

FATİH SULTAN MEHMET VAKIF ÜNİVERSİTESİ

TÜRKSAT Model Uydu Yarışması 2021

Kritik Tasarım İnceleme Raporu Critical Design Review (CDR)

Versiyon 1.4

37032

TALIA AEROSPACE

Sisteme Genel Bakış

BAŞLIK	SAYFA NUMARASI	HAZIRLAYAN
Görev Özeti	12	Nagkichan MOUSTAFA IMPRAM
PDR' dan Sonra Yapılan Değişiklikler	14	Ervanur MİDİLLİ
Sistem İsterlerinin Özeti	15	Nagkichan MOUSTAFA IMPRAM
Model Uydur Tasarımı	25	Ali DEREYURT
Sistem Konseptinin İşleyişi	26	Nagkichan MOUSTAFA IMPRAM
Fiziksel Tasarım	29	Ali DEREYURT, Hatice Nur SUN
Göreve Hazır Model Uydur'un Uyumluluğu	38	Ali DEREYURT

Sensör Alt Sisteminin Tasarımı

BAŞLIK	SAYFA NUMARASI	HAZIRLAYAN
Sensör Alt Sistemine Genel Bakış	40	Fatma Semiha ÜNAL
PDR'dan Sonra Yapılan Alt Sistem Değişiklikleri	41	Fatma Semiha ÜNAL
Sensör Alt Sisteminin İsterleri	42	Fatma Semiha ÜNAL
GPS Alıcısının Özellikleri ve Temini	43	Fatma Semiha ÜNAL
Basınç Sensörünün Özellikleri ve Temini	44	Fatma Semiha ÜNAL
Sıcaklık Sensörünün Özellikleri ve Temini	45	Fatma Semiha ÜNAL

Sensör Alt Sisteminin Tasarımı

BAŞLIK	SAYFA NUMARASI	HAZIRLAYAN
<u>Pil Gerilim Sensörünün Özellikleri ve Temini</u>	46	Fatma Semiha ÜNAL
<u>Auto-Gyro & İvme ölçer (IMU) Sensör Özellikleri ve Temini</u>	47	Fatma Semiha ÜNAL
<u>Kamera Özellikleri ve Temini</u>	48	Fatma Semiha ÜNAL
<u>Görsel Takip Sistemini</u>	49	Ali DEREYURT, Hatice Nur SUN

İniş Kontrol Sisteminin Tasarımı

BAŞLIK	SAYFA NUMARASI	HAZIRLAYAN
<u>İniş Kontrol Sistemine Genel Bakış</u>	53	Ervanur MİDİLLİ
<u>PDR'dan Sonra Yapılan Alt Sistem Değişiklikleri</u>	55	Ervanur MİDİLLİ
<u>İniş Kontrol Alt Sisteminin İsterleri</u>	56	Hatice Nur SUN
<u>Taşıyıcı İniş Kontrol Stratejisi</u>	58	Ali DEREYURT, Ervanur MİDİLLİ
<u>Görev Yüğü İniş Kontrol Stratejisi</u>	61	Ali Dereyurt
<u>İniş Hızı Hesaplamaları</u>	64	Hatice Nur SUN, Ali DEREYURT
<u>BONUS GÖREV</u>	69	Nagkichan MOUSTAFA IMPRAM, Ali DEREYURT

Mekanik Alt Sistemin Tasarımı

BAŞLIK	SAYFA NUMARASI	HAZIRLAYAN
<u>Mekanik Alt Sisteme Genel Bakış</u>	72	Ali DEREYURT
<u>PDR'dan Sonra Yapılan Alt Sistem Değişiklikleri</u>	75	Ervanur MİDİLLİ
<u>Mekanik Alt Sistemin İsterleri</u>	76	Ervanur MİDİLLİ
<u>Görev Yüğü'nün Mekanik Komponentlerinin Belirlenmesi ve Düzeni</u>	81	Ali DEREYURT, Hatice Nur SUN, Ervanur MİDİLLİ
<u>Görev Yüğü İçin Malzeme Seçimleri</u>	86	Ali DEREYURT, Ervanur MİDİLLİ
<u>Taşıyıcı' nın Mekanik Komponentlerinin Belirlenmesi ve Düzeni</u>	88	Hatice Nur SUN
<u>Taşıyıcı İçin Malzeme Seçimleri</u>	89	Hatice Nur SUN
<u>Taşıyıcı ile Görev Yüğü Ayrılma Mekanizması</u>	90	Ali DEREYURT
<u>Kütle Bütçesi</u>	94	Hatice Nur SUN

Haberleşme ve Veri İşleme Alt Sisteminin Tasarımı

BAŞLIK	SAYFA NUMARASI	HAZIRLAYAN
<u>HAVİ Genel Bakış</u>	100	Abdullah Selim KÖKSAL
<u>PDR'dan Sonra Yapılan Alt Sistem Değişiklikleri</u>	101	Fatma Semiha ÜNAL
<u>HAVİ İsterleri</u>	102	Hatice Nur SUN
<u>İşlemci Seçimi ve Temini</u>	106	Fatma Semiha ÜNAL
<u>Hafıza Birimi Seçimi ve Temini</u>	107	Fatma Semiha ÜNAL
<u>Gerçek Zamanlı Saat</u>	108	Nagkichan MOUSTAFA IMPRAM
<u>Kablosuz Haberleşme Konfigürasyonu</u>	109	Fatma Semiha ÜNAL
<u>Görev Yüğü'nün Anteninin Belirlenmesi ve Temini</u>	112	Ervanur MİDİLLİ
<u>Telemetri Formatı</u>	113	Fatma Semiha ÜNAL
<u>Video Aktarımı</u>	116	Ervanur MİDİLLİ

Elektrik Alt Sisteminin Tasarımı

BAŞLIK	SAYFA NUMARASI	HAZIRLAYAN
Elektrik Alt Sistemine Genel Bakış	119	Abdullah Selim KÖKSAL
PDR'dan Sonra Yapılan Alt Sistem Değişiklikleri	123	Abdullah Selim KÖKSAL
Elektrik Alt Sistemin İsterleri	124	Hatice Nur SUN
Elektrik Blok Şeması (1/2)	126	Fatma Semiha ÜNAL
Elektrik Blok Şeması (2/2)	127	Ali DEREYURT
Görev Yüklü'nün Bataryasının Özellikleri ve Temini	128	Hatice Nur SUN, Ali DEREYURT
Güç Bütçesi	130	Ali DEREYURT
Pil Geriliminin Ölçüm Yöntemi	132	Ali DEREYURT

Uçuş Yazılımı Tasarımı

BAŞLIK	SAYFA NUMARASI	HAZIRLAYAN
Uçuş Yazılımına Genel Bakış	134	Nagkichan MOUSTAFA IMPRAM
PDR' dan Sonra Yapılan Alt Sistem Değişiklikleri	136	Nagkichan MOUSTAFA IMPRAM
Uçuş Yazılımının İsterleri	137	Fatma Semiha ÜNAL
Uçuş Yazılımı Durum Diyagramı	140	Nagkichan MOUSTAFA IMPRAM
Yazılım Geliştirme Planı	143	Nagkichan MOUSTAFA IMPRAM, Ali DEREYURT

Yer İstasyonu Tasarımı

BAŞLIK	SAYFA NUMARASI	HAZIRLAYAN
Yer İstasyonuna Genel Bakış	149	Ervanur MİDİLLİ
PDR' dan Sonra Yapılan Alt Sistem Değişiklikleri	150	Ervanur MİDİLLİ
Yer İstasyonunun İsterleri	151	Ervanur MİDİLLİ
Yer İstasyonu Anteninin Belirlenmesi ve Temini	154	Ervanur MİDİLLİ
Yer İstasyonu Yazılımı	155	Fatma Semiha ÜNAL

Model Uydunun Entegrasyonu ve Testi

BAŞLIK	SAYFA NUMARASI	HAZIRLAYAN
Model Uydur'nun Birleştirme Aşamalarına ve Testlerine Genel Bakış	158	Ali DEREYURT
Alt Sistem Seviyesi Test Planına Genel Bakış	160	Nagkichan MOUSTAFA IMPRAM
HAVİ Alt Sistem Test Planı	162	Ervanur MİDİLLİ
Elektrik Alt Sistem Test Planı	164	Abdullah Selim KÖKSAL
Uçuş Yazılımı Alt Sistem Test Planı	165	Nagkichan MOUSTAFA IMPRAM
Yer İstasyonu Alt Sistem Test Planı	168	Ervanur MİDİLLİ
Mekanik Tasarım Alt Sistemi Test Planı	170	Ervanur MİDİLLİ
İniş Kontrol Alt Sistemi Test Planı	172	Ervanur MİDİLLİ
Sistem Seviyesi Test Planı	176	Nagkichan MOUSTAFA IMPRAM
Çevresel Testlerin Planı	177	Ervanur MİDİLLİ, Fatma Semiha ÜNAL

Görev Operasyonu ve Analizler

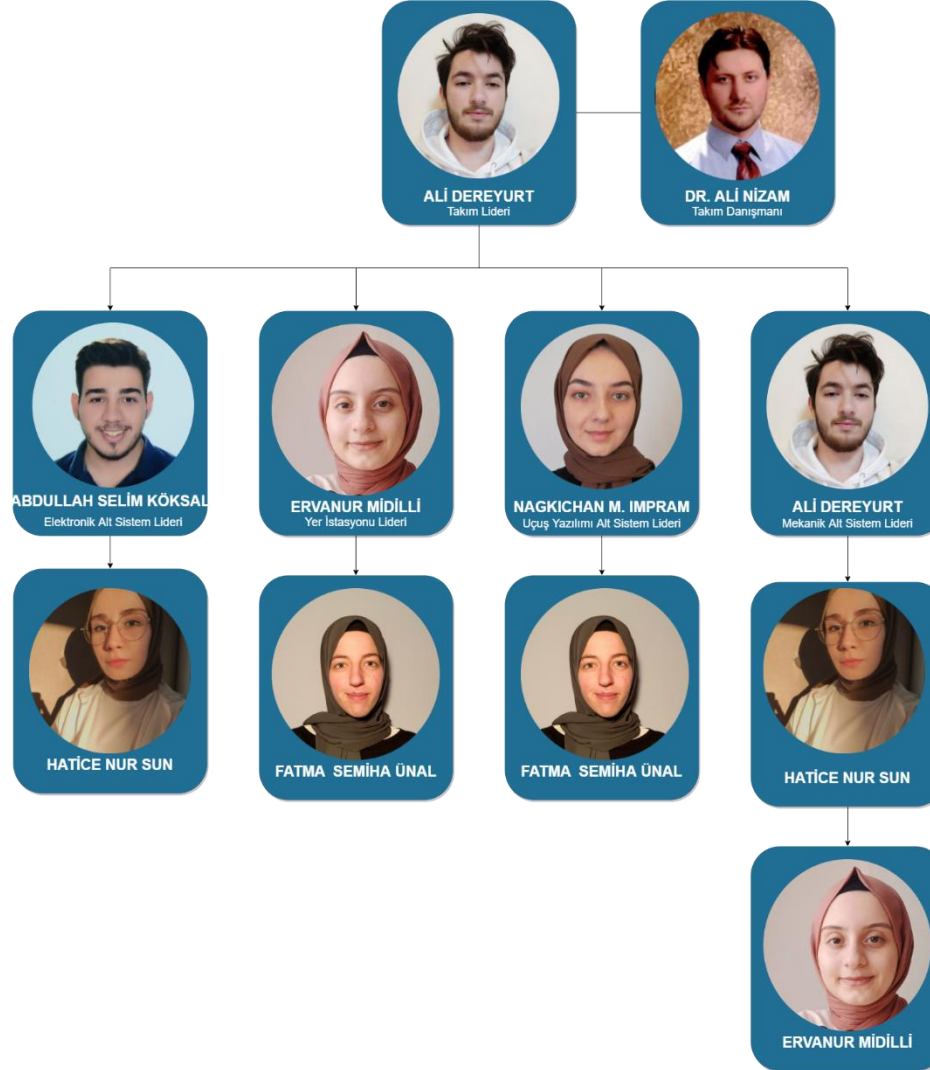
BAŞLIK	SAYFA NUMARASI	HAZIRLAYAN
Olayların Görev Sırasına Genel Bakış	182	Ervanur MİDİLLİ
Model Uydu'nun Konumunun Tespiti ve Kurtarma Operasyonu	184	Ervanur MİDİLLİ

İsterlerin Uyumu

BAŞLIK	SAYFA NUMARASI	HAZIRLAYAN
İster Uyumuna Genel Bakış	186	Fatma Semiha ÜNAL
İster Uyumları	187	Nagkichan MOUSTAFA IMPRAM

Yönetim

BAŞLIK	SAYFA NUMARASI	HAZIRLAYAN
Model Uydu Bütçesi	193	Ali DEREYURT
Diğer Masraflar	196	Ali DEREYURT
Proje Takvimi	198	Ali DEREYURT
Sonuçlar	199	Ali DEREYURT



gr	Gram
SD	Secure Digital
RP SMA	Reverse Polarity SMA
I2C	Inter-Integrated Circuit
SPI	Serial Peripheral Interface
USART	Universal Synchronous/Asynchronous Receiver/Transmitter
UART	Universal Asynchronous Receiver/ Transmitter
USB	Universal Serial Bus
cd	Drag coefficient
PC	Personal Computer
3B	3-Boyut(lu)
GPS	Global Position System
IMU	Inertial Measurement Unit
PFR	Post Flight Review
mA	Miliamper
V	Volt
°C	Derece Celcius

WPF	Windows Presentation Foundation
IP Adres	Internet Protocol Address
CAN	Controller Area Network
N	Newton
G	Yerçekimi İvmesi
PID	Proportional Integral Derivative
EAS	Elektrik Alt Sistemi
YİS	Yer İstasyonu Sistem
SAS	Sensör Alt Sistem
İK	İniş Kontrol
H	HAVİ
UY	Uçuş Yazılımı
ESC	Electronic Speed Control
M3	Metrik Sistem’de 3 mm
A	Amper
Hz	Hertz
DMP	Data Management Platform

Sisteme Genel Bakış

Nagkichan MOUSTAFA IMPRAM

Ali DEREYURT

Hatice Nur SUN

Temel Görevler

- Model uydu, görev yükü ve taşıyıcıdan oluşmalıdır.
- Model uydu, roket ile 700 metre irtifadan bırakılacaktır.
- Model uydu, 400 metreye kadar 10-14 m/s hızla pasif iniş sistemi ile inecektir.
- 400 metre irtifada taşıyıcı ve görev yükü ayrılma mekanizması ile otonom bir şekilde ayrılacaktır.
- Ayrıldıktan sonra görev yükü 8-10 m/s hızla aktif iniş sistemi ile inecektir.
- Görev yükü, bütün uçuş süresince video görüntüsünü ve telemetri verilerini her saniye yer istasyonuna gönderecektir ve yer istasyonunda canlı olarak gözlemlenip kaydedilecektir.
- Telemetri verileri ve video görüntüleri aynı zamanda görev yükü üzerindeki SD karta kaydedilecektir.
- Uçuş esnasında TÜRKİSAT tarafından sağlanan bir video paketi yer istasyonundan görev yüküne gönderilecek ve görev yükü üzerindeki SD karta kaydedilecektir. Aktarım tamamlandıktan sonra yer istasyonunda video aktarım bilgisi gösterilmelidir.
- Görev yükü taşıyıcıdan ayrıldıktan sonra atmosferde takibinin net bir şekilde yapılması için renkli sis kapsülü ayrılma esnasında ateşlenecektir.
- Görev yükü yere indikten sonra sesli ikaz vermeye başlayıp 1 dakika boyunca telemetri ve görüntü yayınına devam edecektir.

Bonus Görev

- Görev yükü taşıyıcıdan ayrıldıktan sonra ~200 m aralığında 10 saniye askıda kalarak irtifasını sabitlemelidir. Belirtilen sürenin ardından 8-10 m/s hızla inişine devam etmelidir.

Hedefler

- Dereceye girerek üniversitemizin itibarını yükseltmek.
- Yeni Nesil ARGE kulübümüzün ve TALIA AEROSPACE takımımızın tanınırlığını arttırıp yeni gelen öğrencilere öncü olmak.
- Takım çalışmasını benimseyip, bilgi ve becerilerimizi geliştirmek.

Bilim BEYOĞLU, takımımıza malzeme desteği ve atölye imkanı sunmaktadır. Çalışmalarımızı mümkün oldukça Bilim Beyoğlu atölyesinde gerçekleştiriyoruz. Şu anda şehir dışında olan takım üyeleri olduğundan dolayı toplantılarımızı online bir şekilde Discord uygulaması üzerinden yapıyoruz. Üniversitemizin laboratuvarlarından ve üretim için **ALUTEAM** gibi araştırma merkezlerinden de yararlanabilmekteyiz.



Bilim BEYOĞLU sponsorluk görüşmesi



Bilim BEYOĞLU Atölyesi

Değişiklik	CDR' da ne değişti?	Yansı No
Dişli Kutusu Tasarımı	Dişli kutusu tasarımında değişiklik yapılmıştır.	75
Görsel Takip Sistemi	Şekil ve boyut değişikliği yapılmıştır.	41
Fünye Ateşleme Sistemi	Fünye ateşleme devresi değiştirilmiştir.	121
Görev Yüğü	Görev yükünün boyutları değiştirilmiştir.	75

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
S-01	Model uydu, taşıyıcı ve görev yükü olmak üzere iki kısımdan oluşmalıdır.	Taşıyıcı görev yükünü koruyan parçadır. Görev yükü ise istenilen görevleri yerine getirecek parçadır.	Yüksek	MAS – 04			X	
S-02	Model uydunun ağırlığı 700 +/- 20 gr olmalıdır.	Belirtilen ağırlık baz alınarak kullanılacak malzemeler seçilecektir.	Yüksek	-			X	X
S-03	Model uydu; 280 mm yükseklik ve 113 mm çap ölçülerinde, silindirik yapıda tasarlanmalıdır.	Verilen ölçülere göre tasarım yapılacaktır.	Yüksek	-			X	X
S-04	Taşıyıcı, hiçbir yere ilişmeyecek/takılmayacak şekilde tasarlanmalı ve görev yükünü koruyacak yapıda üretilmelidir.	Roketten ayrılma sırasında problem olabilecek tasarım unsurları dikkate alınarak çalışılmalıdır.	Yüksek	MAS – 01			X	
S-05	400 metre yüksekliğe kadar, model uydu (taşıyıcı + görev yükü) pasif iniş sistemiyle 10-14 m/s hızla inmelidir.	Hesaplamalar verilen iniş hızı değerlerine göre yapılmalıdır.	Yüksek	İK – 02 MAS – 08	X	X		
S-06	400 (+/- 10) metre yükseklikte taşıyıcı ile görev yükü bir mekanizma ile otonom olarak ayrılmalıdır.	Ayrılma sırasında problem olabilecek tasarım unsurları dikkate alınarak çalışılmalıdır.	Yüksek	MAS – 07	X		X	

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
S-07	Ayrılma mekanizması için patlayıcılar ve kimyasallar kullanılmamalıdır.	Ayrılma mekanizması için daha güvenilir olduğu için motorlu sistemler kullanılacaktır.	Yüksek	MAS – 06 UY – 02			X	
S-08	Ayrılmadan sonra görev yükü, aktif bir iniş sistemi ile 8-10 m/s hızla yere inmelidir.	Hesaplamalar verilen iniş hızı değerlerine göre yapılmalıdır.	Yüksek	İK – 02 MAS – 08	X	X		
B	Görev yükü taşıyıcıdan ayrıldıktan sonra 200 (+/- 50) m aralığında 10 saniye askıda kalarak irtifasını sabitlemelidir. Belirtilen sürenin ardından 8 - 10 m/s hızla inişine devam etmelidir.	Tek motorlu veya dört motorlu sistem kullanılabilir. 250 metrede motora verilen güç artırılarak daha da yavaşlatılıp 200 metrede askıda kalmasını sağlayacak algoritmalar tasarlanmalıdır.	Yüksek	UY – 03 İK – 04 MAS – 09	X	X		
S-09	Aktif İniş Sistemi: Motora bağlı pervanenin bir bütün olarak rotoru oluşturduğu auto-gyro ile ivmeölçer kontrollü iniş sistemidir.	IMU ve Basınç sensöründen alınan ilgili verilere göre, tasarlanan aktif iniş sistemine bağlı motorun hızı değiştirilerek model uydunun hızı kontrol edilecektir.	Yüksek	B			X	

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
S-10	Model uydu, bağlantı elemanları ve ekipmanları 10 G şoka dayanacak şekilde seçilmeli veya tasarlanmalıdır.	Montaj ilişkisini sağlayacak olan elemanlar yeterli mukavemete sahip olup olmadığı belirlenecektir.	Yüksek	MAS – 11 İK – 05	X	X		
S-11	Bütün elektronik donanımlar ve birleşecek mekanik parçalar; konnektör, vida ve yüksek performanslı yapıştırıcılar gibi uygun birleştiriciler kullanılıp sabitlenerek monte edilmelidir.	Kullandığımız malzemelere en uygun şekilde montaj stratejisi belirlenerek elektriksel donanımların ve mekanik aksamaların montajı gerçekleştirilecektir.	Yüksek	MAS – 10 MAS – 12			X	X
S-12	Model uydunun hasarsız bir şekilde yere inmesi sağlanmalıdır. (Model uydunun yere inişe 20 metre kala hızı yavaşlatılabilir.)	Yere bakan bir mesafe sensörü kullanılabilir. İnişli çıkışlı arazide de olsa yere ne kadar uzaklıkta olduğunu ölçüp iniş yavaşlatılabilir.	Yüksek	MAS – 10 MAS - 11	X		X	
S-13	Görev yükü uçuş süresince; sıcaklık, basınç, yükseklik, iniş hızı, konum, pil gerilimi ve eksen verilerini toplamalıdır. (Uçuş gününe katılacak takımların sensörlerde yedekli çalışması önerilir.)	Uygun sensörler belirlenerek istenilen telemetrilerin alınması sağlanacaktır.	Yüksek	H - 03	X		X	

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
S-14	Model uydu ölçtüğü verileri, sürekli bir şekilde ve verilen telemetry formatına uygun paketler halinde yer istasyonuna her saniye (1 Hz) göndermelidir.	Sensörlerden alınan veriler uygun paketlere dönüştürülerek yer istasyonuna aktarımı sağlanacaktır.	Yüksek	H – 03	X		X	
S-15	Telemetry paketi, görev zamanını içermelidir. Görev süresince, işlemcinin yeniden başlaması durumunda bile zaman verisi korunmalıdır.	Uçuş bilgisayarında yapılan gerekli kontrollerle işlemcinin yeniden başlama durumları göz önüne alınarak yazılımsal önlemler alınacaktır.	Yüksek	H – 02 H – 04 UY - 07	X		X	
S-16	Uçuş yazılımı, gönderilen paketlerin sayısını muhafaza etmeli ve 1'den başlayarak her paket iletiminde sayıyı bir artırmalıdır. Eğer işlemci yeniden başlarsa paket sayısı kaldığı yerden devam etmelidir.	Uçuş bilgisayarına gelen her veri paketi için ayrı bir numara verilecektir.	Yüksek	H - 03	X		X	
S-17	Telemetry verileri aynı zamanda uydu içinde yer alan bir SD karta da yazdırılmalıdır.	Sensörler tarafından ölçülen her veri aynı zamanda işlemci üzerinde bulunan SD karta yedeklenecektir.	Yüksek	UY – 08 H - 05	X		X	

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
S-18	Görev yükü üzerinde, yere bakan bir kamera olmalıdır. Kamera görüntüleri tüm uçuş süresince bir SD karta video olarak kayıt edilmelidir.	Model uydunun uçuş anını görüntülemesi ve görüntüleri kaydetmesi için kamera ve SD kart modülü kullanılacaktır.	Yüksek	H – 07	X		X	
S-19	Kamerası yeryüzüne bakan model uydu, görev süresince (sistem çalışmaya başladığı andan itibaren) video görüntüsünü yer istasyonuna göndermelidir.	Anlık olarak kaydedilen görüntüler haberleşme modülü ile yer istasyonunda görüntülenecektir.	Yüksek	SAS – 02 MAS – 13 H – 06	X			
S-20	Alkalin, Ni-MH, Lityum İyon veya Lityum polimer piller kullanılabilir.	Sistemin güç ihtiyacı belirlenerek ve bize verilen seçenekler kıyaslanarak pil seçimi yapılacaktır.	Yüksek	EAS – 02			X	
S-21	Seçilecek pil, sistemin 1 saatlik süre boyunca çalışmasına yeterli olmalıdır. Bu süreye sadece haberleşme ve sensör alt sistemleri dahil olup aktif iniş sistemi dahil değildir.	Uçuş bilgisayarı için belirlenen pil sistemin 1 saatlik güç ihtiyacını karşılayacak şekilde olacaktır.	Yüksek	EAS - 01	X	X		

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
S-22	Video Aktarımı: TÜRKİSAT tarafından sağlanan 1 MB'lık .mp4, .avi vb formatında bir video paketi, yer istasyonu arayüzünden uçuş anındaki model uyduya gönderilerek görev yükü üzerindeki SD karta kaydedilmelidir. Gönderim tamamlandıktan sonra, yer istasyonunda telemetri verisiyle video aktarım bilgisi gösterilmelidir.	Yer istasyonundan görev yüküne video paketini gönderebilecek uygun yapıdaki haberleşme modülü seçilmeli ve bu haberleşme modülünün bu iş için tasarlanmış algoritmalar ile çalıştırılması gereklidir. Uçuş bilgisayarına gelen video verisini SD karta kaydeden kod yazılmalı.	Yüksek	SAS – 02 MAS – 13 H – 06 H – 07	X		X	
S-23	Ayrılmama durumunda, yer istasyonundan gönderilen komutla ayrılma gerçekleştirilmelidir.	Ayrılıp ayrılmadığını doğrulamak için bir sensör kullanılabilir. Böylece ayrılmadığını anlayıp yer istasyonundan uçuş bilgisayarına komut göndererek ayrılma gerçekleşir.	Yüksek	MAS – 06	X		X	
S-24	Görev yükünün açma kapama düğmesi olmalıdır. Bu düğme; görev yükü taşıyıcının içindeyken bile erişilebilecek şekilde tasarlanmalıdır.	Elektronik ve mekanik olarak erişimi kolay ve güvenilir bir şekilde tasarlanmalıdır.	Yüksek	-			X	X

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
S-25	Elektronik donanımların montajı mekanik aksamla sabitlenerek yapılmalıdır. Elektronik devrede temassızlığa veya çıkmaya sebep olacak bağlantı elemanları kullanılmamalıdır.	Sensörler PCB kart üzerine yerleştirilecektir ve diğer elektronik bağlantılar için mümkün olduğunca az kablo kullanılıp lehimlenecektir. PCB kartı görev yüküne vidalanacaktır.	Yüksek	MAS – 11			X	X
S-26	Görev yükü yere hasarsız şekilde indikten sonra en az 1 dakika boyunca telemetri ve görüntü yayınına devam etmelidir. Telemetri paketindeki konum bilgisi ile uydunun yeri tespit edilebilmelidir.	Model uydunun bataryası, uydu iniş yaptıktan sonra 1 dakika daha çalışmasını sağlaması gerekmektedir. Böylelikle GPS'ten yer istasyonuna aktarılan konum bilgilerine bakarak yeri tespit edilebilir.	Yüksek	İK – 05 MAS – 12	X			
S-27	Görev yükü yere indiğinde, kurtarma ekibi tarafından bulunana kadar sesli ikaz vermelidir.	Görev yükü yere indiğinde buzzer aktif hale gelir ve sistemi kapatana kadar çalışır.	Yüksek	MAS – 15	X			X
S-28	Her takım kendi yer istasyonunu geliştirmelidir. Yer istasyonu arayüzü tek bir sayfa halinde olmalıdır.	Grafiklerin, eksen verilerinin, konum bilgisi vb. olayların takibini sağlayabilmek için tek sayfa olmalıdır.	Yüksek	Yİ – 08			X	

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
S-29	Telemetri verilerini ve görüntüyü yer istasyonuna göndermek için kablosuz haberleşme modülleri kullanılmalıdır.	Uygun anten seçilerek en az 700 metre mesafede haberleşebilen bir kablosuz haberleşme modülü kullanılmalıdır.	Yüksek	H – 02 UY – 05			X	
S-30	Yer istasyonu arayüzünde görev yükünden gelen telemetri verileri gerçek zamanlı olarak gösterilmelidir.	Her an gelen veriler yer istasyonundaki tasarımda işlenip gösterilmelidir.	Yüksek	H – 02 UY – 05 Yİ – 08 Yİ – 09	X		X	
S-31	Yer istasyonu yazılımında, görev yükünden gelen telemetri verileri kaydedilmeli ve zamana bağlı grafikleri doğru mühendislik birimleriyle gerçek zamanlı olarak çizdirilmelidir.	Grafikler çizdirilirken hangi verilerin işlendiği dikkate alınmalı ve buna göre birimleri belirlenmelidir. Ör: Hız verisi (v-s). Yer istasyonuna gelen veriler bilgisayarda bir Excel yada CSV dosyasına her an kaydedilmelidir.	Yüksek	H – 13 Yİ – 07 Yİ – 09	X		X	
S-32	Video, yer istasyonunda gerçek zamanlı olarak izlenmeli ve yer istasyonuna kayıt edilmelidir.	Yer istasyonu arayüzünde gelen video verisini canlı olarak izleyebileceğimiz bir alan olmalıdır ve yer istasyonu bilgisayarına kaydedilmelidir.	Yüksek	MAS – 13 H – 06 SAS – 02 H – 07	X		X	

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
S-33	Yer istasyonu yazılımının çalıştırılacağı bilgisayarın en az iki saatlik bataryası dolu olmalıdır.	Bataryanın bitmesi ihtimaline karşı yarışma günü powerbank ve şarj aleti getirilecektir.	Yüksek	EAS – 02				X
S-34	Görev yükü üzerinde bulunan gyro sensörü, yer istasyonu arayüzünde model uydunun duruş bilgisini en az bir düzlemde (x-y) 2 boyutlu olarak simüle edecektir.	IMU sensöründen alınan "yaw", "pitch" ve "roll" verileriyle yer istasyonu arayüzünde görev yükünün simülasyonu gösterilmelidir.	Yüksek	H – 01 UY – 04	X		X	
S-35	Pasif iniş sistemi ile inen taşıyıcının paraşüt rengi ise turuncu veya kırmızı olmalıdır.	Taşıyıcı yere indiğinde görünürlüğünü arttırmak için kullanılır.	Yüksek	İK – 07 MAS – 16 MAS – 17			X	X

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
S-36	Sis Kapsülü (Renkli Duman): Görev yükü taşıyıcıdan ayrıldıktan sonra, görev yükünün görünürlüğünü artırarak atmosferde takibinin net bir şekilde yapılması için sis kapsülü eklenmelidir. Dumanın rengi için kırmızı, turuncu, yeşil veya mor tercih edilmelidir.	Sis kapsülünün boyutu, ağırlığı ve yanma süresi ölçülmelidir. Mekanik veya elektronik parçalara zarar vermeyecek, güvenilir ateşleme yöntemi olmalıdır. Güç tüketimine dahil edilmelidir. Ayrıldıktan sonra otonom bir şekilde ateşlenmelidir. Ateşlenmemesi durumunda yer istasyonundan müdahale edilmelidir.	Yüksek	MAS – 15 MAS – 17	X		X	X
S-37	Taşıyıcının rengi kırmızı veya turuncu olmalıdır.	Model uydunun görünürlüğünü artırarak atmosferde takibinin net bir şekilde yapılması için taşıyıcı açık renklere üretilcektir.	Düşük	MAS – 15 İK – 07 MAS – 16			X	X



Açıklama

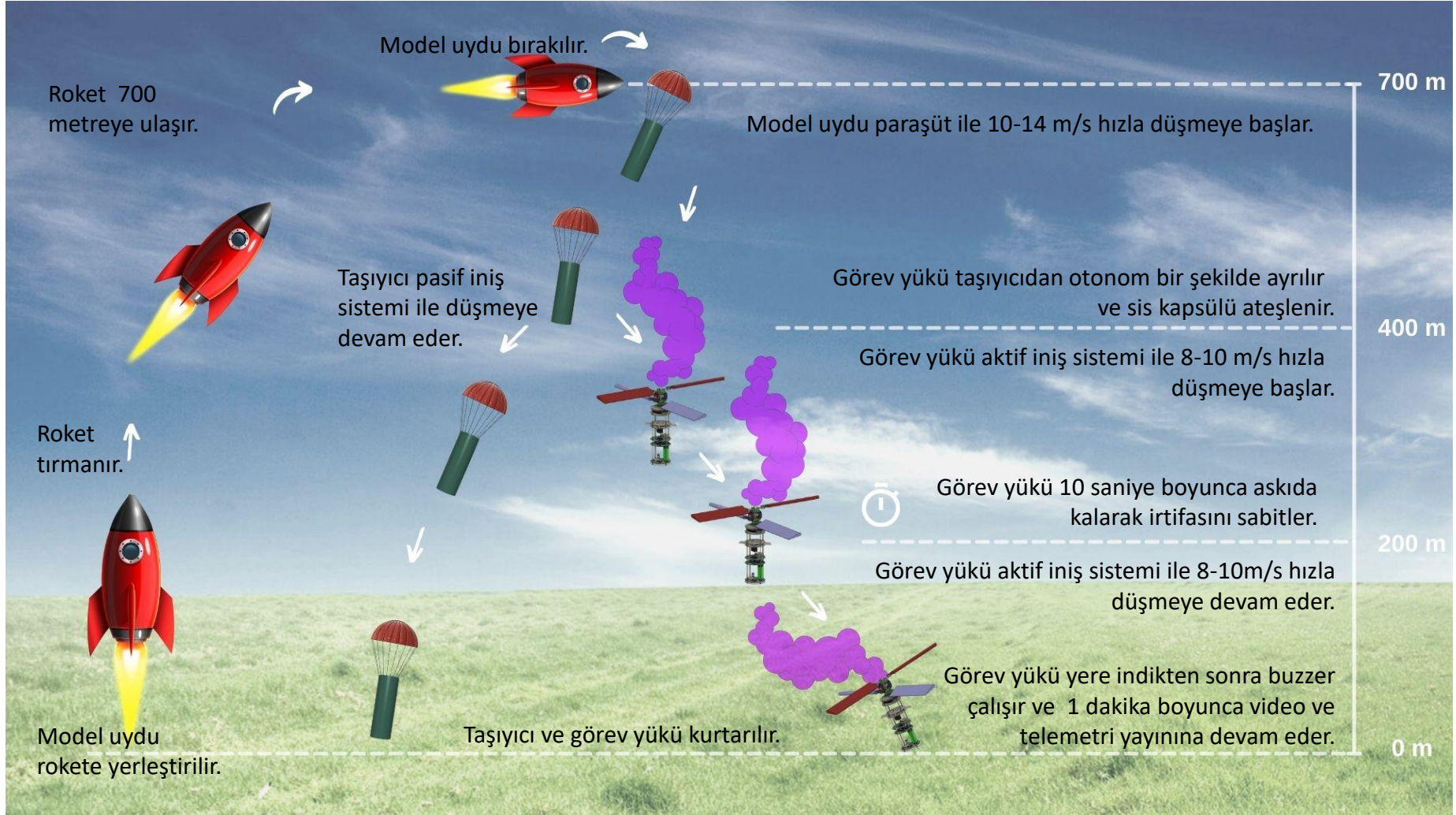
Görev Yüğü, 1 adet motor ve 2 adet birbirinin tersine dönen pervanelerden oluşmaktadır.

Avantajlar

- Hafif
- Düşük güç tüketimi

Dezavantajları

- Görev yükü yönlendirilemez.
- Pervaneleri aynı tahrik milinden farklı yönlerde çevirmek için dişli kutusu gerektiriyor. Tasarım ve üretimi kompleks.



TIRMANIŞ VE İNİŞ

- Roket yükselmeye başlar.
- Telemetri ve video yayını her saniye yer istasyonuna aktarılmaya devam eder.
- 700 metrede model uydu bırakılır ve paraşütle 10-14 m/s hızla düşmeye başlar.
- 400 metrede görev yükü taşıyıcıdan ayrılır ve sis kapsülü ateşlenir.
- Görev yükü 8-10 m/s hızla aktif iniş sistemi ile düşer.
- Yer istasyonundan 1 MB'lık video paketi görev yüküne gönderilir.
- Canlı video aktarımı yapılır.
- Görev yükünün 200 metrede 10 saniye irtifası sabitlenir ve tekrar 8-10 m/s hızla düşmeye devam eder.
- Model uydu iner.

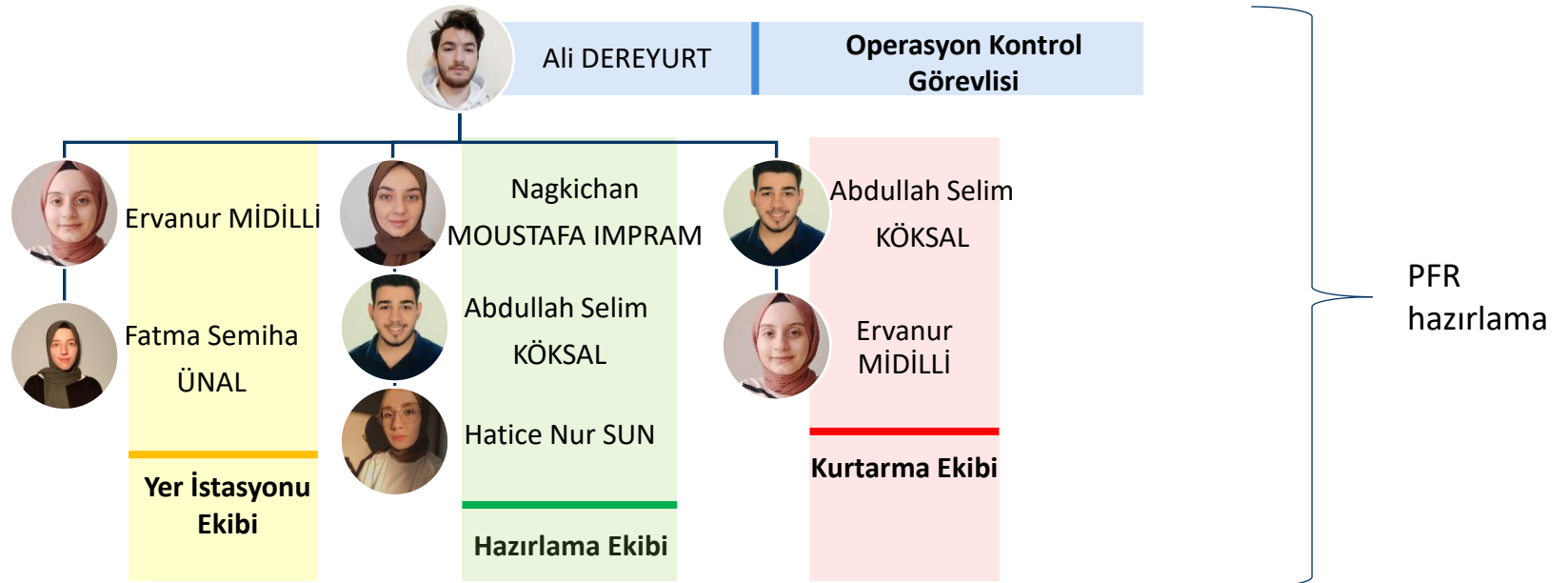
KURTARMA VE VERİLERİN İNCELENMESİ

- Buzzer çalışır.
- 1 dakika boyunca telemetri ve video yayını devam eder.
- GPS verisi yer istasyonunda gözlemlenir.
- Görev yükü renkli duman ve GPS verisi sayesinde tespit edilir.
- Taşıyıcı parlak rengi sayesinde bulunur.
- Taşıyıcıyı ve görev yükünü bulan Kurtarma Ekibi Saha Hakemi'ni çağırır.
- Model uydu yer istasyonuna geri getirilir.
- SD kart teslim edilir.

GÖREV SONRASI

- Hasarlı parçalar tespit edilir ve incelenir.
- Model uydudan alınan veriler incelenir.
- PFR hazırlanır.
- PFR sunulur.

Operasyon Kontrol Görevlisi	Operasyon Hakemi'ne takımın model uydusunu teslim etmekle ve operasyonu yönetmekle yükümlüdür.
Yer İstasyonu Ekibi	Telemetri verilerinin ve videonun alımı için yer istasyonunun izlenmesinden ve gerekli durumda yer istasyonundan model uyduya ayrılma için komut gönderilmesinden sorumlu ekiptir.
Hazırlama Ekibi	Model uyduyu hazırlamaktan, Operasyon Kontrol Görevlisi'ne teslim etmekten, uçuş platformuna entegre etmekten ve durumunu doğrulamaktan sorumlu bir veya daha fazla kişiden oluşan ekiptir.
Kurtarma Ekibi	Model uyduyu izlemekten ve iniş yaptıktan sonra yerini tespit etmekten sorumludur. Taşıyıcı ve görev yükünü buldukları zaman Saha Hakemi'ni çağırma sorumlularıdır.

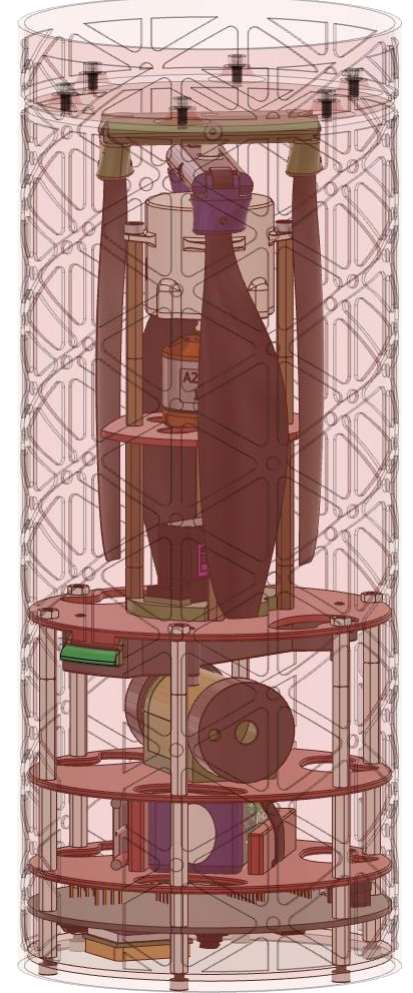




Taşıyıcı



Görev Yüğü



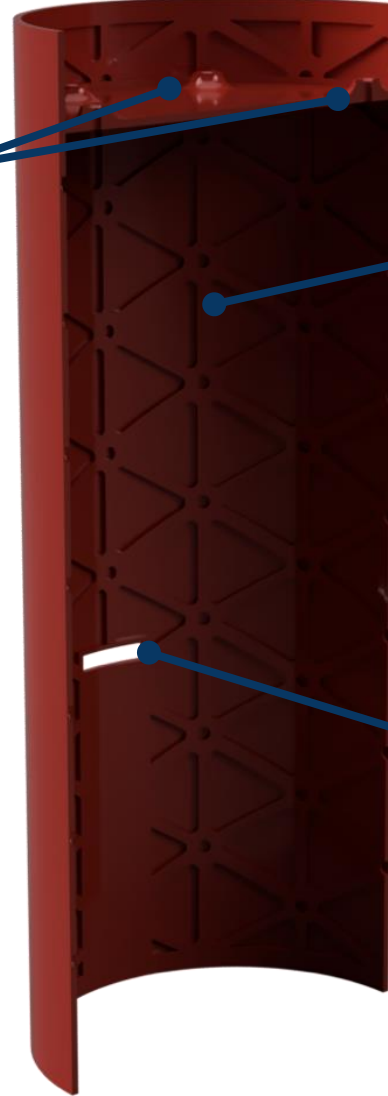
Model Uydu (Taşıyıcı + Görev Yüğü)

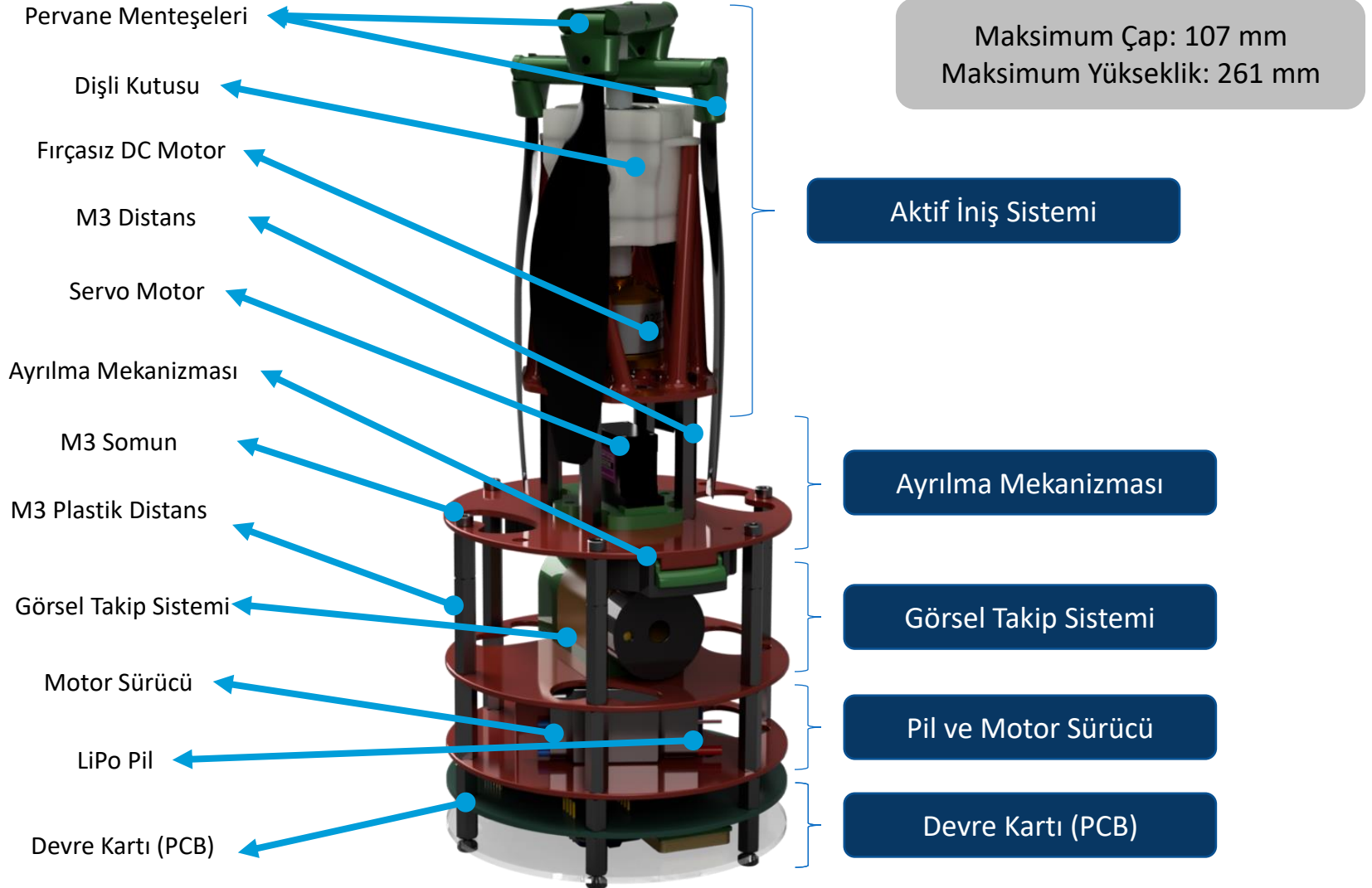
Taşıyıcının üst kısmında paraşüt bölmesi bulunmaktadır. Paraşütün bağlanması için 6 adet vida ve vida delikleri bulunmaktadır.

Dış Çap: 113 mm
İç Çap: 109 mm
Et Kalınlığı: 2 mm
Yükseklik: 280 mm

Taşıyıcının dış kısmı düz ve iç kısmı izogrid desenlidir. Bu desen sayesinde dayanıklılıktan ödün vermeden ağırlık azaltılmıştır.

Ayrılma mekanizmasının tutunacağı delikler.





Devre Kartı (PCB)

NEO M8N GPS
(18x18 mm)

Dış Çap: 107 mm

BMP280
(15x11 mm)

Buzzer
(Ø5.5 x9 mm)

LDR
(Ø5x2mm)

BNO055
(12x20 mm)

Arduino
Nano (45x18 mm)

Pil Konnektörü (JST)
(5.5x7.5 mm)

ESP32 Cam
(40.5x27 mm)

Voltaj Regülatörü
(10x12 mm)

Anahtar
(13x8 mm)

Direnc
6.3x2.2 mm

Transistör
5x11mm

Header
8.5x2.4 mm

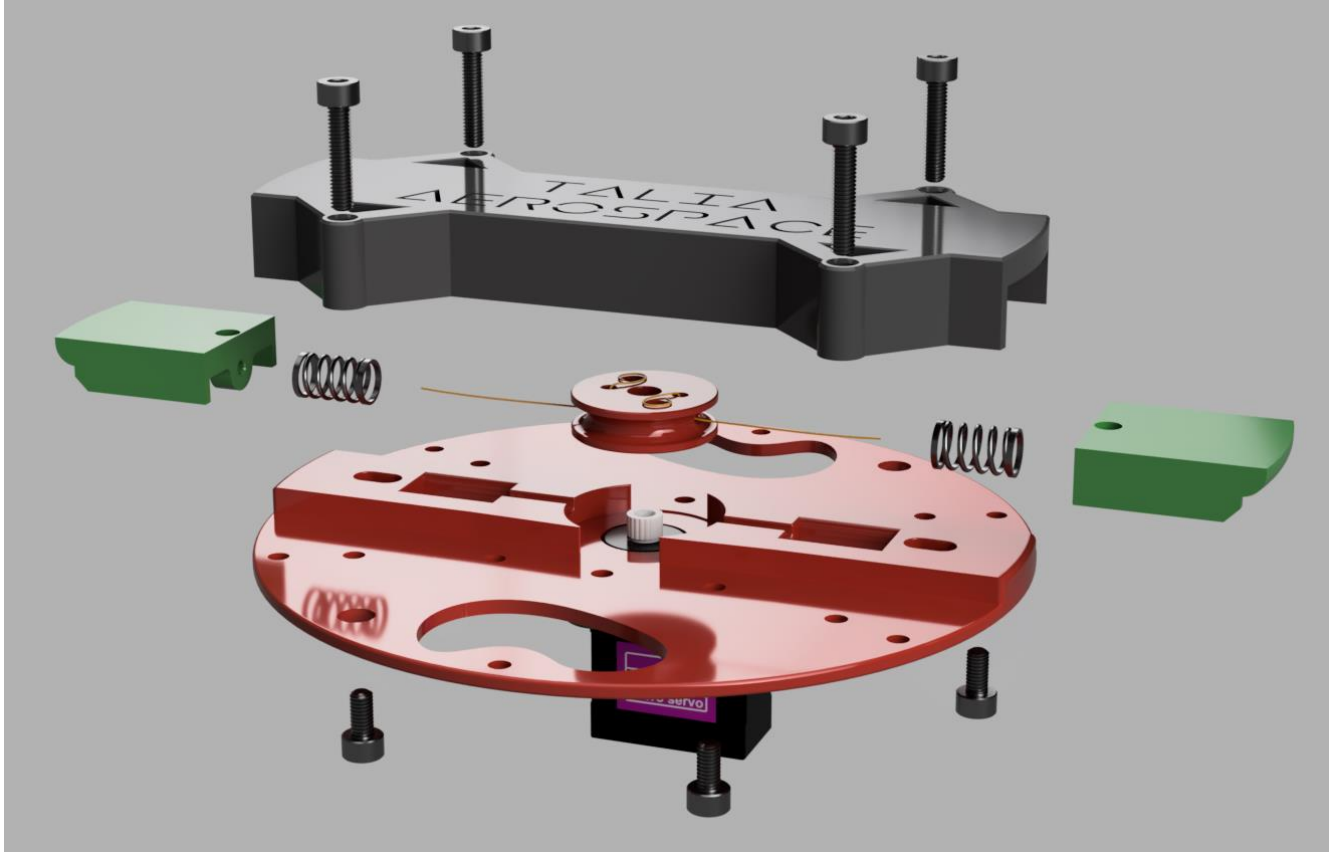
2 pin konnektör
10x70x130 mm

Kartın Görev Yüküne Bakan Yüzü

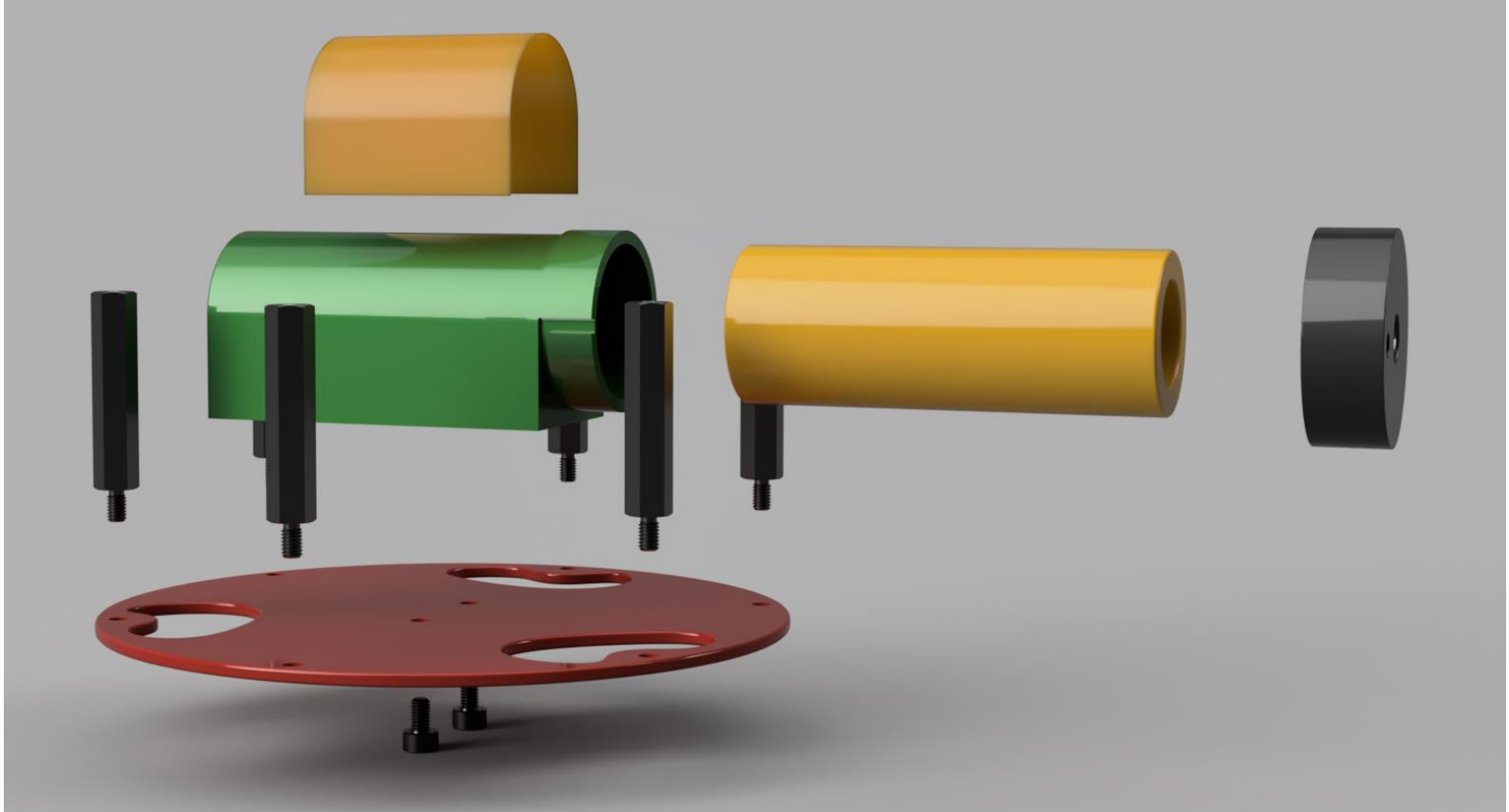
Kartın Yeryüzüne Bakan Yüzü



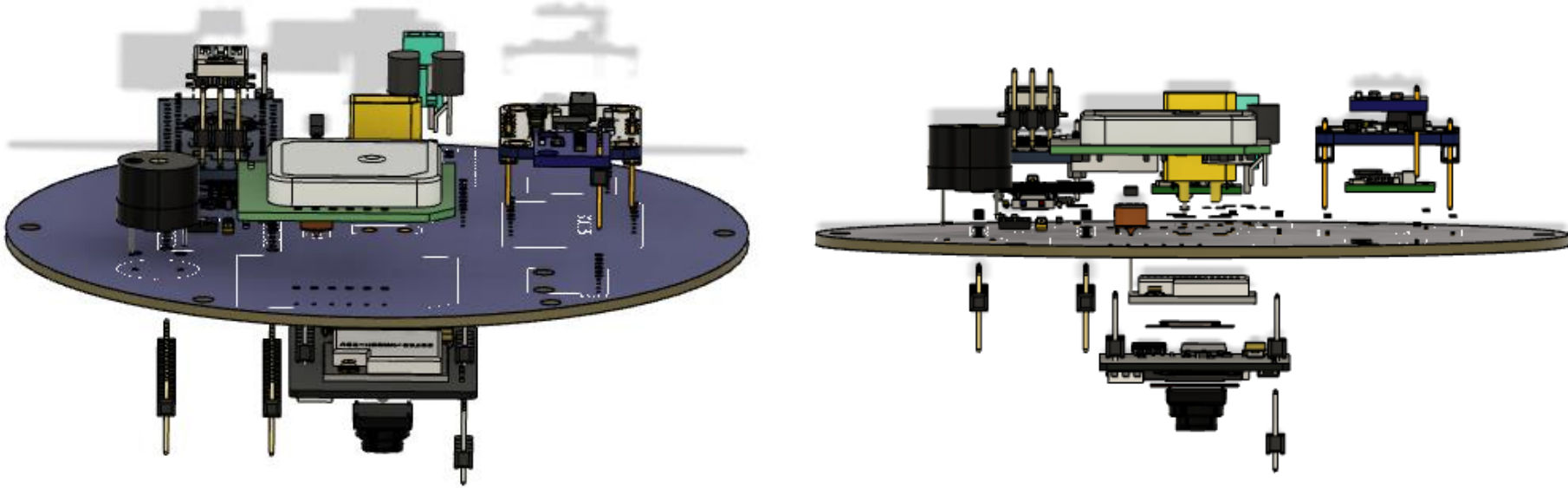
Aktif İniş Sistemi



Ayrılma Mekanizması



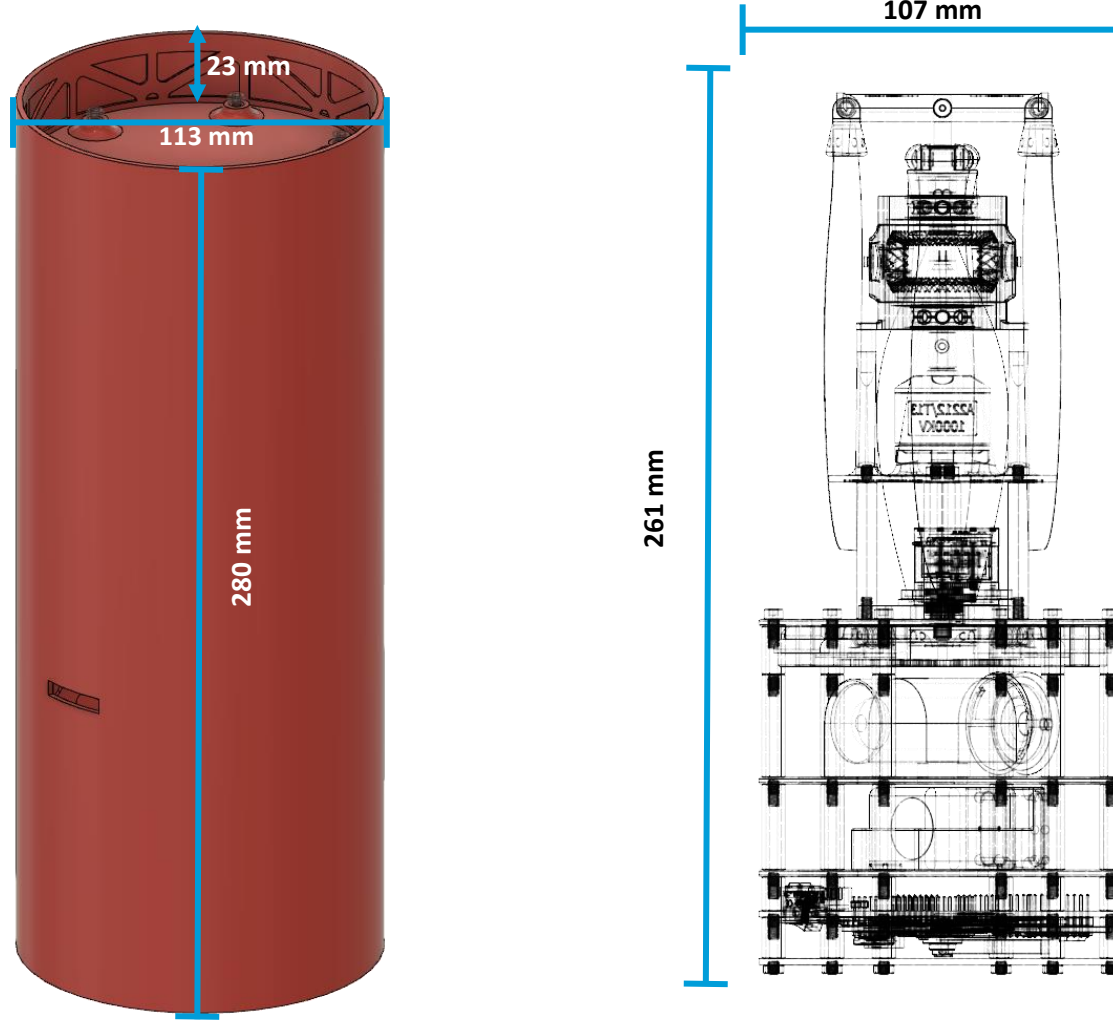
Görsel Takip Sistemi



PCB



Görev Yüğü



Kaynak	Boyutlar	
	Çap	Yükseklik
Kılavuz	113 mm	280 mm
Tasarım	113 mm	280 mm
Model Uydu Kılavuzdaki Ölçülere Uygundur ✓		

Sensör Altsisteminin Tasarımı

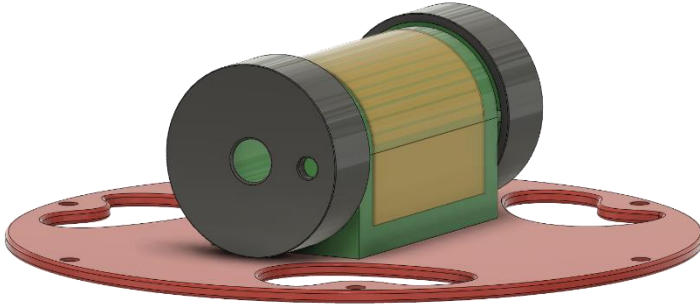
Fatma Semiha ÜNAL

Ali DEREYURT

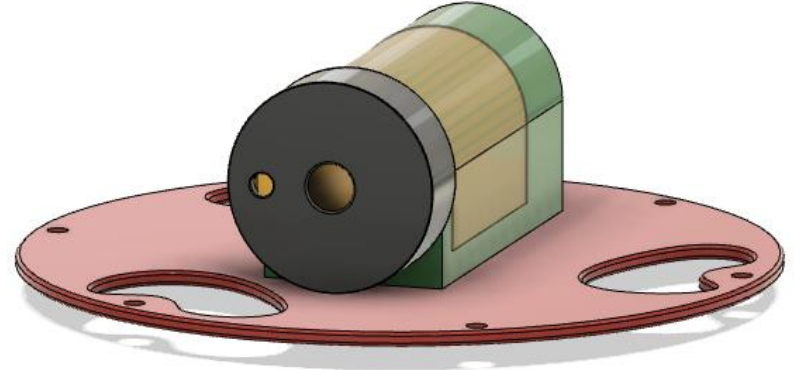
Hatice Nur SUN

Sensör Tipi	Sensör Modeli	Açıklama
İvmeölçer	BN0055	İvme ölçümü sayesinde eksen bilgilerini verir.
GPS	NEOM8N	Enlem, boylam ve deniz seviyesine göre yükseklik ve zaman verilerini alır.
Basınç / Sıcaklık	BMP280	Sıcaklık ve basınç verisini anlık olarak alır.
Yükseklik	BMP280	Rakımı yer seviyesine göre hesaplar.
Kamera	OV2640	Görüntü aktarımını anlık olarak gerçekleştirir.
Pil Gerilim	-	Ekstra sensör kullanmak yerine arduino analog pin kullanılacaktır.
Işık	LDR	Ayrılmanın gerçekleşip gerçekleşmediğini kontrol etmek için kullanılır.

- PDR 'dan sonra görsel takip sistemi kapsülünde kullanılan kimyasal hazır alınan karışımla değiştirilmiştir. Tasarımda 2 kapak yerinde tek kapağa geçilmiştir. İç içe iki kapsül tasarımına geçilerek aradaki hava sayesinde ısı yalıtımı sağlanacaktır.



Eski Görsel Takip Sistem Kapsülü



Yeni Görsel Takip Sistem Kapsülü

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
SAS-01	Telemetri paketi, görev zamanını içermelidir. Görev süresince, işlemcinin yeniden başlaması durumunda bile zaman verisi korunmalıdır.	Uçuş bilgisayarında yapılan gerekli kontrollerle işlemcinin yeniden başlama durumları göz önüne alınarak yazılımsal önlemler alınacaktır.	Yüksek	H – 03	X		X	
SAS-02	Görev yükü üzerinde, yere bakan bir kamera olmalıdır. Kamera görüntüleri tüm uçuş süresince bir SD karta video olarak kayıt edilmelidir.	Model uydunun roketten ayrılmasından sonra uçuş anını görüntülemek ve görüntüleri kaydetmek için kamera ve SD kart modülü kullanılacaktır.	Yüksek	SAS – 02 MAS – 13 H – 06	X		X	
SAS-03	Görev yükü yere indiğinde, kurtarma ekibi tarafından bulunana kadar sesli ikaz vermelidir.	Görev yükü yere indiğinde, kurtarma ekibi tarafından bulunana kadar sesli ikaz vermelidir.	Yüksek	İK – 07 MAS – 16 MAS – 17	X			X

Sensör Modeli	Ağırlık	Akım (mA)	Gerilim (V)	Boyut	Arayüz	Güncelleme Hızı	Çözünürlük	Kanal	Temin	Fiyat
NEOM8N	4.4 gr	35mA	3.3V	36 x 25.8 mm	UART	1Hz	6 meter	72	Beyoğlu Belediyesi	144,2 ₺



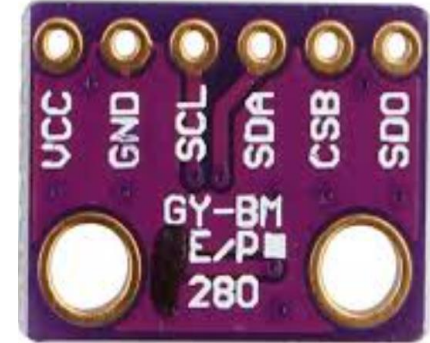
SEÇİLEN ÜRÜN	AÇIKLAMA
NEOM8N	- Daha fazla kanala sahip. - Düşük güç tüketimi ve yüksek performansa sahip. - Dahili pusulası bulur ve yüksek doğruluğa sahiptir. - Parazit bastırma özelliği ile maksimum performans sağlar.



Sensör Modeli	Ağırlık	Akım (mA)	Gerilim (V)	Boyut	Arayüz	Çözünürlük	Sıcaklık Aralığı	Kendi Kendine Isınma	Temin	Fiyat
BMP280	3 gr	3.40 uA	5V	15x11 mm	I2C	0.01 °C	-40 °C to 85 °C	1 or 2 °C	Beyoğlu Belediyesi	7,65 ₺



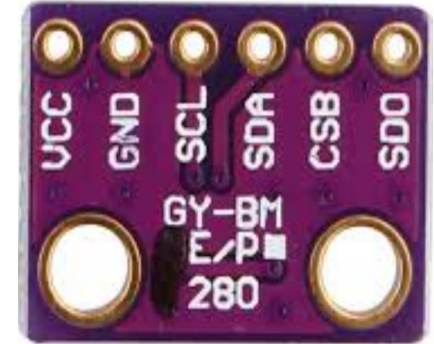
SEÇİLEN ÜRÜN	AÇIKLAMA
BMP280	- Basınç ve sıcaklık sensörü aynı devrenin üzerinde olduğu için yer kazancı sağlar. - Daha yüksek sıcaklık aralığına sahip. - İhtiyaçlarımız için uygun çözünürlüğe sahip.



Sensör Modeli	Ağırlık	Akım(μ A)	Gerilim(V)	Boyut	Arayüz	Çözünürlük	Temin	Fiyat
BMP280	3 gr	3.40 μ A	3.3V	15x11 mm	I2C	<0.1 meter	Beyoğlu Belediyesi	7,65 ₺



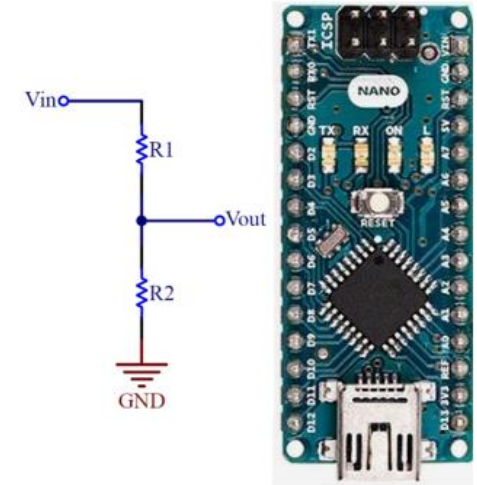
SEÇİLEN ÜRÜN	AÇIKLAMA
BMP280	- Basınç ve sıcaklık sensörü aynı devrenin üzerinde olduğu için yer kazancı sağlar. - Fiyatı daha ucuz. - İhtiyaçlarımız için uygun çözünürlüğe sahip.



Sensör Modeli	Ağırlık	Gerilim Aralığı(V)	Boyut	Arayüz	Çözünürlük	Temin	Fiyat
Arduino Analog Pin + Voltaj Bölücü Direnç	<1 gr	0 to 5V	~ 1 x 1 cm	I2C	4.9mV	Beyoğlu Belediyesi	-

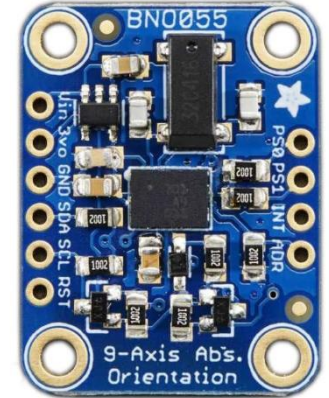


SEÇİLEN ÜRÜN	AÇIKLAMA
Arduino Analog Pin + Voltaj Bölücü Direnç	- Uygulaması ve kullanımı kolaydır. - Ekstra alana ihtiyaç duyulmaz. Yalnızca iki direnç kullanılır. - Voltaj bölücü, mikro denetleyiciye güvenilir potansiyeli sağlamak için kullanılır. - Gerilim çözünürlüğü yeterlidir ve ina219b satın alınmasına gerek yoktur.



Sensör Modeli	Ağırlık	Akım (mA)	Gerilim(V)	Boyut	Arayüz	Hızlanma Aralığı	Gryo Aralığı	Çalışma Prensibi	Temin	Fiyat
BNO055	3 gr	1200mA	3.3V	12x20 mm	I2C	$\pm 2g/\pm 4g/\pm 8g/\pm 16$	$\pm 125^\circ / s$ $\sim 2000^\circ / s$	9 MEMS	Beyoğlu Belediyesi	178,42 ₺

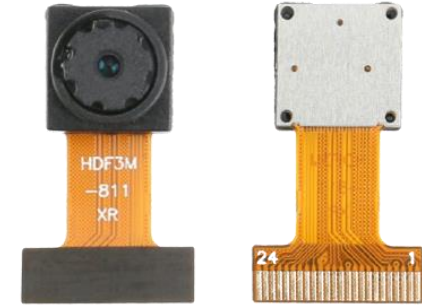
SEÇİLEN ÜRÜN	AÇIKLAMA	Çalışma Prensibi
BNO055	- Daha hassas ölçüme sahip - Daha stabil çalışıyor. - Daha az yer kaplıyor.	IMU sensörünün içinde bulunan 3 eksen için ayrı ayrı bulunan ve yer çekimine göre hareket eden levhalar bulunmaktadır. Bu levhaların yer çekiminden etkilendikleri açısal oranda yönleri ve ivmeleri bulunabilmektedir. Temel olarak baktığımızda verilerimizi bu levhaların hareketlerine bakarak verilerimizi alıyoruz.



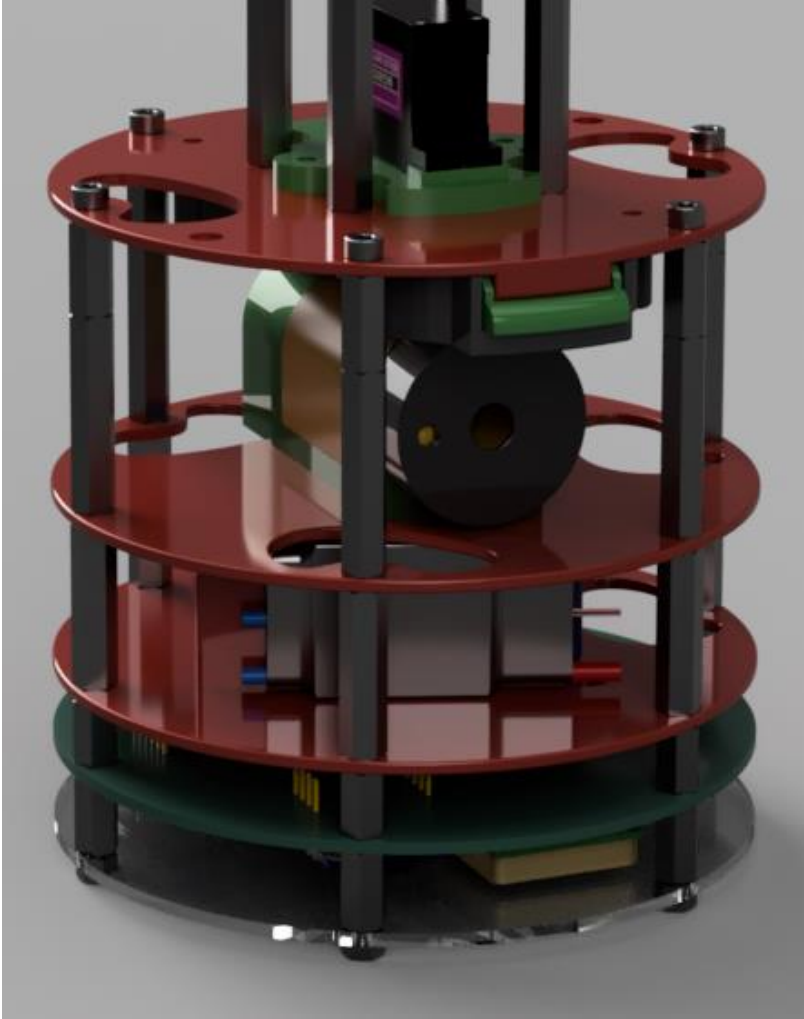
Sensör Modeli	Ağırlık	Akım(mA)	Gerilim(V)	Boyut	Arayüz	Çözünürlük	Temin	Fiyat
OV2640	1 gr	2000mA	5V	5mm x 5mm	SSCB	640x480	Beyoğlu Belediyesi	26,74 ₺



SEÇİLEN ÜRÜN	AÇIKLAMA
OV2640	- Kapladığı alan daha az. - İşlemciye direkt olarak entegre olmaktadır. - Fiyatı daha uygun. - Daha az ağırlığa sahip.



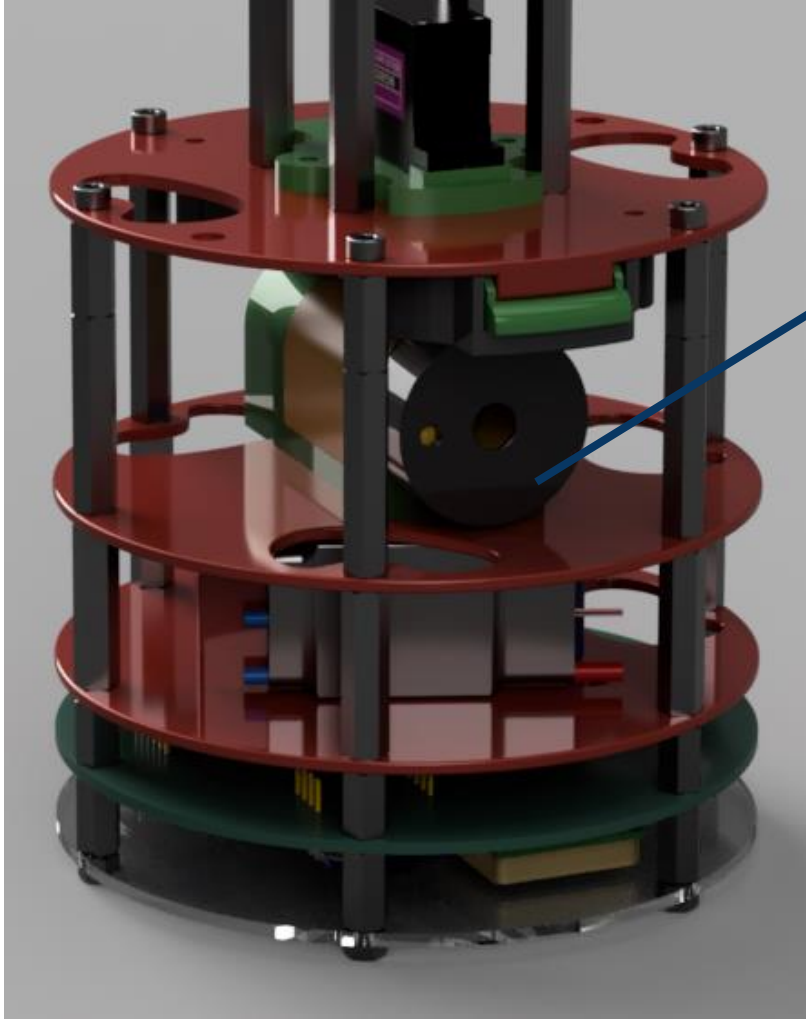
OV2640 Camera 2Million Pixels



Görsel takip sisteminde kullanılacak kimyasal karışım hazır olarak temin edilecektir. Kimyasal karışım potasyum nitrat, karbonat ve toz boyadan oluşmaktadır. Bu karışımın tercih edilme sebebi; piyasada kolay bulunması, uygun fiyatlı olması ve yoğun renkli duman sağlamasıdır.

Hazır olarak alınan sis bombasının içindeki toz karışım boşaltılarak poliamid malzemeden üretilen tüpün içine doldurulup sıkıştırılmaktadır. Tüpün ucuna fitil ve füyve eklenerek kapatılmaktadır. Tüpün etrafı kapton bant ile sarıldıktan sonra yine poliamid malzemeden üretilen daha büyük bir kapsülün içine yerleştirilmektedir. Sistem üzerinde renkli dumanın yoğun şekilde tahliye edilmesi için 10mm çapında delik bırakılmıştır. Ardından dış kapsülün kapağı kapatılarak görsel takip sistemi katmanı diğer katmanlarla birleştirilmeye hazır hale getirilmektedir.

Dış kapsülün etrafı kapton bant ile sarıldıktan sonra katmana vidalanacaktır. Bulunduğu katmanda bu sistemden başka sistem bulunmayacaktır. Bu sayede ısı yalıtımı sağlanacaktır. Ayrılma mekanizması ve pil katmanı arasına M3 distanslar ile sabitlenecektir.



Yapılan testlerde yanma süresi 8 gr karışım ve belirtilen ölçüler için yaklaşık olarak 43 saniyedir.

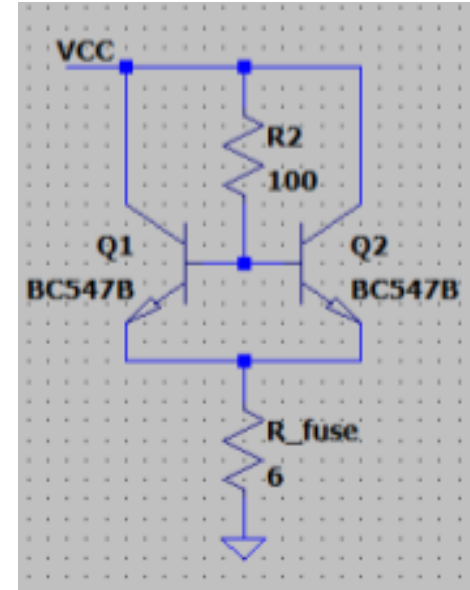
Boyutlar

Kapsül Çapı	27.32 mm
Kapsül Uzunluğu	63.84 mm
Kapak Boyutları	Ø29.6 mm X 10.4 mm

Ağırlıklar

Mekanik Komponentler	36 gr
Kimyasal Karışım	8 gr
Toplam Ağırlık	44 gr

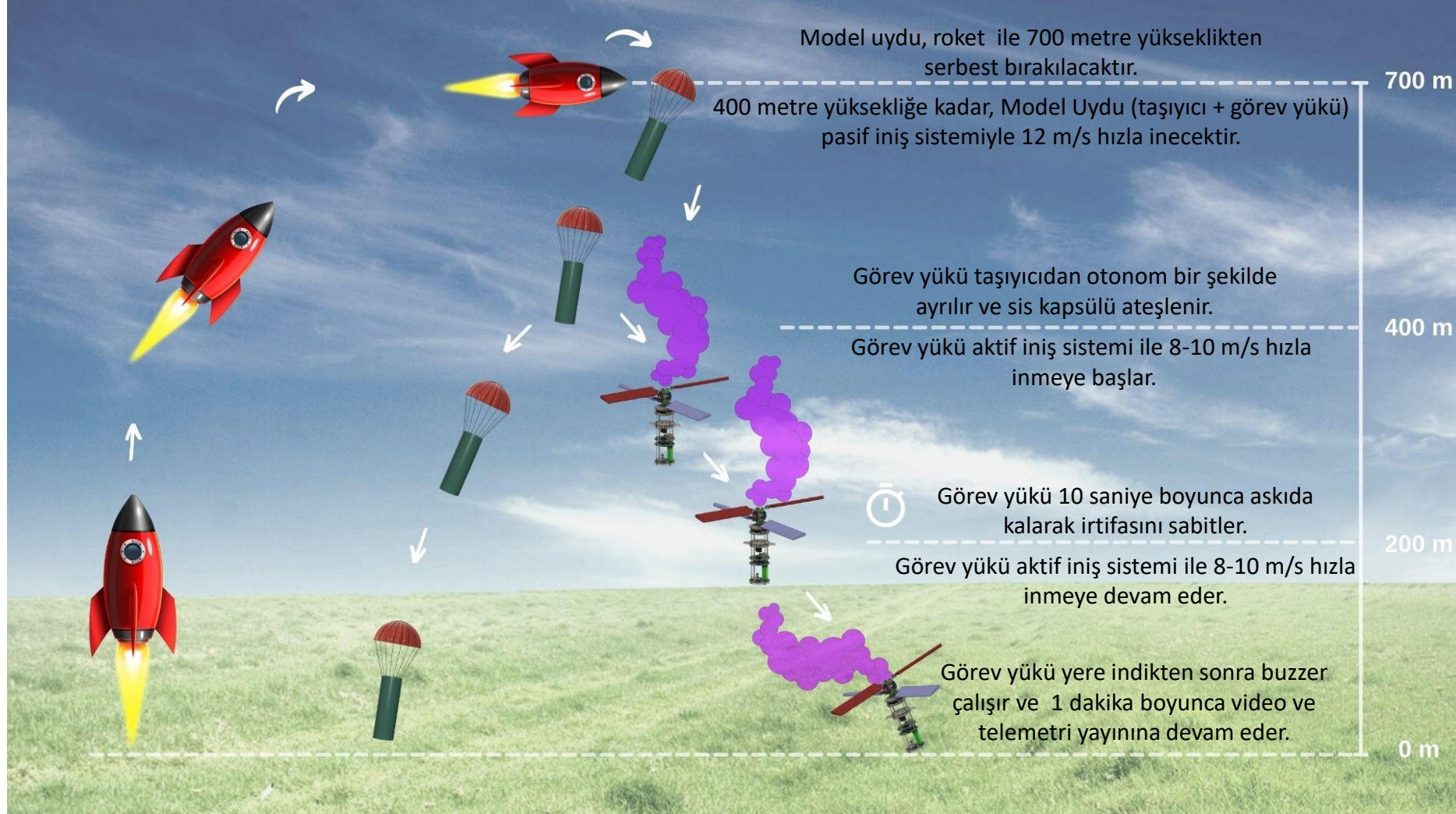
Aktivasyon mekanizması hazır olarak alınan fünne, fitilden ve fünüyeyi ateşleyen devreden oluşmaktadır. Bu mekanizmada iç direnci 4 ohm olan fünüyeden gerekli akımı geçirmek için transistör ve dirençten oluşan devre kullanılacaktır.



Aktivasyon mekanizması devre şeması

İniş Kontrol Sisteminin Tasarımı

Hatice Nur SUN
Ervanur MİDİLLİ
Nagkichan MOUSTAFA IMPRAM
Ali DEREYURT



Gereksinimler

Model Uydu Paraşütü

Model Uydunun 12 m/s hızla inmesi gerekmektedir.

Model Uydunun paraşütün yarıçapı 12 cm olması gerekmektedir.

Model Uydu Paraşüt rengi havada daha kolay tespit edilebilmesi için kırmızı olarak belirlenmiştir.

Görev Yüğü - Aktif İniş Sistemi

Görev Yüğü'nün 9 m/s hızla inmesi gerekmektedir.

Aktif iniş sisteminde kullanılacak olan pervaneler 1045 model olarak seçilmiştir.

Askıda kalmak için yerçekimi kuvveti tersi istikamette 7.434 Newton itki uygulanmalı.

Gereksinimlerin Hesaplanması

50 metreyi 4.5 m/s hızla gidiyor. 11.11 saniye.

$$a = dv / dt$$

$$a = 0.81 \text{ m/s}^2$$

Model Uydu Kütlesi (m) = 700 gr

$$F = m * a$$

$$F = 0.7 * 0.81 = 0.567 \text{ N}$$

Fthrust = 7.434 N olmalı.

Thrust = 0.7577 kg = 757,7 gr

Safety factor = 1.2

Thrust = 909,35 gr → 900 gr

PDR'dan sonra bu bölümde değişiklik yapılmamıştır!

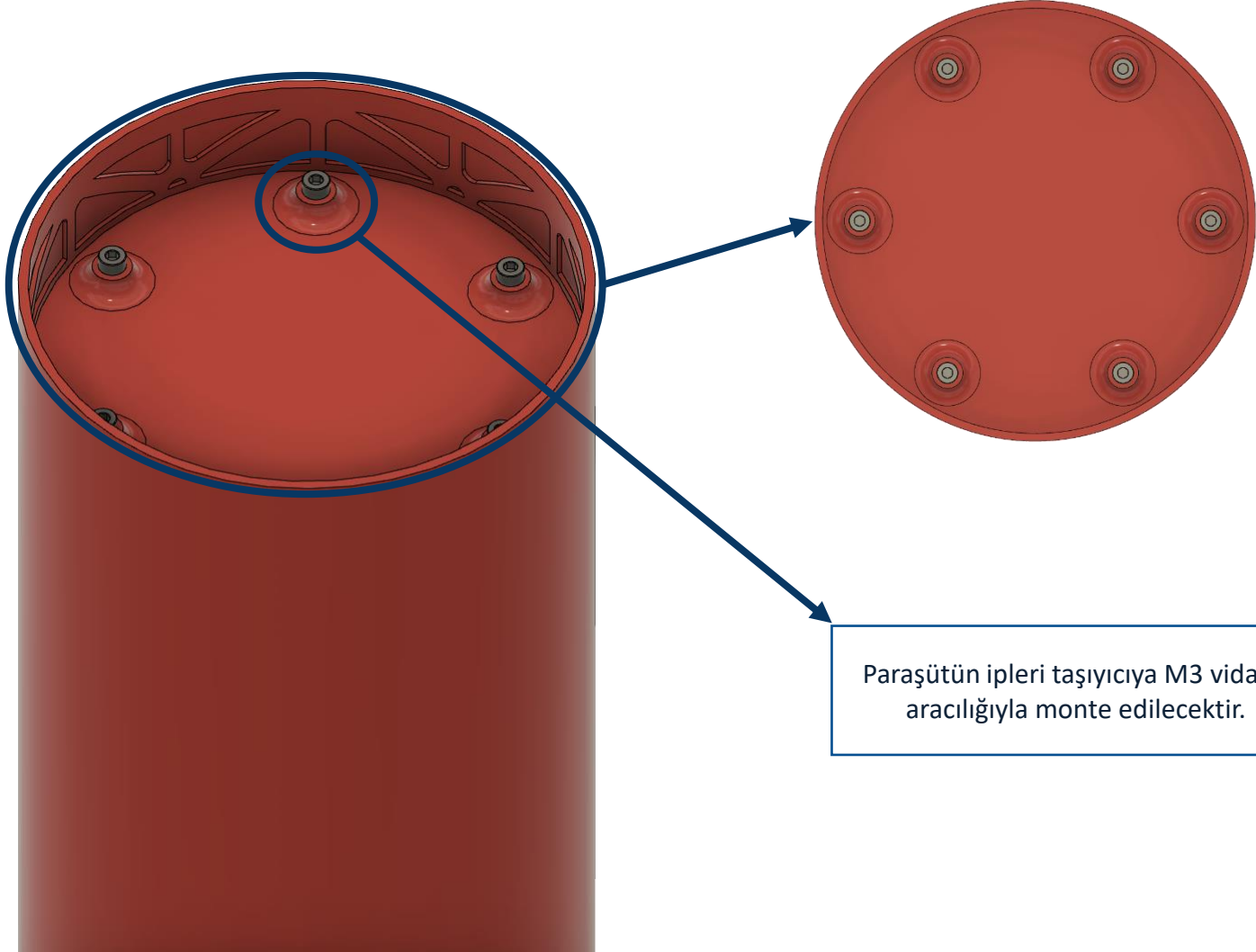
No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
İK-01	400 metre yüksekliğe kadar, model uydu (taşıyıcı + görev yükü) pasif iniş sistemiyle 10-14 m/s hızla inmelidir.	Hesaplamalar verilen iniş hızı değerlerine göre yapılmalıdır.	Yüksek	S – 08	X	X		
İK-02	Ayrılmadan sonra görev yükü, aktif bir iniş sistemi ile 8-10 m/s hızla yere inmelidir.	Hesaplamalar verilen iniş hızı değerlerine göre yapılmalıdır.	Yüksek	S –05	X	X		
B	Görev yükü taşıyıcıdan ayrıldıktan sonra 200 (+/- 50) m aralığında 10 saniye askıda kalarak irtifasını sabitlemelidir. Belirtilen sürenin ardından 8 - 10 m/s hızla inişine devam etmelidir.	Tek motorlu veya dört motorlu sistem kullanılabilir.	Yüksek	S – 09	X	X		
İK-04	Aktif İniş Sistemi: Motora bağlı pervanenin bir bütün olarak rotoru oluşturduğu auto-gyro ile ivmeölçer kontrollü iniş sistemidir.	IMU ve Basınç sensöründen alınan ilgili verilere göre, tasarlanan aktif iniş sistemine bağlı motorun hızı değiştirilerek model uydunun hızı kontrol edilecektir.	Yüksek	B			X	

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
İK-05	Model uydunun hasarsız bir şekilde yere inmesi sağlanmalıdır. (Model uydunun yere inişe 20 metre kala hızı yavaşlatılabilir.)	Aktif iniş sistemi ve paraşütler yardımıyla model uydunun yere en iyi şekilde inmesi sağlanacaktır.	Yüksek	S – 10 S – 11	X		X	
İK-06	Taşıyıcının rengi kırmızı, turuncu veya pembe olmalıdır.	Taşıyıcı renginin kırmızı turuncu ya da pembe olması sağlanacaktır.	Yüksek	S – 36 S – 37			X	X
İK-07	Sis Kapsülü (Renkli Duman): Görev yükü taşıyıcıdan ayrıldıktan sonra, görev yükünün görünürlüğünü artırarak atmosferde takibinin net bir şekilde yapılması için sis kapsülü eklenmelidir. Dumanın rengi için kırmızı, turuncu, yeşil veya mor tercih edilmelidir.	Görev yükünün inişi sırasında görsel takibinin kolay yapılabilmesi için renkli duman kapsülleri kullanılacaktır.	Yüksek	S – 35 S – 37	X		X	X

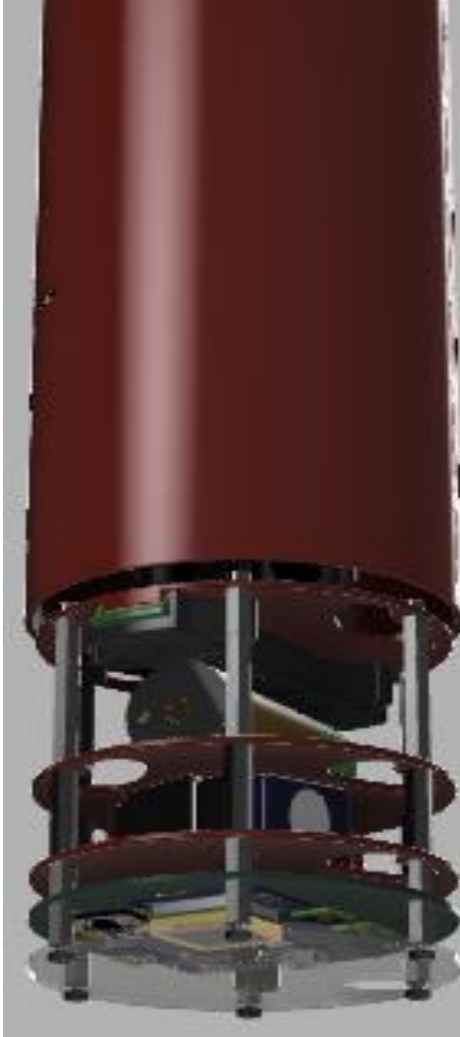
YARIM KÜRE PARAŞÜT	
Avantaj	Dezavantaj
Açılma süresi hızlı	Yönlendirilemez
Sürüklenme katsayısı yüksek	
Stabilitesi yüksek	

Yarım küre paraşütün avantajları dezavantajlarına göre fazla olduğu için tercih edilmiştir.



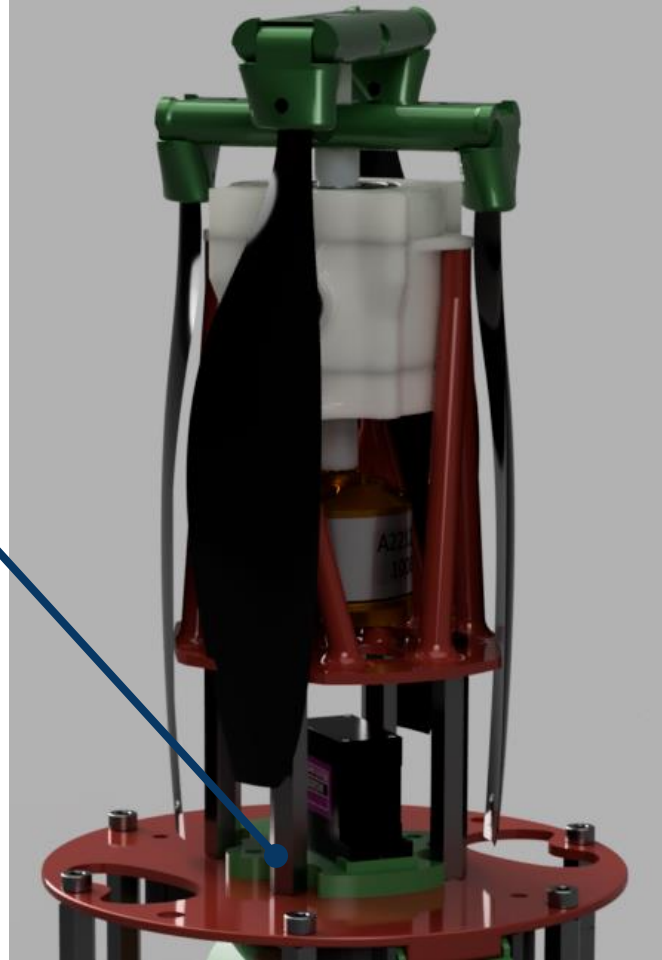


Paraşütün ipleri taşıyıcıya M3 vidalar aracılığıyla monte edilecektir.



- Görev Yükünün Taşıyıcıya yerleştirilmesi için diller deliklere gelecek şekilde itilmesi yeterlidir.
- Tıpkı ev kapılarında olduğu gibi, kilitlemek için dillerin deliğe denk gelmesi yeterlikten açmak için servo motora güç verilmesi gerekir.
- Test etmek için ayrılma mekanizmasının servosuna güç vermek yeterlidir. Kolayca test edilebilir.

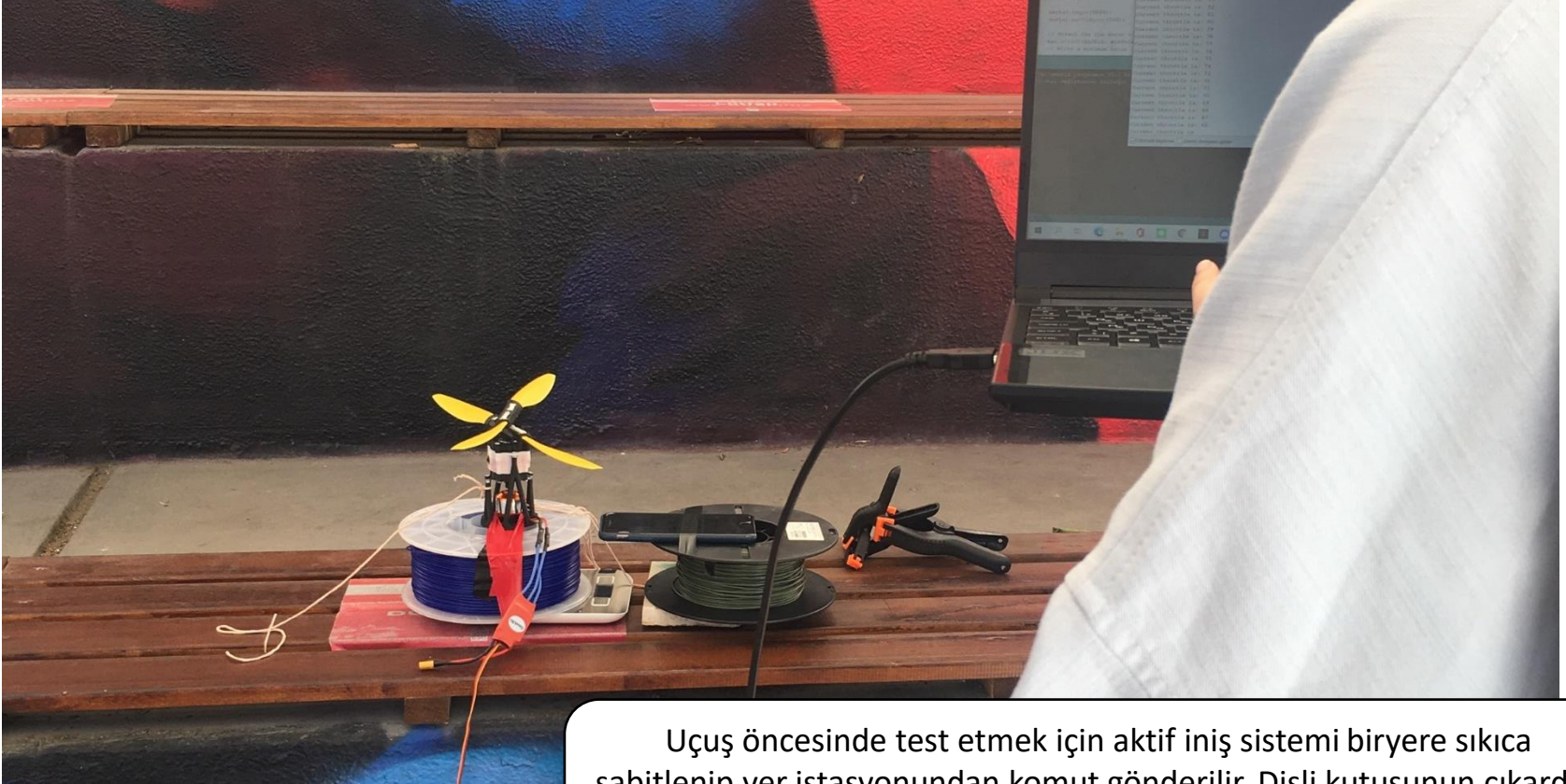
Aktif İniş Sistemini Görev Yüğüne monte etmek için M3 metal distanslar ve M3 somunlar kullanılacaktır.



Uçuş öncesi test etmek için yer istasyonundan komut gönderilerek motora güç verilecektir.



Dişli kutusu 3 kısımdan oluşur. Bu 3 kısım yağlanıp montajlandıktan sonra dişlilerin çıkış millerine menteşeler geçirilip vidalanır. Ardından dişli kutusu motorla birleştirilip motor, katmana vidalanır. Bu katman görev yükünün kalan kısmına 4 adet distansla monte edilecektir.



Uçuş öncesinde test etmek için aktif iniş sistemi biryere sıkıca sabitlenip yer istasyonundan komut gönderilir. Dişli kutusunun çıkardığı ses miktarı, ısınma miktarı, dönmeye karşı mukavemet gibi kıstaslara göre test edilmiş olur.

Pasif İniş Sistemi:

Formüller	Paraşütün Çapı
$V = \sqrt{\frac{2W}{c_d * r * A}}$	$A = \frac{2 * 0.7 * 9.81}{1.75 * 1.229 * 12^2} = 0.044344 \text{ m}^2 \rightarrow r \cong 12 \text{ cm}$ *Model Uydu ağırlığı 700 gr olarak varsayılmıştır.
$A = \frac{2w}{c_d * r * V^2}$	

Değişkenler
V = Limit Hız (m/s)
W = m*g (N)
g = Yerçekimi İvmesi (m/s ²)
c _d = Sürtünme Katsayısı
r = Hava Yoğunluğu (kg/m ³)
A = Paraşütün Alanı (m ²)

Model Uydunun Ayrılmadan Önceki Hızı

$$11.88 \text{ m/s}^2 = \sqrt{\frac{2 * 0.7 * 9.81}{1.75 * 1.229 * 0.045238}}$$

Taşıyıcının Ayrılmadan Sonraki Hızı

$$4.49 \text{ m/s}^2 = \sqrt{\frac{2 * 0.1 * 9.81}{1.75 * 1.229 * 0.045238}}$$

700 metreden 400 metreye iniş 25.25 saniye sürecektir.

Görev Yüğü:

Ayrılma

400 METRE

9 m/s 16.6 sn

250 METRE

9 m/s → 0 m/s 11.1 s

200 METRE

0 m/s

10 sn

0 m/s → 9 m/s 11.1 sn

150 METRE

9 m/s 16.6 sn

0 METRE



Yavaşlama için Gerekli Kuvvetlerin Hesaplanması

50 metreyi 4.5 m/s hızla gidiyor. 11.11 sn.

$a = dv / dt$

0.81 m/s^2

$F = m * a$

$0.7 * 0.81 = 0.567 \text{ N}$

Toplam 65.4 sn.

Fthrust = 7.434 N olmalı.

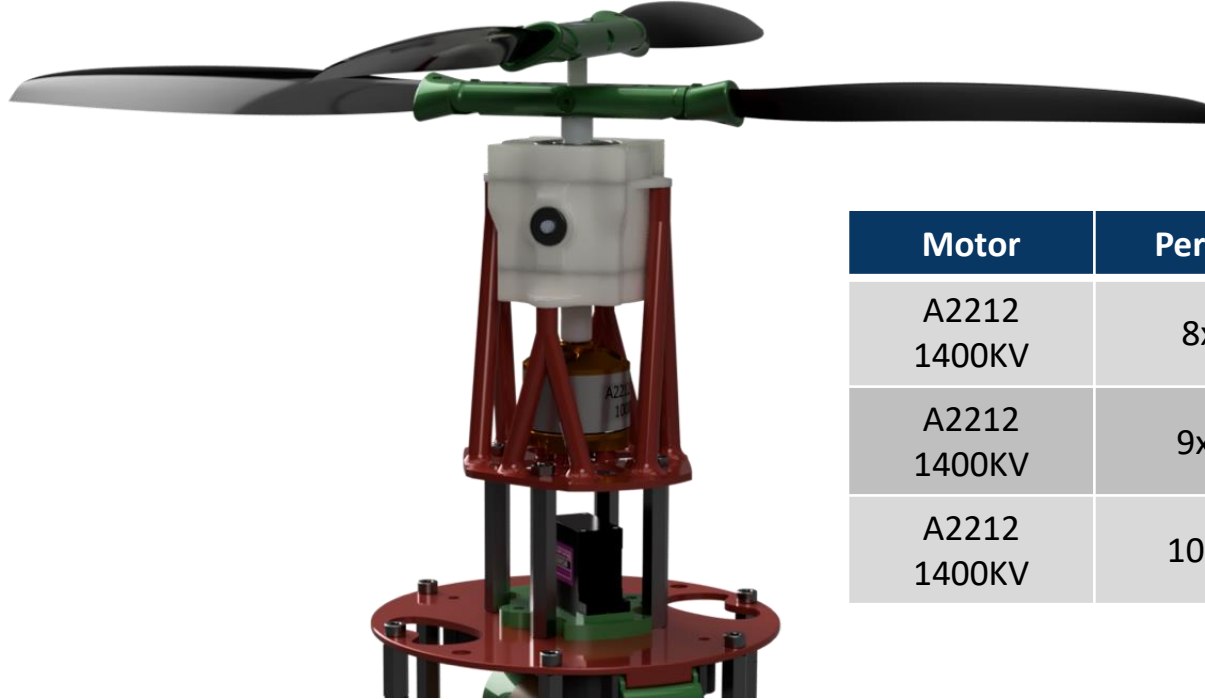
Thrust = 0.7577 kg = 757,7 gr

Safety factor = 1.2

Thrust = 909,35 gr → 900 gr

*Görev Yüğü ağırlığı 700 gr olarak varsayılmıştır.

Aktif İniş Sistemi:



Motor	Pervane	Pil	İtme (Thrust)
A2212 1400KV	8x4E	4S Li-Po	1418 gr
A2212 1400KV	9x4.5	4S Li-Po	1605 gr
A2212 1400KV	10x4.5	4S Li-Po	1800 gr

Kullanılacak motor ve tabloda belirtilen değerler isterleri karşılamaktadır.

Kullandığımız motorun 1400 KV olması, uygulanan her bir 1 Volt başına döneceği RPM değerini göstermektedir.

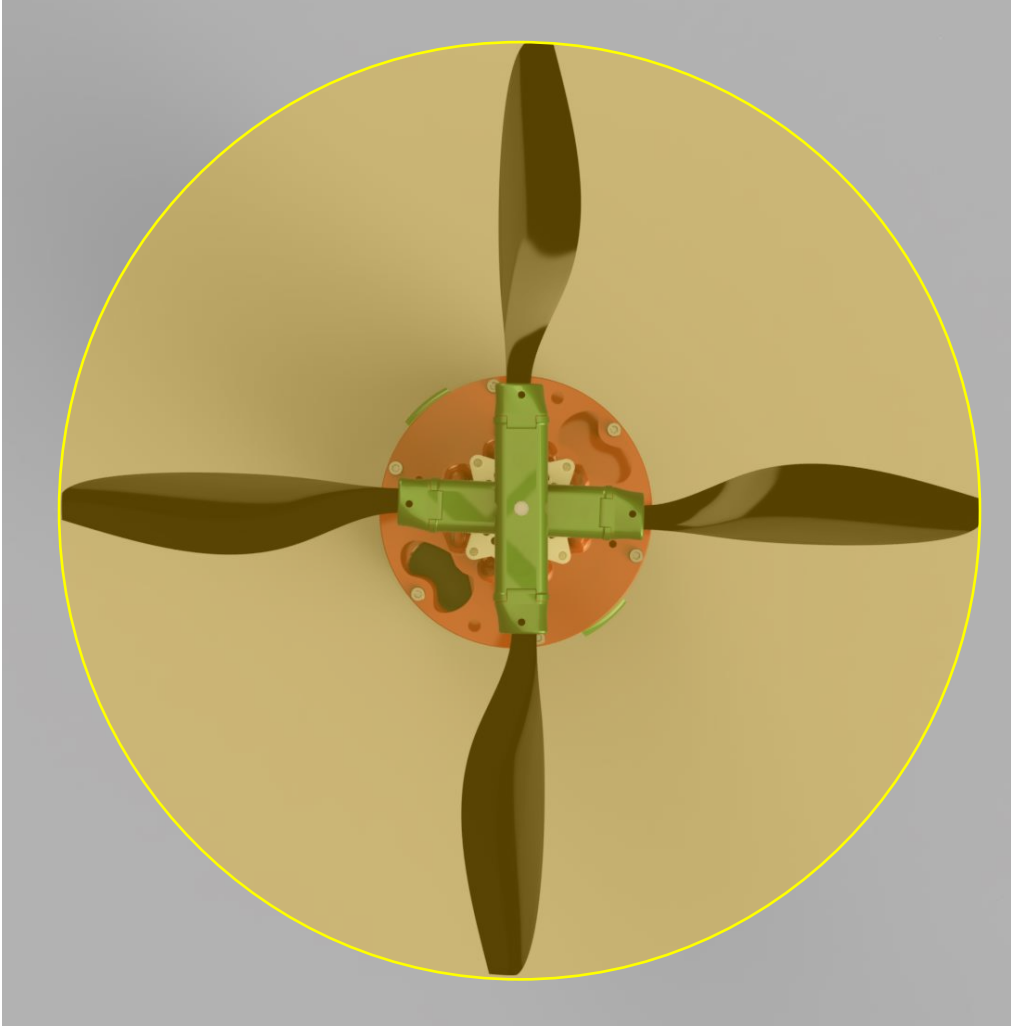
Kullandığımız pilin maksimum gerilimi 16.8 Volt olduğundan dolayı;

$$RPM_{max} = 16.8 * 1400 = 23500 \text{ RPM}$$

ve yapılan ölçümlerde istediğimiz itkiyi sağlamak için yaklaşık 14 Volt uygulanması gerektiğini gördük.

$$RPM_{nom} = 14 * 1400 = 19600 \text{ RPM}$$

Bu verilerden yola çıkarak anlık hıza göre ESC'ye verilen komutla aktif iniş sistemimiz 19000 RPM ile 23500 RPM arasında bir RPM 'de çalışacak diyebiliriz.



Şekilde gösterilen sarı dairenin çapı **313 mm** 'dir.

$$A = \pi r^2$$
$$A = \pi(156.5)^2 = 76944 \text{ mm}^2 = 769.44 \text{ cm}^2$$

Rotor alanı 769.44 cm^2 'dir.



Thrust Kuvveti

Yer Çekimi Kuvveti

- 250 metreye geldiğimizde belirlemiş olduğumuz motor yardımıyla oluşturulan Thrust kuvvetinin yer çekimi kuvvetinden büyük olması sağlanacaktır.
- Görev yükü 9 m/s hız ile inerken 250 metre irtifada 11.11 saniye içerisinde lineer bir şekilde yavaşlayıp 200 metre irtifada askıda kalacaktır.

A2212 Motor & 1045 Pervane

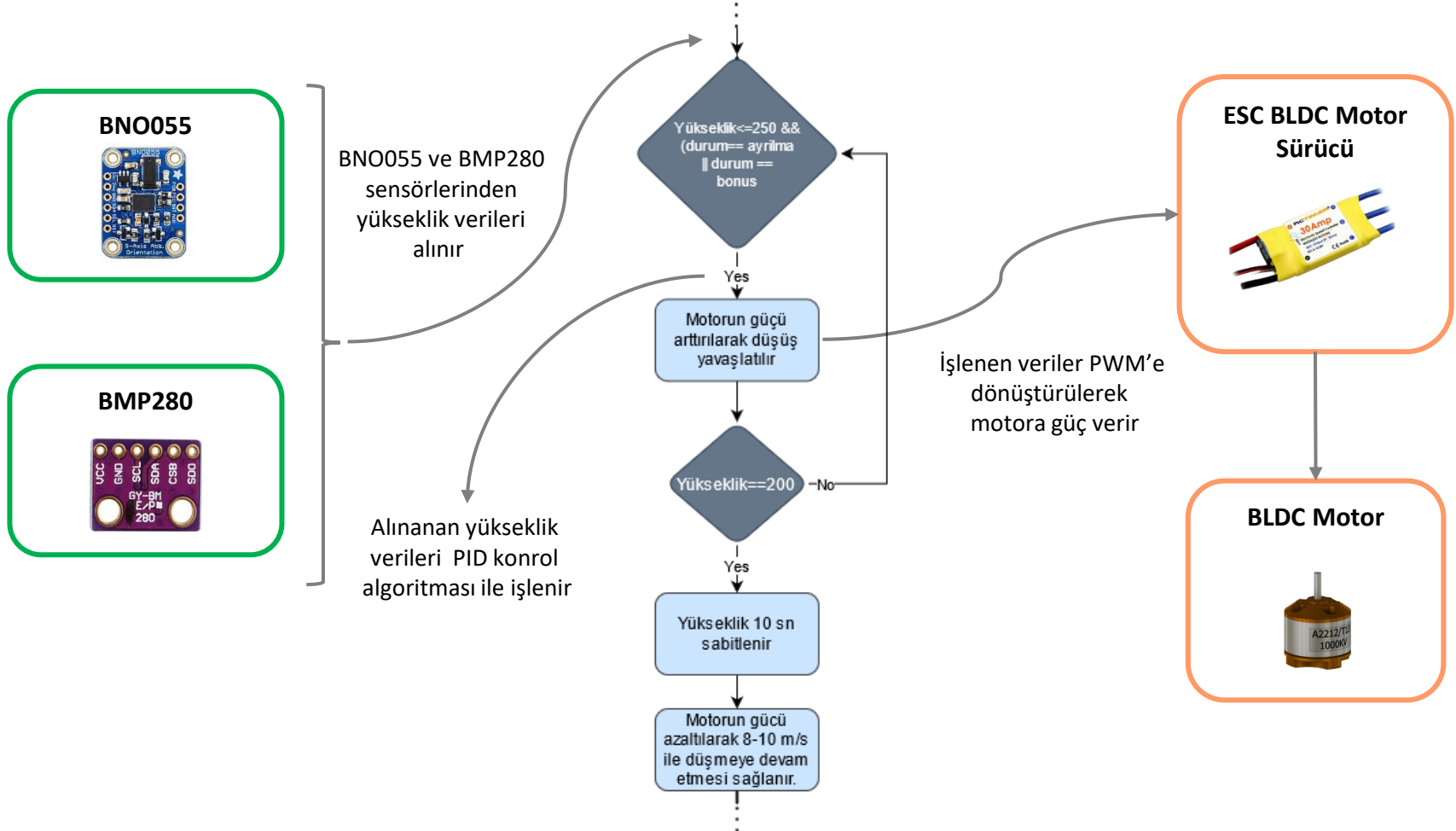
Güç Tüketimi	Pil Kapasitesi
0.616 Wh	6.66 Wh
$\frac{\text{Bonus Görev Güç Tüketimi}}{\text{Pil Kapasitesi}} = \%9.25$	

- Yazılım döngüsünde sensör alt sisteminden gelen veriler işlenecek ve PID (Proportional Integral Derivative) kontrol algoritması kullanılarak elektrik alt sisteminden motora güç verilecektir.

Sensör Alt Sistemi

Uçuş Yazılımı

Elektronik Alt Sistemi



Mekanik Alt Sistemin Tasarımı

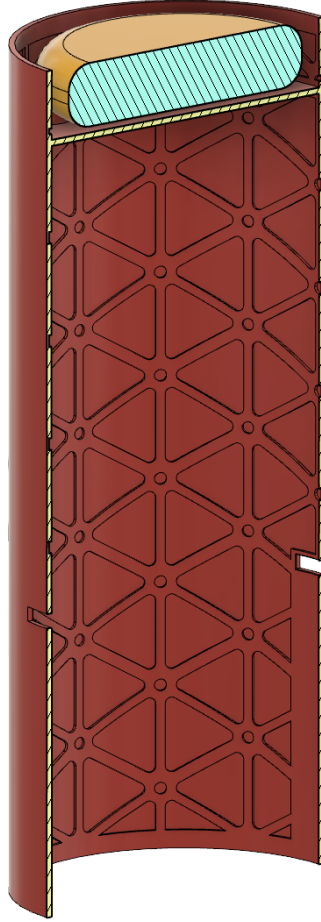
Ali DEREYURT
Ervanur MİDİLLİ
Hatice Nur SUN



MODEL UYDU	
Komponent	Malzeme
Pasif İniş Sistemi	Paraşüt kumaşı, ripstop.
Taşıyıcı	PLA (3B Baskı)
Görev Yüğü	- Katmanlar için PLA, - M3 plastik distanslar, - M3 plastik vida.

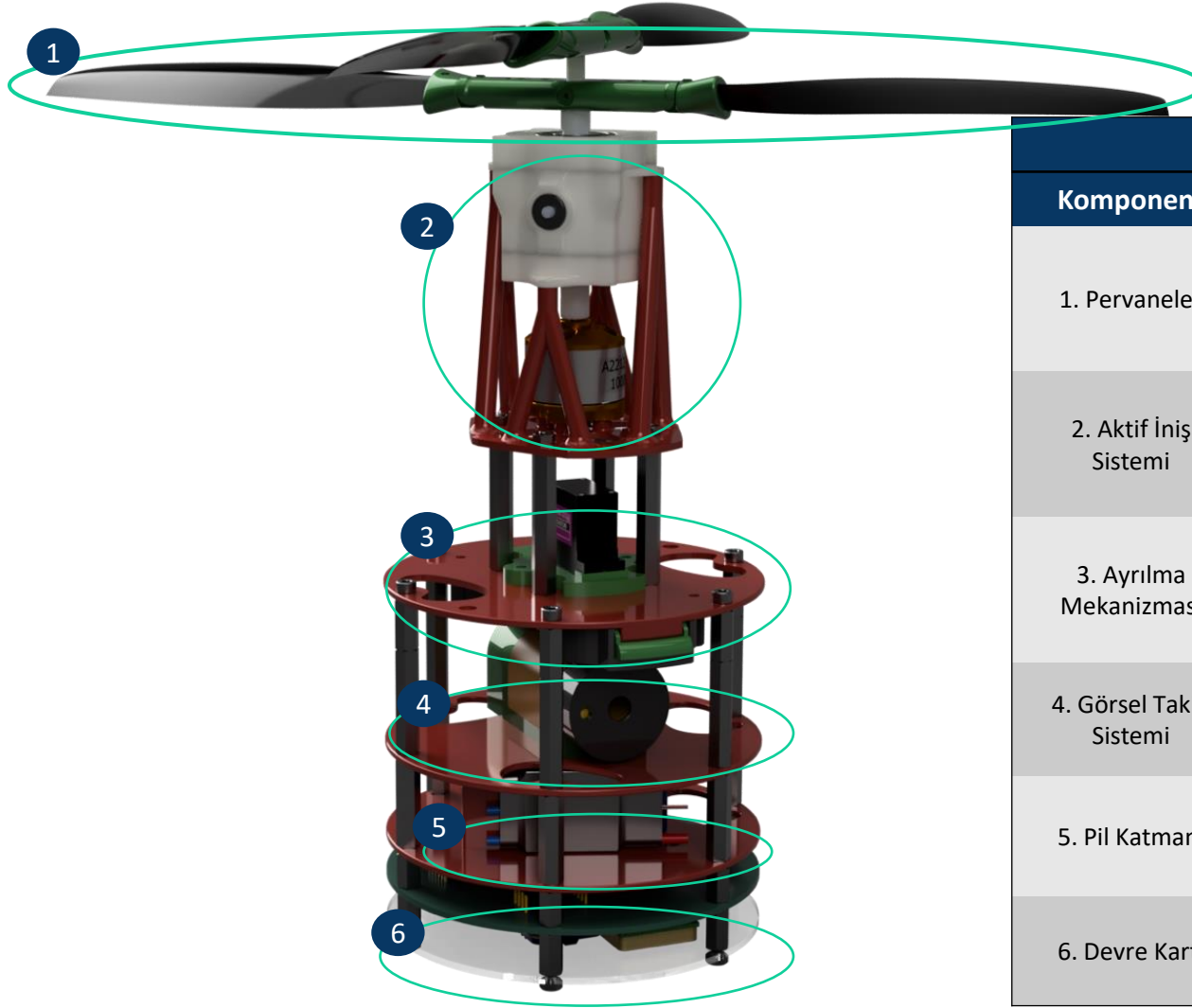


Dış Görünüş

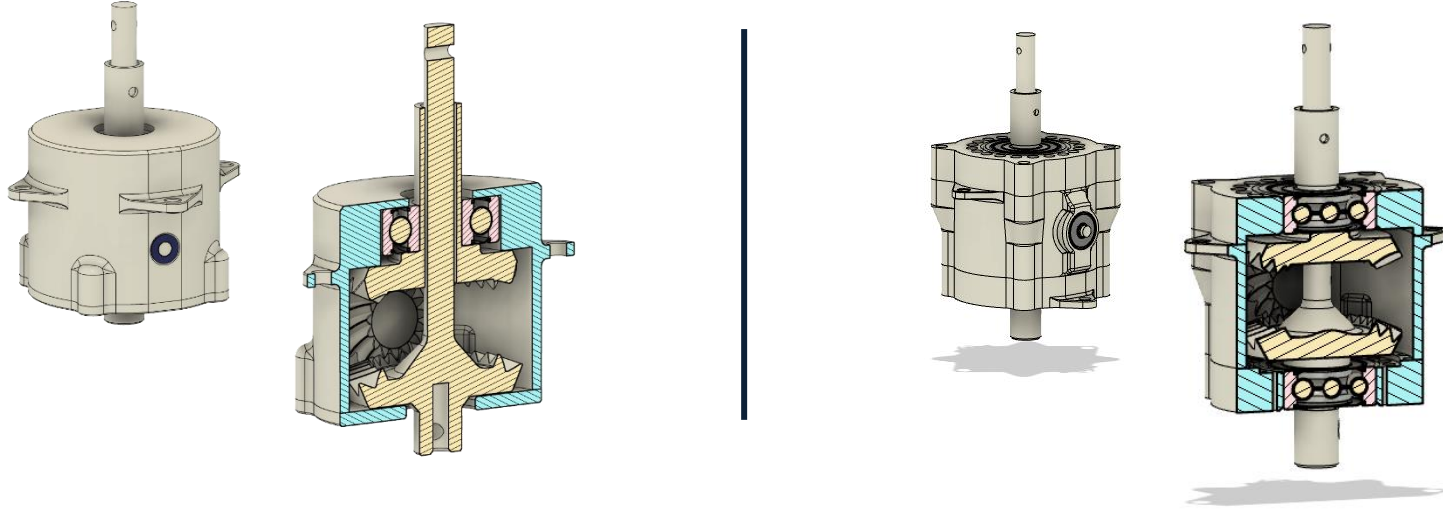


İç Görünüş

TAŞIYICI	
Komponent	Malzeme
Taşıyıcı	3B Baskı Dış yüzeyi düz, iç yüzeyi izogrid desenlidir.
Paraşüt	Ripstop Paraşüt Kumaşı
Paraşüt Bağlantısı	M3 Vida



GÖREV YÜKÜ	
Komponent	Malzeme
1. Pervaneler	- Plastik hazır pervaneler 3B Baskı menteşeler (Poliamid) - Elastik bant (menteşe açılması için)
2. Aktif İniş Sistemi	- Fırçasız DC Motor - Metal Distanslar 3B Baskı (Poliamid) Dişli Kutusu ve Metal Rulmanlar
3. Ayrılma Mekanizması	3B Baskı mekanizma (PLA) - İp - Çelik Yay - Servo Motor
4. Görsel Takip Sistemi	3B Baskı yapı(Poliamid) - Kapton yanmaz bant ile kaplanacak
5. Pil Katmanı	3B Baskı yapı (PLA) - Cırt Bant
6. Devre Kartı	Plastik vidalar ile katmanlar sabitlenecek



Dişli Kutusunun önceki ve sonraki hali

- Dişli kutusunda;
 - Alt dişliye 608 rulman eklenmiştir.
 - Üst ve alt dişlilerin millerinin arasına MR85 rulman eklenmiştir.
 - Yan dişlilerdeki MR63 rulmanlar 623 rulmanla değiştirilmiştir.
 - Dişlilerde ve dişli kutusunda reçineden poliamid malzemeye geçilmiştir.
- Görev yükünün boyu 253.3 mm 'den 261 mm 'e çıkarılmıştır.

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
MAS-01	Model uydu, taşıyıcı ve görev yükü olmak üzere iki kısımdan oluşmalıdır.	Taşıyıcı görev yükünü koruyan parçadır. Görev yükü ise istenilen görevleri yerine getirecek parçadır.	Yüksek	S – 04			X	
MAS-02	Model uydunun ağırlığı 700 +/- 20 gr olmalıdır.	Belirtilen ağırlık baz alınarak kullanılacak malzemeler seçilecektir.	Yüksek	-			X	X
MAS-03	Model uydu; 280 mm yükseklik ve 113 mm çap ölçülerinde, silindirik yapıda tasarlanmalıdır.	Verilen ölçülere göre tasarım yapılacaktır.	Yüksek	-			X	X
MAS-04	Taşıyıcı, hiçbir yere ilişmeyecek/takılmayacak şekilde tasarlanmalı ve görev yükünü koruyacak yapıda üretilmelidir.	Roketten ayrılma sırasında problem olabilecek tasarım unsurları dikkate alınarak çalışılmalıdır.	Yüksek	S – 01			X	
MAS-05	400 metre yüksekliğe kadar, model uydu (taşıyıcı + görev yükü) pasif iniş sistemiyle 10-14 m/s hızla inmelidir.	Hesaplamalar verilen iniş hızı değerlerine göre yapılmalıdır.	Yüksek	S – 08	X	X		

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
MAS-06	400 (+/- 10) metre yükseklikte taşıyıcı ile görev yükü bir mekanizma ile otonom olarak ayrılmalıdır.	Ayrılma sırasında problem olabilecek tasarım unsurları dikkate alınarak çalışılmalıdır.	Yüksek	S-07			X	
MAS-07	Ayrılma mekanizması için patlayıcılar ve kimyasallar kullanılmamalıdır.	Ayrılma mekanizması için daha güvenilir olduğu için motorlu sistemler kullanılacaktır.	Yüksek	S-06			X	
MAS-08	Ayrılmadan sonra görev yükü, aktif bir iniş sistemi ile 8-10 m/s hızla yere inmelidir.	Hesaplamalar verilen iniş hızı değerlerine göre yapılmalıdır.	Yüksek	S-05	X	X		
B	Görev yükü taşıyıcıdan ayrıldıktan sonra 200 (+/- 50) m aralığında 10 saniye askıda kalarak irtifasını sabitlemelidir. Belirtilen sürenin ardından 8 - 10 m/s hızla inişine devam etmelidir.	Tek motorlu veya dört motorlu sistem kullanılabilir. 250 metrede motora verilen güç arttırılarak daha da yavaşlatılıp 200 metrede askıda kalmasını sağlayacak algoritmalar tasarlanmalıdır.	Yüksek	S-09	X	X		

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
MAS-09	Aktif iniş Sistemi: Motora bağlı pervanenin bir bütün olarak rotoru oluşturduğu auto-gyro ile ivmeölçer kontrollü iniş sistemidir.	IMU ve Basınç sensöründen alınan ilgili verilere göre, tasarlanan aktif iniş sistemine bağlı motorun hızı değiştirilerek model uydunun hızı kontrol edilecektir.	Yüksek	B			X	
MAS-10	Model uydu, bağlantı elemanları ve ekipmanları 10 G şoka dayanacak şekilde seçilmeli veya tasarlanmalıdır.	Montaj ilişkisini sağlayacak olan elemanlar yeterli mukavemete sahip olup olmadığı belirlenecektir.	Yüksek	S – 11 S – 12	X	X		
MAS-11	Bütün elektronik donanımlar ve birleşecek mekanik parçalar; konnektör, vida ve yüksek performanslı yapıştırıcılar gibi uygun birleştiriciler kullanılıp sabitlenerek monte edilmelidir.	Kullandığımız malzemelere en uygun şekilde montaj stratejisi belirlenerek elektriksel donanımların ve mekanik aksamaların montajı gerçekleştirilecektir.	Yüksek	S – 10 S – 12			X	X

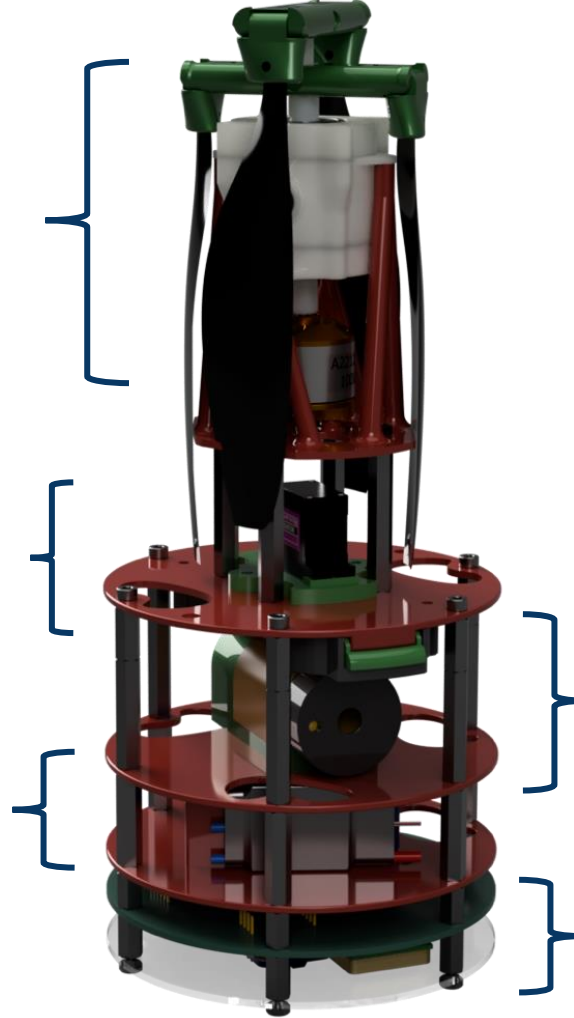
No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
MAS-12	Model uydunun hasarsız bir şekilde yere inmesi sağlanmalıdır. (Model uydunun yere inişe 20 metre kala hızı yavaşlatılabilir.)	Yere bakan bir mesafe sensörü kullanılabilir. İnışlı çıkışlı arazide de olsa yere ne kadar uzaklıkta olduğunu ölçüp iniş yavaşlatılabilir.	Yüksek	S – 10 S – 11	X		X	
MAS-13	Görev yükü üzerinde, yere bakan bir kamera olmalıdır. Kamera görüntüleri tüm uçuş süresince bir SD karta video olarak kayıt edilmelidir.	Model uydunun uçuş anını görüntülemesi ve görüntüleri kaydetmesi için kamera ve SD kart modülü kullanılacaktır.	Yüksek	S – 19	X		X	
MAS-14	Görev yükünün açma kapama düğmesi olmalıdır. Bu düğme; görev yükü taşıyıcının içindeyken bile erişilebilecek şekilde tasarlanmalıdır.	Elektronik ve mekanik olarak erişimi kolay ve güvenilir bir şekilde tasarlanmalıdır.	Yüksek	-			X	X
MAS-15	Pasif iniş sistemi ile inen taşıyıcının paraşüt rengi ise turuncu veya kırmızı olmalıdır.	Taşıyıcı yere indiğinde görünürlüğünü arttırmak için kullanılır.	Yüksek	S – 36 S – 37			X	X

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
MAS-16	Sis Kapsülü (Renkli Duman): Görev yükü taşıyıcıdan ayrıldıktan sonra, görev yükünün görünürlüğünü artırarak atmosferde takibinin net bir şekilde yapılması için sis kapsülü eklenmelidir. Dumanın rengi için kırmızı, turuncu, yeşil veya mor tercih edilmelidir.	Sis kapsülünün boyutu, ağırlığı ve yanma süresi ölçülmelidir. Mekanik veya elektronik parçalara zarar vermeyecek, güvenilir ateşleme yöntemi olmalıdır. Güç tüketimine dahil edilmelidir. Ayrıldıktan sonra otonom bir şekilde ateşlenmelidir. Ateşlenmemesi durumunda yer istasyonundan müdahale edilmelidir.	Yüksek	S – 35 S – 37			X	X
MAS-17	Taşıyıcının rengi kırmızı veya turuncu olmalıdır.	Model uydunun görünürlüğünü artırarak atmosferde takibinin net bir şekilde yapılması için taşıyıcı açık renklerde üretilecektir.	Düşük	S – 35 S – 36			X	X

Aktif iniş Sistemi: Pervaneler taşıyıcının içerisinde rahat konumlandırılabilmesi için katlanılabilir şekilde tasarlanmıştır. Bu işlev için pervanelerin katlanma noktasında menteşeler kullanılacaktır. Ayrılma sonrası pervanelerin kolay açılabilmesi için elastik bant kullanılacaktır.

Ayrılma Mekanizması: Görev yükünü taşıyıcıdan ayıracak olan sistemde uçuş bilgisayarından gelen komutla beraber motor dönmeye başlar ve ip makaranın çevresine sarılarak ayrılma sistemi dilleri içeriye çekilir.

Pil ve Motor Sürücü: Sisteme güç ve kontrol sağlayacak olan pil ve motor sürücüleri iki disk arasında cırt bant ile sabitlenerek korunmuştur.

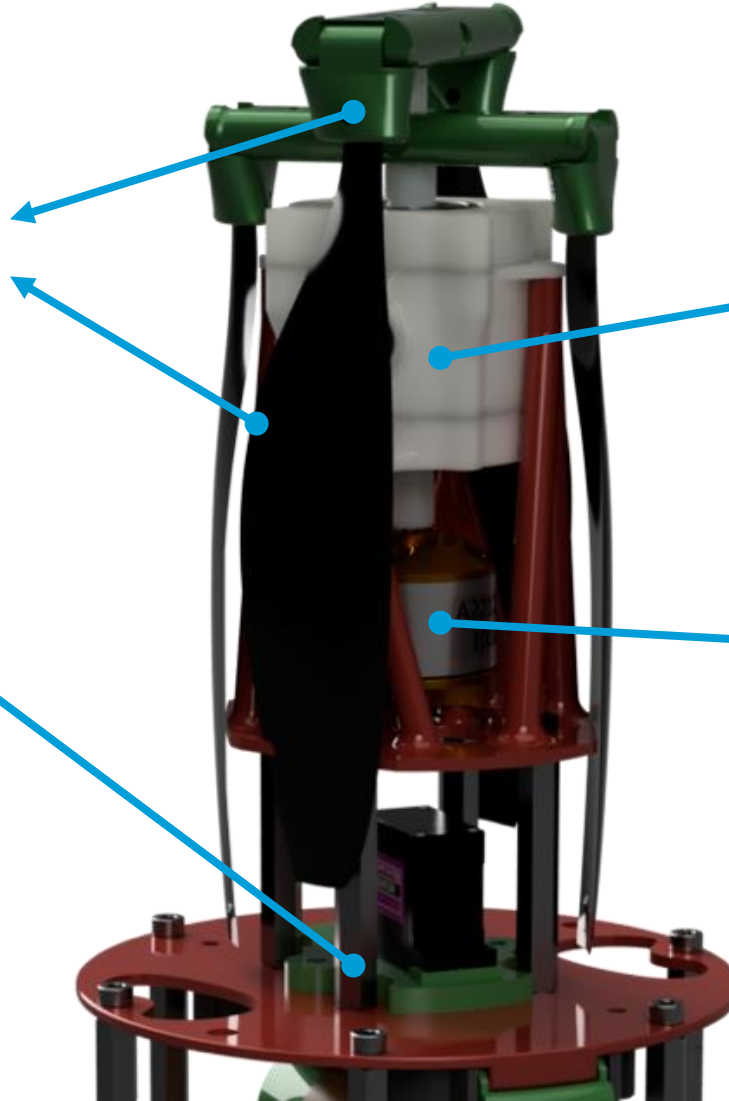


Görsel Takip Sistemi: Model uydunun iniş sırasında takibinin kolay yapılabilmesi için renkli duman kapsülleri kullanılacaktır.

PCB: Sistemde kullanılacak olan tüm elektronik bileşenler bir araya toplanarak uydunun en alt diskine konumlandırılacaktır.

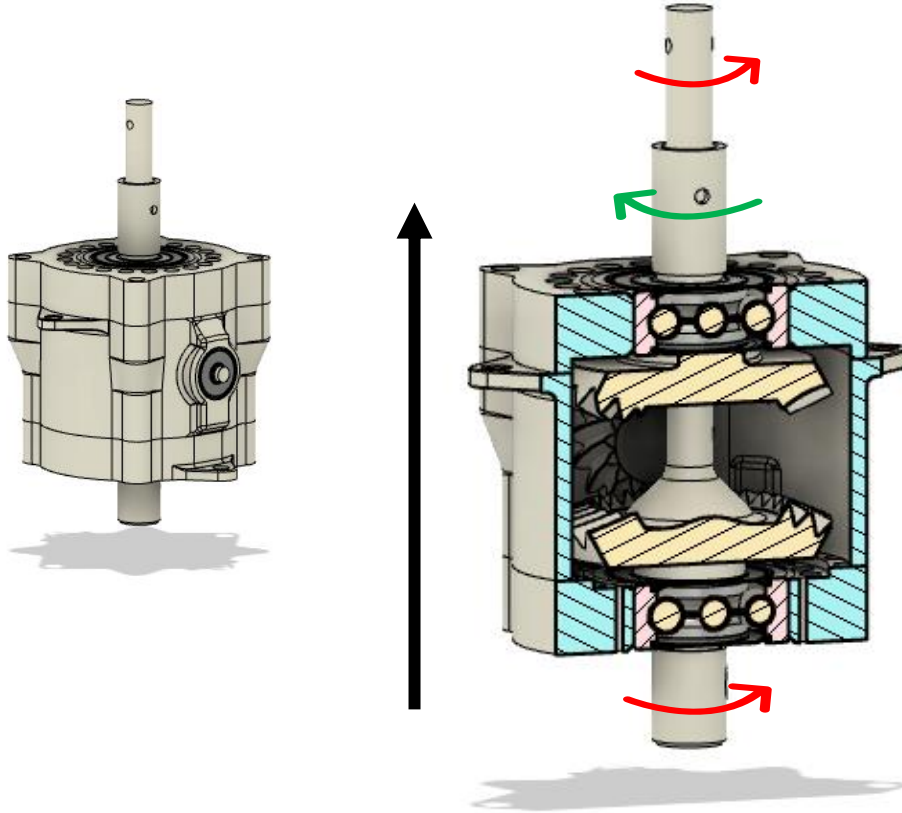
Pervane: Ayrılma gerçekleştikten sonra maximum 90 derece açıyla açılarak görev yükünün kontrollü inişini sağlayacaktır. Ayrılma öncesinde elastik bant kullanılarak pervanelerin kapalı konumda kalması sağlanacaktır. Pervanelerin sabitlenmesi için setuskur kullanılacaktır.

M3 Metal Distans: Görev yükü ve aktif iniş sisteminin birbirine fiziksel bağlantısını sağlar.

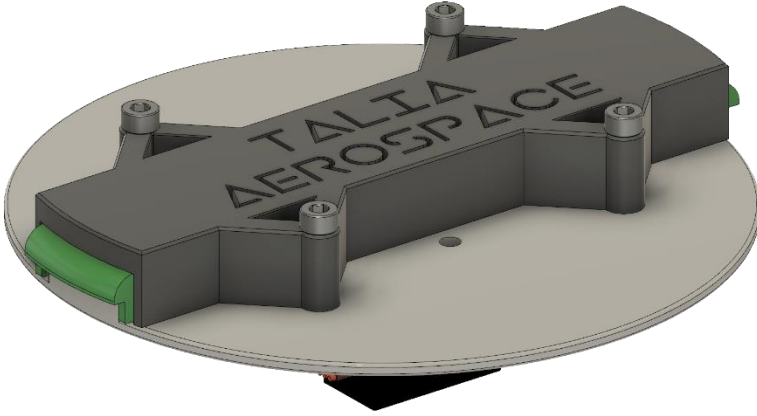


Dişli Kutusu: Motor milindeki gelen tek yönlü hareketi zıt yönlü harekete çevirir. 1 giriş mili ve 2 çıkış milinden oluşur.

Fırçasız DC Motor: Model uydunun iniş hızını 9 m/s 'de sabit tutmak ve askıda kalmak için gerekli gücü üretir.

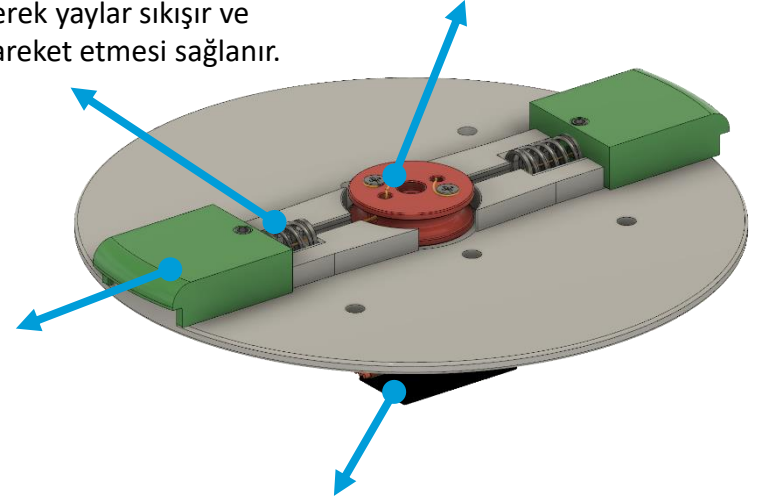


- ❖ Dişli kutusu içinde 4 adet konik dişli bulunmaktadır.
- ❖ Motora bağlı olan dişli 2 adet küçük konik dişliyi çevirmektedir.
- ❖ Küçük dişliler ise üstteki diğer büyük konik dişliyi, motorun tersi yöne çevirmektedir.
- ❖ Dişli kutusu daha dayanıklı olduğu için Poliamid malzemeden üretilecektir.



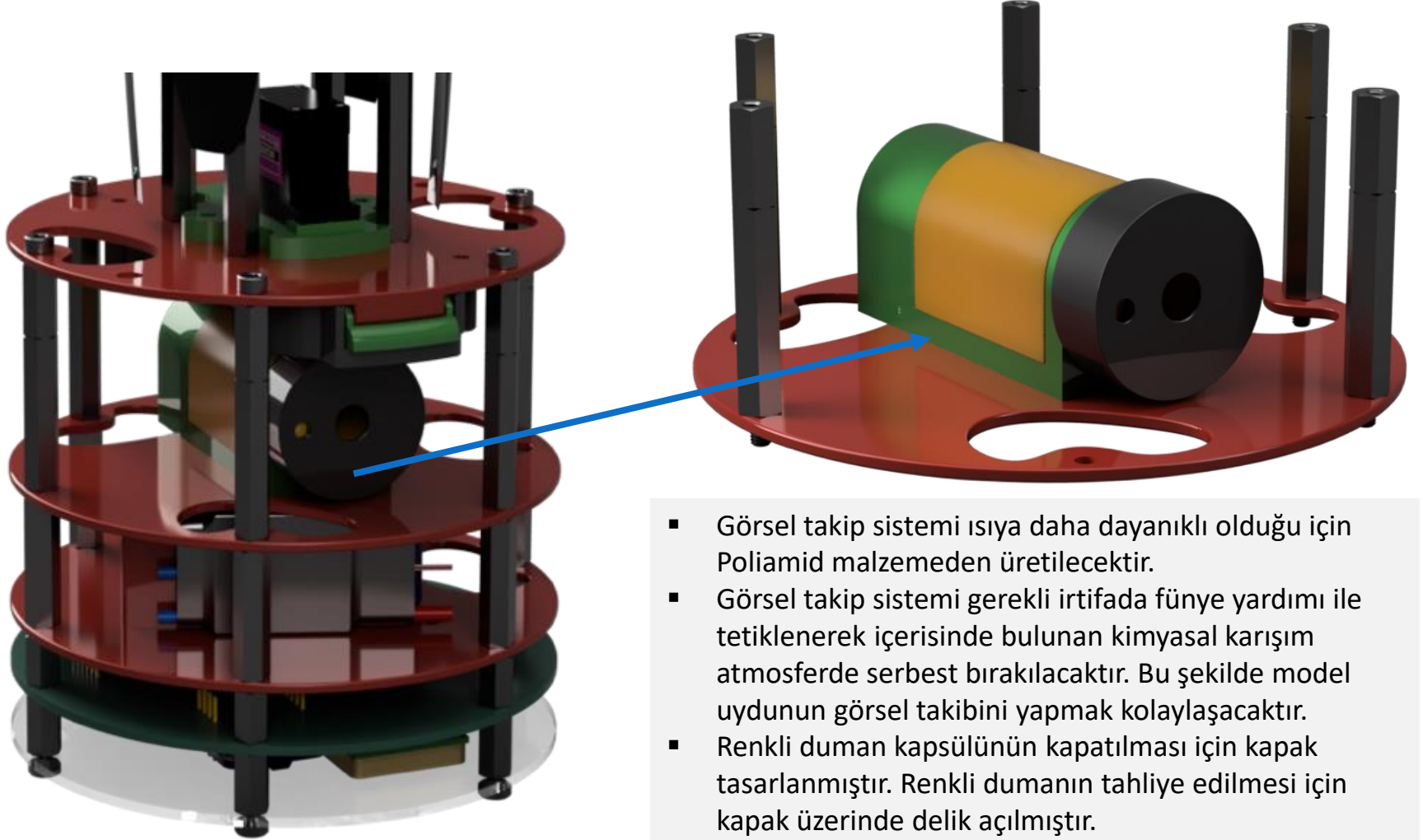
Yaylar: Makaranın dönmesiyle yayın içindeki özel kanaldan geçen ipin çekilerek yaylar sıkışır ve dillerin hareket etmesi sağlanır.

Makara: Motor döndükçe makaranın etrafına ip sarılacak ve yaylar sıkıştırılacaktır.

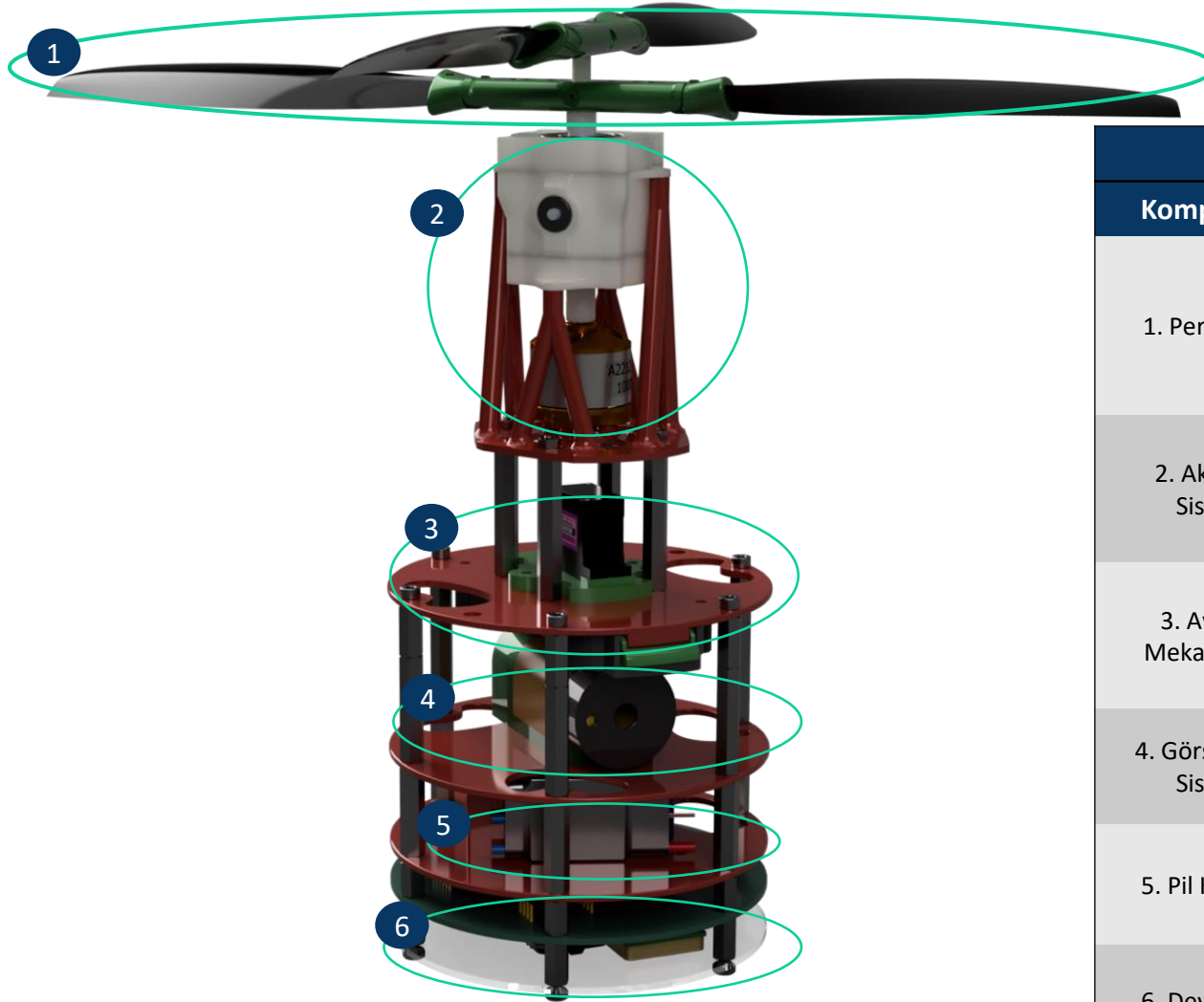


Ayrılma Sistemi Dilleri: Uçuş bilgisayarından gelen komutla motor döndükçe makaranın etrafına ipi sardırmasıyla şekilde görünen diller içeriye doğru çekilerek görev yükünün taşıyıcıdan ayrılması gerçekleştirilir. Motorun serbest kalmasıyla yaylar dilleri itecek ve diller en dış konuma gelecektir.

Servo Motor: Yayların sıkıştırılarak ayrılmanın gerçekleşmesini sağlar.

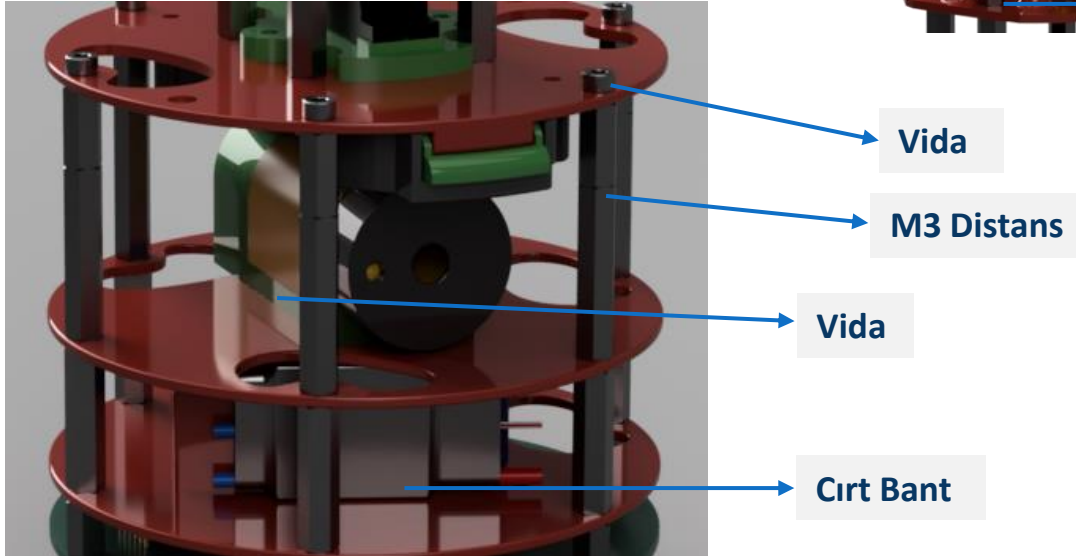
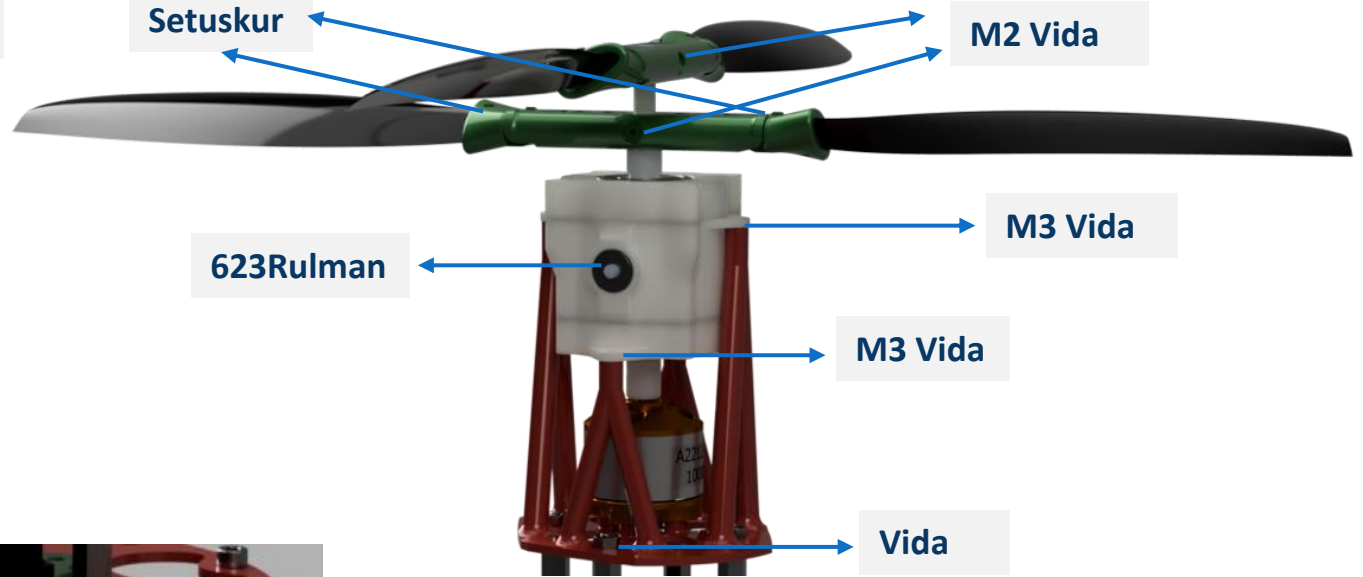


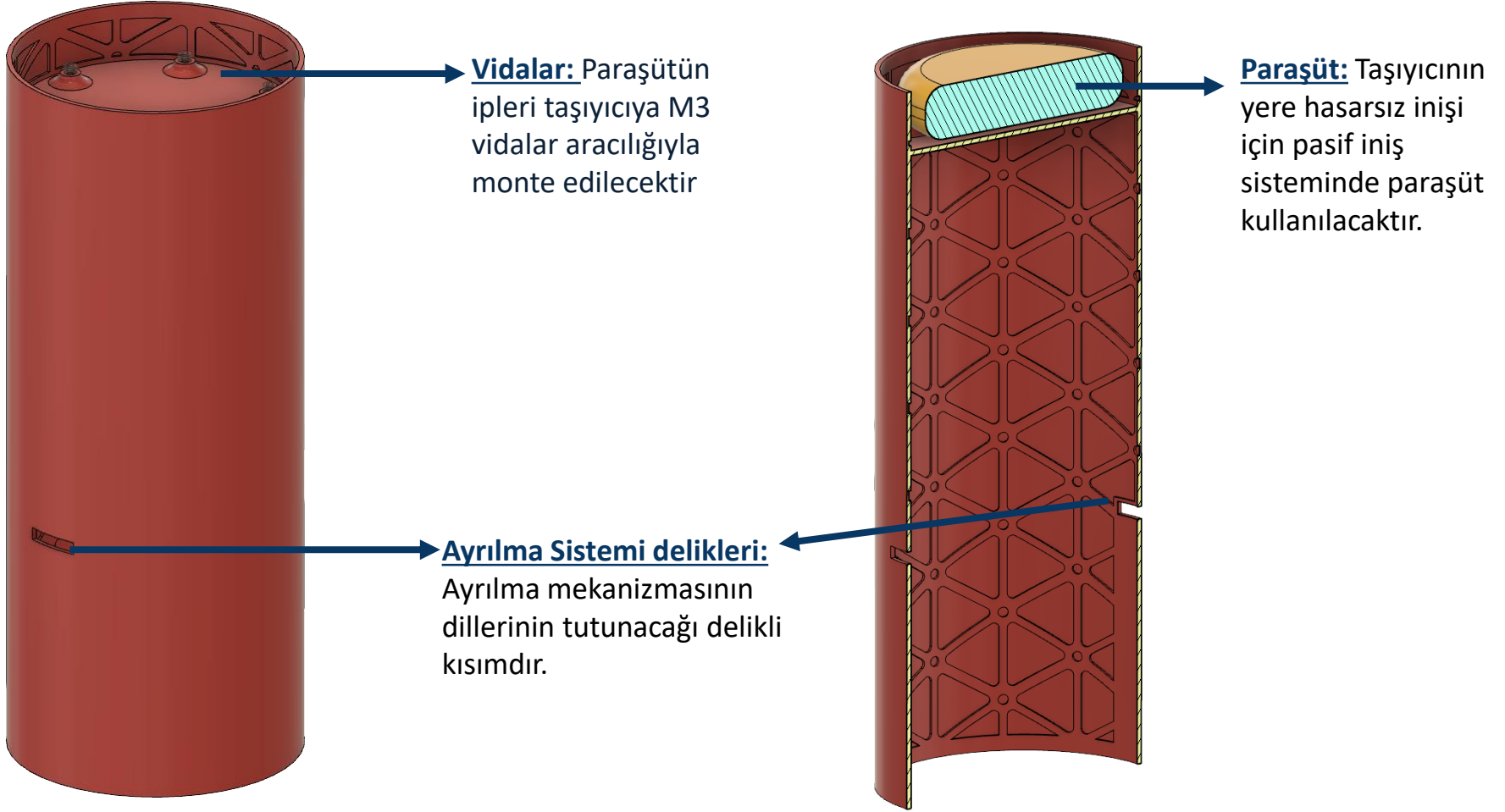
- Görsel takip sistemi ısıya daha dayanıklı olduğu için Poliamid malzemeden üretilecektir.
- Görsel takip sistemi gerekli irtifada fünüye yardımı ile tetiklenerek içerisinde bulunan kimyasal karışım atmosferde serbest bırakılacaktır. Bu şekilde model uydunun görsel takibini yapmak kolaylaşacaktır.
- Renkli duman kapsülünün kapatılması için kapak tasarlanmıştır. Renkli dumanın tahliye edilmesi için kapak üzerinde delik açılmıştır.

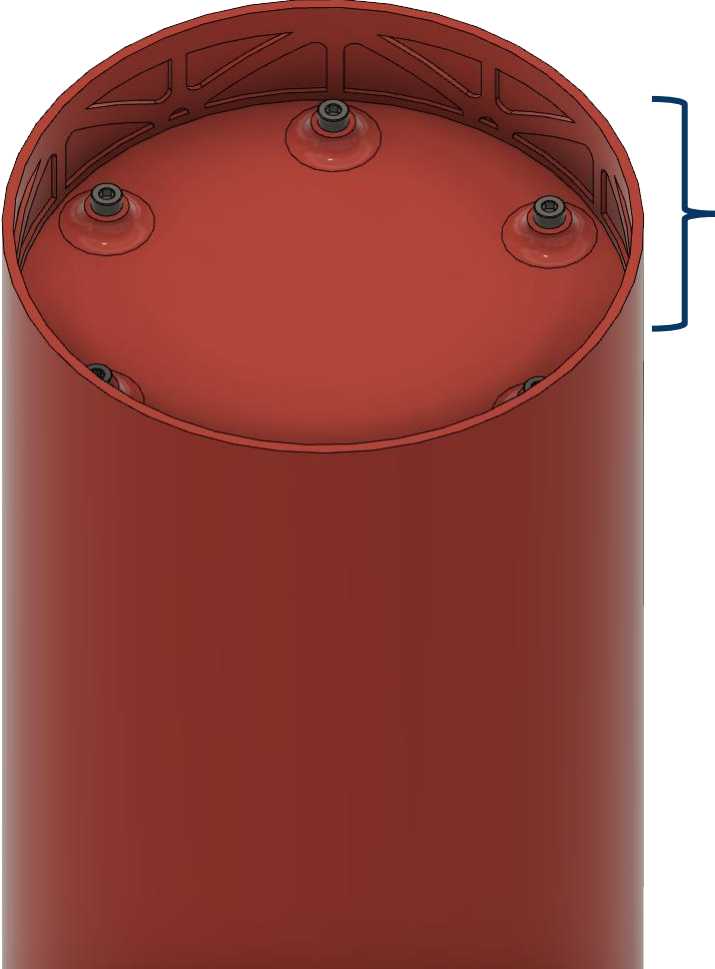


GÖREV YÜKÜ	
Komponent	Malzeme
1. Pervaneler	- Plastik hazır pervaneler kesilerek monte edilecek 3B Baskı menteşeler (Poliamid) - Elastik bant (menteşe açılması için)
2. Aktif İniş Sistemi	- Fırçasız DC Motor - Metal Distanslar 3B Baskı (Poliamid) Dişli Kutusu ve Metal Rulmanlar
3. Ayrılma Mekanizması	3B Baskı mekanizma (PLA) - İp - Çelik Yay - Servo Motor
4. Görsel Takip Sistemi	3B Baskı yapı (Poliamid) - Kapton yanmaz bant ile kaplanacak
5. Pil Katmanı	3B Baskı yapı (PLA) - Cırt Bant
6. Devre Kartı	Plastik vidalar ile katmanlar sabitlenecek

Bağlantı Elemanları:





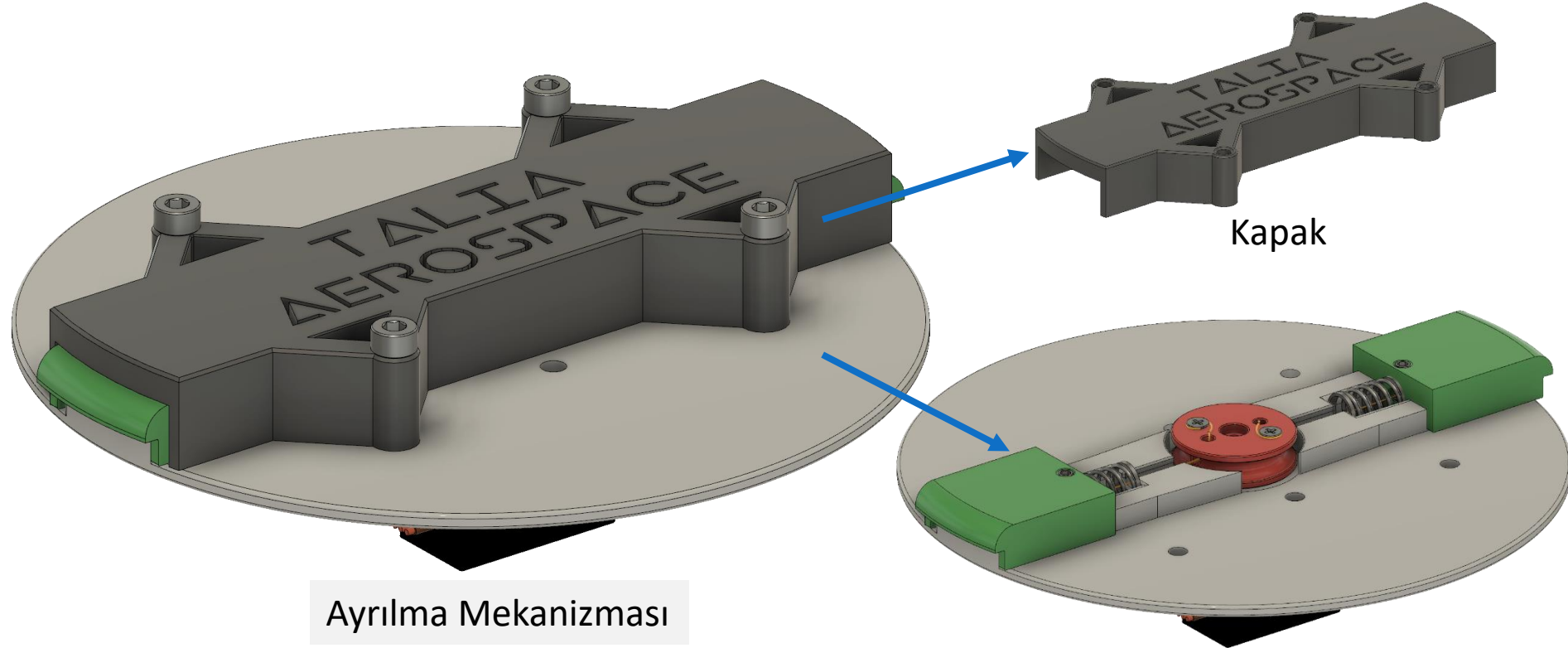


Taşıyıcının üst kısmındaki bölmede pasif iniş sistemi (paraşüt) konumlandırılacaktır. Paraşütün iplerinin taşıyıcıya sabitlenmesi M3 vidalar aracılığıyla yapılacaktır.

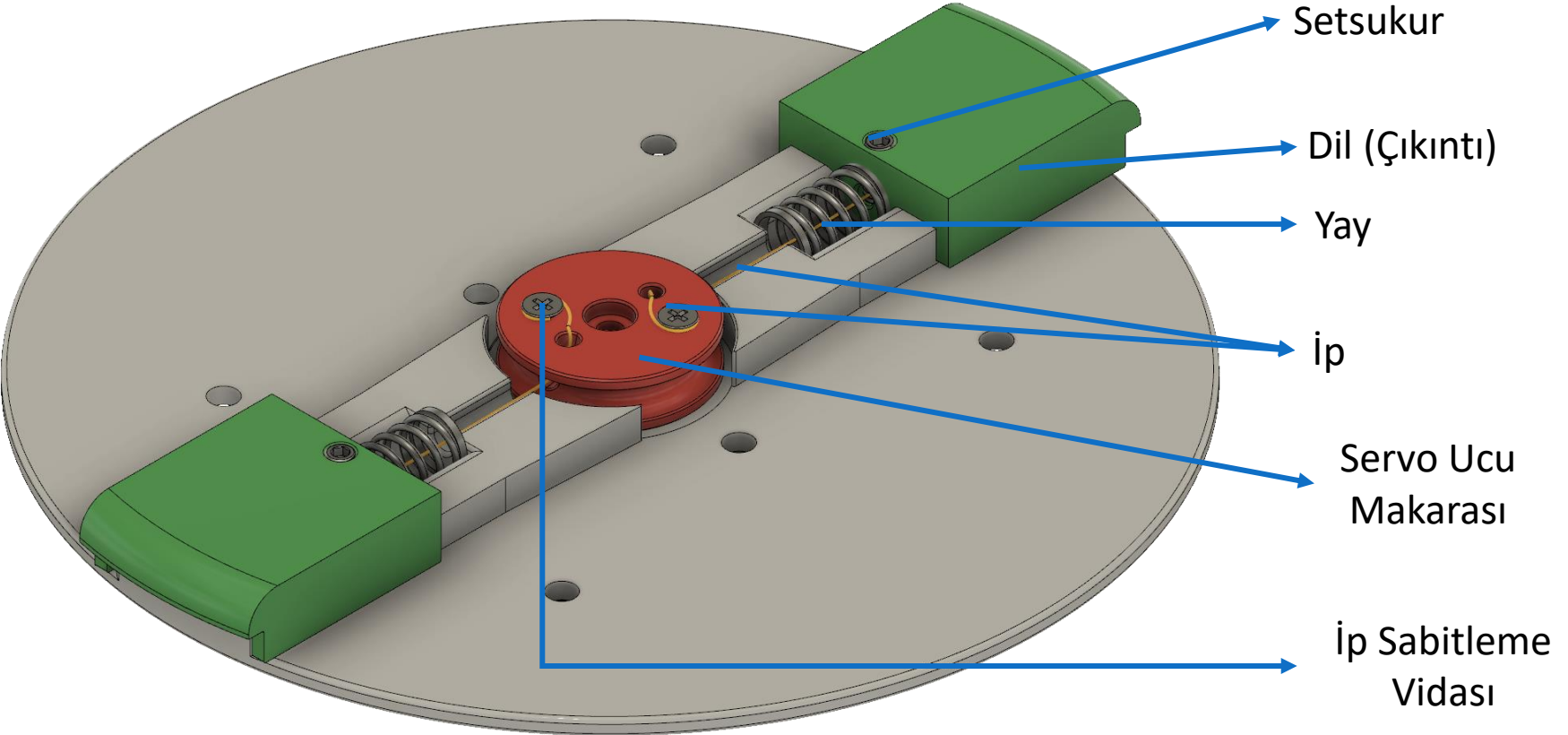
Taşıyıcı PLA malzemeden 3B baskı ile üretilecektir. Bu malzemeyi seçmemizdeki en büyük etken hafif olması ve üretiminin kolay yapılabilir olmasıdır. Sert yapısıyla dış kuvvetlerden etkilenme ihtimali çok düşüktür. Ayrıca taşıyıcının iç kısmı izogrid yapıda tasarlanmıştır. Bu tasarımla hem yapısal direnç hem de hafif olması sağlanmıştır.

Ayrılma mekanizması kapalı bir kutu olacak şekilde dizayn edilmiştir. Bu sayede;

- Dış etmenlerden (toz, rüzgar vb.) etkilenmez.
- Kullanmak için herhangi bir kurulumu ihtiyacı duymaz.
- Arızalanma ve görevini yerine getirememesi olasılığı azalır.



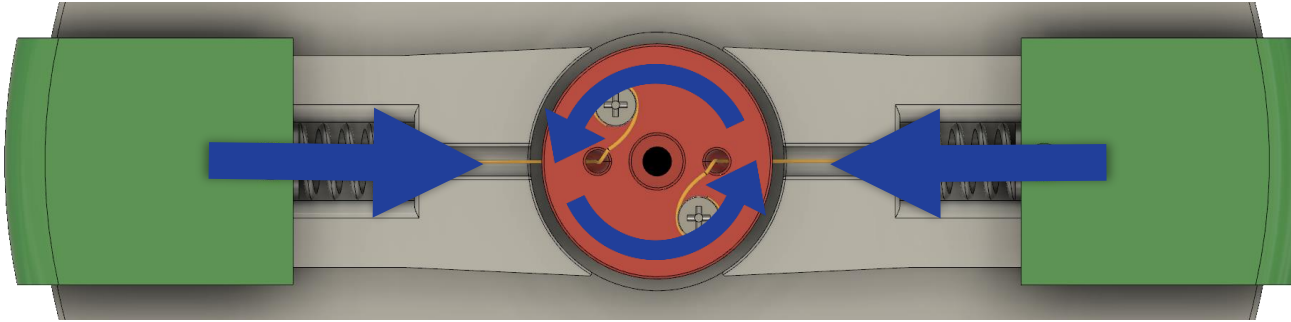
Ayrılma Mekanizması Komponentleri:

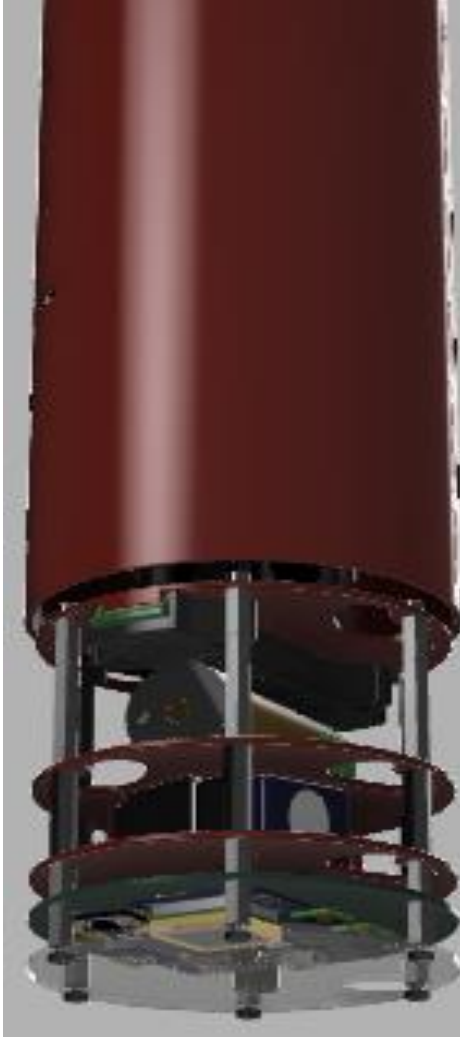


Çalışma Prensibi:

Adım adım işleyişi şu şekildedir;

- Diller (yeşil), ortadaki 3 boyutlu yazıcı ile üretilmiş makaraya (kırmızı) bağlıdır.
- Makaraya bağlı servo motor dönmeye başlar.
- Motor döndükçe ipi makaranın etrafına sarmaya başlar ve dilleri içeri çeker.
- Eğer motor serbest bırakılırsa, yaylar dilleri itecek ve en dış konuma getirecektir.





- Görev Yüğü'nün Taşıyıcıya yerleştirilmesi için diller deliklere gelecek şekilde itilmesi yeterlidir.
- Tıpkı ev kapılarında olduğu gibi, kilitlemek için dillerin deliğe denk gelmesi yeterliyken açmak için servo motora güç verilmesi gerekir.
- Test etmek için ayrılma mekanizmasının servo motoruna güç vermek yeterlidir. Kolayca test edilebilir.

Görev Yüğü				
Komponent	Birim Ağırlık	Adet	Toplam Ağırlık	Veri Türü
Ayrılma Mekanizması 58.7 gr				
Koruyucu Kapak	16 gr	1	16 gr	Kesin
Alt Disk	18 gr	1	18 gr	Kesin
Dil	2 gr	2	4 gr	Kesin
Servo Adaptör	5 gr	1	5 gr	Kesin
MG90S Servo Motor	14 gr	1	14 gr	Kesin
M3 Vida	0.2 gr	4	0.8 gr	Tahmini
M2 Vida	0.15 gr	2	0.3 gr	Tahmini
Yay	0.3 gr	2	0.6 gr	Kesin

Görev Yüğü				
Komponent	Birim Ağırlık	Adet	Toplam Ağırlık	Veri Türü
PCB 56.4 gr				
ESP32-CAM	10 gr	1	10 gr	Kesin
Neo-M8N GPS	30 gr	1	30 gr	Tahmini
BMP280	3 gr	1	3 gr	Kesin
BNO055	3 gr	1	3 gr	Kesin
Arduino Nano	7 gr	1	7 gr	Kesin
Buzzer	0.5 gr	1	0.5 gr	Tahmini
Rocker Switch	0.5 gr	1	0.5 gr	Tahmini
Pololu Regülatör	0.7 gr	2	1.4 gr	Kesin
Jst 2Pin Konnektör	0.5 gr	1	0.5 gr	Tahmini
LDR	0.5 gr	1	0.5 gr	Tahmini
Devre Kartı	15 gr	1	15 gr	Tahmini

Görev Yüğü				
Komponent	Birim Ağırlık	Adet	Toplam Ağırlık	Veri Türü
Aktif İniş Sistemi 195 gr				
Pervane Adaptör	5 gr	4	20 gr	Kesin
Pervane Merkez	8 gr	2	16 gr	Kesin
Dişli Kutusu Alt Dişli	3 gr	1	3 gr	Kesin
Dişli Kutusu Üst Dişli	3 gr	1	3 gr	Kesin
Dişli Kutusu Yan Dişli	1 gr	1	1 gr	Kesin
Disk	10 gr	1	10 gr	Kesin
M2 Setuskur	1 gr	6	6 gr	Kesin
M3 Vida	3 gr	6	18 gr	Kesin
608zz Rulman	12 gr	2	24 gr	Kesin
MR85zz	1 gr	1	1 gr	Kesin
623zz	1 gr	2	2 gr	Kesin
Kanat	4gr	4	16 gr	Kesin
A2212 Motor	50 gr	1	50 gr	Kesin
ESC 30A	25 gr	1	25 gr	Kesin

Görev Yüğü				
Komponent	Birim Ağırlık	Adet	Toplam Ağırlık	Veri Türü
Görsel Takip Sistemi 44 gr				
Kapsül	15 gr	1	15 gr	Kesin
Kapsül Karışım	8 gr	1	8 gr	Kesin
Kapsül Kapak	3 gr	1	3 gr	Kesin
Disk	18 gr	1	18 gr	Kesin
Bağlantı Elemanları 32.9				
M3 Plastik Distans	0.5 gr	46	25 gr	Tahmini
M3 Vida	0.7 gr	10	7 gr	Tahmini
M3 Somun	0.15	6	0.9 gr	Tahmini
Pil 87gr				
4S 450mAh	63 gr	1	63 gr	Kesin
Cırt Bant	2 gr	1	2 gr	Tahmini
Disk	22 gr	1	22 gr	Tahmini

TAŞIYICI				
Komponent	Birim Ağırlık	Adet	Toplam Ağırlık	Veri Türü
Taşıyıcı	161 gr	1	161 gr	Kesin
Paraşüt	55 gr	1	55 gr	Tahmini
Vida	0.2 gr	6	1.2 gr	Tahmini

MODEL UYDU	
Komponent	Toplam Ağırlık
Taşıyıcı	232.2 gr
Görev Yüğü	474 gr
Toplam	706.2 gr

Haberleşme ve Veri İşleme Alt Sisteminin Tasarımı

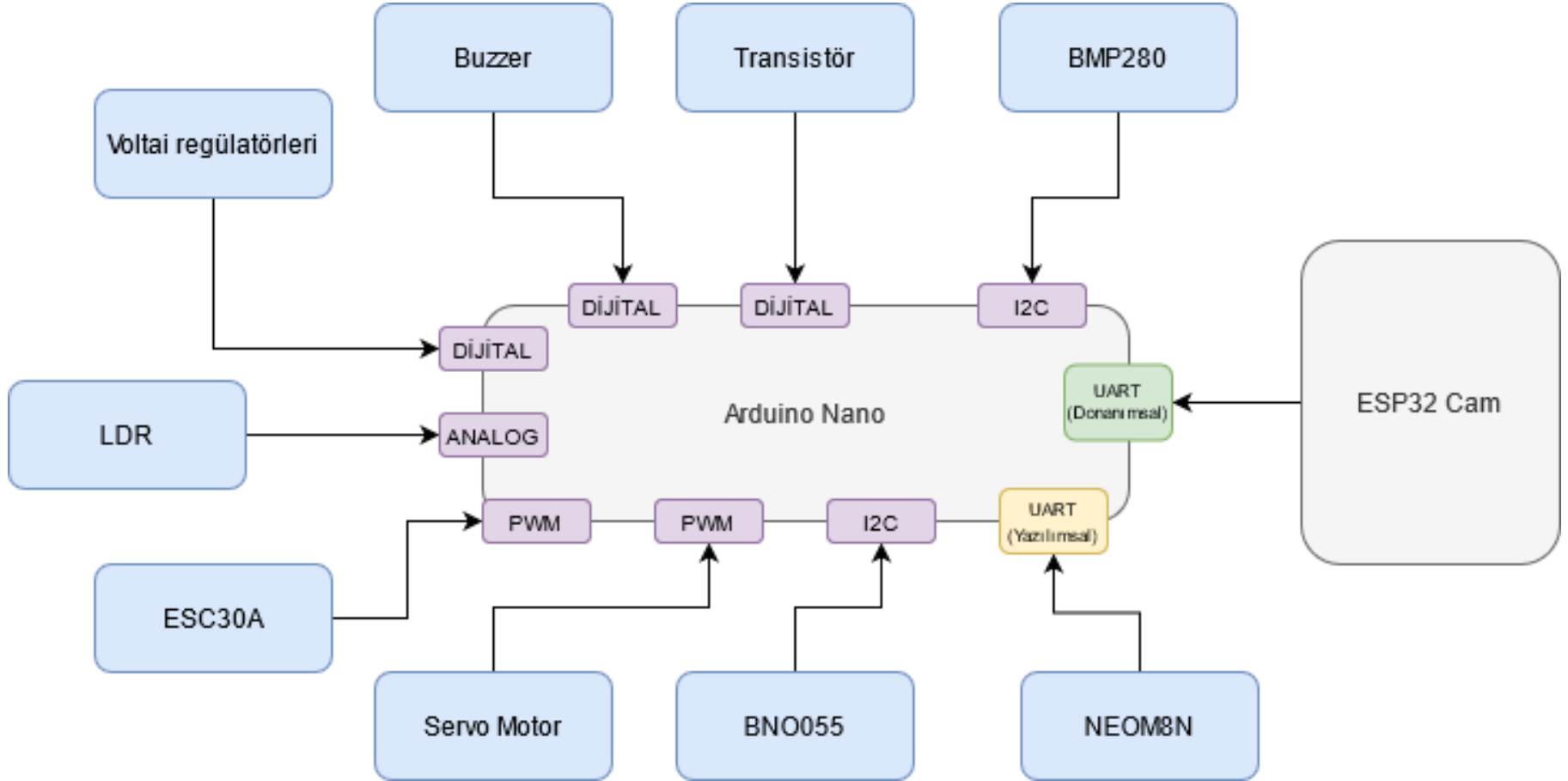
Abdullah Selim KÖKSAL

Hatice Nur SUN

Fatma Semiha ÜNAL

Nagkichan MOUSTAFA IMPRAM

Ervanur MİDİLLİ



PDR' dan sonra bu bölümde değişiklik yapılmamıştır!

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
H-01	Görev yükü uçuş süresince; sıcaklık, basınç, yükseklik, iniş hızı, konum, pil gerilimi ve eksen verilerini toplamalıdır. (Uçuş gününe katılacak takımların sensörlerde yedekli çalışması önerilir.)	Uygun sensörler belirlenerek istenilen telemetrilerin alınması sağlanacaktır.	Yüksek	S – 15	X		X	
H-02	Model uydu ölçtüğü verileri, sürekli bir şekilde ve verilen telemetri formatına uygun paketler halinde yer istasyonuna her saniye (1 Hz) göndermelidir.	Sensörlerden alınan veriler uygun paketlere dönüştürülerek yer istasyonuna aktarımı sağlanacaktır.	Yüksek	S – 15 S – 30	X		X	
H-03	Telemetri paketi, görev zamanını içermelidir. Görev süresince, işlemcinin yeniden başlaması durumunda bile zaman verisi korunmalıdır.	Uçuş bilgisayarında yapılan gerekli kontrollerle işlemcinin yeniden başlama durumları göz önüne alınarak yazılımsal önlemler alınacaktır.	Yüksek	S – 14 S – 16	X		X	

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
H-04	Uçuş yazılımı, gönderilen paketlerin sayısını muhafaza etmeli ve 1'den başlayarak her paket iletiminde sayıyı bir artırmalıdır. Eğer işlemci yeniden başlarsa paket sayısı kaldığı yerden devam etmelidir.	Uçuş bilgisayarına gelen her veri paketi için ayrı bir numara verilecektir.	Yüksek	S – 15	X		X	
H-05	Telemetri verileri aynı zamanda uydu içinde yer alan bir SD karta da yazdırılmalıdır.	Sensörler tarafından ölçülen her veri aynı zamanda işlemci üzerinde bulunan SD karta yedeklenecektir.	Yüksek	-	X		X	
H-06	Görev yükü üzerinde, yere bakan bir kamera olmalıdır. Kamera görüntüleri tüm uçuş süresince bir SD karta video olarak kayıt edilmelidir.	Model uydunun uçuş anını görüntülemesi ve görüntüleri kaydetmesi için kamera ve SD kart modülü kullanılacaktır.	Yüksek	S – 19	X		X	
H-07	Kamerası yeryüzüne bakan model uydu, görev süresince (sistem çalışmaya başladığı andan itibaren) video görüntüsünü yer istasyonuna göndermelidir.	Anlık olarak kaydedilen görüntüler haberleşme modülü ile yer istasyonunda görüntülenecektir.	Yüksek	S – 18	X			

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
H-08	Video Aktarımı: TÜRKSAT tarafından sağlanan 1 MB'lık .mp4, .avi vb formatında bir video paketi, yer istasyonu arayüzünden uçuş anındaki model uyduya gönderilerek görev yükü üzerindeki SD karta kaydedilmelidir. Gönderim tamamlandıktan sonra, yer istasyonunda telemetri verisiyle video aktarım bilgisi gösterilmelidir.	Yer istasyonundan görev yüküne video paketini gönderebilecek uygun yapıdaki haberleşme modülü seçilmeli ve bu haberleşme modülünün bu iş için tasarlanmış algoritmalar ile çalıştırılması gereklidir. Uçuş bilgisayarına gelen video verisini SD karta kaydeden kod yazılmalı.	Yüksek	S – 18 S – 19 S – 32	X		X	
H-09	Ayrılmama durumunda, yer istasyonundan gönderilen komutla ayrılma gerçekleştirilmelidir.	Ayrılıp ayrılmadığını doğrulamak için bir sensör kullanılabilir. Böylece ayrılmadığını anlayıp yer istasyonundan uçuş bilgisayarına komut göndererek ayrılma gerçekleşir.	Yüksek	S – 06	X		X	

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
H-10	Görev yükü yere hasarsız şekilde indikten sonra en az 1 dakika boyunca telemetri ve görüntü yayınına devam etmelidir. Telemetri paketindeki konum bilgisi ile uydunun yeri tespit edilebilmelidir.	Model uydunun bataryası, uydu iniş yaptıktan sonra 1 dakika daha çalışmasını sağlaması gerekmektedir. Böylelikle GPS'ten yer istasyonuna aktarılan konum bilgilerine bakarak yeri tespit edilebilir.	Yüksek	S – 12	X			
H-11	Görev yükü yere indiğinde, kurtarma ekibi tarafından bulunana kadar sesli ikaz vermelidir.	Görev yükü yere indiğinde buzzer aktif hale gelir ve sistemi kapatana kadar çalışır.	Yüksek	S – 35	X			X
H-12	Telemetri verilerini ve görüntüyü yer istasyonuna göndermek için kablosuz haberleşme modülleri kullanılmalıdır.	Uygun anten seçilerek en az 700 metre mesafede haberleşebilen bir kablosuz haberleşme modülü kullanılmalıdır.	Yüksek	S – 14			X	
H-13	Yer istasyonu arayüzünde görev yükünden gelen telemetri verileri gerçek zamanlı olarak gösterilmelidir.	Her an gelen veriler yer istasyonundaki tasarımda işlenip gösterilmelidir.	Yüksek	S – 14 S – 31 S – 32	X		X	

İşlemci Modeli	Ağırlık	Akım (mA)	Gerili m(V)	Boyut	Arayüz	İşlemci Hızı	Hafıza Birimi	Temin	Fiyat
Arduino Nano	9 gr	20 mA	5V	45 mm x18 mm	I2C SPI UART USB	16 MHz	512 MB (SDRAM) 2 TB'a kadar micro SD kart	Beyoğlu Belediyesi	41 ₺
ESP32-Cam	20 gr	310 mA	5V	40.5mm x 27mm	UART	260 MHz	520 KB(SPRAM) 4MB (PSRAM) 512 MB (EEPROM)	Beyoğlu Belediyesi	82 ₺



SEÇİLEN ÜRÜNLER

AÇIKLAMA

ESP32-Cam
&
Arduino Nano

- Sensörlerden gelen verileri işlemek için Arduino Nano kullanılacaktır. Arduino Nano telemetri verilerini UART haberleşme üzerinden ESP32- Cam'e gönderir.
- Kamera, WIFI haberleşme ve SD kart ESP32-Cam içinde bulunmaktadır.



Arduino Nano



ESP32 Cam



Sensör Modeli	Ağırlık	Akım (mA)	Gerilim(V)	Boyut	Arayüz	Hafıza Boyutu	Temin	Fiyat
Sandisk	9.07 gr	20 mA	5 V	14.99 x 10.92 mm	UART	32 GB (Flash)	Beyoğlu Belediyesi	50 ₺

SEÇİLEN ÜRÜN

AÇIKLAMA

Sandisk

- EM783 tüm verileri saklamak için yeterli hafızaya sahip değildir.
- Veri okuma hızı daha verimlidir.
- Takılabilir ve çıkarılabilir yapısı sayesinde kullanımı kolaydır.
- Esp32-Cam işlemcisinin SD kart girişini kullanmak, ekstra modül kullanmaktan daha kullanışlıdır.



Yöntem 1 (Yazılımsal)

Kullanacak olduğumuz NeoM8N GPS modülünden alacağımız veriler arasında saat ve tarih bilgilerine ulaşmak.

Yöntem 2 (Donanımsal)

Kristal osilatör kullanarak sürekli saydırma işlemleri yaparak yaklaşık olarak saat ve gün sayısını elde etmek.



SEÇİLEN YÖNTEM	AÇIKLAMA
Yöntem 1 (Yazılımsal)	- Saat bilgisini uydudan alacağımız için daha güvenli ve daha kesin bilgiler elde edebiliriz. - Ekstra bir modül veya yazılıma gerek kalmadan zaten kullanılan bir modülden data alınabilir. Bu ekstra bir kolaylık sağlamaktadır. - İçerisinde gerçek zamanlı saat modülü de içermektedir ve jeton bir pil ile yaklaşık 240 güne yakın bir zaman boyunca saat verisini sayabilmektedir.

```
#include "camera_pins.h"

const char* ssid = "TALIA_AEROSPACE";
const char* password = "123456";

void startCameraServer();
```



- Yer istasyonundan model uyduya aktaracağımız 1MB'lık video verisi ve model uydudan yer istasyonuna canlı video görüntüsü ve telemetri verilerini göndermek için ESP32-Cam modülü kullanılacaktır.
- Kablosuz haberleşme modülü olarak ESP32-Cam kartında bulunan dahili wifi modülü ve TCP/IP protokol yapısı kullanılacaktır.
- Esp32-Cam'de bulunan harici anten sayesinde haberleşme mesafesini arttırarak sağlıklı bir şekilde veri aktarımı sağlanacaktır.
- Model uydu ile yer istasyonu arasında veri aktarım frekansı 1Hz olarak ayarlanacaktır.
- Konfigürasyon kısmında ssid değişkeni takım adımız «TALIA_AEROSPACE» olarak, şifre ise örnek olması açısından «123456» olarak set edilecektir. Güvenlik amacıyla atış alanında bu şifre değiştirilecektir.
- Asenkron bir web server başlatılacaktır. WIFI modülünün kendi internet ağını yayması için Access Point(AP) modunda başlatılacaktır.

Model uydu kendi internet ağını yaymaya başlar.

Yer istasyonu model uydu tarafından yayınlanan internete bağlanır.

Bağlantı kurulduğunda yer istasyonundan model uyduya bağlandım komutu (200-OK) gönderilir.

Model uydu yer istasyonuna bağlandım komutu gönderir.

Yer istasyonu, model uyduda sabit olarak belirlenen IP adresine bağlanır.

Connection

Veri İletimi

Model uyduya <GET> isteği gönderilir.

GET isteği alınır ve yer istasyonuna uydudan OK mesajı gönderilir.

Veriler model uydu tarafından alınmaya başlanmaktadır.

Model uyduya bir komut veya veri gönderilmesi durumunda <POST> isteği gönderilmektedir.

<POST> isteğine karşılık gelirse model uyduya istenilen komut veya veriler gönderilmeye başlanır.

Sensör Modeli	Frekans	Yön	Çekim Mesafesi	Bağlantı Tipi	Temin	Fiyat
Rubber Duck Antenna	2.4 GHz	Omni Yönlü	~1500 metre	RP-SMA	Beyoğlu Belediyesi	73,70 ₺



SEÇİLEN ÜRÜN

AÇIKLAMA

Rubber Duck Antenna

- ESP32-Cam üzerinde bulunan PCB anten, yaptığımız testlerde 950 metre çekim gücü sağlarken daha yüksek kazançlı Rubber Duck Anten 1500 metreye kadar çekim mesafesi sunmaktadır.



Verilerin Gönderim Hızı ve Gönderim Şekli

- Telemetri verileri 1Hz hızında yer istasyonuna gönderilecek şekilde ayarlama yapılmıştır.
- ESP32-Cam 'in WiFi modülü aracılığıyla video görüntüsü ve telemetri verileri gönderilecek ve yer istasyonunda ESP32-Cam 'in IP adresi üzerinden veriler çekilecektir.
- ESP32-Cam'in WiFi hızı 1km mesafede yaklaşık 10 Mbps'dir. Her bir telemetri paket 156 Byte ve paket gönderim süresi 0,124 ms'dir.

Telemetri Formatı

<TAKIM NO>,<PAKET NUMARASI>,<GÖNDERME SAATİ>,<BASINÇ>,<YÜKSEKLİK>,<İNİŞ HIZI>,
<SICAKLIK>,<PİL GERİLİMİ>,<GPS LATITUDE>,<GPS LONGITUDE>,<GPS ALTITUDE>,<UYDU
STATÜSÜ>,<PITCH>,<ROLL>,<YAW>,<DÖNÜŞ SAYISI>,<VİDEO AKTARIM BİLGİSİ>

Örnek Veri

<37032>,<0001>,<12/09/2020/10:15:54>,<90.325>,<302.15>,<5.2>,<23.2>,<4.8>,<4059.5676>,<2850.7741>,<63.60>,<çıkıyor>,
<-8.38>,<93.81>,<10.86>,<36>,<Evet>

- Yukarıdaki telemetri verisi model uydu tarafından üretilmiş olup yer istasyonu bilgisayarına olduğu gibi excel dosyası olarak kaydedilir. (TMUY2021_37032.xls)

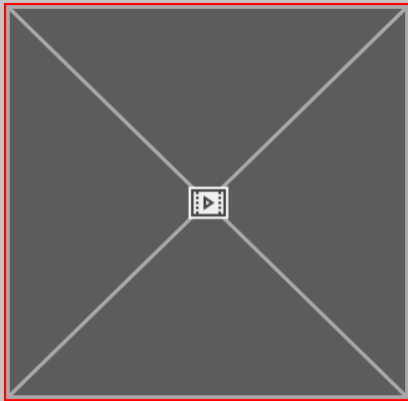
Telemetry Formatı	Açıklama	Veri Tipi	Veri Boyutu	Örnek
<TAKIM NO>	Yarışma komitesi tarafından verilen takım numarasıdır.	integer	4 byte	37032
<PAKET NUMARASI>	Sensörlerden toplanan verilerden oluşan ve yer istasyonuna gönderilecek olan her bir pakete tek tek verilen ardışık numaralardır.	integer	4 byte	45
<GÖNDERME ZAMANI>	Gerçek zamanlı saat verisi olup Gün/Ay/Yıl, Saat/Dakika/Saniye şeklindedir.	string	19 byte	'12/09/2020/10:15:54'
<BASINÇ>	Ölçülen atmosferik basınç değeridir. Birimi kPa'dır.	float	4 byte	90.325
<YÜKSEKLİK>	Görev Yüğü'nün uçuşa başladığı noktadaki yüksekliğidir.	float	4 byte	302.15
<İNİŞ HIZI>	İniş hızı verisidir. Birimi m/s'dir.	float	4 byte	5.2
<SICAKLIK>	Ölçülen sıcaklık verisidir. Birimi 'Celsius' derecedir.	float	4 byte	23.2
<PİL GERİLİMİ>	Görev Yüğü'nün gücünü gösterir. Birimi Volttur.	float	4 byte	4.8

Telemetri Formatı	Açıklama	Veri Tipi	Veri Boyutu	Örnek
<GPS LATITUDE>	Görev Yüğü'nün enlemsel konumudur.	float	4 byte	4059.5676
<GPS LONGITUDE>	Görev Yüğü'nün boylamsal konumudur.	float	4 byte	2850.7741
<GPS ALTITUDE>	Görev Yüğü'nün GPS'ten alınan yükseklik verisidir.	double	8 byte	63.60
<UYDU STATÜSÜ>	Model Uydu'nun görev süresince içinde bulunduğu durumu gösteren anlamlı bilgilerdir.	string	19 byte	'Çıkıyor'
<ROLL>	Uçuş (düşüş) istikametine göre yuvarlanma açısıdır. Birimi derecedir.	float	4 byte	93.81
<YAW>	Uçuş (düşüş) istikametine göre yalpalanma açısıdır. Birimi derecedir.	float	4 byte	10.86
<DÖNÜŞ SAYISI>	İniş süresince roll eksenini etrafındaki dönüş sayısıdır.	integer	4 byte	36
<VIDEO AKTARIM BİLGİSİ>	2MB'lık video verisinin model uyduya atılıp atılmadığının bilgisini verir.	string	19 byte	'Evet'

- Uydunun aktif hale gelmesiyle ESP32 CAM tarafından yer istasyonuna canlı video paketi gönderilmeye başlanır. Yer istasyonuna video paketi gelmesiyle video paketleri SD karta kaydedilmeye başlanır.



Esp32 cam kamera görüntüsü

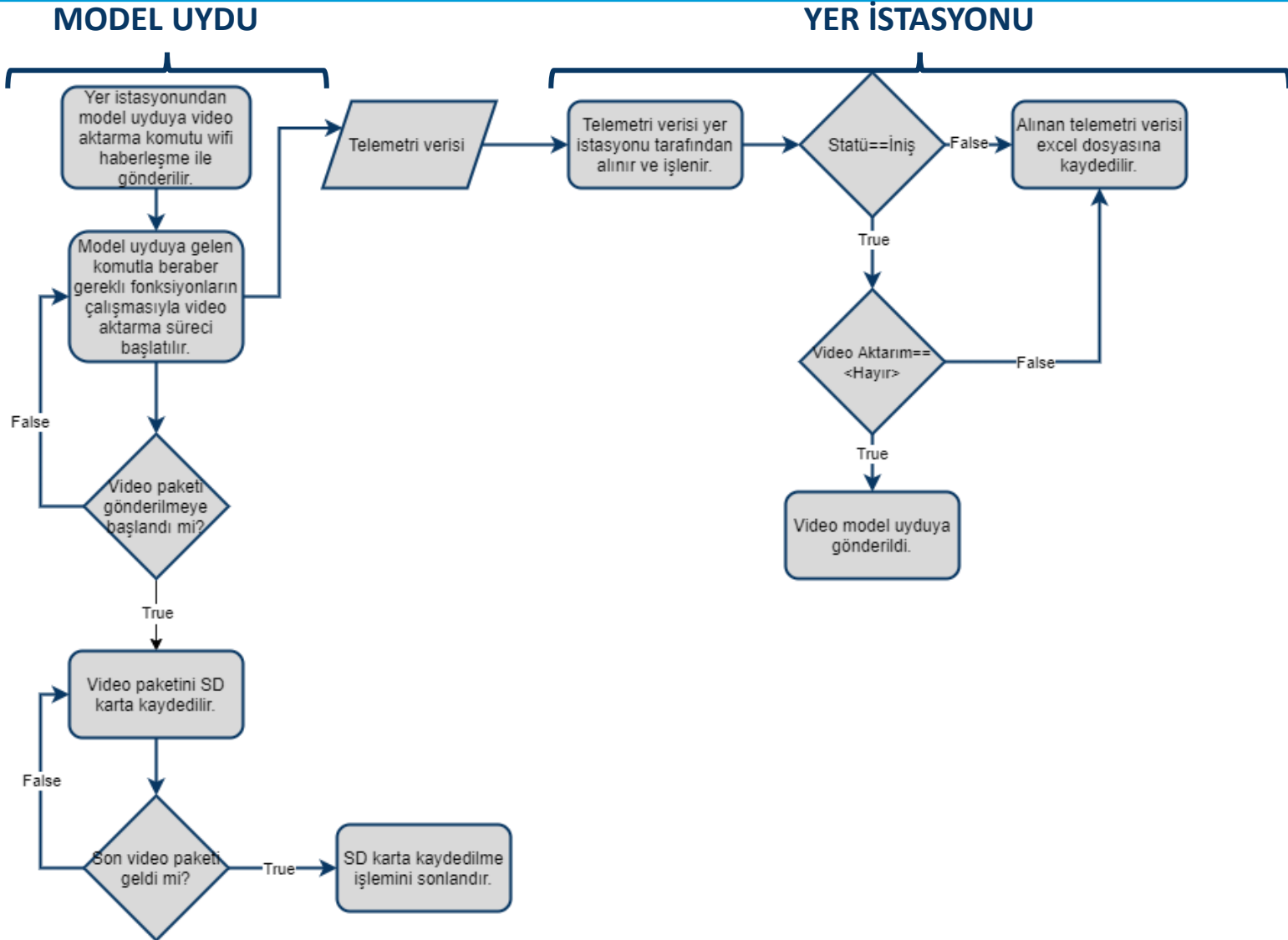


Video Gönder

☐ Video Gönderildi

Video gönderme paneli

- Model uydunun konum bilgisi yer istasyonu arayüzünde iniş durumunda olarak görüldüğünde Türksat tarafından verilen 1MB'lık dosya video aktarım paneline sürüklenir ve «Video Gönder» butonuna basılarak video aktarma işlemi gerçekleştirilir.
- Video aktarımı tamamlandıktan sonra yer istasyonu arayüzünde video aktarım bilgisi «EVET» olarak güncellenecektir.



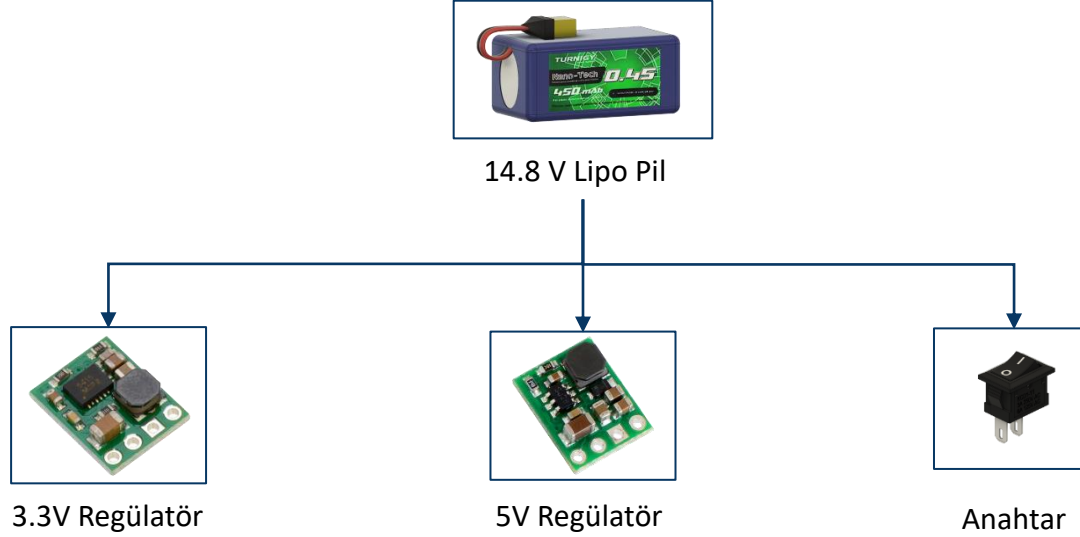
Elektrik Alt Sisteminin Tasarımı

Abdullah Selim KÖKSAL

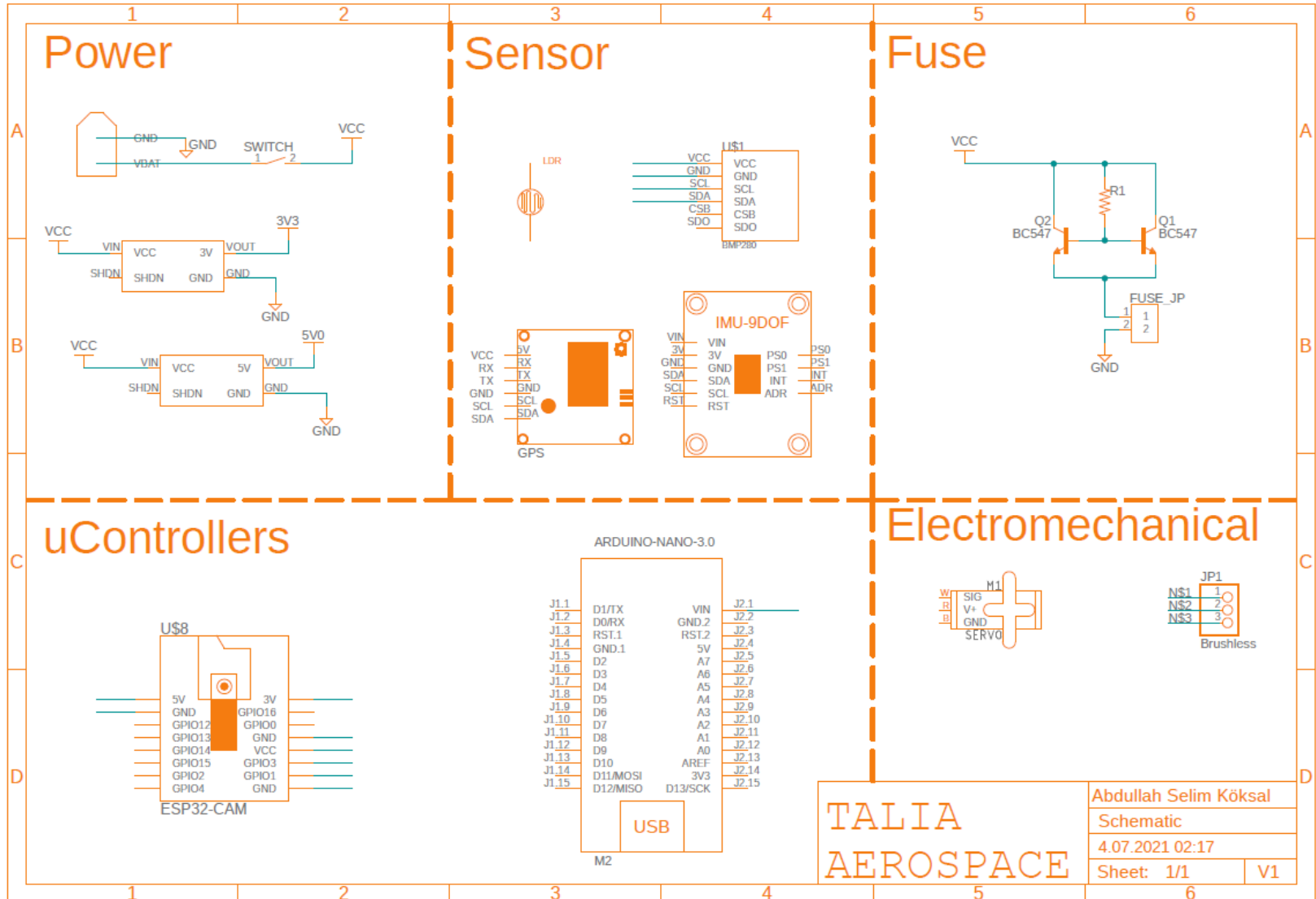
Hatice Nur SUN

Fatma Semiha ÜNAL

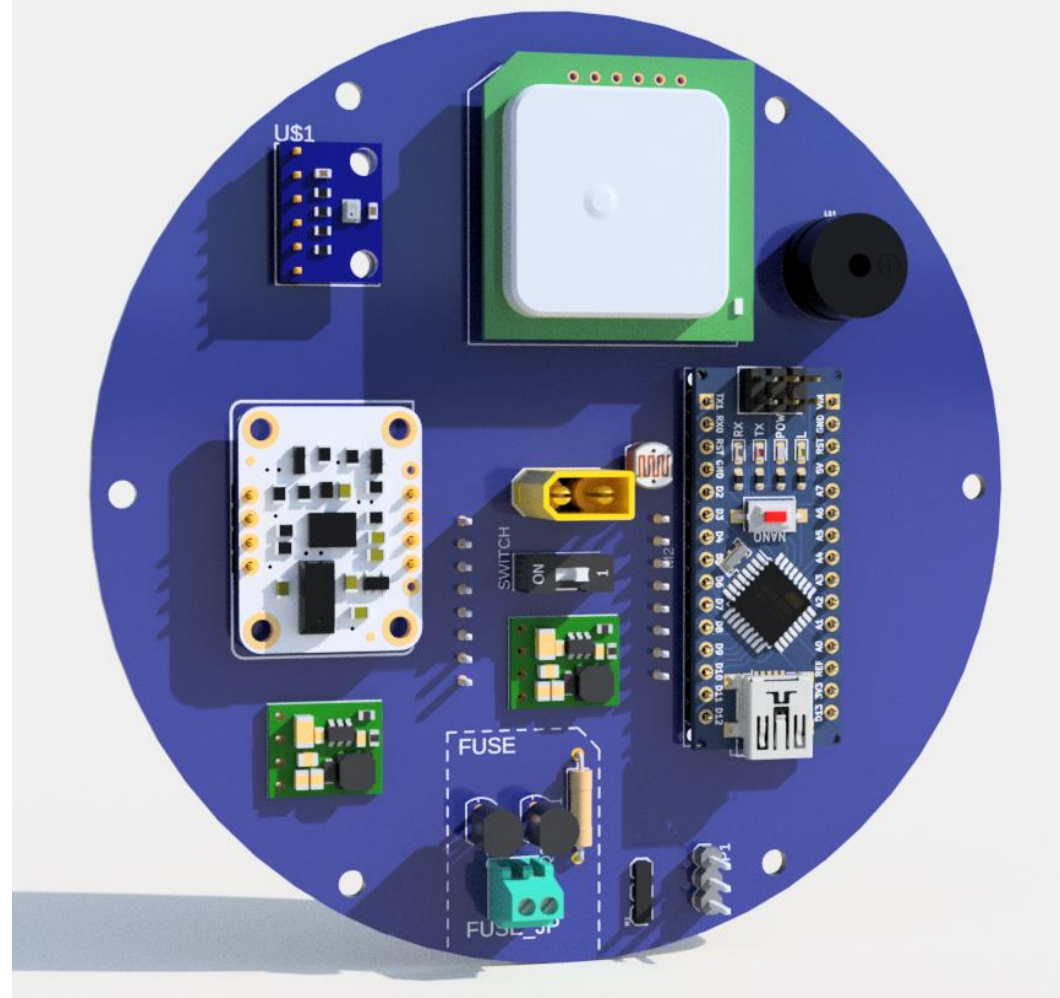
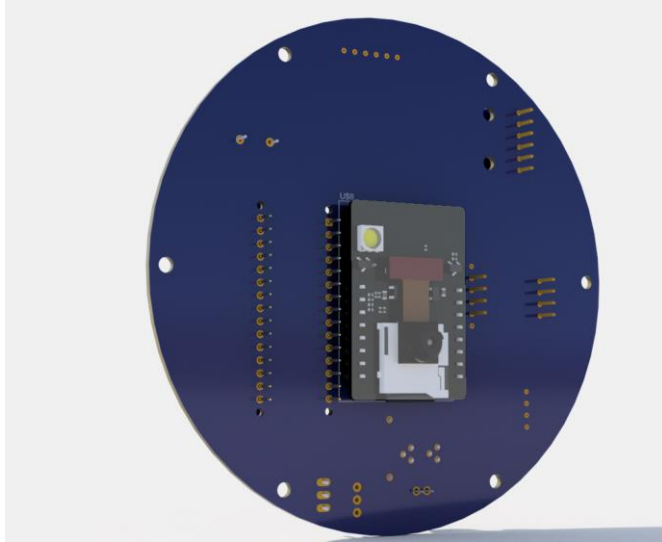
Ali DEREYURT



- ❖ Batarya; tüm sisteme güç vermek için kullanılmaktadır.
- ❖ Anahtar; sistemdeki güç akışını kontrol etmek için kullanılmaktadır.
- ❖ Regulatorler; elektronik bileşenler için uygun gerilimi ayarlamak için kullanılmaktadır.
- ❖ Anahtar sayesinde bataryadaki gerilim regülatörlere iletilir. Mikrodenetleyicinin 5V ve 3.3V çıkışlarından ilgili elektronik bileşenlerin beslemesi yapılır.

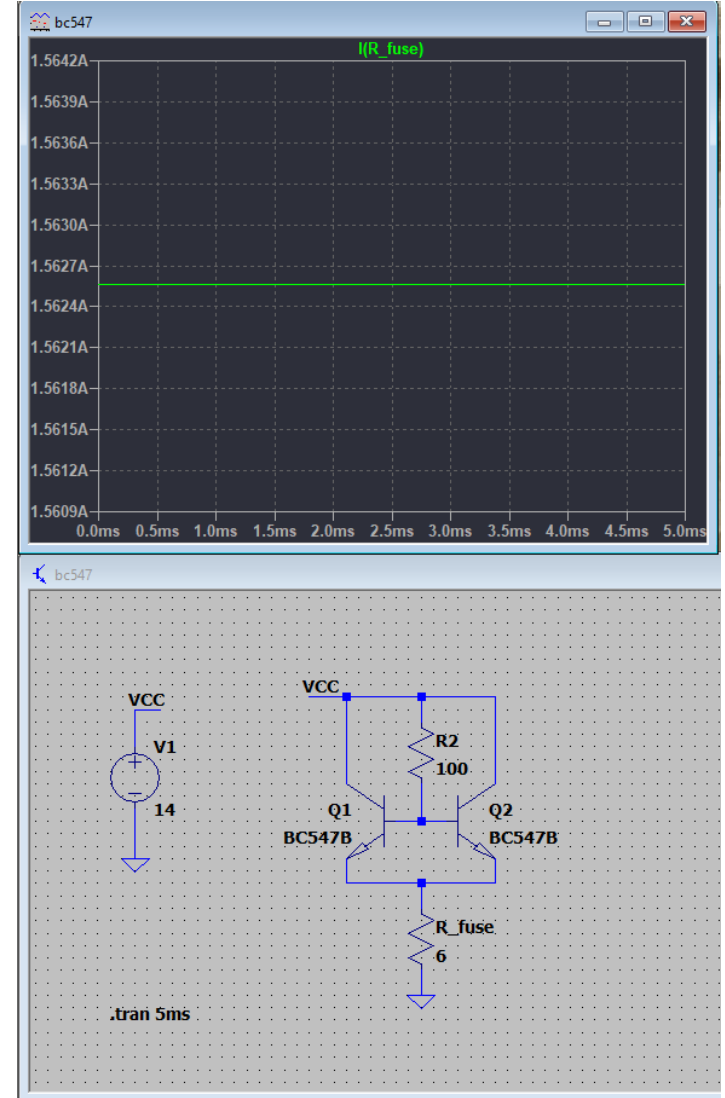


Çizdiğimiz pcb şemasını öncelikle prototip için delikli pertinaks üzerinde üretilecektir. Daha sonrasında cnc' de işlenerek pcb üretimi yapılacaktır. Son olarak pcb' nin testlerden başarıyla geçmesi durumunda profesyonel pcb siparişi verilecektir.



Fünye Yakma Devresi

Görsel takip sistemini tetiklemek için kullanılacak olan fünyenin iç direnci 4 ohm'dur. Fünye iki adet bc547 transistor kullanılarak anlık olarak yüksek akım geçirilmesiyle yakılmıştır. Fünyenin iç direnci 4 ohm olarak bilinse de fünyelerin hepsinin 4 ohm olmama ihtimalinden ve direnç değerlerindeki sapmadan dolayı 6 ohm olarak alıp simülasyonunu oluşturduk.

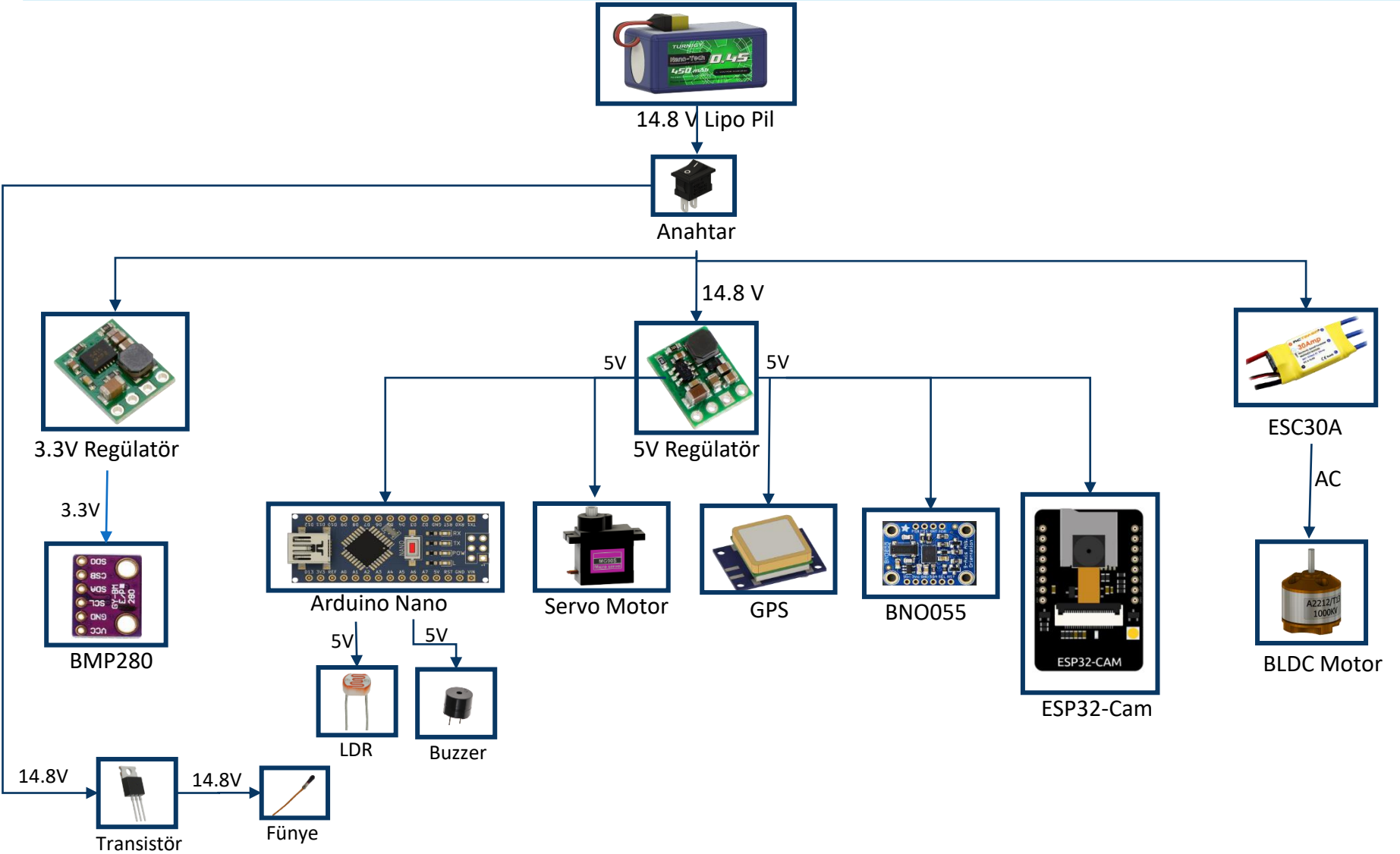


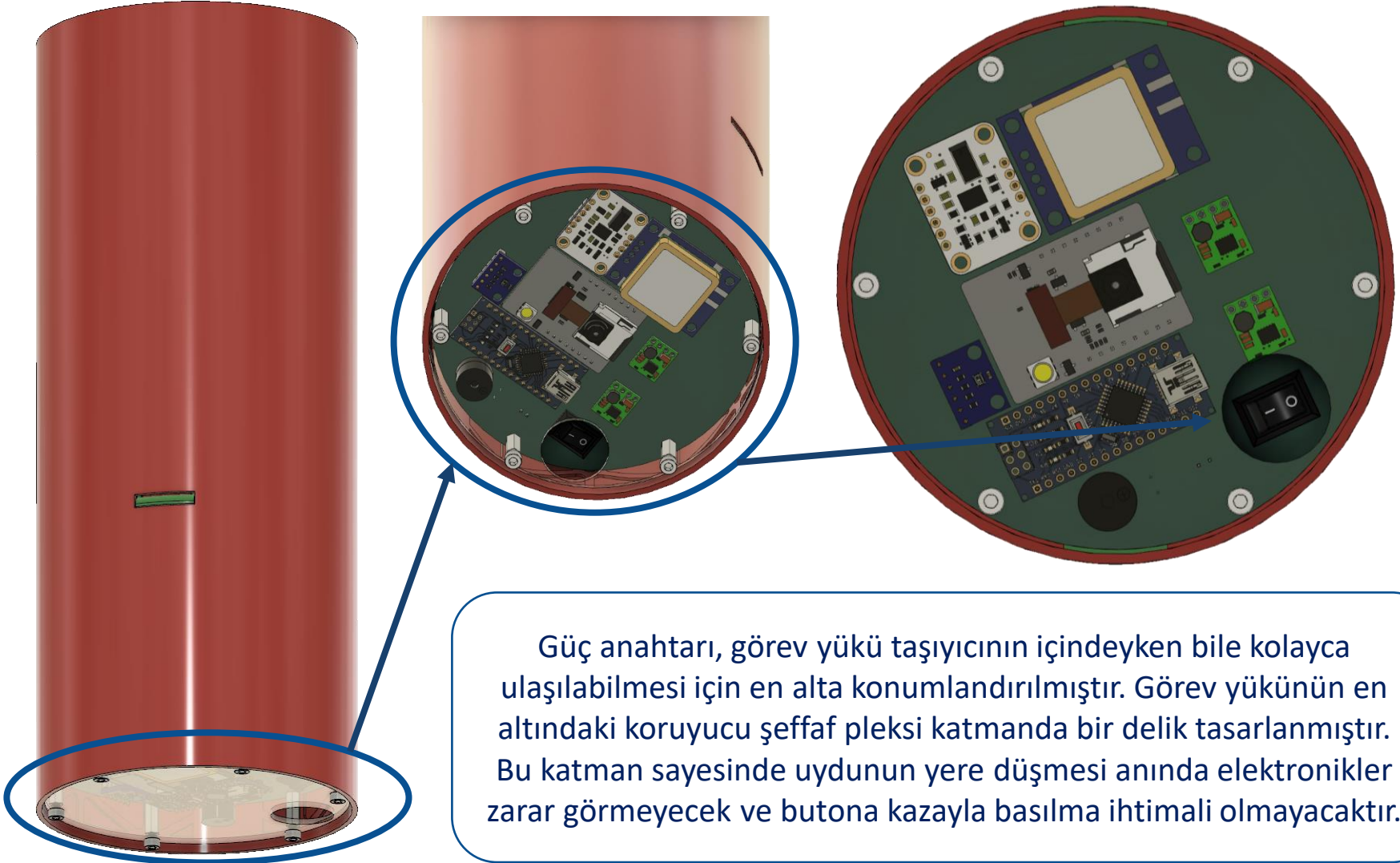
- Transistör Devresi

Kullanılması planlanan transistörün daha sağlıklı ve kesin çalışması için transistörler TO 220 kılıftan TO92 kılıfa geçildi ve sayısı 2'ye çıkarıldı. Ayrıca direnç eklenerek sağlıklı hale getirildi.

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
EAS-01	Alkalın, Ni-MH, Lityum İyon veya Lityum polimer piller kullanılabilir	Sistemin güç ihtiyacı belirlenerek ve bize verilen seçenekler kıyaslanarak pil seçimi yapılacaktır.	Yüksek	S – 21	X		X	
EAS-02	Seçilecek pil, sistemin 1 saatlik süre boyunca çalışmasına yeterli olmalıdır. Bu süreye sadece haberleşme ve sensör alt sistemleri dahil olup aktif iniş sistemi dahil değildir.	Uçuş bilgisayarı için belirlenen pil sistemin 1 saatlik güç ihtiyacını karşılayacak şekilde olacaktır.	Yüksek	S – 20			X	
EAS-03	Görev yükünün açma kapama düğmesi olmalıdır. Bu düğme; görev yükü taşıyıcının içindeyken bile erişilebilecek şekilde tasarlanmalıdır.	Elektronik ve mekanik olarak erişimi kolay ve güvenilir bir şekilde tasarlanmalıdır.	Yüksek				X	X
EAS-04	Elektronik donanımların montajı mekanik aksamla sabitlenerek yapılmalıdır. Elektronik devrede temassızlığa veya çıkmaya sebep olacak bağlantı elemanları kullanılmamalıdır.	Sensörler PCB kart üzerine yerleştirilecektir ve diğer elektronik bağlantılar için mümkün olduğunca az kablo kullanılıp lehimlenecektir. PCB kartı görev yüküne vidalanacaktır.	Yüksek		X	X	X	

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
EAS-05	Görev yükü yere indiğinde, kurtarma ekibi tarafından bulunana kadar sesli ikaz vermelidir.	Görev yükü yere indiğinde buzzer aktif hale gelir ve sistemi kapatana kadar çalışır.	Yüksek	S – 35	X			X
EAS-06	Yer istasyonu yazılımının çalıştırılacağı bilgisayarın en az iki saatlik bataryası dolu olmalıdır.	Bataryanın bitmesi ihtimaline karşı yarışma günü powerbank ve şarj aleti getirilecektir.	Yüksek	S-21				X





Batarya Modeli	Adet	Ağırlık	Max. Akım (A)	Gerilim(V)	Kapasite	Boyut	Tipi	Temin	Fiyat
Turnigy Nano-Tech	1	63 gr	31.5 A	14.8 V	450 mAh	52x28x24mm	Lityum-Polimer	Takım Tarafından Karşılandı	91 ₺



SEÇİLEN ÜRÜN

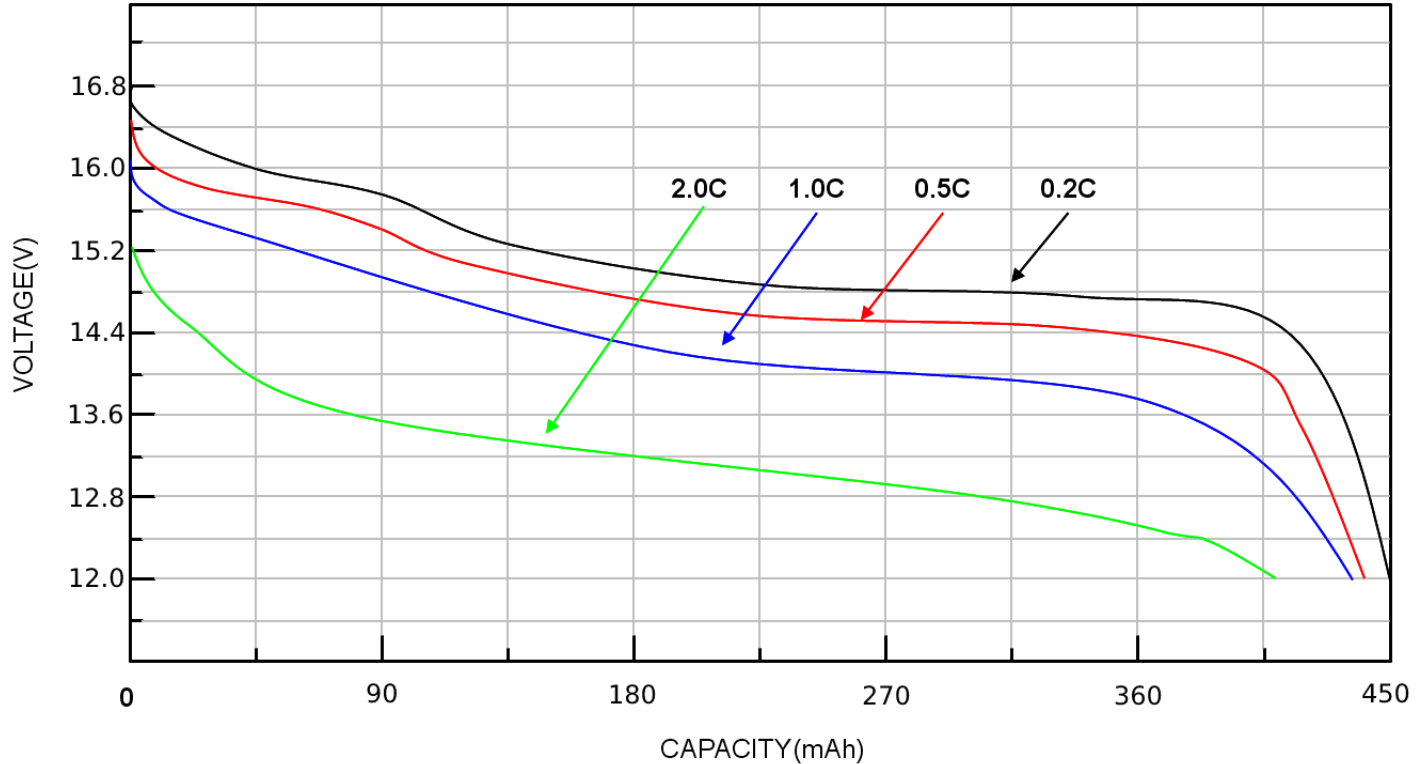
AÇIKLAMA

Turnigy Nano-Tech

- Alternatiflerine göre oldukça hafiftir.
- Görece küçük boyuta sahiptir.
- Akım ve kapasite isteklerini karşılamaktadır.



- Kullanacağımız bataryanın tam dolu halde gerilimi 16.8 V'dur.
- Lityum-Polimer bataryaları belli bir gerilimin altına düştüğünde kullanmak hem pil sağlığı hem de güvenlik açısından risklidir.
- Pil gerilimi 12 volta geldiğinde pil boşalmış sayılır ve güç kesilmesi gerekir.



Bileşen	Çalışma Gerilimi	Çektiği Akım Değeri	Güç Tüketimi	Görev Süresi
BLDC Motor	14.8 V	15 A (± 10)	222 W	%66
Arduino Nano	5 V	100 mA (± 10)	1.4 W	%100
BNO055	5 V	9.2 mA (± 10)	0.25 W	%100
BMP280	3.3 V	1.12 mA (± 1)	0.0036 W	%100
Buzzer	5 V	20 mA (± 10)	0.1 W	%5
ESP32-Cam	5 V	180 mA (± 120)	1.55 W	%100
MG90 Servo	5	~250 mA (± 50)	1.25 W	%2
Neo M8N	5 V	35 mA(± 8)	0.175 W	%100
LDR	5 V	1 mA (± 1)	0.005 W	%1
Fünye	14.8 V	500 mA (± 200)	7.4 W	%1
Transistör	5 V	1 mA (± 1)	0.005 W	%1

Kırmızı: Tahmini Değer

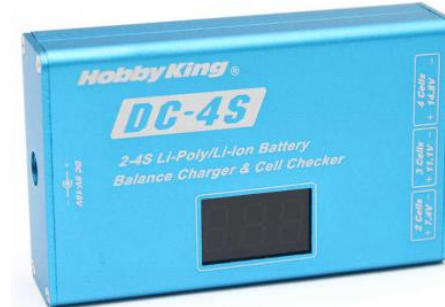
Yeşil: Datasheet Verisi

Mavi: Ölçüm Verisi

Toplam Tüketim (Aktif İniş Sistemi Dahil)
10246,34 mAh
Toplam Tüketim (Aktif İniş Sistemi Hariç)
346,34 mAh
Pil Kapasitesi
450 mAh

- Batarya, sistemi 1 saat 17 dakika boyunca çalıştıracak kapasitededir.
 - Hedeflenen 1 saatlik süreyi karşılamaktadır.
 - Bu süreye aktif iniş sistemi dahil edilmemiştir.

- Bataryanın 4 hücreden oluşması (4S) sebebiyle bu hücreleri dengeli şekilde şarj etmek gerekmektedir.
- Şarj işlemi için HobbyKing marka DC-4S balans özellikli şarj aleti kullanılacaktır.
- Bataryanın şarj süresi 35 dakika altındadır. (%20 enerji kaybı varsayılmıştır)



Dirençler yardımıyla gerilim bölücü devre oluşturulur ve pilden gelen gerilim Arduino Nano'nun analog pini için güvenli düzeye düşürülür.

Devreden gelen sinyal Arduino Nano'nun analog pinine bağlanmaktadır.

Arduino Nano, 10 bitlik çözünürlüğe sahip ADC 'ye (Analog Dijital Çevirici) sahiptir.

Analog Dijital Çeviricinin referans voltajı 5V olup, voltaj bölücüyle 4.42V'a düşürülen pil gerilimini ölçmek için uygundur.

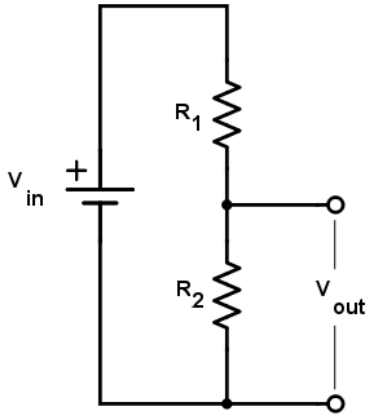
Devrenin V in girişinden pilin pozitif kutbu bağlanır ve iki adet direnç konulur. V_{out} çıkışından çıkması istenilen max voltaja göre dirençler belirlenir. V_{out} çıkışı analog pine bağlanır ve değer okunur. Bu yöntem ile sadece iki direnç kullanarak yazılım ile hesaplanabilir.

$$V_{out} = V_{in} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$4.42V = 16.8V \times \frac{200k\Omega}{560k\Omega + 200k\Omega}$$

$$R_1 = 560 k\Omega$$

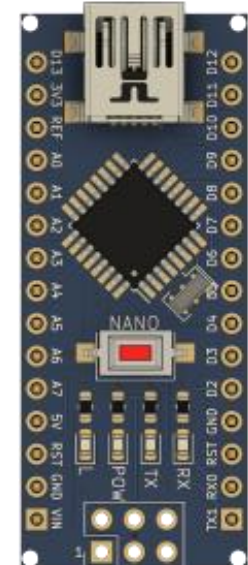
$R_2 = 200 k\Omega$ olarak belirlenmiştir.



Voltaj Bölücü Devre Şeması



Voltaj
Bölücü



Uçuş Yazılımı Tasarımı

Nagkichan MOUSTAFA IMPRAM

Fatma Semiha ÜNAL

Ali DEREYURT

Uçuş yazılımının temel görevleri:

- Sensörlerin kalibrasyonu yapılır ve yer istasyonu ile haberleşme sağlanır.
- Sensörlerden ve kameradan toplanan veriler ile telemetri paketi oluşturulur. Her saniye yer istasyonuna gönderilir ve tüm veriler SD karta kaydedilir.
- **Ayrılma durumunda:** Ayrılma mekanizması çalışır. Ardından sis kapsülü ateşlenir ve aktif iniş sistemi motoru çalışır.
- Yere 20 metre mesafede iniş yavaşlatılır ve görev yükü yere inince 1 dakika boyunca telemetri yayınına devam eder. Buzzer, sistemi kapatıncaya kadar açık kalır.
- Uçuş esnasında 1 MB'lık video görev yüküne gönderilip SD karta kaydedilmelidir.

Bonus Görev:

- Görev yükü (± 50) 200 metre irtifada 10 saniye boyunca askıda kalacak kadar motora güç verip irtifası sabitlenmelidir. 10 saniye sonra tekrar 8-10 m/s hızla düşmelidir. Yükselirken gerçekleşmemesine dikkat edilmelidir.

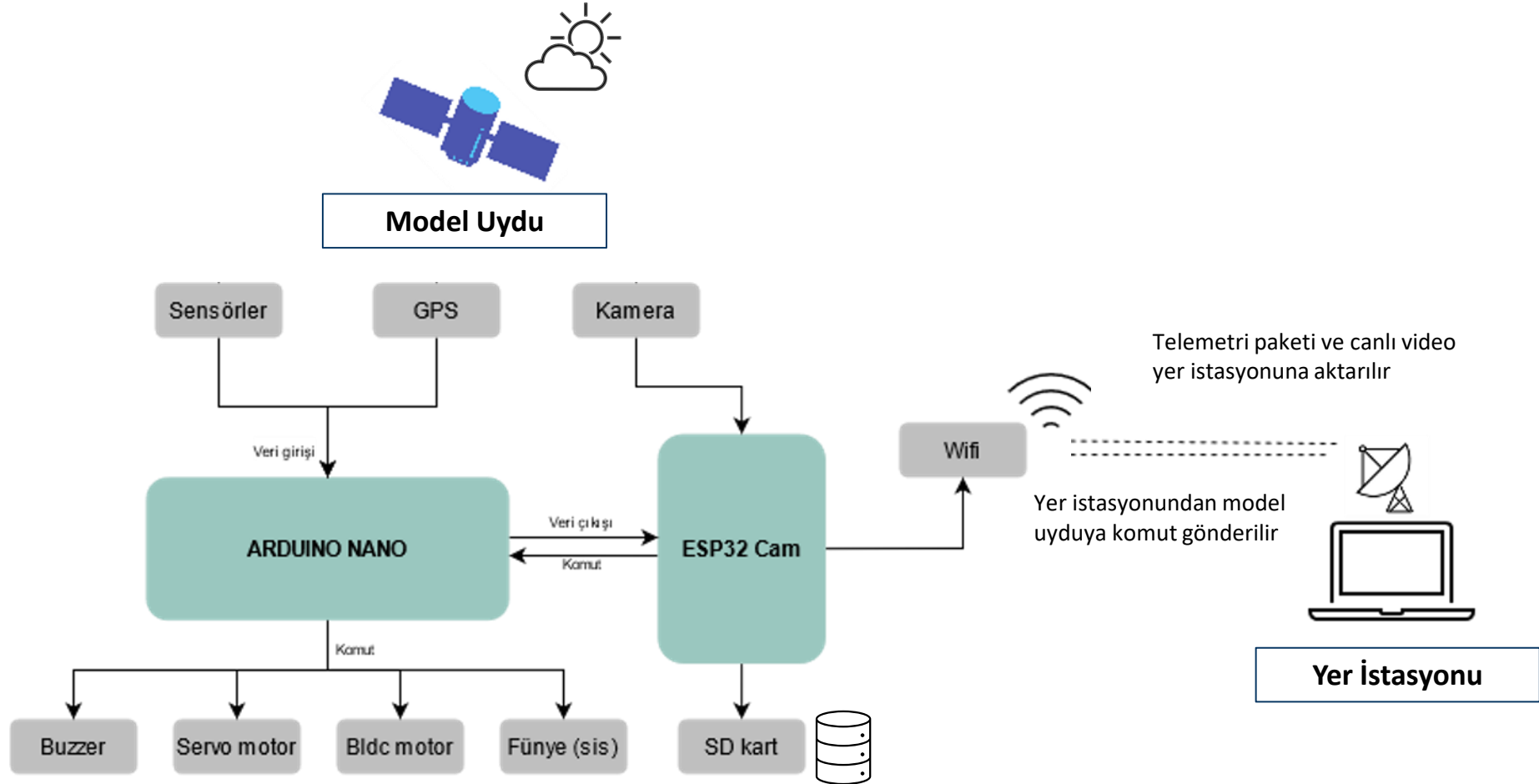
Geliştirme Ortamı:

- Arduino IDE

Programlama Dilleri:

- C/C++

Temel Uçuş Yazılımı Mimarisi:



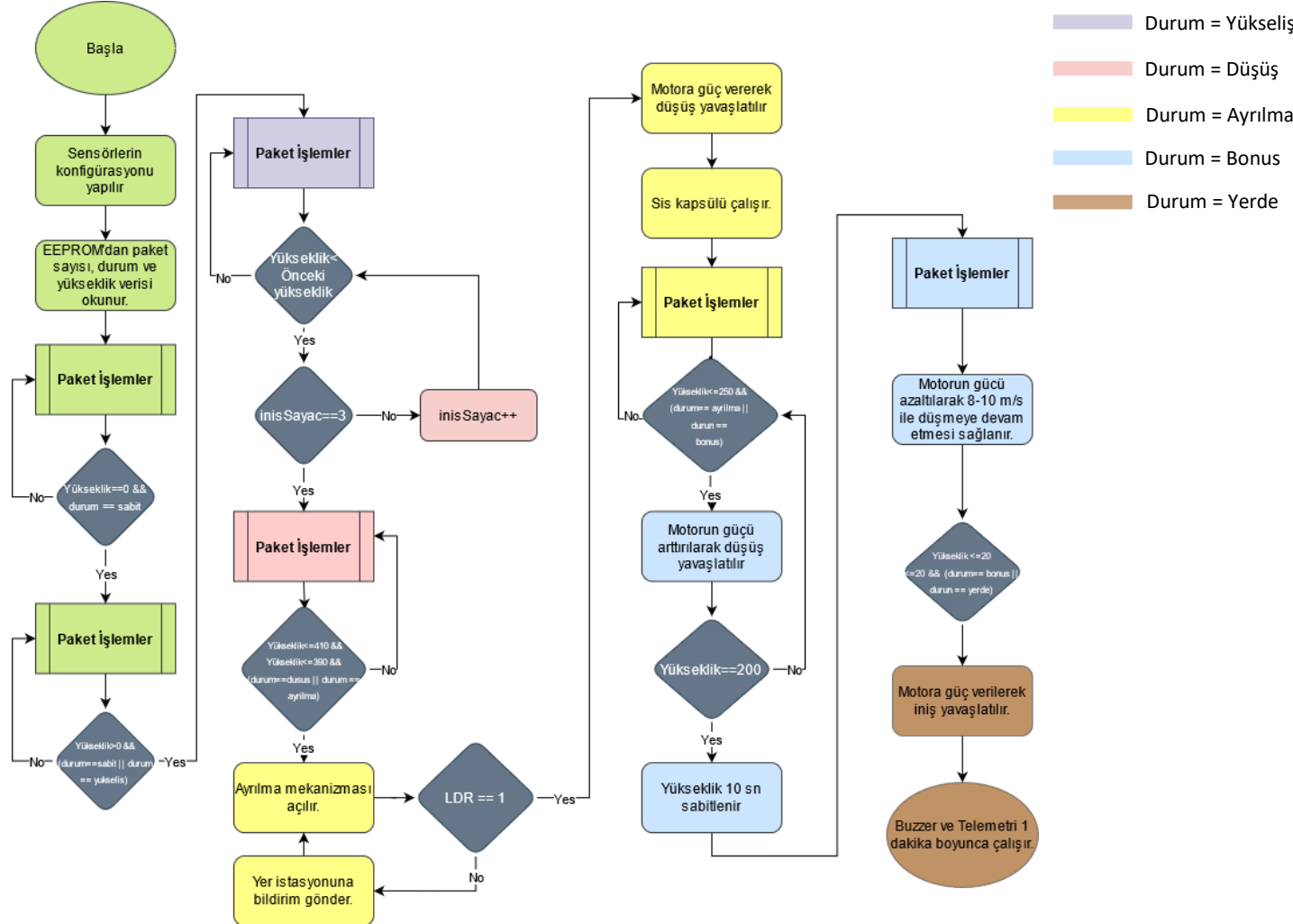
PDR	CDR	Açıklama
Görev esnasında pilin yetersiz olması durumunda: - Pil gerilimi ölçülüp yer istasyonuna gönderilmektedir. - Pil 1 saat 17 dakika çalışacak kapasiteye sahiptir. - Pil gerilimini çok düşük olması durumunda sensörlerin örnekleme sıklığı düşürülebilir, mikrokontrolcünün ledleri kapatılabilir ve bu sayede çalışma süresi uzatılabilir. - Pilin geriliminin pili tehlikeye sokacak şekilde düşmesi halinde operasyonlar olası bir yangın tehlikesine karşı durdurulabilir.	Görev esnasında pilin yetersiz olması durumunda: - Aktif iniş sisteminin gücü kesilebilir. - Pil gerilimi ölçülüp yer istasyonuna gönderilmektedir. - Pil 1 saat 17 dakika çalışacak kapasiteye sahiptir. - Pil gerilimini çok düşük olması durumunda sensörlerin örnekleme sıklığı düşürülebilir, mikrokontrolcünün ledleri kapatılabilir ve bu sayede çalışma süresi uzatılabilir. - Pilin geriliminin pili tehlikeye sokacak şekilde düşmesi halinde operasyonlar olası bir yangın tehlikesine karşı durdurulabilir.	Pilin yetersiz olma durumunda en çok güç tüketen aktif işin sistemi olduğu için ilk olarak onun gücü kesilebilir. Aktif iniş sistemi autogyro mekanizması ile iniş yapmaya devam edecektir. Bu yeterli olmadığı durumda diğer işlemler gerçekleştirilmelidir.

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
B	Görev yükü taşıyıcıdan ayrıldıktan sonra 200 (+/- 50) m aralığında 10 saniye askıda kalarak irtifasını sabitlemelidir. Belirtilen sürenin ardından 8 - 10 m/s hızla inişine devam etmelidir.	Belirtilen ağırlık baz alınarak kullanılacak malzemeler seçilecektir.	Yüksek	S – 09	X	X		
UY-02	400 (+/- 10) metre yükseklikte taşıyıcı ile görev yükü bir mekanizma ile otonom olarak ayrılmalıdır.	Ayrılma sırasında problem olabilecek tasarım unsurları dikkate alınarak çalışılmalıdır	Yüksek	S – 07	X		X	
UY-03	Aktif İniş Sistemi: Motora bağlı pervanenin bir bütün olarak rotoru oluşturduğu auto-gyro ile ivmeölçer kontrollü iniş sistemidir.	IMU ve Basınç sensöründen alınan ilgili verilere göre, tasarlanan aktif iniş sistemine bağlı motorun hızı değiştirilerek model uydunun hızı kontrol edilecektir.	Yüksek	B			X	
UY-04	Görev yükü uçuş süresince; sıcaklık, basınç, yükseklik, iniş hızı, konum, pil gerilimi ve eksen verilerini toplamalıdır. (Uçuş gününe katılacak takımların sensörlerde yedekli çalışması önerilir.)	Uygun sensörler belirlenerek istenilen telemetrilerin alınması sağlanacaktır.	Yüksek	S – 15	X		X	

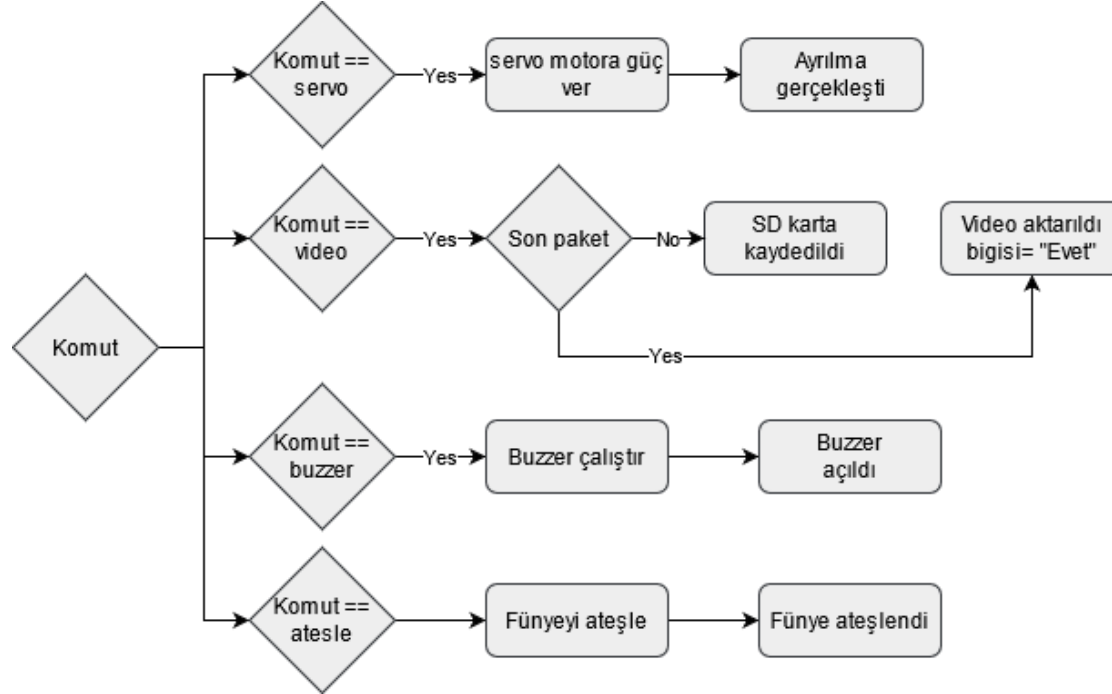
No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
UY-05	Model uydu ölçtüğü verileri, sürekli bir şekilde ve verilen telemetri formatına uygun paketler halinde yer istasyonuna her saniye (1 Hz) göndermelidir.	Sensörler aracılığıyla uçuş yazılımına gönderilen veriler belirlenen formatta yer istasyonuna aktarımı sağlanacaktır.	Yüksek	S – 15 S – 30	X		X	
UY-06	Telemetri paketi, görev zamanını içermelidir. Görev süresince, işlemcinin yeniden başlaması durumunda bile zaman verisi korunmalıdır.	Uçuş bilgisayarında yapılan gerekli kontrollerle işlemcinin yeniden başlama durumları göz önüne alınarak yazılımsal önlemler alınacaktır.	Yüksek	S – 14	X		X	
UY-07	Uçuş yazılımı, gönderilen paketlerin sayısını muhafaza etmeli ve 1'den başlayarak her paket iletiminde sayıyı bir artırmalıdır. Eğer işlemci yeniden başlarsa paket sayısı kaldığı yerden devam etmelidir.	Uçuş bilgisayarına gelen her veri paketi için ayrı bir numara verilecektir.	Yüksek	S – 17	X		X	
UY-08	Telemetri verileri aynı zamanda uydu içinde yer alan bir SD karta da yazdırılmalıdır.	Sensörler tarafından ölçülen her veri istenilen yere kaydedilecektir.	Yüksek	S – 16	X		X	

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
UY-09	Ayrılmama durumunda, yer istasyonundan gönderilen komutla ayrılma gerçekleştirilmelidir.	Uçuş bilgisayarı ile yer istasyonu bağlantısı sağlanarak beklenmeyen durumlarda model uydunun ayrılması sağlanacaktır.	Yüksek	S – 6	X		X	
UY-10	Görev yükü yere hasarsız şekilde indikten sonra en az 1 dakika boyunca telemetri ve görüntü yayınına devam etmelidir. Telemetri paketindeki konum bilgisi ile uydunun yeri tespit edilebilmelidir.	Uçuş bilgisayarı ile yer istasyonu bağlantısı sağlanarak beklenmeyen durumlarda model uydunun ayrılması sağlanacaktır.	Yüksek	S – 12	X			
UY-11	Görev yükü yere indiğinde, kurtarma ekibi tarafından bulunana kadar sesli ikaz vermelidir.	Görev yükü yere indiğinde, kurtarma ekibi tarafından bulunana kadar sesli ikaz vermelidir.	Yüksek	S – 35	X			X

Uçuş Yazılımı Diyagramı

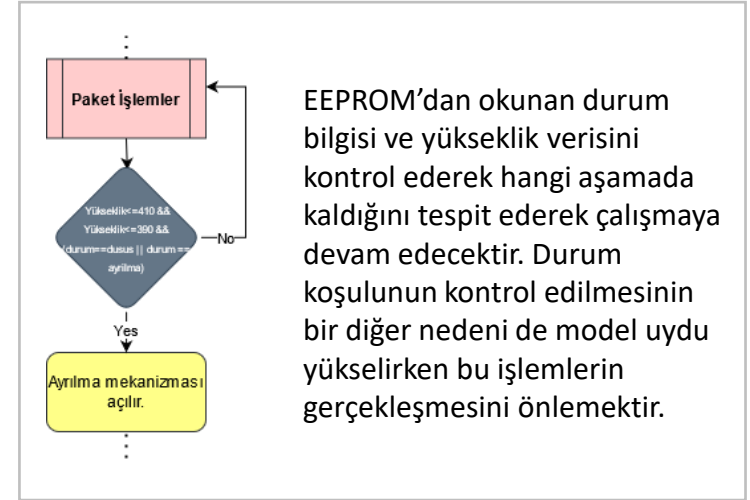
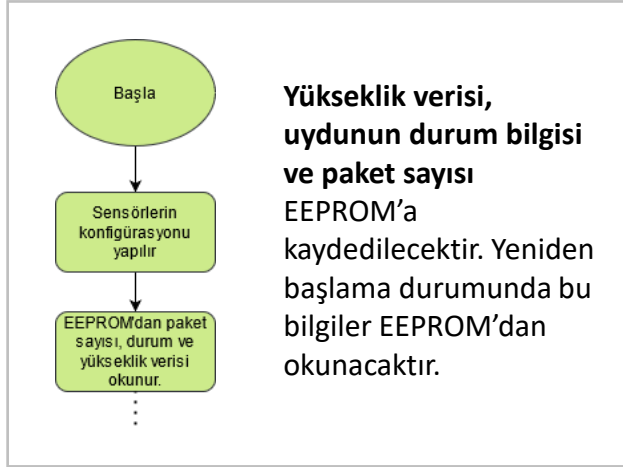


Yer istasyonundan gelen komutların işlenmesi



- Komut 'servo' , ayrılmama durumunda yer istasyonundan komut gönderilerek servoya güç verilir ve ayrılma mekanizması çalışır.
- Komut 'video' , yer istasyonundan 1 MB'lık video görev yüküne gönderilir. Son video verisi gelene kadar SD karta kaydedilir ve video aktarımı tamamlandığında yer istasyonunda gözlemlenir.
- Komut 'buzzer' , görev yükünün yere indiği yer istasyonunda gözlemlenen verilerle doğrulandığında komut verilerek buzzer aktifleştirilir.
- Komut 'atesle' , sis kapsülü ateşlenmediyse yer istasyonunda komut verilerek fünye ateşlenir.

İşlemcinin yeniden başlaması durumunda:



Görev esnasında pilin yetersiz olması durumunda:

- Aktif iniş sisteminin gücü kesilebilir.
- Pil gerilimi ölçülüp yer istasyonuna gönderilmektedir.
- Pil 1 saat 17 dakika çalışacak kapasiteye sahiptir.
- Pil gerilimini çok düşük olması durumunda sensörlerin örnekleme sıklığı düşürülebilir, mikrokontrolcünün ledleri kapatılabilir ve bu sayede çalışma süresi uzatılabilir.
- Pili geriliminin pili tehlikeye sokacak şekilde düşmesi halinde operasyonlar olası bir yangın tehlikesine karşı durdurulabilir.

Genel Yazılım Geliştirme Metodolojisi:

- Uçuş yazılımının hazırlanmasında her bir sensörün çalışma mantığı ve haberleşme için kullanacağı protokollere bakılarak elektronik devreleri ayrı ayrı kurulacaktır.
- Bu her bir yazılım programını çalıştırmak için her bir sensörün kütüphanesi bulunacak ve bu kütüphanelerin çalışma mantıkları incelenecektir.
- Tüm sensörler çalıştırıldıktan sonra tüm sensörlerden aynı anda bir paket olarak veriler alınmaya çalışılacaktır.

Prototip Oluşturma Aşamaları

Breadboard üzerinde sensörler tek tek yerleştirilecek her adımda birer sensör ekleyerek sistem oluşturulacak. Bir hata olması durumunda son eklenen sensör çıkarılacak ve hata sebebi araştırılacak. Breadboard üzerinde tüm sensörler denendikten sonra delikli panele geçilecektir ve sistem bir araya getirilmiş olacaktır.

Delikli panel üzerinde sensörler tek tek yerleştirilecek ve sistem oluşturulacak. Lehimle oluşturulan yollar kontrol edilecek ve bir problem (kısa devre, temassızlık vs.) olmaması durumunda sensörler yerleştirilip geliştirme yapılacaktır. Algoritmaların birçoğu delikli panel prototipi üzerinde denenecektir. Sistem nihai halini alınca PCB üretilecektir.

Yazılım Geliştirmek İçin Kullanılacak Altsistemler

Alt Sistem	Kullanım amacı
Sensör Alt Sistemi	Sensörlerin haberleşme protokellerini öğrenip her bir sensörün kütüphanesi bulunacak ve bu kütüphanelerin çalışma mantıkları incelenecektir.
Mekanik Alt Sistemi	Mekanik altsisteminden aktif iniş sistemi ve ayrılma mekanizması için gerekli prototipler ve gerekli bilgiler (servo açısı vs.) alınıp, bunlar üzerinden yazılım geliştirilecektir.
Elektrik Alt Sistemi	Elektrik altsisteminden gerekli sensör ve elektronik komponent bağlantıları elde edilip buna göre prototip oluşturulacak ve bu prototip üzerinde yazılım geliştirilecektir.
Yer İstasyonu	Yer istasyonundan komutlar (ayrılma, fünye ateşleme vb.) ve 1 MB'lık video paketi gönderilecek ve geliştirilen uçuş yazılımında bunların algoritmaları geliştirilip denenecektir.
HAVİ Alt Sistemi	HAVİ alt sisteminde belirlenen haberleşme konfigürasyonunda haberleşme yapılacaktır ve yer istasyonu ile veri alışverişi bu şekilde yapılacaktır.

Test Metodolojileri:

BMP280 Sıcaklık-Basınç Sensörü:

- Gerekli kütüphaneler bulunup yazılım geliştirildikten sonra sensörden gelen veriler sıcaklık için bir termometre yardımıyla doğrulanırken basınç telefonda bulunan hava durumu uygulamasındaki basınç ile karşılaştırılacaktır.
- Bu test metodolojisinin seçim sebebi celsius cinsinden alabileceğimiz sıcaklık değerlerini bir termometre işlemiz görürken basınç değerlerini karşılaştırmada telefon uygulamasının kullanımının kolay olmasıdır.

BNO055 IMU Sensörü:

- Sensörden gelen veriler C# yazılan bir simülasyon üzerinden test edilecektir Bu test metodolojisinin seçim amacı bir cismin anlık durumunun bilgisayar ortamında karşılaştırabilmesidir.
- Sensör çeşitli hareket testlerine tabi tutularak gerçek konumuyla simülasyondaki konum arasındaki farklar gözlemlenecektir.
- Sensörde bulunan manyometre ve jiroskop kullanılarak dönüş sayısı bulunmaya çalışılacaktır ve bu gerçek dönüş sayısı ile karşılaştırılacaktır.

NEO M8N GPS Modülü:

- Yazılımı tamamlanan GPS modülü çalıştırıldıktan sonra gelen enlem ve boylam verileri kullanılarak Google Maps uygulaması kullanılarak doğruluğu test edilecektir.
- GPS sensörü çalıştırılıp gelen veriler bir dosyaya kaydedilirken belirli konumlara gidilerek test yapılacak daha sonrasında bu veriler gerçek konum bilgisiyle karşılaştırılacak.

Test Metodolojileri:

Kamera Modülü:

- Yazılımı geliştirilen kamera modülü çalıştırıldıktan sonra gelen görüntünün kalitesi incelenir.
- Gelen görüntünün çözünürlüğü uygulamadan bakılarak testi gerçekleştirilecektir.

ESP32-CAM Wifi Modülü testi:

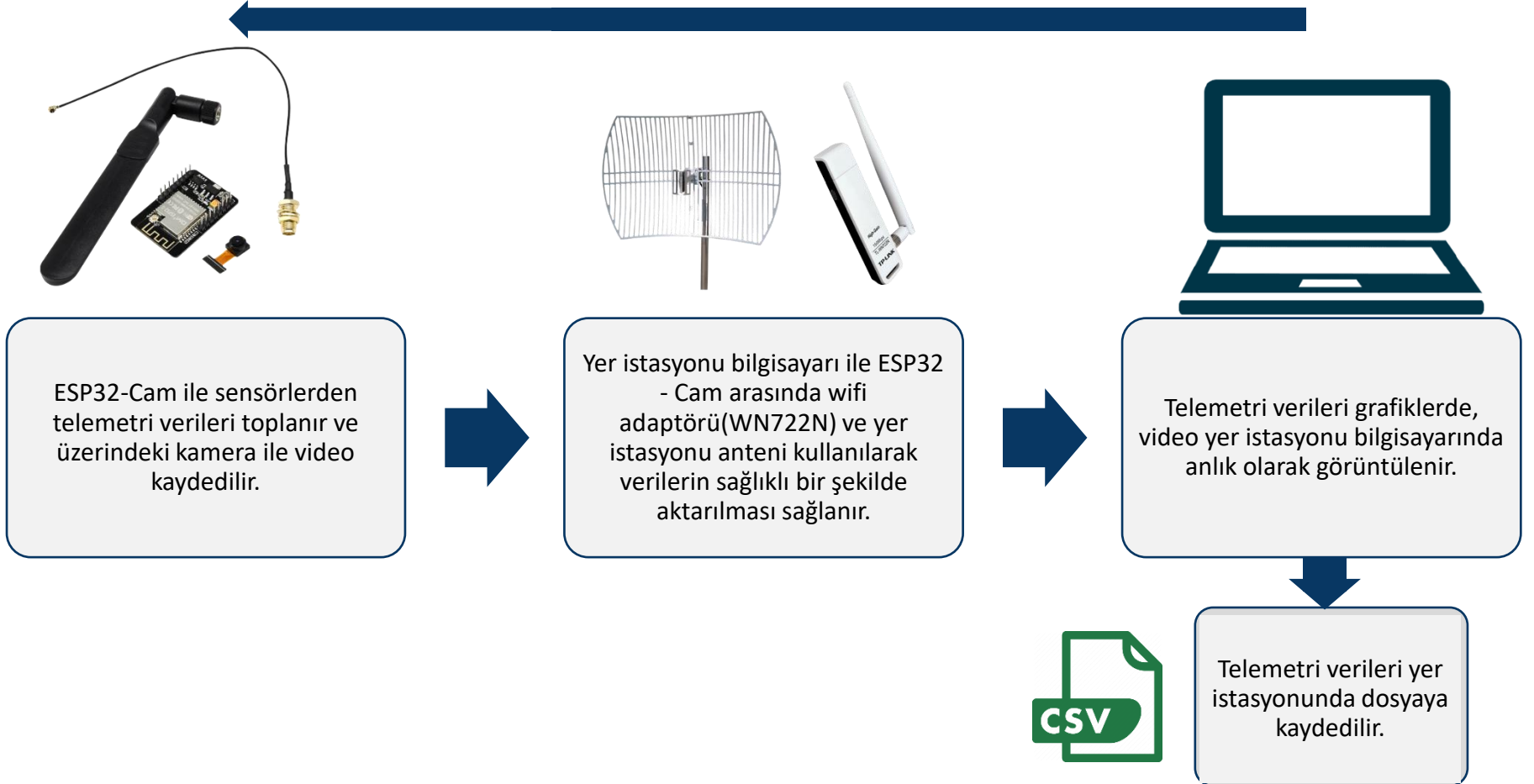
- İlk olarak .txt uzantılı dosyaya belirli mesafelerden tekrarlı olarak atılarak gönderilen ve gelen paketin kalitesi kontrol edilecektir.
- Örnek bir veri paketi belirli mesafelerden tekrarlı olarak atılarak gönderilen ve gelen paketin kalitesi kontrol edilecektir.
- 1Mb'lık bir video paketi belirli mesafelerden tekrarlı olarak atılarak gönderilen ve gelen paketin kalitesi kontrol edilecektir.
- Yer istasyonundan uyduya gönderilen komutların iletilip iletilmediği test edilir.
- Testlerin sonucuna göre saniyede atılacak paket sayısı değiştirilip tekrar test edilecektir.



Yer İstasyonu Tasarımı

Ervanur MİDİLLİ
Fatma Semiha ÜNAL

Yer istasyonundan model uyduya komut gönderilir.



- PDR'dan sonra bu bölümde değişiklik yapılmamıştır.

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
Yİ-01	Model uydu ölçtüğü verileri, sürekli bir şekilde ve verilen telemetri formatına uygun paketler halinde yer istasyonuna her saniye (1 Hz) göndermelidir.	Sensörlerden alınan veriler uygun paketlere dönüştürülerek yer istasyonuna aktarımı sağlanacaktır.	Yüksek	S – 30	X		X	
Yİ-02	Video Aktarımı: TÜRKSAT tarafından sağlanan 1 MB'lık .mp4, .avi vb formatında bir video paketi, yer istasyonu arayüzünden uçuş anındaki model uduya gönderilerek görev yükü üzerindeki SD Karta kaydedilmelidir. Gönderim tamamlandıktan sonra, yer istasyonunda telemetri verisiyle video aktarım bilgisi gösterilmelidir	Yer istasyonundan görev yüküne video paketini gönderebilecek uygun yapıdaki haberleşme modülü seçilmeli ve bu haberleşme modülünün bu iş için tasarlanmış algoritmalar ile çalıştırılması gereklidir. Uçuş bilgisayarına gelen video verisini SD karta kaydeden kod yazılmalı.	Yüksek	S – 18 S – 19 S – 32	X		X	
Yİ-03	Ayrılmama durumunda, yer istasyonundan gönderilen komutla ayrılma gerçekleştirilmelidir.	Ayrılıp ayrılmadığını doğrulamak için bir sensör kullanılabilir. Böylece ayrılmadığını anlayıp yer istasyonundan uçuş bilgisayarına komut göndererek ayrılma gerçekleşir.	Yüksek	S – 6	X		X	

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
Yİ-04	Görev yükü yere hasarsız şekilde indikten sonra en az 1 dakika boyunca telemetri ve görüntü yayınına devam etmelidir. Telemetri paketindeki konum bilgisi ile uydunun yeri tespit edilebilmelidir.	Model uydunun bataryası, uydu iniş yaptıktan sonra 1 dakika daha çalışmasını sağlaması gerekmektedir. Böylelikle GPS'ten yer istasyonuna aktarılan konum bilgilerine bakarak yeri tespit edilebilir.	Yüksek	S – 12	X			
Yİ-05	Her takım kendi yer istasyonunu geliştirmelidir. Yer istasyonu arayüzü tek bir sayfa halinde olmalıdır.	Grafiklerin, eksen verilerinin, konum bilgisi vb. olayların takibini sağlayabilmek için tek sayfa olmalıdır.	Yüksek	S – 31			X	
Yİ-06	Telemetri verilerini ve görüntüyü yer istasyonuna göndermek için kablosuz haberleşme modülleri kullanılmalıdır.	Uygun anten seçilerek en az 700 metre mesafede haberleşebilen bir kablosuz haberleşme modülü kullanılmalıdır.	Yüksek	S – 14			X	
Yİ-07	Yer istasyonu arayüzünde görev yükünden gelen telemetri verileri gerçek zamanlı olarak gösterilmelidir.	Her an gelen veriler yer istasyonundaki tasarımda işlenip gösterilmelidir.	Yüksek	S – 14 S – 31 S – 32	X		X	

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
Yİ-08	Yer istasyonu yazılımında, görev yükünden gelen telemetri verileri kaydedilmeli ve zamana bağlı grafikleri doğru mühendislik birimleriyle gerçek zamanlı olarak çizdirilmelidir.	Grafikler çizdirilirken hangi verilerin işlendiği dikkate alınmalı ve buna göre birimleri belirlenmelidir. Ör: Hız verisi (v-s). Yer istasyonuna gelen veriler bilgisayarda bir Excel yada CSV dosyasına her an kaydedilmelidir.	Yüksek	S – 30 S – 32	X		X	
Yİ-09	Video, yer istasyonunda gerçek zamanlı olarak izlenmeli ve yer istasyonuna kayıt edilmelidir.	Yer istasyonu arayüzünde gelen video verisini canlı olarak izleyebileceğimiz bir alan olmalıdır ve yer istasyonu bilgisayarına kaydedilmelidir.	Yüksek	S – 18 S – 19	X		X	
Yİ-10	Yer istasyonu yazılımının çalıştırılacağı bilgisayarın en az iki saatlik bataryası dolu olmalıdır.	Bataryanın bitmesi ihtimaline karşı yarışma günü powerbank ve şarj aleti getirilecektir.	Yüksek	S – 21				X
Yİ-11	Görev yükü üzerinde bulunan gyro sensörü, yer istasyonu arayüzünde model uydunun duruş bilgisini en az bir düzlemde (x-y) 2 boyutlu olarak simüle edecektir.	IMU sensöründen alınan "yaw", "pitch" ve "roll" verileriyle yer istasyonu arayüzünde görev yükünün simülasyonu gösterilmelidir.	Yüksek	S – 13	X		X	

- ❖ Yer istasyonu anteni olarak ANT2424B anteni kullanılacak ve TL-WN722N adaptörü ile yer istasyonu bilgisayarına bağlanacaktır.
- ❖ Tripot ve anten yanımızda getireceğimiz birçok yardımcı eşya gibi (lehim aleti, matkap takımı, vidalar vb.) büyük bir bavulun içerisinde uçuş alanına getirilecektir. Görev öncesinde iki kişi tarafından kurulumu sağlanacaktır.
- ❖ Yer istasyonu tripot üzerine yerleştirilerek takım üyelerinden biri tarafından uçuş günü yönü uyduya bakacak şekilde ayarlanacaktır. Anten kabloları tripodun bacaklarına klipslerle bağlanarak kablo karışıklığı önlenecektir.



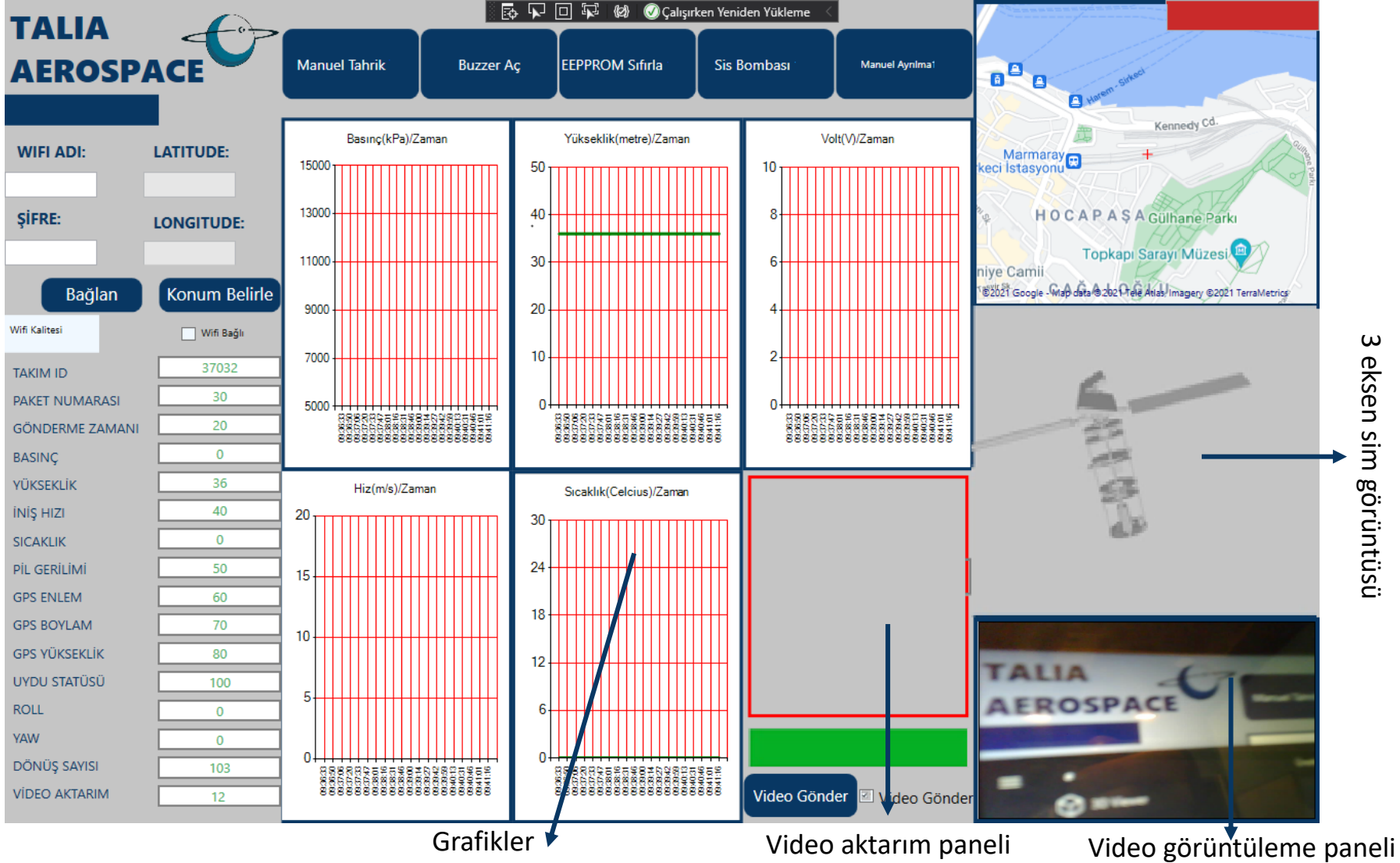
Tripot ve ANT2424B



TL-WN722N

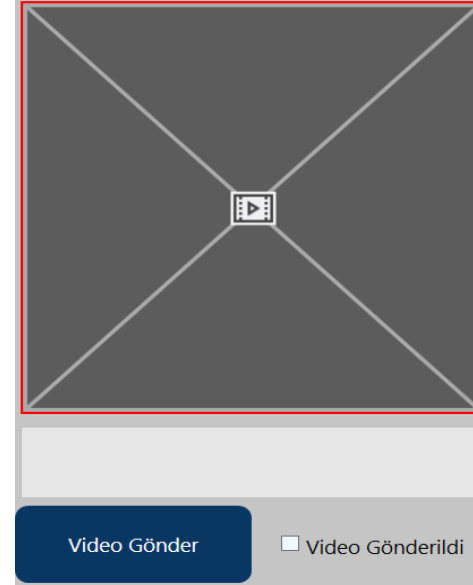


Yer İstasyonu Bilgisayarı





Model Uydu Simülasyon Görüntüsü

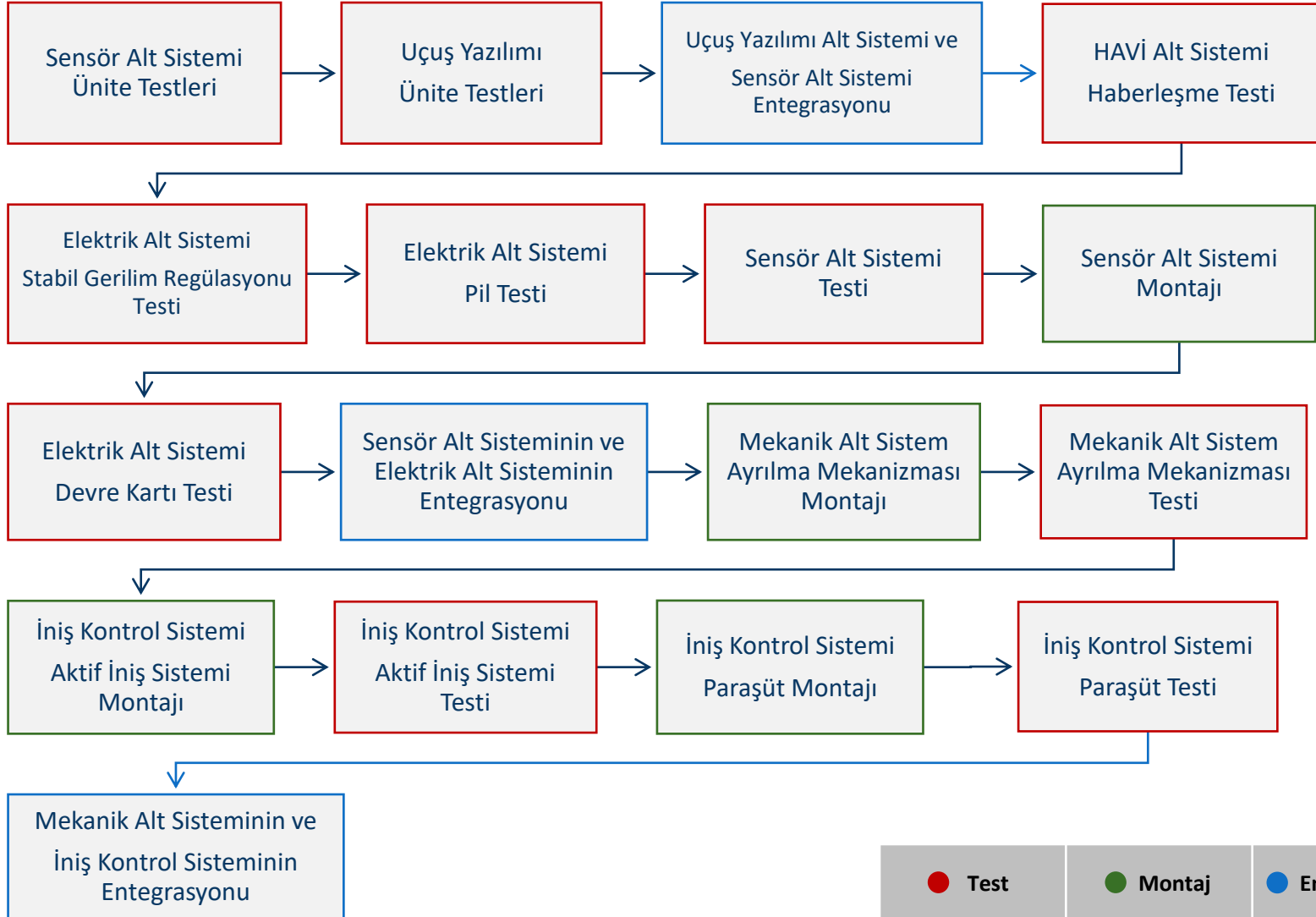


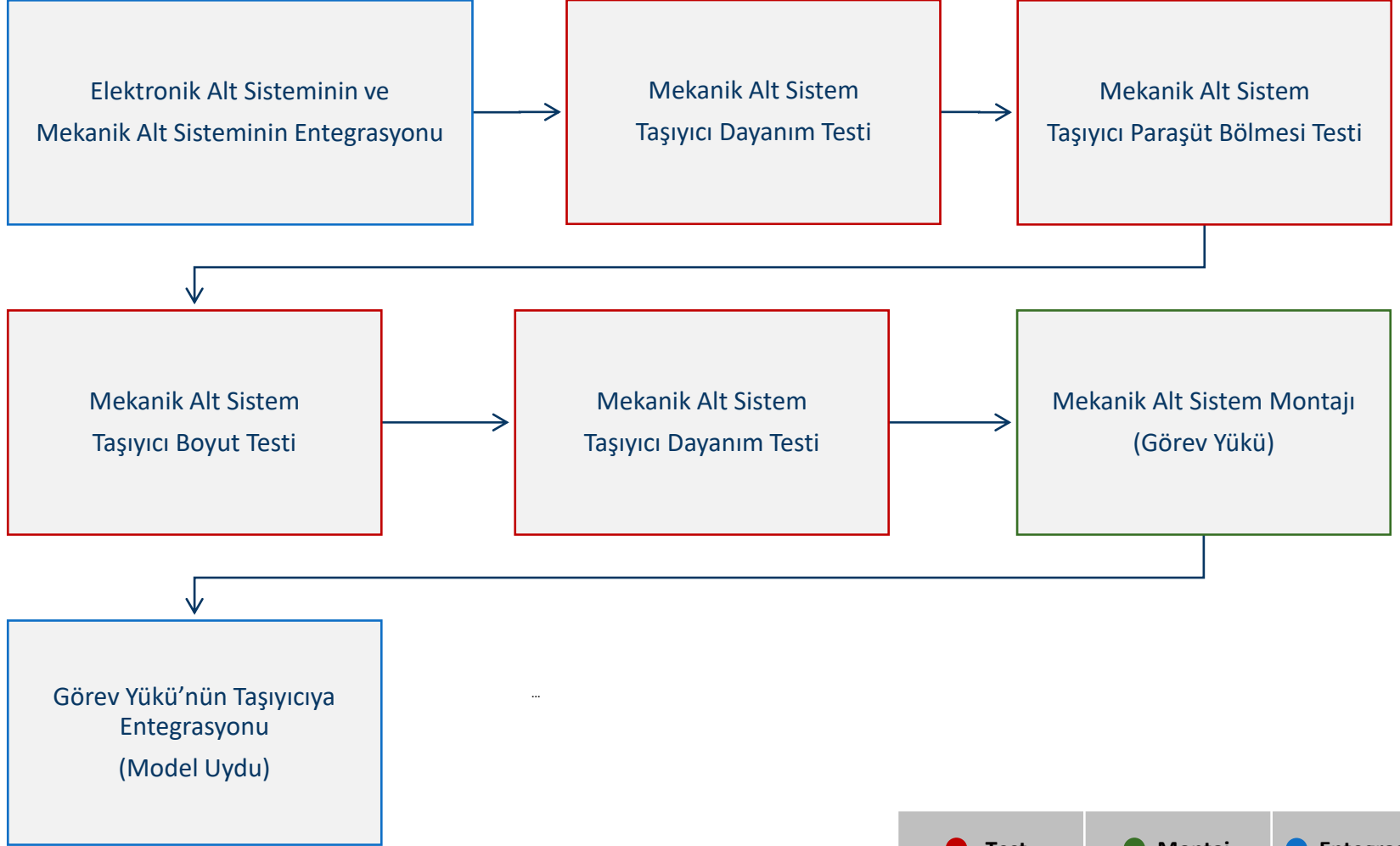
Video Gönderme Paneli

- Yer istasyonu arayüzü, Visual Studio ortamında C# programlama dili ile WPF projesi formatında oluşturulmuştur.
- Harita GMap, 3D simülasyonu HelixToolKit, grafikler ise WindowsFormsHost kütüphaneleri kullanılarak oluşturulmuştur.
- BNO055 IMU sensöründen almış olduğumuz pitch, roll ve yaw verileri kullanılarak 3D simülasyon görüntüsü oluşturularak arayüz ekranında gösterilecektir.
- Video aktarma paneli için 'MediaElement' sınıfı kullanılmıştır. Sürükle bırak yöntemiyle belirlenen alana sürüklenip video gönder butonuyla gönderilecektir.

Model Uydunun Entegrasyonu ve Testi

Ervanur MİDİLLİ
Nagkichan MOUSTAFA IMPRAM
Ali DEREYURT
Fatma Semiha ÜNAL





Sensör Alt Sistemi

27.05.21 – 12.06.21 tarihleri arasında uçuş yazılımı alt sistem ekibi tarafından yapılmıştır.

- Sensör ünite testi
- Sensör kalibrasyon testi
- Tüm sensörlerin birlikte çalıştırılması

HAVİ Alt Sistemi

20.06.21 – 02.07.21 tarihleri arasında uçuş yazılımı ve yer istasyonu alt sistem ekipleri tarafından yapılmıştır.

- Yakın mesafe testi
- Orta mesafe testi
- Uzun mesafe testi
- Komut gönderme testi

Mekanik Alt Sistemi

17.05.21 – 13.08.21 tarihleri arasında mekanik alt sistem ekibi tarafından yapılacaktır.

- Görsel Takip Sistemi Testi
- Ayrılma Mekanizması Testi
- Aktif İniş Sistemi Testi
- Sağlamlık Testi
- Boyut Uygunluğu Testi
- Ağırlık Hesabı Testi

Uçuş Yazılımı Alt Sistemi

27.05.21 – 05.08.21 tarihleri arasında uçuş yazılımı alt sistem ekibi tarafından gerçekleştirilecektir.

- Telemetri Verisi Testi
- SD Karta Kaydetme Testi
- Haberleşme Testi
- Komut İşleme Testi
- Video Paketi Algoritması Testi
- Ayrılma Algoritması Testi
- Görsel Takip Algoritması testi
- Aktif İniş Algoritması Testi
- Bonus Görev Testi

Güç Alt Sistemi

08.07.21 - 22.07.21 tarihleri arasında elektrik alt sistem ekibi tarafından yapılacaktır.

- PCB testi
- Fünne testi
- ESC testi

İniş Kontrol Alt Sistemi

28.06.21 – 13.08.21 tarihleri arasında mekanik ve uçuş yazılımı alt sistemi ekipleri ile beraber gerçekleştirilecektir.

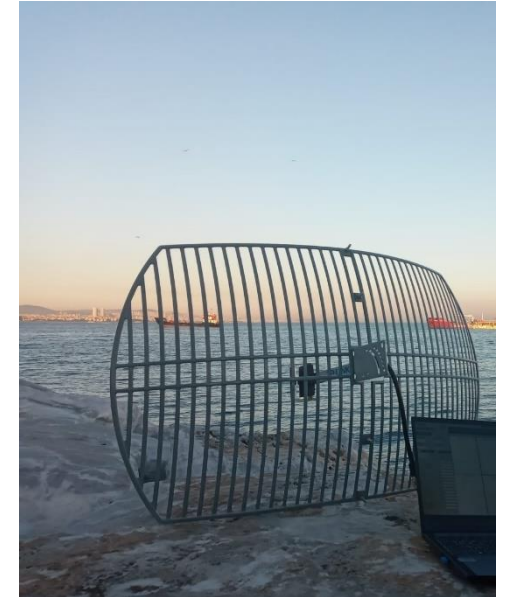
- Pasif İniş Sistemi Testi
- İtke Testi
- Aktif İniş Sistemi Testi
- Bonus Görev Testi

MESAFE TESTİ

Esp32 cam tarafından yayılan WIFI ağına uzak mesafeden bağlantı kurulabilmesi için TL-ANT2424B anteni kullanılarak test gerçekleştirilmiştir. Sırasıyla 500, 700 ve 1700 metrelerden telemetri verisi ve video aktarımı yapılır.

Test sonucunda sağlıklı verilerin alınıp alınmadığı kontrol edilir.

Test kısa, orta ve uzun mesafelerden başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir.



KOMUT GÖNDERME TESTİ

Yer istasyonu arayüzündeki butonlar kullanılarak komut gönderme işlemi gerçekleştirilmiştir. Alınan komutlar uçuş yazılımı alt sistemi tarafından işlenerek komutlar gerçekleştirilir.

Komut gönderme işlemi kısa, orta ve uzun mesafeden gerçekleştirilmiştir.

Arayüzden göndermiş olduğumuz komutlar başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir.

BUZZER

SERVO

ATEŞLE

VİDEO GÖNDER

PCB Testi

Model uyduda kullanacağımız devreleri üreterek PCB testi gerçekleştirilecektir.

PCB'de kısa devre olup olmadığı kontrol edilecektir. Eğer kısa devre varsa PCB tasarımı gözden geçirilerek test yeniden yapılacaktır.

PCB üretimi yapılmamıştır.

Test henüz yapılmamıştır.

Fünye Testi

İç direnci 4Ω olan fünyeden akım geçirilerek test edilecektir.

Bu test sonucunda farklı nem ve sıcaklık değerlerinde fünyenin iç direncinin değişmesi gözlemlenecektir. En kötü hava şartlarında bile fünyenin ateşlenebilir olması hedeflenmektedir.

Test başarıyla gerçekleştirilmiştir.

ESC Testi

ESC'nin normal sıcaklığın üstünde ve maksimum hızda uçuş süresinin üstünde çalıştırılarak verdiği tepkiler gözlemlenecektir.

Gözlemlene sonucunda ESC'nin uçuş boyunca karşılaşılabileceği sorunlar belirlenecek ve yazılımsal-donanımsal olarak önlemler alınacaktır.

Test başarısız olmuştur.

Sıcaklık kaynaklı hatalar için ESC'ye soğutucu blok takılıp, uçuş süresince ESC'nin ısınması önlenecektir.

Hız kaynaklı hatalar için ESC'yi %100'de çalıştırmak yerine, maksimum %80-%90 civarında sürekli çalıştırıp ihtiyaç anında anlık olarak %100 hızında çalıştırmayı hedeflemekteyiz.

Telemetri Verisi Testi

- Tüm sensörlerden telemetri paketi oluşturmak için gerekli veriler alınır ve hesaplamalar yapılarak telemetri paketi oluşturulur.
- Hesaplanan verilerin doğrulukları test edilir.

✓ Telemetri paketi oluşturulmuştur.



SD Karta Kaydetme Testi

- Arduino Nano'da oluşturulan telemetri paketi UART haberleşme ile ESP32 Cam modülüne aktarılır.
- ESP32 Cam modülüne gelen veriler ve kamera görüntüleri SD karta kaydedilir.

✓ SD karta kaydetme işlemi başarıyla gerçekleştirilmiştir.



Haberleşme Testi

- ESP32 Cam Wifi modülü aracılığıyla yer istasyonu ile haberleşme testi yapılır. Oluşturulan telemetri paketi ve kamera görüntüleri yakın, orta ve uzun mesafeden test edilir
- Bu testin sonucunda wifi ile haberleşmeyi sağlamış oluruz.

✓ Yer istasyonu ile haberleşme testi başarıyla gerçekleştirilmiştir.

Komut İşleme Testi

- Yer istasyonundan gelen komutların işlenip gerekli görevleri yerine getirmesi sağlanacaktır.
- Test sonucunda, algoritmadaki hataları tespit edip güncellenecektir.

✓ Komutlar başarılı bir şekilde alınmıştır.

Video Paketi Algoritması Testi

- Yer istasyonundan gönderilen video paketi uçuş yazılımında işlenerek SD karta kaydedilir.
- Ne kadar sürede kaydedildiğine bakılıp uçuş süresini aşmaması sağlanabilir.

✓ Video başarılı bir şekilde SD karta kaydedildi.

Ayrılma Algoritması Testi

- Ayrılma mekanizmasının algoritması yazılır. Ayrılma için servo motora ne kadar PWM sinyali gönderileceği test edilir.
 - Ayrılma için ideal PWM sinyali tespit edilmiş olur.
- ✓ Ayrılma algoritması testi tamamlanmıştır.

Görsel Takip Algoritması testi

- Ayrılma mekanizması çalıştıktan sonra elektronik alt sistemi ile fünyenin yanması için ne kadar güç verilmesi test edilecektir.
 - Ne kadar sürede kaydedildiğine bakılıp uçuş süresini aşmaması sağlanabilir.
- ✓ Sis kapsülü algoritmasının testi başarıyla gerçekleşmiştir.

Aktif İniş Algoritması Testi

- Görev yükü otonom bir şekilde 9m/s ile iniş yapabilmesi için aktif iniş sistemi motorunun alacağı PWM değeri hata oranına göre tasarlanır. Burada hata PID algoritması ile hesaplanır.
- Test sonucunda, hata miktarı en doğru sonuca ulaşılan kadar güncellenir.
- ✗ Aktif iniş algoritması henüz otonom bir şekilde çalışmamaktadır.
- Algoritma güncellenip tekrar test edilecektir.



Bonus Görev Algoritması

- Görev yükü 200 metre irtifada 10 saniye askıda kalacak şekilde irtifasını korumalıdır. Aktif iniş sisteminde olduğu gibi motorunun alacağı PWM değeri hata oranına göre tasarlanır.
- Test sonucunda, hata miktarı en doğru sonuca ulaşılan kadar güncellenir.
- ✗ Bonus görev algoritması henüz tasarlanmamıştır.
- Algoritma tasarlanıp test edilecektir.

WIFI Bağlantı Testi

Uçuş yazılımı alt sistem ekibi tarafından ESP32-Cam'de oluşturulan wifi adı ve şifre, login ekranındaki ilgili yerlere yazılarak WIFI bağlantı testi gerçekleştirilecektir.

Test sonucunda wifi ağına bağlanması hedeflenmektedir.

Yer istasyonu arayüzünden başarılı bir şekilde Esp32-Cam ağına bağlanılmıştır.

Örnek Data Testi

Uçuş yazılımı alt sistem ekibi tarafından hazırlanan örnek telemetri verileri Esp32-Cam ile yer istasyonuna iletilecektir.

Alınan verilerin arayüzde bulunan grafik ve textboxlarda gösterilmesi hedeflenmektedir.

Test başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir.

Sensör Verisi Testi

Sensör alt sisteminde bulunan BMP280 sensöründen alınan veriler Esp32-Cam aracılığıyla yer istasyonuna iletilecektir.

Alınan sensör verilerinin grafiklerde ve textboxlarda gerçek zamanlı olarak gösterilmesi hedeflenmektedir.

BMP280 sensöründen alınan veriler başarılı bir şekilde yer istasyonu arayüzünde gösterilmiştir.

Tümleşik Sensör Veri Testi

BMP280 ve BNO055 sensörlerinden alınan veriler yer istasyonuna iletilecektir.

Alınan sensör verilerinin grafiklerde ve textboxlarda gösterilmesi hedeflenmektedir.

Tümleşik sensör verileri testi sensörlere yeterli güç verilemediği için başarılı bir şekilde gerçekleştirilememiştir.

Sensörleri arduino yerine pilden besleyerek test tekrardan yapılacaktır.

3D Simülasyon Testi

Yer istasyonu arayüzünde bulunan butonlar kullanılarak wifi haberleşmesiyle komut gönderilecektir.

Esp32-Cam tarafından arayüzden alınan komutlar uçuş yazılımı alt sistemine iletilecektir.

Arayüzden komut gönderme testi başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir.

Komut Gönderme Testi

Yer istasyonu arayüzünde bulunan butonlar kullanılarak wifi haberleşmesiyle komut gönderilecektir.

Esp32-Cam tarafından arayüzden alınan komutlar uçuş yazılımı alt sistemine iletilecektir.

Arayüzden komut gönderme işlemi ilk aşamada başarısız olsa da daha sonrasında kodlarda yapılan revizeler sonucunda test başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir.

Harita Testi

Sensör alt sisteminde bulunan GPS sensöründen alınan veriler arayüze alınarak textboxlarda ve harita üzerinde işlenerek gösterilecektir.

Enlem ve boylam değerleri textboxlarda gösterilmiş olsa da harita başarılı bir şekilde çalıştırılamamıştır.

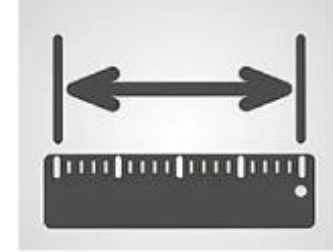
Sorun yer istasyonu yazılımından kaynaklanmaktadır. Çözümü için farklı bir kütüphane kullanılacaktır.

Anten Testi

Yer istasyonunda ve esp32 cam üzerinde bulunan harici antenlerin bağlantıları kurularak test edilecektir.

Yer istasyonunda bulunan yönlü anten, internet modülü ile esp32 cam üzerinde bulunan harici antenin arayüze veri akışını hızlandırması hedeflenmektedir.

Telemetri verileri arayüze alınarak anten testleri başarıyla gerçekleştirilmiştir.



Ağırlık Hesabı Testi

Mekanik alt sistemde öncelikle tüm uydunun ağırlığı hesaplanacaktır.

Ağırlık hesabının yapılması bazı mekanik aksamdaki bileşenlerin seçiminde rol oynayabileceğinden önemlidir.

Test sonucunda tüm komponentlerin ağırlıkları 700 ± 20 gr olacak şekilde hesaplanmıştır.

Sağlamlık Testi

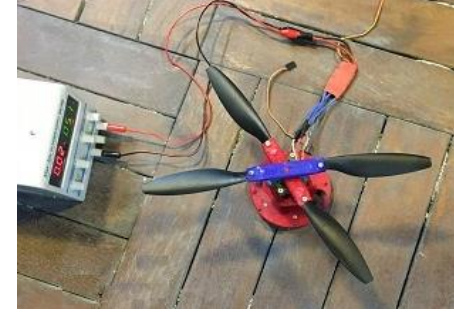
Mekanik alt sistemde seçilen bileşenlere (vida rulman dişli vs.) sağlamlık testi yapılacaktır.

Bu bileşenlere kuvvet uygulanarak mukavemetleri ölçülecektir. Mekanik tasarımda belirlenen bileşenlerin uçuş anında ve yere düştükten sonra alabilecekleri hasarlar belirlenecektir. Test sonucunda bileşenlerin zarar görmesi durumunda gerekli iyileştirmeler yapılacaktır. Test henüz yapılamamıştır.

Boyut Uygunluğu Testi

Mekanik bileşenlerin uzunlukları ölçülerek test edilecektir.

Mekanik alt sistemde seçilen vidaların ara bağlantı elemanlarının veya aktif inişinde bir parçası olan dişlilerin ve kanatların büyüklüğünün uydunun uçuşunda veya yarışma şartları açısından bir problem olmadığı garanti altına alınması için yapılacaktır. Test başarıyla gerçekleştirilmiştir.



Görsel Takip Sistemi Testi

Üretmiş olduğumuz dış ve iç kapsülde ısı yalıtımı yapılarak kimyasal karışımın iç kapsüle yerleştirilmesiyle yapılmıştır.

Bu testte görsel takip sisteminin minimum 30 saniye boyunca renkli duman çıkarması ve oluşan ısıya dayanması beklenmektedir.

Test sonucunda kimyasal karışım 43 saniye boyunca aralıksız yanmıştır. Kullanılan malzeme ısıya dayanmamıştır.

Kapsülde kullanılan malzeme ısıya daha dayanıklı olduğu için poliamid ile değiştirilecektir.

Ayrılma Mekanizması Testi

Ayrılma mekanizması kitlendikten sonra yer istasyonundan ayrılma komutu gönderilir. Dillerin içeri çekilmesi ve ayrılma süresi incelenir. Ardından ayrılma mekanizmasına yaklaşık 700 gr ağırlık eklenir test tekrarlanır.

Taşıyıcı ve görev yükünün takılmadan 1 saniye içinde ayrılması beklenir.

Aktif İniş Sistemi Testi

Dişli kutusu ve pervaneler üretilip montajlanmasıyla test edilecektir.

Aktif iniş sistemi testinde, dişli kutusu ve pervanelerin oluşan kuvvetlere karşı dayanım göstermesi hedeflenmektedir.

Test sırasında pervanelerin dönüşü ile oluşan kuvvete dişli kutusu dayanamayarak kırıldı.

Dişlilerde kullanılan malzeme daha dayanıklı malzeme olan poliamid ile değiştirilerek test tekrar edilecektir.

Pasif İniş Testi

Model uydu yüksek bir konumdan aşağı atılarak iniş hızı testi yapılacaktır.

Düşmesi sırasında iniş hızının 14 m/s olması, paraşütün açılması ve yere hasarsız bir şekilde inmesi test edilecektir.

✗ Yüksek bir yapıdan atılıp paraşütün açılıp açılmadığı test edilmiştir fakat görev yükü ile birleştirilip hız testi henüz yapılamamıştır.

Önce sensörler delikli pertinaks üzerinde birleştirilecek ve 700 gr ağırlık bağlanarak test edilecektir. Ardından görev yüküne entegre edilerek tekrar hız testi yapılacaktır.

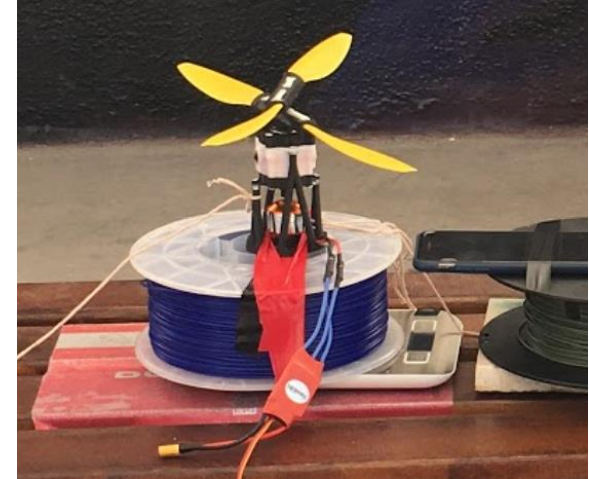


İtki Testi

Aktif iniş sistemi hassas terazi üzerine sabitlenerek çalıştırılmasıyla elde edilen itki değeri gözlemlenecektir.

Aktif iniş sisteminin uçuş süresince görev yükünü havada tutacak kadar itki üretmesi beklenmektedir.

✗ Test sırasında motor sürücü yandığı için test başarılı bir şekilde gerçekleştirilememiştir. Motor sürücü değiştirilerek test tekrar yapılacaktır.



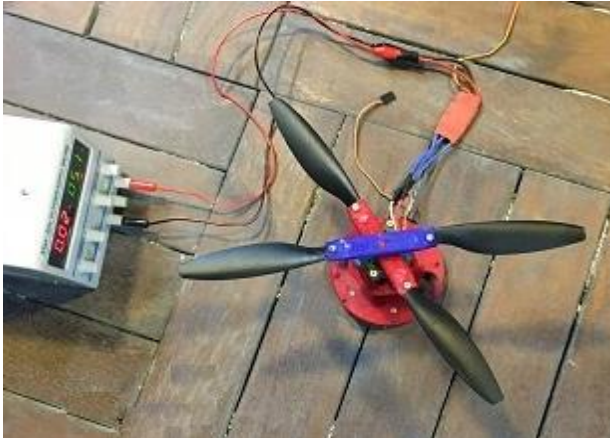
Aktif İniş Sistemi Testi

Aktif iniş sistemi testi için tasarlamış olduğumuz sistemde menteşeler, pervaneler ve dişli kutusunun üretilip çalıştırılmasıyla yapılacaktır.

Bu test sonucunda; pervanelerin taşıyıcıdan ayrıldıktan sonra açılması, dişli kutusunun yüksek hız değerlerine dayanıklı olması ve menteşelerin dönerken kırılmaması hedeflenmektedir.

Aynı zamanda bu testle görev yükünün otonom bir şekilde 9 m/s hız ile inip inmediği test edilecektir.

✗ Aktif iniş sistemi üretilmiştir fakat sistem itki testinde hasar gördüğü için tekrar üretilcektir. Testin başarısız olması durumunda ise bileşenlerin dayanıklı olması için tasarımda veya malzemede değişiklikler yapılarak test tekrar edilecektir.



Bonus Görev Testi

Önce itki testinde yeterli thrust alınması beklenmektedir ardından görev yükü yüksek bir konumdan aşağı atılarak iniş hızı testi yapılacaktır.

Otonom bir şekilde inmesi gereken görev yükü iniş hızını yavaşlatarak 200 metre irtifada 10 saniye askıda kalması hedeflenmektedir. Ardından 9 m/s hızla inmeye devam edecektir.

✗ İtki testi sırasında aktif iniş sisteminde bazı komponentler hasar aldığı için bu noktalarda daha dayanıklı olan poliamid malzeme kullanılarak test edilecektir.

Haberleşme Testi

- Sensörlerden yakın mesafe, orta mesafe ve uzak mesafeden doğru bir şekilde veri alma testi yapılacaktır.
- Komutların yakın mesafe, orta mesafe ve uzak mesafede istenilen şekilde gidip gitmediği test edilecektir.

Mekanizma Testi

- Bağlantı noktalarının sağlamlığı test edilecektir.
- Tasarlanan mekanizmalar birbirine monte edilerek doğru bir şekilde oturup oturmadığı test edilir.

Ayrılma Testi

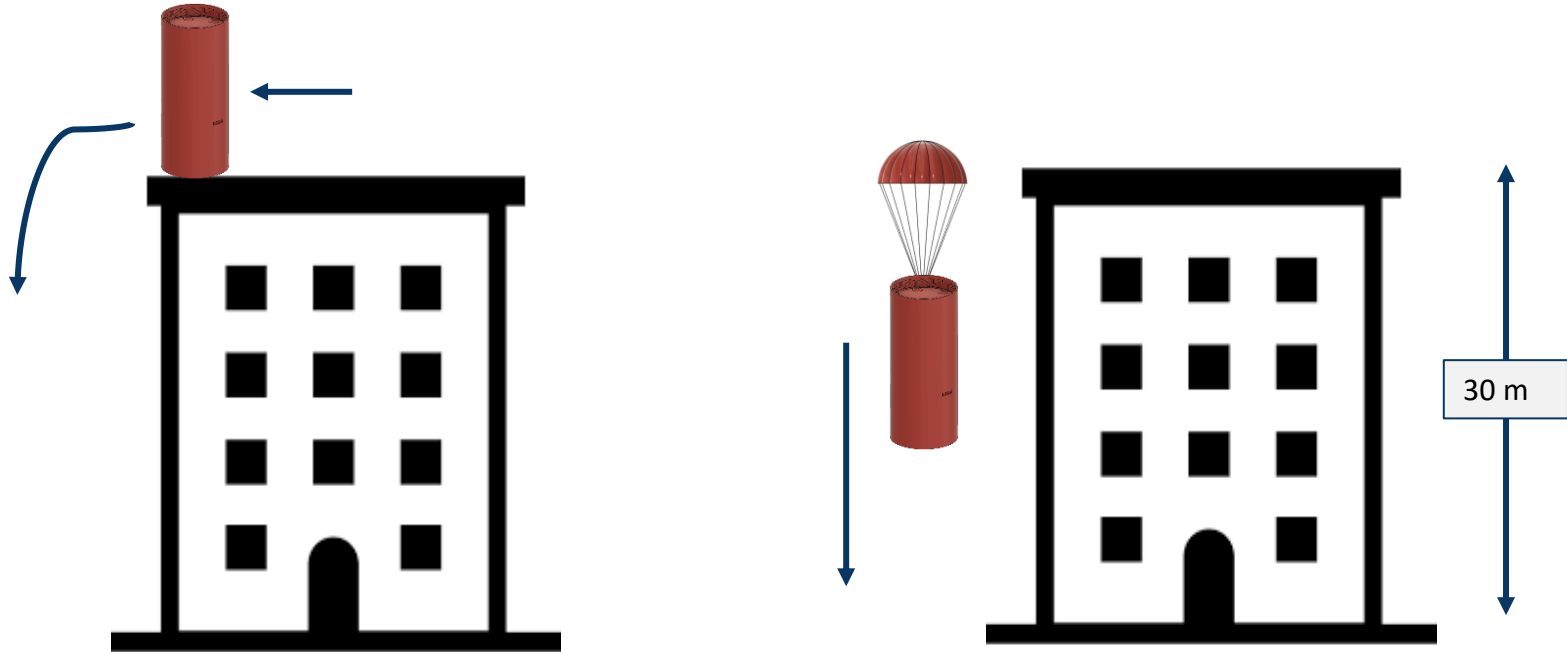
- Görev yükü taşıyıcının içine yerleştirilir.
- Yer istasyonundan ayrılma komutu gönderilir.
- Belirli bir yükseklikte sabit bir şekilde bir kişi tarafından tutulan model uydudan görev yükünün ayrılıp ayrılmadığı test edilir.

Aktif İniş Sistemi Testi

- Model uydu, dikey bir şekilde hareket edebileceği kızaklı test mekanizmasına yerleştirilecektir. Bu mekanizmaya dana göz rulman ile bağlandığı için serbest hareket edebilecektir. Uydu 3 metrelik kızakta en tepeden bırakıldığında düşme hızı test edilecek ve istenilen hızda düşmesi için PID kontrol katsayıları kalibre edilecektir.

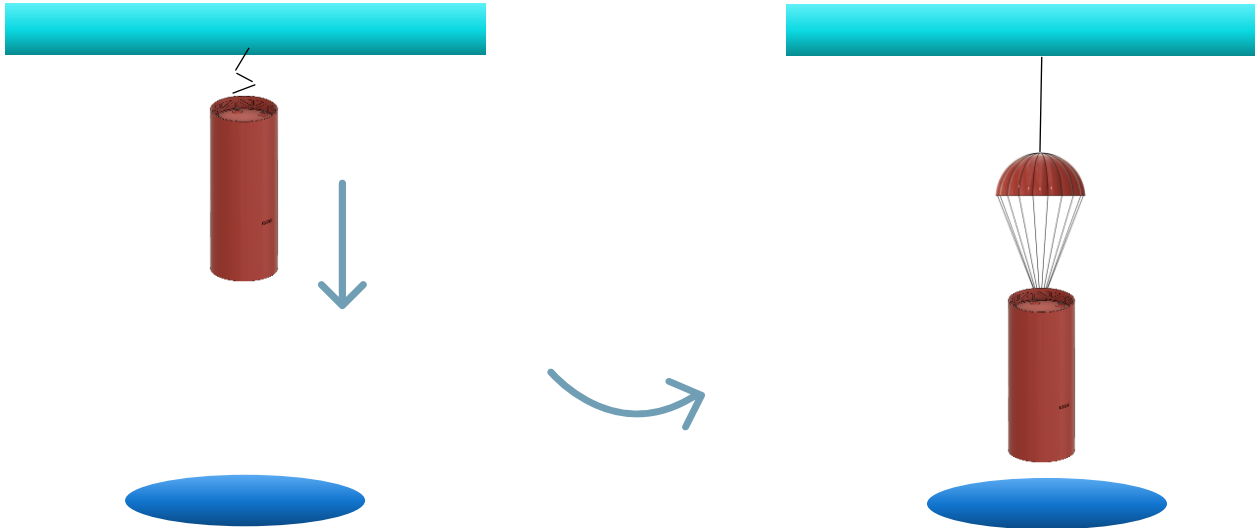
Düşme Testi

- Model Uydu, belirli bir yükseklikten serbest bırakılır.
- Test sonucunda görev yükünün ve model uydunun iniş hızları tespit edilir. Paraşütün açılması gözlemlenir.
- Testin başarısız olması durumunda üretimden ya da hesaplamalardan kaynaklı ortaya çıkabilecek hatalar düzeltilecektir.



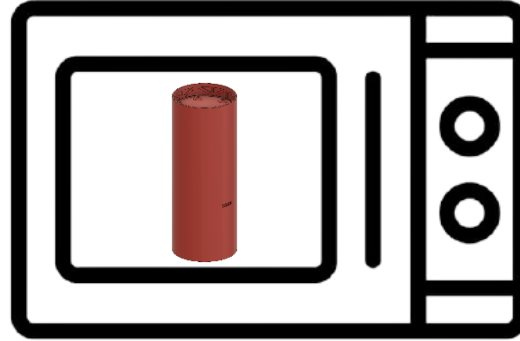
Şok Testi

- Model uydu belirli uzunluktaki bir ipin ucuna bağlanarak ani bir şekilde serbest bırakılacaktır.
- Test sonucunda model uydunun ani bir şekilde düştüğünde dayanabileceği maksimum şok kuvveti gözlemlenecektir.
- Aynı zamanda model uydunun ani bir şekilde hızlanması sonucunda alacağı hasarlar gözlemlenecektir.
- Testin başarısız olması durumunda model uydunun dayanım noktalarında (menteşeler, dişli kutusu milleri vs.) bulunan komponentlerde malzeme değişikliği yapılacaktır.



Termal Test

- Termal test model uydu ve taşıyıcının yüksek sıcaklığa maruz kalmaları durumundaki dayanıklılıklarını gözlemlemek için yapılacaktır.
- Test model uydunun endüstriyel fırına yerleştirilip yaklaşık 50 dereceye kadar ısıtılmasıyla yapılacaktır.
- Test sonucunda model uydu ve taşıyıcı malzemelerinin, elektronik bileşenlerin sağlamlığına bakılacaktır.
- Başarısız olması durumunda malzemelerde değişiklikler yapılacaktır.



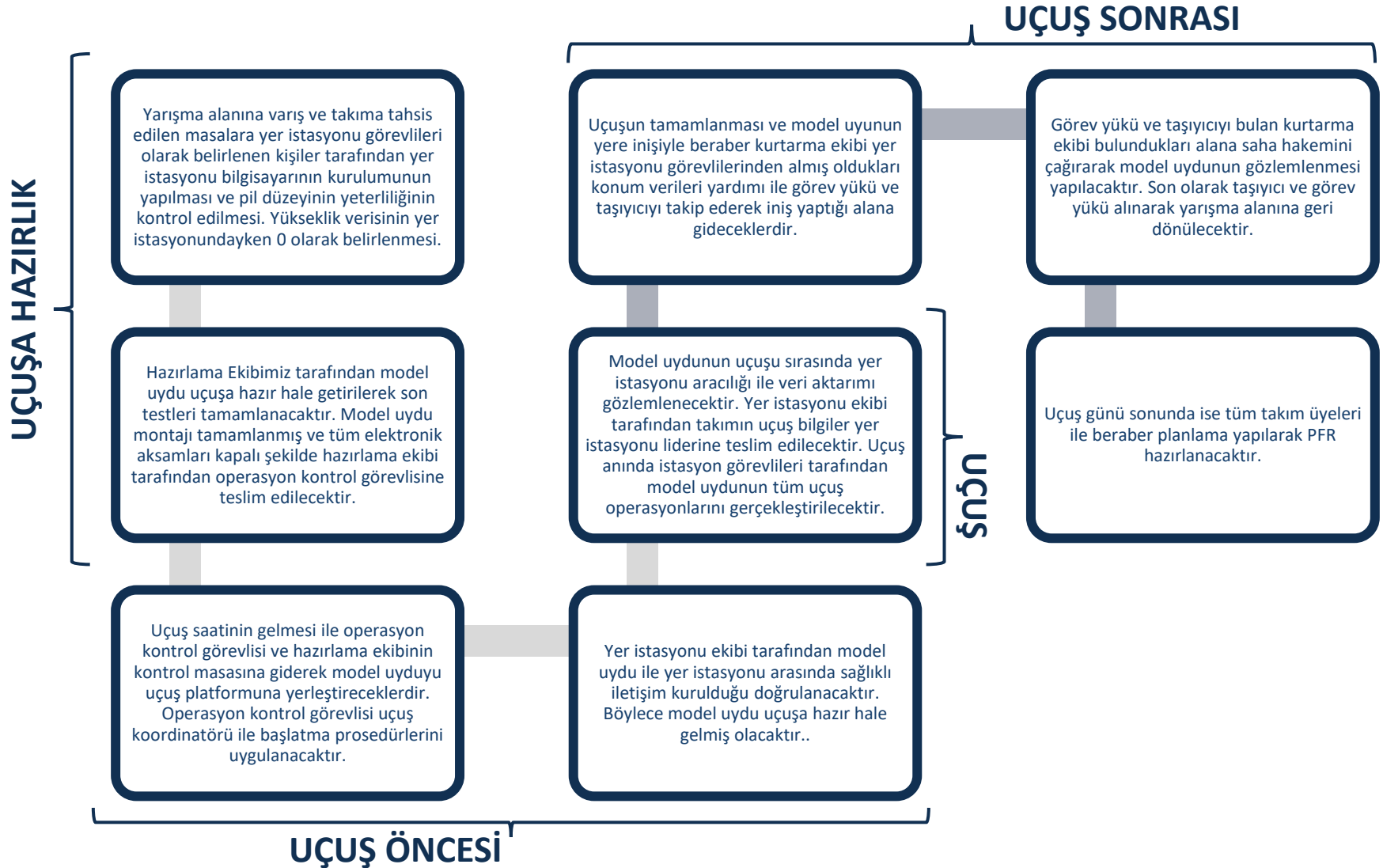
Titreşim Testi

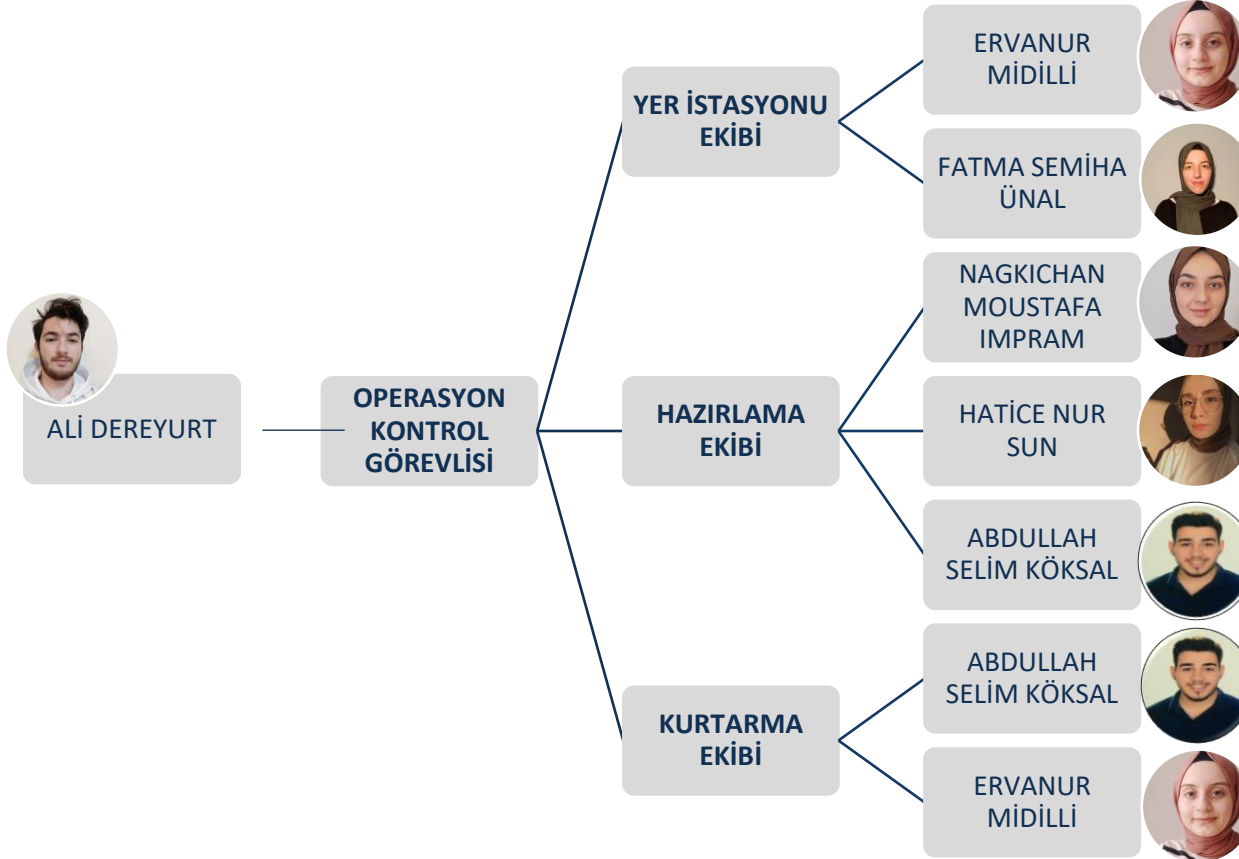
- Titreşim testi yapılarak model uydunun tüm bileşenlerinin doğru bir şekilde monte edilip edilmediği kontrol edilecektir.
- Bu test model uydunun orbital zımpara aletinin ucuna takılarak belirli bir titreşime maruz bırakılmasıyla yapılacaktır.
- Sarsılan model uydudan doğru veri alınıp alınmadığı kontrol edilecektir.
- Test sonucunda elektronik bileşenlerin montajı kontrol edilecektir. Hatalı veri alınan sensörler tespit edilip konumunda ya da montajında gerekli değişiklikler yapılacaktır.



Görev Operasyonu ve Analizler

Ervanur MİDİLLİ





ALİ DEREYURT: Uçuş günü operasyonu yürütmekle ve kontrol etmekle görevli olacaktır.

ERVANUR MİDİLLİ: Yer istasyonu bilgisayarının kontrolü ve uydu ile iletişiminden sorumlu olacaktır.

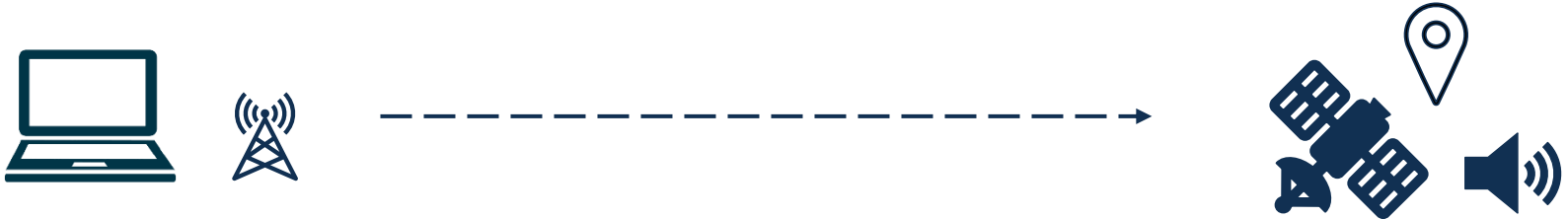
FATMA SEMİHA ÜNAL: Yer istasyonunda ve uçuş sonrasında model uyduyu kurtarmada görev alacaktır.

ABDULLAH SELİM KÖKSAL: Model uydunun uçuşa hazır olacak şekilde montajının tamamlanmasından ve uçuş sonrasında kurtarmadan sorumludur.

NAGKICHAN MOUSTAFA IMPRAM: Uçuş öncesi model uyduda son kontrolleri yerine getirmede görevli olacaktır.

HATİCE NUR SUN: Model uyduyu atışa hazırlamakta ve uçuş sonrasında ise yer istasyonu ekibinden aldığı konum verilerine göre uyduyu bulma görevinde olacaktır.

- Üretimi yapılan görev yükü ve taşıyıcının üzerinde takım numarası ve ismi bulunacaktır.
- Görev yükünün uçuşunu tamamlayarak yere inmesi ile beraber sesli ikaz sistemi aktif hale gelerek kurtarma ekibine kolaylık sağlanacaktır.
- Görev yükünün yer istasyondaki arayüzde gözlemlenen enlem ve boylam değerleri kullanılarak görev yükünün iniş yaptığı konum belirlenerek kurtarma çalışmaları başlatılacaktır.



İsterlerin Uyum

Nagkichan MOUSTAFA IMPRAM

Fatma Semiha ÜNAL

Tasarlamış olduğumuz model uyduda 36 uyumlu ister 1 tane kısmi uyumlu ister bulunmaktadır. Kısmi uyumlu ister üzerindeki çalışmalarımız devam etmektedir.

UYUMLU	KİSMİ UYUMLU	UYUMSUZ
36	1	0

İsterler	Uyumlu/ Uyumsuz / Kısmi Uyumlu	Uyumu Gösteren referans slaytlar	Takım Yorumları
Model uydu, taşıyıcı ve görev yükü olmak üzere iki kısımdan oluşmalıdır.		29,30,31	
Model uydunun ağırlığı 700 +/- 20 gr olmalıdır.		94, 95, 96, 97, 98	
Model uydu; 280 mm yükseklik ve 113 mm çap ölçülerinde, silindirik yapıda tasarlanmalıdır.		38	
Taşıyıcı, hiçbir yere ilişmeyecek/takılmayacak şekilde tasarlanmalı ve görev yükünü koruyacak yapıda üretilmelidir.		29,30,72	
400 metre yüksekliğe kadar, model uydu (taşıyıcı + görev yükü) pasif iniş sistemiyle 10-14 m/s hızla inmelidir.		54, 64	
400 (+/- 10) metre yükseklikte taşıyıcı ile görev yükü bir mekanizma ile otonom olarak ayrılmalıdır.		90,91,92,93	
Ayrılma mekanizması için patlayıcılar ve kimyasallar kullanılmamalıdır.		90,91,92,93	
Ayrılmadan sonra görev yükü, aktif bir iniş sistemi ile 8-10 m/s hızla yere inmelidir.		65	
Görev yükü taşıyıcıdan ayrıldıktan sonra 200 (+/- 50) m aralığında 10 saniye askıda kalarak irtifasını sabitlemelidir. Belirtilen sürenin ardından 8 - 10 m/s hızla inişine devam etmelidir.		69, 70	
Aktif İniş Sistemi: Motora bağlı pervanenin bir bütün olarak rotoru oluşturduğu auto-gyro ile ivmeölçer kontrollü iniş sistemidir.		61, 62	
Model uydu, bağlantı elemanları ve ekipmanları 10 G şoka dayanacak şekilde seçilmeli veya tasarlanmalıdır.		74, 86, 87	

İsterler	Uyumlu/ Uyumsuz / Kısmi Uyumlu	Uyumu Gösteren referans slaytlar	Takım Yorumları
Bütün elektronik donanımlar ve birleşecek mekanik parçalar; konnektör, vida ve yüksek performanslı yapıştırıcılar gibi uygun birleştiriciler kullanılıp sabitlenerek monte edilmelidir.		32, 121	
Model uydunun hasarsız bir şekilde yere inmesi sağlanmalıdır. (Model uydunun yere inişe 20 metre kala hızı yavaşlatılabilir.)		54	.
Görev yükü uçuş süresince; sıcaklık, basınç, yükseklik, iniş hızı, konum, pil gerilimi ve eksen verilerini toplamalıdır. (Uçuş gününe katılacak takımların sensörlerde yedekli çalışması önerilir.)		43,44,45,46,47	
Model uydu ölçtüğü verileri, sürekli bir şekilde ve verilen telemetri formatına uygun paketler halinde yer istasyonuna her saniye (1 Hz) göndermelidir.		113, 114, 115	
Telemetri paketi, görev zamanını içermelidir. Görev süresince, işlemcinin yeniden başlaması durumunda bile zaman verisi korunmalıdır.		108, 142	
Uçuş yazılımı, gönderilen paketlerin sayısını muhafaza etmeli ve 1'den başlayarak her paket iletiminde sayıyı bir artırmalıdır. Eğer işlemci yeniden başlarsa paket sayısı kaldığı yerden devam etmelidir.		140, 142	
Telemetri verileri aynı zamanda uydu içinde yer alan bir SD karta da yazdırılmalıdır.		107, 140	
Görev yükü üzerinde, yere bakan bir kamera olmalıdır. Kamera görüntüleri tüm uçuş süresince bir SD karta video olarak kayıt edilmelidir.		48, 116, 117	

İsterler	Uyumlu/ Uyumsuz / Kısmi Uyumlu	Uyumu Gösteren referans slaytlar	Takım Yorumları
Kamerası yeryüzüne bakan model uydu, görev süresince (sistem çalışmaya başladığı andan itibaren) video görüntüsünü yer istasyonuna göndermelidir.		48, 117,	
Alkalın, Ni-MH, Lityum İon veya Lityum polimer piller kullanılabilir.		128	
Seçilecek pil, sistemin 1 saatlik süre boyunca çalışmasına yeterli olmalıdır. Bu süreye sadece haberleşme ve sensör alt sistemleri dahil olup aktif iniş sistemi dahil değildir.		130, 131	
Video Aktarımı: TÜRKİSAT tarafından sağlanan 1 MB'lık .mp4, .avi vb formatında bir video paketi, yer istasyonu arayüzünden uçuş anındaki model uyduya gönderilerek görev yükü üzerindeki SD karta kaydedilmelidir. Gönderim tamamlandıktan sonra, yer istasyonunda telemetri verisiyle video aktarım bilgisi gösterilmelidir.		116, 117	
Ayrılmama durumunda, yer istasyonundan gönderilen komutla ayrılma gerçekleştirilmelidir.		141, 155	
Görev yükünün açma kapama düğmesi olmalıdır. Bu düğme; görev yükü taşıyıcının içindeyken bile erişilebilecek şekilde tasarlanmalıdır		127	
Elektronik donanımların montajı mekanik aksama sabitlenerek yapılmalıdır. Elektronik devrede temassızlığa veya çıkmaya sebep olacak bağlantı elemanları kullanılmamalıdır.		121	

İsterler	Uyumlu/ Uyumsuz / Kısmi Uyumlu	Uyumu Gösteren referans slaytlar	Takım Yorumları
Görev yükü yere hasarsız şekilde indikten sonra en az 1 dakika boyunca telemetri ve görüntü yayınına devam etmelidir. Telemetri paketindeki konum bilgisi ile uydunun yeri tespit edilebilmelidir.		140	
Görev yükü yere indiğinde, kurtarma ekibi tarafından bulunana kadar sesli ikaz vermelidir.		140	
Her takım kendi yer istasyonunu geliştirmelidir. Yer istasyonu arayüzü tek bir sayfa halinde olmalıdır.		149, 155, 156	
Telemetri verilerini ve görüntüyü yer istasyonuna göndermek için kablosuz haberleşme modülleri kullanılmalıdır.		109, 110, 111	
Yer istasyonu arayüzünde görev yükünden gelen telemetri verileri gerçek zamanlı olarak gösterilmelidir.		149, 155	
Yer istasyonu yazılımında, görev yükünden gelen telemetri verileri kaydedilmeli ve zamana bağlı grafikleri doğru mühendislik birimleriyle gerçek zamanlı olarak çizdirilmelidir.		149, 155, 156	
Video, yer istasyonunda gerçek zamanlı olarak izlenmeli ve yer istasyonuna kayıt edilmelidir		116, 117, 155	Kaydetme işlemleri için araştırmalar devam etmektedir.
Yer istasyonu yazılımının çalıştırılacağı bilgisayarın en az iki saatlik bataryası dolu olmalıdır.		149	

İsterler	Uyumlu/ Uyumsuz / Kısmi Uyumlu	Uyumu Gösteren referans slaytlar	Takım Yorumları
Görev yükü üzerinde bulunan gyro sensörü, yer istasyonu arayüzünde model uydunun duruş bilgisini en az bir düzlemde (x-y) 2 boyutlu olarak simüle edecektir.		47, 156	
Pasif iniş sistemi ile inen taşıyıcının paraşüt rengi ise turuncu veya kırmızı olmalıdır.		54	
Sis Kapsülü (Renkli Duman): Görev yükü taşıyıcıdan ayrıldıktan sonra, görev yükünün görünürlüğünü artırarak atmosferde takibinin net bir şekilde yapılması için sis kapsülü eklenmelidir. Dumanın rengi için kırmızı, turuncu, yeşil veya mor tercih edilmelidir.		49, 50 ,51	

Yönetim

Ali DEREYURT

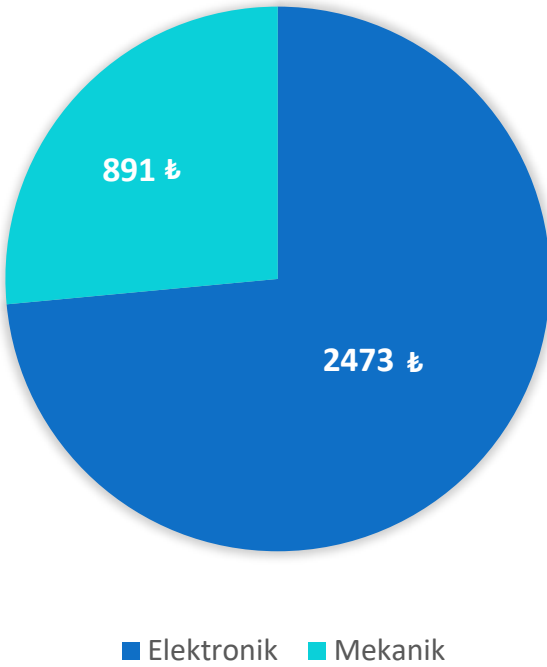
Elektronik Bileşenler

BİLEŞEN ADI	SİPARİŞ TARİHİ	TESLİM ALMA TARİHİ	ADET	BİRİM FİYATI	TOPLAM	MALİYET TİPİ
BNO055	18.03.2021	27.04.2021	2	370 ₺	740 ₺	Kesin
NEOM8N	18.03.2021	27.04.2021	2	251 ₺	502 ₺	Kesin
BMP280	19.12.2020	20.12.2020	2	20 ₺	40 ₺	Kesin
Arduino Nano	-	-	2	25 ₺	50 ₺	Kesin
Esp32-Cam	18.03.2021	27.04.2021	4	100 ₺	400 ₺	Kesin
ESC30A	18.03.2021	27.04.2021	2	44 ₺	88 ₺	Kesin
LİPO PİL	28.04.2021	-	3	91 ₺	273 ₺	Kesin
Buzzer	07.03.2021	07.03.2021	2	0.5 ₺	1 ₺	Kesin
Transistör	-	-	2	1 ₺	2 ₺	Kesin
3.3 V Regülatör	-	-	3	40 ₺	120 ₺	Kesin
5 V Regülatör	-	-	3	35 ₺	105 ₺	Kesin
Servo Motor	-	-	2	25 ₺	50 ₺	Kesin
LDR	-	-	2	1 ₺	2 ₺	Kesin
A2212 10T 1400KV	18.03.2021	27.04.2021	2	50 ₺	100 ₺	Kesin

Elektronik Toplam Maliyet: 2473 ₺

Mekanik Bileşenler						
BİLEŞEN ADI	SİPARİŞ TARİHİ	TESLİM ALMA TARİHİ	ADET	BİRİM FİYATI	TOPLAM	MALİYET TİPİ
Yay Seti	20.04.2021	22.04.2021	1	102 ₺	102 ₺	Kesin
M2 Vida Seti	-	-	1	124 ₺	124 ₺	Kesin
M3 Plastik Distans Seti	-	-	1	60 ₺	60 ₺	Kesin
M2 Setskur	-	-	10	1 ₺	10 ₺	Kesin
M3 Metal Distans Seti	-	-	1	43 ₺	43 ₺	Kesin
Pervane	18.03.2021	27.04.2021	3	14 ₺	42 ₺	Kesin
Kalıp Silikon	27.04.2021	27.04.2021	1	120 ₺	120 ₺	Kesin
Esun PLA+ Filament	26.02.2021	01.03.2021	3	130 ₺	390 ₺	Kesin
Mekanik Toplam Maliyeti: 891 ₺						

MODEL UYDU BÜTÇESİ



Mekanik	891 ₺
Elektronik	2473 ₺
Toplam Maliyet:	3364 ₺

Yer İstasyonu						
BİLEŞEN ADI	SİPARİŞ TARİHİ	TESLİM ALMA TARİHİ	ADET	BİRİM FİYATI	TOPLAM	MALİYET TİPİ
TL-ANT2424B	10.06.2020	10.06.2020	1	350 ₺	350 ₺	Kesin
Yer İstasyonu Toplam Maliyeti: 350 ₺						

Model Uydu Bütçesi	3364 ₺
Yer İstasyonu	350 ₺
Toplam Maliyet:	3714 ₺

Diğer Masraflar			
BİLEŞEN ADI	ADET	TOPLAM	MALİYET TİPİ
Prototipler	-	Sponsorluk	-
Test tesisleri ve ekipmanları	-	Sponsorluk	-
Seyahat	-	1800 ₺	Tahmini
Instagantt	-	80 \$	Kesin
Diğer Masraflar Toplam Maliyeti: 2495,5 ₺			

Döviz Kurları		
Ad	USD	TRY
USD	1	8,69
TRY	0,12	1

Gelirler	
Sponsor	
Beyoğlu Belediyesi	



Tamamlanan İşler



- Mekanik Alt Sistemde prototip düzeyde aktif iniş sistemi, görsel takip sistemi ve ayrılma mekanizmaları üretilmiştir.
- Uçuş yazılımında sensör yazılımları tamamlanmıştır. Telemetri paketi oluşturulmuştur. Telemetri verileri ve video paketini SD karta kaydetme işlemi gerçekleştirilmiştir. Sis kapsülü ve ayrılma algoritması tamamlanmıştır.
- Yer istasyonu haberleşme testi yapılmıştır. Yer istasyonundan komutlar başarılı bir şekilde alınıp işlenmiştir. Yer istasyonundan video gönderme işlemi gerçekleştirildi. Yer istasyonunda canlı video görüntülendi.
- Elektrik alt sistemde pcb şeması çizimi yapıldı.

Tamamlanmayan İşler



- Uçuş yazılımında bonus görev ve aktif iniş algoritma çalışmaları devam etmektedir.
- Yer istasyonunda haritadan konum verisi alma ve canlı video paketinin SD karta kaydedilme işlemi yapılamamıştır.
- Elektrik alt sistemde pcb üretimi yapılmamıştır.
- Mekanik alt sisteminde aktif iniş sistemi için thrust test yapılamamıştır. Raporun tesliminden sonra test tekrar edilecektir.

Planlanan bazı işler pandemiden dolayı getirilen yasaklar sebebiyle tamamlanamamıştır. Malzeme temini ve prototip üretiminde planın gerisinde kalınmıştır. Mekanik alt sistem, elektronik alt sistem ve uçuş yazılımında planın ilerisinde işler bitirilmiştir.