

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

TAKIM ADI: VEGA

YAZARLAR: VEGA TAKIMI ÜYELERİ



İÇİNDEKİLER

1. TEMEL SİSTEM ÖZETİ (5 PUAN)	4
1.1. Sistem Tanımı	4
1.2. Sistem Nihai Performans Özellikleri	4
2. ORGANİZASYON ÖZETİ (5 PUAN).....	5
2.1. Takım Organizasyonu	5
2.2. Zaman Akış Çizelgesi ve Bütçe	7
3. DETAYLI TASARIM ÖZETİ (15 PUAN).....	8
3.1. Nihai Sistem Mimarisi.....	8
3.2. Alt Sistemler Özeti	11
3.2.1.Görüntü ve Haberleşme Sistemi.....	11
3.2.2. Otonom Kontrol Sistemi.....	12
3.2.3.Güç Kontrol Sistemi.....	14
3.2.4.İtki Sistemi.....	14
3.3. Hava Aracı Performans Özeti.....	15
3.4. Hava Aracının Üç Boyutlu Tasarımı	16
3.5. Hava Aracı Ağırlık Dağılımı.....	19
4. OTONOM GÖREVLER (15 PUAN)	20
4.1 Otonom Kilitlenme	20
4.2 Kamikaze Görevi	23
5. YER İSTASYONU VE HABERLEŞME (15 PUAN).....	24
5.1 VEGA-S Aracı ile Yer İstasyonu Arası Haberleşme	25
5.2 RC Haberleşme.....	26
5.3 Görüntü İşleme Arayüzü İle Uçuş Kontrol İstasyonu Arası Haberleşme.....	26
6. KULLANICI ARAYÜZÜ TASARIMI (10 PUAN).....	26
6.1 Yer Kontrol İstasyonu Tasarımı.....	26
6.2 Görüntü İşleme Tasarımı	28
6.3 Temel Ayarlar ve Katsayı Ayarları Tasarımı	29
7. HAVA ARACI ENTEGRASYONU (10 PUAN)	29
7.1. Yapısal Entegrasyon.....	29
7.2. Mekanik Entegrasyon	32
7.3. Elektronik Entegrasyon.....	33
8. TEST VE SİMÜLASYON (15 PUAN).....	35
8.1. Alt Sistem Testleri.....	35
8.1.1. İtki Testi.....	36

SAVAŞAN İHA YARIŞMASI 2022

8.1.2. Akış Analizi Testi.....	37
8.1.3. Otonom Uçuş Simülasyonu.....	38
8.2. Uçuş Testi ve Uçuş Kontrol Listesi	38
9. GÜVENLİK (5 PUAN).....	39
10. REFERANSLAR	40

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1 Sistem Nihai Performans Özellikleri.....	5
Tablo 2 Zaman Akış Çizelgesi	7
Tablo 3 Tahmini ve Gerçekleşen Bütçe	8
Tablo 4 Uçak İçi Bilgisayarı Karşılaştırılması	12
Tablo 5 VEGA-S Hava Aracı Performans Özeti Veri Değerler.....	15
Tablo 6 VEGA-S Aracı Motor Teknik Değerleri.....	16
Tablo 7 Hava Aracı Boyutlandırılması.....	17
Tablo 8 Kullanılacak Malzemelerin Miktar-Ağırlık Tablosu.....	20
Tablo 9 Yapısal entegrasyon parça tablosu	31

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1 Organizasyon Şeması.....	5
Şekil 2 Birim Görevleri.....	6
Şekil 3 Genel Sistem Mimarisi	9
Şekil 4 VEGA-S Aracı 3B Modelleme Arkadan görünüm.....	16
Şekil 5 VEGA-S Aracı 3B Modelleme Önden Görünüm	16
Şekil 6 VEGA-S Hava Aracı Boyut Analizi.....	17
Şekil 7 VEGA-S Aracı Sigorta Konumu	18
Şekil 8 VEGA-S Hava Aracı Alt Sistem Yerleşimleri.....	18
Şekil 9 Solidworks Ortamında Hesaplanan Ağırlık Merkezi.....	19
Şekil 10 YOLO (You Only Look Once) Algoritması ile Yapılan Nesne Tespiti	21
Şekil 11 Görüntü İşleme Süreci	22
Şekil 12 Otonom Kilitlenme algoritması	23
Şekil 13 VEGA-S Aracı Kamikaze Görev Manevrası.....	24
Şekil 14 VEGA-S Aracı Genel Haberleşme Şeması.....	24
Şekil 15 Telemetri Ve Görüntü Aktarımı	25
Şekil 16 Yer İstasyonu Ve Uçak İçin Bilgisayar Arası İletişim	25
Şekil 17 Görüntü İşleme Arayüzü ve Uçuş Kontrol İstasyonu Arasındaki Haberleşme	26
Şekil 18 Arayüz Tasarımı	27
Şekil 19 YKİ Hızlı Veri Bilgisi.....	27
Şekil 20 Görüntü İşleme Tasarımı	28
Şekil 21 Temel Ayarlar ve Katsayı Ayarları Bilgi Ekranı	29

Şekil 22 VEGA-S Aracı Gövde Parçaları	30
Şekil 23 İki gövdenin birbirine montajlanmış 3D modellenmiş hali	31
Şekil 24 Hava Aracının Montajlı Hali	31
Şekil 25 VEGA-S Aracı Mekanik Entegrasyonu CAD Görüntüsü	32
Şekil 26 VEGA-S Aracı Motor Bölümü	33
Şekil 27 VEGA-S Aracı Kamera Bölümü	33
Şekil 28 VEGA-S Hava Aracı Genel Sistem Güç Dağılımı	34
Şekil 29 VEGA-S Hava Aracı Aviyonik Sistem Güç Dağılımı.....	34
Şekil 30 VEGA-S Hava Aracı Sistem Kablolaması	35
Şekil 31 Tam İtki Durumunda Motorun Özellikleri	36
Şekil 32 VEGA-S Aracı Akış Analiz Testi.....	37
Şekil 33 Otonom Uçuş Simülasyonu	37
Şekil 34 VEGA-S Aracı Güzergah Takibi	38

1. TEMEL SİSTEM ÖZETİ (5 PUAN)

1.1. Sistem Tanımı

VEGA takımı tarafından VEGA-S adı verilen hava aracı ile TEKNOFEST 2022 Sabit Kanat Savaşan İnsansız Hava Aracı kategorisine katılım sağlamak amacıyla tasarlanmaktadır. Şartnamede belirtilen isterler doğrultusunda nitelikli konfigürasyon oluşturulup hava aracına yüksek manevra kabiliyeti ve görevleri karşılayabilecek yeterliliğin kazandırılması hedeflenmiştir. Oluşturulan Hava Aracı Sistemi, Ön Tasarım Raporu'nda belirtildiği üzere altı kısım yerine dört temel kısma indirgenmiştir ve sistemler arası organizasyon kuvvetlendirilmiştir. Bu sistemler aşağıda açıklanmış ve 3.2'de detaylandırılmıştır.

Görüntü ve Haberleşme Sistemi: Bu sistem hava aracı ile Yer Kontrol İstasyonu (YKİ) arasında iletişimi sağlamaktadır. Sistem içeriğinde Uçak İçi Bilgisayar, Telemetri, Kamera, Kumanda ve RC Alıcı bulunmaktadır.

Otonom Kontrol Sistemi: İçeriğinde Uçuş Kontrolcüsü, Hava Hız Sensörü, Gnss(gps sensörü), Lidar Sensörü bulundurmaktadır. Sistemin ana görevi hava aracının otonom kabiliyetlerini kontrol etmektir.

Güç Kontrol Sistemi: Hava aracı donanımında aviyonik sistem için gerekli güç ihtiyacını sağlamaktadır. Sistem içerisinde 1 adet 3S Li-Po ve 1 adet 6S Li-Po, 1 adet güç modülü, 3 adet regülatör, 2 adet midi sigorta kullanılmaktadır.

İtki Sistemi: Hava Aracının hareketini ve gerekli manevralarını gerçekleştirmesini sağlayan alt sistemdir. İçeriğinde 1 adet DC fırçasız motor, 4 adet servo motor, 1 adet ESC bulundurmaktadır.

1.2. Sistem Nihai Performans Özellikleri

Kritik Tasarım süreci boyunca gerçekleşen çalışmalar sonucunda, hava aracı ile ilgili çeşitli analizler ve testler yapılmış, aracın performans özellikleri ile ilgili nihai sonuçlara varılmıştır. Bu süreç boyunca kullanılan eklentiler ve analiz programları, bölümlerin ilgili başlıkları altında

SAVAŞAN İHA YARIŞMASI 2022

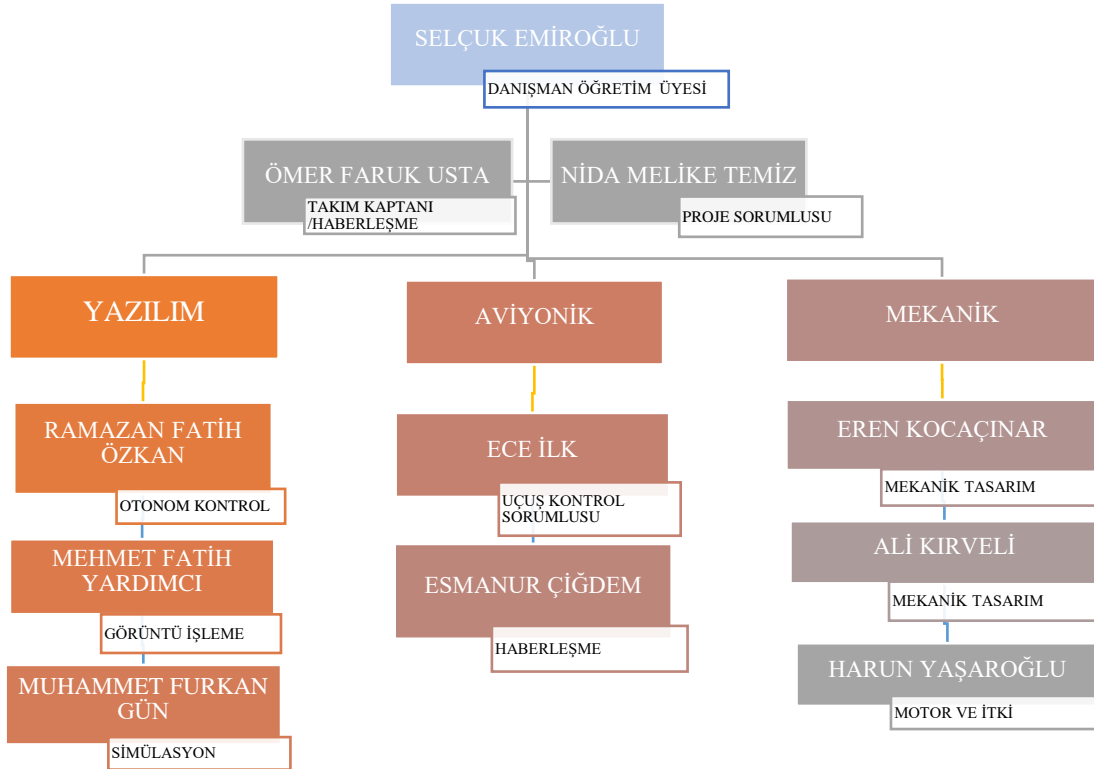
belirtilmiş ve görsellerle desteklenmiştir. VEGA-S Hava Aracının nihai performans özellikleri ise Tablo 1’de aktarılmıştır.

Sistem Nihai Performans Özellikleri	
Ortalama Uçuş Hızı	17 m/s
Kalkış Ağırlığı	3947 g
Tutunma Hızı	12 m/s
Uçuş Süresi	20 dk
Kanat Açıklığı	1718 mm
Kamera Çözünürlüğü	12.3 mp
Batarya Kapasitesi	12000 mAh + 4000 mAh

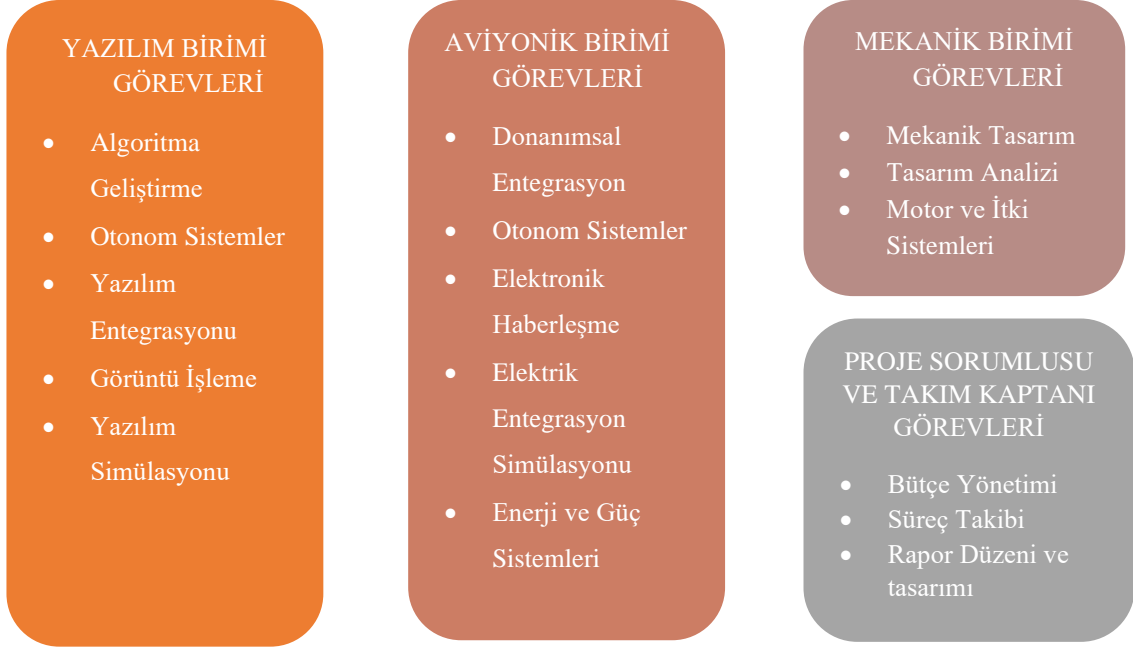
Tablo 1 Sistem Nihai Performans Özellikleri

2. ORGANİZASYON ÖZETİ (5 PUAN)

2.1. Takım Organizasyonu





Şekil 1 Organizasyon Şeması



Şekil 2 Birim Görevleri

2.2. Zaman Akış Çizelgesi ve Bütçe

ZAMAN AKIŞ ÇİZELGESİ												SAPMA NEDENİ
TARİHLER	EKİM	KASIM	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART	NISAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	
Takım Kurulması ve Üyelerinin Belirlenmesi	■	■			ÖTR			KTR		YARIŞMA GÜNÜ		-
Literatür Taraması ve Geçmiş Raporların İncelenmesi		■										-
Elektronik Bağlantı ve Sistemlerinin Detaylı Araştırılması			■	■								-
Mekanik Tasarım Planlanması			■	■								-
Ön Tasarım Yapılması					■							-
Elektrik-Elektronik Entegrasyon Simülasyonu						■	■					Teknofest'ten gelecek maddi desteğin gecikmesi sebebiyle malzeme alımı gecikmiş, bu durum sıkıntı oluşturmasını diye simülasyon sayısı artırılmıştır.
Analiz Programlarında Sistemin Test Edilmesi						■	■	■				Gereken maddi destek bulunamadığı için malzeme alımı gecikmiştir
Kritik Tasarımın Yapılması							■	■				-
Yazılım Simülasyonlarının Devam Etmesi							■	■				-
Yazılım Geliştirme									■			
Kullanılacak Malzemelerin Temin Edilmesi										■		
Montaj ve Test Aşaması											■	
Son İyileştirmelerin Yapılması											■	
Test ve Simülasyon Aşamalarına Devam Edilmesi											■	
<div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center; gap: 20px;"> <div style="text-align: center;">  <p>Planlanan Tarihler</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Gerçekleşen Tarihler</p> </div> </div>												

Tablo 2 Zaman Akış Çizelgesi

Zaman akış çizelgesi planlanan tarihler, gerçekleşen tarihler ve yaşanan sapma nedenleri ile birlikte **tablo 2' de** verilmiştir. Zaman akış çizelgesinde görülen sapmaların genel nedeni

SAVAŞAN İHA YARIŞMASI 2022

VEGA takımının gerekli ekipmanlar için ihtiyaç duyduğu bütçenin sağlanamamasıdır. Ön Tasarım Raporu aşamasında belirtilen maddi destek yardımının sapması doğrultusunda planlamalarda değişikliğe gidilmiştir.

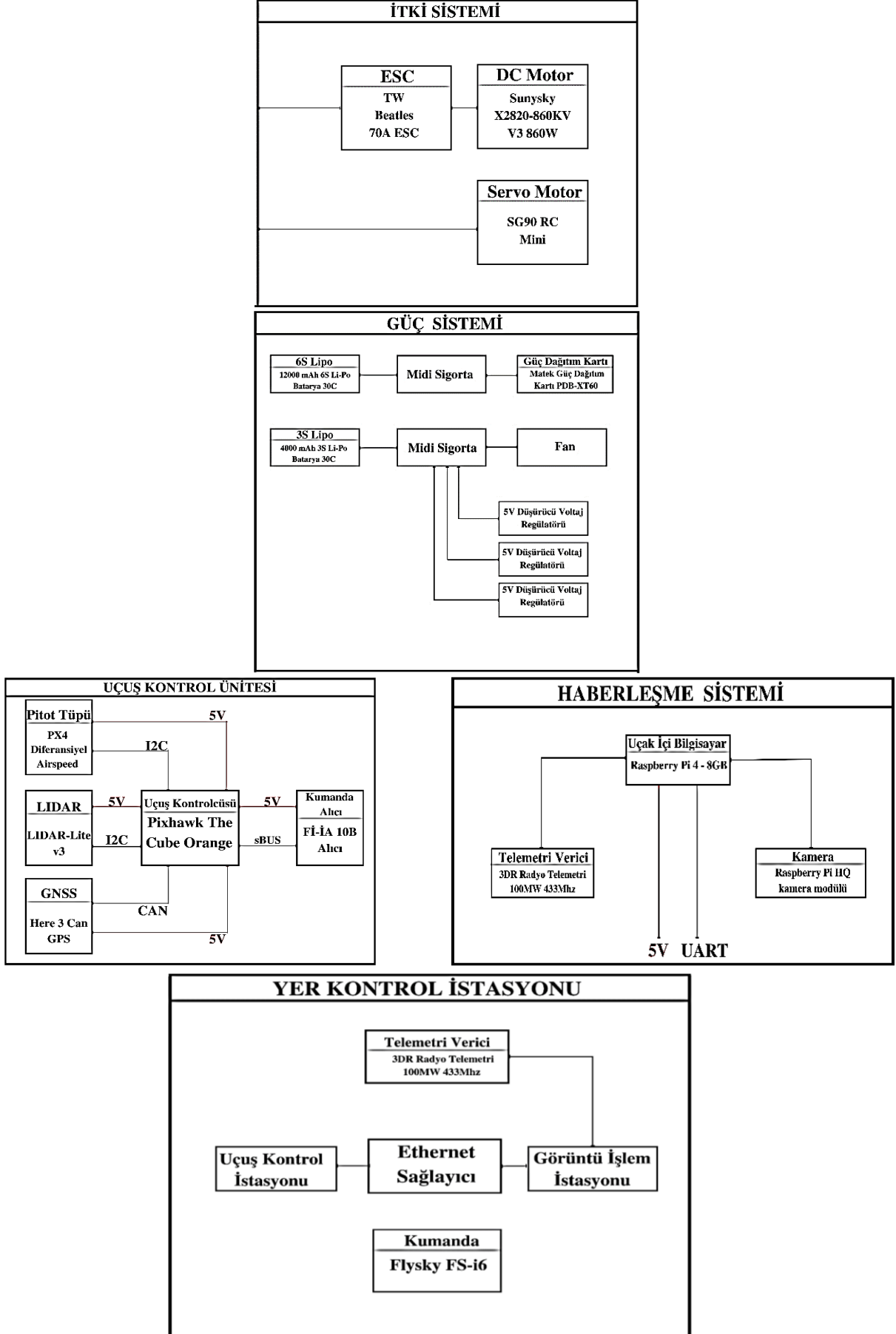
MALZEMELER	TOPLAM TAHMİNİ BÜTÇE	TOPLAM GERÇEKLEŞECEK BÜTÇE	FARK	FARK NEDENİ
Elektronik Malzemeler(Telemetri, Uçuş Kontrol Kartı, Görev Bilgisayarı, Batarya, Sensörler, Kamera, Kumanda, Lidar, Güç Dağıtım Kartı, Ethernet Sağlayıcı)	₺ 21.890,00	₺ 24.704,51	₺ 2.814,51	Henüz temin edilememiştir ve artan fiyatlar sebebiyle farklılıklar oluşmuştur.
Motor (Servo Motor, Motor Ünitesi, ESC)	₺ 1.250,00	₺ 3.009,65	₺ 1.759,65	Henüz temin edilememiştir.
Mekanik Sistem (İniş Takımı, Gövde Kiti, Sarf Malzemeler)	₺ 5.850,00	₺ 8.915,00	₺ 3.065,00	Henüz temin edilememiştir.
Elektronik Bileşen(Sigorta, Fan, Voltaj Regülatörü)	₺ 445,00	₺ 470,00	₺ 25,00	Henüz temin edilememiştir.
TOPLAM	₺ 29.435,00	₺ 37.099,16	₺ 7.664,16	Maddi destek KTR sonrasına ertelendiği için malzemeler temin edilememiştir

Tablo 3 Tahmini ve Gerçekleşen Bütçe

TEKNOFEST'ten gelecek maddi desteğin ileri bir tarihe ertelenmesi ve maddi destek sağlanabilecek bir sponsor bulunamaması sebebiyle malzeme tedarigi henüz sağlanamamıştır. Artan malzeme fiyatları sebebiyle tahmini bütçe ve gerçekleşecek bütçe arasında fark ortaya çıkmıştır. Bu oluşan fark ve sapma nedenleri *tablo 3 'te* verilmiştir

3. DETAYLI TASARIM ÖZETİ (15 PUAN)

3.1. Nihai Sistem Mimarisi



Şekil 3 Genel Sistem Mimarisi

VEGA-S Hava Aracının sistem ünitesi İtki, Güç, Uçuş Kontrol ve Haberleşme sistemlerinden oluşmakta, uzaktan erişimde ise Yer Kontrol İstasyonu ile haberleşme sağlanmaktadır. Hava Aracına ait olan bu sistem ünitesi **şekil 3**'te gösterilmiştir. Alt sistemler için gerekli olan güç ve itki nihai sistem tablolarının en üst kısımlarında görünen İtki Sistemi ve Güç Sistemi üzerinden sağlanacaktır. Bu üniteler içerisinde hava aracına gerekli voltaj geriliminin sağlanması için bir adet **6S 12000 mAh LiPo**, bir adet **3S 4000 mAh LiPo** kullanılacaktır. Yapılan testler sonucu sistemler için gereken gerilimin bu iki batarya tarafından sağlanacağı görülmüştür. (Uçuş Kontrol İstasyonu ve Haberleşme sisteminde yer alan ekipmanların giriş voltajları görseller üzerinde belirtilmiştir.) Bataryaların dışında gerilimin güvenli, sağlıklı ve kesintisiz bir şekilde sağlanabilmesi için **TW Beatles 70A ESC**, **2 adet Midi Sigorta** ve **Matek PDB-XT60 Güç Dağıtım Kartı**, yüksek gerilimin engellenmesi için ise 3 adet **5V Voltaj Regülatörü** kullanılacaktır. Elektronik ekipmanlar için gereken gerilimler, regülatörler üzerinden sağlanacak ve ekipmanların hasar alma riski ortadan kaldırılacaktır. Hava aracının her türlü manevrası ve kalkışı için gerekli olacak itki **SunnySky X2820-860 KV V3 860W** motor üzerinden sağlanacak, motora verilecek gerilim ise şekilde görüldüğü üzere batarya ile motor arasına konulan ESC aracılığıyla sağlanacaktır.

Uçuş Kontrol Ünitesi içerisinde uçuş kontrolcüsü olarak **Pixhawk the Cube Orange** modeli kullanılacak, otonom uçuşun kalitesinin artırılması ve isterler doğrultusunda yapılması gerekli olan görevlerin eksiksiz sağlanması için sistemin ihtiyaç duyduğu bilgileri üretecek olan **PX4 Diferansiyel Airspeed**(Pitot Tüpü), **Here 3 CAN GPS**(GNSS) ve **LİDAR-LİTE V3**(LİDAR) sensörleri bu uçuş kontrolcüsüne uyumlu olarak bağlanacaktır. Otonom bağlantının kopması veya manuel moda geçişe ihtiyaç duyulması halinde kullanılacak olan yer kumandasının uçak içerisindeki alıcısı olan **FS-İA 10B** alıcı da uçuş kontrolcüsüne bağlı olarak Uçuş Kontrol Ünitesi içerisinde yer alacaktır. Bu ekipmanlar arasındaki haberleşme ve bağlantı için kullanılan protokoller görseller üzerinde belirtilmiş, bağlantı okları gösterilmiştir.

VEGA-S Hava Aracı, gerekli bilgileri Yer İstasyonuna iletebilmesi ve Yer İstasyonundan da gerekli komutları alabilmesi için haberleşme sistemine sahiptir. (3.2.1'de alt sistem özeti olarak anlatılan haberleşme sistemi 5. Başlık altında ayrıntıları ile açıklanmıştır.) Bu haberleşme sistemi içerisinde Hava Aracı bünyesinde bulunacak uçak içi bilgisayarını olarak **Raspberry Pi 4B (8GB)** modeli kullanılacaktır. Gerekli alt başlıklar altında uyumlulukları ve avantajları anlatılan bu uçak içi bilgisayarına bağlanan **Raspberry Pi HQ Kamera Modülü** ve **3DR RADYO TELEMETRİ 100MW 433 Hz** telemetri kitinin alıcısı ile gerekli iletişim kurulacak, gerçek zamanlı veri aktarımları sağlanacaktır. Uçak içerisinde bulunan haberleşme sisteminin iletişim sağlayacağı Yer Kontrol İstasyonunda ise telemetri vericisi olarak **3DR RADYO TELEMETRİ 100MW 433 Hz** kitinin vericisi ve **FLYSKY FS-İ6** Kumanda modülü bulunacaktır. Uçuş Kontrol İstasyonu ve Görüntü İşleme İstasyonları da bu sistem içerisinde yer alacak Ethernet Sağlayıcısı ile iletişimleri sağlanacaktır. Alt sistemlerin genel özeti 3.2 başlığı altında anlatılmıştır.

3.2. Alt Sistemler Özeti

3.2.1. Görüntü ve Haberleşme Sistemi

Görüntü ve Haberleşme Sistemi, görüntü ve sensör verilerinin uçak içinde bulunan bilgisayar aracılığıyla yer istasyonuna aktarımını sağlar. Sistem içerisinde gerçek zamanlı görüntü verilerinin alınması amacı ile kullanılan kamera modülü, Yer Kontrol İstasyonu ile hava aracı arasındaki haberleşmeyi sağlayan telemetri modülü, oluşabilecek acil durumlarda güvenlik pilotu ile hava aracı arasındaki bağlantıyı kuracak olan RC alıcı ve vericisi bulunmaktadır.

Bu sistem içerisinde kullanılan materyaller aşağıda açıklanmıştır. Yer İstasyonu ve Haberleşme Sistemi hakkında detaylı bilgilendirme istenildiği üzere beşinci başlık altında açıklanacaktır.

Uçak İçi Bilgisayar

Vega-S aracı ile Yer Kontrol İstasyonu (YKİ) arasındaki iletişimin sağlanmasında uçak içi bilgisayarı rol oynar. Kameradan, uçuş kontrolcüsünden ve sensörlerden alınan veriler uçak içi bilgisayarı yardımıyla Yer Kontrol İstasyonu'na aktarılır. Bu sebeple seçilecek olan uçak içi bilgisayarı zaruri önem gözetmektedir.

Kameradan alınacak olan gerçek zamanlı görüntünün işlenebilmesi ve istenilen görevleri yerine getirebilecek hale gelmesi için bu görüntülerin başarılı bir şekilde Yer istasyonuna aktarımı sağlanmalıdır. Bu sebeple seçilecek olan Uçak İçi Bilgisayarı isterleri karşılayacak kalitede işlemci hızına ve grafik birimine sahip olmalıdır.

Bu gereklilikler kapsamında yapılan çalışmalarda 3 çeşit bilgisayar üzerinde durulmuş ve bilgisayarlar arasında teknik özellikleri başta olmak üzere çeşitli kıyaslamalar yapılmıştır. Bu kıyaslama **tablo 4'te** gösterilmiştir. Yapılan bu kıyaslamalar doğrultusunda, her türlü teknik ve maddi etkenler göz önüne alındığında, Vega-S hava aracı için Raspberry Pi 4B modelinin kullanılmasına karar verilmiştir.

	Raspberry Pi 4B	Nvidia Jetson Nano	Odroid XU4
İşlemci Hızı	1.5GHz	1.43GHz	1.4GHz
Bellek Kapasitesi	Max 8 GB	Max 4 GB	Max 4 GB
Görüntü Kalitesi	4K	4K	1080p
Ağırlık ve Hacim	46g & 99.53cm ³	241g & 232cm ³	60g & 104cm ³
Enthernet	Gigabit	Gigabit	Gigabit
WiFi	Dahili WiFi var	Dahili WiFi yok	Opsiyonel
Soğutucu Desteği	Dahili destek bulunmamakta	Var	Var
Ortalama Ürün Fiyatı	4500 TL	6000 TL	12000 TL

Tablo 4 Uçak İçi Bilgisayarı Karşılaştırılması

Telemetri:

Vega-S aracı ve Yer Kontrol İstasyonu arasındaki haberleşme telemetri sistemi ile sağlanır. Pixhawk The Cube Orange modeli ile uyumlu olan ve yine Ardupilot yazılımı ile uyumlu olarak çalışabilen 3DR Telemetri modülü tercih edilmiştir. 433 MHz bandında çalışan bu modül, yüksek iletim gücü, yeterli menzil kapasitesi ve uygun fiyat özellikleri ile öne çıkmaktadır.

Kamera:

Yarışma sırasında Vega-S aracı üzerinden alınacak olan görüntü verisi gerçek zamanlı olarak Raspberry Pi HQ Kamera modülü tarafından sağlanacaktır. Modelin seçilmesinde, kullanılacak olan uçak içi bilgisayar (Raspberry Pi 4B) ile uyumlu olarak çalışması, yüksek çözünürlüğe (12.3 mp) sahip, uygun fiyatlı ve hafif olması başlıca etkenlerden olmuştur.

Kumanda ve RC Alıcı:

Uçağın manuel kontrol edilmesinin gerekebileceği acil durumlarda kullanılması için FlySky FS-İ6X Kumanda Modülü tercih edilmiştir. 500-1500 metre menzil aralığına sahip olan bu kumanda modülü yarışma menzil isterlerini rahatlıkla karşılayabilecektir. Aynı zamanda FlySky FS-İ6X Kumanda Modülü 10 kanal kullanımına imkân sağlamaktadır. Modül içeriğinde Fİ-İA 10B Alıcı kullanılacaktır. Modülün uygun fiyatlı olması ve uzun menzil iletişim sağlayabilmesi tercih sebeplerimizden olmuştur.

3.2.2 Otonom Kontrol Sistemi

Otonom kontrol sistemi, hava aracının otonomisinin uçuş kontrol kartı ve uçuş kontrol yazılımı ile sağlanmasında görev alır. Şartname isterleri doğrultusunda yapılan planlamalar ile birlikte VEGA-S aracının otonom kontrol sisteminden, aşağıdaki gerekliliklere sahip olması beklenmektedir.

- Otonom kalkış ve iniş
- Otonom takip
- Otonom uçuş esnasında agresif manevra kabiliyeti
- Hava aracının anlık durumunun (konum, hız, irtifa) sensörler aracılığıyla tespiti
- Oluşabilecek acil durumlara karşı otonom güvenlik modları

Sistem içerisinde bulunacak olan uçuş kontrol kartı olarak Ön Tasarım Raporu'nda da belirtildiği gibi Pixhawk The Cube Orange modülünün kullanılmasına karar verilmiştir.

Bu modülün tercih edilmesinin başlıca sebepleri şu şekildedir:

- Hava aracından istenen verilerin alınabilmesi için ihtiyaç duyulan sensör donanımına (ivmeölçer, jiroskop, pusula, barometrik basınç sensörü) sahip olması
- Mesafe, Hava Hızı ve GPS sensörlerine uyumluluk gösterebilmesi
- Yeterli miktarda bağlantı noktasına sahip olması

Sistem için kullanılacak olan uçuş kontrol yazılımının ise aşağıdaki gereksinimleri karşılaması gerekmektedir.

- Uçuş kontrol kartı ile uyumlu olarak çalışabilmesi
- Algoritmaları tanımlamaya izin verecek tam özellikli açık kaynak yazılımı olması
- Yaygın olarak kullanılması sebebiyle çok fazla dokümantasyona sahip olması
- Yeterli uçuş özelliklerine sahip olması
- Otonom Hesap Katsayılarının (PID değerleri) ayarlanabilmesi
- Fail-Safe otonom güvenlik moduna sahip olması

Bu gereksinimler doğrultusunda yapılan literatür çalışması sonucu Ardupilot Otopilot Yazılımının kullanılmasına karar verilmiştir. Otonom Kontrol Sistemi, birbirine uyumlu olarak çalışabilen Pixhawk The Cube Orange otopilotu ve Ardupilot Otopilot Yazılımı sayesinde, istenen görevleri otonom olarak gerçekleştirebilme özelliğine sahip olmuştur.

Uçuş kontrolcüsü olarak kullanılan Pixhawk The Cube Orange otopilotu içeriğinde ivmeölçer, jiroskop, pusula, barometre gibi sensörler yer almaktadır. Hava aracının otonom kabiliyetlerinin daha sağlıklı yapılabilmesi için yukarıdaki sensör verilerinin dışında ek bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır. Görevlerin gereksinimlerini yerine getirebilmesi, kalkış, uçuş, iniş kabiliyetlerinin otonom hareket sırasında yapılabilmesi için konum verisinin alınması, hava hızının ölçülmesi ve yere ya da diğer nesnelere olan mesafe bilgisinin alınabilmesine olanak sağlayan harici sensörler kullanması gerekmektedir. Kullanılacak sensörler aşağıda detaylandırılmıştır.

GPS Sensörü: (GNSS Here 3 Can GPS): Hava aracının konumuna dair araçtan gerçek zamanlı veri aktarımını sağlayan GPS desteği olarak GNSS Here 3 Can GPS kullanılmaktadır. Tercih kriterleri aşağıda verilmektedir.

- Kullanılan uçuş kontrolcüsü ile uyumludur.
- Kullanılan GPS modülü olarak yüksek ve nitelikli veri oranı sağlar.
- Arttırılmış hassasiyet (RTK- Real Time Kinematic – Gerçek Zamanlı Konumlandırma) desteğine sahiptir. (CAN protokolü desteklidir.)
- Çevresel koşullara dayanıklıdır.

Hava Hızı Sensörü (Pitot Tüpü-Airspeed): Hava aracının kontrolünde hız bilgisinin alınması ve kararlı uçuşun gerçekleştirilebilmesi için Pixhawk PX4 Diferansiyel Airspeed Sensör kullanılmaktadır.

- Kullanılan uçuş kontrolcüsüyle uyumludur.
- I2C protokolüyle uçuş kontrolcüsüne bağlanır ve aracın havadaki rölatif hızı hesaplanır.
- Basınç farkından yararlanarak hız ölçümü yapılmaktadır. İrtifaya göre değişen basınçtan etkilenmediğinden sapma oranı düşüktür.

Lidar: Hava aracının irtifası, otonom hareket, takip ve odaklanabilme algoritmalarının kesintisiz ve sağlıklı bir şekilde yapılabilmesi amacıyla mesafe sensörü olarak lazer ile ölçüm yapabilen LIDAR-Lite v3 Uzun Mesafe Sensörü kullanılmaktadır. I2C ve PWM çıkış sunmaktadır. Tercih kriterleri şunlardır:

- 40 metreye kadar ölçüm yapabilmektedir. (Yarışma isterleri doğrultusunda kapsama alanı yeterlidir.)
- 1m'den büyük mesafelerde ± 2.5 cm sapma oranıyla daha hassas niteliğe sahiptir.
- Açık kaynaklı yazılıma sahip olduğundan yeniden konfigüre edilebilme niteliğine sahiptir.

Kullanılan otopilot ve uyumlu olduğu arayüz, genişletilmiş nitelikleri doğrultusunda gerekli ayarlamalarla sistemin tüm isterlerine uygun hale getirilmiştir. Güvenlik isterleri doğrultusunda fail-safe mekanizması ayarları da bu sistem içinde yapılmıştır.

Sistem genel olarak sahip olduğu fail-safe otonom güvenlik modu sayesinde VEGA-S aracının önceden belirlenen hava sahanın dışına çıkması halinde hava aracını uçuş sahasına geri döndürmeye programlıdır, şayet tehlike arz eden bir durum bulunuyorsa da hava aracı kendini düşürerek imha etmeye programlanmıştır. Fail-safe modunun devreye girmesi durumunda iniş aşağıda belirtilen hareketleri yaparak otonom inişi gerçekleştirecektir.

- Gazın kesilmesi
- Tam yukarı irtifa
- Tam sağ dümen
- Tam sağ (sol) Kanatçık

(2022, Savaşan İha Yarışma Şartnamesi, Bölüm 10)

3.2.3 Güç Kontrol Sistemi

VEGA-S Hava Aracı tasarlanırken itki sistemindeki envanterlerin gücü ile aviyonik sistemlerin ihtiyaç duyduğu gücü, 2 farklı güç kaynağından alması planlanmıştır. İtki sisteminin veriminin artırılması göz önüne alındığında itki sisteminin ihtiyacı olan enerjiyi 6S 12000 mAh LiPo'dan alırken, aviyonik sistemler için gerekli olan enerji 3S 4000 mAh LiPo bataryadan sağlanacaktır.

3.2.4 İtki Sistemi

VEGA-S Hava Aracı'nın ihtiyacı olan itkiyi sağlamak için itki sisteminde elektrik motoru, pervane ve elektrik hız kontrolcüsü bulunmaktadır. Öngörülen ağırlık 5 kilogram olduğundan itki kuvvetini sağlayabilecek SunnySky X4120-480KV tercih edilmiştir. Tercih edilen bu motorla uyumlu olarak 6S 12000mAh LiPo batarya, 13x8 pervane ve Skywalker 80 amper ESC kullanılması kararına varılmıştır.

3.3. Hava Aracı Performans Özeti

VEGA-S Hava Aracının performans özelliklerini isterler doğrultusunda kararlaştırırken hava aracının yeterli uçuş süresi, manevra kabiliyeti, istenilen görevlere uyumluluğu ve uçuş süresince olan verimliliği göz önünde tutulmuştur. 3.2.4 başlığı altında belirtildiği gibi Sunnysky x4120 480 kv fırçasız motor tercih edilmiş, hesaplanan veri değerleri **tablo 5'te** gösterilmiştir.

Pervane	Gerilim (V)	Akım (A)	İtme (gf)	Watt (W)	Verim (g/W)	RPM
13x8	22.2	2.3	500	51.06	9.79	2762
		3.7	750	82.14	9.13	3300
		5.3	1000	117.66	8.50	3805
		7.1	1250	157.62	7.93	4277
		9.1	1500	202.02	7.43	4610
		11.1	1750	246.42	7.10	4982
		13.4	2000	297.48	6.72	5292
		15.7	2250	348.54	6.46	5680
		18.25	2500	405.15	6.17	5915
		21	2750	466.2	5.90	6147
		23.8	3000	528.36	5.68	6409
		29.8	3500	661.56	5.29	6890
		37	4000	821.4	4.87	7350
66.2	5800	1469.64	3.95	8768		

Tablo 5 VEGA-S Hava Aracı Performans Özeti Veri Değerler

Performans değerleri pek çok parametreyi bünyesinde barındıran eCalc.ch programından hesaplanmıştır. VEGA-S Hava Aracı'nın kalkış ağırlığı ... g'dır. Motor, pervane ve LiPo bataryadan oluşan itki sistemi, hava aracının ihtiyaç duyduğu itkiyi sağlamaktadır. Yapılan hesaplamalar sonucu tutunma hızı 12 m/s, tahmini seyir süresi 18 dakika, pervanenin oluşturduğu itki 4300 g, VEGA-S Hava Aracı'nın optimum verim sağlayan uçuşunda motorun tükettiği akım 43A'dır. "eCalc" eklentisi üzerinden yapılan bu hesaplamalar, teorik hesaplama ile analitik hesaplamalar karşılaştırılmış ve tutarlılık sağlanmıştır. Teknik değerler **tablo 6'da** detaylı olarak verilmiştir.

Motor Kısmi Yüğü														
Pervane	İtki	Akım (DC)	Gerilim (DC)	Elektriksel Güç	Verim	İtki				Yunuslama Hızı		Hız(Seviye)		Motor Çalışma Süresi
dev/dak	%	A	V	W	%	g	oz	g/W	oz/W	km/h	mph	km/h	mph	(85%) dakika
1400	14	0.3	22.2	7.1	41.8	93	3.3	13.1	0.46	17	11	-	-	1911.7
2100	21	0.7	22.2	16.4	60.9	209	7.4	12.7	0.45	26	16	-	-	824.7
2800	28	1.5	22.2	32.7	72.5	371	13.1	11.3	0.40	34	21	-	-	413.6

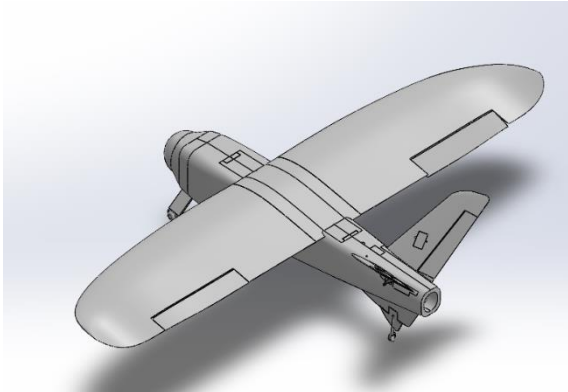
SAVAŞAN İHA YARIŞMASI 2022

3500	35	2.6	22.2	58.4	79.3	579	20.4	9.9	0.35	43	27	-	-	231.6
4200	42	4.3	22.2	96.0	83.4	834	29.4	8.7	0.31	51	32	-	-	140.9
4900	49	6.7	22.2	147.8	86.0	1135	40.1	7.7	0.27	60	37	-	-	91.3
5600	57	9.8	22.1	216.6	87.6	1483	52.3	6.8	0.24	68	42	53	33	62.3
6300	64	13.9	22.1	304.7	88.7	1877	66.2	6.2	0.22	77	48	65	41	44.2
7000	72	18.9	22.1	414.9	89.3	2317	81.7	5.6	0.20	85	53	73	45	32.4
7700	79	25.1	22.0	549.8	89.7	2804	98.9	5.1	0.18	94	58	80	50	24.4
8400	87	32.6	22.0	712.0	90.0	3337	117.7	4.7	0.17	102	64	87	54	18.8
9100	95	41.5	21.9	904.3	90.1	3916	138.1	4.3	0.15	111	69	94	59	14.7
9532	100	48.0	21.9	1042.3	89.8	4297	151.6	4.1	0.15	116	72	99	61	12.8

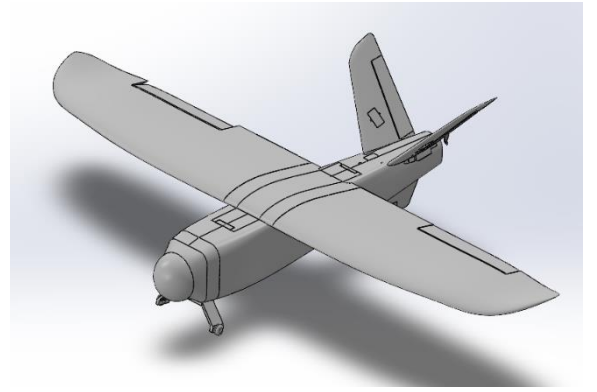
Tablo 6 VEGA-S Aracı Motor Teknik Değerleri

3.4. Hava Aracının Üç Boyutlu Tasarımı

VEGA-S hava aracı, X-UAV firmasının üretmiş olduğu Talon Epo gövde kitine sahiptir. Hava aracının tasarımı üretici firma tarafından sağlanan fabrika verilerinden yararlanarak Solidworks ortamında modellenmiştir. VEGA-S aracının model görüntülerinin farklı açılardan görünüşü **şekil 4** ve **şekil 5**'te verilmiş, **şekil 6**'te ise uçağın boyut analizi eklenmiştir. Hava aracı boyutlandırılması ayrıca sadeleştirilmiş biçimde **tablo 7**'te verilmiştir.

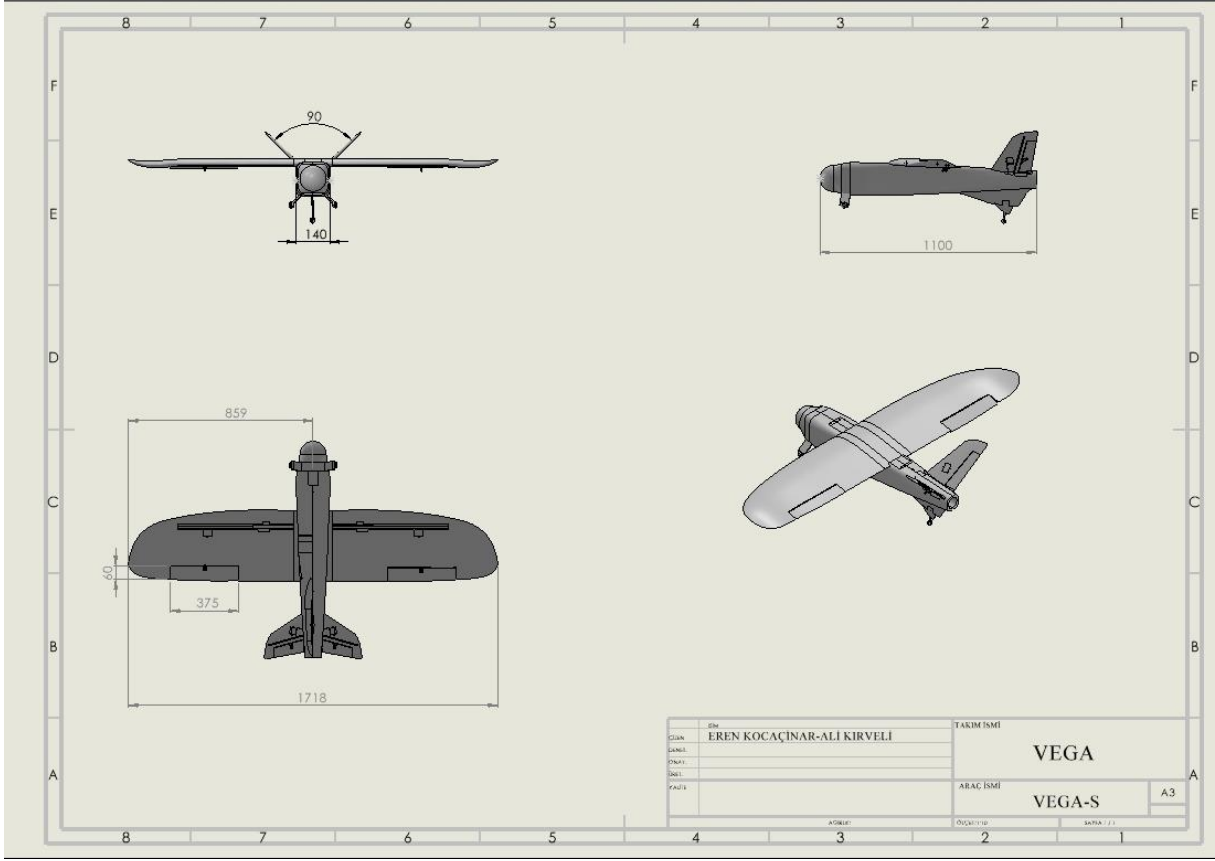


Şekil 4 VEGA-S Aracı 3B Modelleme Arkadan görünüm



Şekil 5 VEGA-S Aracı 3B Modelleme Önden Görünüm

SAVAŞAN İHA YARIŞMASI 2022

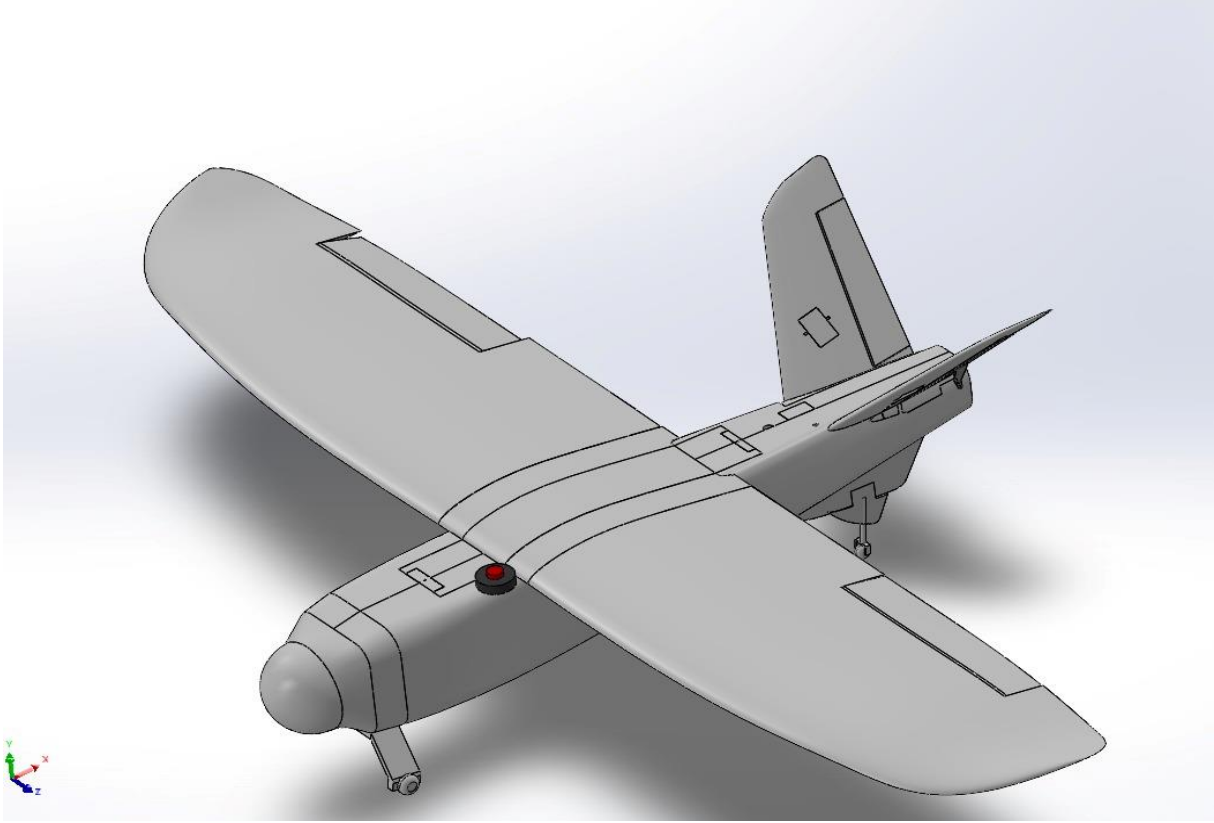


Şekil 6 VEGA-S Hava Aracı Boyut Analizi

Hava Aracı Kısımları	Boyutlandırma (mm)
Kanat Açıklığı	1718
Kanat Alanı	0.6 m
Aerodinamik Veter	360
Uzunluk	1100

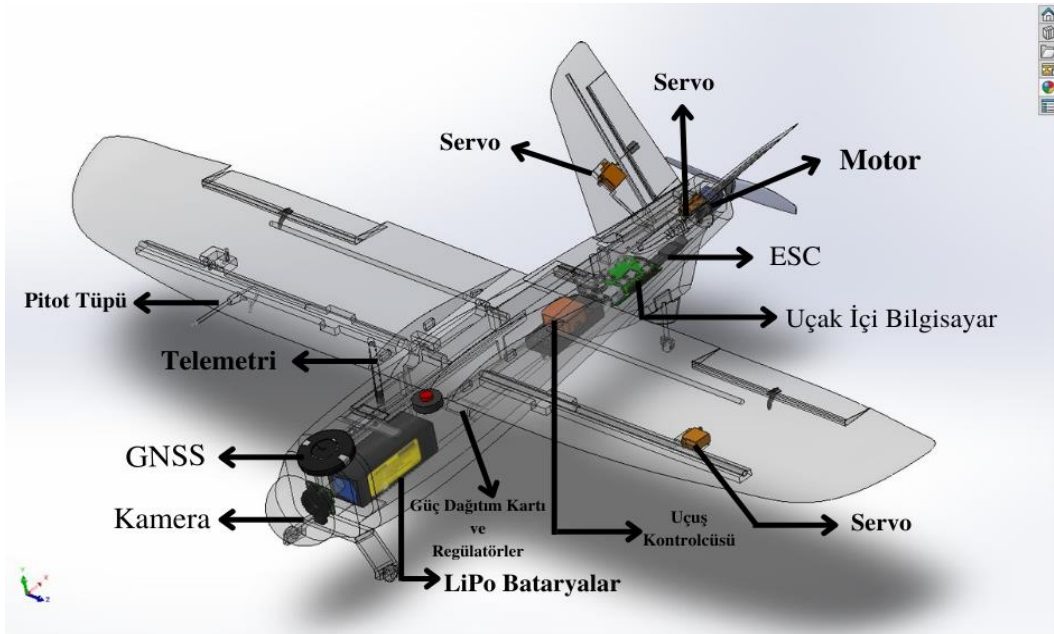
Tablo 7 Hava Aracı Boyutlandırılması

Güvenlik isterleri doğrultusunda hava aracının elektrik aksamında yaşanabilecek her türlü olumsuzluklara karşı acil güvenlik butonu olarak kullanılacak olan sigorta, VEGA-S aracının gövdesinin üst kısmına yerleştirilmiş. 3B tasarım ortamında gösterimi **şekil 7**'de verilmiştir.



Şekil 7 VEGA-S Aracı Sigorta Konumu

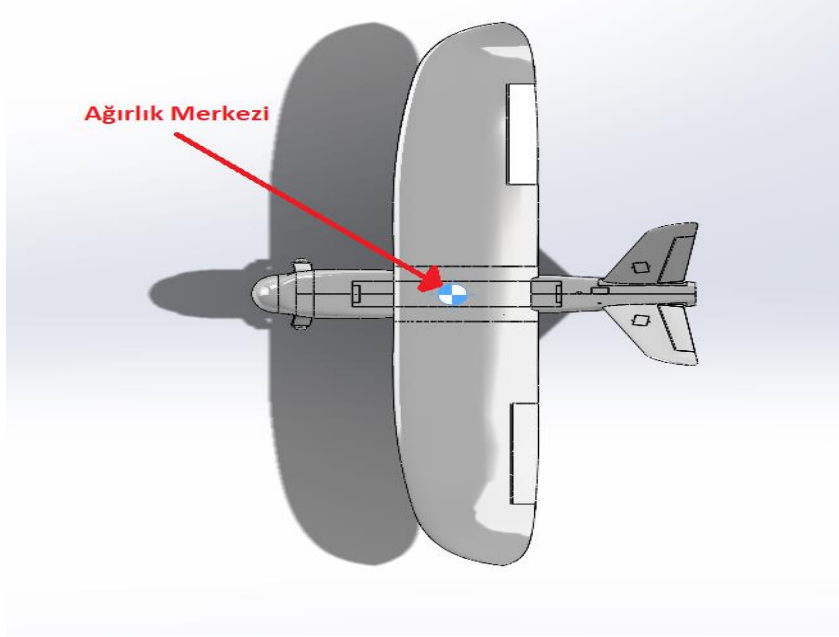
VEGA-S Hava Aracına ait olan uçak içi alt sistem yerleşimleri, hava aracı ve ekipmanların CAD görüntüleri ile birlikte tasarlanmış ve *şekil 8*'de gösterilmiştir. Bu alt sistemlerin teknik bağlantıları ise 7.Bölüm içerisinde bulunan gerekli entegrasyon bağlantıları altına anlatılmış ve görsellerle desteklenmiştir.



Şekil 8 VEGA-S Hava Aracı Alt Sistem Yerleşimleri

3.5. Hava Aracı Ağırlık Dağılımı

Vega-S Hava Aracı'nda kullanılacak olan X-UAV TALON gövde kitinin üretici firma tarafından sağlanan datasheet verileri kullanılarak Solidworks ortamında yapılan gerekli analizler sonucu ağırlık merkezi hesabı yapılmış, yapılan hesap doğrultusunda hava aracının ağırlık merkezi *şekil 9*'da görsellenmiş biçimde verilmiştir. Yapılan bu analiz sırasında gövdenin içerisinde bulunacak olan boşluklar da tasarlanmış, hava aracının malzeme yoğunluğu homojen olarak kabul edilmiştir.



Şekil 9 Solidworks Ortamında Hesaplanan Ağırlık Merkezi

Alt sistemlerin yerleşimi ağırlık merkezi referans alınarak düşünülmüş bu şekilde hava aracının gerekli olan güvenlik sağlanmış ve uçuş sırasında gerekli olacak manevra kabiliyetine imkân sağlanmıştır. VEGA-S hava aracı alt sistemlerinin birim özellikleri **tablo 8**'de gösterilmiştir.

Malzeme Adı	Malzeme Birim Ağırlığı (gr)	Adet	Toplam Ağırlık (gr)
Gövde	1050	1	1050
Raspberry Pi 4B	45	1	45
3dr telemetri modülü	4	1	4
Rc alıcı (fs-ia10b)	19,3	1	19,2
Raspberry Pi HQ kamera modülü	3	1	3
Airspeed hava hız sensörü	25	1	25
Here 3 can GPS	48,8	1	48,8
Lidar lite V3	22	1	22
Servo motor	55	4	220
Motor (Sunnysky x4120 480 KV)	350	1	350

SAVAŞAN İHA YARIŞMASI 2022

ESC	55	1	55
12000 mah Lipo batarya	1350	1	1350
4000 mah Lipo batarya	320	1	320
Pervane	60	1	60
Ön iniş takımı	80	1	80
Arka iniş takımı	220	1	220
Pixhawk the Cube Orange	75	1	75
Toplam			3947

Tablo 8 Kullanılacak Malzemelerin Miktar-Ağırlık Tablosu

4. OTONOM GÖREVLER (15 PUAN)

4.1 Otonom Kilitlenme

Teknofest 2022 kapsamında bulunan Savaşan İnsansız Hava Aracı Yarışması İsterleri iki temel görev barındırmaktadır. Bunlardan birincisi rakip hava aracı tespit edilmesi ve uygunluk durumuna göre tespit edilen hava aracına kilitlenme işleminin başarıyla tamamlanmasıdır. Bu görevin başarılı bir şekilde icra edilebilmesi için GPS üzerinden verilecek olan konum verileri ve kameradan alınıp işlenmek üzere kullanılacak olan görüntü verileri oldukça önemlidir. Bu veriler eşliğinde, hava aracı kalkışını gerçekleştirdikten sonra, yarışma esnasında yer kontrol istasyonundan alacağı rakip hava araçlarının konumlarına dair bilgiler dahilinde kendini uygun pozisyona konumlandırmayı sağlar. Konum bilgileri sayesinde eğer takip altında ise kaçma manevralarını devreye sokarak, rakip hava aracının takibinden kaçınmaya öncelik verilir.

VEGA-S aracı konum verileri alındıktan sonra şayet gereken şartlar sağlanırsa, araç içerisinde kullanılacak olan Raspberry Pi HQ kameradan gelen görüntü verilerini işleme sokarak görevi yerine getirmeye başlayacaktır. Hava aracının görüntüleme sırasında tespit yapabilmesi için kamera verilerinin işlenmesi bir başka tabirle akıllandırılması gerekmektedir. Bu akıllandırma işleminin yapılabilmesine olanak sağlayan birçok algoritma mevcuttur.

Yapılan literatür taramaları sonucunda üzerinde durulan YOLO (You Only Look Once) algoritması da bu işlemi yapmaya olanak sağlayan bir algoritmadır. Yarışma kapsamında bulunan görev isterleri doğrultusunda VEGA-S aracı, uçuş sırasında hedef tespini olabildiğince doğru ve hızlı şekilde yapmak zorundadır. Bu şartlar dahilinde yapılan kıyaslamalar sonucunda YOLO algoritmasının piyasadaki muadillerine oranla bu işlem için daha uygun olduğu tespit edilmiş, simülasyon ortamında yapılan denemeler ile testi yapılmıştır.

YOLO algoritması, ilk olarak kendisine verilen görüntüyü farklı boyutlarda ızgaralara bölerek görüntü işleme işini başlatır. Böldüğü her ızgara içerisinde obje arayan algoritma daha sonrasında bunu “Bounding Box” içerisine almaktadır. “Bounding Box” içerisine alınan objeler için güven skoru yapılarak düşük skorlu bulunan kutucuklara eleme işlemi uygulanmaktadır. Nesnenin orta noktası, uzunluğu, genişliği gibi fiziksel detayları değerlendirilerek nesne tespiti

işlemi uygulanır. Algoritmanın kullandığı yöntem, gerçek zamanlı görüntünün işlenmesi sırasında büyük avantaj sağlamıştır. Simülasyon ortamında yapılan görüntü işleme testlerine dair veriler *şekil 10*'da verilmiştir. Görsellerde YOLO algoritması ile yapılan nesne tespiti işleminin adımları gösterilmiştir.



Şekil 10 YOLO (You Only Look Once) Algoritması ile Yapılan Nesne Tespiti

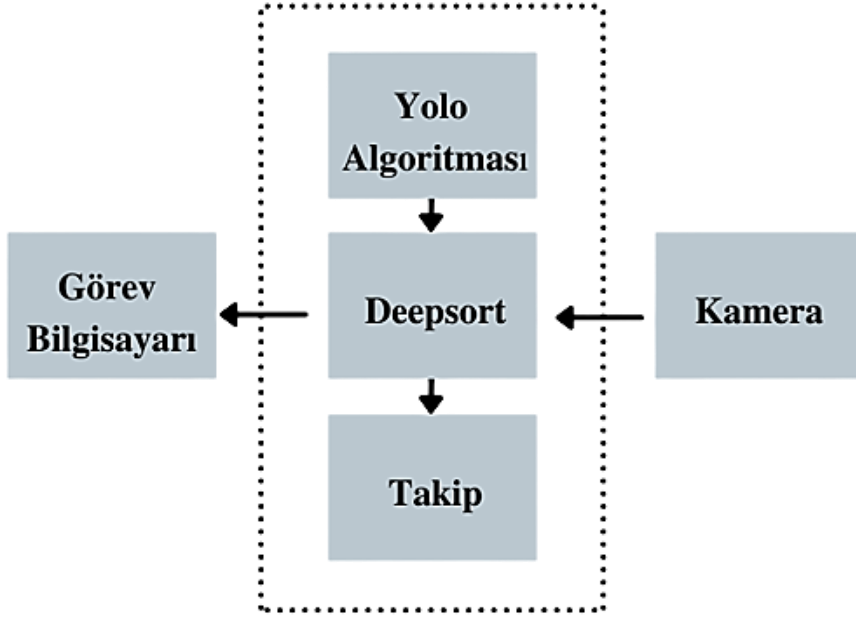
YOLO algoritmasının seçilmesindeki bir diğer etken de eğitilmesine, üzerinde değişiklik yapılabilmesine olanak sağlamasıdır. VEGA-S aracı için gerekli olan algoritmanın optimize biçimde kullanılması gerektiği için çeşitli videolar üzerinden toplanan kareler(frame) ile özelleştirilmiş datasetler(veri setleri) ile algoritmanın eğitilmesi sağlanmıştır. Algoritma üzerinde yapılan bu işlem ile gerekli isterler doğrultusunda uygulanacak olan görevlerin yapımına olanak sağlanmış, aynı zamanda algoritma üzerine özgünlük katılmıştır.

YOLO algoritması muadillerine kıyasla yüksek işlem hızına sahip olsa da kamera tespite başladıktan sonra her seferinde nesne tespiti (object detection) yüklü bir işlem gücü gerektirmektedir.

Bu durumda iki adet seçenek üzerinde durulmuştur:

- İlk seçenek dahilinde, nesne tanıma işlemlerini yer istasyonunda yaparak gerekli işlem gücü karşılanabilir. Bu yol verimli gibi gözükse de arada oluşacak bağlantı gecikmeleri oluşabilir.
- İkinci yol da ise nesne tespitini hava aracı üzerinde yapılarak bağlantı problemlerini ortadan kaldırıp görevini aralıksız icra etmesine olanak sağlamaktadır. Ayrıca bu yolu daha verimli hale getirmek, ekstra işlem gücünü azaltmak için takip algoritması kullanılacaktır.

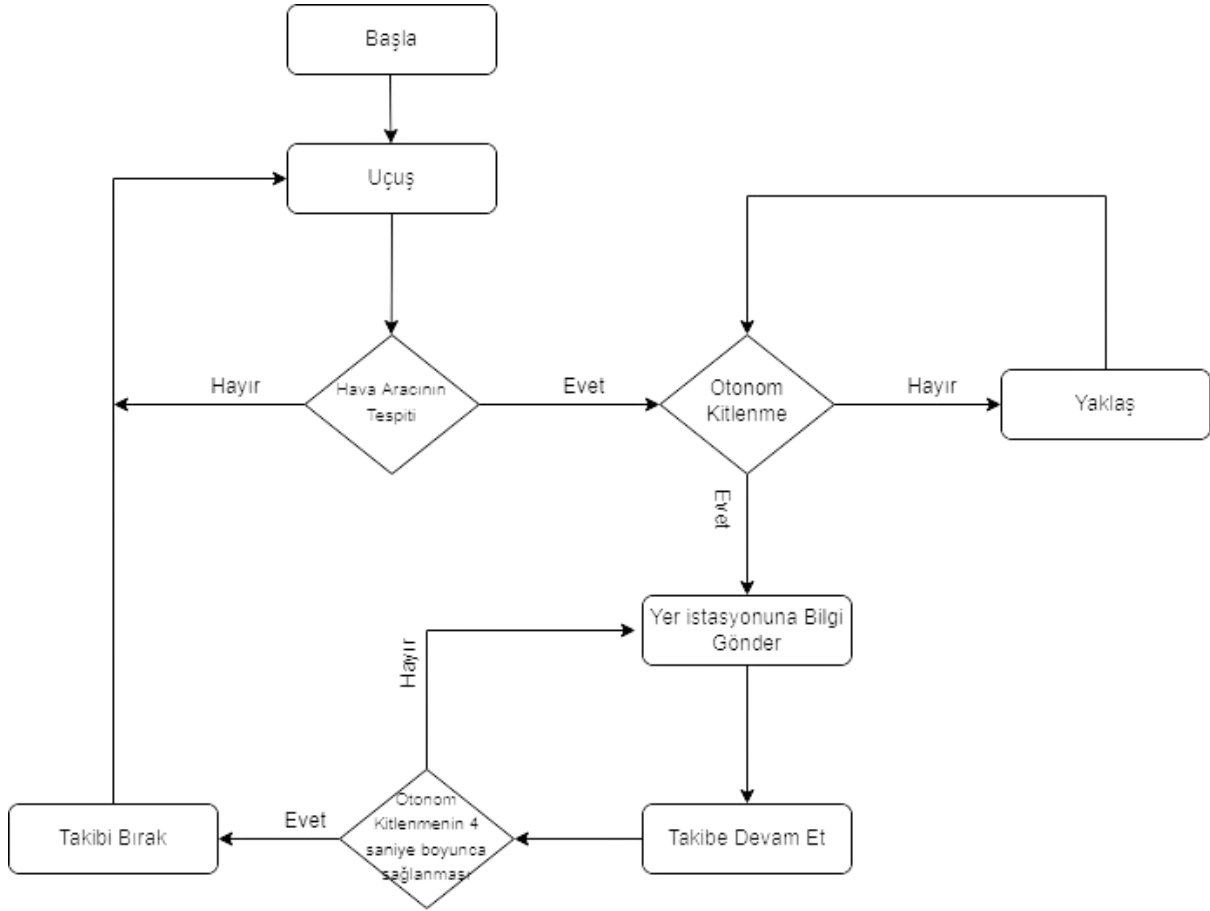
Görüntü işleme sürecinin modellenmesi *şekil 11*'de verilmiştir. Süreç doğrultusunda Ön Tasarım Raporu'nda belirtilen model üzerinden devam edilmeye karar verilmiştir.



Şekil 11 Görüntü İşleme Süreci

Takip algoritması, tespit edilen bir nesnenin farklı yöntemler kullanılarak bir sonraki konumunu tahmin etmeye olanak sağlamaktadır. Böylece her seferinde tekrardan nesne tespiti yapmak yerine hedef tespit edildikten sonra takip algoritması çalıştırılarak hedefin takip edilmesi sağlanacak ve işlem yükü hafifletilecektir. İşlem yükünün hafifletilmesi, işlem hızı bakımından da avantaj sağlamaktadır. Hedef tespiti için SORT (Simple Online and Realtime Tracking) ve DeepSort nesne takip algoritmaları üzerinde durulmuştur. Sort algoritması tespit edilen nesnenin bir sonraki karede nerede olacağını Kalman Filtresi yöntemini kullanarak tahmin işlemi uygular. Bir önceki karede bulunan nesne ile anlık olarak karede bulunan nesneyi skor yardımıyla ilişkilendirir. Bu dahilde avantajlara sahip olan algoritma, objelerin kaybolması veya iç içe geçmesi durumunda zayıf kalmaktadır.

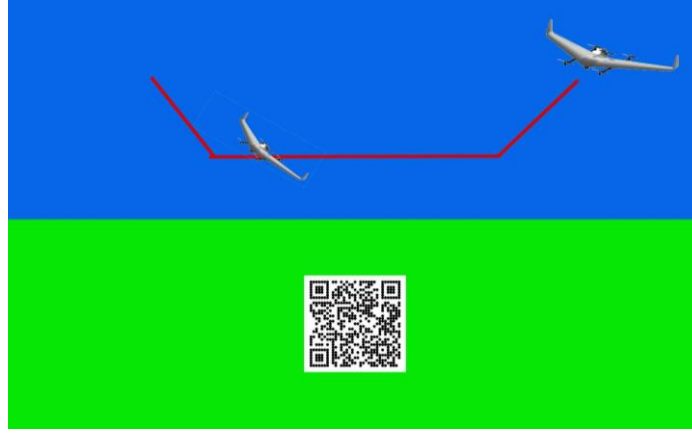
DeepSort algoritması, SORT algoritması gibi nesne takibinde Kalman Filtresi kullanmaktadır. SORT algoritmasına kıyasla nesneyi sınıflandırmak için CNN(Convolutional Neural Network) kullanır. Objeler bu aşamadan geçirilir ve bir vektör elde edilir. Bu vektör ile ilişkilendirilen objeye takip işlemi uygulanır. Bu sayede SORT algoritmasının zayıf kaldığı durumun önüne geçilecek ve dezavantajlar ortadan kaldırılacaktır. Objelerin iç içe geçmesi gibi durumlarda da DeepSort'un daha başarılı olduğu tespit edilmiştir. Algoritma tercihinde de Ön Tasarım Raporu'nda üzerinde durulan algoritma ile devam edilmeye karar verilmiş, bu algoritma *şekil 12*'te gösterilmiştir.



Şekil 12 Otonom Kilitlenme algoritması

4.2 Kamikaze Görevi

Yarışma isterleri doğrultusunda görevler arasında bu sene dahil edilen Kamikaze görevinde hava aracından, sunucu tarafından iletilmiş koordinatlardaki yer hedeflerinin (QR kodların) üzerinde yer alan mesajı okuyabilmesi beklenmektedir. Uçuş sırasında hava aracına koordinatlar ulaştığında şayet konum uygunsa derhal görevin icra edilmesi, konumun uygun olmaması durumunda ise uygunluk şartları sağlanana kadar diğer görevlerinin icra edilmesi ve doğru konum için beklenilmesi VEGA-S aracının uygulayacağı algoritma olacaktır. Hava aracının görevi icra sırasında belirtilen konuma uygun açı ile yaklaşması son derece önem arz etmektedir. Kamera açısı için optimum koşullar sağlandığında hava aracı okunan mesajı yer istasyonuna gönderecektir. Kaza kırımı engellemek amacıyla belirli bir irtifanın altına düştüğünde hedef pas geçilecek, VEGA-S aracı uçuş kontrol yazılımı ile otonom olarak uygun irtifaya çıkarılacaktır. Bu sayede oluşabilecek herhangi bir tehlikenin önüne geçilerek, riskler ortadan kaldırılacaktır. Hava aracının bu görev icrasına dair örnek bir görsel *şekil 13*'te belirtilmiştir.



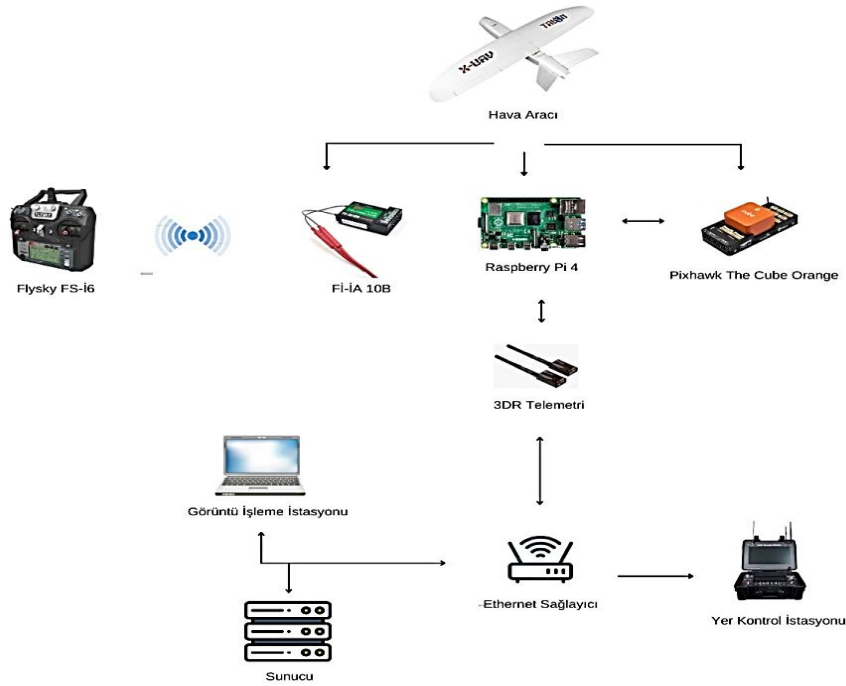
Şekil 13 VEGA-S Aracı Kamikaze Görev Manevrası

5. YER İSTASYONU VE HABERLEŞME (15 PUAN)

Görüntü ve haberleşme sistemi VEGA ekibi tarafından üç ayrı başlıkta ele alınmıştır.

- VEGA-S Aracı ile Yer İstasyonu Arası Haberleşme
- RC Haberleşme
- Görüntü İşleme Arayüzü ile Uçuş Kontrol İstasyonu Arası Haberleşme

Alt başlıklara ayrılan haberleşme sistemleri arasındaki bağlantı ve haberleşme sisteminin genel hatları *şekil 14*'te detaylı olarak gösterilmiştir.



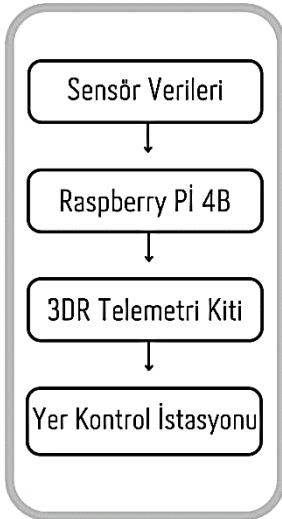
Şekil 14 VEGA-S Aracı Genel Haberleşme Şeması

5.1 VEGA-S Aracı ile Yer İstasyonu Arası Haberleşme

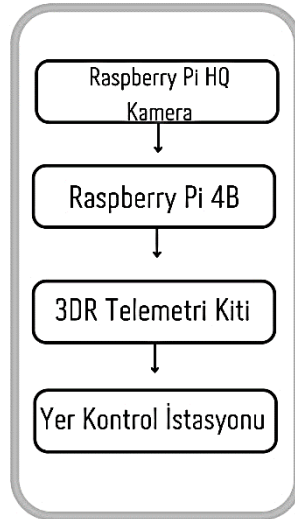
VEGA-S Hava aracı üzerinden alınacak olan gerçek zamanlı görüntü ve telemetri verilerinin Yer İstasyonuna aktarılabilmesi ve hava aracına verilecek olan komutların Yer İstasyonu aracılığı ile verilmesi için bu sistemler arasında iki yönlü haberleşmeyi sağlamak mecburidir.

Raspberry Pi HQ Kamera Modülü ile alınan görüntü CSI yani “Camera Serial Interface” bağlayıcısı ile uçak içi bilgisayarı olan Raspberry Pi’ye aktarılır. Uçuş kontrol kartı üzerinde üretilen telemetri verileri ise Pixhawk ve Raspberry Pi arasındaki bağlantı ile uçak içi bilgisayarına aktarılmaktadır. Hava aracı ile Yer istasyonu arasındaki iletişim ise 3DR Radyo Telemetri Kiti ile sağlanacaktır. Pixhawk uçuş kontrolcüsü ile de uyumlu olarak çalışabilen bu kit açık kaynak yazılımına sahiptir. Mavlink protokolü ile haberleşen 3DR Radyo Telemetri Kiti 433 MHz frekanslarında çalışacaktır. Bu kitin tercih edilmesinin sebepleri ÖTR’de de açıklandığı gibi yüksek frekans hassasiyeti, yüksek iletim gücü ve gerekli isterleri kapsayacak yeterlilikte olmasıdır. Telemetri kitinin Yer İstasyonundaki bağlantısı, Yer İstasyonundaki bilgisayarın USB portu üzerinden sağlanacaktır.

Yer İstasyonundan VEGA-S aracına gönderilecek olan komutlar ise telemetri aracılığı ile önce uçak içi bilgisayarı olan Raspberry Pi’ye, daha sonra da buradan USB kablo bağlantısı ile Uçuş Kontrolcüsü olan Pixhawk’a aktarılacaktır. Yer İstasyonu ve Hava aracı arasında gerçekleşecek olan haberleşmeye ait şemalandırma işlemi **şekil 15’te** gösterilmiştir. **Şekil 16** ise Yer İstasyonu’ndan Hava Aracına doğru olan iletişimi belirtmektedir.



Şekil 15 Telemetri ve Görüntü Aktarımı



Şekil 16 Yer İstasyonu ve Uçak İçi Bilgisayar Arası İletişim

5.2 RC Haberleşme

Otonom kontroldeki olası kopma durumunda hava aracının manuel olarak kontrol edilebilmesi için hava aracı ile yer pilotu arasındaki haberleşmenin sağlanması gerekmektedir.

Bu haberleşme sistemi için FlySky FS-İ6X 10 kanallı kumanda modülü kullanılması kullanılmıştır. Kumanda alıcısı ile kumanda arasındaki haberleşme 2.4GHz bandında gerçekleşmektedir. Kumanda üzerinde bulunan kanallar sayesinde hava aracına birçok fonksiyon eklenebilmektedir. Bir diğer avantajı ise dijital protokollerle tek bir sinyal kablosu kullanarak tüm kanallar aktif hale getirilir. Bu sayede yerden ve ağırlıktan büyük ölçüde kazanç sağlanır.

5.3 Görüntü İşleme Arayüzü İle Uçuş Kontrol İstasyonu Arası Haberleşme

Araç içerisinden aktarılan görüntülerin işlenebilmesi ve isterler doğrultusunda planlanan görevleri yerine getirebilecek niteliklerin kazandırılması için görüntü işleme bilgisayar ve uçuş kontrol istasyonu arasında çift yönlü iletişimin sağlanması gereklidir. Sensörlerden alınan gerekli verilerin görüntü işleme bilgisayarına aktarımını daha sonra da işlenen görüntünün arayüze aktarımını sağlamak bu sistemin temel görevidir. Sistemler arasında iletişim yönlendirici sayesinde kurulacak, iletişim esnasında ethernet aracı olarak kullanılacaktır. Görüntü İşleme Arayüzü ile Uçuş Kontrol İstasyonu'nun haberleşme şeması *şekil 17*'de gösterilmiştir.



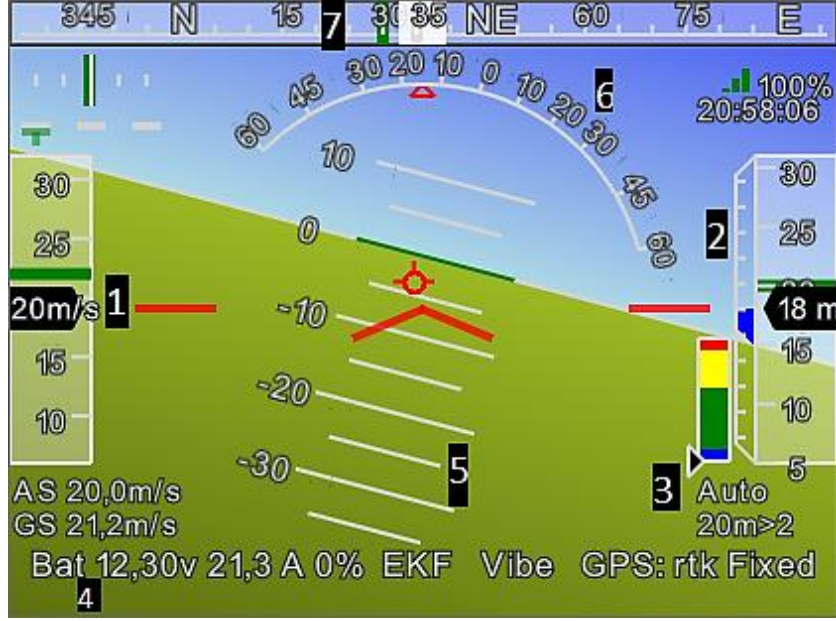
Şekil 17 Görüntü İşleme Arayüzü ve Uçuş Kontrol İstasyonu Arasındaki Haberleşme

Yer İstasyonunda yazılımsal arayüz olarak Mission Planner kullanılacaktır. Arayüz ile ilgili detaylar 6. Başlık altında verilmiştir.

6. KULLANICI ARAYÜZÜ TASARIMI (10 PUAN)

6.1 Yer Kontrol İstasyonu Tasarımı

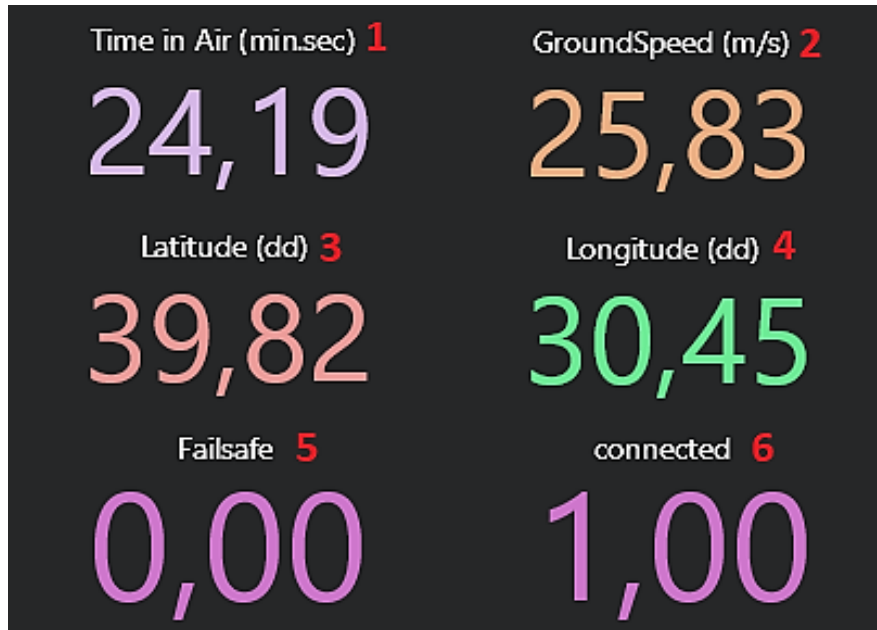
Açık kaynak kodlu olmasından ve Ardupilot otopilot yazılımı ile uyumlu olarak çalışabilmesinden dolayı Yer Kontrol İstasyonu olarak Mission Planner uygulamasının kullanımı tercih edilmiştir. *şekil 18*'de Arayüz Tasarımı, *şekil 19*'da ise hızlı veri göstergesi verilmiş, detaylar numaralandırma yöntemi ile açıklanmıştır.



Şekil 18 Arayüz Tasarımı

Yer Kontrol İstasyonu HUD Bilgileri:

1. Hava Aracının yere göre hızını (m/s) verir.
2. Hava Aracının irtifa bilgisini verir.
3. Hava Aracının uçuş modu bilgisini verir.
4. Hava Aracının batarya bilgisini verir.
5. Hava Aracının dikilme açısı bilgisini verir.
6. Hava Aracının yuvarlanma açısı bilgisini verir.
7. Hava Aracının yönelme açısı bilgisini verir.



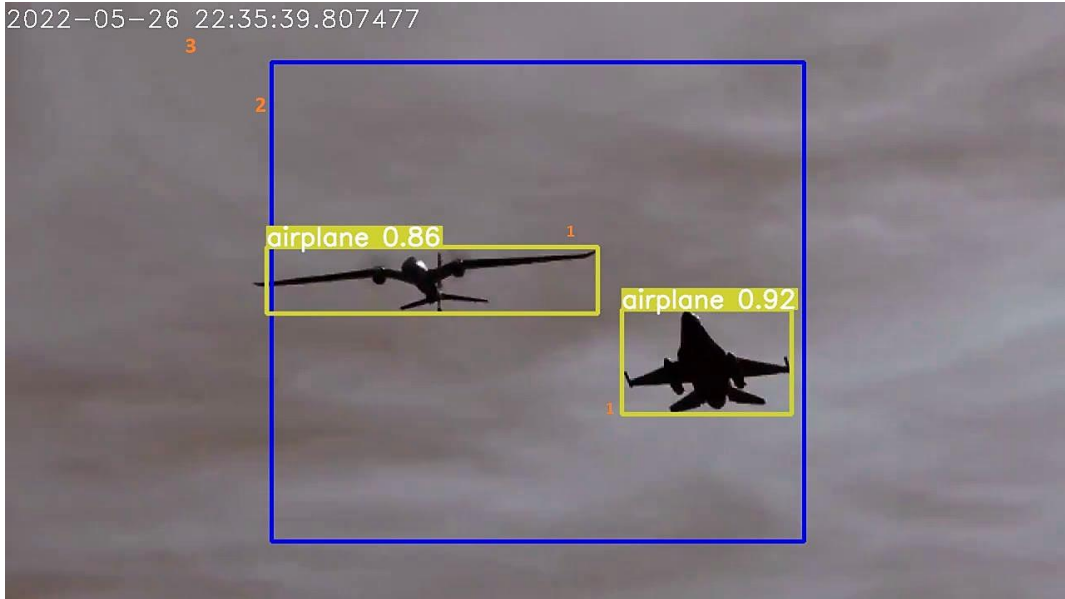
Şekil 19 YKİ Hızlı Veri Bilgisi

Yer İstasyonu Hızlı Veri Bilgisi:

1. Hava Aracının havada kalma süresini verir.
2. Hava Aracının yere göre hızını verir (m/s).
3. Hava Aracının enlem bilgisini verir.
4. Hava Aracının boylam bilgisini verir.
5. Hava Aracının failsafe modu hakkında bilgi verir.
6. Hava Aracının bağlantı bilgisini verir.

6.2 Görüntü İşleme Tasarımı

Teknofest 2022 Savaşan İnsansız Hava Aracı Yarışması Şartname İsterleri doğrultusunda kameradan alınan görüntü verisinin işlenerek görevlere uyumlu hale getirilmesi beklenmektedir. Bu işleyişin icra edilmesi ve yer istasyonuna bilgi aktarılması Görüntü İşleme Arayüzü ile sağlanacaktır. Otonom takip ve kilitleme sırasında kullanılacak olan görüntü işleme tasarımı **Şekil 20**'de verilmiş, tasarım hakkındaki gerekli bilgiler görselin alt kısmında açıklanmıştır.



Şekil 20 Görüntü İşleme Tasarımı

Görüntü İşleme Tasarım Bilgisi:

1. Hedef Vuruş Alanı.
2. Kilitlenme Dörtgeni.
3. Sunucudan alınan tarih ve saat bilgisi.

6.3 Temel Ayarlar ve Katsayı Ayarları Tasarımı

Hava Aracı'nın dikilme açısı, yuvarlanma açısı, yönelme açısı ve agresiflik ivmesinin ayarlanabilmesi için Mission Planner Arayüzü içeriğinde Temel Ayarlar Bölümü bulunmaktadır. Temel Ayarlar Bölümü'ndeki katsayı ayarlarının, hesaplamalar ve simülasyon denemeleri yapılarak en ideal şekilde ayarlanması gerekmektedir.

Vega-S Hava Aracı'nın açısal ivmelenme katsayı ayarları yapmış olduğumuz hesaplamalar ve simülasyon denemeleri sonucunda belirlenmiş, açısal ivmelenmeyi ve açısal agresifliği etkilemeyecek olan katsayı ayarları ise Mission Planner'ın önerdiği değerlerde kullanılmıştır. Uçağın Temel Ayarlar Bilgisi ve katsayı ayarları **şekil 21'de** verilerek açıklanmıştır.

Servo Roll Pid		Servo Pitch Pid		Servo Yaw	
P	1	P	1	Yaw 2 roll	1
I	0,3	I	0,3	Integral	0
D	0,08	D	0,04	Sonum	0
INT_MAX	30	INT_MAX	30	Intergrator Max	15
L1 Control - tur Kontrolü					
Donem	6	4			
Kurulum	0,75				

Şekil 21 Temel Ayarlar ve Katsayı Ayarları Bilgi Ekranı

1. İHA'nın yuvarlanma açısı katsayıları.
2. İHA'nın dikilme açısı katsayıları.
3. İHA'nın yönelme açısı katsayıları.
4. İHA'nın tur kontrol katsayıları.

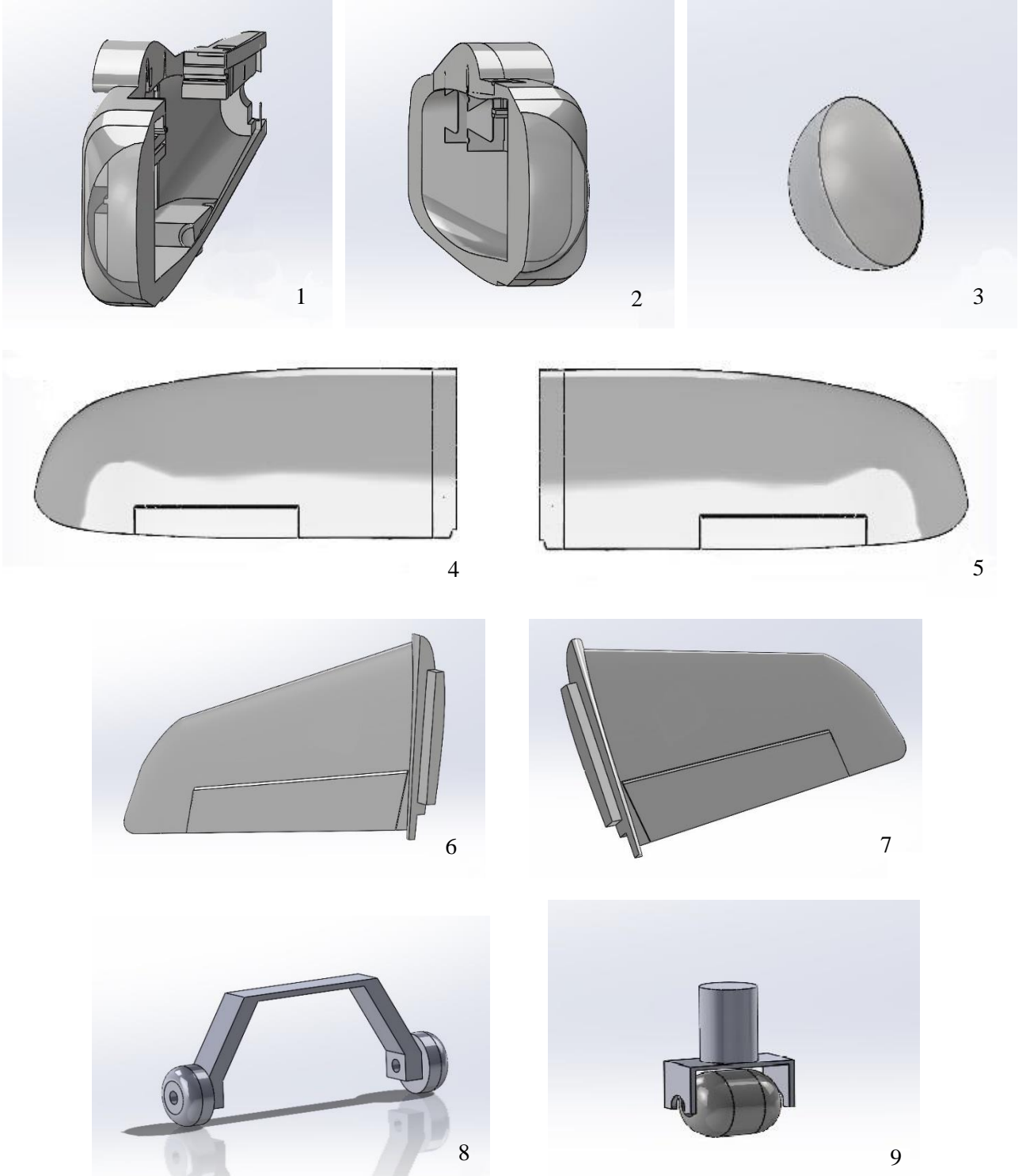
7. HAVA ARACI ENTEGRASYONU (10 PUAN)

7.1. Yapısal Entegrasyon

Ön Tasarım Raporu süresince yapılan literatür taramalarına, rapor sonrasında da kesinlik kazandırılmak adına devam edilmiş ve araştırmaların sonucunda X UAV TALON uçak kit gövdesi üzerine kesin karar kılınmıştır. X UAV TALON EPO hava aracının, hafiflik, kanat tipi, montaj kolaylığı ve iç malzeme entegrasyonlarının kolaylığı gibi öne çıkan özelliklere sahip olması, seçimin yapılmasındaki başlıca etkenlerden olmuştur. Gövde kitinin sağladığı bu özellikler şartname görev isterlerini kapsayabilecek yetenektedir.

Vega-S aracının gövde kitinin yapısal entegrasyon parçaları Solidworks kullanılarak CAD ortamında çizilerek **şekil 22** içeriğinde eklenmiş, **tablo 9'** da ise bu kısımlar hakkında açıklama yapılmıştır.

SAVAŞAN İHA YARIŞMASI 2022

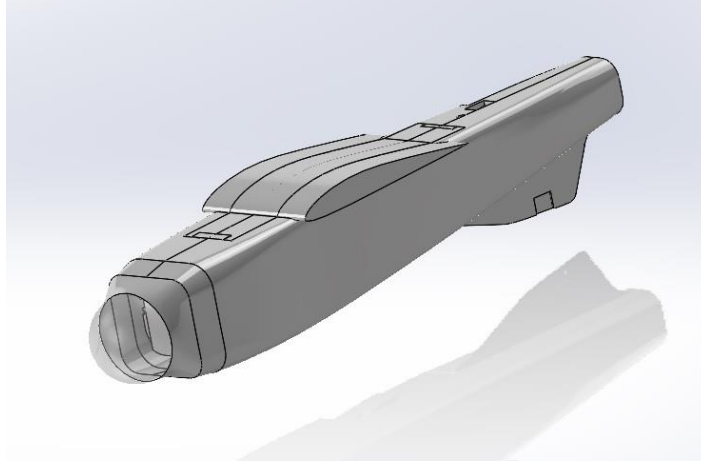


Şekil 22 VEGA-S Aracı Gövde Parçaları

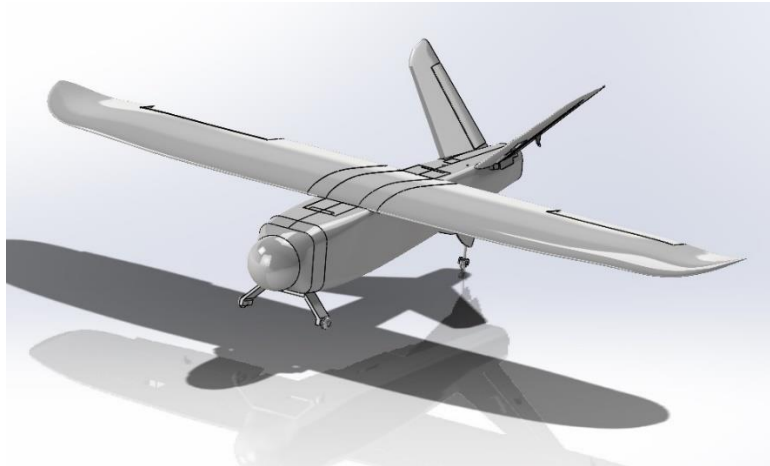
Parça No	Açıklama	Parça No	Açıklama
1	Ana Gövde Sağ Parça	6	Arka Sol Kanat
2	Ana Gövde Sol Parça	7	Arka Sağ Kanat
3	Ana Gövde Ön Kamera Fanus	8	Ön İniş Takımı
4	Sol Kanat	9	Arka İniş Takımı

Tablo 9 Yapısal entegrasyon parça tablosu

Kullanılacak olan hava aracı kiti demonte kanatlardan oluşmaktadır. Bu özellik, montaj sırasında yapılabilecek değişikliklere olanak sağlaması ve kolay taşınabilir olması bakımından büyük avantaj sağlamaktadır. Kanatlarda olduğu gibi gövde kısmında da demonte durumu bulunmaktadır, iki parça halinde teslim alınacak olan kit gerekli entegrasyonların yapılması sonrası birleştirilecektir. Monte edilmiş gövde biçiminin CAD görüntüsü **şekil 23**'te gösterilmiştir. Gövdenin iki parça şeklinde teslim alınacak olması ise istenilen entegrasyon ve eklemelerin yapılmasına olanak sağlamaktadır.

**Şekil 23** İki gövdenin birbirine montajlanmış 3D modellenmiş hali

Kit içerisinde herhangi bir iniş takımı bulunmamaktadır, bu sebeple iniş takımı VEGA ekibi tarafından tasarlanıp araç üzerine monte edilecektir. İniş takımının tasarımı yapıldıktan sonra araç üzerinden testlere sokulması amacıyla CAD ortamında monte halin çizimi sağlanmış, bu çizim **şekil 24**'te belirtilmiştir. Kuyruk kısmında bulunan pervanenin, iniş sırasında yere temas etmemesinin sağlanması hususuna dikkat edilerek yapılan tasarımda ön ve arka iniş takımının uzunluğu esas alınarak gerekli ayarlamalar yapılmıştır.

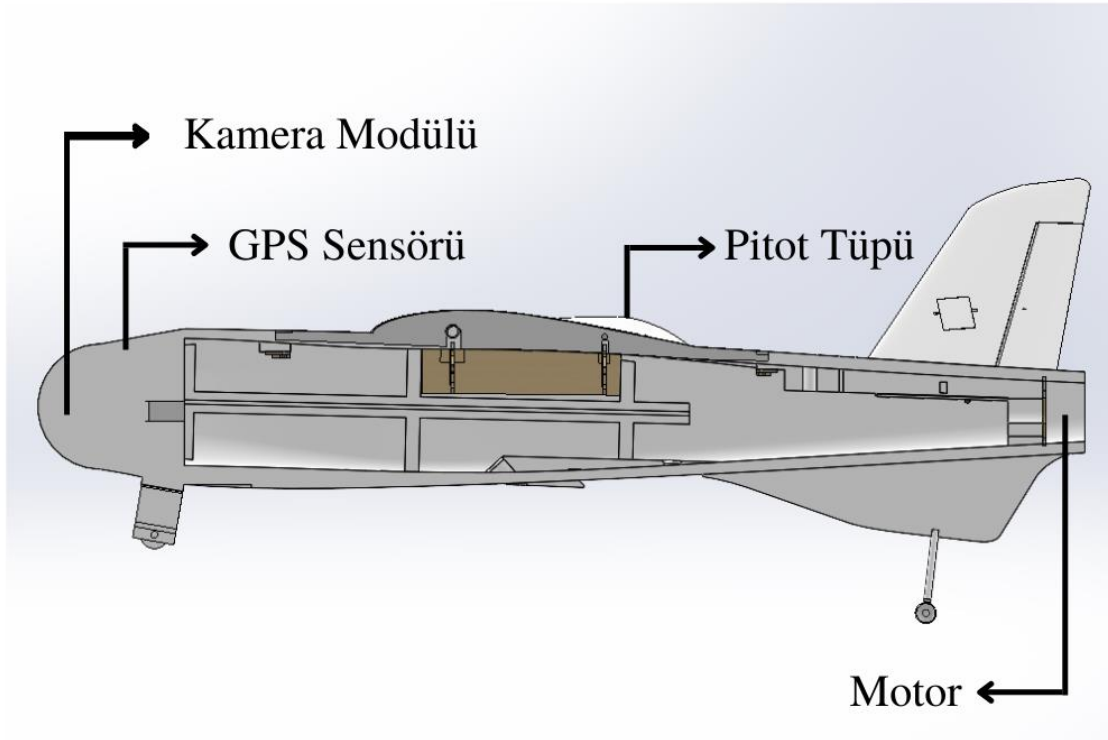
**Şekil 24** Hava Aracının Montajlı Hali

VEGA-S aracının ön kısmında bulunacak olan fanus kısmına kamera montajının yapılabilmesi için yardımcı montaj elemanları VEGA ekibi tarafından tasarlanarak entegre edilecektir. Kamera modülünün hava aracı içerisine konumlandırılması 7.2’de bulunan mekanik entegrasyon kısmında açıklanmıştır.

7.2. Mekanik Entegrasyon

Mekanik parçaların hava aracı içerisindeki entegrasyonunun; ağırlık merkezi ve elektronik parçaların sabitliği gibi etkenler göz önüne alındığında büyük önem arz ettiği görülmektedir. Sürüklemeyen dolayı oluşabilecek taşıma ve elektronik parça kaybının önlenmesi de sistemin entegrasyonuna bağlıdır. Bu etkenlerin göz önüne alınmasıyla yapılan literatür ve piyasa araştırmaları sonucunda VEGA ekibi tarafından, X-UAV TALON model kiti hava aracının dış gövdesi olarak kullanılmak üzere tercih edilmiştir.

Hava aracının mekanik entegrasyonunun Solidworks programında çizilen CAD ortamındaki gösterimi **Şekil 25’te** gösterilmiş, parçaların konumlandırılmasının detaylı anlatımı ve sebepleri ise bu bölüm içerisinde açıklanmıştır. **Şekil 26 ve Şekil 27’de** ise VEGA-S Aracına ait kamera ve motorun yerleşim bölgeleri gösterilmiştir.



Şekil 25 VEGA-S Aracı Mekanik Entegrasyonu CAD Görüntüsü

Motor: VEGA-S aracı arkadan itki kuvvetine sahip olacaktır. Yarışma isterleri doğrultusunda kamera modülünün de önde ve sabit olmasının daha tutarlı olacağı ele alındığında motorun

uçanın arka kısmında konumlanması planlanmıştır. Motorun montajlanması civata bağlantıları ile yapılacaktır.

Pil: İsterler ve güvenlik koşulları ele alındığında araç içerisinde kullanacağımız piller, özel pil kutusu içerisinde hava aracına entegre edilecektir. Zarar görmemesi ve tam verimli kullanılabilmesi için nispeten düz bir zeminde kullanılması gereken piller VEGA ekibi tarafından sabit montaj yöntemi ile hava aracı içerisine sabitlenecek ekstra parçaya yapıştırılacaktır.

Servo Motorlar: Kontrol yüzeylerinin hareketlerini sağlamak için kullanılan servo motorlar, kanatlara ve kuyruğa açılacak olan servo boşluklarına sıkı bir şekilde yerleştirilecektir.

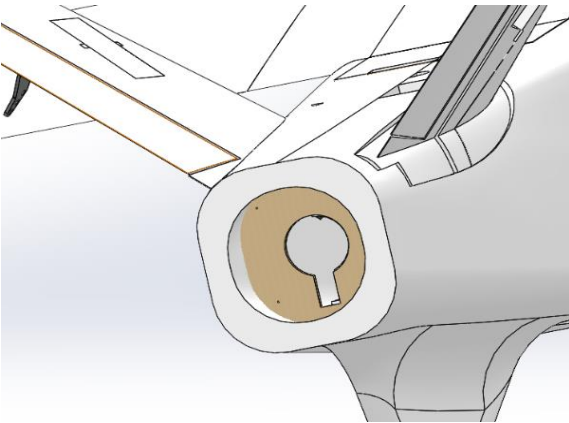
Gps Sensörü: GNSS yani GPS sensörü hava aracının gövdesi üzerine monte edilecektir bunun nedeni ise sensörün uydu ile kuracağı iletişimin göreceği zararı minimize etmektir.

Lidar Sensörü: Aracın yere göre durumuna bakıldığında dik olacak şekilde konumlandırılması gereken Lidar sensörü gövdeye sabitlenecektir.

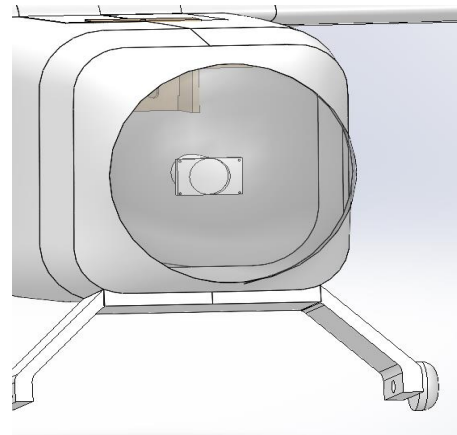
Pitot Tüpü(Airspeed Sensörü): Havayı en verimli şekilde alacağı bölgeye konumlandırılması gereken pitot tüpü kanat içerisine yerleştirilecektir. Bu sayede sensör üzerinden alınacak verilen tutarlılığı arttırılacaktır.

Kamera: Hava aracının ön kısmına sabitlenecek olan cam fanusun içinde tutucu ile birlikte yerleştirilecektir. Bu sayede isterler doğrultusunda belirtilen sabitlik şartına uyum sağlayarak en verimli açı yakalanacaktır. Aynı zamanda fanus sayesinde kameranın titreşimlerden etkilenmesi de engellenmiş olacaktır.

Uçak İçi Üniteler: Uçak içi üniteler özel kutuları ile birlikte hava aracının içerisinde güvenli bir şekilde konumlandırılacaklardır. Bu üniteler hakkında detaylı bilgiler 7.3'üncü kısımda belirtilen elektronik entegrasyon içeriğinde aktarılacaktır.



Şekil 26 VEGA-S Aracı Motor Bölümü

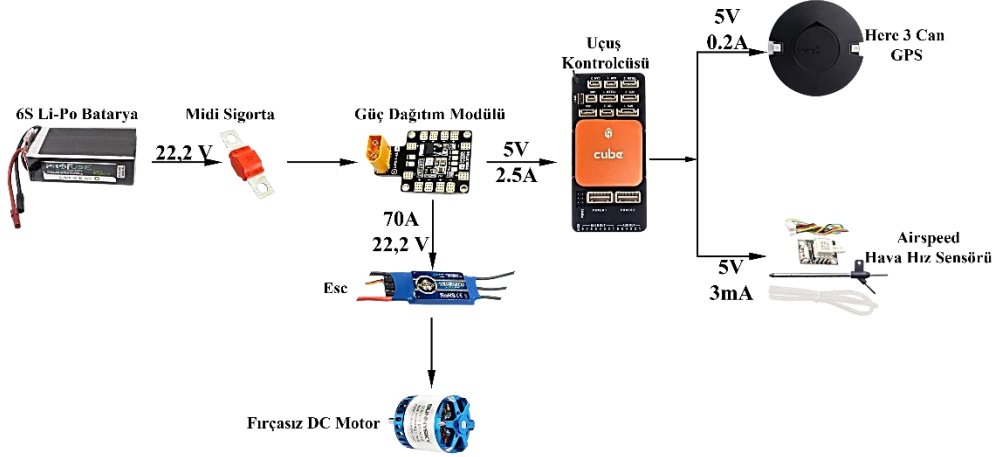


Şekil 27 VEGA-S Aracı Kamera Bölümü

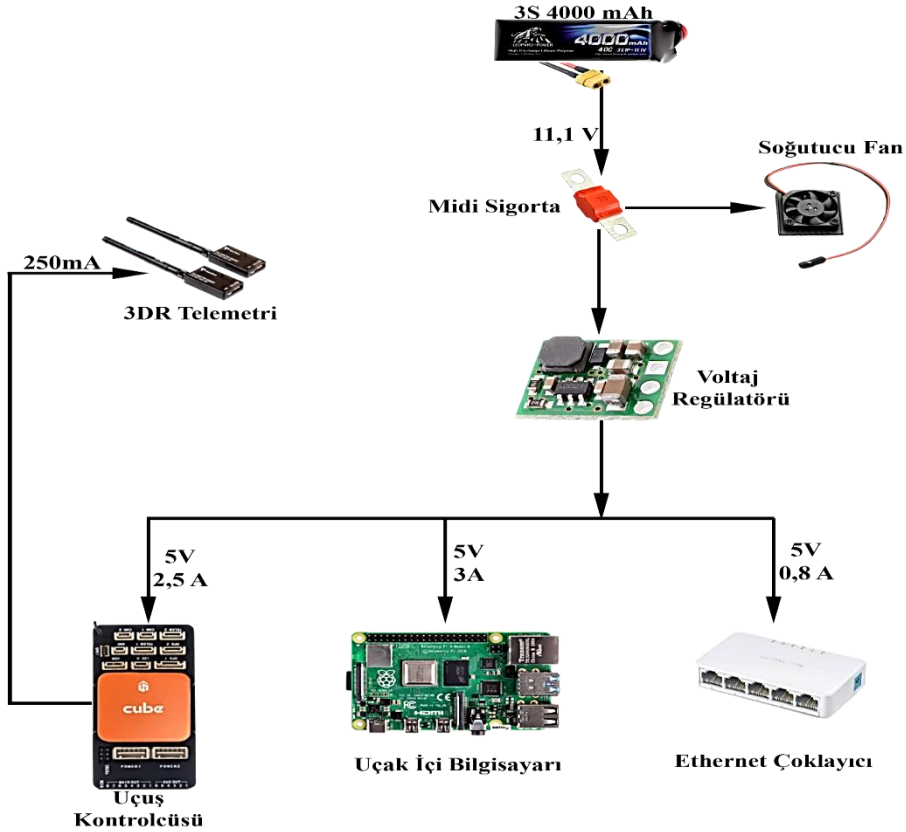
7.3. Elektronik Entegrasyon

Hava aracının elektronik entegrasyonuna gerekli enerji 3.2.3'te verilen ve kapasiteleri tüm sistemin güç gereksinimlerini rahatlıkla karşılayabileceği hesaplanmış olan birer adet 6S

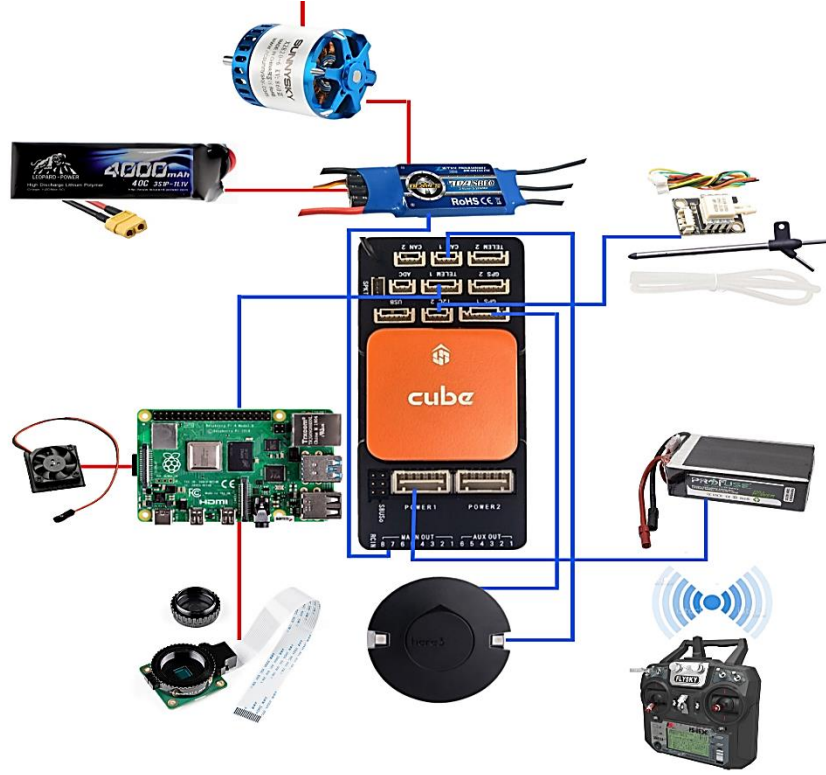
12000mAh ve 3S 4000mAh LiPo bataryadan sağlanmaktadır. Entegrasyonun enerji beslenme diyagramları *şekil 28* ve *şekil 29*'da gösterilmiştir. Kullanılan bataryaların hangi bileşenlere enerji sağladığı bu iki diyagramla belirtilmiş, bu diyagramlar üzerinde elektronik bileşenlere sağlanan voltaj değerleri ve bileşenler tarafınca çekilen akım değerleri gösterilmiştir. Bağlantıların gösterildiği diyagramların haricinde kablolama diyagramı da hazırlanmış olup *şekil 30*'da yer almaktadır. Detayları altında verilmiştir.



Şekil 28 VEGA-S Hava Aracı Genel Sistem Güç Dağılımı



Şekil 29 VEGA-S Hava Aracı Aviyonik Sistem Güç Dağılımı



Uçuş kontrolcüsü bağlantısı

Ara bağlantılar

Şekil 30 VEGA-S Hava Aracı Sistem Kablolaması

Bütçe tablosundaki nedenlerinde bahsedildiği gibi Teknofest tarafından sağlanacak olan maddi desteğin ertelenmesi gibi sebeplerden dolayı ekipmanlar üzerinden gerçek görüntü alınamamış, bu sorunun önüne geçmek amacıyla kablolama işlemi programlar üzerinde simüle edilmiştir. Diyagram üzerindeki mavi kablolar uçuş kontrol ünitesindeki pinlere direkt bağlantıyı göstermektedir. Şekilde görünen kablolamalara göre 6S batarya POWER1 pinine, Uçak içi bilgisayar TELEM2 pinine, Gps sensörü kullanılan protokollerine göre CAN ve GPS pinlerine, pitot tüpü ise protokolüne göre I2C pinine bağlanmaktadır. Çıkış pinlerine ise telemetri alıcısı ve ESC bağlanacaktır. Elemanlar arasındaki ara bağlantılar ise kırmızı renk ile gösterilmiştir. Kablolama işlemi ve yerleştirme işlemi sırasında maksimum tedbir alınacaktır. Kablolar üzerine gerekirse kaplama işlemi yapılacak ve iletkenlerin birbirine değmelerinin önüne geçilecektir. Hava aracı içindeki ısınma sorununa karşı soğutucu fan en uygun bölüme yerleştirilecektir. Uçak içinde alanın verimli kullanılması da göz önüne alınacaktır ekipmanlara gereken güç ise tüm bu işlemlerden sonra verilecektir. Herhangi bir olumsuzluk olmaması durumunda diğer aşamalara geçilecektir.

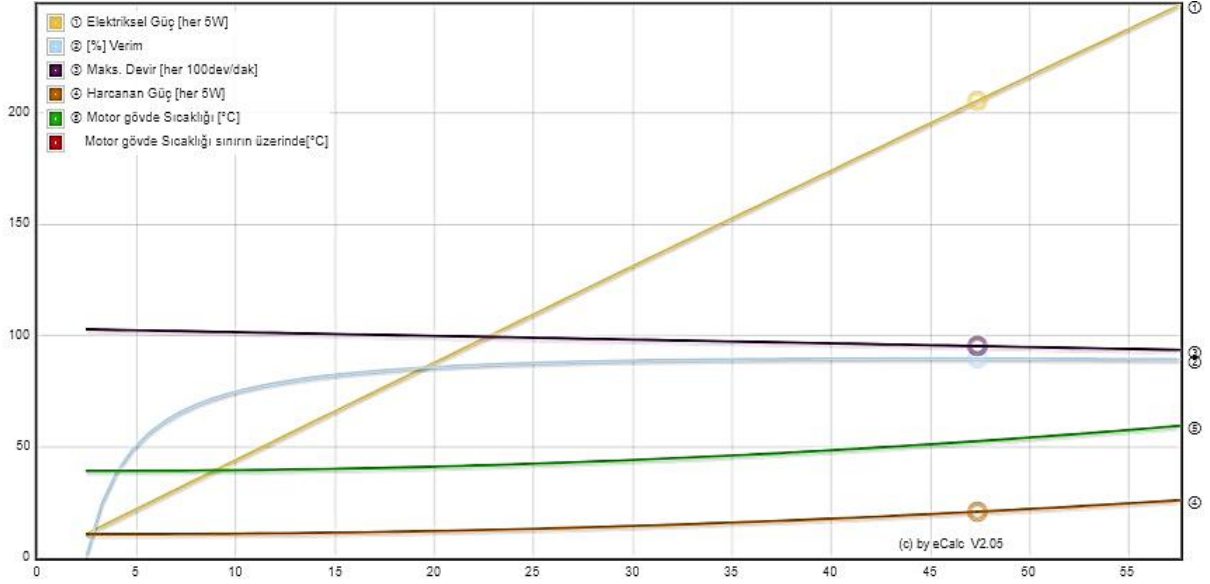
Ekipmanların hava aracına yerleştirilmiş hali gerçek entegrasyon görselleriyle desteklenememektedir ancak mekanik birimi tarafından CAD ortamında simüle edilerek 3.4 başlığı altında gösterilmiştir.

8. TEST VE SİMÜLASYON (15 PUAN)

8.1. Alt Sistem Testleri

8.1.1 İtki Testi

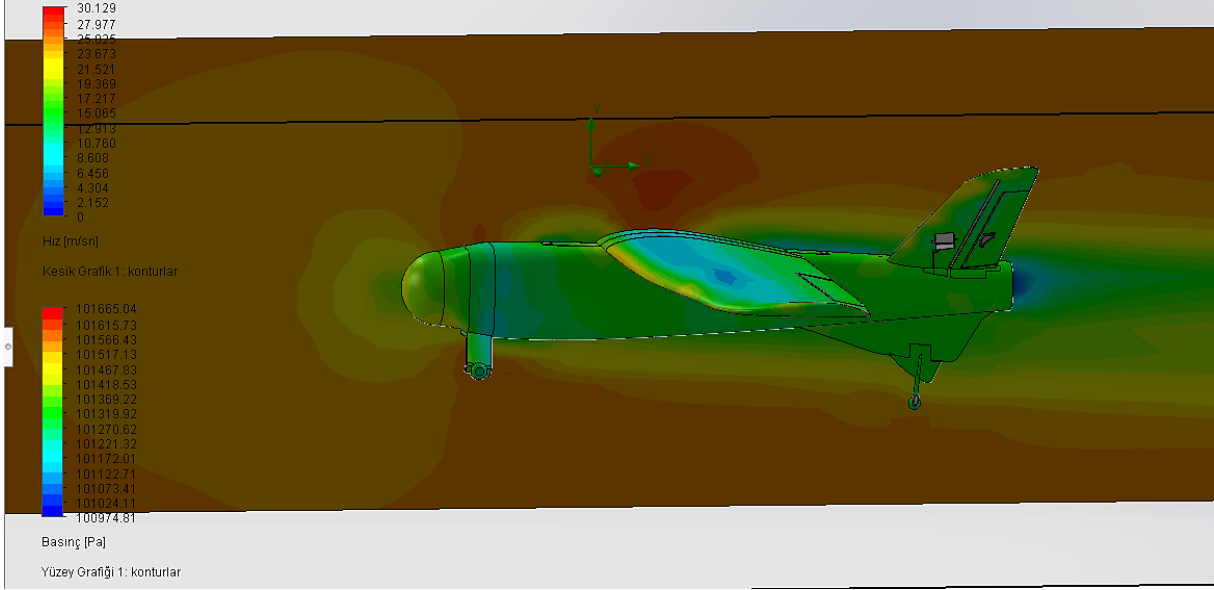
Hava aracının hareketlerini ve gerekli manevra kabiliyetini sağlaması için yeterli olacak itki kuvvetinin temin edilmesi sistem için zaruri derecede önemlidir. VEGA-S aracının ihtiyaç duyacağı itkinin sağlanması adına gerekli analizler titizlikle yapılmış ve motor seçimi sürecinde, yapılan bu analizler esas alınmıştır. Hava aracı için gerekli itkiyi sağlamak amacıyla kullanılacak olan SunnySky X4120-480KV motorunun analizleri ecalc.ch analiz eklentisi aracılığıyla yapılmış, önemli sonuçlar *şekil 31*'de belirtilmiştir.



Şekil 31 Tam İtki Durumunda Motorun Özellikleri

8.1.2 Akış Analiz Testi

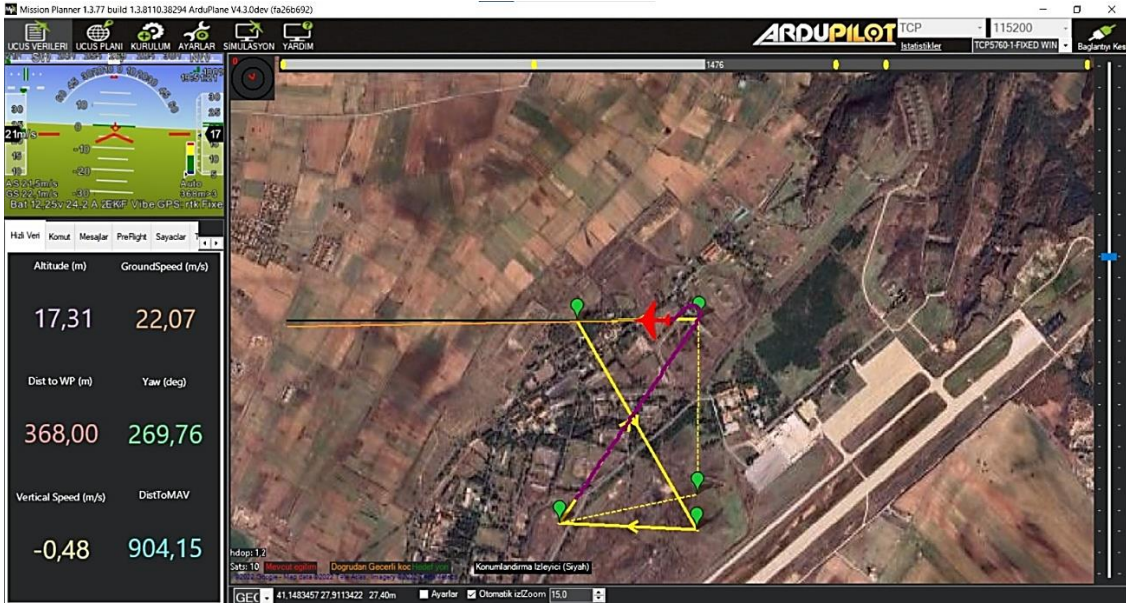
VEGA-S hava aracının aerodinamik testi bilgisayar ortamında simüle edilerek gerçekleştirilmiş bu sayede gerekli rüzgar tüneli avantajı da elde edilmiştir. CAD ortamında tasarımı tamamlanan VEGA-S aracı SOLIDWORKS programında Flow Simulation kullanılarak teste sokulmuştur. Bu test içerisinde akış tipinin belirlenmesi, kontrol hacminin oluşturulması, mesh uygulanması ve çözümlenme işlemleri yapılmıştır. Yapılmış olan bu akış analizi sonucunda hem basınç değerlerinin hem de hız değerlerinin güvenli bölgede olduğu görülmüştür. Yapılan analize ait görüntü *şekil 32* 'de verilmiştir.



Şekil 32 VEGA-S Aracı Akış Analiz Testi

8.1.3 Otonom Uçuş Simülasyonu

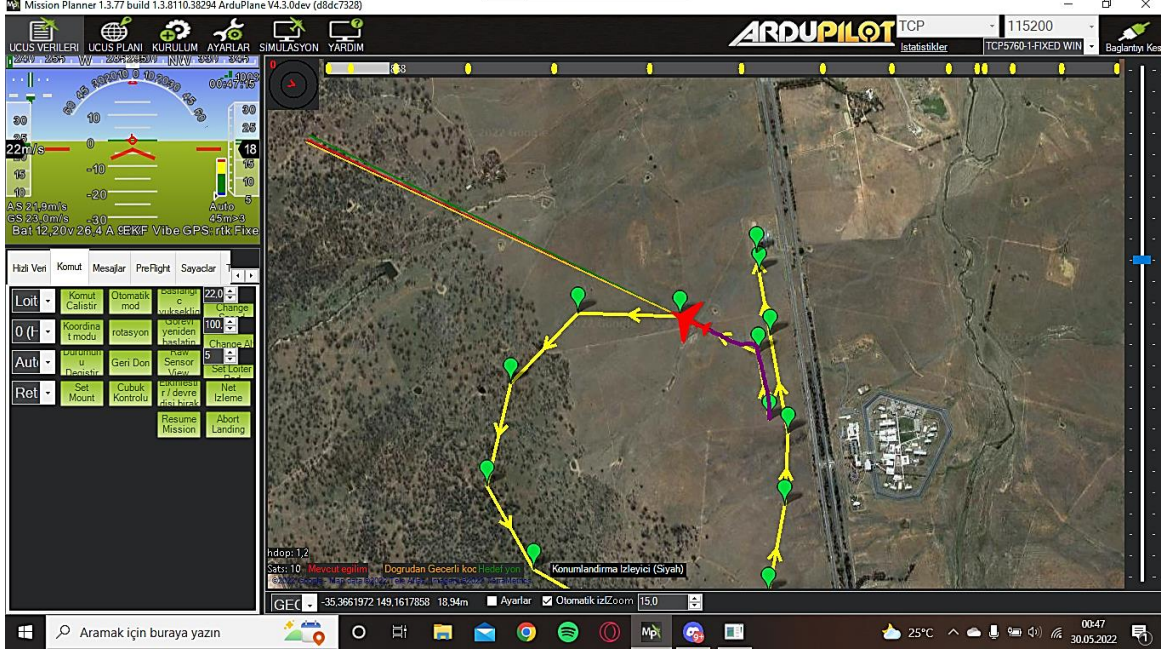
Bu test aşamasında SITL (Software in the Loop) simülasyon ortamı kullanılarak uçağın istenilen görevleri yapabilme yeteneği sınanmıştır. Bu kapsamda öncelikle Mission Planner arayüzünde görev oluşturularak, görevin SITL simülasyonu ortamında icrası sağlanmıştır. Hava Aracına verilen otonom kalkış ve belirli noktalar üzerindeki otonom seyir görevi başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiş, test aşamasına ait görsel, *şekil 33*'te verilmiştir.



Şekil 33 Otonom Uçuş Simülasyonu

Daha sonraki aşamada ise görev icrası sırasında, gerçekleştirmekte olduğu görevi bırakıp istenilen bir noktaya yönlendirilmesi test edilmiş, bu hedef de başarı ile tamamlanmıştır. *Şekil 33*'teki mor çizgi ile belirtilen uçuş izinden görüleceği üzere VEGA-S Hava Aracı'nın

belirlenen hedef doğrultusunda rotayı takip ettiği görülmüştür. Bu simülasyonla Hava Aracı'nın istenilen güzergahlar doğrultusunda sorunsuz bir şekilde uçuş deneyimi göstermesine olanak sağlanmıştır. Seçilen güzergah boyunca otonom hareket özelliği *şekil 34*'te ayrıca gösterilmiştir.



Şekil 34 VEGA-S Aracı Güzergah Takibi

8.2. Uçuş Testi ve Uçuş Kontrol Listesi

Uçuş Testi

VEGA-S aracının kabiliyet ve entegrasyon testleri çeşitli simülasyon ortamlarında yapılmış ve bu testlerin sonuçları 8.1 kısmı altında detaylarıyla anlatılmıştır. Gerekli maddi desteğin sağlanamaması sebebiyle prototip henüz tamamlanmamış ve fiziki uçuş testi yapılamamıştır. Kritik Tasarım Raporu'nun başarı ile sonuçlanması durumunda yapılacak olan maddi destek ile hava aracının prototip süreci tamamlanacak ve uçuşa hazır hale getirilecektir. Yapılan planlamalar doğrultusunda temmuz ayı içerisinde VEGA-S aracı tamamlanacaktır. Hazırlanacak olan uçuş test videosu isterler doğrultusunda 20 Temmuz 2022 gününe kadar hakem heyetine iletilecektir.

Uçuş Kontrol Listesi

1. Uçuş yapılacak pistin güvenliği ve uygunluğu tespit edilir.
2. Bataryanın sağlık durumu tespit edilir, voltaj kontrolü yapılır. (Yedek bataryalar için de kontrol yapılacaktır)
3. Araç içi bağlantı kablolarının sağlamlığı incelenir.
4. Şasi ve gövdenin sağlamlığı kontrol edilir, vidaların durumu incelenir.
5. Görüntü İşleme ve Otonom Uçuş arayüzlerinin kontrolü yapılır.

6. Haberleşme kontrolü sağlanarak, hava aracı ve yer istasyonu arasındaki iletişimin eksiksiz olması sağlanır. (5. Bölümde verilen tüm haberleşme alt başlıklarının kontrolü tamamen yapılacaktır)
7. Araç içerisinde bulunan servoların çalışabilirliği kontrol edilir.
8. İniş takımı için kondisyon tespiti yapılır.
9. Acil durum butonunun çalışma durumu ve failsafe kontrolü incelenir, güvenlik titiz bir şekilde ön planda tutulur.
10. Hava durumu ve engebe kontrolleri tamamlandıktan sonra uçuş rotası seçilir.
11. Kısa süreli tam gaz testi ile motorların sağlamlığının da incelenmesinin ardından hava aracı uçuşa hazır hale getirilir.

9. GÜVENLİK (5 PUAN)

Yarışma boyunca yapılan çalışmaların başladığı andan yarışma alanına kadar geçen tüm süre boyunca gerek hava aracının gerekse de çevrede bulunan canlı ve cansız varlıkların güvenliğini sağlamak son derece önem arz etmektedir. Bu kapsamda VEGA takımı tarafından alınan ve alınacak olan güvenlik önlemleri aşağıda belirtildiği gibidir.

- Uçak içerisindeki ekipmanların beslenmesi sırasında yüksek, düşük veya dengesiz voltaj ihtimalini ortadan kaldırmak amacıyla gerekli ekipmanlar arasında Voltaj Regülatörü kullanılmasına karar verilmiştir.
- Çalışmalar sırasında oluşabilecek her türlü acil duruma karşı ilk yardım çantası temin edilmiştir. Yarışma sırasında da bu çanta ekibimizin yanında bulunacaktır.
- Gerekli Voltaj beslemesinin sağlanabilmesi ve uçak içerisinde buradan kaynaklı sorunların ortadan kaldırılması için LiPo Batarya sayısı 2'ye çıkarılmış, ekipmanların ihtiyaç duyduğu güce göre planlama yapılmıştır. (Planlama Bölüm **'te gösterilmiştir)
- Şartname isterleri doğrultusunda belirtilen Fail-Safe modu ayarlamaları eksiksiz olarak yapılmıştır. Bu durumda herhangi bir bağlantı kopması durumunda VEGA-S aracı kendini güvenli bir şekilde istenilen bölgeye indirecektir.
- VEGA-S aracının gövdesinde oluşabilecek hasarlar göz önüne alındığında, hazır ve sağlam bir gövde kullanılması hedeflenmiş olup X-UAV TALON gövde kiti ile yarışmaya hazırlanılmıştır.
- Servo motorlarda oluşabilecek ani arıza durumunun kontrol edilmesi kumanda yetkisine bırakılmıştır. VEGA-S aracı içerisinde bulunan servolardan birinin hareket yetisini kaybetmesi durumunda pilot tarafından yapılacak müdahale ile risklerin önüne geçilmesi planlanmıştır.
- LiPo bataryaların herhangi bir sarsıntı veya çarpma nedeniyle patlama riskine karşı LiPo Batarya Çantası içerisinde kullanılması düşünülmüştür.
- VEGA-S aracı içerisinde bulunan ve hava aracı için yüksek önem arz eden uçak içi bilgisayarı gibi ekipmanların korunumu için özel tasarlanmış kutular içerisinde kullanılması planlanmıştır.
- Motorun çalışması ile birlikte oluşacak ısınmanın diğer ekipmanlara zarar vermemesi için araç içi fan kullanılması planlanmıştır.

10. REFERANSLAR

eCalc: <https://ecalc.ch/> adresinden alındı

ArduPilot Belgeleri. (tarih yok). ArduPilot: <https://ardupilot.org/ardupilot/index.html> adresinden alındı

(2022). 2022 Uluslararası İnsansız Hava Araçları Yarışması Eğitim Videoları: <https://www.youtube.com/playlist?list=PLZ94uHhyx1KB1k1oGSeaQnOk2Y4XRSL2n> adresinden alındı

ÇAKMAK, D. (2020, 9 22). medium: <https://deryacakmak.medium.com/nesne-takibi-object-tracking-22a9cf5bdcfa> adresinden alındı

KANJEE, R. (2020, 8 31). Medium: <https://medium.com/augmented-startups/deepsort-deep-learning-applied-to-object-tracking-924f59f99104> adresinden alındı

MESCİ, Y. (2019, 4 29). Medium: <https://medium.com/deep-learning-turkiye/yolo-algoritmas%C4%B1n%C4%B1-anlamak-290f2152808f> adresinden alındı

Mochammad Hannats Hanafi Ichsan, W. K. (2011). ISSN: 2180 –1843 e-ISSN: 2289-8131 Vol. 12 No. 2 April –June 202053Pervasive Service Discovery Implementation Using UDP Protocol on Raspberry Pi and MyRIO.

PX4 Otomatik Pilot Kullanım Kılavuzu. (tarih yok). PX4 autopilot: <https://docs.px4.io/master/en/> adresinden alındı

TAŞDEMİR, o. (2018, 1 26). <https://www.rckolik.com/forum/konu/kumanda-secimi.17028/> adresinden alındı