisayarının kullanılmasına karar verilmiştir.
- İHA üzerindeki görüntü ve uçuş verileri, Wi-Fi iletişim teknolojisiyle YKİ’ye aktarılacaktır.
- İHA’nın manuel kontrol edilmesi için FrSky QX7 Plus kumandası kullanılacaktır.
- Uçuş verilerinin YKİ’ye aktarılması için telemetri modülünün kullanılmasına karar verilmiştir.
- Elektronik ve itki sisteminin görev boyunca aksaklık olmadan beslenmesi için 10.000 mAh batarya grubu kullanılacaktır.
- Güç dağıtım kartı olarak MATEK PDB-XT60 tercih edilmiştir.

- İHA’da oluşacak istenilmeyen ve kontrol altına alınamayan durumlar için güvenlik önlemi olarak sigorta ve akım kesici kullanılacaktır.
- Elektronik hız kontrolörü (ESC) olarak, seçilen motorlarla uyumlu ZTW Beatles 60A modülü kullanılacaktır İtki sisteminde kullanılması için T- MOTOR AT 3520 long shaft KV720 fırçasız DC motor seçilmiştir.



Pixhawk Cube Orange



Telemetri Modülü



HERE 3 GPS



Sigorta ve Akım Kesici



Logitech C920



MATEK PDB-XT60



NVIDIA Jetson Nano



ZTW Beatles 60A



FrSky QX7 Plus



T- MOTOR AT 3520 Long Shaft KV720

### 3.2. Alt Sistemler Özeti

İHA’da kullanılan elektronik elemanlar, görev isterleri ve sistem kararlılığı dikkate alınarak seçilmiştir.

İHA’da kullanılan alt sistemler ve parametreleri:



•**Uçuş Kontrol Kartı:** Uçuş kontrol kartı olarak Pixhawk Cube Orange kullanılacaktır. 400 MHz frekans hızında çalışabilen 32-bit ARM Cortex-M7 işlemci yapısına sahip olan sistem aynı zamanda 32-bit failsafe yardımcı işlemciye de sahiptir. Pixhawk Cube Orange içeriğinde bulunan 3 adet IMU sensörleri ile hassas ölçümler yapmaktadır. Pixhawk Cube Orange içerisinde 3 adet ivme ölçer, 3 adet jiroskop, 1 adet kompas ve 2 adet barometre bulundurmaktadır. İzolasyon özelliği sayesinde sensörlerin birbirine olan olumsuz etkileri azaltılarak sistem frekans dalgalanmalarına karşı stabil hale getirilmiştir. MAVLink haberleşme protokolü ile kontrol edilebilmekte olup GPS, hava hız sensörü, mesafe sensörü ve telemetri bağlantılarını desteklemektedir. Mini bilgisayardan gelen komutları işlemek ve İHA'ya otonom uçuş kabiliyeti kazandırmak için kullanılan Pixhawk Cube Orange, ayrıca birçok sensör ve modül ile kolaylıkla kullanılabilir olması özellikleri ile tercih edilmiştir.

•**Kamera:** Yüksek görüntü kalitesine sahip olması ve test edilecek farklı algoritmalar için yeterli donanımına sahip olması nedenleri ile Logitech C920 kamera tercih edilmiştir. Ayrıca küçük boyutlarda, hafif olması ve USB üzerinden görüntünün rahatlıkla alınabilmesi gibi özellikleri tercih sebebidir.

•**Telemetri:** Yer kontrol istasyonu ile ihanın haberleşmesini sağlar. Yer kontrol istasyonu ve ihanın çift yönlü haberleşmesi telemetri modülü üzerinden gerçekleştirilir. Yüksek kararlılıkta veri aktarımı yapması ve 40 km gibi yüksek menzillere sahip olması nedenleriyle RFD900 telemetri modülü seçilmiştir.

•**RC Kumanda ve Alıcısı:** İHA'nın pilot tarafından kontrol edilebilmesi için RC alıcı ve verici kullanılmaktadır. Ayrıca uçuş modları arasındaki geçişler de kumandadan sağlanmaktadır. Uzun menzilde iletişim kurabilmesi, 24 kanal sayısına sahip ve çok fonksiyonlu olması sebebiyle FrSky QX7 Plus uzaktan kumanda ve SBUS bağlantısını destekleyen 16 kanal FrSky XM+ Alıcı modülü tercih edilmiştir.

•**Yer Kontrol İstasyonu:** İHA üzerindeki görüntü ve uçuş verileri, yer kontrol istasyonuna aktarılır. Yer kontrol istasyonu görüntüleri işleyerek hedef bilgisinin tespiti ve uçağın hedefe doğru yönelmesini sağlar. Bu sayede İHA'nın en az hata ile hareketlerini gerçekleştirmesini sağlar. Yer kontrol istasyonu olarak; Kendi yazdığımız yer kontrol istasyonu yazılımını destekleyecek nitelikte olması ve yaygın olarak kullanılması nedeniyle Windows işletim sistemine sahip bir bilgisayar tercih edilmiştir.

•**Motor ve ESC:** Uçuş sisteminin ana parçalarından olan fırçasız DC motor seçiminde hava aracının tasarımı, toplam kalkış ağırlığı, uçuş süresi, uçuş kararlılığına göre ihtiyaç olan itki sağlanabilirliği, malzeme kalitesi ve marka bilinirliği göz önünde bulundurulmuştur. Ön tasarım raporunda seçilen motor, T-MOTOR AT3530 Long Shaft KV580 olarak belirtilmiştir. Ancak motorun stoklarda bulunmaması, temin sıkıntısı, İHA uçuş ağırlığı, gerekli olan itki ve elde hazır bulunması sebepleriyle T-MOTOR AT3520 Long Shaft KV720 fırçasız motor tercih edilmiştir. Yapılan uçuş testlerindeki kararlılığı yarışma isterleri için yeterli görülmüştür. T-MOTOR AT3520 Long Shaft KV720 motorla birlikte bu motora uygun akım değeri göz önünde bulundurularak ZTW Beatles 60A ESC tercih edilmiştir.

•**Uçuş Bilgisayarı:** Yüksek işlem gücüne sahip mini bilgisayar olarak NVIDIA Jetson TX2 kullanılması planlanmıştır ancak mali sebepler ve yarışma görevlerini karşılayacağı

düşünüldüğünde alt modeli olan Jetson Nano ile değiştirilmiştir. Yolo ve TensorFlow kütüphanelerindeki kararlılığı da Jetson Nano kartının seçilmesinde tercih sebebidir.

•**Servo Motor:** İHA sistemi üzerinde aileron ve elevatorlerin itki kuvvetleri dikkate alındığında TowerPro MG90S metal dişli servolar tercih edilmiştir. Yüksek torklu, dayanıklı ve gerilimlerinin uygun olması da tercih sebebidir.

•**Pil:** Yarışma kapsamında istenilen görevler ve meydana gelebilecek olumsuzluklar göz önünde bulundurulduğunda insansız hava aracının havada kalma süresini karşılayabilecek özelliklere sahip batarya seçimi yapılmıştır. Ön tasarım raporunda yapılan hesaplamalar sonucunda Tattu 6S 12.000mAh LiPO pil tercihi yapılmıştı ancak ağırlık dezavantajı ve maliyet nedenleriyle pil tercihi Tattu 10.000mAh 14.8V 25C 4S1P LiPO pil ile değiştirilmiştir.

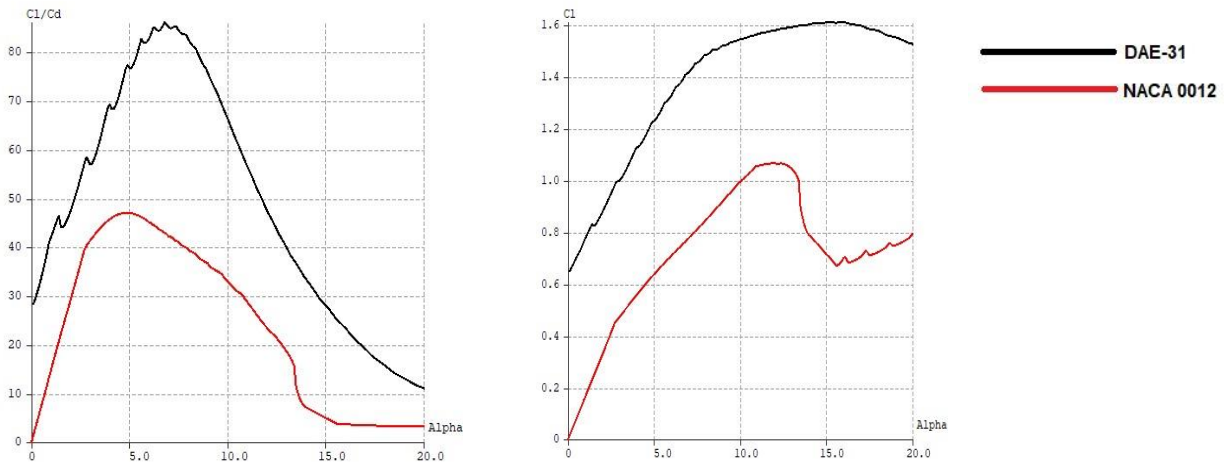
•**GPS:** İHA'nın başarılı bir şekilde görevini tamamlaması için GPS'e (Küresel Konumlandırma Sistemi) ihtiyaç duyulmaktadır. CANBUS haberleşme protokolünü desteklemesi, ideal şartlarda maksimum hassasiyetle veri sağlanması, konumlandırma başarısını arttıracak IMU(ivmeölçer, barometre vb.) sensörlerini bulundurması sebepleriyle Pixhawk HERE3 GPS kullanılmasına karar verilmiştir.

•**Wi-Fi:** İHA'nın havada aldığı görüntülerin ve uçuş verilerinin yer kontrol istasyonuna aktarılması gerekmektedir. Haberleşme sisteminin stabil olması ve yüksek çözünürlüğe sahip kamera görüntülerinin transferi amacıyla Wi-Fi iletişim teknolojisinin kullanılmasına karar verilmiştir. Ubiquiti Bullet M5-HP 5 GHz High Power AP Wi-Fi modülü, düşük maliyeti, yüksek menzili ve kolay kullanımı nedeniyle tercih edilmiştir.

### 3.3. Hava Aracı Performans Özeti

#### 3.3.1. Hava Aracı Tasarım ve Uçuş Dinamikleri

DAE-31 kanat profilinin  $\alpha = 6.25^\circ$  hücum açısı analizi yapılarak elde edilen  $C_l = 1.35$ ,  $C_d = 0.016$  ve  $L/D_{max} = 93.947$  değerleri göz önünde bulundurularak aşağıdaki hesaplamalar yapılmıştır.



Şekil 3.3.1. Kanat profilleri aerodinamik katsayılarının hücum açılara göre grafikleri

Ortalama veter Uzunluğu (c) = 0.305 m, S = 0.576 m<sup>2</sup>,

Reynolds sayısı:  $Re = \frac{\rho_{\infty} V_{\infty} c}{\mu_{\infty}}$

Samsun ili Ağustos ayı tahmini hava sıcaklığı 297K;

$$\rho_{\infty} = 1.047 \text{ kg/m}^3 \quad \mu_{\infty} = 1.84 \cdot 10^{-5} \text{ kg/m-s}$$

$$Re = (1.047 \cdot 10 \cdot 0.305) / (1.84 \cdot 10^{-5}) = 173551.63$$

İnsansız hava aracının havada kalabileceği minimum hız,  $V_{stall} = \sqrt{\frac{2}{\rho_{\infty}} \frac{W}{S} \frac{1}{(C_L)_{max}}}$

Düşük stall hızı için düşük kanat yüklemesi (W/S) ve yüksek taşıma katsayısı gereklidir. Profil maksimum taşıma katsayısı profil grafiklerinden elde edildikten sonra kanat için yaklaşık olarak aşağıdaki denklem kullanılabilir.

**Kabul:**  $C_{L,max} \cong 0.9 C_{L,max}$  Profil maksimum taşıma katsayısı

$$V_{stall} = \sqrt{\frac{2}{1.047} \times \frac{38,76}{0.576} \times \frac{1}{1.215}} = 10.28 \text{ m/s}$$

**Taşıma kuvveti:**  $L = \frac{1}{2} \rho_{\infty} V_{\infty}^2 S C_L$

$$L = (1/2) \cdot 1.047 \cdot 10.28^2 \cdot 0.576 \cdot (1.35 \cdot 0.9) = 38.76 \text{ N}$$

$$W = 3.95 \cdot 9.81 = 38,76 \text{ N}$$

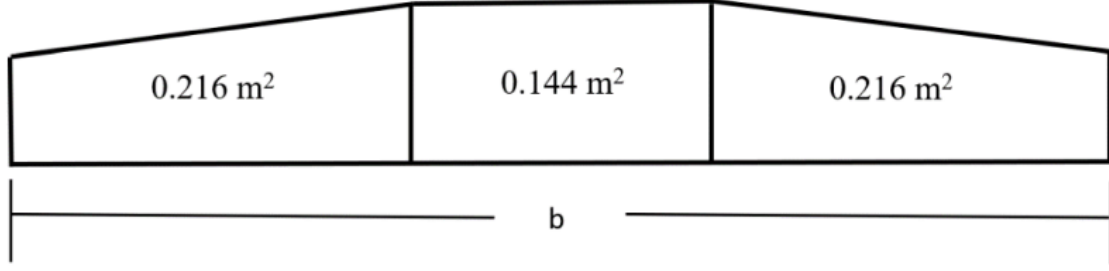
**Sürüklenme kuvveti:**  $D = \frac{1}{2} \rho_{\infty} V_{\infty}^2 S C_D$

$$D = (1/2) \cdot 1.047 \cdot 10.28^2 \cdot 0.576 \cdot 0.016 = 0.47798 \text{ N}$$

**Moment:**  $M = \frac{1}{2} \rho_{\infty} V_{\infty}^2 S c C_M$

$$M = (1/2) \cdot 1.047 \cdot 10.28^2 \cdot 0.576 \cdot 0.305 \cdot -0.144 = -0.1366$$

Açıklık oranı, kanat uzunluğunun karesinin alana bölünmesiyle bulunur. Sivrilme oranı ise bir kanadın uç ve kök veter uzunlukları arasındaki orandır.



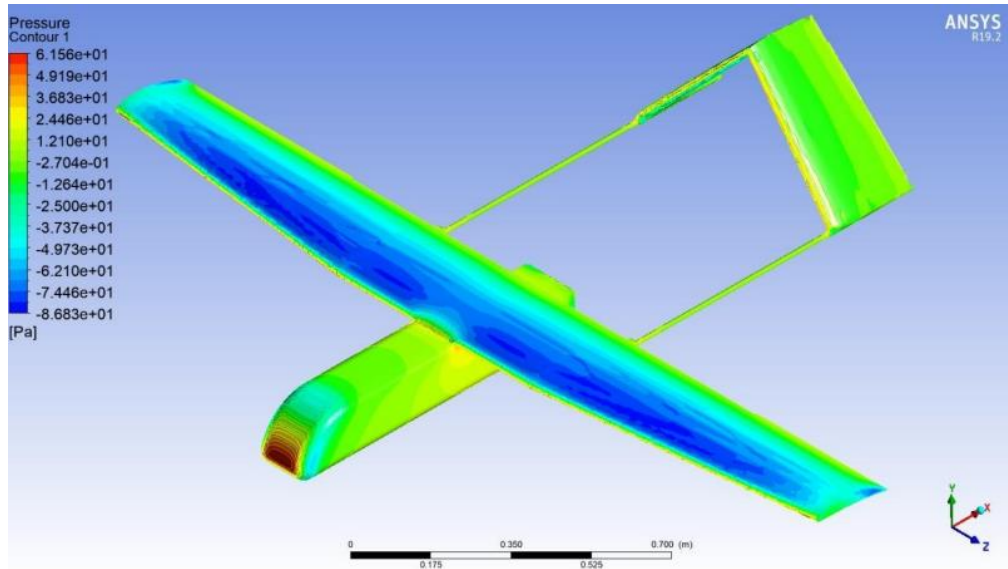
Şekil 3.3.2. Kanat geometrisi ve alanı

**Açıklık oranı:**  $AR = \frac{b^2}{S}$   $AR=2.2^2 / 0.576 = 3.8194$

**Sivrilme oranı:**  $\lambda = C_t/C_r$   $\lambda=0.22/0.32=0.6875$

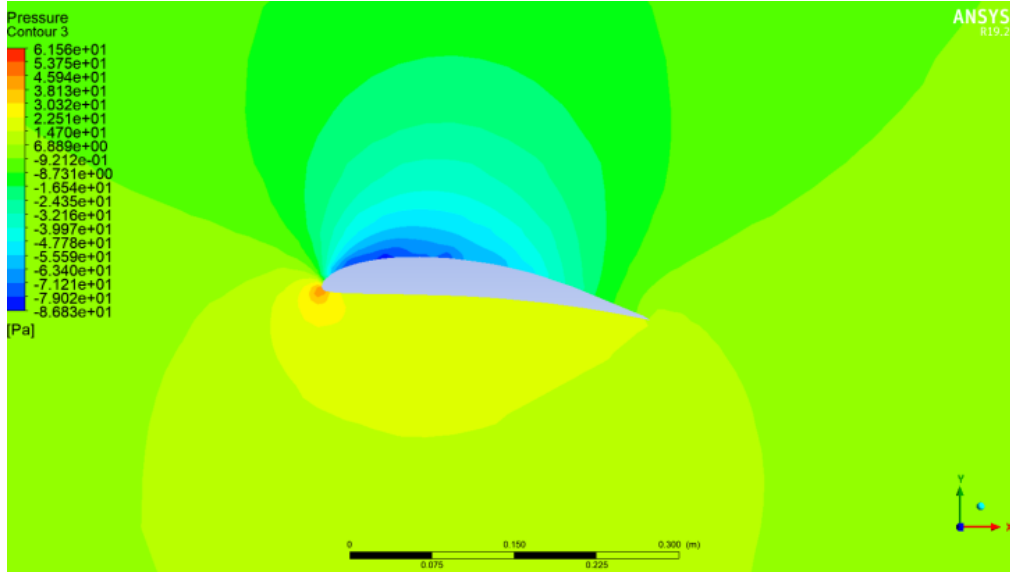
Hava aracımızın aerodinamik hesaplamaları ile analizleri ANSYS Fluent uygulamasıyla yapılmıştır. Analizlerde hava aracımızın 12 m/s seyir hızı şartları kullanılmıştır. Yarışmanın yapılacağı Samsun ilinin ağustos ayı hava tahmin raporları incelenmiş ve analizlerimizin çözüm kısmında sıcaklık 297K olarak kullanılmıştır. İHA analizi basınç değerleri incelendiğinde üst kısmında düşük, alt kısmında yüksek basınç olduğu görülmüştür. Bu durum DAE-31 kanat profili hücum açısının doğru seçildiğini ve taşıma kuvvetinin yeterli seviye de oluştuğunu kanıtlamıştır.

Kuyruk profilinde NACA 0012 profili kullanılmıştır. Bu profil simetrik olduğu için 0° hücum açısında taşıma kuvveti oluşturmamaktadır. Hava aracının taşıma kuvveti analiz sonuçları değerlendirildiğinde kanatın üzerinde oluşacak şekilde ayarlanmıştır.



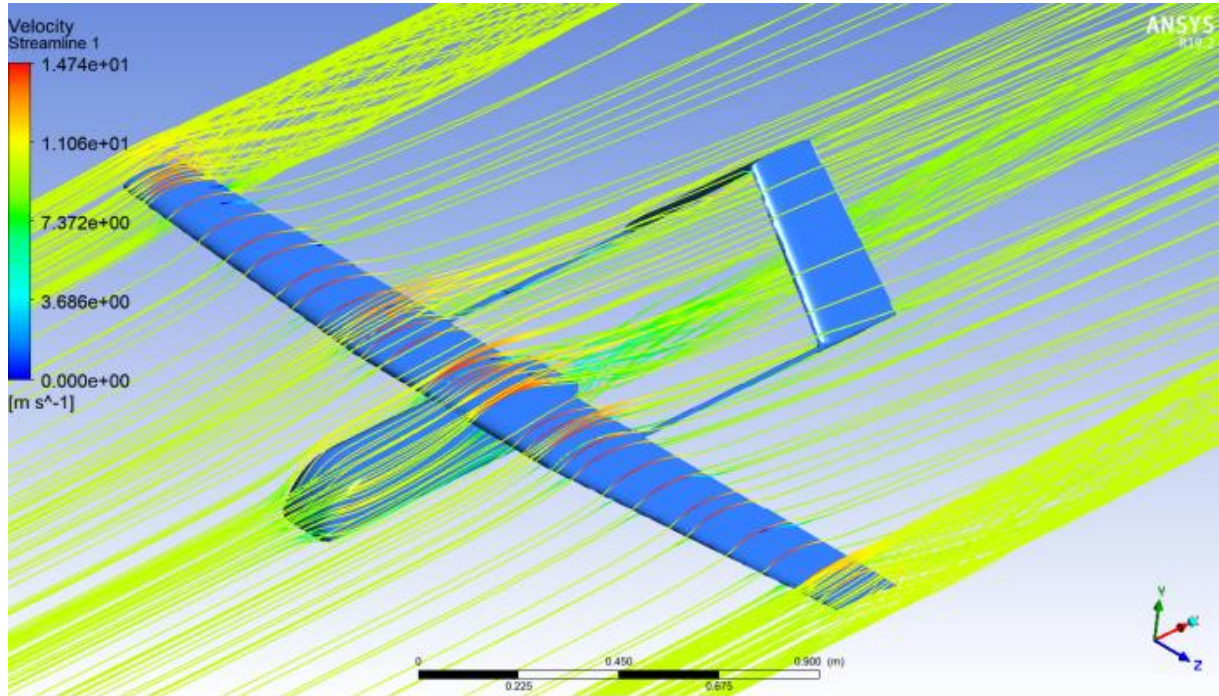
Şekil 3.3.3. İHA üzerine etkiyen basınçların ANSYS Fluent programında görüntülenmesi

Taşıma kuvveti seyir hızında 38.76 N, sürüklenme kuvveti ise 3.526 N olarak tespit edilmiştir. Elde ettiğimiz analiz sonuçları ile gerçek uçuştaki değerler yan yana getirildiğinde de doğru oldukları görülmüştür.



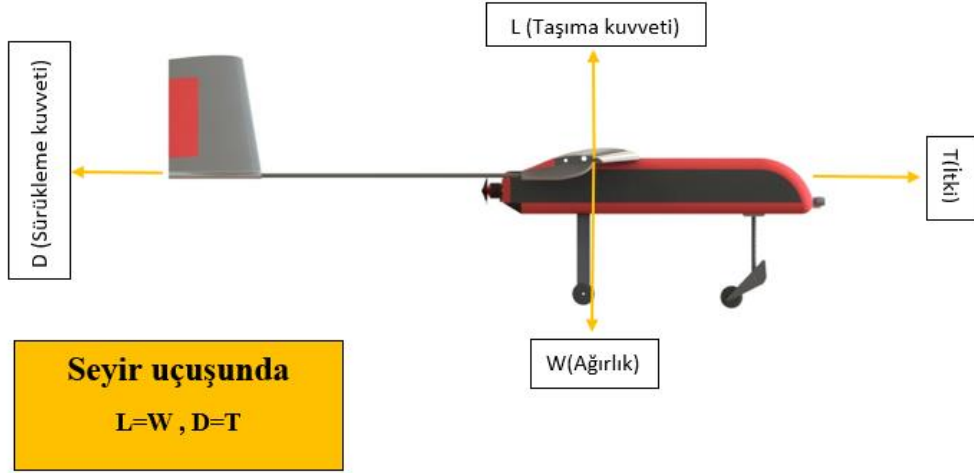
**Şekil 3.3.4.** DAE-31 kanat profili üzerine etkiyen basınç konturunun görüntülenmesi

Tasarladığımız ters V kuyruk tipi gövdeden gelen bozulmuş havaya maruz kalmadığı için avantajlı olduğu gözlemlenmiştir. Hız ve basınç ters orantılıdır. Bu durum hava aracının analizlerinde de görüldüğü üzere; hızın yüksek olduğu yerde basıncın düşük olması, basıncın düşük yerlerde hızın düşük olması ile kanıtlanır. Bernoulli ilkesi ile kanatın kaldırma kuvveti açıklanır.



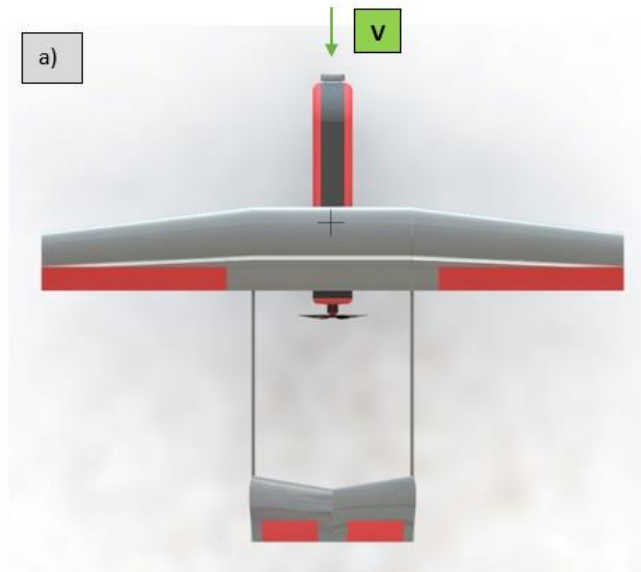
**Şekil 3.3.5.** İHA üzerine etkiyen akım çizgilerinin Ansys Fluent programında görüntülenmesi

İnsansız hava aracının kararlılığını sağlamak için yapılan tasarımdaki ağırlık merkezi çevresindeki momentler sıfırdır. Uçuş esansında stabil bir şekil seyir uçuşu gerçekleştirmesi için ağırlık ve taşıma kuvveti 10.28 m/s hızında eşit bulunmuştur. Elevatör ve rudderlarda kullanmış olduğumuz NACA 0012 kanat profilleri simetrik özelliği göstermesinin yanında insansız hava aracının 0 (derece) hücum açısında taşıma kuvveti bulundurmadığı için uçuş stabilitesini etkilemeyecektir.

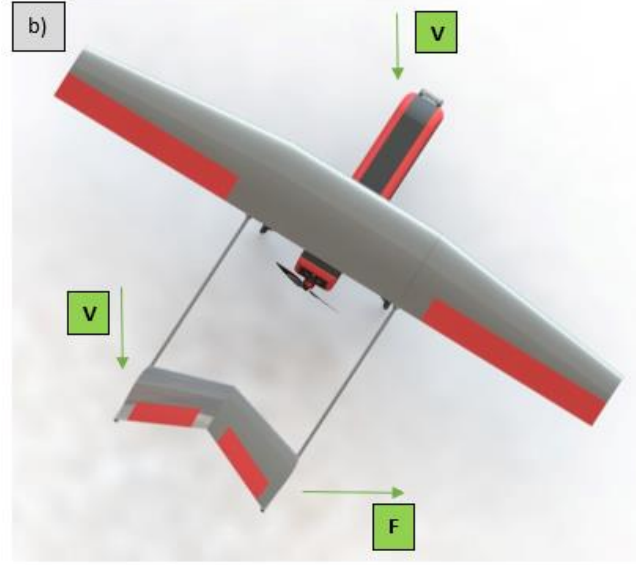


**Şekil 3.3.7.** İnsansız hava aracı üzerinde kuvvet analizine ait temsili çizim

Statik kararlılığı sağlamak için rudderda simetrik kanat profili kullanılmış olup serbest hava akımına göre Şekil 13.a'da 0 hücum açısında olup herhangi bir aerodinamik kuvvete maruz değildir. İnsansız hava aracının Şekil 13.b'de görüldüğü gibi hızın İHA'nın üzerine herhangi bir açı ile gelmesi durumunda ani hareketle sağa doğru saptığını göz önüne alırsak rudder belli bir hücum açısına sahip olup  $V$  hızına dik bir şekilde  $F$  kuvvetine maruz kalmaktadır. Maruz kaldığı bu kuvvet İHA'nın ağırlık merkezi çevresinde eski denge pozisyonuna döndürmeye çalışan düzeltmeye yönelik sapma momenti oluşturur.

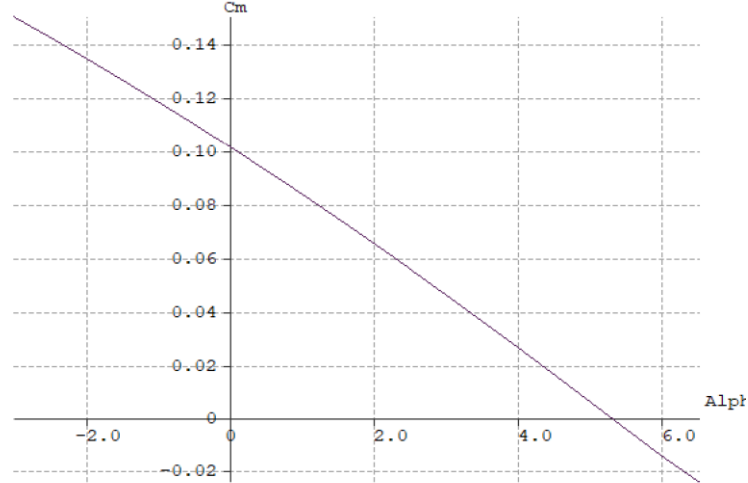






**Şekil 3.3.8.** Ters V kuyruğun yönsel kararlılığa etkisi a) Sapma yok. b) Sağa sapma

İnsansız hava aracının moment katsayısının farklı çeşitli hücum açıları üzerindeki değişimi hesapladığımız değere göre belirlenen 12 m/s seyir uçuşu hızında yapılmıştır. Grafikte görüldüğü gibi moment katsayısı eğrisinin eğimi negatif değerde olup hücum açısı değeri makul uçuş aralığı dahilindedir. Bu sebeple tasarladığımız insansız hava aracının statik kararlı ve boylamasına dengede olduğu gözlemlenmiştir.



**Şekil 3.3.9.** Boylamasına statik kararlılık

### 3.3.2 İtme sistemi

Motor tercihi yapılırken insansız hava aracının sürtünmesi, uçuş hızındaki gerekli itme kuvveti ve itme/güç tüketimi değerleri göz önünde bulundurulur. Bu doğrultu da sistemdeki kullanım kolaylığı ve bakım kolaylığı avantajları düşünülerek fırçasız DC motor seçimi yapılmıştır.

Hava aracımızın ağırlığı 4 kg olarak düşünülmüştür ve motor seçiminin ilk parametresi olarak itki/ağırlık oranının 0.5 üzerine çıkarılması olarak belirlenmiştir.

Kullanacağımız pervanenin itki hesabı yapılırken kullanılan formül;

$$T=c_t\rho n^2D^4$$

Tercih edilecek olan motorun 14\*7 inch pervane boyutunu destekleyen, 5000-7000 RPM civarında verimli bir motor olmasına dikkat edilmelidir. Hesaplamalara bakıldığında kaldırma kuvvetinin gereksinimi hıza bağlı olarak 9-12 N arasında değişmektedir. Tüm bu şartlar göz önünde bulundurularak T-MOTOR AT3520 720KV motor tercihi yapılmış, hava aracımıza gerekli itki sağlanmıştır.

### 3.4. Hava Aracının Üç Boyutlu Tasarımı

Üç boyutlu tasarımı aşağıda verilen insansız hava aracı 2200 mm kanat açıklığına ve 1735 mm boy uzunluğuna sahiptir. Üstten kanatlı bir tasarıma sahip insansız hava aracında kanat profili olarak DAE-31 kullanılmış olup 320 mm giriş, 220 mm uç veter uzunluğuna sahiptir. Kuyruk kısmında ters V kuyruk tipi kullanılmış olup kanat profili olarak ise simetrik olan NACA-0012 kanat profili tercih edilmiştir. İç açısı 90° olarak belirlenen kuyruk, 250 mm giriş, 200 mm çıkış veter uzunluğuna sahiptir.

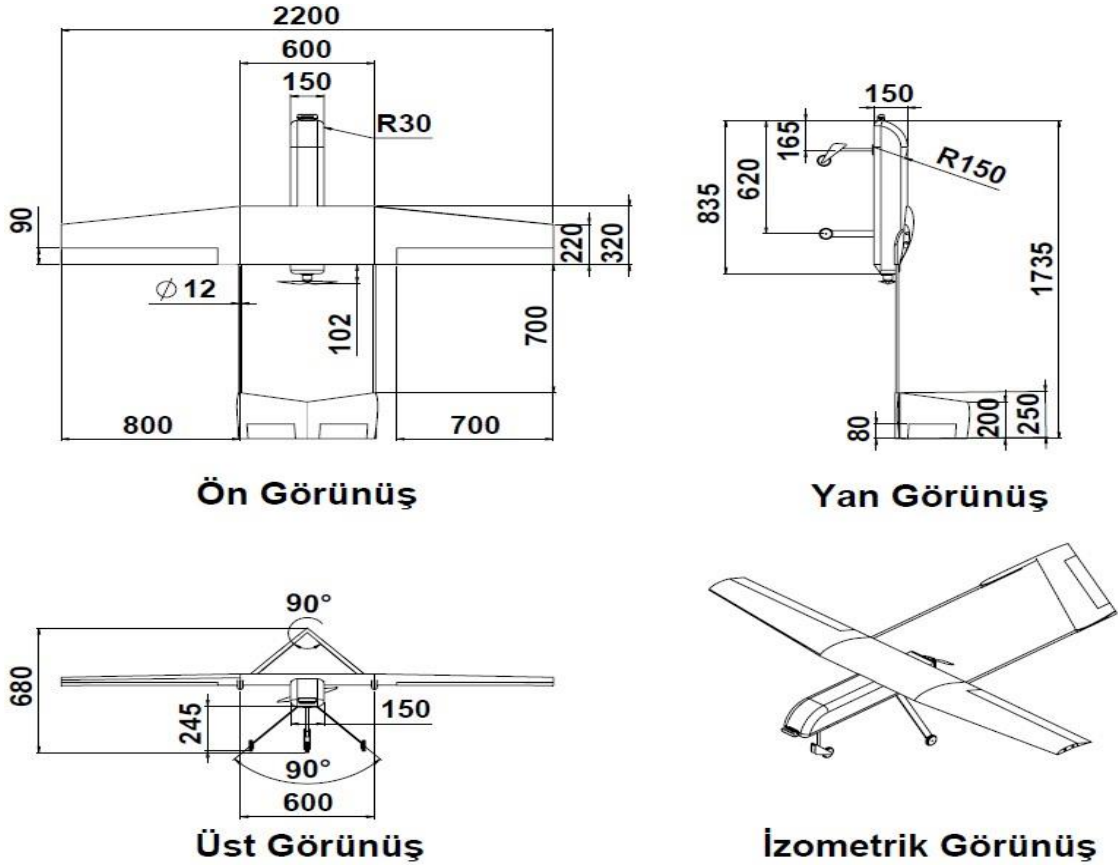






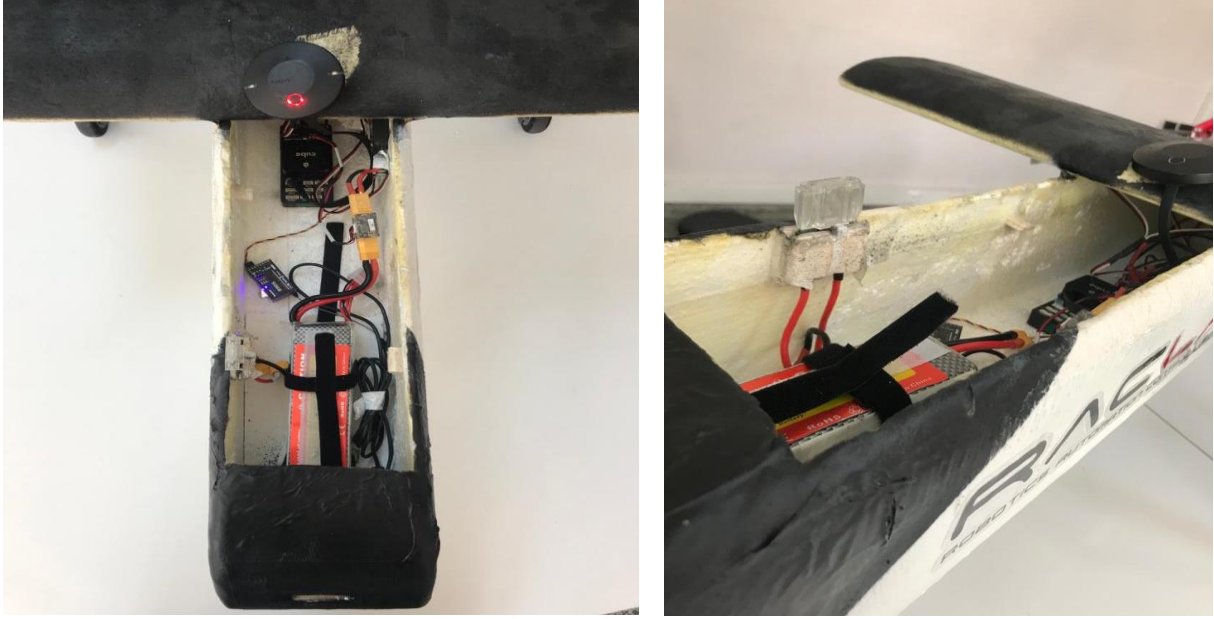


Şekil 3.4.1 İnsansız hava aracının üç boyutlu tasarımı



Şekil 3.4.2 Hava aracının boyutlandırılması (mm)

Araç içi sistemlerin, güvenlik kapsamında yerleştirilen sigortanın konumu ve elektronik parçaların gövde üzerindeki konumu aşağıdaki şekilde verilmiştir. Üretimi tamamlanan ve bütün parçaları tedarik edilen hava aracının uçuş testleri ve geliştirmeleri devam etmektedir.



Şekil 3.4.3 Gövde içi elektronik konumlandırma planı

Gövdenin burun kısmına bir kamera konumlandırılmıştır. Güvenlik tedbiri dolayısıyla kolay erişilebilmesi için sigorta gövdenin sağ tarafında, LiPO pil ile aynı hizaya yerleştirilmiştir. Üretimi ve uçuş testleri tamamlanan hava aracının fotoğrafları aşağıda verilmiştir.



Şekil 3.4.5 Üretimi tamamlanan insansız hava aracı

### 3.5. Hava Aracı Ağırlık Dağılımı

Bu bölümde, hava aracının alt sistem seviyesinde ağırlık dağılımı verilecektir. (Tüm alt parçaların ağırlıkları ve seçilen referans noktasına göre konumları belirtilmelidir. Ayrıca İHA'nın kanat ucuna göre ağırlık merkezi verilmelidir.)

**Tablo 3.5.1** Kullanılacak Malzeme Adet / Ağırlık

Numara	Parça Adı	Ağırlık (gram)	Adet	Toplam Ağırlık
1	Kanat	290	2	580
2	Kuyruk	168	1	168
3	Gövde	693	1	693
4	Ön iniş takımı	57	1	57
5	Arka iniş takımı	201	1	201
6	Kuyruk karbon boru	52	2	104
7	Tekerlek	20	3	60
8	LiPO	791	1	791
9	AT3520 720KV Motor	341	1	341
10	ESC Modeli	63	1	63
11	Servo motor	9	4	36
12	Pixhawk Cube Orange	75	1	75
13	Here3 GPS	49	1	49
14	Jetson Nano	140	1	140
15	Logitech C920	285,5	1	285,5
16	Bullet M2 Wi-fi	180	1	180
17	RFD900	14,5	1	14,5
18	Pololu 5V/5A BEC	3	1	3
<b>Toplam</b>				<b>3841</b>

Numara	Parça Adı	Ağırlık	X Koordinatı	Y Koordinatı	Z Koordinatı	X Moment	Y Moment	Z Moment
1	LİPO	791	0	-128	200	0	-101248	158200

SAVAŞAN İHA YARIŞMASI 2022

2	AT3520 720KV Motor	341	0	-95	-273	0	-13300	-38220
3	ESC	63	55	-110	188	3465	-6930	11844
4	Aileron Servo Motor	9	750	0	-72	6750	0	-648
5	Aileron Servo Motor	9	-750	0	-72	-6750	0	-648
6	V Tail Servo Motor	9	155	92	-1041	1395	828	-9369
7	V Tail Servo Motor	9	-155	92	-1041	-1395	828	-9369
8	Pixhawk Cube Orange	75	0	-110	188	0	-8250	14100
9	Here3 GPS	49	0	17	54	0	833	2646
10	Jetson Nano	140	0	-128	0	0	-17920	0
11	Logitech h C920	285,5	0	-112	572	0	-34496	176176
12	Bullet M2 Wi- Fi	180	0	-128	-106	0	-23040	-19080
13	RFD900	14,5	22	-125	120	319	-1812,5	1740
14	Pololu 5V/5A BEC	3	55	-110	271	165	-330	813
15	Sigorta	60	-55	-54	377	-3300	-3240	22620
16	R9DS Alicı	12	-25	-125	120	-300	-1500	1440
17	Gövde	693	0	-75	157	0	-51975	108801
18	Sağ kanat	268	-637	0	-39	- 170716	0	-10452

## SAVAŞAN İHA YARIŞMASI 2022

19	Sol Kanat	257	637	0	-39	163709	0	-10023
20	Kuyruk	166	0		-1017	0	0	-168822
21	Ön iniş takımı	50	0	-294	390	0	-14700	19500
22	Arka İniş takımı	241	0	-310	-130	0	-74710	-31330
23	Kuyruk boruları	104	0	-54	-562	0	-5616	-58448

24	Pervane	47	0	-95	-314	0	-4465	-14758
						X	Y	Z
	Toplam	3876				Ağırlık Merkezi	Ağırlık Merkezi	Ağırlık Merkezi
						-1,800676133	-97,64530088	39,67897228

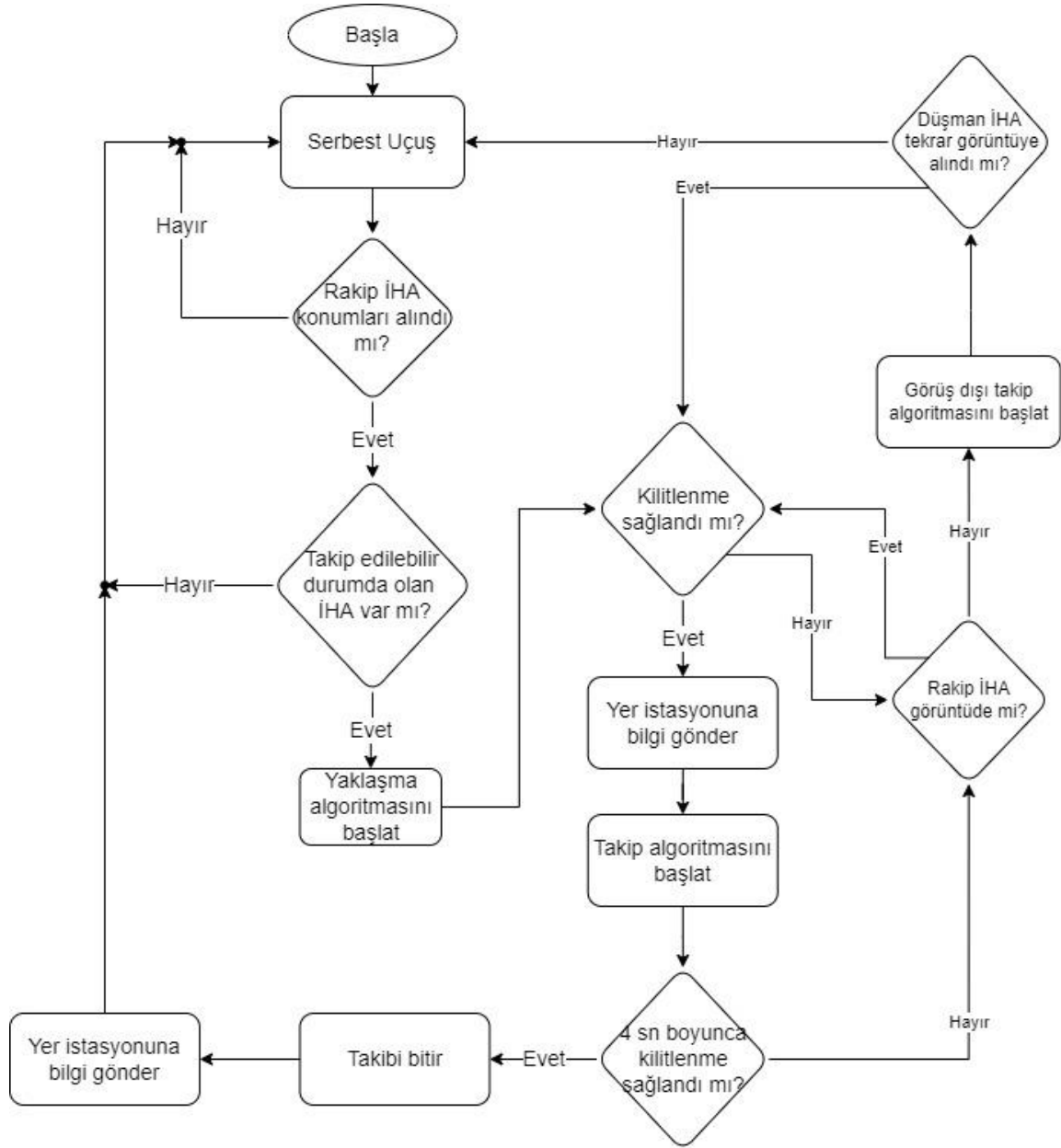
Tablo sonuçlarına göre referans noktası kanat profilinin 1/3'ü olacak şekilde alınan sistemin ağırlık merkezi X ekseninde 1.8mm, Y ekseninde 97 mm, Z ekseninde 39 mm olarak çıkmaktadır. Tasarlanan sabit kanatlı insansız hava aracının ağırlık merkezi kanadın veter uzunluğunun 1/3 ve 1/4'ü aralığında alınması ile oluşan kaldırma kuvveti açısından uygun görülmektedir. X, Y, Z koordinat eksenleri ve referans noktası Şekil 3.5.1'de görülebilir.

### 4. OTONOM GÖREVLER

#### 4.1. Otonom Kilitlenme

Otonom kilitlenme algoritması ön tasarım raporunda kurgulanan sistemin geliştirilmiş algoritması olarak devam etmektedir. Buna göre;

QR kodlara ve İHA'lara kilitlenmek için sunucudan alınan verilerle kameradan alınan görüntülerin birlikte kullanıldığı iki aşamalı bir sistem tasarlanmıştır. İlk aşamada sunucudan alınan verilerin uçuş düzlemine göre ve uzaklığına göre takibe uygunluğuna karar verilmesi sağlanmaktadır. Uygunluk durumundaki konuma otonom sürüş gerçekleştirip görüntü verilerini kullanarak İHA'nın hedefe kilitlenmesi sağlanacaktır. İkinci aşamada yapay zeka destekli algılama sistemi herhangi bir insansız hava aracının görüş alanında olup kilitlenmeye uygun olup olmayacağına karar verecektir. Bu sistem için tasarlanan algoritmanın akış şeması **Şekil 4.1.1**'de verilmiştir.



Şekil 4.1.1. Hareketli hedef takip ve kilitlenme algoritması

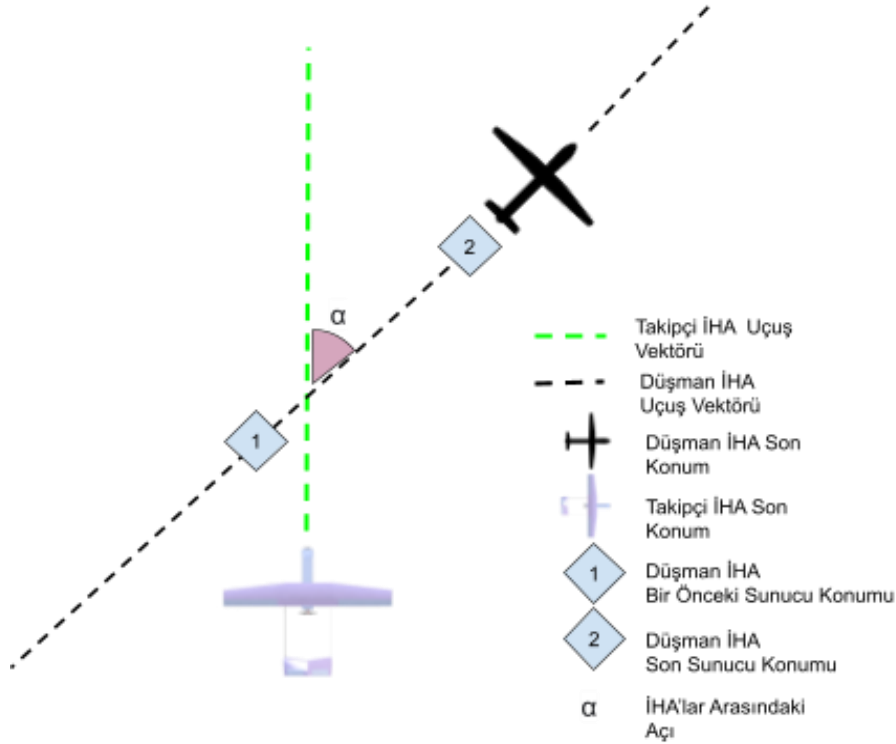
#### 4.1.2. Uçuş Düzlemi Kontrol Algoritması

Otonom kilitlenme algoritmasında birinci aşamayı oluşturan bu uçuş kontrol algoritmasında İHA'mız, verileri kendi bilgisayarları sayesinde işlemekte ve otomatik olarak karar vermektedir.

Yer kontrol istasyonu tarafından iletilen uçuş verileri uçuş bilgisayarı tarafından kayıt altına alınmakta ve her düşman İHA'nın bir önceki konumuna göre üç boyutlu uzayda ilerleme doğrultusu oluşturulmaktadır. Üç boyutlu uzayı oluşturduktan sonra düşman İHA'larla arasındaki açıyı hesaplar sonrasında, eğer açı, dönüş ekseninde 30 derece ve yükselti ekseninde 15 derece veya daha altında kalır ise son gelen veriye göre uzaklığını kontrol etmektedir.

Hesaplanan iki parametrede istenilen değerler veya daha altında olduğu durumda sistem yaklaşma algoritmasına başlamaktadır.



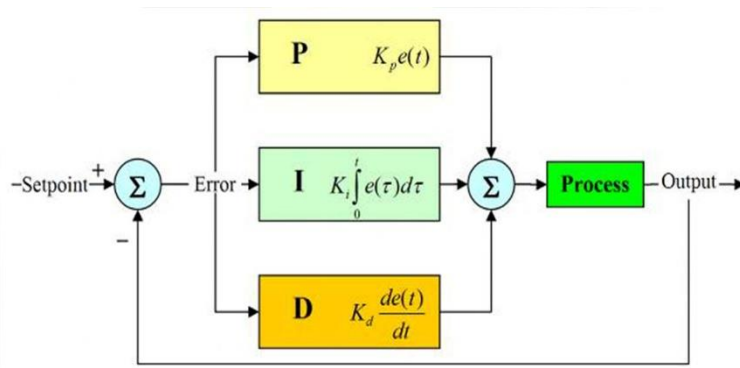


Şekil 4.1.2. Uçuş Düzlemi Kontrol Algoritması Görselleştirilmesi

#### 4.1.3. Yaklaşma algoritması

Uçuş düzlem kontrol algoritması veya görüntü üzerinden İHA tespiti yapılırken çalışan algoritmadır. Algoritma aktif hale geldiğinde insansız hava aracı, takip ettiği düşman İHA'nın kendi konumuna ve açılarına göre hareket etmeye başlamaktadır.

İki insansız hava aracı arasında var olan açı farkı, oluşturulan kontrol algoritmaları ile uçuş kontrol bilgisayarına hareket kontrolü olarak iletilmektedir.

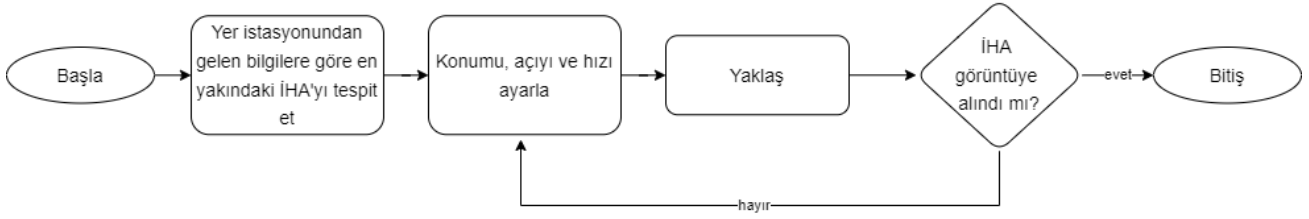


Şekil 4.1.3.1 Yaklaşma Yapısı PID Kontrolcüsü

Hesaplanmış dönüş ve yükselti eksenindeki hatalar PID kontrolör ile kontrol edilmekte ve sistem bilgisayarı tarafından uçuş kontrolcüsüne aktarılmaktadır.

Yaklaşma algoritması için tasarlanan algoritmanın akış şeması Şekil 4.1.3.2'de verilmiştir.



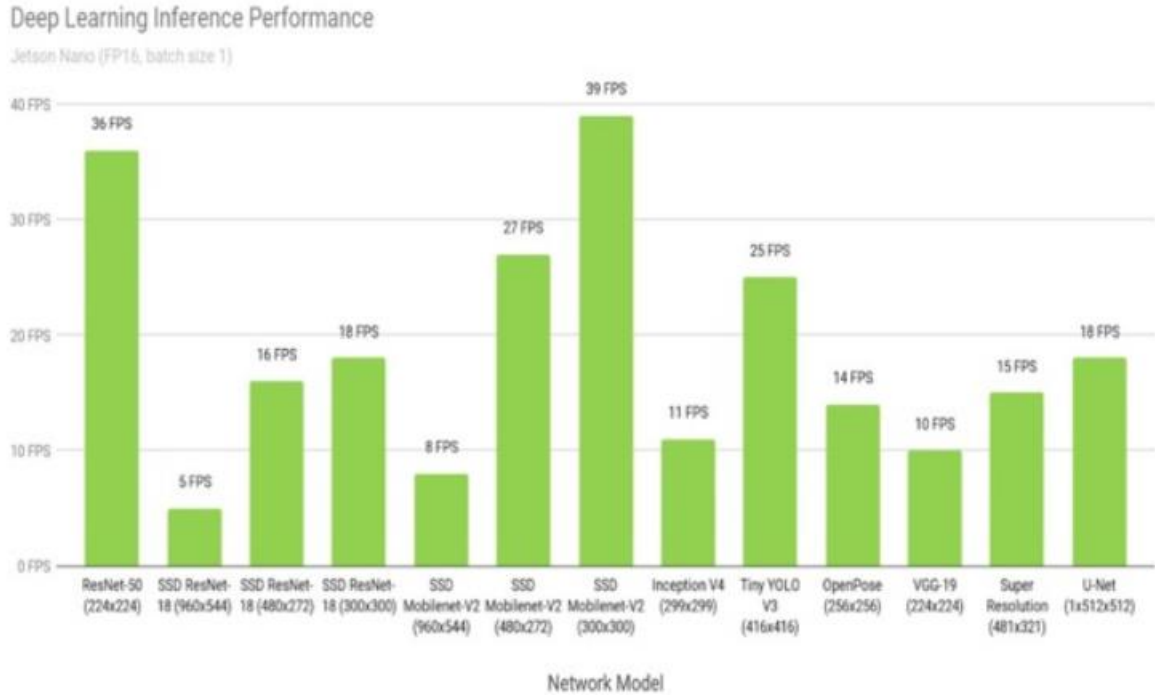


Şekil 4.1.3.2 Yaklaşma Algoritması

#### 4.1.4. Obje Tespiti

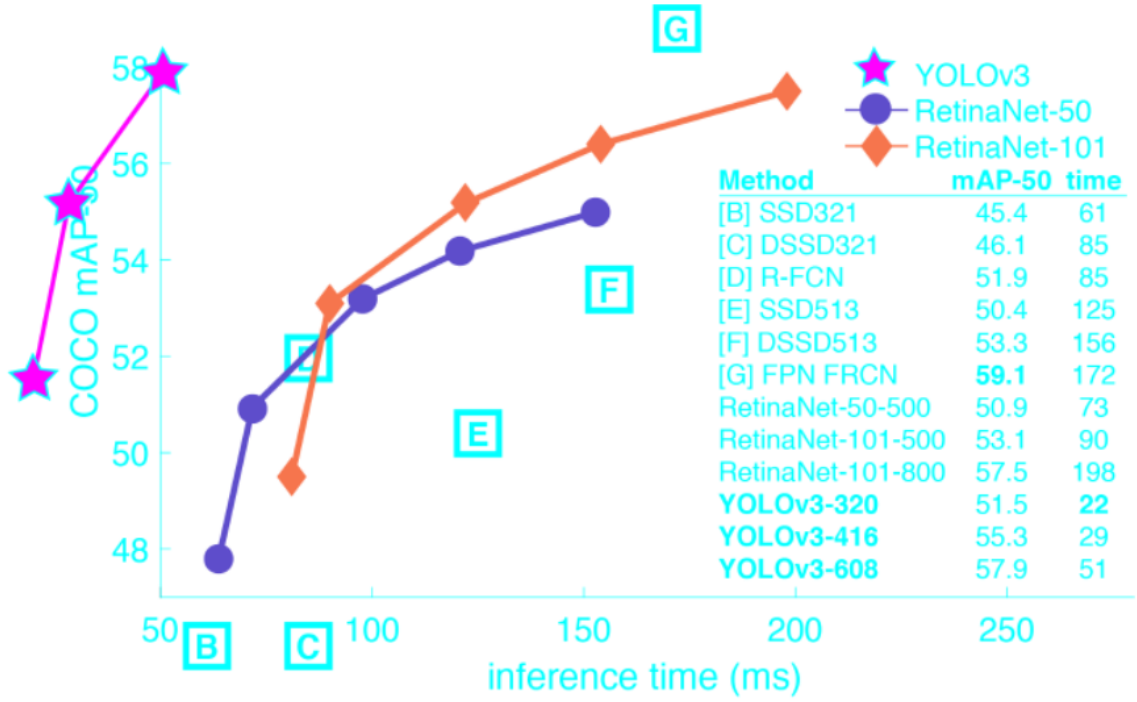
Obje tespiti İHA'nın yaklaşma sırasında kameradan algılanan düşman İHA'nın tanınması ve takibe başlaması için kullanılacak yapıdır.

Derin öğrenme alt yapısı için kullanılması planlanan model seçimi yüksek FPS ve doğruluk oranı göz önünde bulundurularak seçilmiştir. Obje tespiti modelleri arasından Şekil 4.1.4.1'de de verilen ResNet-50, SSD ResNet, SSD Mobilenet-V2, Inception V4, Tiny YOLO V3, OpenPose, VGG-19, Super Resolution, U-Net modellerinin NVIDIA firmasının Jetson Nano üzerinde testler gerçekleştirmiştir. Bu test sonuçları göz önüne alındığında yüksek çözünürlük gereksinimi olan kısımlarda SSD Mobilenet-V2 ve Tiny YOLO V3 FPS bakımından diğer Network modellere göre daha iyi sonuç vermektedir. Yarışmada kendi obje tespit eğitimini gerçekleştirmek üzere Tiny YOLO V3 kullanılacaktır.



Şekil 4.1.4.1. NVIDIA Jetson Derin Öğrenme Testleri

Kullanacağımız algoritmayı seçerken göz önünde bulundurduğumuz diğer kriterlerden biri de hızlı olmasıydı. YOLO algoritmasından daha iyi tahmin yapabilen algoritmalar vardı fakat temel sorun yavaş olmalarıydı bu yüzden daha hızlı olan YOLO algoritmasını seçtik. Bir diğer seçme nedenimiz ise YOLO'yu diğerlerinden ayıran en önemli özellik olan gerçek zamanlı nesne tespiti yapabilmesiydi.



Şekil 4.1.4.2.

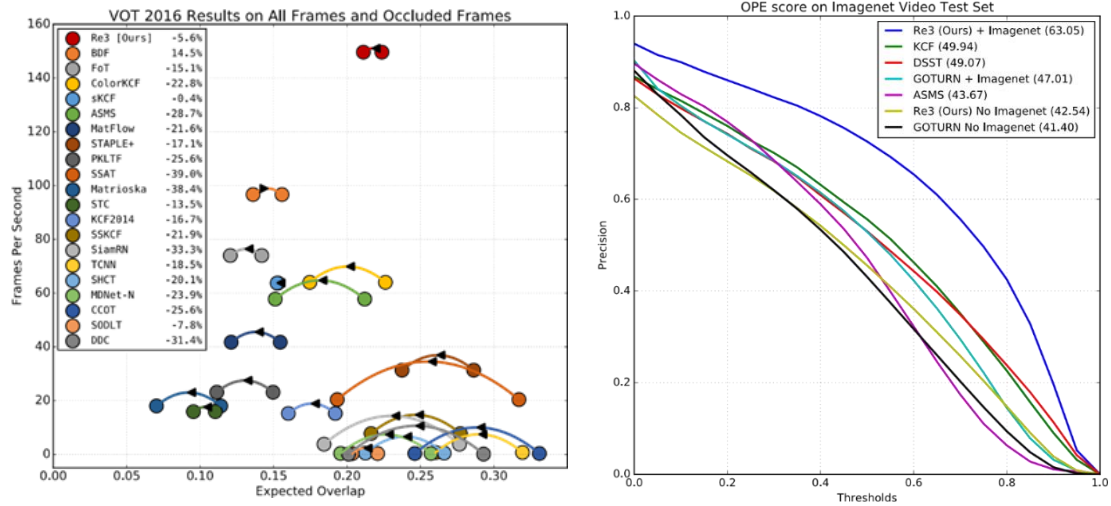
YOLO V3 ve diğer algoritmaların COCO veri setinde 0.5 IoU (mAP-50) ile karşılaştırmasını Şekil 4.1.4.2.'de görülmektedir. Grafikten de anlaşılacağı üzere YOLO rakiplerine karşı süre ve doğruluk açısından çok iyi durumda. Ayrıca istersek doğruluk ve hız arasında rahatlıkla takas yapabiliyoruz.

YOLO'nun bu kadar hızlı tahminler yaparken aynı zamanda çok iyi sonuçlar vermesinin nedeni, resmi tek bir seferde nöral ağdan geçirerek resimdeki tüm nesnelerin sınıfını ve koordinatlarını tahmin edebiliyor olmasıdır. Yani bu tahmin işleminin temeli, nesne tespitini tek bir regresyon problemi olarak ele almalarında yatmaktadır. Bu yüzden projemiz için en uygun tercih YOLO algoritması olmuştur.

#### 4.1.5. Nesne Takip Algoritması

Nesne takip algoritmaları görüntü üzerindeki değişimleri çok yüksek hızda takip edebilmektedir. Bu özellikleri sayesinde kilitlenme algoritmasında derin öğrenme ile tespit edilen insansız hava aracını nesne takip algoritması ile takip edilmeye devam edilecektir.

Nesne takip algoritması için yapılan literatür taramasında Şekil 4.1.5.'de sunulan karşılaştırma sonuçları baz alınarak Gerçek Zamanlı Tekrarlayan Regresyon (Real-Time Recurrent Regression (Re3)) kullanılmasına karar verilmiştir.



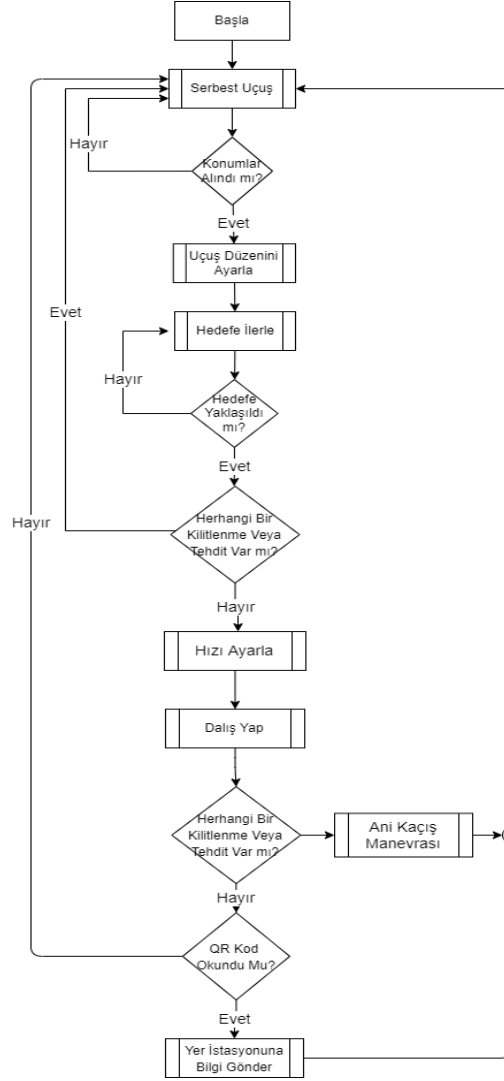
Şekil 4.1.5. a) Nesne Takip Algoritmaları FPS ve Overlap Karşılaştırması b) Doğruluk Karşılaştırması

#### 4.1.6. Görüş Dışı Nesne Takip

Görüş dışı nesne takibi, takip edilen İHA'nın görüş alanından çıkması durumunda takibe devam edebilmek için İHA'nın görüntü üzerinde görüldüğü son konumdan yaralanarak İHA'yı tekrar görüntüye almaya çalışmakta, eğer yeterli süre içerisinde tekrar görüş alanına alınamazsa derin öğrenme bazlı sisteme dönmektedir.

#### 4.2. Kamikaze Görevi

İHA'nın kamikaze görevini gerçekleştirmesi için QR kodun bize önceden verilen konumuna otonom uçuş gerçekleştirilecektir. QR koda dalış yapabilecek kadar yaklaşıldığında İHA herhangi bir tehdit altında değilse hızını yeterli seviyeye düşürecek ve QR koda doğru bir dalış gerçekleştirecektir. Dalış sırasında QR kodla arasındaki mesafeyi ve olası düşman İHA tehdidini kontrol edecek eğer kendisine kilitlenmeye çalışan bir İHA tespit ederse ani kaçış manevrası uygulayacaktır. Eğer herhangi bir tehdit yoksa yere 3 metre mesafe kalana kadar dalışa devam edecek ve QR kodu okuyacaktır. Eğer QR kodu okuyamadıysa tekrar yükselerek serbest uçuş moduna geçecektir. QR kod okunduysa QR kodun içerisindeki şifreyi yer istasyonuna gönderecektir.



Şekil 4.2.1 Kamikaze Görev Algoritması

QR kodu tanıma ve çözümleme için Python ve OpenCV kullanılacaktır. QR kodu tanıma ve çözümleme şu şekildedir;

QR Kodunu tespit etmek ve çözmek için kullanacağımız QRCodeDetector sınıfında bir nesne oluşturulacaktır.

QR Kod tespit edilmek istendiğinde görüntüyü girdi olarak geçirerek bu nesnedeki detectAndDecode yöntemini çağırılacaktır. Bu yöntem, bir dizi değeri aşağıdaki sırayla döndürür:

- Çözülmüş metin [1]. QR Kodu bulunamazsa boş bir dizedir.
- Bulunan QR kodunun köşe noktalarının çıktı dizisi. Bulunmazsa boş olacaktır [1].

Resimde QR Kodunun bulunmadığı durumlar olabileceğinden, iade edilen noktalar kontrol edilecektir. Nokta yoksa, görüntüde QR Kodu bulunamadı demektir. Eğer görüntüde bir QR kodu tespit edilirse detectAndDecode yöntemi tarafından döndürülen köşe dizisini kullanarak, onu sınırlandıran çizgiler çizilecektir. Bu yöntemde sadece dizinin uzunluğunu elde edilecek ve her bir köşe tarafından tekrarlanacak, hemen sonraya bağlanacaktır. Bu sayede QR'ın çerçevesini çizdikten sonra kodu çözülen metni yer istasyonuna gönderecektir.

## 5. YER İSTASYONU VE HABERLEŞME

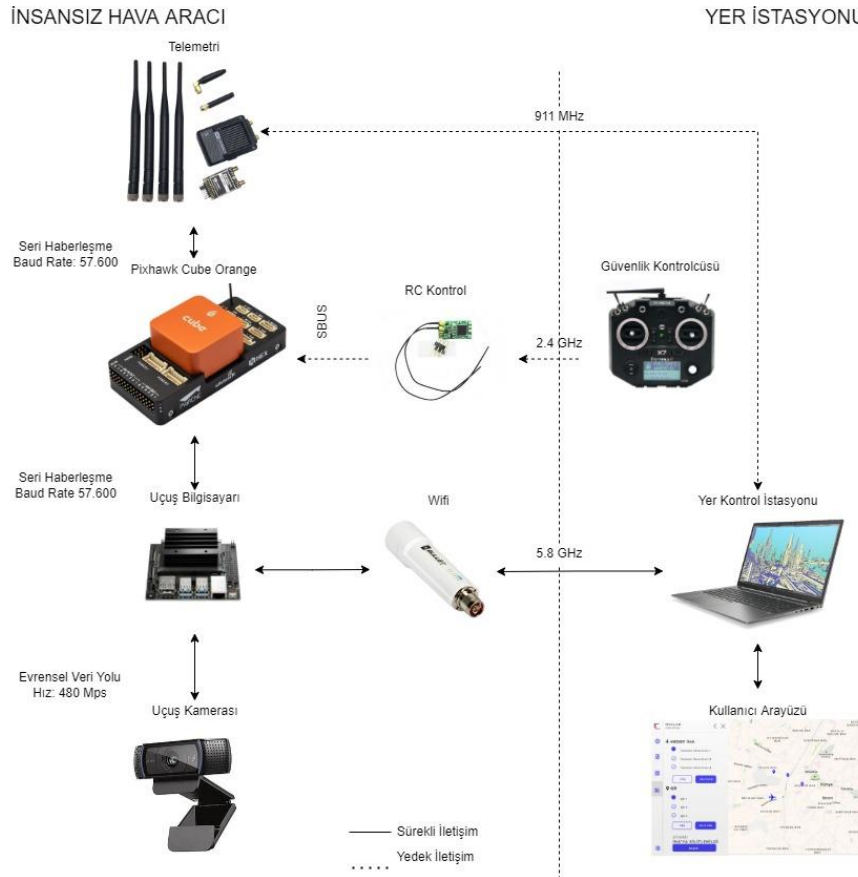
### 5.1 Yer Kontrol İstasyonunun Donanımsal ve Yazılımsal Bileşenleri

Yer kontrol istasyonu bir bilgisayar, telemetri, görüntü aktarma alıcısı ve RC kumanda içermektedir. Yer kontrol istasyonu bilgisayarı olarak yer kontrol yazılımının çalıştırılacağı bir dizüstü bilgisayar kullanılacaktır. İHA'nın manuel modunda kontrol edilmesini sağlamak için pilot tarafından kullanılmak üzere 2.4 GHz haberleşme frekansında çalışan 24 kanallı FrSky QX7 Plus uzaktan kumanda kullanılacaktır. Telemetri olarak 915-928 MHz frekans aralığında çalışan RFD900 telemetri modülü kullanılacaktır. Yer istasyonundan İHA bilgisayarına bağlı olan kameradan uçuş durumunu izlemek ve yarışma sunucusuna gerçek zamanlı görüntü aktarımı yapabilmek için seçilen uzak mesafe Wi-fi iletişim teknolojisi, Ubiquiti Bullet M5-HP 5 GHz High Power AP dış mekan access point cihazı seçilmiştir.

### 5.2 Haberleşme Sistemi

İHA ile gerçekleştirilen çift yönlü iletişim yer kontrol istasyonu bilgisayarının, USB portuna bağlanmış telemetri ile sağlanacaktır. Haberleşme için MAVLink protokolünü kullanılmaktadır. HD video çıkışı WI-FI ile RTSP (Real Time Streaming Protocol) kullanılarak sağlanacaktır.

İnsansız hava aracı ile iletişim sağlamak için kablosuz haberleşme teknolojileri kullanır. Tasarımında birden fazla band genişliği ile iletişim ağları kullanarak sistemin iletişim bütünlüğünün sağlanması ve acil durumlarda yedek sistemlerin aktif olması sağlanmıştır.



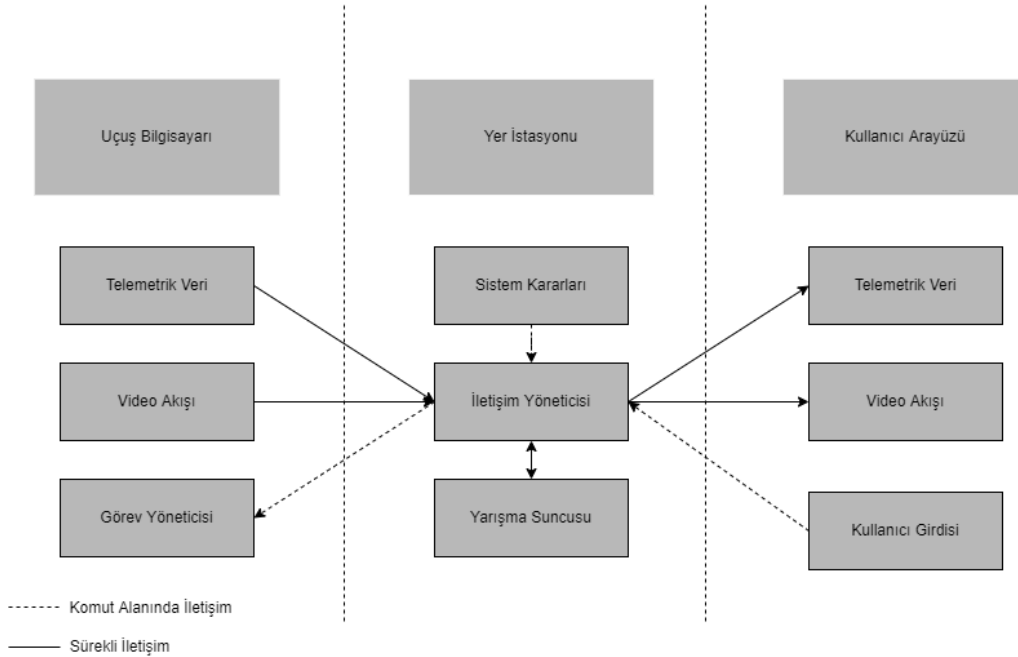
**Çizim 5.2.1. İletişim Protokolleri ve Hızları**

İHA, Çizim 5.2.1.'de görüldüğü gibi 3 farklı kablosuz iletişim bandında yer kontrol istasyonu ile iletişim kurmaktadır. Yüksek veri hızı ve düşük gecikme sağladığı için ana iletişim protokolü olarak 5.8 GHz kablosuz iletişim bandı seçilmiştir. 5.8 GHz ana iletişim modülünde hata olması durumunda İHA 911 MHz telemetri modülünü kullanarak yedek iletişim protokolüne geçiş yapmaktadır. Acil durumlarda ihayı manuel olarak kontrol edebilmek için 2.4 GHz bandındaki RC kumanda kullanılmaktadır.

İnsansız hava aracı uçuş kontrolcüsü olarak kullandığı Pixhawk Otopilot Cube Orange kartındaki veriler seri haberleşme portu (TELEM1, TELEM2) üzerinden 57600 baud rate hızında uçuş bilgisayarına aktarılmaktadır. Kamera kontrolcüsü seri port(USB) üzerinden haberleşmekte ve alınan görüntüleri NVIDIA Jetson Nano uçuş bilgisayarına aktarmaktadır.

Alınan bilgiler uçuş bilgisayar tarafından işlenerek 5.8 GHz wifi iletişim internet protokolü (TCP/IP) üzerinden server-client (socket) yazılım yapısı kullanılarak yer kontrol istasyonuna aktarılmaktadır.

İHA ve yer kontrol istasyonu arasındaki veri transferleri herhangi bir gecikme oluşturmayacak şekilde iletilmektedir. İletişim altyapısının basitleştirilmiş bir şeması Çizim 5.2.2.'de yer almaktadır.



**Çizim 5.2.2. İletişim Şeması**

Sisteme ait kararlar ve kullanıcı girdileri iletişim yöneticisi tarafından anlamlandırıldıktan sonra uçuş bilgisayarına aktarılmaktadır. İletişim yöneticisi, iha sisteminden gelen verileri kullanıcı arayüzüne gecikme olmadan aktarmakta ve kaydetmektedir. Çift yönlü iletişimde iletişim yöneticisi, her iletişim için farklı bir kanal sistemi oluşturarak iletişimdeki gecikmeleri önlemektedir.

### 5.3 Haberleşme Sistem Elektronikleri

İnsansız hava aracı ile 3 farklı yoldan 3 farklı frekans bandı üzerinden iletişim kurulmaktadır. İHA Telemetri verilerinin aktarılacağı 911 MHz RFD900 telemetri, İHA Kamera görüntüsünde aktarılacağı ana iletişim modülü 5.8 GHz Ubiquiti Bullet M5-HP 5 GHz High Power AP ve acil durumlarda güvenlik pilotunun sistemin kontrolünü ele alması için 2.4 GHz frekansında çalışan FrSky QX7 Plus uzaktan kumanda kullanılacaktır.

#### 5.3.1 Long Range Wi-fi

Uçuş bilgisayarının uzaktan kontrolü (SSH), kilitlenme verilerinin ve görüntüsünün yer istasyonuna aktarılması amacıyla Ubiquiti Bullet M5-HP 5 GHz High Power AP cihazı seçilmiştir. Bu cihaz üzerinde 5.8 GHz wifi iletişim protokolü kullanılacaktır. Seçim yapılırken ağırlık, güç gereksinimi, besleme tipi ve çıkış gücü dikkate alınarak ve ülke içi temin, yasal uygunluk parametreleri ile uygunluğu seçim kriteri olarak ele alınmıştır. (Bkz. Tablo 5.3.1.)



Şekil 5.3.1. Ubiquiti Bullet M5-HP 5 GHz High Power AP

Tablo 5.3.1. Ubiquiti Bullet M5-HP 5 Ghz High Power AP Özellikleri

Bullet M5 Özellikleri	Parametreleri
Frekans	5.8 GHz
Çıkış Hızı	100+ Mbps
Anten Kazancı (Omni)	13 dBi
Ağırlık	130 gr

#### 5.3.2 Telemetri

İHA otopilotu ve yer istasyonu arasındaki haberleşmeyi sağlamak amacıyla MAVLink destekli, kullandığımız otopilot (Pixhawk Cube Orange) ile uyumlu, aktarım hızı ve band genişliği ayarlanabilen, uzak mesafelerde de etkili aktarım yapabilen RFD900 tercih edilmiştir. Bu kanal 915-928 MHz bandında çalışmaktadır ve sunduğu frekans atlamalı geniş spektrum (FHSS-Frequency Hopping Spread Spectrum) özelliği sayesinde aynı frekansta çalışan diğer cihazlarla girişimi ve veri kayıplarını engellemektedir. Kullanıcı tanımlı AES (Advanced Encryption Standard) şifreleme ile de aktarılan verilerin güvenliği büyük ölçüde sağlanmaktadır. Bu haberleşme kanalı aracın sağlık, konum, jiroskop, sensör ve kalibrasyon verilerini yer kontrol istasyonuna aktarmak için kullanılmaktadır. Ayrıca aracın yer

istasyonundan kontrolüne de olanak sunmaktadır. RFD900 hem yer hem de hava aracında 3 dBi yarım dalga dipol anten ile kullanılacaktır. Bu antenlerle RSSI (Received Signal Strength Indication) değerleri istenilen düzeyde tutularak, gürültü etkisi oldukça düşük değerlerde sağlıklı bir haberleşme sağlamıştır.

Telemetri iletişimi, uzun mesafe Wi-Fi iletişiminin kesildiği noktalarda yedek iletişim kanalı olarak kullanılmaktadır. Özellikleri bakımından 40 km üzerinde iletişim sağlayan RFD900 düşük güç tüketimi ve hafifliği ile insansız hava araçlarında kullanıma uygundur. (Bkz. Tablo 5.3.2.)



Şekil 5.3.2. RFD900 TXMOD Bundle

Tablo 5.3.2. RFD900 TXMOD Özellikleri

RFD900 TXMOD Bundle Özellikleri	Parametreleri
Frekans	915-928 MHz
Çıkış Hızı	64 kbit (varsayılan)
Anten Kazancı (Omni)	30 dBm
Ağırlık	14.5 gr

### 5.3.3 FrSky QX7 Plus Kumanda

Yarışma esnasında meydana gelebilecek acil durumlarda hava aracına gerekli manuel müdahalelerinin yapılması, otonom iniş/kalkış gibi uçuş modlarının pilot tarafından atanabilmesi için FrSky QX7 Plus kumanda ve hem bu kumanda hem de Pixhawk Cube Orange uçuş kontrol kartımız ile uyumlu FrSky XM+ alıcı tercih edilmiştir.

Tablo 5.3.3. FrSky QX7 Plus Kumanda Özellikleri

FrSky QX7 Plus Kumanda Özellikleri	Parametreleri
Kanal sayısı	24 kanal
Frekans	2.4GHz
Çalışma Voltaj Aralığı	6.5-8.4V





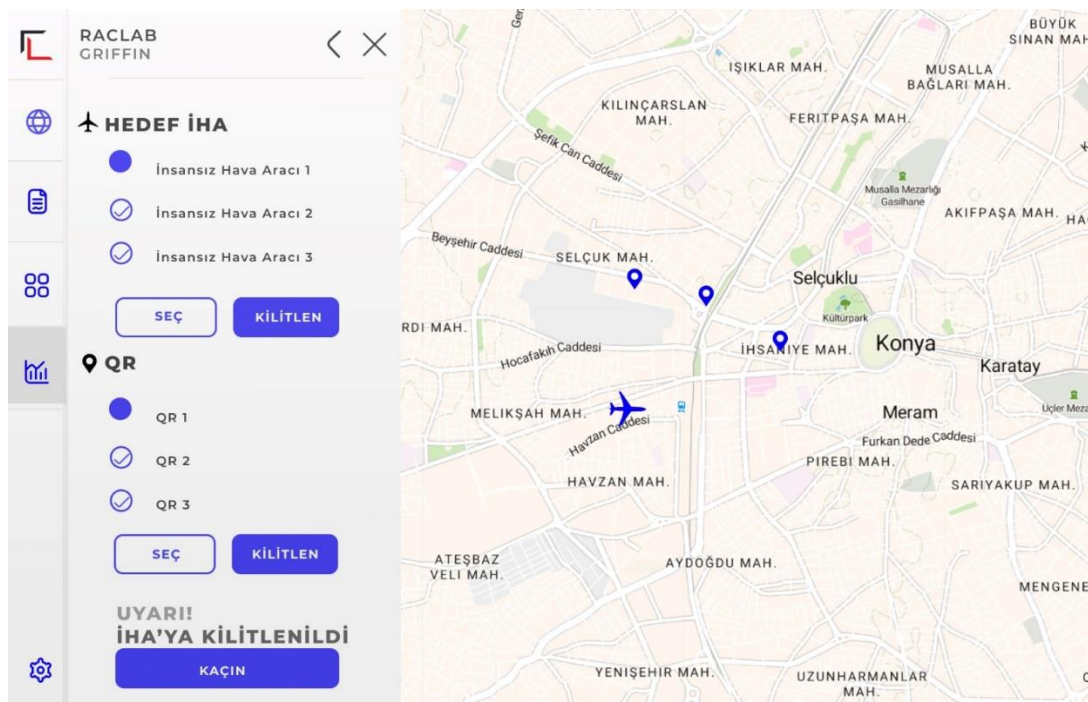
### Şekil 5.3.3. FrSky QX7 Plus Kumanda

## 6. KULLANICI ARAYÜZÜ TASARIMI

Hazır tasarımların yarışma içi gereksinimleri yeteri kadar karşılayamadığı ve ihtiyaç duyulan verileri doğru bir şekilde gözlemleme ve sunucuya aktarma işini yapamadığı için kendi özgün arayüz tasarımı geliştirmektedir.

Tasarlanan arayüzde çeşitli kullanıcılar tarafından birden fazla cihazla aynı anda görüntü ve uçuş verilerini görebilmesine olanak sağlar. Yönetim yetkisi olan kullanıcılar tarafından uçuş dinamiklerini ve parametreleri değiştirilmesinde olanak sağlar.

Bu gereklilikleri sağlamak içinde WEB tabanlı bir sistem geliştirilmesine karar kılınmıştır. Üzerinde geliştirmeler devam eden arayüz tasarımı **Şekil 6.1**'de görülmektedir.



**Şekil 6.1.** Yer Kontrol İstasyonu Uçuş Haritası İzleme Ekranı

Yapının oluşturulması için JavaScript dili üzerinden geliştirme yapılmış ve haberleşme sistemi ile entegrasyonu sağlanmıştır. Sistem üzerinde tüm uçuş verileri anlık olarak görülmekte, takip ve kilitlenme verileri anlık olarak izlenebilmektedir.

Tasarlanan arayüzde yarışma sunucusundan alınan İHA ve QR kodların konumu gösterilerek kilitlenme komutu vermek için “Seç- Kilitlen” butonları eklenmiştir.

Harita üzerinde İHA’nın gitmesi istenilen noktalara tıklanılarak İHA yönlendirilebilmektedir. Birden çok noktaya tıklanması durumunda ise veriler bir kuyruk yapısı üzerinde saklanıp İHA bu noktalara sırayla yönlendirilecektir.

İnsansız hava aracı tarafından işlenmiş ve yorumlanmış görüntü verisi anlık olarak tüm kullanıcılara iletilmektedir. Kilitlenme anında ve sonrasında bu bilgileri kullanıcılara sunulmaktadır.

Hedef İHA’ların İHA’ya kilitlenmesi durumunda arayüzde “İHA’ya Kilitlenildi” mesajı gösterilerek “Kaçın” butonuyla kaçınma eylemi gerçekleştirilecektir.

Yönetim ekranından kullanıcılar gerekli durumlarda uçuş verilerinin bulunduğu kontrol alanına erişebilecek ve bu alandan uçuş yönelimi, parametreleri, sistem veri iletişim hızı gecikmeleri gibi bilgilere erişim sağlayacaktır.

Kilitlenme ekranında hız, yükseklik, mod değişimi, kilitlenme dörtgeni gibi bilgiler arayüzün sağ ve sol kısmında Şekil 6.1.2’deki gibi hizalanmıştır.



Şekil 6.1.2 Kilitlenme ve Bilgi Ekranı

## 7. HAVA ARACI ENTEGRASYONU

### 7.1. Yapısal Entegrasyon

Hava aracının ana bileşenlerinden biri olan kanat; sağ, sol ve orta olmak üzere üç parçadan oluşmaktadır. Kanat üretiminde; strafor köpük malzemesi sıcak tel ile kesildikten sonra üzerine cam elyaf kaplama yapılmış, içerisine spar görevi görmesi için karbon fiber boru yerleştirilerek dayanımı artırılmıştır. Spar görevi görecek olan karbon fiber boruların boyutları; orta kanat içerisinde 16mm – 14mm, sağ ve sol kanat içerisinde 14mm – 12mm olup orta kanat gövdeye sabitlenmiş, sağ ve sol kanatlar ise orta kanata içerisinden karbon borularla desteklenmiş 3D yazıcı parçaları ile sıkı geçme yöntemi kullanılarak montajlanmıştır. Uçuş sırasında sağ ve sol kanatların çıkmaması için dikey olarak M3 cıvata kullanılmıştır.



**Şekil 7.1.1** Kanatlarda kullanılan spar görevi gören karbon fiber borular

Gövdenin üretiminde strafor köpük malzemesi sıcak tel ile kesildikten sonra üzerine cam elyaf kaplaması yapılmıştır. Gövdenin bazı bölgelerinde cam elyafın altında karbon fiber elyaf kullanılmıştır. Bunun nedeni ise; gövde üzerindeki kuvvet dağılımı olan bölgeleri daha dayanımlı hale getirmektir. Bu bölgeler motor ve iniş takımlarının montajlandığı bölgelerdir.

Ön ve arka iniş takımları karbon fiber kullanılarak üretilmiştir. Arka iniş takımının üretiminde çelik levha üzerine karbon elyaf yatırılıp vakum infüzyon yöntemi kullanılmıştır. Arka iniş takımının üzerine tekerlerin monte edilmesi için vida deliği açılmış ardından M3 cıvata ve stoper kullanılarak 75 mm çapı olan tekerlekler montajlanmıştır. Arka iniş takımı gövdenin alt kısmına karbon elyaf ve epoksi reçine ile sabitlenmiştir.



**ŞEKİL 7.1.2** Arka iniş takımı montajlanmış hali

Ön iniş takımında kullanılan malzemeler; 12mm karbon fiber boru, iki adet karbon fiber levha, yay, 3D yazıcı parçası (tutucu), çapı 75 mm olan tekerlek. Üretiminde ise gövdenin alt kısmına karbon fiber boruyu sıkı bir şekilde tutması için tasarlanan, 3D yazıcı ile üretilen parça monte edilmiştir. Saplama yöntemi kullanılarak iki adet levha karbon fiber boruyla birleştirilmiş ve ön iniş takımına sönümlenme yeteneği kazandırmak için yay yardımıyla levhalar karbon fiber boruya montelenmiştir. Ardından karbon fiber boru gövdeye montelediğimiz tutucu parçaya sıkı bir şekilde geçirilmiştir. Ön iniş takımının iniş esnasındaki dayanımını artırmak için karbon fiber boru ile gövdeye montelenen tutucunun birleşim noktasına karbon fiber elyafıla güçlendirme yapılmıştır.



**Şekil 7.1.3** Ön iniş takımı a) normal duruşu b) yük altındaki duruşu

Kuyruğun üretiminde; strafor köpük malzemesi sıcak tel ile kesildikten sonra üzerine cam elyaf kaplama yapılmıştır. Montajlanmasında çapı 12 mm olan karbon fiber borular



kullanılmıştır. Kuyruğun, gövde ve kanatla entegrasyonu; kanattaki hücum açısını 0 dereceye indiren 3D yazıcıyla üretimini yaptığımız iki adet parçayla sağlanmıştır.



Şekil 7.1.4 Kanat-kanat ve kanat-kuyruk bağlantı parçası



7.1.5. Yapısal entegrasyonun tamamlanmış hali

## 7.2. Mekanik Entegrasyon

Hava aracının gövdesi cam elyaf ve bölgesel olarak karbon fiber elyaf ile kaplanmıştır. Bu sayede gövdenin çeşitli kuvvetlere karşı dayanımı artırılmıştır. Gövde arkasına monte edilen motorun oluşturacağı itki kuvvetinin gövdeye zarar vermemesi için gövde arkası, dört kat 220 gr/m<sup>2</sup> twill karbon fiber elyaf üzerine 25 gr/m<sup>2</sup> plain cam elyaf ile kaplanmıştır. Motorun montajı için uygun vida delikleri açılıp cıvata ve fiberli somun yardımıyla şekildeki gibi motorun montajı tamamlanmıştır.



Şekil 7.2.1 Motorun gövdeye montajı

Gövde içine yerleştirilecek elektronik sistemlerin gövdeye montajı, erişebilirlik açısından kolay ve sağlam bir bağlantı gözetilerek gerçekleştirilmiştir. En ağır elektronik parçalardan birisi olan Li-PO pilin gövde içerisinde kolay yerleştirilip çıkarılabilmesi için gövde içerisinde bir pil yatağı tasarlanmıştır. LiPO pil bu yatağa aşağıda gösterildiği gibi cırt bant ile sabitlenmiştir.



Şekil 7.2.2 LI-PO pil yatağı ve montajı

Uçuş kontrol kartı gövdeye çift taraflı bant ile sabitlenmiş olup uçuş esnasında hareket etmesi önlenmiştir. Uçuş kontrol kartına bağlı olan GPS Modülü orta kanat parçasının üzerine yapıştırılıp uçuş esnasında rijit bir davranış sergilemesi sağlanmıştır.

### 7.3. Elektronik Entegrasyon

İHA’da güç kaynağı olarak Tattu 10.000mAh 14.8V 25C 4S1P LiPO batarya kullanılmaktadır. İHA’nın elektronik entegrasyonda otopilot kartı olarak kullanılan Pixhawk Cube Orange üzerinde bulunan Main Out pinlerinden servo motorlara header kablo ile bağlantı gerçekleştirilecektir. Ayrıca Main Out pinine ESC’lerin sinyal girişleri de bağlanacaktır. RC IN

girişine Herelink üzerinde bulunan Sbus soketi kablosu ile bağlanacaktır. CAN girişine konnektör aracılığı ile Here3 GPS modülü bağlantısı yapılacaktır. Jetson Nano'nun UART\_RX, UART\_TX, GND ve GPIO portlarından TELEM1 girişine bağlanılacaktır. Herelink'in UART çıkışı ile TELEM2 girişi arasında da bir konnektör yardımı ile bağlantı yapılacaktır. POWER1 girişine güç modülünün +5V çıkışı bağlanacaktır. Kullanılan Matek kartının  $V_{out}$  çıkışındaki 5.2V ve 15A UBEC Pixhawk Cube Orange'ın servo çıkışına bağlanacaktır. Sigorta ve anahtar bağlantıları XT60 soketli kablo ile bir ucu bataryaya diğer ucu ise XT60'ın erkek ucu ile güç modülüne sağlanacaktır. Matek kartının  $V_{out}$  çıkışlarına 12V ve 19V çıkış gerilimi UBEC ile sağlanacaktır. 19V UBEC Jetson Nano'nun besleme girişine dişi adaptör aracılığı ile verilecektir. Güç dağıtım kartının  $V_{out}$  çıkışlarına ESC'lerin besleme kablosu takılacaktır.

Otopilot bağlantı şeması Şekil 7.3.1.'de gösterilmiştir. LiPo bataryanın konumu ağırlık merkezi hesabı dikkate alınarak burun kısmına doğru konumlandırılmıştır.

Batarya konnektörü gövdenin yan yüzeyine monte edilen sigortaya bağlanmıştır. İHA sisteminde yer alan uçuş kontrol kartı ve NVIDIA Jetson Nano uçuş bilgisayarı gibi 5V ve 12V ile beslenen elemanlar sigorta çıkışından alınan 14 AWG çapındaki kabloya bağlı BEC modülü ile beslenmektedir.

Modülün çıkışına 16 AWG kablo ile ESC lehimlenmiş olup, ESC'den motora giden kablolar 4mm banana konnektör lehimlenerek motor bağlantısı gerçekleştirilmiştir.

Pixhawk Cube Orange, güç konnektörü ile doğrudan BEC modülünden beslenmektedir. Pixhawk üzerindeki servo rayını beslemek için ESC üzerinde yer alan, 5V gerilim ve hız kontrolü için sinyal iletimi sağlayan servo kablosu CH3'e bağlanmıştır. Böylelikle otopilot üzerindeki servo rayına bağlanacak olan diğer modüller için gerilim bağlantısı yapılmasına gerek kalmamıştır.

İHA sisteminde yer alan 4 adet servo motorun kablo uzunlukları dikkate alınarak uygun bağlantılar yapılmış ve Pixhawk üzerinde yer alan servo çıkışlarının uygun kanallarına bağlanmıştır.

Here3 GPS ve buzzer doğrudan Pixhawk üzerinde yer alan CAN1 ve USB çıkışlarına bağlanmıştır ve gövde üzerine monte edilmiştir.

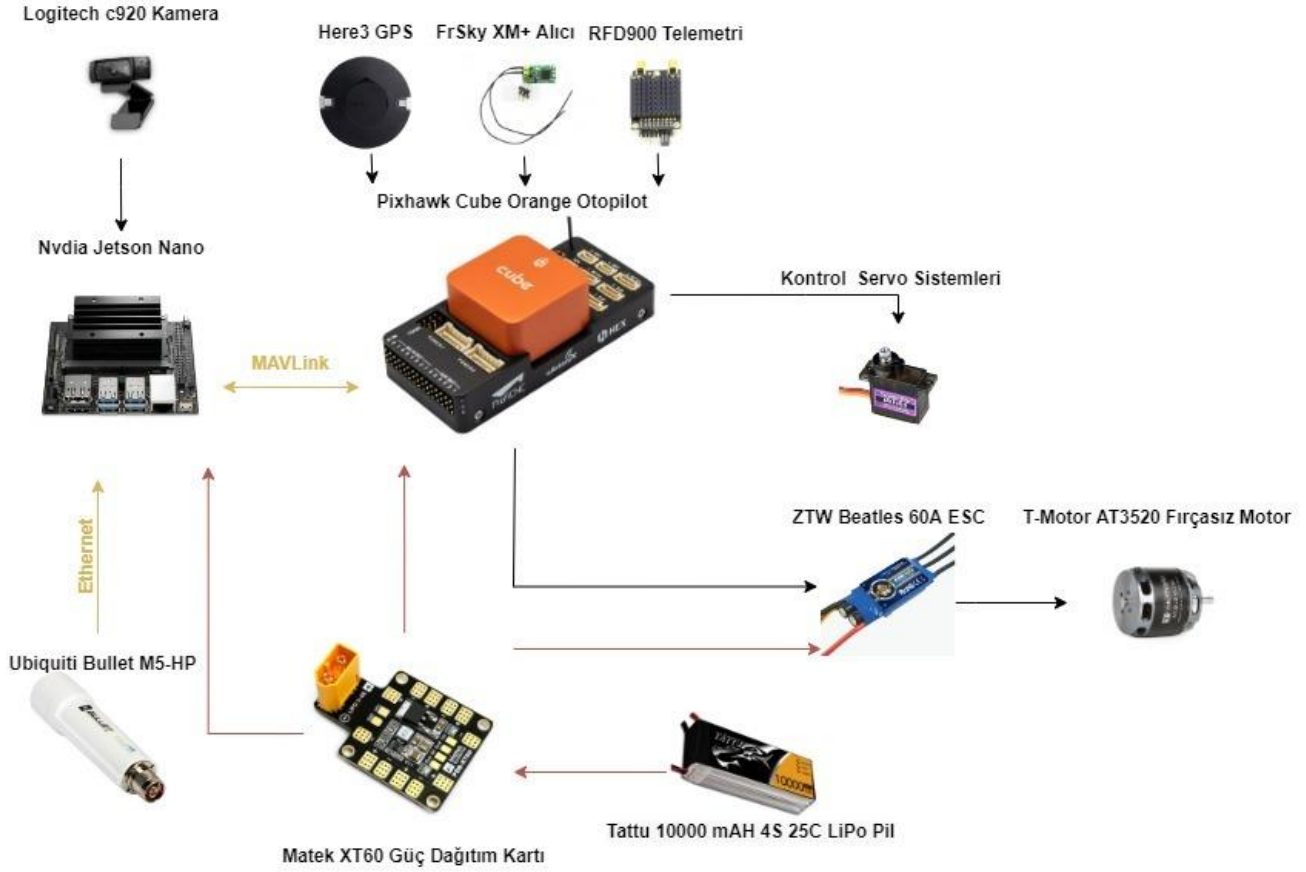
Jetson Nano BEC modülünde yer alan 5V ile beslenmektedir. Burun kısmında yer alan kamera USB kablo yardımıyla Jetson Nano'ya gövde içinden uzatılarak bağlantısı yapılmıştır.

Ubiquiti Bullet M5 wifi modülü Ethernet kablosu ile Jetson Nano'nun gigabit ethernet çıkışına bağlanmıştır.

Gövde içerisinde yan duvara monte edilen kumanda alıcısındaki kanalların Pixhawk üzerinde yer alan RC IN pinlerine bağlantısı gerçekleştirilmiştir. RFD900 telemetri modülü Pixhawk üzerinde bulunan TELEM1 çıkışına bağlanmıştır.

Kablo karışıklığının önüne geçmek ve düzenli bir kablolama sistemi gerçekleştirmek için sistem üzerinde yer alan kablolar isimlendirilerek sökülebilen cırt bantlarla iç gövdeye sabitlenmiştir.





Şekil 7.3.1. Otopilot Bağlantı Şeması

## 8. TEST VE SİMÜLASYON

### 8.1. Alt Sistem Testleri

Testler bu başlık altında sırası ile verilecektir.

#### 8.1.1 İtki Testi

İnsansız hava aracında kullanılması planlanan motorun sisteme ne kadar itki sağlayacağı ölçülür.

Hassas tartı ve tartının üzerine sabitlenen insansız hava aracı ile kurulan bir test düzeneğinde motor tartıya baskı uygulayarak belli bir itki değeri oluşturmuştur. Oluşturulan düzenek Şekil 8.1.1’de gösterilmiştir. Motor %100 gaz konumundayken 4320 gr itki sağlamaktadır. Bu değer sistem için dikkate alınmış olup ilk kalkış için yeterli miktardadır.





Şekil 8.1.1 %100 Gaz Konumu İtici Miktar Testi

#### 8.1.2 Yapı Sağlamlık Testi

İnsansız hava aracının havada uçuş yaptığı esnada oluşacak basınç ve sürtünme kuvvetine karşı dayanıklılığının ölçülmesi için yapılır. Parçaların hasar görerek saçılma veya yapılan bağlantı noktalarında kopmaların meydana gelip gelmeyeceği test edilir.

Sistem üzerinde oluşabilecek kuvvetlerin etkisi Şekil 8.1.2’deki test düzeneğinde simüle edilmeye çalışılmıştır. Kanatlarından asılan insansız hava aracının üzerine ek kuvvetler eklenerek kuvvet etkisi artırılmıştır.



Şekil 8.1.2 Yapısal Sağlamlık Testi (Kırmızı Ok; biri 1.2 Kg, biri 1.4 Kg ek yük )

### 8.1.3 Otonom Kilitlenme Testi

Yarışma için istenilen görev olan kilitlenme görevinde insansız hava aracının havada bulunan diğer insansız hava araçlarına kilitlenip kilitlenmeyeceği test edilir.

Uçuş yapan insansız hava araçlarından alınan görüntüler ve meydana gelebilecek her türlü hareket durumunu tolere edebilmek için yerden ve havadan alınan görüntüler ile veri seti oluşturulmuştur. Şekil 8.1.3'te yapılan testlerden bir görüntü verilmiştir.



Şekil 8.1.3 Otonom Kilitlenme Testinden Örnek Bir Görsel

### 8.1.4 Otonom Hedef Belirleme Testi

Yapılan testler ile yarışmada kullanılacak algoritma ve algoritma performansı test edilir. Çeşitli eğitim süreçlerinin ardından diğer alternatiflerine (Faster Recurrent Neural Network (Faster-RCNN), Single Shot Detector (SSD) vb.) kıyasla daha yüksek performans değerine sahip olan YOLO algoritması tercih edilmiştir.

YOLO algoritması geliştirme zamanına bağlı olarak kendi içinde çeşitli versiyonlara sahiptir. Bunlar arasından Yolov3, Yolov4, Yolov5x ve Yolov5l versiyonları ile yapılan eğitimler sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıda Tablo 1'de verilmiştir.

Versiyon	Başarı Oranı
Yolov3	95.2%
Yolov4	95.6%
Yolov5x	98.4%
Yolov5l	95.7%

Tablo 1 YOLO Eğitim Performans Sonuçları

Eğitim sonuçları değerlendirilirken bazı parametreler incelenmiştir:

- Doğruluk (Accuracy); çalışan algoritmanın doğru tahmin ettiği objelerin tüm veri setine oranıdır.

- Kesinlik (Precision); pozitif olarak tahmin edilen değerlerin kaç tanesinin gerçekte pozitif olduğunu gösterir.
- Duyarlılık (Recall); görselde bulunan objelerin tahmini değerinin gerçek değerine oranıdır.
- F1-Skoru; kesinlik ve duyarlılık değerlerinin harmonik ortalamasıdır. Veri setinin bazı durumlarda eşit dağılımlı olamaması sebebiyle doğruluk değeri yerine bu değer tercih edilir.

### 8.1.5 Pil Kapasite Testi

Uçuş süresi boyunca enerji LiPo piller üzerinden sağlanır. Bu açıdan LiPo pillerin durumu uçuş süresi ve performansını büyük ölçüde etkilemektedir.

Pil kapasite testinde bir adet LiPo şarj/deşarj aleti aracılığı ile önce pil tam güce şarj edilir. Ardındandeşarj işlemi başlatılır. Bu işlem sonucunda 7800 mAh güç görülmüştür. Aynı işlem tekrarlandığında ilkine yakın sonuçlar elde edilmiştir.

### 8.1.6 İletişim Mesafe Testi

Uçuş yapılacak alan etrafında iletişim kanallarının gösterdiği performans ölçülerek yarışma anında meydana gelebilecek kopma durumlarına karşı önlem alınır.

Yarışma şartnamesinde, yarışma alanı 500x350 metre olarak belirtilmiş olup alan içerisindeki en uzak mesafe hipotenüs teoreminden 610 m olarak hesaplanmıştır. Bu mesafe içerisinde iletişim sisteminde tercih edilen donanımlar test edilmiştir. Hava aracında kullanılacak haberleşme sistemi insansız hava aracı üzerine takılarak hız ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan testler sonucunda uzun menzilli Wi-Fi modülü görüş alanında engelleyici herhangi bir unsur bulunmadığı sürece 1.5 km mesafeye kadar kayıp meydana getirmemektedir. Ayrıca yedek sistem olarak kullanılacak telemetri sistemi de yine aynı şekilde herhangi bir kayıp oluşturmamaktadır.

## 8.2. Uçuş Testi ve Uçuş Kontrol Listesi

Rapor yazma sürecinde uçuş verileri, sistem gecikmeleri ve iletişim sistemleri testlerini kontrol etmek için 12 uçuş gerçekleştirilmiştir.

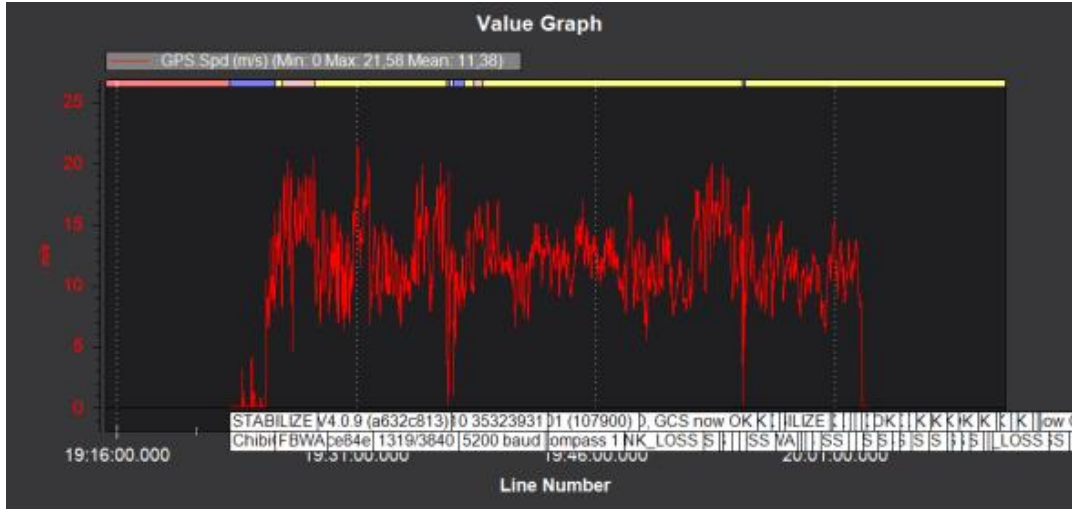


8.2.1 Uçuş anından bir fotoğraf

Hava aracımızın uçuş testleri sonucu elde ettiğimiz veriler şöyledir:

Rüzgar hızının 2 m/s olduğu sırada en uzun uçuş süresine ulaşılmıştır. Bu süre 43 dakika olarak tespit edilmiştir. Rüzgarın sistem üzerine yük bindirdiği zamanlarda hava aracımızın uçuş süresinin en çok 34 dakikaya kadar düştüğü gözlemlenmiştir.

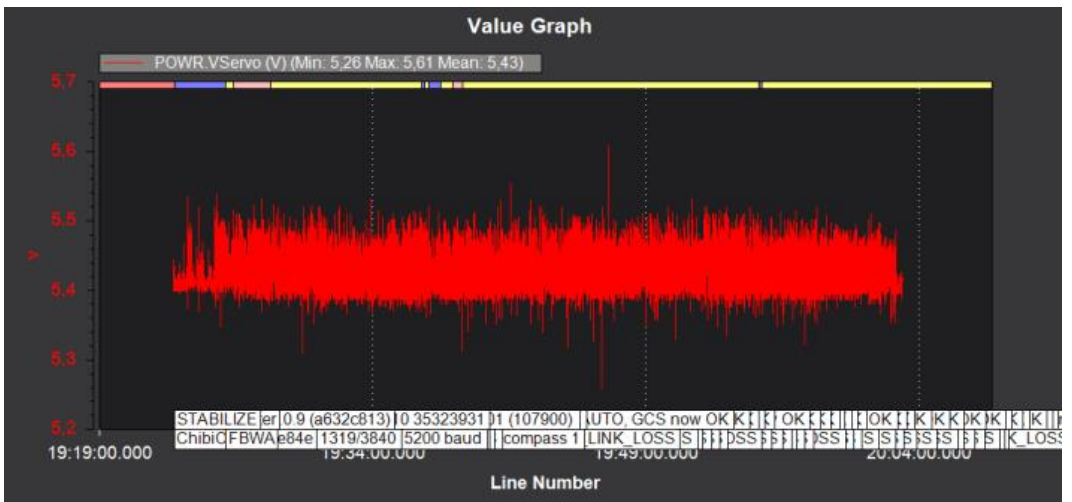
Rüzgarsız havadaki uçuş hızının hesaplamalar ile ne kadar tuttuğu kontrol edilmiştir. Uçuş hızının değerleri, hesaplanan değerlere yakın veya daha minimal hızlarda uçuş yapılabileceği gözlemlenmiştir.



Şekil 8.2.2 İHA Otonom / Yarı Otonom Uçuş Hız kayıtları

Sistemde bulunan kanatçıkların kontrolü servo motorları ile sağlanmıştır. Servo motorların kontrolü elektronik hız kontrolcüsünden sağlanan geri besleme voltajı ile sağlanmaktadır. Bu servo motorlara uçuş boyunca ulaşan voltajın eşik değeri olan 5 V' tur. Voltajın eşik değerinin altına düşmesi motorların kontrolünde olumsuz sonuç verir.

Test uçuşlarından sonra elde ettiğimiz veriler kontrol edildiğinde servo motoru besleyen voltaj değerinin gördüğü en düşük değer 5.26 V olmuştur ve sistem de bir olumsuzluğa neden olmamıştır. Uçuşlarımızı gerçekleştirirken telemetriyle iletişimimiz de bir sorun yaşanmamış, sinyal seviyesi istenilen değerlerin altına düşmemiştir.



Şekil 8.2.3 Servo Çıkışları Besleme Gerilimi



## 9. GÜVENLİK

Bu başlık ekip güvenliği, sistem güvenliği ve uçuş güvenliği olarak üç başlıkta incelenecektir. Güvenlik, yaşanacak olası yaralanmaları, maddi hasarları en aza indirmek için çok önemli bir unsurdur.

### 9.1 Ekip Güvenliği

Takım üyelerinin güvenliğini, yarışma alanındaki canlıların güvenliğini sağlamak adına alınması gerekli olan tedbirler ve uyma zorunluluğu bulunan kurallar vardır.

Yarışma alanı dahil olmak üzere çalışma yapılan alana yetkili olmayan kişiler dışında girişlere sınırlama getirilmiştir. Bu kısımda; çalışma yapılacak alanda kesici, delici aletler gerekli olmadığı sürece açıkta bırakılmaması, çalışma esnasında eldiven ve gözlük kullanımına dikkat edilmesi, çalışma alanının temizliği konusunda tedbirler alınmıştır.

Bir kaza durumu olursa hızlı bir şekilde müdahale edebilmek için hem çalışma alanında hem takım çantası gerekli ilk yardım malzemeleri bulundurulmaktadır.

### 9.2 Sistem Güvenliği:

Bu kısımda sistemin kendi güvenliği ve kendisi dışında bulunan alan veya kişilere verebileceği zararlardan söz edilmektedir.

Sistem üzerinde taşıma ve kurulum esnasında problem oluşturabileceği düşünülen keskin kenarlar bulunmaktadır.

İHA'nın güç besleyicisi olan LiPo piller taşıma esnasında ve şarj edilme, kullanılma sırasında güvenliği sağlanması gereken yanıcı pillerdir. Bu kritik durumdan dolayı piller Şekil 9.2.1'de gösterildiği gibi parlak yansıtıcı malzeme ile kaplanmıştır. Taşıma ve şarj süresince LİPO pilleri saklamak için oluşturulan özel çanta içerisinde muhafaza edilmektedir.



Şekil 9.2.1 LiPO Batarya ve Taşıma/Saklama Çantası

### 9.3 Uçuş Güvenliği

Uçuş süreci boyunca ve uçuş alanında İHA'lar her daim gözlem altında tutulması önemlidir. Ani bir tehlike anında hareket eyleminin kısıtlanması ve motorlarının durdurulması gereken sistemlerdir.

GRIFFIN İHA takımı olarak güvenlik hususlarına her daim uyar ve dikkat ederiz. Ekip olarak uçuş esnasında, pilot hariç kimsenin uçuş alanına girmesine izin vermiyoruz. İniş ve kalkışlarda herhangi bir problem yaşanması durumunda güvenlik pilotu ve otonom kontrol sistemlerinden sorumlu takım arkadaşlarımız uçuşu ve yahut inişi iptal etme yetkisine sahip olup her daim sistemi gözlemlemektedirler.

Hava aracımızla oluşturulan bağlantı koptuğunda sistemin bunu algılamasıyla birlikte hava aracı 10 saniyeye kadar görevini devam ettirir. Bağlantı kopukluğu devam ediyor ise kontrolün güvenlik pilotu tarafından geri alınmasını beklemek için belirlenen güvenli bölgeye uçuş limitlerinin izin verdiği en yüksek irtifadan geri dönmektedir. Eğer 1 dakika içerisinde sistem geri alınmaz ise sistem kendisini;

Tam Sağ Kanatçık, Tam Sağ Kesimi, Tam Sağ Dümen, Tam yukarı irtifa olacak şekilde kontrol yüzey sistemlerini ayarlayarak kontrollü bir biçimde uçuşa son vermektedir.

Belirtilen uçuş son verme yöntemi, güvenlik pilotu ve otonom sistem lideri tarafından uçuşun güvenlik ihlali yapabileceğini düşündüğü herhangi bir zamanda devreye alınabilmektedir.

## 10. REFERANSLAR

- John D. Anderson Jr (United States 2012). Introduction to Flight 7th Edition. McGraw-Hill Publishing Company.
- RAYMER, Daniel. Aircraft design: a conceptual approach. American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc., 2012.
- FARHADI, Daniel Gordon1 Ali; FOX, Dieter. Re 3: Real-Time Recurrent Regression Networks for Visual Tracking of Generic Objects. IEEE Robot. Autom. Lett, 2018, 3.2: 788-795.
- 2021, Savaşan İHA Yarışması, Sabit Kanat Kategorisi, RACLAB KAPSÜL GRIFFIN
- 2022, Savaşan İHA Yarışması, Sabit Kanat Kategorisi, RACLAB GRIFFIN ÖTR
- Gülcan Öğündür, Doğruluk (Accuracy) , Kesinlik(Precision) , Duyarlılık(Recall) ya da F1 Score , <https://medium.com/@gulcanogundur/dogruluk-accuracy-kesinlik-precision-duyarlilik-recall-ya-da-f1-score-300c925feb38>
- Ardupilot, <https://ardupilot.org/plane/>
- Ardupilot, <https://ardupilot.org/dev/docs/sitl-simulator-software-in-the-loop.html>
- Mavlink, <https://mavlink.io/en/>
- 2022, Savaşan İHA Yarışması, Şartname, [https://cdn.teknofest.org/media/upload/userFormUpload/Sava%C5%9Fan\\_%C4%B0H\\_A\\_Yar%C4%B1%C5%9Fma\\_%C5%9Eartnamesi\\_uAwYu.pdf](https://cdn.teknofest.org/media/upload/userFormUpload/Sava%C5%9Fan_%C4%B0H_A_Yar%C4%B1%C5%9Fma_%C5%9Eartnamesi_uAwYu.pdf)
- Yiğit Mesci, Yolo Algoritmasını Anlamak, <https://medium.com/deep-learning-turkiye/yolo-algoritmasını-anlamak-290f2152808f>
- Halil İbrahim, QR kod tespit etme ve okuma, <https://jn7.net/python-ve-opencv-ile-karekod-qr-code-tespit-etme-ve-okuma/>