

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

TÜRKSAT

Model Uydu Yarışması 2021

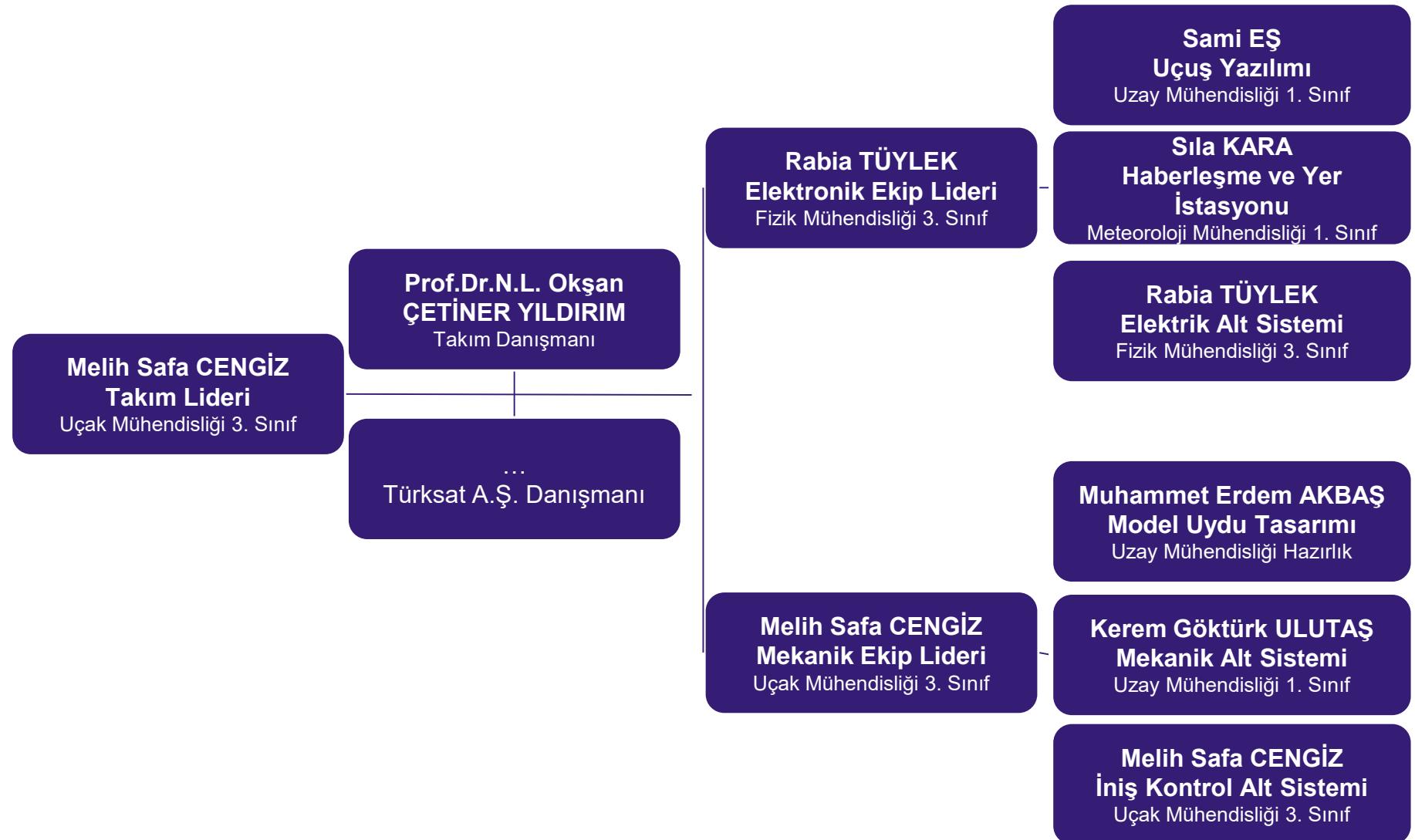
Kritik Tasarım İnceleme Raporu

Critical Design Review (CDR)

Versiyon 1.1

56727
İTÜ APiS AR-GE 10B

Bölüm	Hazırlayan	Alt Başlıklar	Sayfa No
<u>Sisteme Genel Bakış</u>	Muhammet Erdem AKBAS	<u>GÖ - PSYD- SİÖ - MUT - SKİ - FT- GHMUU</u>	6-29
<u>Sensör Alt Sisteminin Tasarımı</u>	Rabia TÜYLEK	<u>SASGB - PSYASD -SASI - GAÖT - BSÖT - SSÖT - PGSÖT - AGSÖT - KÖT- GTS</u>	30-45
<u>İniş Kontrol Sisteminin Tasarımı</u>	Melih Safa CENGİZ	<u>İKSGB- PSYSD- İKSİ - TİKS - GYİKS - İHH - BG</u>	46-62
<u>Mekanik Alt Sisteminin Tasarımı</u>	Kerem Göktürk ULUTAŞ	<u>MASGB - PSYASD- MASI - GYMKBD - GYİMS - TMKBD - TİMS - TGYAM- KB</u>	63-82
<u>Haberleşme ve Veri İşleme Alt Sisteminin Tasarımı</u>	Sıla KARA	<u>HAVİGB -PSYASD- HAVİĞİ - İST - HBST - GZS - KHK - GYABT - TF- VA</u>	83-111
<u>Elektrik Alt Sisteminin Tasarımı</u>	Rabia TÜYLEK	<u>EASGB- PSYASD- EASI - EBŞ - GYBÖT - GB - PGÖY</u>	112-129
<u>Uçuş Yazılımı Tasarımı</u>	Sami EŞ	<u>UYGB -PSYASD- UYGİ - UYDD - YGP</u>	130-145
<u>Yer İstasyonu Tasarımı</u>	Sıla KARA	<u>YİGB - PSYASD- YİG - YİAT - YİY</u>	146-162
<u>Model Uydunun Entegrasyonu ve Testi</u>	Melih Safa CENGİZ	<u>MUBATGB- ASSTPGB -HAVİASTP- EASTP - UYASTP- YİASTP-MASTP-İKASTP- SSTP - CTP</u>	163-175
<u>Görev Operasyonu ve Analizler</u>	Muhammet Erdem AKBAS	<u>OGSGB - MUKTKO</u>	176-180
<u>İsterlerin Uyumu</u>	Kerem Göktürk ULUTAŞ	<u>İUGB - İU</u>	181-190
<u>Yönetim</u>	Melih Safa CENGİZ	<u>MUB - DM - PT - SO</u>	191-203



A	Analiz	GTS	Görev Takip Sistemi
AGSST	Auto-Gyro Sensör Seçimi ve Temini	GYABT	Görev Yükü'nün Anteninin Belirlenmesi ve Temini
ASSTPGB	Alt Sistem Seviyesi Test Planı Genel Bakış	GYBÖT	Görev Yükü'nün Bataryasının Özellikleri ve Temini
BG	Bonus Görev	GYİKS	Görev Yükü İniş Kontrol Stratejisi
BSÖT	Basınç Sensörünün Özellikleri ve Temini	GYMKBD	Görev Yükü'nün Mekanik Komponentlerinin Özellikleri ve Düzeni
ÇTP	Çevresel Testlerin Planı	HAVİASP	Haberleşme ve Veri İşleme Alt Sistem Test Planı
DM	Diğer Masraflar	HAVİG	Haberleşme ve Veri İşleme Gereksinimleri
EASI	Elektrik Alt Sistem İsterleri	HAVİİ	Haberleşme ve Veri İşleme İsterleri
EASG	Elektrik Alt Sistemin Gereksinimleri	HAVİGB	Haberleşme ve Veri İşleme Genel Bakış
EASGB	Elektrik Alt Sistemine Genel Bakış	HBST	Hafıza Birimi Seçimi ve Temini
EBŞ	Elektrik Blok Şeması	İHH	İniş Hızı Hesaplamaları
ESTP	Ekipman Seviyesi Test Planı	İKASG	İniş Kontrol Alt Sisteminin Gereksinimleri
FT	Fiziksel Tasarım	İKSI	İniş Kontrol Sistem İsterleri
GAÖT	GPS Alıcısının Özellikleri ve Temini	İKSGB	İniş Kontrol Sistemine Genel Bakış
GB	Güç Bütçesi	İST	İşlemci Seçimi ve Temini
GHMUU	Göreve Hazır Model Uydu'nun Uyumluluğu	KB	Kütle Bütçesi
GÖ	Görev Özeti	KHK	Kablosuz Haberleşme Konfigürasyonu
GZS	Gerçek Zamanlı Saat	KST	Kamera Seçimi ve Temini

M	Muayene	SSBT	Sıcaklık Sensörünün Belirlenmesi ve Temini
MASG	Mekanik Alt Sisteminin Gereksinimleri	SSTP	Sistem Seviyesi Test Planı
MASGB	Mekanik Alt Sistemine Genel Bakış	T	Test
MUB	Model Uydu Bütçesi	TF	Telemetri Formatı
MUBATGB	Model Uydu'nun Birleştirme Aşamalarına ve Testlerine Genel Bakış	TGG	Tasarım Gözden Geçirme
MUKTKO	Model Uydu'nun Konumunun Tespiti ve Kurtarma Operasyonu	TGYAM	Taşıyıcı ile Görev Yükü Ayrılma Mekanizması
MUT	Model Uydu Tasarımının	TİKS	Taşıyıcı İniş Kontrol Stratejisi
OGSGB	Olayların Görev Sırasına Genel Bakış	TİMS	Taşıyıcı için Malzeme Seçimleri
PGSBT	Pil Gerilim Sensörünün Belirlenmesi ve Temini	UYDD	Uçuş Yazılımı Durum Diyagramı
PGÖY	Pil Geriliminin Ölçüm Yöntemi	UYG	Uçuş Yazılımının Gereksinimleri
PT	Proje Takvimi	UYGB	Uçuş Yazılımına Genel Bakış
Sİ	Sistem İsterleri	VA	Video Aktarımı
SO	Sonuçlar	YGP	Yazılım Geliştirme Planı
SASG	Sensör Alt Sisteminin Gereksinimleri	YİABT	Yer İstasyonu Anteninin Belirlenmesi ve Temini
SASGB	Sensör Alt Sistemine Genel Bakış	YİG	Yer İstasyonu Gereksinimleri
SİÖ	Sistem İsterlerinin Özeti	YİGB	Yer İstasyonuna Genel Bakış
SKI	Sistem Konseptinin İşleyışı	YİY	Yer İstasyonu Yazılımı
İKASTP	İniş Kontrol Alt Sistem Test Planı	MTASTP	Mekanik Tasarım Alt Sistem Test Planı
EASTP	Elektrik Alt Sistem Test Planı		
UYASTP	Uçuş Yazılımı Alt Sistem Test Planı		
YİASTP	Yer İstasyonu Alt Sistemi Test Planı		

Sisteme Genel Bakış

Muhammet Erdem AKBAŞ

SPONSORLARIMIZ



İTÜ



Türksat Model Uydu Yarışmasında İstanbul Teknik Üniversitesi, ve Bulut Makina sponsorlarımız olacaktır.

ATÖLYEMİZ



Takımımız çalışmalarını İTÜ Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesindeki atölyede gerçekleştirmektedir.



Apis AR&GE Model Uydu Takımı'nın asıl amacı, Ülkemizin uydu sektöründe tam bağımsızlığını kazanması ve bu alanda dünyadaki sayılı ülkelerden biri olabilmesi adına, halihazırda devam eden CubeSat projemiz, CanSat ve Türksat yarışmaları aracılığıyla tecrübecli, uyduculuk alanında sistem mühendisliğinin temellerini kavrayabilmiş mühendis adayları yetiştirmektir. Aynı zamanda düzenlemiş olduğu ancak pandemi sebebiyle bu sene ara verilen Apis Liseler Arası Model Uydu Yarışması aracılığıyla da uyduculuk sevgi ve bilincinin Türk Gençliği'ne kazandırılması takımımızın ana amaçlarındandır. Takımımızdan yetişmiş azimli mühendisleri ülkemizin bağımsızlığında çok kritik öneme sahip olan uydu teknolojileri alanında yetiştirmenin, ülkemize verebileceğimiz en büyük armağan ve vefa borcumuz olarak görüyoruz.

2021 Türksat Model Uydu Yarışmasında, 700-500 metre irtifadan serbest bırakılacak olan Model Uydu'nun, 400 metrede Taşıyıcı'dan ayrılarak aktif iniş sistemi vasıtasıyla inişine devam etmesi, ardından 200 metrede irtifasını belirli süreliğine sabitlemesi, irtifa sabitleme görevini tamamlayan Model Uydu'nun aktif iniş sistemi vasıtasıyla inişine devam etmesi ve başarılı bir iniş gerçekleştirmesi beklenmektedir. Model Uydu inişi boyunca veri alışverişi yaparak bu verileri yer istasyonuna aktaracak, aynı zamanda canlı görüntü aktarımı yapacaktır.

Görevler:

- Model Uydu, Taşıyıcı ve Görev Yükü olmak üzere iki kısımdan oluşacaktır.
- 500-700 metre arasındaki bir yükseklikten serbest bırakılacak olan Model Uydu (Taşıyıcı + Görev Yükü) 400(+/- 10) metreye kadar 10-14 m/s arasında bir hızla pasif olarak iniş yapacaktır.
- 400 metrede Taşıyıcı ile Görev Yükü ayrılma mekanizmasıyla otonom olarak ayrılacaktır.
- Eğer ayrılma otonom olarak gerçekleşmezse yer istasyonundan gönderilecek olan bir komutla ayrılma gerçekleştirilecektir.
- Taşıyıcı'dan ayrılan Görev Yükü aktif iniş sistemiyle 8-10 m/s arasında bir hızla inişine devam edecektir.
- Görev yükü 200(+/- 50) metre aralığında 10 saniyede askıda kalarak irtifasını sabitleyecek, ardından 8–10 m/s hızla aktif iniş sistemiyle inişine devam edecektir.
- Görev Yükü sensörlerden topladığı telemetri verilerini yer istasyonuna her saniye (1 Hz) gönderecektir.
- Görev Yükü uçuş süresince canlı görüntü aktarımı yapacaktır.
- Yarışma tarafından sağlanacak olan 1 MB boyutundaki video paketi uçuş esnasında Görev Yükü üzerindeki bir SD karta kaydedilecektir.
- Inişini tamamlayan Görev Yükü 1 dakika boyunca telemetri göndermeye devam edecektir. 1 dakika sonunda veri iletimi otonom olarak sonlandırılacaktır.
- Kurtarma için sesli ikaz cihazı, gaz kapsülü ve GPS ile Görev Yükü'nün yeri belirlenecektir.

Mekanik Alt Sistem Değişiklikleri

Plexiglas Plakanın Tasarımının Değişmesi

Menteşe Tasarımının Değişmesi

PCB Plakasının Tasarımının Değişmesi

Ayrılma Mekanizması Tasarımının Değişmesi

Elektrik Alt Sistemi Değişiklikleri

Aktif İniş Sistemi Bataryasının Değişmesi

Aktif İniş Sistemi Anahtarı Sayısı Değişimi

Yer İstasyonu Alt Sistemi Değişiklikleri

Yer İstasyonu Arayüzü Tasarımının Değişmesi.

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
SI-01	Model uydu, taşıyıcı ve görev yükü olmak üzere iki kısımdan oluşmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	MASG-01			✓	✓
SI-02	Model uydunun ağırlığı 700 +/- 20 gr olmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	MASG-02	✓	✓		
SI-03	Model uydu, 280 mm yükseklik ve 113 mm çap ölçülerinde, silindirik yapıda tasarlanmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	MASG-03	✓	✓		✓
SI-04	Taşıyıcı, hiçbir yere ilişmeyecek/takılmayacak şekilde tasarlanmalı ve görev yükünü koruyacak yapıda üretilmelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	MASG-04			✓	✓
SI-05	400 metre yüksekliğe kadar model uydu (taşıyıcı + görev yükü) pasif iniş sistemiyle 10-14 m/s hızla inmelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	İKASG-01 MASG-05	✓	✓		
SI-06	400 (+/- 10) metre yükseklikte Taşıyıcı ile Görev Yükü bir mekanizma ile otonom olarak ayrılmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	MASG-06 EASG-01 UYG-01	✓	✓	✓	

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
SI-07	Ayrılma mekanizması için patlayıcılar ve kimyasallar kullanılmamalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	MASG-07			✓	✓
SI-08	Ayrılmadan sonra Görev Yükü, aktif bir iniş sistemi ile 8-10 m/s hızla yere inmelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	SASG-01 İKASG-02 EASG-02 UYG-02	✓	✓		
SI-09	Aktif Iniş Sistemi: Motora bağlı pervanenin bir bütün olarak rotoru oluşturduğu auto-gyro ile ivmeölçer kontrollü iniş sistemidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	SASG-02 İKASG-03 EASG-03 UYG-03			✓	✓
SI-10	Model uydunun bağlantı elemanları ve ekipmanları en az 10 G şoka dayanacak şekilde seçilmeli veya tasarlanmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	MASG-08	✓	✓		
SI-11	Bütün elektronik donanımlar ve birleşecek mekanik parçalar; konnektör, vida ve yüksek performanslı yapıştırıcılar gibi uygun birleştiriciler kullanılıp sabitlenerek monte edilmelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	MASG-09 EASG-04			✓	✓

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
SI-12	Model uydunun hasarsız bir şekilde yere inişini sağlanmalıdır. (Model uydunun yere inişte 20 metre kala hızı yavaşlatılabilir.)	Temel Gereksinim	Yüksek	İKASG-03 MASG-10	✓	✓		✓
SI-13	Görev yükü, uçuş süresince sıcaklık, basınç, yükseklik, iniş hızı, konum, pil gerilimi ve eksen verilerini toplamalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	SASG-03 HAVİG-01 UYG-04	✓	✓		
SI-14	Model uyu ölçüdüğü verileri, sürekli bir şekilde, verilen telemetri formatına uygun paketler halinde, yer istasyonuna her saniye (1 Hz) göndermelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	HAVİG-02 UYG-05 YİG-01		✓		✓
SI-15	Telemetri paketi, görev zamanını içermelidir. Görev süresince, işlemcinin yeniden başlaması durumunda bile, zaman verisi korunmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	HAVİG-03 UYG-06		✓		✓

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
SI-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.	Temel Gereksinim	Yüksek	UYG-07	✓			✓
SI-17	Telemetri verileri aynı zamanda uydu içinde yer alan bir SD karta da yazdırılmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	HAVİG-04 UYG-08	✓	✓	✓	✓
SI-18	Görev yükü üzerinde, yere bakan bir kamera olmalıdır. Kamera görüntülerini tüm uçuş süresince bir SD karta video olarak kayıt edilmelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	SASG-05 HAVİG-05 UYG-09	✓	✓	✓	✓
SI-19	Kamerası yeryüzüne bakan model uydu, görev süresince (sistem çalışmaya başladığı andan itibaren) video görüntüsünü yer istasyonuna göndermelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	HAVİG-06 YİG-02	✓	✓	✓	✓
SI-20	Alkalin, Ni-MH, Lityum Ion veya Lityum polimer piller kullanılabilir.	Temel Gereksinim	Yüksek	EASG-05			✓	✓

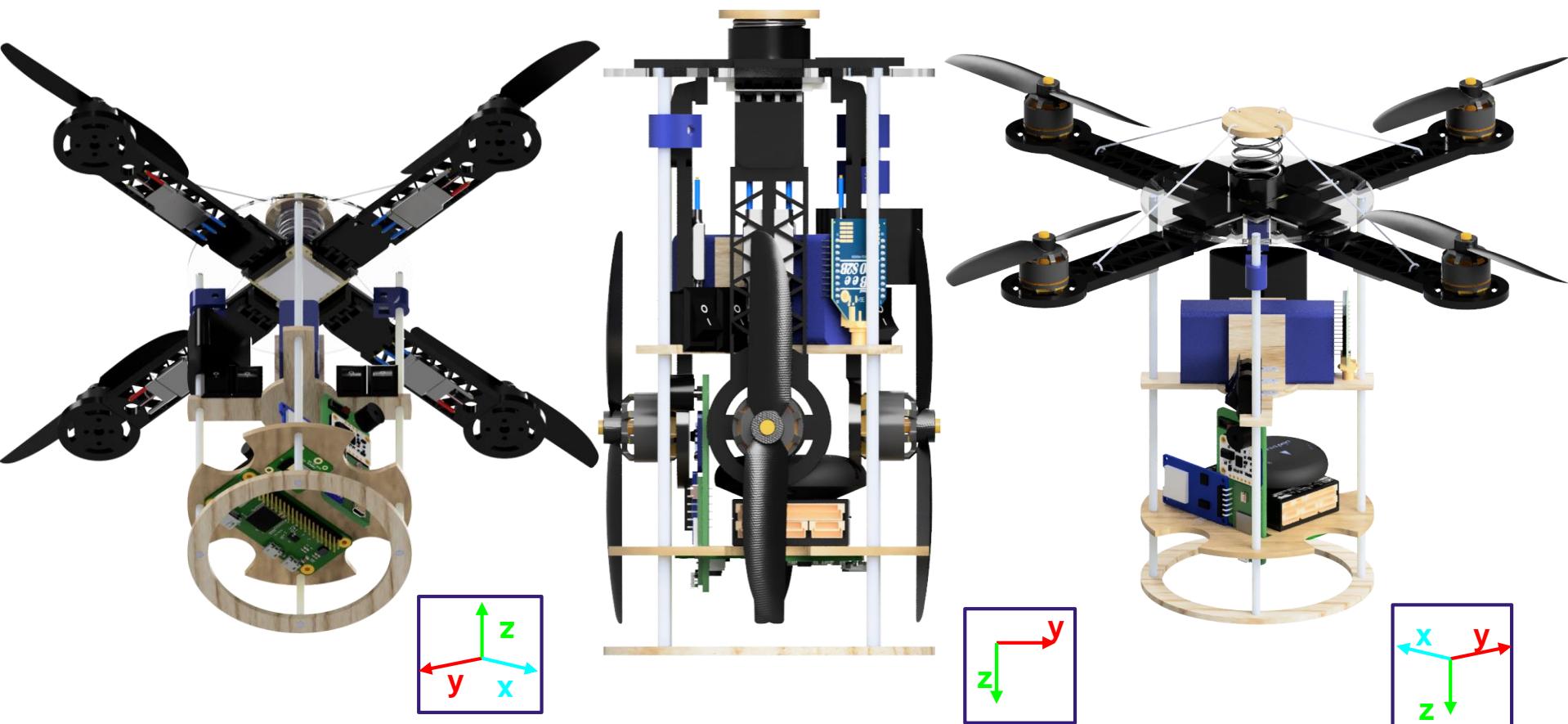
No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
SI-21	Seçilecek pil, sistemin 1 saatlik süre boyunca çalışmasına yeterli olmalıdır.Bu süreye sadece haberleşme ve sensör alt sistemleri dahil olup aktif iniş sistemi dahil değildir.	Temel Gereksinim	Yüksek	SASG-05 EASG-06	✓	✓	✓	
SI-22	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 verisi ile video aktarım bilgisi gösterilmelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	HAVİG-07 UYG-10 YİG-03	✓	✓		✓
SI-23	Ayrılmama durumunda, yer istasyonundan gönderilen komutla ayrılma gerçekleştirilmelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	HAVİG-08 YİG-04	✓	✓	✓	

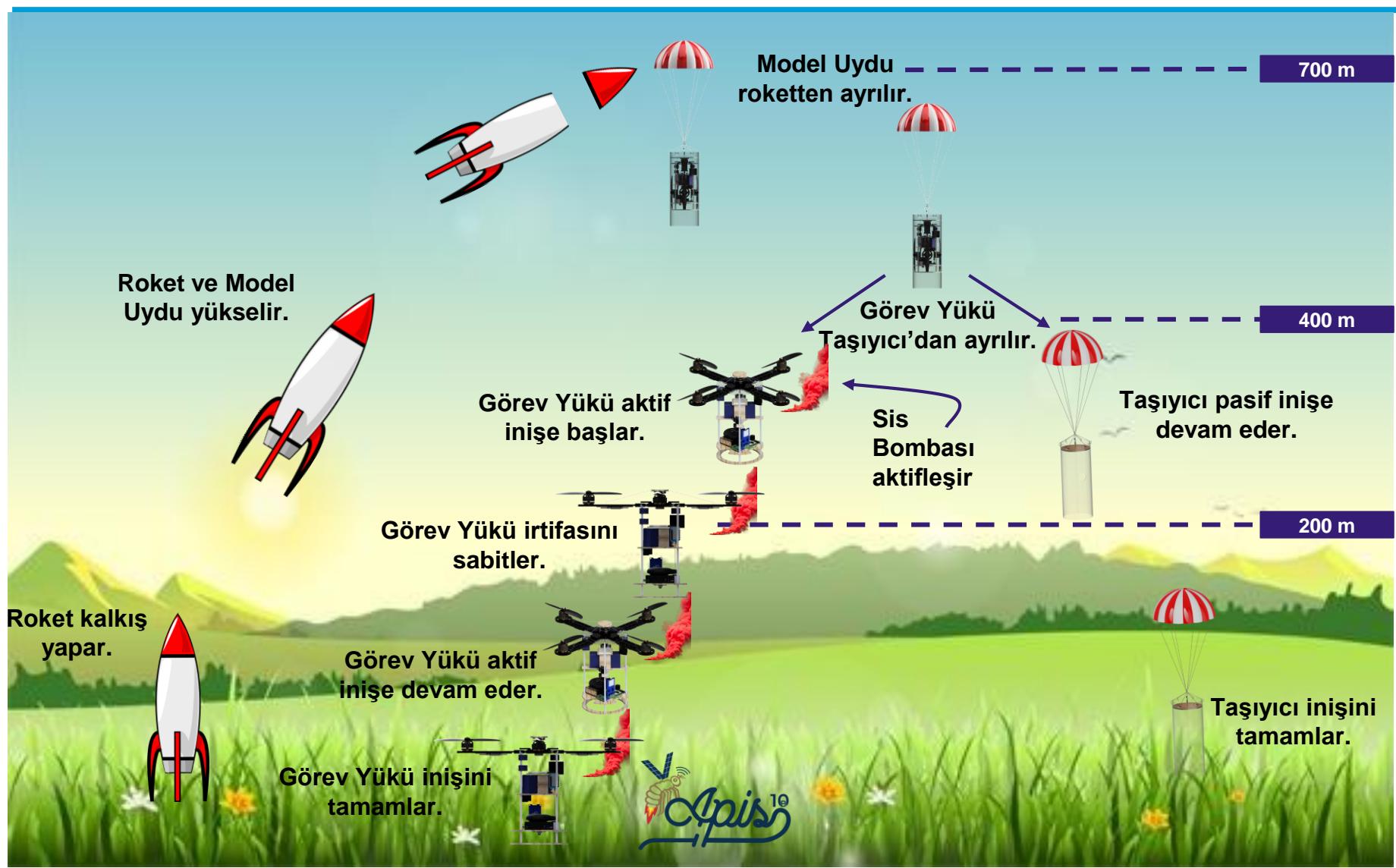
No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
SI-24	Görev yükünün açma kapama düğmesi olmalıdır. Bu düğme; görev yükü, taşıyıcının içindeyken bile erişilebilecek şekilde tasarlanmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	MASG-11 EASG-07			✓	✓
SI-25	Elektronik donanımların montajı mekanik aksama sabitlenerek yapılmalıdır. Elektronik devrede temassızlığa veya çıkmaya sebep olacak konektörler kullanılmamalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	EASG-08	✓		✓	✓
SI-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.	Temel Gereksinim	Yüksek	HAVİG-09 UYG-11 YİG-05	✓	✓		✓
SI-27	Görev yükü yere indiğinde, kurtarma ekibi tarafından bulunana kadar sesli ikaz vermelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	HAVİG-10 UYG-12	✓	✓		✓
SI-28	Her takım kendi yer istasyonunu geliştirmelidir. Yer istasyonu arayüzü tek bir sayfa halinde olmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	YİG-06			✓	✓

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
SI-29	Telemetri verilerini ve görüntüyü yer istasyonuna göndermek için kablosuz haberleşme modülleri kullanılmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	HAVİG-11			✓	✓
SI-30	Yer istasyonu arayüzünde görev yükünden gelen telemetri verileri gerçek zamanlı olarak gösterilmelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	YİG-07		✓		✓
SI-31	Yer istasyonu yazılımında Görev yükünden gelen telemetri verileri kaydedilmeli ve zamana bağlı grafikleri doğru mühendislik birimleriyle gerçek zamanlı olarak çizdirilmelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	YİG-08		✓		✓
SI-32	Video, yer istasyonunda gerçek zamanlı olarak izlenmeli ve yer istasyonuna kayıt edilmelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	YİG-09		✓	✓	✓

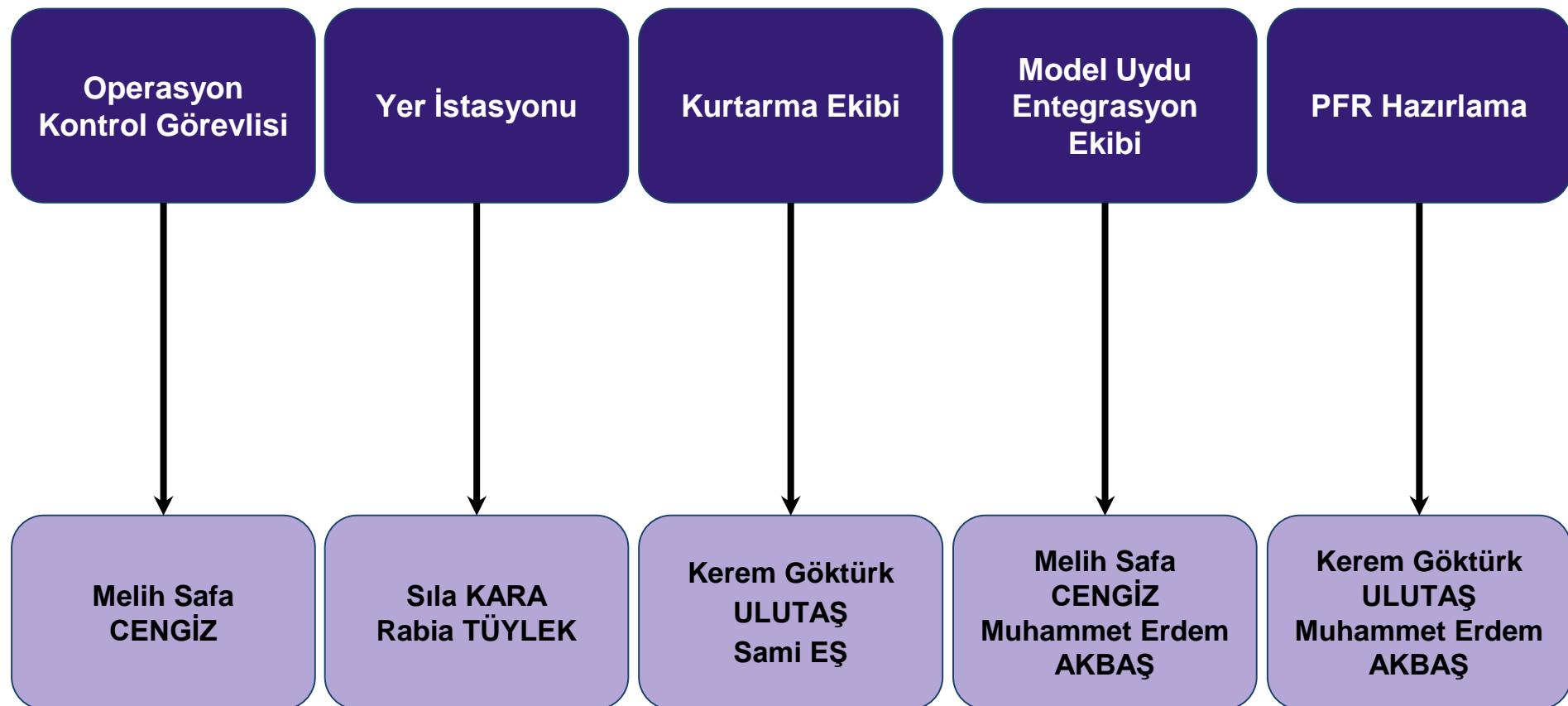
No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
Si-33	Yer istasyonu yazılımının çalıştırılacağı bilgisayarın en az iki saatlik bataryası dolu olmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	YİG-10	✓	✓	✓	
Si-34	Görev yükü üzerinde bulunan gyro sensörü, yer istasyonu arayüzünde model uydunun duruş bilgisini en az bir düzlemede (x-y) 2 boyutlu olarak simüle edecekter. Ek 5.2' de eksen duruş bilgisi verilmiştir.	Temel Gereksinim	Yüksek	SASG-06 YİG-11		✓		✓
Si-35	Pasif iniş sistemi ile inen taşıyıcının paraşüt rengi ise turuncu veya kırmızı olmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	İKASG-05				✓
Si-36	Görev yükü taşıyıcıdan ayrıldıktan sonra, atmosferde takibinin net bir şekilde yapılması için sis kapsülü eklenmelidir. Dumanın rengi için kırmızı, turuncu, yeşil veya mor tercih edilmelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	MASG-12			✓	✓
Bi-1	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.	Bonus Görev	Yüksek	SASG-08 İKASG-06 UYG-14	✓	✓		

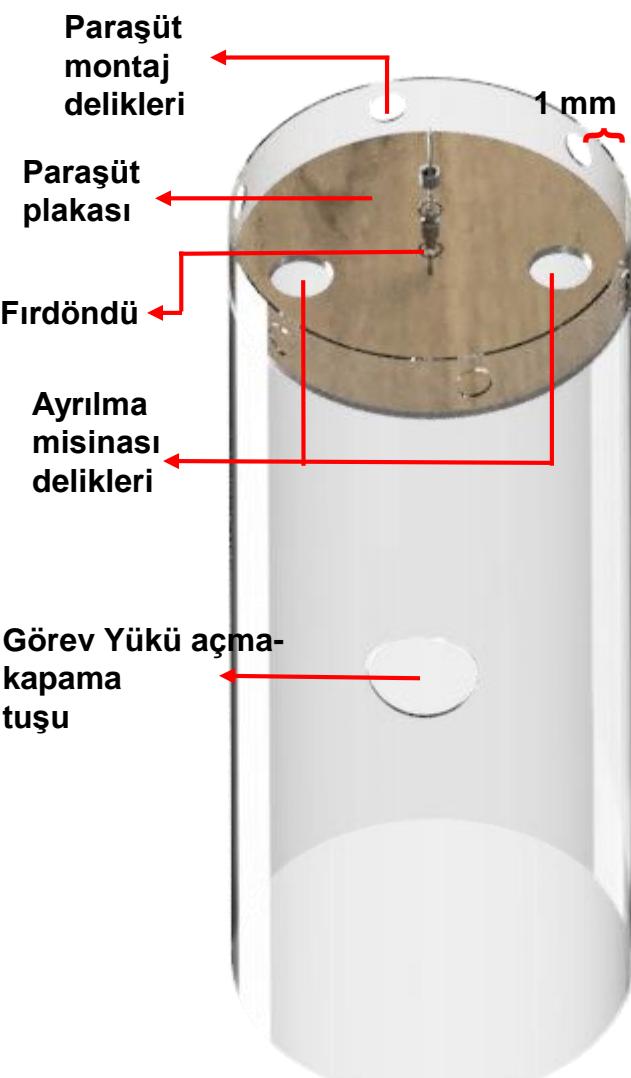
4 Motorlu Dikey Konfigürasyon



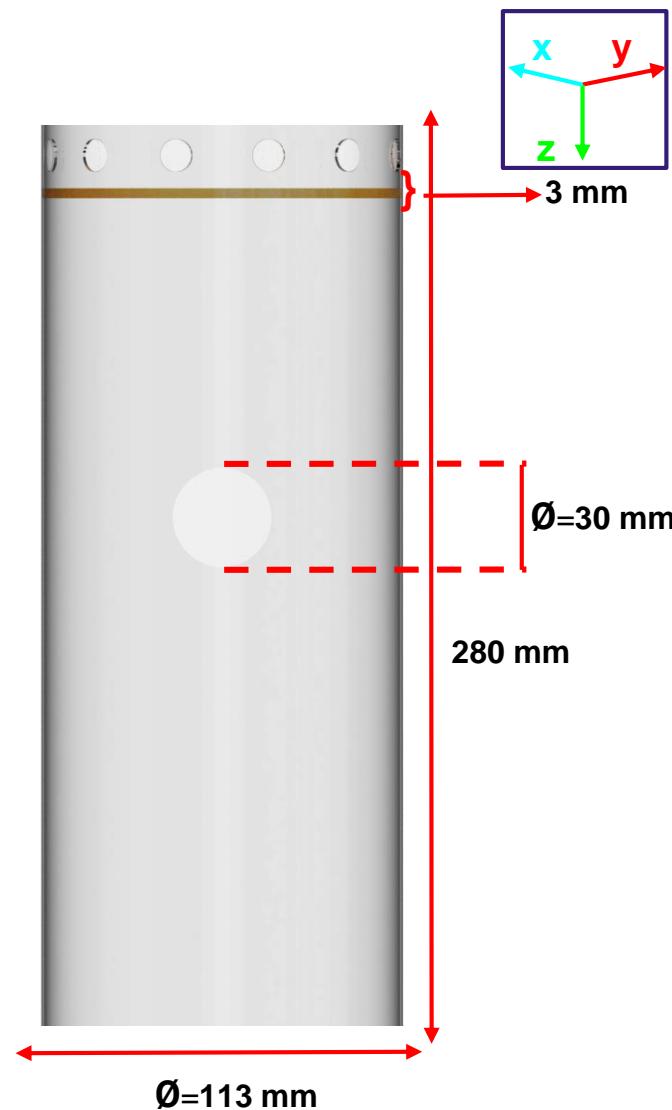
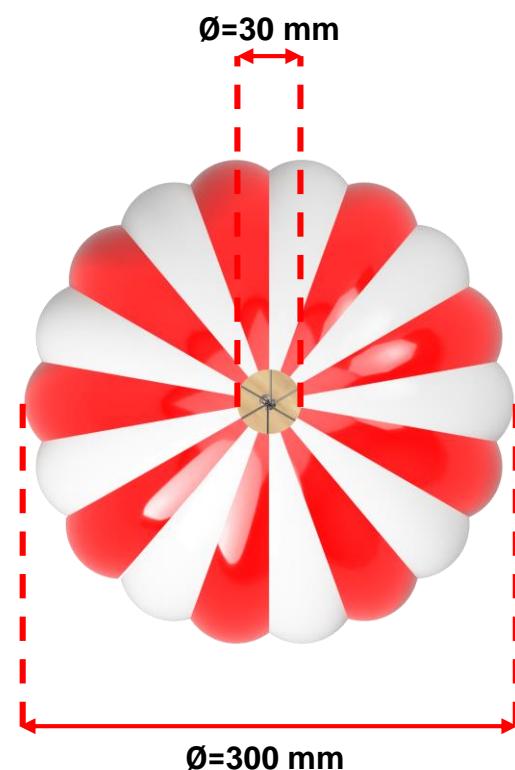


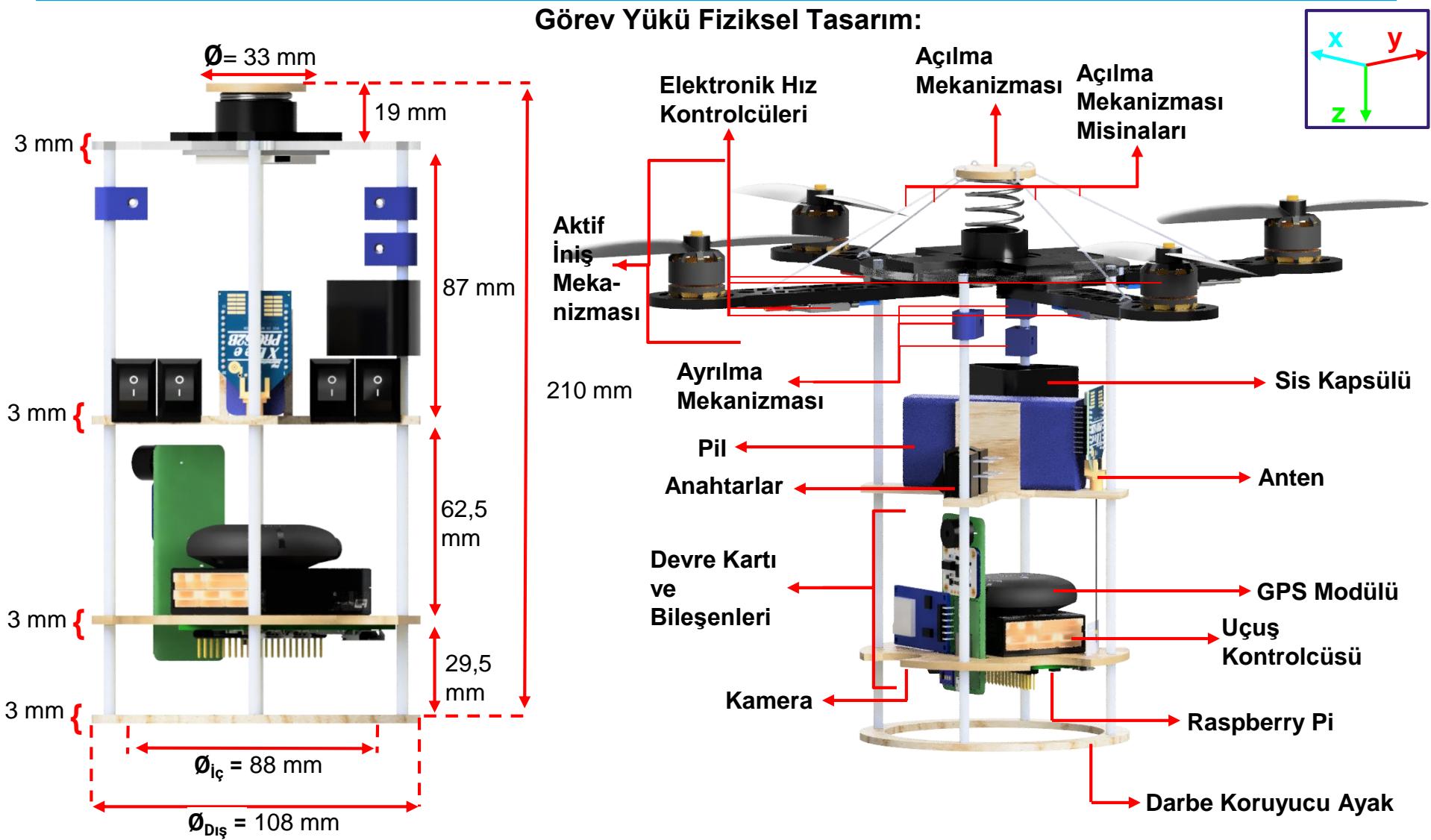
Uçuş Öncesi	<ul style="list-style-type: none">• Anten ve Yer İstasyonu'nun kurulumu.• Uçuş öncesi Model Uydu'nun son kontrollerinin yapılması.• Model Uydu'nun rokete yerleştirilmesi.
Uçuş	<ul style="list-style-type: none">• Model Uydu'nun roketle fırlatılması.• Telemetri verilerinin ve video kaydının Yer İstasyonuna gönderilmesi.• Taşıyıcı ile Görev Yükü'nün otonom bir mekanizma ile ayrılması.• Görev Yükü'nün Aktif Iniş Mekanizması ile inişe başlaması• BONUS GÖREV: Görev Yükü'nün Aktif Iniş Sistemi ile askıda kalması.• Görev Yükü'nün Aktif Iniş Mekanizması ile inişini sonlandırması.• Yer istasyonundan gönderilen video paketinin SD karta kaydedilmesi.
Kurtarma	<ul style="list-style-type: none">• Görev Yükü'nün yerinin GPS, Buzzer ve Sis Kapsülü ile tespit edilmesi ve kurtarılması.• Fosforlu, dikkat çekici bir renge sahip gövdesi ve paraşütü sayesinde Taşıyıcı'nın kurtarılması.• Hasar kontrolünün gerçekleştirilmesi.
Uçuş Sonrası Süreç ve Veri Analizi	<ul style="list-style-type: none">• Hasar analizi için Model Uydu'nun incelenmesi.• SD karta kaydedilmiş olan verilerin incelenmesi ve jüriye teslimi.• Alınan verilerin grafiğinin mühendislik birimlerine uygun olarak çizilmesi.• PFR hazırlanması ve PFR'nin jüriye sunumu.





Taşıyıcı Fiziksel Tasarım:







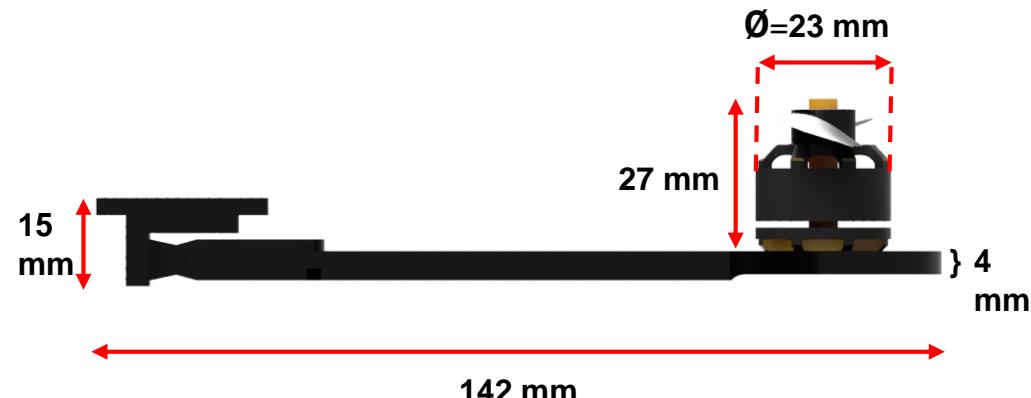
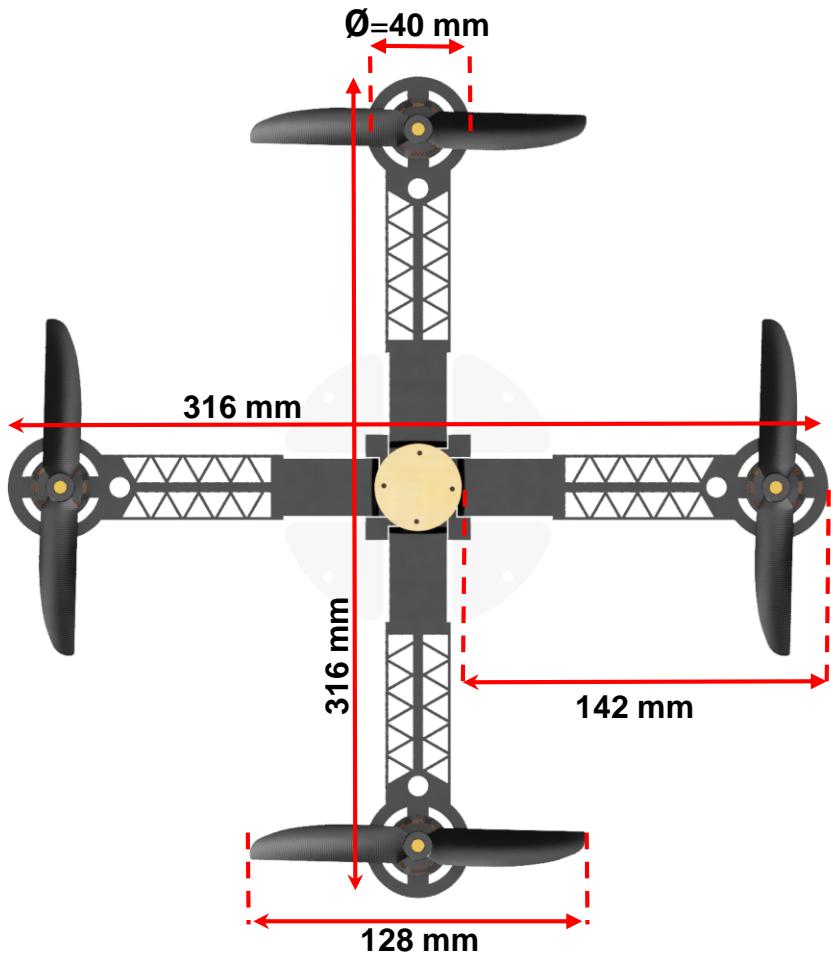
Görev Yükü Patlatılmış Modeli:

Aktif İniş Mekanizması

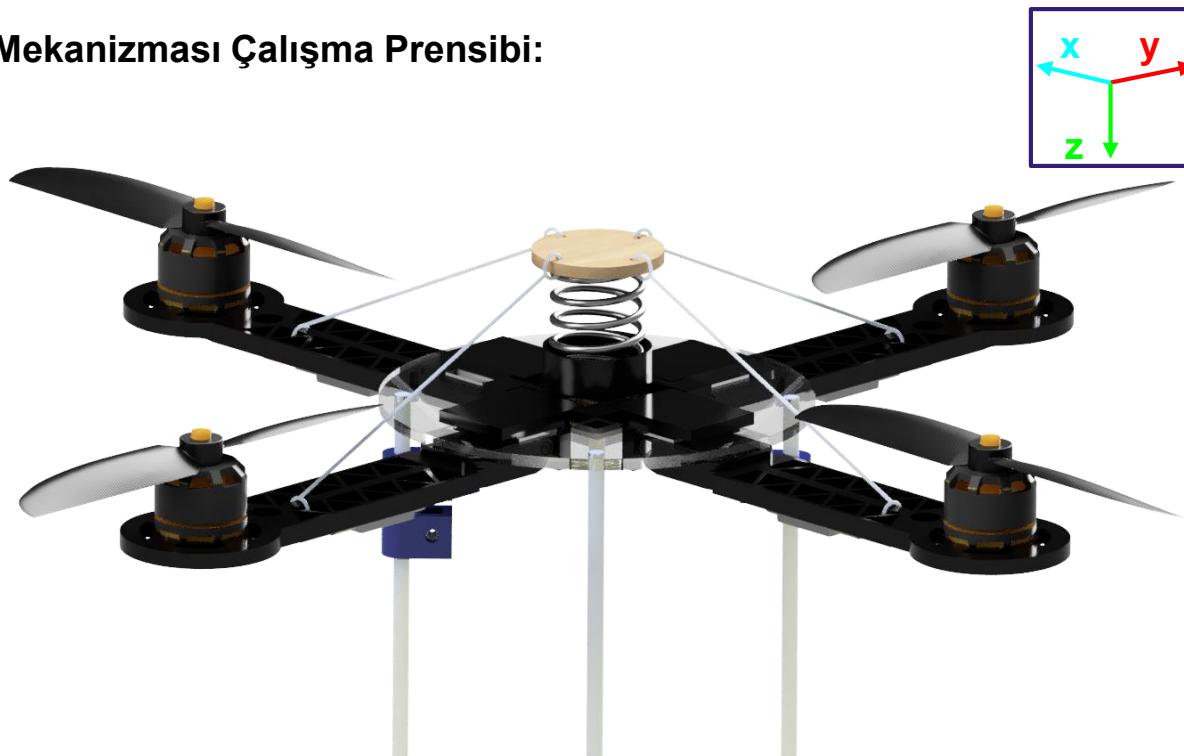
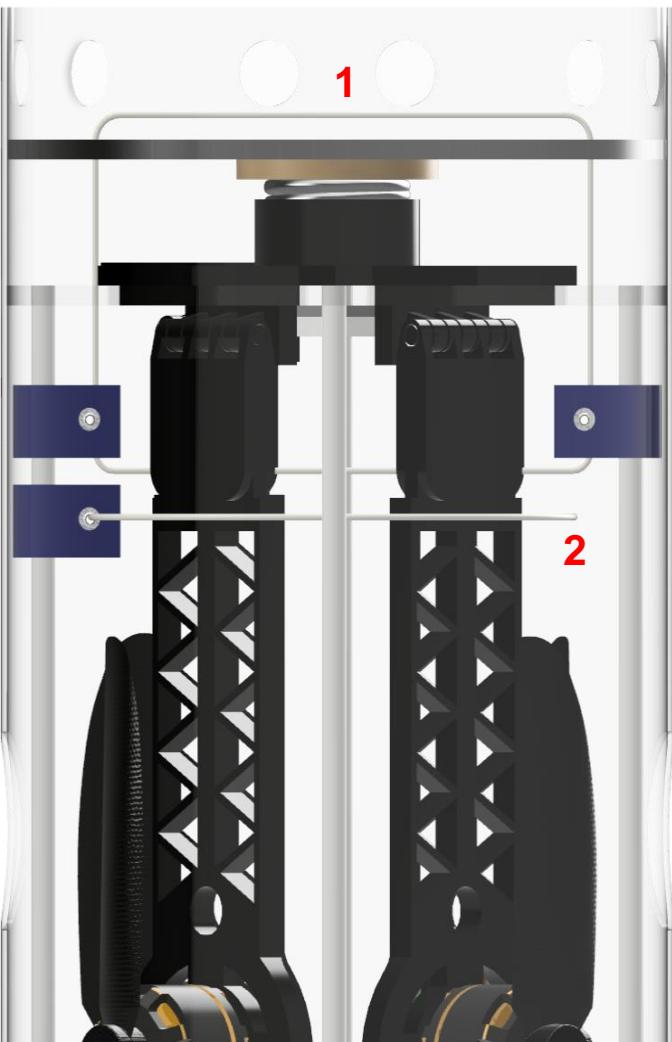


Görev Yükü Gövdesi

Aktif İniş Mekanizması Fiziksel Tasarım Ölçüleri :

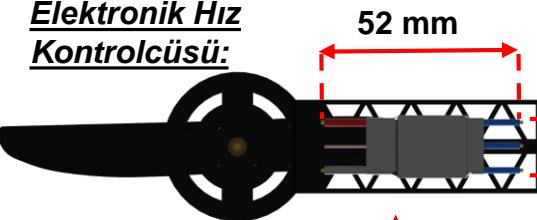


Ayrılma Mekanizması Çalışma Prensibi:



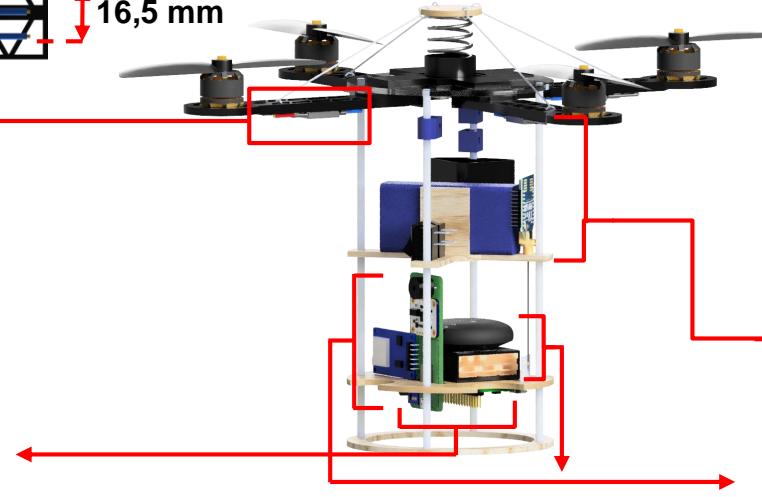
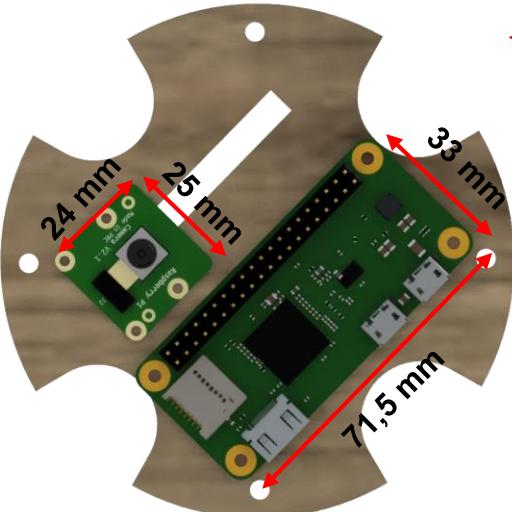
Model Uydu paraşütle 400 metreye kadar indiğinde **1** numaralı misinayı tutan ayrılma mekanizması elemanları bu misinayı eritecek ve Taşıyıcı'dan ayrılma gerçekleşmiş olacaktır, hemen ardından motor kollarını kapalı konumda tutan **2** numaralı misina da ayrılma mekanizması tarafından nikrom tel vasıtasyyla eritilecektir ve bu sayede motor kolları üstteki şekilde görülen yay mekanizmasına bağlı misinalar sayesinde açılacaktır.

Elektronik Hız Kontrolcüsü:

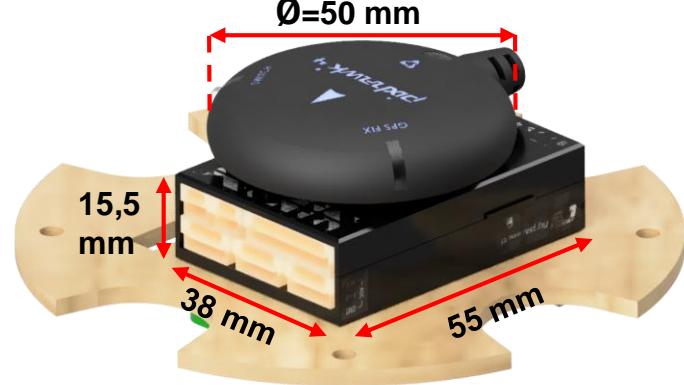


Elektronik Bileşenlerin Konumları ve Boyutları

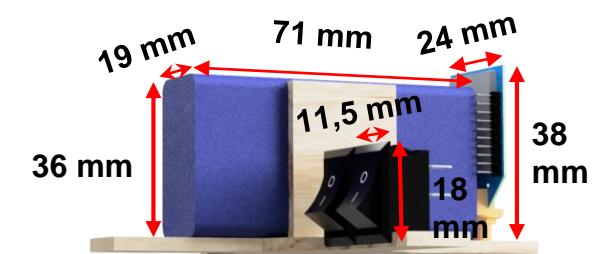
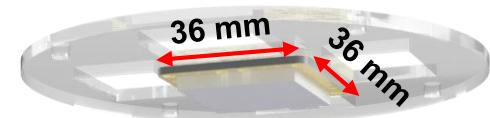
Raspberry Pi ve Kamera:



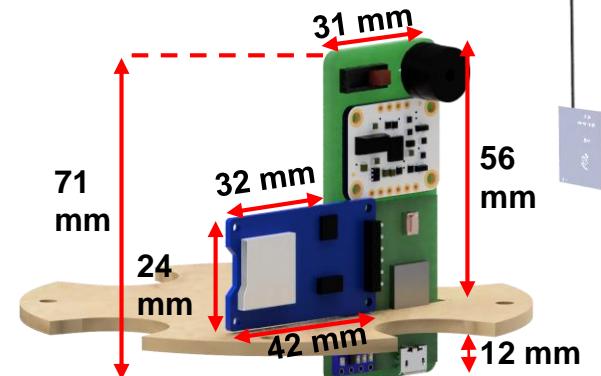
Pixhawk 4 Mini ve GPS Modülü:

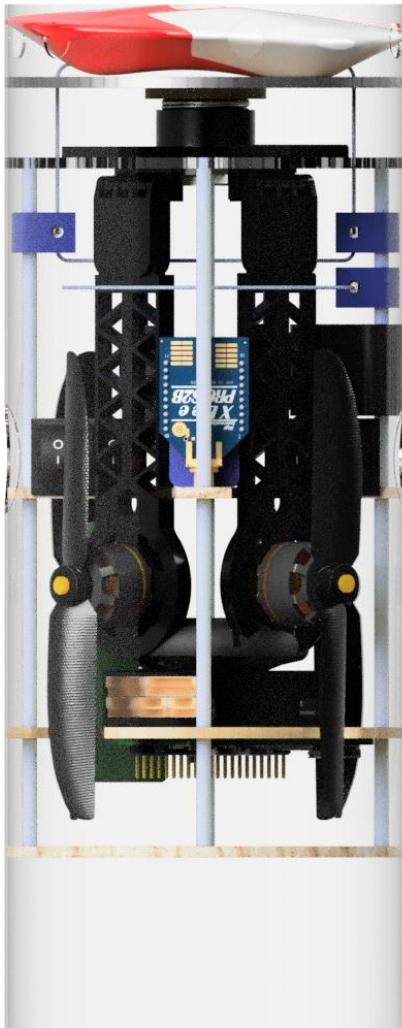


Pil, Anten, Anahtar ve Güç Dağıtım Kartı:



Devre Kartı ve Bileşenleri:

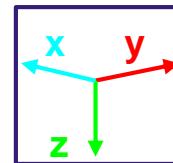




Yandan Görünüm

- Model Uydu 280 mm yüksekliğe ve 113 mm çapa sahiptir.
- Taşıyıcı duvarı 1 mm et kalınlığına sahiptir.
- Görev Yükü 210 mm yüksekliğe ve 108 mm çapa sahiptir.
- Görev Yükü Taşıyıcı'ya rahatlıkla sığmaktadır ve ayrılma sırasında ayrılma sürecini engelleyecek bir elemana sahip değildir.
- Model Uydu, yarışma kurallarında belirtilen 280'e 113 mm'lik ölçü sınırlamalarına uygundur.

Boyutların Karşılaştırması



Altta Görünüm



Üstten Görünüm

Sensör Alt Sisteminin Tasarımı

Rabia TÜYLEK

SENSÖR TİPİ	SENSÖR MODELİ	KULLANIM AMACI
GPS Sensörü	U-BLOX NEO 8M	Model Uydu'nun küresel konumunu belirlemek ve iniş hızını hesaplamak.
Basınç Sensörü	BMP180	Hava basıncını ölçmek ve yüksekliği belirlemek.
Sıcaklık Sensörü	BMP180	Hava sıcaklığını ölçmek.
Auto-Gyro & İvme Ölçer Sensörü	BNO055	Model Uydu'nun pitch, roll ve yaw eksen verilerini almak ve ivmesini ölçmek.
Pil Gerilim Sensörü	Teensy 4.0 Analog Pini	Güç kaynağının gerilimini ölçmek.
Kamera	OV5647 Raspberry Pi Zero W	Uçuş boyunca canlı görüntü kaydı yapmak.

Değişiklik Yapılmamıştır!

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
SASG-01	Ayrılmadan sonra Görev Yükü, aktif bir iniş sistemi ile 8-10 m/s hızla yere inmelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	Si-08 EASG-02 UYG-02 İKASG-02	✓	✓		
SASG-02	Aktif İniş Sistemi: Motora bağlı pervane veya döner kanatın bir bütün olarak rotoru oluşturduğu auto-gyro & ivmeölçer kontrollü iniş sistemidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	Si-09 EASG-03 UYG-03 İKASG-03			✓	✓
SASG-03	Görev Yükü, uçuş süresince sıcaklık, basınç, yükseklik, iniş hızı, konum, pil gerilimi ve eksen verilerini toplamalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	Si-13 HAVIG-01 UYG-04	✓	✓		
SASG-04	Görev Yükü üzerinde, yere bakan bir kamera olmalıdır. Kamera görüntüleri tüm uçuş süresince bir SD karta video olarak kayıt edilmelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	Si-18 HAVIG-05 UYG-09		✓	✓	✓

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
SASG-05	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.	Temel Gereksinim	Yüksek	Si-21 EASG-06	✓	✓	✓	
SASG-06	Görev yükü üzerinde bulunan gyro sensörü, yer istasyonu arayüzünde model uydunun duruş bilgisini en az bir düzlemede (x-y) 2 boyutlu olarak simüle edecektir.	Temel Gereksinim	Yüksek	Si-34 YIG-12		✓		✓
SASG-07	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.	Bonus Görev	Yüksek	Bi-01 İKASG-06 UYG-14	✓	✓		

Seçilen GPS Alıcısı: UBLOX NEO - 8M GPS

Model	Haberleşme Arayüzleri	Çalışma Gerilimi	Akım	Doğruluk	Fiziksel Boyutlar	Kütle	Fiyat	Temin Edildiği Yer
UBLOX NEO-8M GPS	UART	3 V - 5 V	67 mA	± 2.5 m	36 mm x 25.5 mm x 4 mm	16.7 g	177,44 ₺	Yurt içi

- Çalışma gerilimi, kullanacağımız yükselici regülatör ile uyumludur.
- Takım tecrübelerimize göre uydulara bağlanma süresi kısaltır.
- Boyutlarından dolayı PCB üzerinde az yer kaplamaktadır.
- Doğruluğu yüksektir.
- Maliyeti ucuzdur.



Seçilen Basınç Sensörü: BMP180

Model	Haberleşme Arayüzleri	Çalışma Gerilimi	Akım	Doğruluk	Fiziksel Boyutlar	Kütle	Fiyat	Temin Edildiği Yer
BMP180	I ² C	1.8 V - 3.6 V	5.0 µA	±1.0 hPa	14 mm x 12 mm x 2 mm	0.9 g	8,20 ₺	Yurt içi

- Doğruluğu oldukça yüksektir.
- PCB üzerinde az yer kaplar.
- Ağırlığı oldukça hafiftir.
- Takımımızın BMP180 ile geçmiş olan olumlu yöndeki deneyimleri, sensörü tercih etme sebeplerimizden bir tanesidir.
- Erişilebilir açık kaynak kodlara ve kütüphaneye sahip bir sensör olduğundan kullanımı kolaydır.



Seçilen Basınç Sensörü: BMP180

Model	Haberleşme Arayüzleri	Çalışma Gerilimi	Akım	Doğruluk	Fiziksel Boyutlar	Kütle	Fiyat	Temin Edildiği Yer
BMP180	I ² C	1.8 V - 3.6 V	5.0 µA	±1.0 hPa	14 mm x 12 mm x 2 mm	0.9 g	8,20 ₺	Yurt içi

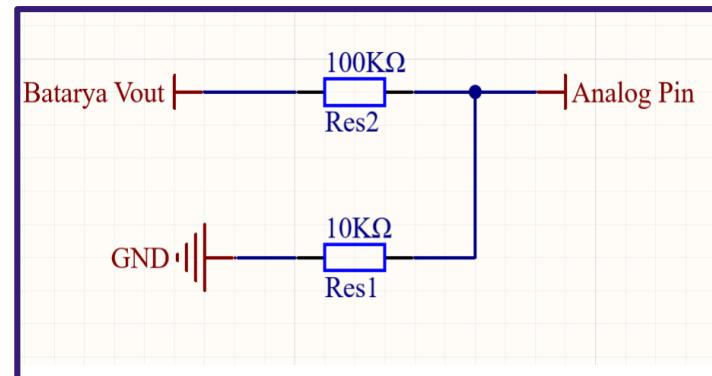
- Doğruluğu çok yüksektir.
- Boyut bakımından çok küçüktür.
- Çok az akıma ihtiyaç duymaktadır.
- Edindiğimiz tecrübeler doğrultusunda alınan veriler gerçek verilere oldukça yakındır.



Seçilen Pil Gerilim Sensörü: Teensy 4.0 Analog Pini

Model	Haberleşme Arayüzleri	Çalışma Gerilimi	Doğruluk	Fiziksel Boyutlar	Kütle	Fiyat	Temin Edildiği Yer
Teensy 4.0 Analog Pini	Analog	0 V - 5 V	0.03 %	Teensy 4.0'a dahildir	Teensy 4.0'ın ağırlığına dahildir	Teensy 4.0'ın fiyatına dahildir	Yurt dışı

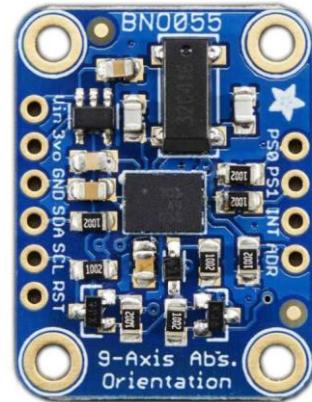
- Teensy 4.0'ın bir pini olduğundan ek bir maliyeti yoktur.
- Doğruluk oranı oldukça yüksektir.
- Ek bir sensör kullanılmadığından ağırlık konusunda avantaj sağlar.
- Teensy 4.0'ın pini olduğundan PCB üzerinde ek bir yer kaplamamaktadır.
- Haberleşme arayüzü analog olduğundan, Teensy 4.0 üzerindeki I²C protokolüne ekstra yük bindirmemektedir.



Seçilen Auto-Gyro & İvme Ölçer Sensörü: Adafruit BNO055

Model	Haberleşme Arayüzleri	Çalışma Prensibi	Çalışma Gerilimi	Akım	Fiziksel Boyutlar	Kütle	Fiyat	Temin Edildiği Yer
Adafruit BNO055	I ² C, UART	MEMS	3.3 V - 5.0 V	12.3 mA	20 mm x 27 mm x 4 mm	3 g	391,58 ₺	Yurt içi

- Az akım çekmektedir.
- Çok hafif bir sensördür.
- Takım deneyimlerine göre çok stabil bir şekilde çalışmaktadır.
- Sahip olduğu kütüphaneler ve Arduino IDE uyumluluğu ile kullanım açısından kolaylık oluşturmaktadır.
- Mikro elektro-mekanik sistemler (MEMS) çalışma prensibine sahip olup şok etkisine karşı yüksek dayanıklılık ile kararlı sinyallere sahip olması ve daha stabil veri vermesi açısından avantaj sağlamaktadır.



Çalışma Prensibi

MEMS (mikro elektronik mekanik sistemler) çalışma prensibine bağlı auto-gyro sensörü, herhangi bir yüksek titreşimden etkilenmeden stabil bir şekilde çalışır. Bu sensör,

- Jiroskop ve ivmeölçer olarak eş özellikli çalışır.
- Newton'ın 2.yasası olan $F = m \times a$ özelliğini kullanarak ivme ölçümünü gerçekleştirir.
- Eylemsiz bir çerçeveye göre dönen bir referans çerçevesi içinde hareket eden nesnelere etki eden Coriolis kuvvetini kullanarak açısal momentumu ölçer.

Coriolis İvmesi

Hareketli bir referans sistemi üzerinde hareket eden bir parçacık düşünüldüğünde sistem açısal hız (ω) ve parçacığın kendi hızından (v) etkilenir. Büyüklükleri vektörel olan açısal hız ve parçacığın kendi hızı vektörel çarpım sonucu coriolis ivmesini verir.

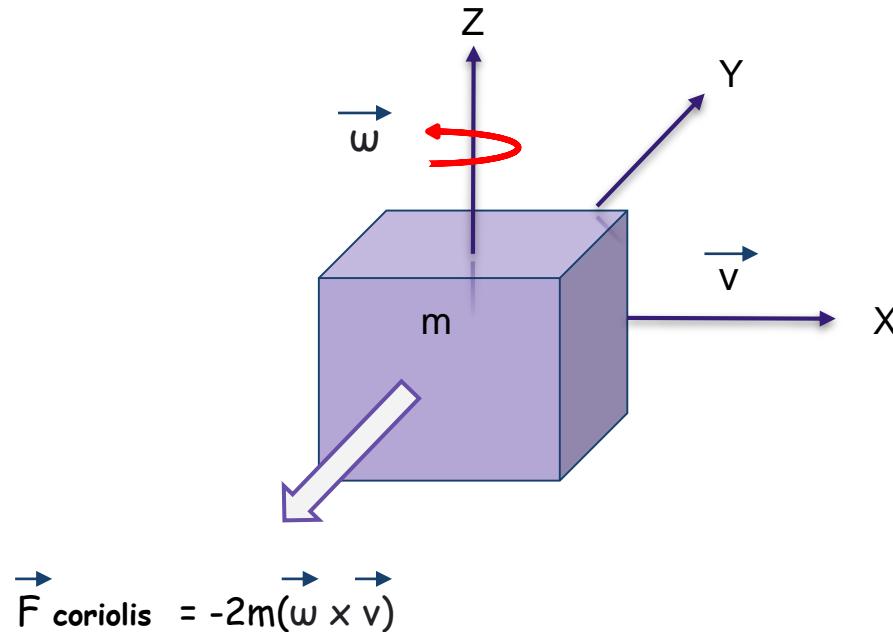
$$\vec{a}_{\text{coriolis}} = 2 \vec{\omega} \times \vec{v}$$

Coriolis Kuvveti

Newton mekaniğinin 2.yasasını kullanarak coriolis kuvveti elde edilir.

$$F = m \times a$$

$$\vec{F}_{\text{coriolis}} = m (2 \vec{\omega} \times \vec{v})$$



1. x yönünde m küteli ve v hızıyla hareket eden bir cisim olduğu varsayıyalım.
2. z ekseninde bir açısal hız meydana geldiğinde coriolis etkisinden dolayı -y yönünde bir F kuvveti ortaya çıkaracaktır.
3. Bu etkiler sonucu kütlenin yapacağı yer değişimi ise jiroskopun açısal hızı algılayabilmesini sağlar ve bu sayede sistemin dönüş yönleri de elde edilebilir.

Pitch, Roll ve Yaw ise ilk zaman değerleriyle aradan geçen süre kadar açısal hızın eklenmesiyle bulunur.

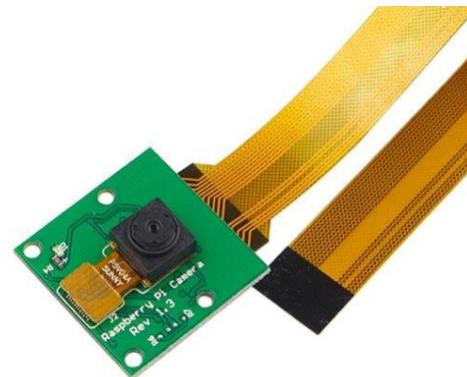


$$\vec{\omega} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

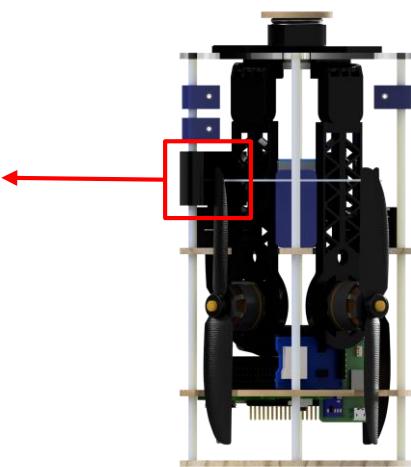
Seçilen Kamera: OV5647 Raspberry Pi Zero

Model	Haberleşme Arayüzleri	Çözünürlük	Çalışma Gerilimi	Akım	Fiziksel Boyutu	Kütle	Fiyat	Temin Edildiği Yer
OV5647 Raspberry Pi Zero W	Dijital	1080 p x 720 p	5V	250 mA	25 mm x 24 mm	3 g	94.25 ₺	Yurt dışı

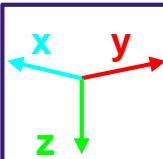
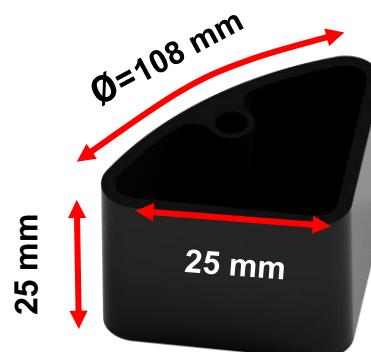
- Ağırlık olarak çok hafiftir.
- Maliyeti çok uygundur.
- Boyut olarak çok küçüktür.
- Canlı görüntü aktarımını yapabilmek için alıcı ve verici modüllerine ihtiyaç duymamaktadır.
- Görev yükü üzerinde daha ulaşılabilir olacağı için mekanik ekibe montaj açısından kolaylık sağlamaktadır.
- Raspberry Pi Zero W ile entegre bir kamera olduğundan kullanımı kolaydır.



Sis Bombası'nın Görev Yükü'nde konumu:



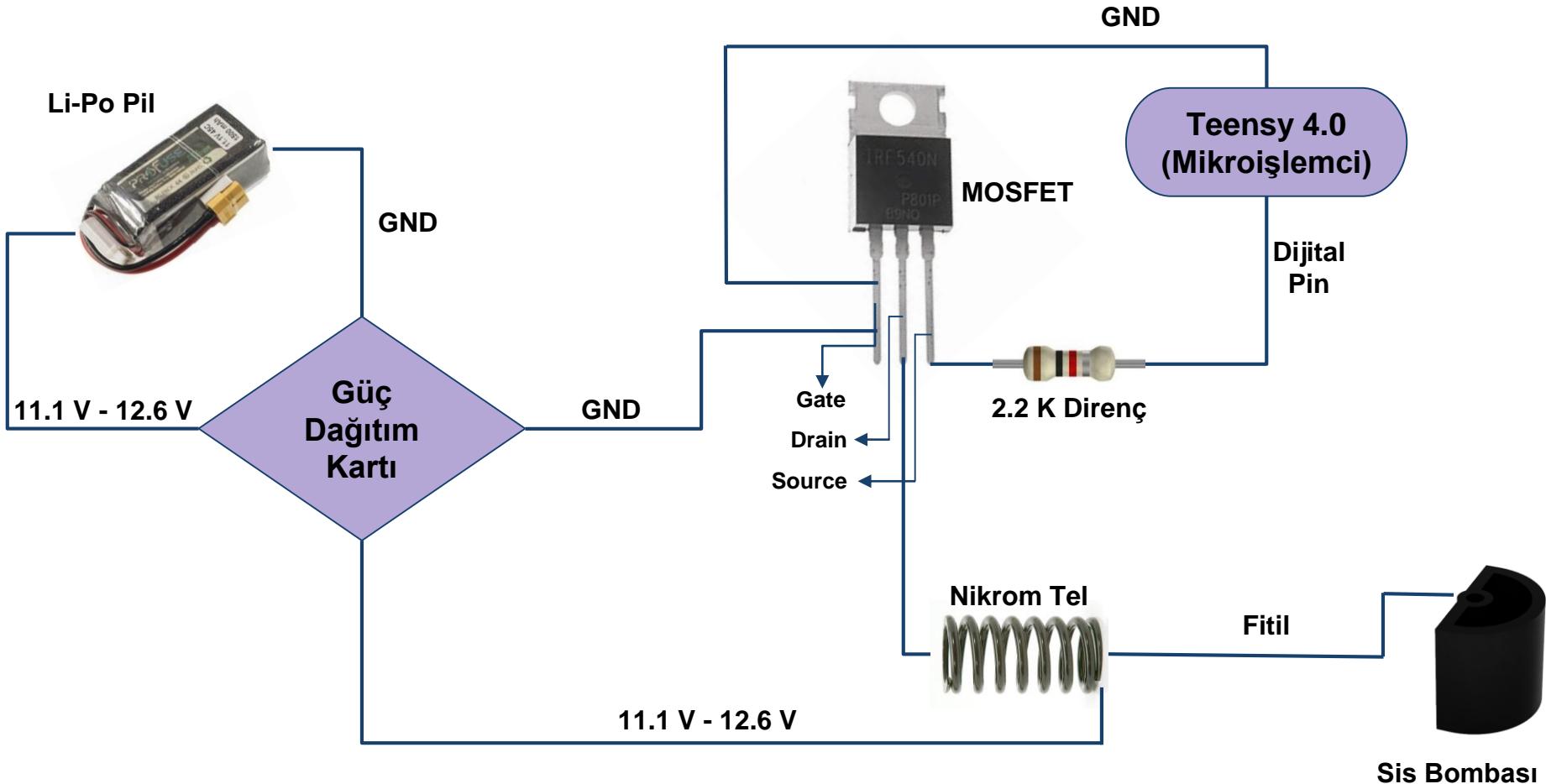
Sis Bombası'nın Boyutu



Sis Bombasının kütlesi 20 g olarak ölçülmüştür.

- Sipariş etmiş olduğumuz sis bombasının içindeki toz ile doldurulan 3D yazıcı'dan çıkarttığımız sis kapsülünün kütlesi 20 gram olarak ölçülmüştür.
- Sis Bombası'nın yanma süresi tahmini uçuş süresi olan $50(+/-5)$ saniye olarak belirlenmiştir. Sis Bombası'nda kullanılacak madde miktarı bu süreye göre belirlenecektir.
- Sis Bombası'nda yanıcı madde olarak Hint Güherçilesi (Potasyum Nitrat-KNO₃) bulunmaktadır. Bunun sebebi bu maddenin kolay yanması ayrıca Görev Yükü bileşenlerine ve çevreye karşı bir tehdit oluşturmamasıdır.

Aktivasyon Mekanizması



Aktivasyon Mekanizması

- Li-Po pilin artı ve eksi kutupları güç dağıtım kartına bağlanır.
- Kablolama ile güç dağıtım kartına giden akım MOSFET'in Source ayağına aktarılır.
- Bir anahtar görevi gören devredeki MOSFET'in Gate ayağına $2.2k\Omega$ 'luk direnç, direncin ise diğer bağlantısı Teensy 4.0'ın dijital pinine bağlanır.
- MOSFET'in Drain ayağına ve güç dağıtım kartından gelen akım ile nikrom telin her iki ucundan bağlantı yapılır.
- Uçuş yazılımı algoritmasından gelen ayrılma komutu ile MOSFET, Teensy 4.0 tarafından aktifleştirilir.
- Devreden geçen akım sayesinde nikrom tel ısınır.
- Nikrom telin ısınmasıyla Görev Yükü ve Taşıyıcı birbirinden ayrılrken aynı zamanda nikrom tele bağlı olan fitil yanar.
- Fitilin yanmasıyla sis bombasının içindeki yanıcı madde oksitlenir ve renkli duman açığa çıkmaya başlar.

İniş Kontrol Sisteminin Tasarımı

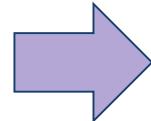
Melih Safa CENGİZ

İniş Kontrol Sisteminde Temel Görevler:

- Model Uydu roketten ayrıldıktan sonra paraşüt ile 10-14 m/s arasında bir hızla 400 metreye kadar iniş yapar.
- 400 metre yükseklikte Görev Yükü ile Taşıyıcı otonom olarak ayrıldıktan sonra Görev Yükü aktif iniş sistemi vasıtasyyla 8-10 m/s arasındaki bir hızla inişine devam eder.
- Görev Yükü 200 (+/- 50) m'de iken 10 saniye askıda kalacak şekilde irtifasını sabitlemelidir. Belirtilen sürenin ardından 8-10 m/s hızla inişine devam etmelidir. Model uydunun yavaşlaması, sabitlemesi ve ardından tekrar iniş hızına ulaşması +/- 50 metre içerisinde gerçekleştirilmelidir.
- Ayrılma gerçekleştikten sonra Taşıyıcı 5.22 m/s hız ile inişine devam eder.



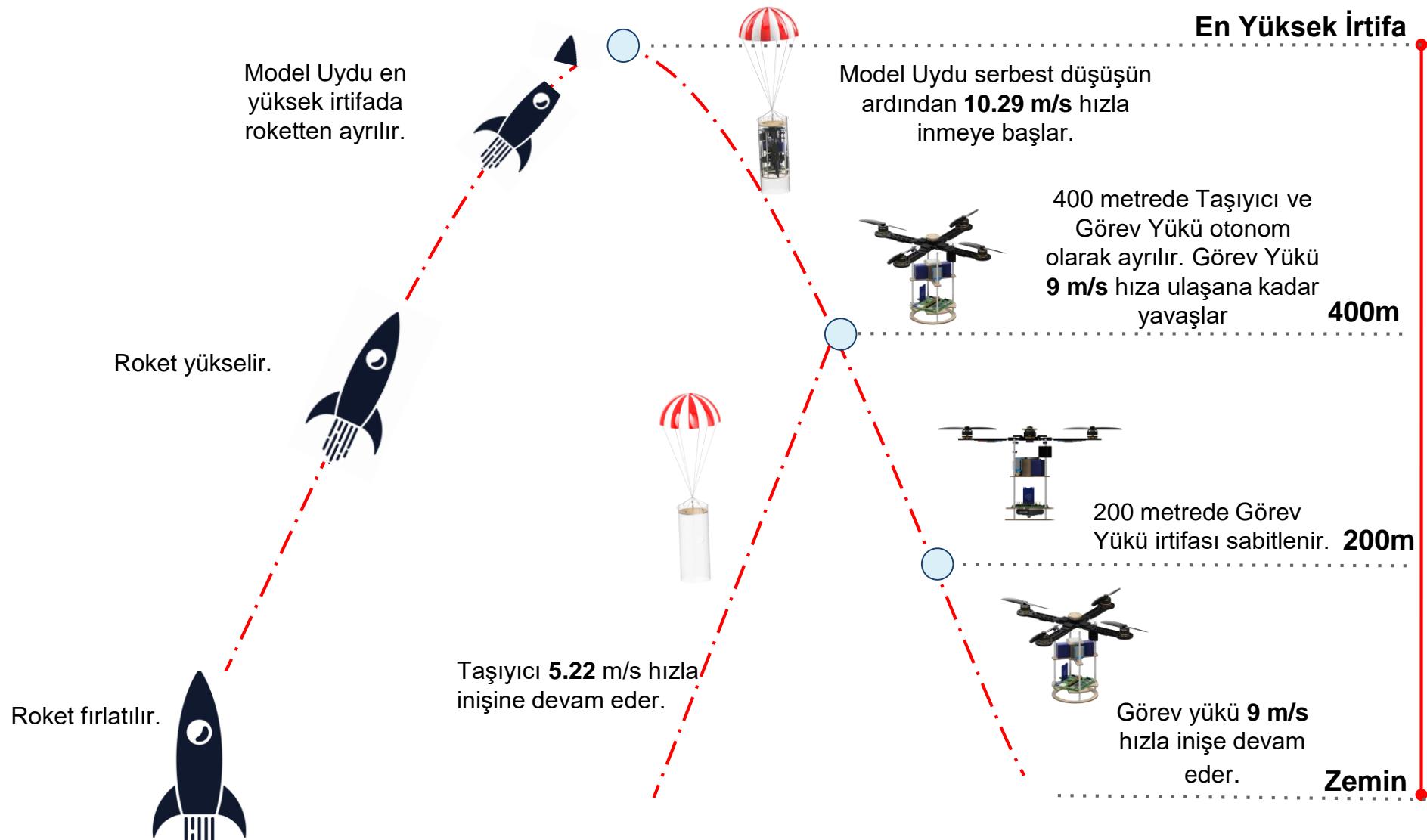
Model Uydu
10.29 m/s



Taşıyıcı
5.22 m/s



Görev Yükü
9.0 m/s



Değişiklik Yapılmamıştır!

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
İKASG-01	400 metre yüksekliğe kadar Model Uydu pasif iniş sistemiyle 10-14 m/s hızla inmelidir	Temel Gereksinim	Yüksek	Sİ-05 MASG-05	✓	✓		
İKASG-02	Ayrılmadan sonra Görev Yükü, aktif bir iniş sistemi ile 8-10 m/s hızla yere inmelidir	Temel Gereksinim	Yüksek	Sİ-08 EASG-02 SASG-01 UYG-12	✓	✓		
İKASG-03	Aktif İniş Sistemi: Motora bağlı pervanenin bir bütün olarak rotoru oluşturduğu auto-gyro ile ivmeölçer kontrollü iniş sistemidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	Sİ-09 EASG-03 SASG-02 UYG-03			✓	✓
İKASG-04	Model Uydu'nun hasarsız bir şekilde yere inmesi sağlanmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	Sİ-12 MASG-09	✓	✓		✓
İKASG-05	Pasif iniş sistemi ile inen taşıyıcının paraşüt rengi ise turuncu, sarı veya kırmızı olmalıdır	Temel Gereksinim	Yüksek	Sİ-35				✓
İKASG-06	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.	Bonus Görev	Yüksek	BI-01 SASG-08 UYG-14	✓	✓		

Taşıyıcı İniş Kontrol Stratejisi için gerekli elemanlar:

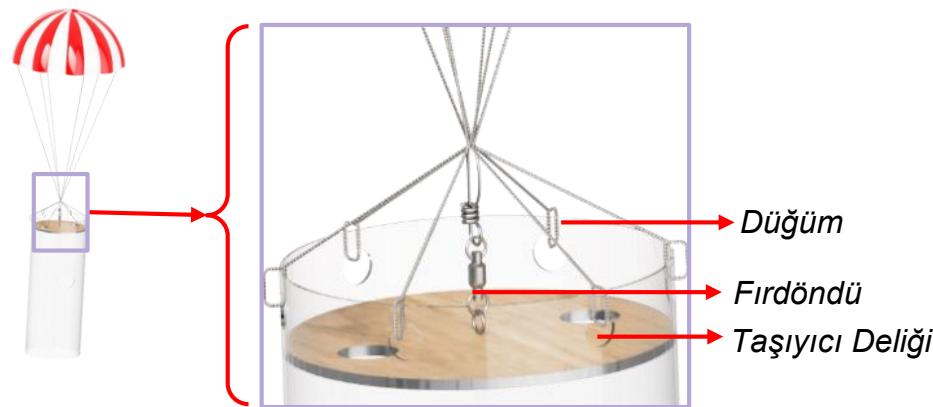
- Paraşüt kumaşı
- Paraşüt ipleri
- Fırdöndü

- Uçuş süresince paraşüt iplerinin birbirine dolanmasının engellenmesi için fırıldandı kullanılmıştır.
- Model Uydu uçuşu süresince salınımının azaltılması için paraşütün ortasında 15 mm yarıçapında bir kaçış deliği açılmıştır.
- İniş sırasında taşıyıcının kolayca takip edilebilmesi için Taşıyıcı'nın paraşüt rengi **kırmızı** olarak seçilmiştir.

Taşıyıcı - Görev Yükü ayrılması:

- Model Uydu 400 metre irtifaya indiğinde Görev Yükü'nde bulunan ayrılma mekanizması Uçuş Yazılımı kontrolünde otomatik bir şekilde çalışacaktır.
- Nikrom tel misinayı eritecek böylece Taşıyıcı ile Görev Yükü arasındaki bağlantı kopmuş olacaktır.

Taşıyıcı ile paraşütün montajı; paraşüt ipleri Taşıyıcı'da açılan deliklerden geçirilip düğümlenerek yapılacaktır.

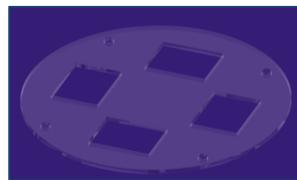


Taşıyıcı İniş Kontrol Stratejisi'nin test edilebilirliği:

Taşıyıcı İniş Kontrol Stratejisi'nin testleri fakülte çatısından bırakma yöntemiyle yapılacaktır. İlerleyen süreçlerde ise drone ile daha yüksek irtifalardan serbest düşüş testlerinin yapılması planlanmaktadır.

İniş Kontrol Mekanizmasının Montajı

Görev Yükü ile aktif iniş kontrol sisteminin montajı, dört adet motor kolu Görev Yükü'nün üst kısmındaki motor plakasına hareket serbestliğine sahip menteşeler vasıtasıyla epoksi ile yapıştırılarak yapılacaktır. Görev Yükü Taşıyıcı'dan ayrıldıktan sonra yaylı mekanizma motor kollarını çekererek ve motor montaj kollarının menteşe mili ekseninde dönmesini sağlayacaktır. Aktif iniş mekanizması bu şekilde çalışmaya hazır hale gelecektir.



Plexiglass Plaka

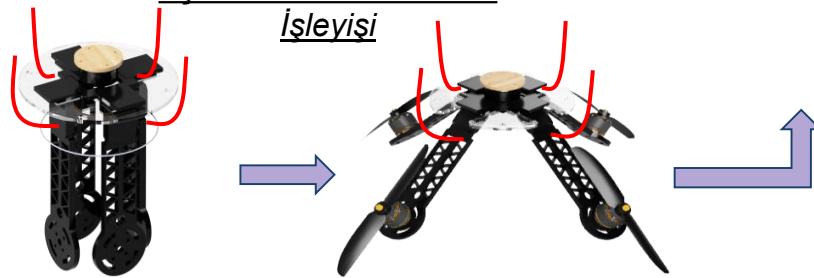
Montaj Elemanları



4 x Menteşe



4 x Motor Kolu

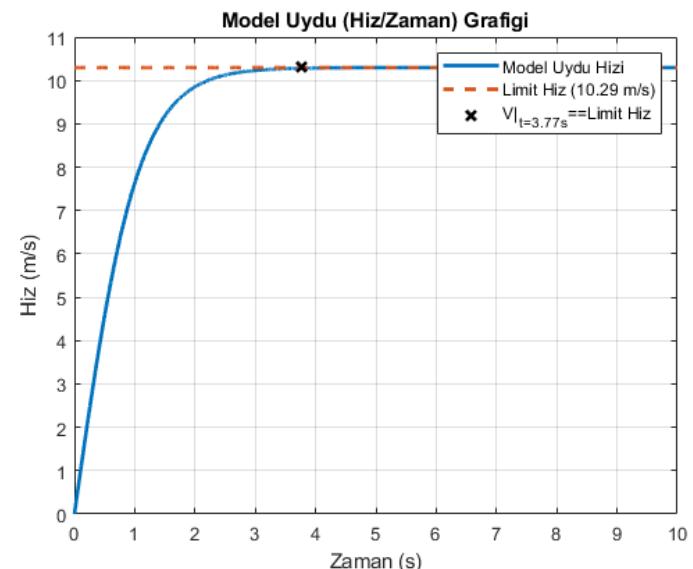


Test Edilebilirliği

Görev Yükü, İTÜ Stadyumu'nda dikey iniş kalkış yapılarak ve yarışmaya hazırlık sürecinde drone ile farklı yüksekliklerden serbest bırakılarak **test edilecektir**.

Model Uydu (Taşıyıcı + Görev Yükü) İniş Hızı Tahmini:

Özellik	Kısaltma	Büyüklük
Model Uydu Kütlesi	$m_{model\ uydu}$	0.702 kg
Yerçekimi İvmesi	g	$9.81 \frac{m}{s^2}$
Paraşüt Yarıçapı	$r_{paraşüt}$	0.15 m
Paraşüt İzdüşüm Alanı	$A_{paraşüt}$	$\pi * (r_{paraşüt})^2 m^2$
Hava Yoğunluğu	ρ_{hava}	$1.225 \frac{kg}{m^3}$
Paraşüt Sürüklenme Katsayısı	C_d	1.5
Terminal(Limit) Hız	v	$10.07 \frac{m}{s}$



Görev Yükü'nün ayrılmamasından önce Model Uydu'un hız/zaman grafiği

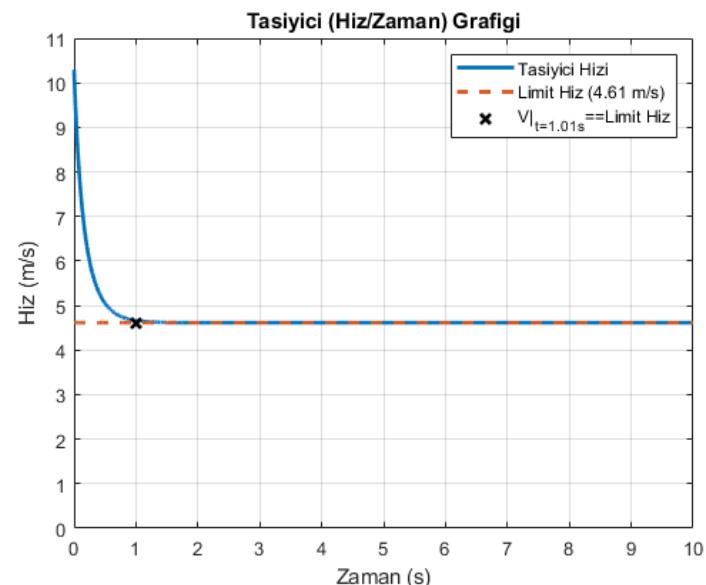
$$\sqrt{\frac{2 * m_{model\ uydu} * g}{A_{paraşüt} * \rho_{hava} * C_d}} = v \quad \rightarrow$$

$$\sqrt{\frac{2 * 0.702\ kg * 9.81 \frac{m}{s^2}}{\pi(0.15m)^2 * 1.225 \frac{kg}{m^3} * 1.5}} = 10.29 \frac{m}{s}$$



Taşıyıcı İniş Hızı Tahmini:

Özellik	Kısaltma	Büyüklük
Taşıyıcı Kütlesi	$m_{taşıyıcı}$	0.141 kg
Yerçekimi İvmesi	g	$9.81 \frac{m}{s^2}$
Paraşüt Yarıçapı	$r_{paraşüt}$	0.15 m
Paraşüt İzdüşüm Alanı	$A_{paraşüt}$	$\pi * (r_{paraşüt})^2 m^2$
Hava Yoğunluğu	ρ_{hava}	$1.225 \frac{kg}{m^3}$
Paraşüt Sürüklenme Katsayısı	C_d	1.5
Terminal(Limit) Hız	v	$4.61 \frac{m}{s}$



Görev Yükü'nün ayrılmamasından sonra
Taşıyıcı'nın hız/zaman grafiği

$$\sqrt{\frac{2 * m_{taşıyıcı} * g}{A_{paraşüt} * \rho_{hava} * C_d}} = v$$

$$\sqrt{\frac{2 * 0.141 kg * 9.81 \frac{m}{s^2}}{\pi(0.15m)^2 * 1.225 \frac{kg}{m^3} * 1.5}} = 4.61 \frac{m}{s}$$



İtki-RPM Bağıntısının Bulunması ve Formülasyonu 1.Yaklaşım

Buckingham Pi teoremi kullanılarak yapılan boyut analizi sonucunda

$$T = f(D; n; \rho; v; K; u_0) = \text{sabit} * D^a n^b \rho^c v^d K^e u_0^f$$

$D = 0.1524 \text{ m}$ Pervane Çapı

$n = \text{Devir/dk}$

$\rho = 1.225 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ Hava yoğunluğu (NŞA)

$v = \text{Havanın dinamik viskozitesi (NŞA)}$

$K = \text{Esneklik kitle katsayısı}$

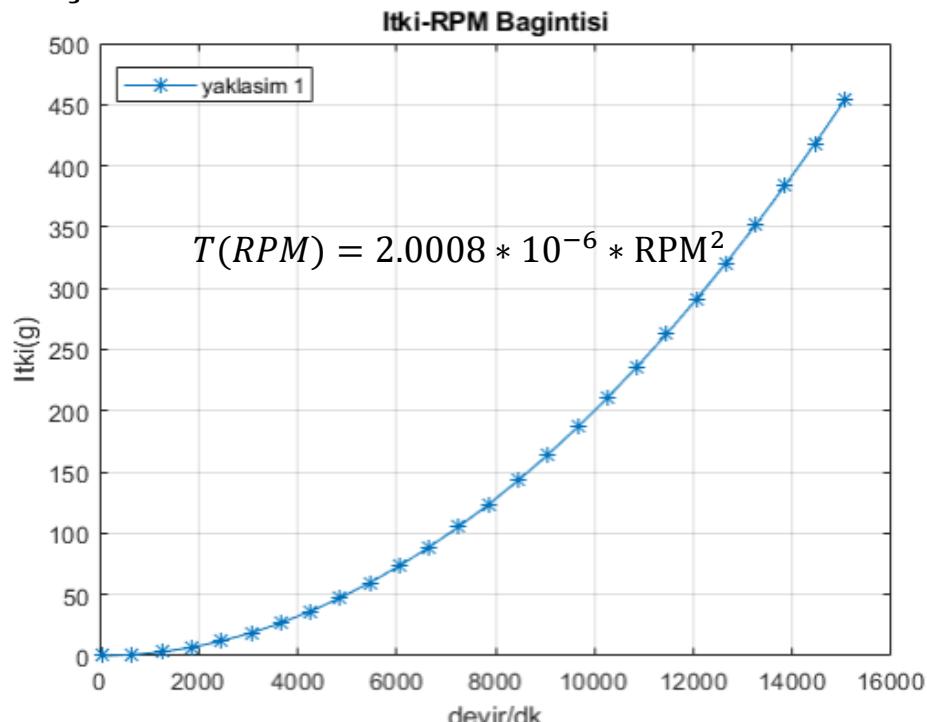
$u_0 = \text{Serbest akım hızı}$

$T = \text{İtki (gram)}$

Fırçasız motor
itkisinin şu formüle
bağlı olarak ifade
edilebileceğini
söyledebiliriz.



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



kT burada pervane sabiti olup kullanılan pervane
üzerinde yapılan testler sonucu 10.9 olarak bulunmuştur.

İtki-RPM Bağıntısının Bulunması ve Formülasyonu 2.Yaklaşım

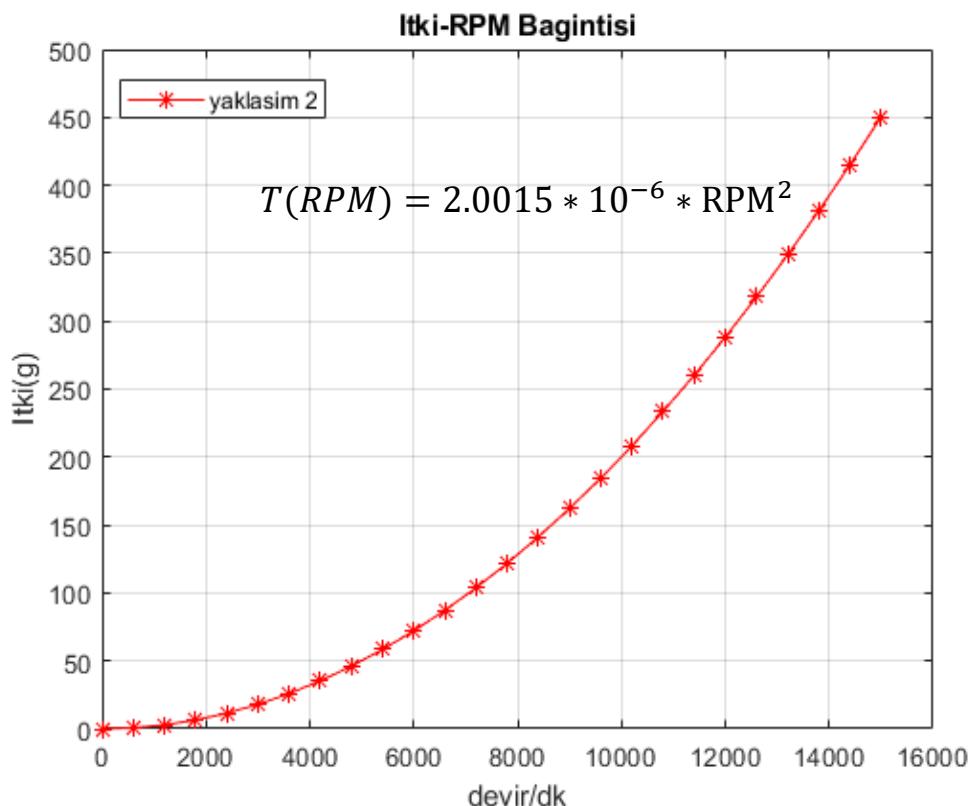
İtki hesaplarını için modifiye edilmiş Abbott İtki Denklemi kullanılarak yapılan ikinci yaklaşımda itki formülü pitch/diameter oranı 0.6'dan büyük olan pervaneler için:
(kullanılan pervanenin pitch/diameter oranı 0.667'e eşittir);

$$T = 0.6 * k_T D^3 (RPM)^2 * 10^{-10}$$

Ayrıca Abbott denklemi rotor gücü hesabı için de modifiye edilebilir, bunun sonucunda elde edilen Abbott Güç Denklemi şu şekilde ifade edilebilir:
(bu denklem bonus görev güç hesaplamalarında kullanılacaktır.).

$$W = k_W * P * D^4 (RPM)^3 * 10^{-15}$$

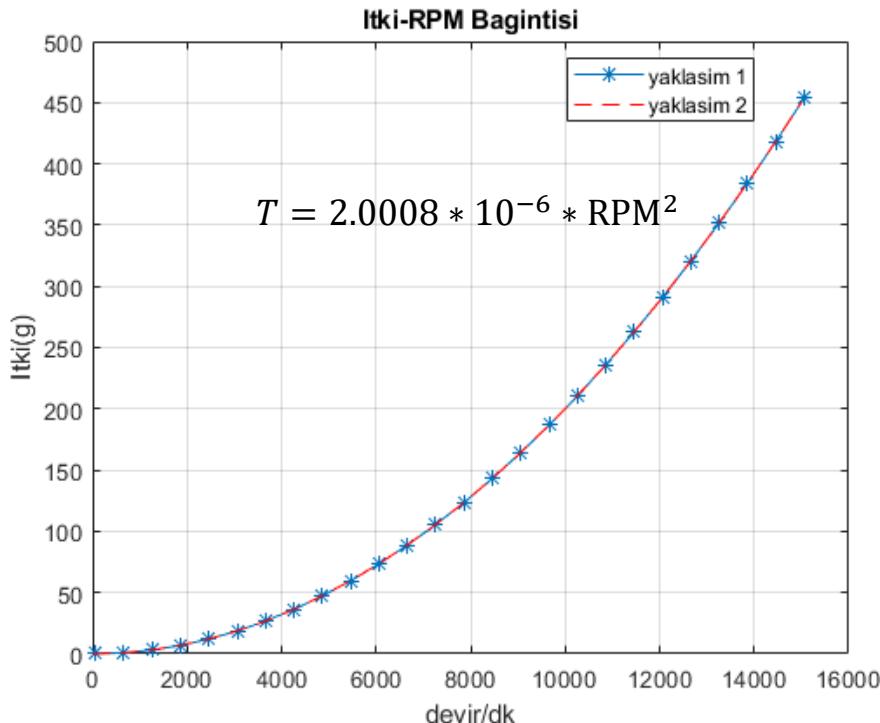
kW burada rotor güç sabiti olup kullanılan pervane üzerinde yapılan testler sonucu 6.78×10^8 olarak bulunmuştur.



kT burada pervane sabiti olup kullanılan pervane üzerinde yapılan testler sonucu 70.7 olarak bulunmuştur.

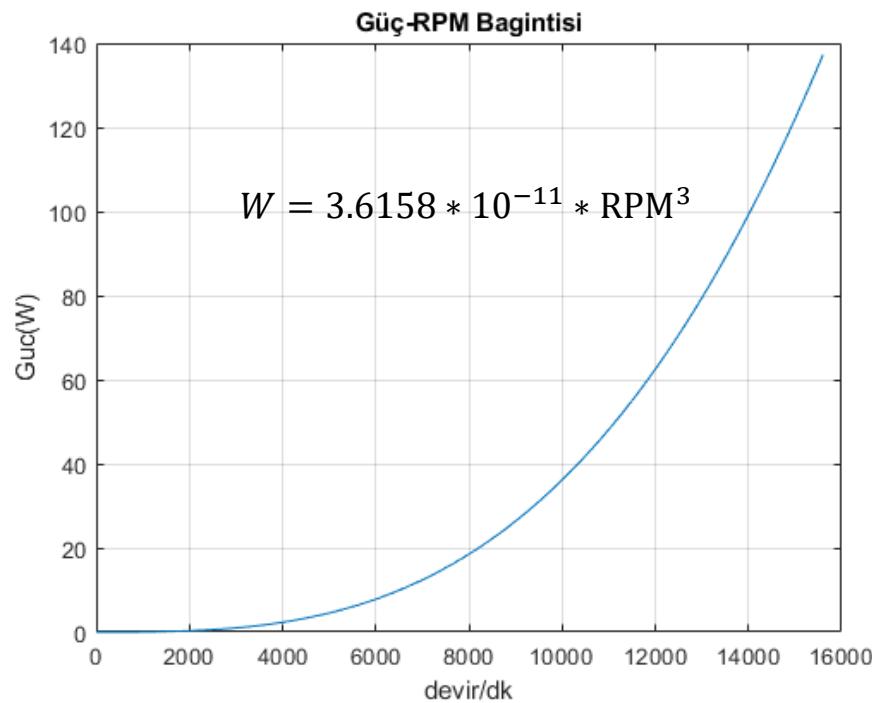
İtki-RPM Bağıntısının Bulunması ve Formülasyonu

Yapılan iki yaklaşımın grafikte görüleceği gibi çok yakın sonuçlar elde edilmiştir. İtki RPM'in ikinci dereceden bir fonksiyonu olup, üstel bir artış göstermektedir.



Güç-RPM Bağıntısının Bulunması ve Formülasyonu

Abbot Güç Denklemi kullanıldığından elde edilen güç fonksiyonu grafikteki gibidir. Güç RPM'in üçüncü dereceden bir fonksiyonu olup, üstel bir artış göstermektedir.



Dört Rotorlu-Drone Tipi Konfigürasyonunda;

Aktif İniş Mekanizması için iniş kontrol alt sistemi isterleri, askıda kalma görevinin gerçekleştirilmesi ve Görev Yükü stabilizasyonun bozulduğu durumda kontrolün tekrar sağlanması için yeterli itkiyi sağlayan bir motor seçilmiş ve bu motorun veri sayfasında (datasheet) uçuş için tavsiye edilen pervaneler arasından APC 6*4'ün kullanılması kararlaştırılmıştır. Bu motor-pervane konfigürasyonunun kullanıldığı Aktif İniş Mekanizması için uygun bir pil seçilerek güç bütçesi oluşturulmuştur.

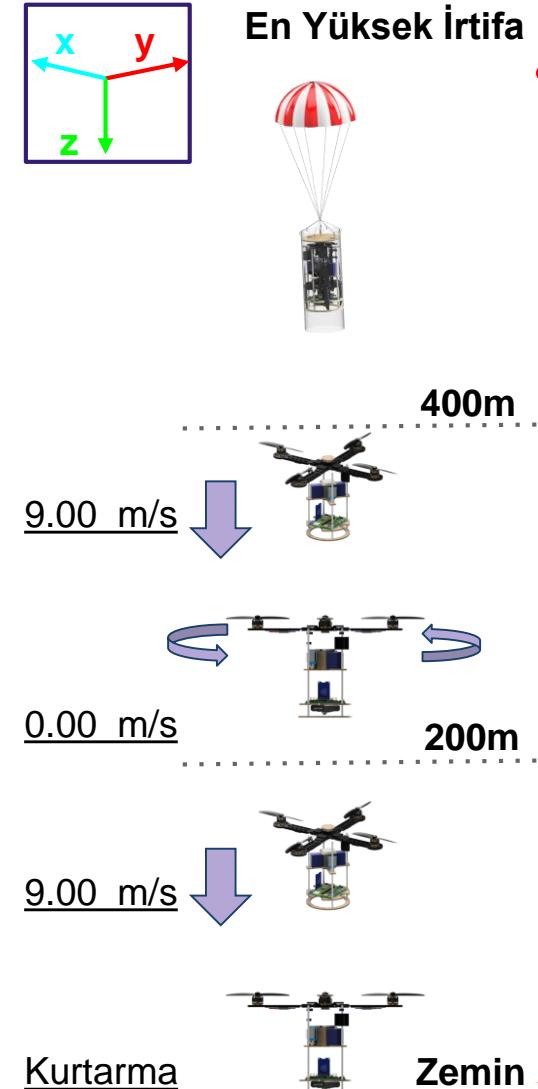
Görev Yükü için iniş hızı tahminleri yapılırken motorun resmi veri sayfası göz önünde bulundurulmuştur. Bunun yanı sıra pervane parametreleri ile itki büyülüğünün bağıntısının fonksiyonu çıkartılmış ve bu fonksiyon testler vasıtasyyla doğrulanmıştır. Aşağıdaki tabloda iniş süresince gerekli olan konfigürasyon bilgileri tablo halinde ifade edilmiştir. Burada oluşan verimlilik farkı RPM'e göre itkinin ikinci dereceden gücün ise üçüncü dereceden bir fonksiyon olmasından kaynaklanmaktadır.

Motor	Ölçüm	Gerilim (V)	Pervane Boyutları	Akım (A)	İtki (G)	Güç (W)	Verimlilik (G/W)	Devir Sayısı (RPM)
MT1806 2280KV	Veri Sayfası	11.1V	APC 6*4	11.3	460	125.4	3.7	15160
	Abbott Fonksiyonları			3.4	204.3	37.25	5.48	10100
				2	140.25	22	6.37	8370



Görev Yükü İniş Hızı Tahmini:

- Görev Yükü, Taşıyıcı'dan ayrıldıktan sonra motorlar çalışana kadar serbest düşüş gerçekleştirecek, ardından uçuş kontrolcüsü motorları çalıştıracaktır.
- Motorlar çalıştıktan sonra iniş sistemi, Görev Yükü'nün ağırlığından fazla itki kuvveti üretecek Görev Yükü'nün hızını 9 m/s'ye kadar yavaşlatacaktır.
- Görev Yükü'nün ağırlığından fazla itki kuvveti üretilerek 200 metre yükseklikte Görev Yükü'nün hızı sıfırlanacak, ardından itki kuvveti büyüklüğü Görev Yükü'nün ağırlığına eşitlenerek irtifa sabitlenecektir.
- Bonus görev tamamlandıktan sonra Görev Yükü'nün tekrar 9 m/s hız ulaşması sağlanacak geriye kalan iniş boyunca da iniş sistemi Görev Yükü'nün ağırlığı kadar itki kuvveti üretecek sabit hızda inişi sağlayacaktır.
- Dört rotorlu-drone tipi iniş sistemi, veri sayfasından alınan değerler göz önüne alındığında maksimum $460\text{g} \times 4 = 1840\text{g}$ itki üretecektir. Bu itki miktarı Görev Yükü'nün yavaşlatılması, durdurulması ve sabit hızlı iniş sağlaması için yeterli bir miktdir.
- Bu itki büyüklüğü iniş sırasında Görev Yükü'nün dış etkenler sebebiyle stabilitesinin bozulması durumunda kontrolün tekrar sağlanması için yeterlidir.

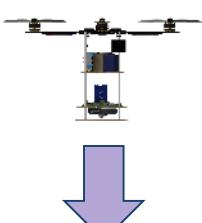


Bonus Görev: Görev yükü 200 (+/- 50) m'de iken 10 saniye askıda kalacak şekilde irtifasını sabitlemelidir. Belirtilen sürenin ardından 8-10 m/s hızla inişine devam etmelidir. Model uydunun yavaşlaması, sabitlemesi ve ardından tekrar iniş hızına ulaşması +/- 50 metre içerisinde gerçekleştirilmelidir.

- Aktif iniş mekanizması motorları seçilirken bonus görev gereksinimleri göz önünde bulundurulmuştur.
- Görev yükü ağırlığı 561 gramken Aktif İniş Mekanizması'nın itkisi 1840 gram büyüğüğe ulaşabilmektedir. Bu büyülükler incelendiği zaman itki/ağırlık oranı yaklaşık 3 olmaktadır. Bu itki görev yükünü istenilen hız seviyesinde tutmak için oldukça yeterlidir.
- Görev yükü bonus görevin gerçekleşeceği irtifaya geldiğinde, uçuş yazılımı basınç sensöründen gelen yükseklik verisiyle irtifa sabitleme statüsüne girecektir. Uçuş yazılımı bu statüdeyken, Pixhawk 4 Mini'nin İrtifa Sabitleme (Loiter) komutu aktif olacak ve Pixhawk 4 Mini, jiroskop ve ivme verilerini kullanarak elektronik hız kontrolcülerine PWM sinyali gönderecektir. Bu aşamalar sayesinde motorların hızları uygun değere ulaşacak ve Görev Yükü'nün irtifa sabitlemesi sağlanacaktır.

İrtifa sabitleme aşaması Uçuş Yazılımı Alt Sisteminde detaylı bir şekilde gösterilmiş ve görselleştirilmiştir.

Görev Yükü'nün yavaşlama süresinin tespit edilmesi için ivme hesabı yapılmıştır.

F_{itki}  $W_{görev \text{ yükü}}$	$G_{motor} == \text{Motor itkisi}$ $F_{itki} = 4 * G_{motor} * g$ $W_{görev \text{ yükü}} = m_{görev \text{ yükü}} * g$	$4 * G_{motor} == \text{Aktif İniş Mekanizması İtkisi}$ $F_{itki} = 1.840 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 18 \text{ N}$ $W_{görev \text{ yükü}} = 0.561 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 5.5 \text{ N}$
	$F_{net} = F_{itki} - W_{görev \text{ yükü}}$	$F_{net} = 18 \text{ N} - 5.5 \text{ N} = 12.5 \text{ N}$
	$a_{görev \text{ yükü}} = \frac{F_{net}}{m_{görev \text{ yükü}}}$	$a_{görev \text{ yükü}} = \frac{12.5 \text{ N}}{0.561 \text{ kg}} = 22.3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

- Hesaplamlalar Aktif İniş Mekanizması'nın en yüksek itki büyüklüğüne göre yapılmıştır. Ancak sistem gerekmemiği taktirde bu büyüklükte bir itkide çalıştırılmayacaktır.
- İrtifa sabitlenmesi için gelecek sürenin 2 saniye olması planlanmaktadır. Bunun sağlanması için 4.5 m/s^2 ivme, dolayısıyla 2.52 Newton net kuvvete ihtiyaç duyulmaktadır. Motor başına 204.6, toplamda 818.3 gram itki oluşturularak irtifa sabitleme rahatlıkla gerçekleştirilecektir.

$$561 \text{ g} * 4.5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 2.52 \text{ N}$$

Görev Yükü'nün 2 saniyede hızının sıfırlanması için gerekli net kuvvet

$$2.52 \text{ N} = (4 * G_{motor} - 561g) * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \rightarrow G_{motor} = 204.6 \text{ g}$$

Görev Yükü'nün 2 saniyede hızının sıfırlanması için gerekli motor itkisi

Kuvvet ve ivme hesaplamaları yapılrken aerodinamik kuvvetler ve sürtünme kuvvetleri göz ardı edilmiştir.

Bonus Görev Süresince Harcanılacak Gücün Hesaplanması

Bonus görev, Görev Yükü'nün yavaşlaması ve irtifanın sabitlenmesi olarak iki süreçten oluşmaktadır.

- Görev Yükü'nün yavaşlatılması bir önceki sayfada göz önüne alınmış ve motor başına 190 g itki ihtiyacı olduğu görülmüştür. Bu itki motorlar tarafından 2 saniye boyunca sağlandığında yavaşlama süreci bitecek ve irtifa sabitlenecektir. Aşağıdaki denklem kullanılarak bu itkiler için gerekli güç değeri İniş Hızı Hesapları bölümünde Verimlilik motor dönüş hızı/itki arttıkça düşmektedir. Bu açıdan bakıldığından hesaplamaların en kötü senaryo düşünülerek yapıldığı söylenebilir.

Bu itki büyüklüğünde yapılan hesaplamalar sonucunda dört motor tarafından çekilen anlık akımın **2 saniye boyunca 3.4*4=13.6 Amper** olduğu görülmüştür. Kullanılacak pilin Güç-Saat oranı ile karşılaştırıldığında bu aşamada tüketilecek güç oranı **%0.71** olmaktadır.

- İrtifa sabitleme görevinin süresi 10 saniyedir. Bunun anlamı 10 saniye boyunca itki büyüklüğünün Görev Yükü ağırlığına eşit olması gerektidir. Motor başına 130 g itki ile bu görev gerçekleştirilebilir. Bu itki büyüklüğü Görev yükü kütlesinin dörtte biri alınarak hesaplanmıştır.

Bu itki büyüklüğünde yapılan hesaplamalar sonucunda dört motor tarafından çekilen anlık akımın **10 saniye boyunca 2*4=8 Amper** olduğu görülmüştür. Kullanılacak pilin Güç-Saat oranı ile karşılaştırıldığında bu aşamada tüketilecek güç oranı **%2.16** olmaktadır.

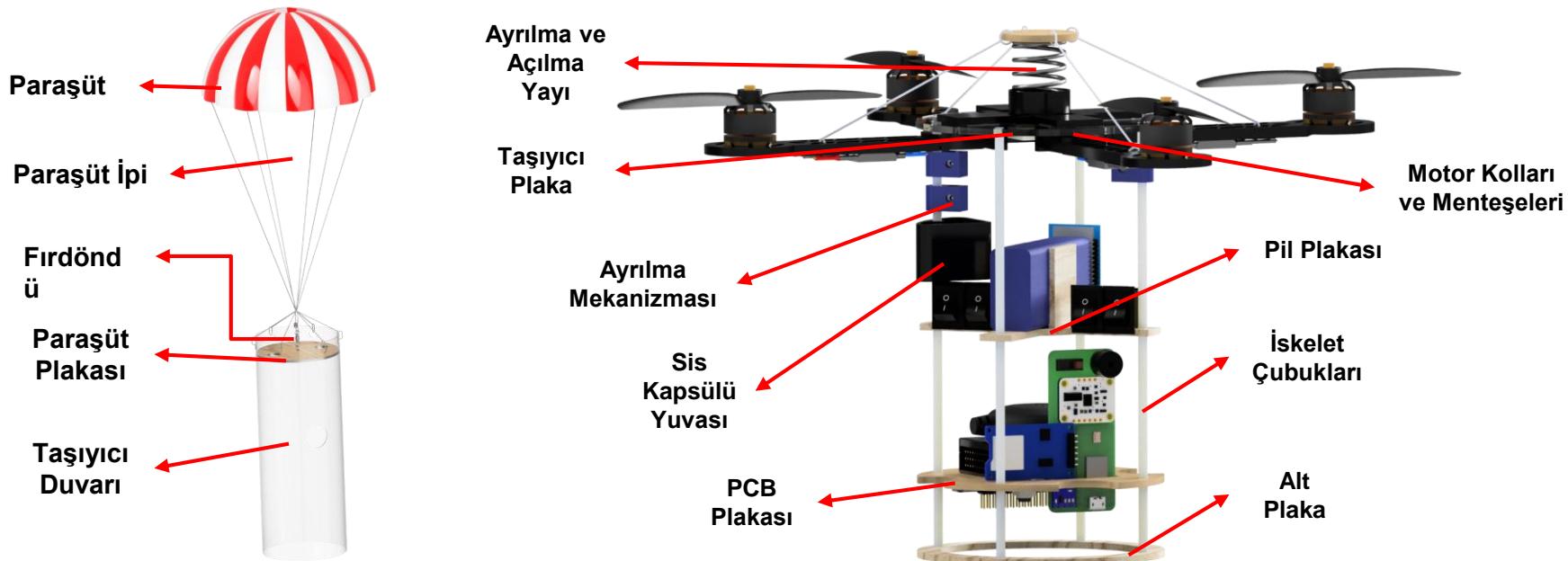
$$Verimlilik = \frac{\text{İtki}}{\text{Güç}}$$

$$Akım = \frac{\text{Güç}}{\text{Gerilim}}$$

Bu oranlar toplandığı zaman bonus görevde kullanılacak güç yüzdesi %2.87 olarak bulunmuştur.

Mekanik Alt Sistemin Tasarımı

Kerem Göktürk ULUTAŞ



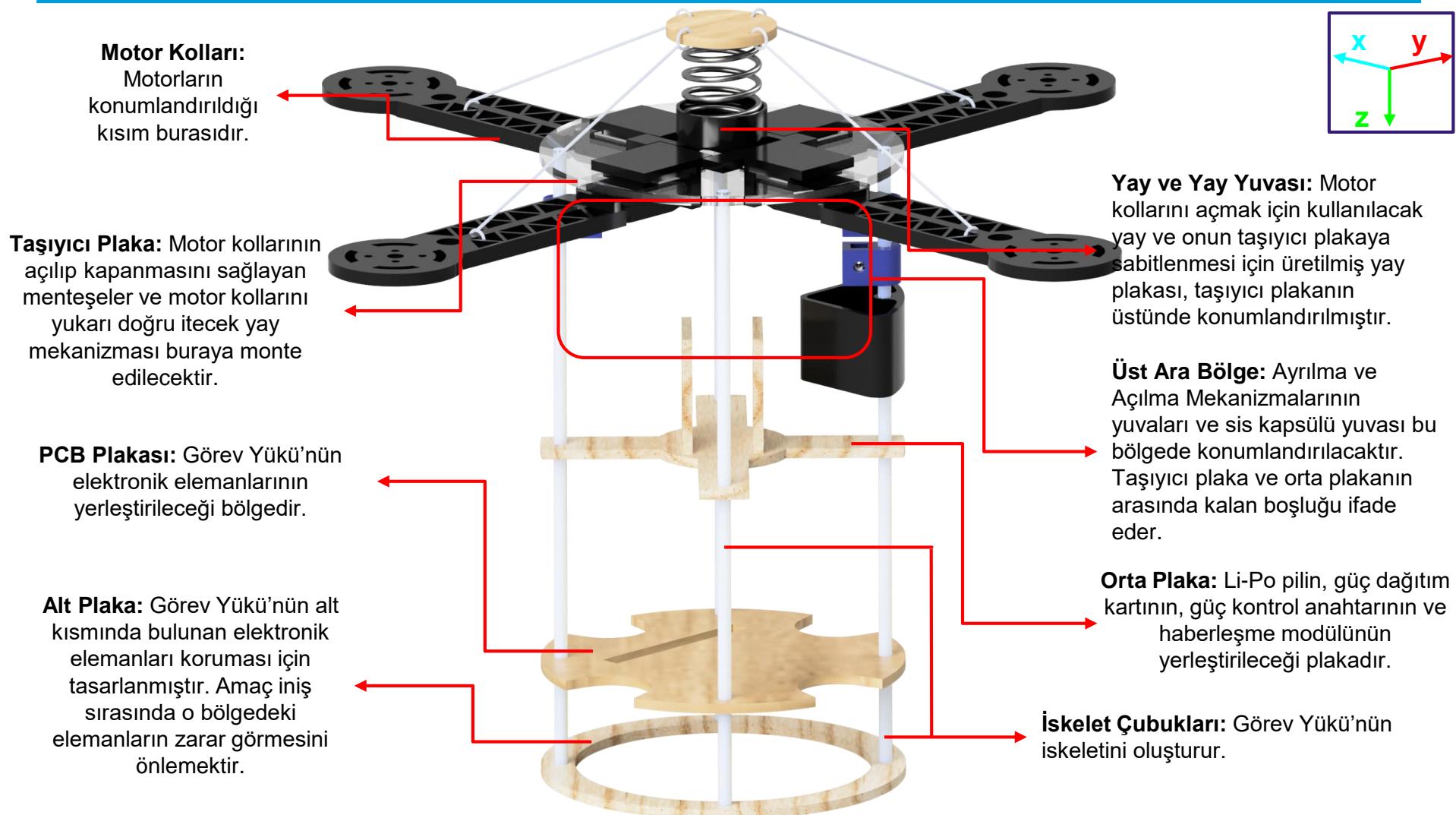
Önemli Yapısal Elemanlar	Kullanılan Malzemeler
Taşıyıcı	Fiberglass Kumaş, Epoksi
Görev Yükü	Fiberglass Çubuklar, PLA, Kontrplak, Plastik Pervane
Paraşüt	30d Nylon 66 Kumaş
Ayrılma Mekanizması	Ni-Krom Tel, Misina, Alüminyum Silikat

Bağlantı Elemanları	Kullanıldığı Yerler
Epoksi Yapıştırıcı	İskelet Parçaları Montajı
Civata & Civata Sabitleyici & Çift Taraflı Bant	PCB ve Diğer Elektronik Elemanlarının Montajı
Firdöndü & Sentetik İp	Paraşüt Montajı
Vida	Motor montajı

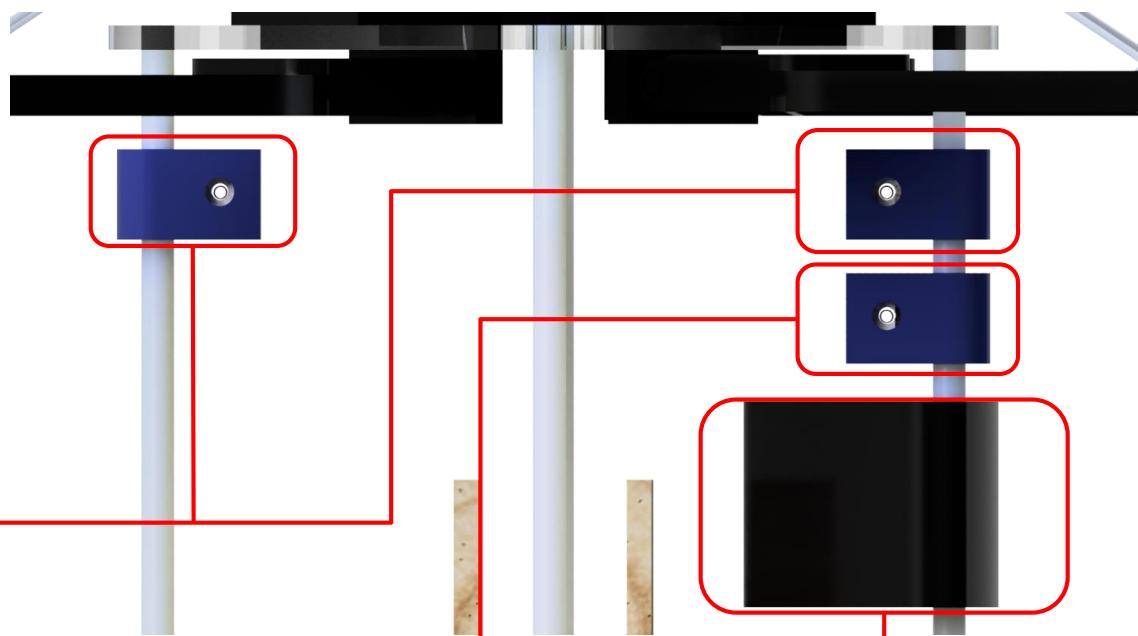
Yapılan Değişiklikler	Nedenleri
Plekxi Tabakanın Tasarımı Değişti	Plekxi plakanın merkezinin, çok fazla kuvvette maruz kaldığından dolayı kolayca kırıldığı gözlemlendi.
Menteşelerin Tasarımı Değişti	Tasarımı değişmiş yeni pleksi plakaya göre adapte edildi.
PCB Plakasının Tasarımı Değişti	PCB' nin son haline uyum sağlaması açısından yüzey boşlukları yeniden tasarlanmıştır.
Ayrılma ve Açılmama Mekanizmalarının Tasarımı Değişti	Nikrom telin sığması için daha büyük boyutlara ihtiyaç duyuldu.

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/ Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
MASG-01	Model uydu, taşıyıcı ve görev yükü olmak üzere iki kısımdan oluşmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	SI-01			✓	✓
MASG-02	Model uydunun ağırlığı 700 +/- 20 gr olmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	SI-02	✓	✓		
MASG-03	Model uydu; 280 mm yükseklik ve 113 mm çap ölçülerinde, silindirik yapıda tasarlanmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	SI-03	✓	✓		✓
MASG-04	Taşıyıcı, hiçbir yere ilişmeyecek/takılmayacak şekilde tasarlanmalı ve görev yükünü koruyacak yapıda üretilmelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	SI-04			✓	✓
MASG-05	400 metre yüksekliğe kadar, model uydu (taşıyıcı + görev yükü) pasif iniş sistemiyle 10-14 m/s hızla inmelidir	Temel Gereksinim	Yüksek	SI-05 İKASG-01	✓	✓		
MASG-06	400 (+/- 10) metre yükseklikte taşıyıcı ile görev yükü bir mekanizma ile otonom olarak ayrılmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	SI-06 EASG-01 UYG-01	✓	✓	✓	

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/ Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
MASG-07	Ayrılma mekanizması için patlayıcılar ve kimyasallar kullanılmamalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	Si-07 MASG-07				✓
MASG-08	Model uydu, bağlantı elemanları ve ekipmanları 10 G şoka dayanacak şekilde seçilmeli veya tasarılanmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	Si-10	✓	✓		
MASG-09	Bütün elektronik donanımlar ve birleşecek mekanik parçalar; konnektör, vida ve yüksek performanslı yapıştırıcılar gibi uygun birleştiriciler kullanılıp sabitlenerek monte edilmelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	Si-11 EASG-04			✓	✓
MASG-10	Model uydunun hasarsız bir şekilde yere inmesi sağlanmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	Si-12 İKASG-03	✓	✓		✓
MASG-11	Görev Yükü'nün açma kapama düğmesi olmalıdır. Bu düğme; Görev Yükü, Taşıyıcı'nın içindeyken bile erişilebilecek şekilde tasarlanmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	Si-24 EASG-07			✓	✓
MASG-12	Görev Yükü taşıyıcıdan ayrıldıktan sonra, atmosferde takibinin net bir şekilde yapılması için sis kapsülü eklenmelidir. Dumanın rengi için kırmızı, turuncu, yeşil veya mor tercih edilmelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	Si-36			✓	✓



Üst Ara Bölgede Bulunan Yapısal Elemanlar:



Ayrılma Mekanizması:
Görev Yükü'nu taşıyıcıdan ayıran mekanizma bu bölgede konumlandırılmıştır. Parçaların içine Nikrom teller ve alüminyum silikat konulacaktır.

Açılma Mekanizması: Motor kollarını bir arada tutan misinayı eritip kolların açılmasını sağlayan mekanizmadır. Ayrılma mekanizmasıyla aynı sistemle çalışmaktadır

Sis Kapsülü Yuvası: Görev Yükü'nün görsel takibi amacıyla kullanılacak sis kapsülü bu bölgeye yerleştirilecektir.

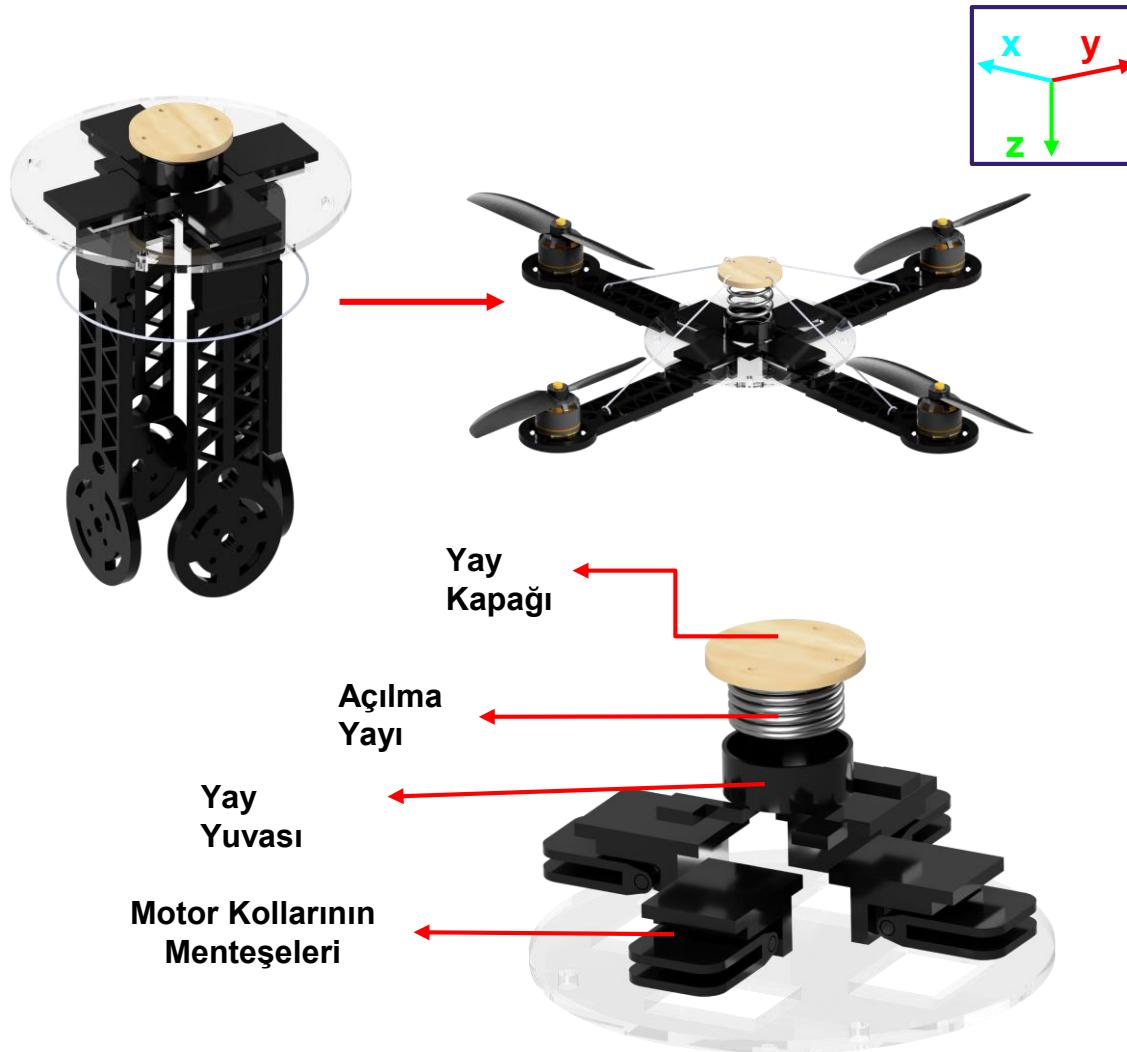
MOTOR KOLLARININ DÜZENİ

- Motor kolları sistemi; motorları sabit tutan 4 koldan, motor kollarının açılıp kapanmasını sağlayan menteşelerden ve motor kollarını yukarı doğru açma görevini icra eden yaydan oluşmaktadır.

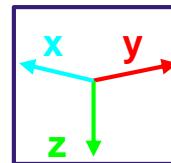
MOTOR KOLLARININ AÇILMASI

- Görev Yükü'nün ayrılması gerçekleştiğinden sonra, iskelet çubuklarından birine monte edilmiş nikrom tel mekanizması, motor kollarını bağlayan misinayı eritecektir.
- Motor kolları, Taşıyıcı'dan ayrılan Görev Yükü'nün Taşıyıcı plakasında bulunan yay sayesinde kendiliğinden açılacaktır.
- Yayın en üstündeki yay kapağının etrafındaki 4 adet deliğe geçirilen misinalar motor kollarına bağlanacak ve böylece yay potansiyel enerjisinin yayın açıldığı anda yaratacağı kuvvetin motor kollarına iletimi sağlanarak motor kollarının açılması sağlanacaktır.

Özetle ayrılma esnasında, başlangıçta sıkıştırılmış biçimde bulunan yay gevşeyerek motor kollarını açmaktadır.



MOTOR KOLLARININ AÇILMA MEKANİZMASININ AŞAMALARI



Görev Yükü, motor kolları misinayla birbirine bağlı şekilde Taşıyıcı'dan ayrılacaktır.

Motor kollarını bağlayan misina, açılma için hazırlanmış Nikrom Tel mekanizması tarafından eritilecek ve motor kolları açılmağa başlayacaktır.

Motor kollarının açılması tamamlanacak ve Aktif İniş Mekanizması çalışacaktır.

GÖREV YÜKÜ'NÜN NERESİNDE HANGİ MALZEMELER KULLANILMIŞTIR?

İskelet Çubukları **fiberglass çubuk** olarak belirlenmiştir.

Fiberglass çubuklar;

- Hafif olması,
- Ağırlığına göre dayanıklı olması nedeniyle tercih edilmiştir.
- Görevi, plakaları belirli bir düzende sabit tutmaktadır.



Görev Yükü'ndeki Plakalar ve Parçalar:

Plakalar ve yay kapağı için toplamda 2 adet malzeme seçilmiştir. **Plexiglass ve kontrplak.**



Kontrplaktan Üretilen Parçalar:

- Orta Plaka
- PCB Plakası
- Alt Plaka
- Yay Kapağı



Plexiglassdan Üretilen Parça(lar):

- Taşıyıcı Plaka

Motor Kolları, Sis Kapsülü Yuvası, Ayrılma Mekanizması Yuvası, Yay Yuvası ve Motor Kollarının Menteşeleri: **PLA (Polilaktik Asit)** kullanılarak 3D yazıcıdan basılacaktır.

- Yukarıda bahsedilen parçalar; bu malzemelerin esnemesine yol açan kuvvetlere daha dayanıklı bir filament olmasından ötürü eSUN marka siyah renkli **PLA** filamentinden üretilecektir.



GÖREV YÜKÜ'NÜN NERESİNDE HANGİ MALZEMELER KULLANILMIŞTIR?

Motor ve Pervaneler 4

adet EMAX MT1806
2280KV Fırçasız Motorda **2**
adet CW, 2 adet CCW
6040 6x4 pervane
kullanılmıştır.



EMAX MT1806



Pervaneler

Ayrılma Mekanizması'nda ve Motor Kollarının Açılmaya Mekanizması'nda kullanılacak olan malzemeler:

- **Nikrom tel**
- **Misina**
- **Alüminyum Silikat**
- **PLA (Polilaktik Asit)**

olarak seçilmiştir. Nikrom telin diğer metallere göre iletkenliğinin düşük olması sayesinde üzerinden geçecek akım, teli ısıtarak misinanın erimesi sağlanacaktır. Alüminyum silikat ise yüksek öz ısısı sayesinde nikrom telin sıcaklığından dolayı uyduya zarar vermesini önleyecektir.



Nikrom Tel



PLA



Misina

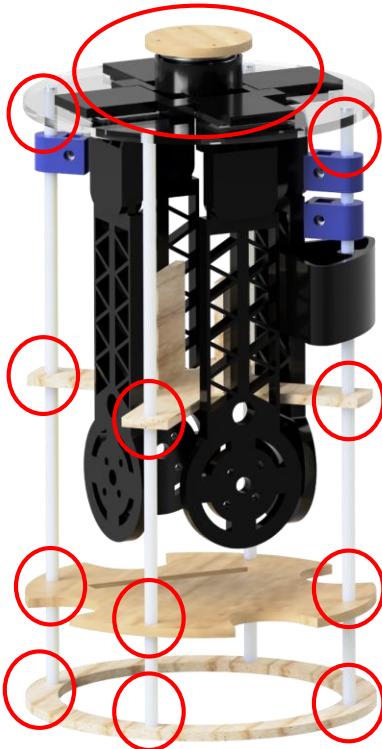


Alüminyum Silikat

GÖREV YÜKÜNÜN BAĞLANTI ELEMANLARI

EPOKSI YAPIŞTIRICI

- Görev Yükü iskeletinin (plakalar ve çubuklar) ve motor kollarının bağlantıları bu malzemeyle yapılacaktır.
- En güvenilir yapıştırıcı türlerinden biridir ve Model Uydu'nun sağlamlığına katkı sağlar.



VİDA: Motor montajının yapılacağı malzemedenir.

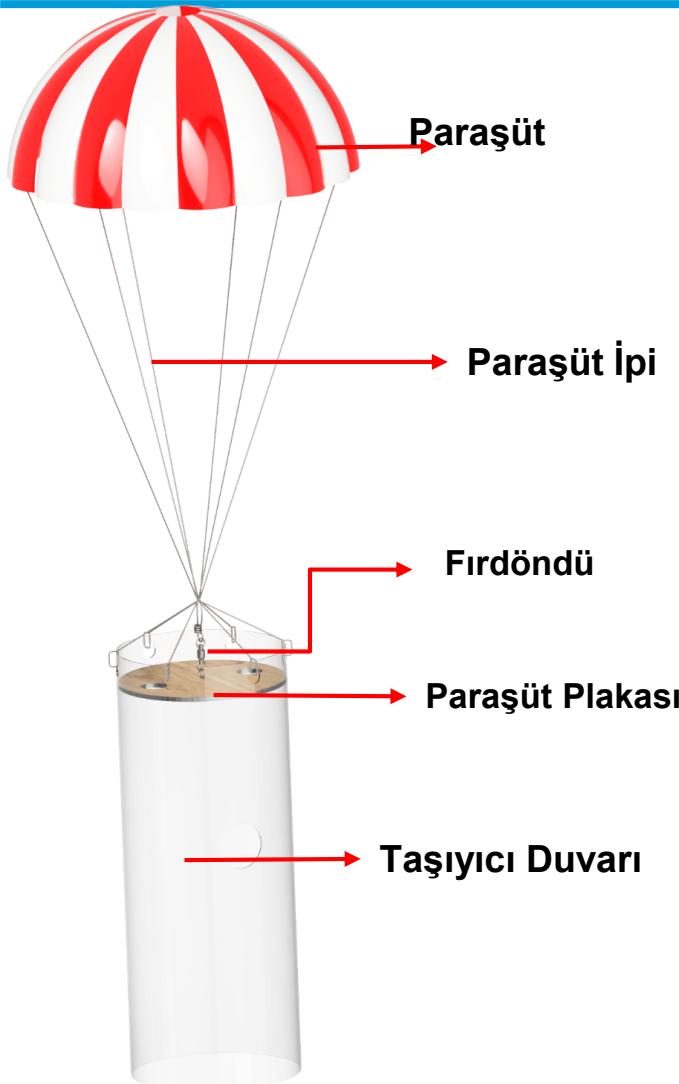


CİVATA / CİVATA SABİTLEYİCİ / ÇİFT TARAFLI BANT

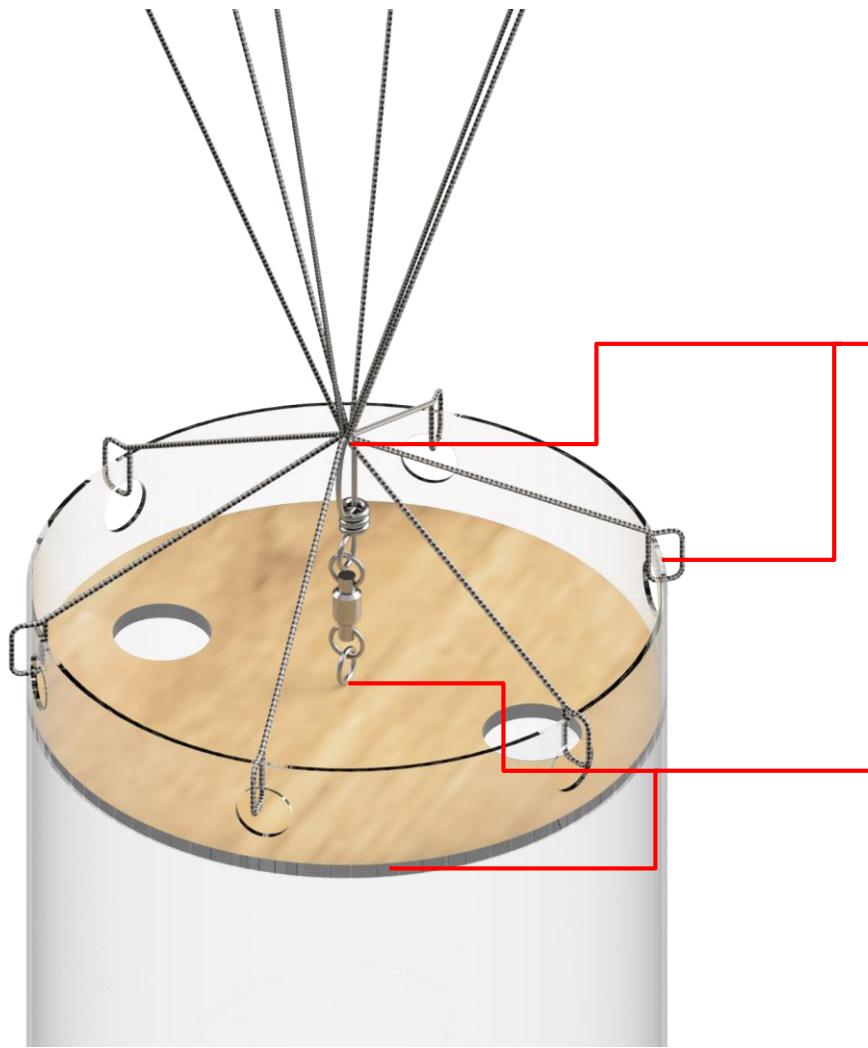
PCB ve diğer elektronik elemanlarının montajı için civatalar ve çift taraflı bant kullanılacaktır ve civata sabitleyici sayesinde de civatanın yerinden çıkmaması sağlanacaktır.





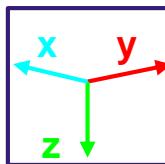


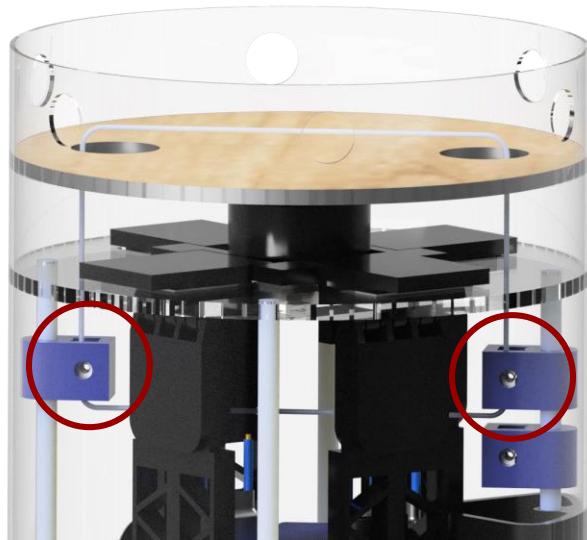
Komponent	Kullanılacak Malzeme	Malzeme Tanımı
Taşıyıcı Duvarı	Fiberglass Kumaş, Epoksi	1 m ² si 86 gram olan fiberglass kumaş, taşıyıcı kalıbında epoksi ilave edilerek sertleştirilmiştir. Desensiz sık örgülü kumaş kullanılmıştır.
Paraşüt	3d Nylon 66 Kumaş	1 m ² si 66g olan paraşüt yüksek mukavemete sahiptir ve suya dayanıklıdır. Ayrıca aşınma direnci de yüksektir.
Paraşüt İpi	Sentetik İp	Yüksek mukavemete sahip nem çekmez, termofiks edilebilir bir iptir.
Paraşüt Plakası	Konrplak Levha	3 mm kalınlığında sıkıştırılmış kavak konrplak seçilmiştir.
Fırdöndü	Metal Halkalar	Üç uca eklenmiş serbest bir düzlemede iki halka birbirlerinin dönmesini engellemektedir.



Düğüm: Paraşüt ipleri bağlantıları düğüm atılarak sağlanacaktır.

Epoksi Yapıştırıcı: Paraşüt plakasının Taşıyıcı'ya yerleştirilmesinde ve firdöndünün bağlandığı metal halkanın paraşüt plakasına montajında epoksi yapıştırıcı kullanılacaktır.



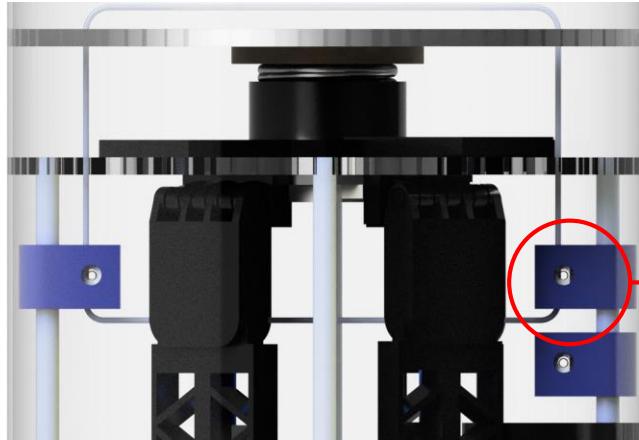


Ayrılma Mekanizması:

- Motor plakasının alt bölgesinde, iskelet çubuklarına yerleştirilmiş yuvalara Nikrom teller yerleştirilir.
- Yerleştirilen Nikrom tellerin ayrılma devresine elektronik bağlantıları yapılır.
- Misinalar ise bu yuvalardan geçirilerek Görev Yükü'yle Taşıyıcı bağlanmış olur.
- Ayrılma zamanı geldiğinde Ayrılma Mekanizması'ndan gelen elektrik akımı Nikrom telleri ısıtarak misinayı eritir ve Görev Yükü serbest kalarak aşağı düşmeye başlar.

Avantajları:

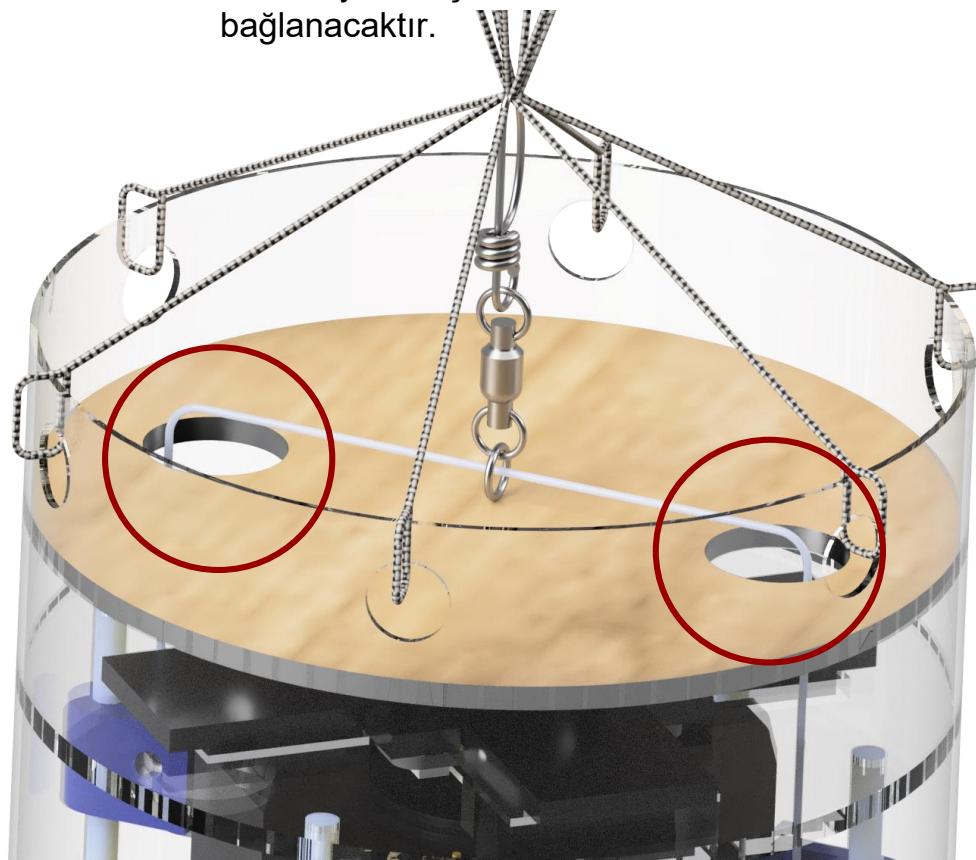
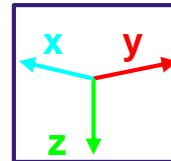
- Bu sistem, misinanın bağlantısını büyük ölçüde kolaylaştırır ve zaman kazandırır. Ayrıca Ayrılma Mekanizması'nın oldukça küçük bir alana sığdırılmasını da mümkün kılar.

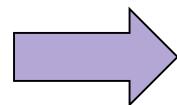


Yakın Görünüm

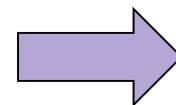
Taşıyıcı'yla Görev Yükü'nün Montaj Yöntemi:

- Taşıyıcı'yla Görev Yükü, Ayrılma Mekanizması'nda kullanılan misina vasıtayıyla sıkıştırılarak birbirine bağlanacaktır.





Adım 1: Model Uydu bir bütün halinde roketten çıktıktan sonra Görev Yükü ile Taşıyıcı Ayrılma Mekanizması'yla birbirinden ayrılacaktır.



Adım 2: Görev Yükü Taşıyıcı'dan ayrıldıktan sonra serbest kalacak, belli bir süre sonra ise motor kolları, mekanizmayla açılacak ve Görev Yükü tamamen bağımsız hale gelecektir.



Komponentler	Ağırlıkları (g)	Hata Payı (g)	Kesinlik Bilgisi
İskelet	74	3.7	Tahmini
4 Adet Pervane	16	0.8	Tahmini
Teensy 4.0	7	-	Kesin
PixHawk 4 Mini	37.2	-	Kesin
Raspberry Pi Zero W	9	-	Kesin
Kamera	3	-	Kesin
Elektronik Sensörler	20.6	-	Kesin
x2 SD Kart ve SD Kart Modülü	5	-	Kesin
4x Emax MT1806 Fırçasız Motor	72	-	Kesin
Li-Po Pil ve Görev Yükü Devresi Pili	127 + 39.24	-	Kesin
4x Hız Kontrolü Sürücü Devresi	28	-	Kesin
Güç Dağıtım Kartı	7	-	Kesin
XBee ve Anten	16.5	-	Kesin
Devre Kartı	10	0.5	Tahmini
Bağlantı Elemanları	20	1	Tahmini
Sis Bombası + Kapsülü	20		Kesin
3x Ayrılma Mekanizması	10	0.5	Tahmini
Aktif İniş Sistemi Anahtarları (x4)	40	2	Tahmini

**Görev Yükü Toplam
Ağırlığı (g)**

561.54 (± 8.5) g

**NOT: Tahmini veriler için
hata payı oranı %5'tir!**

Komponentler	Ağırlıkları (g)	Hata Payı (g)	Kesinlik Bilgisi
Taşıyıcı	120	6	Tahmini
Paraşüt	13	-	Kesin
Paraşüt İpi	5	-	Kesin
Fırdöndü	3	0.15	Tahmini

Taşıyıcının Toplam Ağırlığı (g)

141 (± 6.15) g

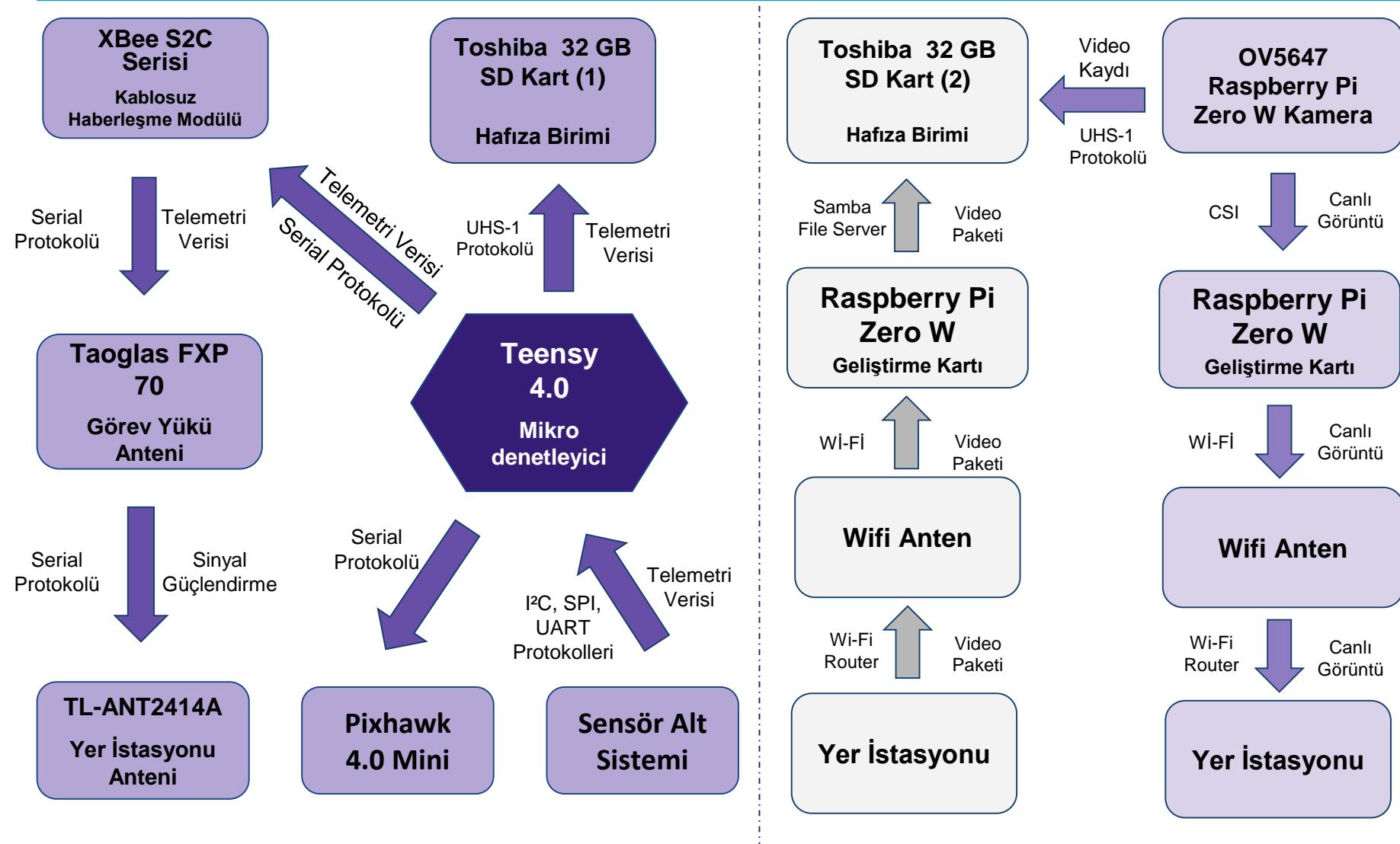
Taşıyıcı ve Görev Yükü Toplam Ağırlığı (g)

702.54 (± 14.65) g

NOT: Tahmini veriler için hata payı oranı %5'tir!

Haberleşme ve Veri İşleme Alt Sisteminin Tasarımı

Sıla Kara



Değişiklik Yapılmamıştır!

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
HAVIG-01	Görev yükü uçuş süresince; sıcaklık, basınç, yükseklik, iniş hızı, konum, pil gerilimi ve eksen verilerini toplamalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	Si-13 SASG-03 UYG-04	✓	✓		
HAVIG-02	Model uydu ölçüdüğü verileri, sürekli bir şekilde ve verilen telemetri formatına uygun paketler halinde yer istasyonuna her saniye (1 Hz) göndermelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	Si-14 UYG-03 YIG-01		✓		✓
HAVIG-03	Telemetri paketi, görev zamanını içermelidir. Görev süresince, işlemcinin yeniden başlaması durumunda bile, zaman verisi korunmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	Si-15 UYG-06		✓		✓
HAVIG-04	Telemetri verileri aynı zamanda uydu içinde yer alan bir SD karta da yazdırılmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	Si-17 UYG-08		✓	✓	✓

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
HAVIG-05	Görev yükü üzerinde, yere bakan bir kamera olmalıdır. Kamera görüntülerini tüm uçuş süresince bir SD karta video olarak kayıt edilmelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	Si-18 SASG-05 UYG-09	✓	✓	✓	✓
HAVIG-06	Kamerası yeryüzüne bakan model uydu, görev süresince (sistem çalışmaya başladığı andan itibaren) video görüntüsünü yer istasyonuna göndermelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	Si-19 YIG-02	✓	✓	✓	✓
HAVIG-07	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 bilgi gösterilmelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	Si-22 UYG-10 YIG-03	✓	✓		✓

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
HAVIG-08	Ayrılmama durumunda, yer istasyonundan gönderilen komutla ayrılma gerçekleştirilmelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	Sİ-23 YIG-04	✓	✓	✓	
HAVIG-09	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.	Temel Gereksinim	Yüksek	Sİ-26 UYG-11 YIG-05	✓	✓		✓
HAVIG-10	Görev yükü yere indiğinde, kurtarma ekibi tarafından bulunana kadar sesli ikaz vermelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	Sİ-27 UYG-12	✓	✓		✓
HAVIG-11	Telemetri verilerini ve görüntüsünü yer istasyonuna göndermek için kablosuz haberleşme modülleri kullanılmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	Sİ-29			✓	✓

Seçilen Görev Yükü İşlemcisi : Teensy 4.0

Model	İşlemci Hızı	Haberleşme Arayüzü - Sayısı	Çalışma Gerilimi	Çalışma Akımı	Hafıza Birimi ve Boyutu	Fiziksel Boyutu	Kütle	Fiyat	Temin Edildiği Yer
Teensy 4.0	600 MHz	I ² C - 3 SPI - 3 Serial - 7	3.3 V - 5 V	100 mA	1984 KB - Flash 1024 KB - RAM 1 KB - EEPROM	36.8 mm x 18 mm x 4.6 mm	2.8 g	480 ₺	Yurt dışı

- Ağırlık olarak çok hafiftir.
- Boyutları oldukça küçük olduğundan fazla yer kaplamaz.
- İşlemci hızı çok yüksektir.
- Arduino IDE ile uyumludur.
- Pin sayısı kullanılacak komponentler için yeterlidir.
- Görev için gerekli hafıza boyutuna sahiptir.
- Çalışma gerilimi kullanılan regülatörler için uygundur.



Seçilen Hafıza Birimi: Toshiba Micro 32 GB SD Kart

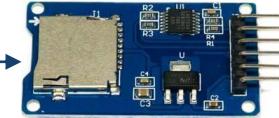
Hafıza Birimi	Haberleşme Arayüzü	Çalışma Gerilimi	Çalışma Akımı	Hafıza Boyutu	Fiziksel Boyutu	Kütle	Fiyat	Temin Edildiği Yer
Toshiba Micro 32 GB SD Kart	UHS-1	2.7 V - 3.6 V	100 mA	32 GB	15 mm x 11 mm x 1 mm	0.4 g	35 ₺	Yurt içi

- Boyutu küçüktür.
- Hafıza boyutu görev için yeterlidir.
- Çok hafif bir SD karttır.
- Çalışma gerilimi kullanılan işlemci ile uyumludur.
- Canlı görüntüyü uçuş süresi boyunca kayıt edebilecek yeterli hafızaya sahiptir.

SD Kart 1



SD Kart Adaptörü



SD Kart 2



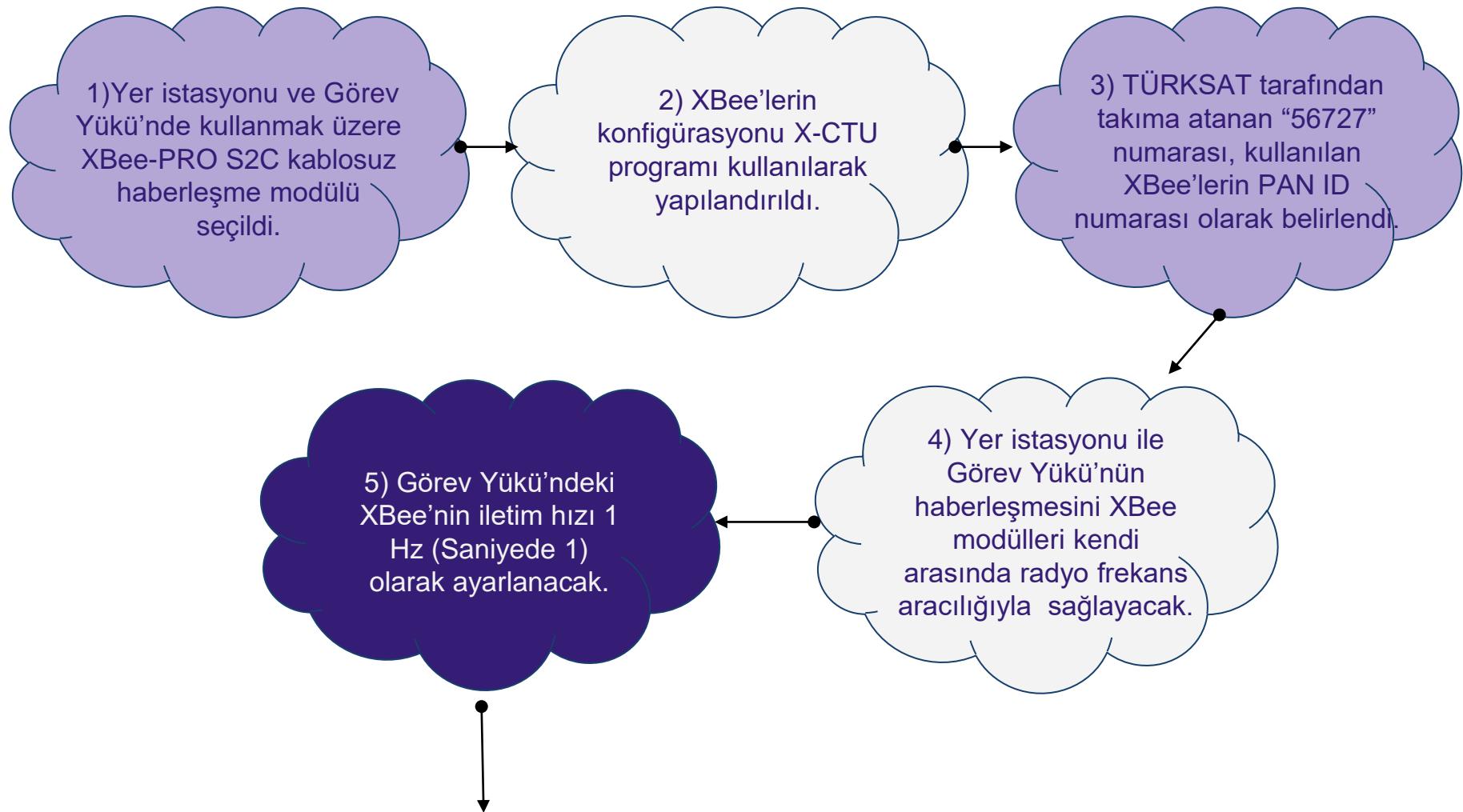
Raspberry Pi Zero W



Seçilen Gerçek Zamanlı Saat: Teensy 4.0 Osilatörü

Model	Çalışma Gerilimi	Çalışma Akımı	Boyutlar ve Kütlesi	Hassasiyeti	Donanımsal / Yazılımsal	Telemetri Verisi Örneği	Fiyat
Teensy 4.0 Osilatörü	3.3 V	21 mA	İşlemciye dahil	± 2.5 ppm	Yazılımsal	15/07/2021 - 12:05:36	İşlemciye dahil

- İşlemci olarak Teensy 4.0 kullanıldığından işlemcinin halihazırda bünyesinde bulunan gerçek zamanlı saat tercih edilmiştir.
- Çok az akım çekmektedir.
- Yüksek hassasiyete sahiptir.
- Çalışma gerilimi kullanılacak olan yükseltici regülatör ile uyumludur.
- Devrede ek bir ağırlık ve hacim oluşturmaz.
- Teensy 4.0'a dahil olduğundan ek bir maliyeti yoktur.





6) Telemetri verilerinin alınmasını sağlayan yer istasyonundaki XBee, "koordinatör (coordinator)" olarak belirlendi.

7) Koordinatör XBee ile iletişim kurarak verilerin aktarılmasını sağlayan Görev Yükü'ndeki XBee, "bitiş noktası (end point)" olarak belirlendi.

10) Wi-Fi kapsama alanını artırmak amacıyla kullanılan Wi-Fi Router yardımıyla aktarılacak olan video paketi, Samba File Server aracılığıyla 2. hafıza birime kaydedilecektir.

9) TÜRKSAT tarafından sağlanacak olan video paketi, yer istasyonundan Görev Yükü'ne Raspberry Pi Zero W ile Molex 2069940100 anteni aracılığıyla Wi-Fi üzerinden gönderilecektir.

8) Uçuşun başladığı andan itibaren telemetri verileri Görev Yükü'nden yer istasyonuna gönderilecek ve veriler aynı zamanda Görev Yükü'ndeki 1. hafıza birimine kaydedilecektir.

XBEE KONFIGÜRASYON ARAYÜZÜ

XCTU

XCTU Working Modes Tools Help

Radio Modules

- Name: Apis 10B-1
Function: 802.15.4 TH PRO
Port: COM3 - 9600/8/N/1/N - AT
MAC: 0013A200410A4EBF
- Name: Apis 10B-2
Function: 802.15.4 TH PRO
Port: COM6 - 115200/8/N/1/N - AT
MAC: 0013A20041BC8B33

Radio Configuration [Apis 10B-1 - 0013A200410A4EBF]

Product family: XBP24C Function set: 802.15.4 TH PRO Firmware version: 2003

Networking & Security

Modify networking settings

i CH Channel	C	
i ID PAN ID	2244	
i DH Destination Address High	0	
i DL Destination Address Low	5678	
i MY 16-bit Source Address	1234	
i SH Serial Number High	13A200	
i SL Serial Number Low	410A4EBF	
i MM MAC Mode	802.15.4 + MaxStream header w/ACKS [0]	
i NP Maximum Packet Payload Length	6C	
i RR XBee Retries	0	
i RN Random Delay Slots	0	
i NT Node Discover Time	19	x 100 ms
i NO Node Discover Options	0	Bitfield
i TO Transmit Options	0	Bitfield
i C8 802.15.4 Compatibility	0	Bitfield
i CE Coordinator Enable	Coordinator [1]	
i SC Scan Channels	1FFE	Bitfield
i SD Scan Duration	4	exponent
i A1 End Device Association	0	Bitfield
i A2 Coordinator Association	0	Bitfield
i AI Association Indication	0	
i EE AES Encryption Enable	Enable [1]	

Haberleşme Sisteminin Çalışma Fazları

- Model Uydu, yer istasyonunda kullanılacak haberleşme modülü olan XBee S2C pro'nun XCTU yazılımı kullanılarak yapılandırılır.
- Model Uydu üzerinde bulunan ve yer istasyonunda kullanılan XBee'lerin bağlantıları yapılır.
- Telemetri verileri XBee'ler aracılığıyla aktarılır.
- Yer istasyonu antenine gelen veriler serial protokolünden yer istasyonu bilgisayarına aktarılır ve yer istasyonu yazılımı arayüzünde gösterilir.
- Çift haberleşme durumunda Motor tahriki için yer istasyonu arayüzünden “Motor Test” butonu ile serial port üzerinden XBee'ler aracılığıyla motorların çalışması test edilir.
- Manuel olarak ayrılma için yer istasyonu arayüzünden Model Uydu'ya serial protokolü üzerinden XBee'ler aracılığıyla ayrılma komutu gönderilir.

Telemetri Verisi Aktarımı için Seçilen Anten: Taoglas FXP70

Model	Bağlantı Tipi	Frekans	Yön	Kazanç	Çekim Mesafesi	VSWR	Boyutlar	Kütle	Fiyat	Temin Edildiği Yer
Taoglas FXP70	u.FL	2.4GHz	Her Yöne	5 dBi	~ 3 km	1.5:1	27 mm x 25 mm x 0.08 mm	1.2 g	28 ₺	Yurt dışı

- Çok hafif bir antendir.
- Boyutu oldukça küçüktür.
- Fiyat bakımından oldukça avantajlıdır.
- Seçilen XBee ile uyumludur.
- Kazancı yüksektir.
- Kurulumu için herhangi bir yazılıma ihtiyaç duymaz.
- Voltaj Dalga Oranı (VSWR) küçük olduğundan güç kaybı daha azdır.
- Çekim mesafesi görev için yeterlidir.



Not: Çekim mesafesi 101 sayfasında hesaplanmıştır.

2 Boyutta İşinim Deseni

XY Düzlemi

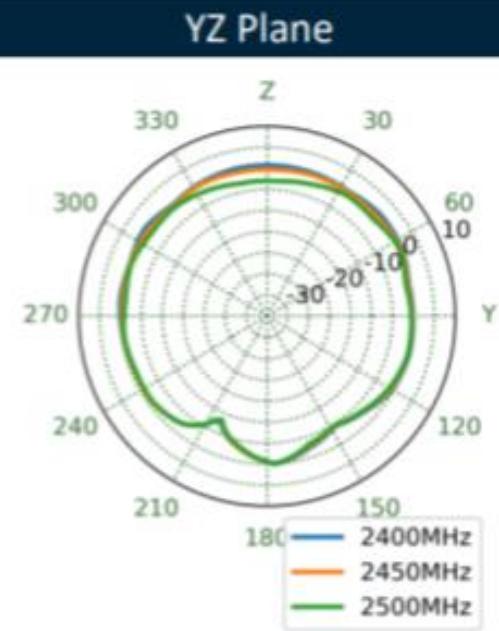
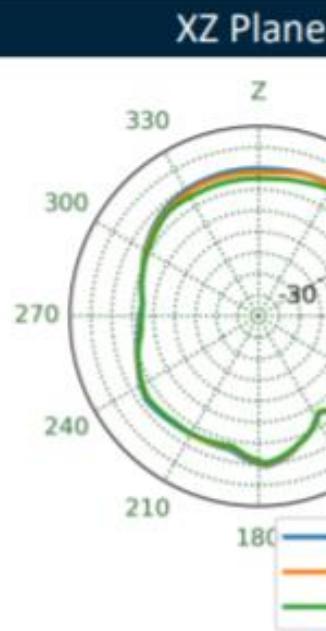
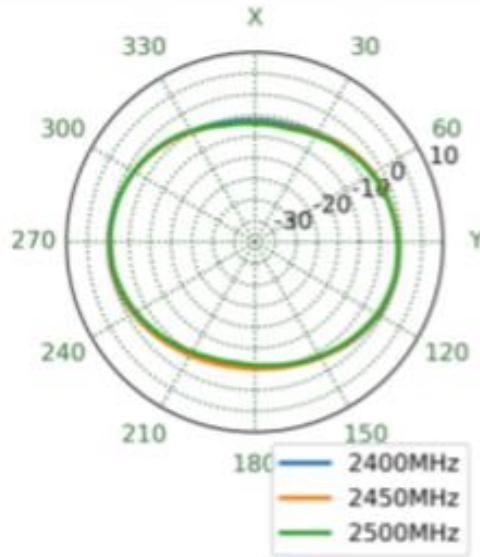
XZ Düzlemi

YZ Düzlemi

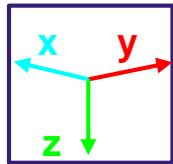
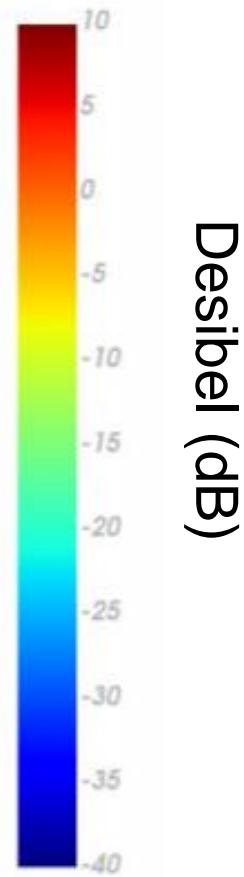
XY Plane

XZ Plane

YZ Plane



3 Boyutta Işınım Deseni



Anten Çekim Mesafesi Hesabı

- Bir antenin çekim mesafesi antenin gücüne, kazancına ve antenler arasında oluşan kayıplara bağlıdır.

Anten Çekim Mesafesi Formülü

$$P_{RX} = P_{TX} + G_{TX} + G_{RX} - L_{TX} - L_{FS} - L_P - L_{RX}$$

P_{RX} = Elde edilen güç (dBm)

P_{TX} = Verici çıkış gücü (dBm)

G_{TX} = Verici anten kazancı (dBi)

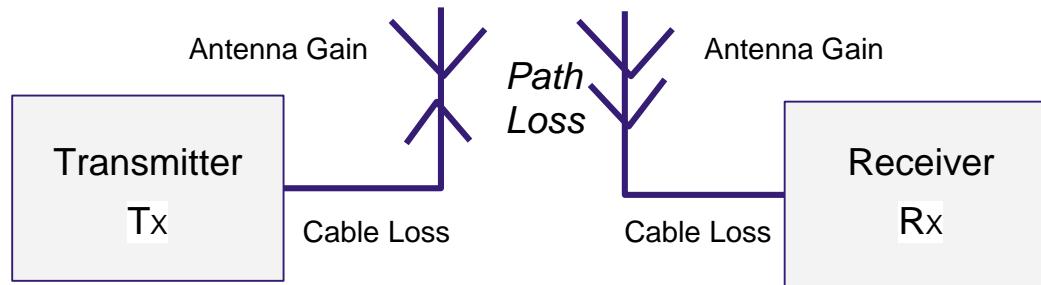
G_{RX} = Alıcı anten kazancı (dBi)

L_{TX} = Gönderim besleyici ve buna bağlı kayıplar (dB)

L_{FS} = Boşluk kaybı veya yol kaybı (dB)

L_P = Çeşitli sinyal yayılım kayıpları (dB)

L_{RX} = Alıcı besleyici ve buna bağlı kayıplar (dB)



$$LFS \text{ (Boşluk Kaybı)} \quad = \quad 20 \log_{10} (d) + 20 \log_{10}(f) + 20 \log_{10} \frac{4\pi}{c} - G_{TX} - G_{RX}$$

d = mesafe
 f = frekans
 c = ışık hızı
 π = 3.14

P_{RX} , P_{TX} , G_{TX} , G_{RX}
 değerleri antenlerin
 datasheet'inden
 alınmıştır.

Taoglas FXP70 Anteninin Çekim Mesafesi Hesabı

- Gönderici çıkış gücü = 18 dB
- G_{TX} (Verici anten kazancı) = 5 dBi (boşluk kaybı formülünde kullanılmıştır.)
- G_{RX} (Alıcı anten kazancı) = 14 dBi (boşluk kaybı formülünde kullanılmıştır.)
- XBee alıcı hassasiyeti = -102 dBm
- Çeşitli sebeplerden dolayı güç kaybı = 5 dB (tahmini)

Tahmini maksimum iletim mesafesi = 3 km

Taoglas FXP70 frekansı = 2.4 GHz

Boşluk kaybı (LFS) mesafe 3 km ve frekans 2.4 GHz alınarak anten çekim mesafesi hesabı sayfalarında gösterilen formül ile hesaplanarak 90.59 dB bulunmuştur.

$$P_{out} = 18 - 5 - 90.59 = -77.59$$

Pout -77.59 dBm olarak hesaplanmıştır. $-77.59 \text{ dBm} > -102 \text{ dBm}$ olduğundan tolerans -24.41 dBm olup yeterlidir.

Canlı Görüntü ve Video Paketi Aktarımı için Seçilen Anten: Molex 2069940100

Model	Bağlantı Tipi	Frekans	Yön	Kazanç	Çekim Mesafesi	Boyutlar	Ağırlık	Fiyat	Temin Edildiği Yer
Molex 2069940100	u.FL	2.4/5 GHz	Her Yöne	3.6 dBi	~ 2 km	100 mm x 6.4 mm x 15.4 mm	0.5 g	14 ₺	Yurt dışı

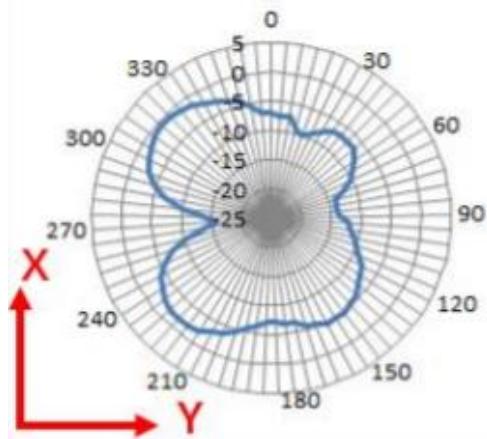
- Kazancı yüksektir.
- Boyut olarak çok küçüktür.
- Kullanılacak olan Raspberry Pi Zero W ile uyumludur.
- Çekim mesafesi hesaplamalara göre geniş olduğundan gelen sinyalleri yakalama becerisi daha yüksektir ve görev için yeterlidir.
- Çok hafif olmasından dolayı kütle bütçesine yarar sağlamaktadır.
- Kurulumu için herhangi bir yazılıma ihtiyacı yoktur.
- Maliyet bakımından oldukça ucuzdur.



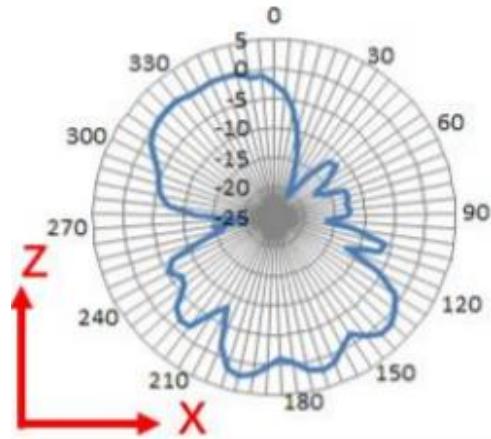
Not: Çekim mesafesi 105 sayfasında hesaplanmıştır.

2 Boyutta Işınım Deseni

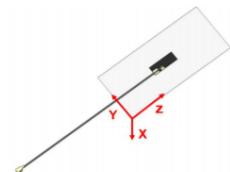
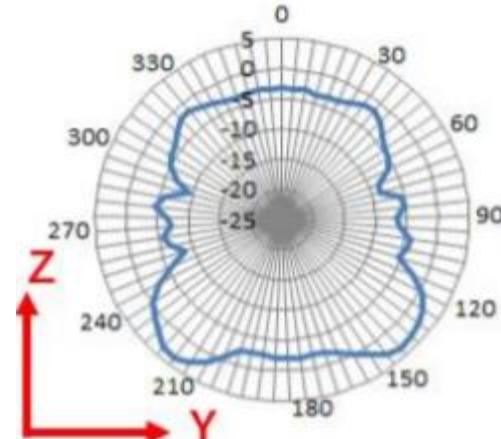
XY Düzlemi
2450MHz



XZ Düzlemi
2450MHz

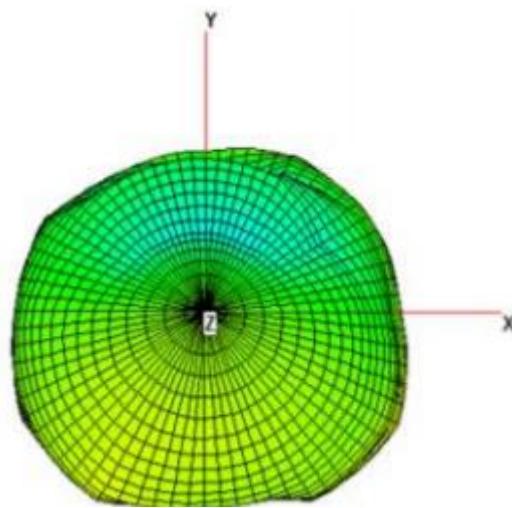


YZ Düzlemi
2450MHz

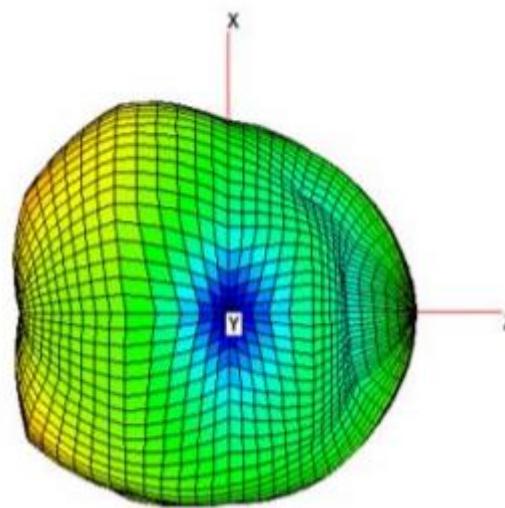


3 Boyutta İşnim Deseni

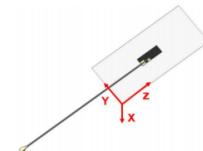
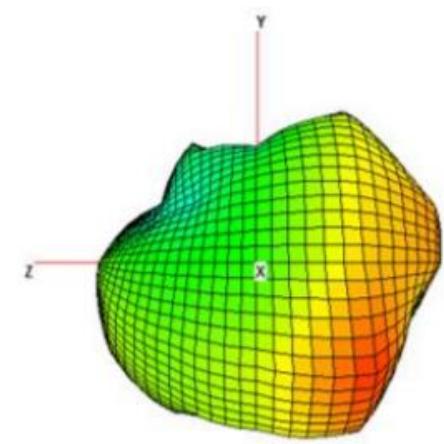
XY Düzlemi
2450MHz



XZ Düzlemi
2450MHz



YZ Düzlemi
2450MHz



Molex 2069940100 Anteninin Çekim Mesafesi Hesabı

- Gönderici çıkış gücü = 3.6 dB
- G_{TX} (Verici anten kazancı) = 16 dBi (boşluk kaybı formülünde kullanılmıştır.)
- G_{RX} (Alıcı anten kazancı) = 22 dBi (boşluk kaybı formülünde kullanılmıştır.)
- Raspberry Pi Zero W alıcı hassasiyeti = - 80 dBm
- Çeşitli sebeplerden dolayı güç kaybı = 5 dB (tahmini)

Tahmini maksimum iletim mesafesi = 2 km

Molex 2069940100 frekansı = 2.4 GHz

 Boşluk kaybı (LFS) için mesafe 2 km ve frekans 2.4 GHz alınarak anten çekim mesafesi hesabı sayfalarında gösterilen formül ile hesaplanarak 68.06 dB bulunmuştur.

$$P_{out} = 3.6 - 5 - 68.06 = - 69.46$$

Pout -69.46 dBm olarak hesaplanmıştır. $-69.46 \text{ dBm} > -80 \text{ dBm}$ olduğundan tolerans -10.54 dBm olup yeterlidir.

Verinin Boyutu	Verinin Formatı	Verinin Açıklaması	Verinin Örneği
2 Byte	<TAKIM NO>	Takım numaramız “56727“ olarak belirlendi.	56727
2 Byte	<PAKET NUMARASI>	Gönderilen her bir telemetri paketine atanın numaradır.	13
6 Byte	<GÖNDERME SAATİ>	Gün/Ay/Yıl, Saat/Dakika/Saniye şeklindeki gerçek zamanlı saat verisidir.	21/09/2021 - 13:47:51
4 Byte	<BASINÇ>	Ölçülen atmosferik basınç değeridir.	10105.3
4 Byte	<YÜKSEKLİK>	Görev yükünün uçuşa başladığı noktadan yüksekliğidir. Birimi metredir.	60.3
4 Byte	<İNİŞ HIZI>	İniş hızı verisidir. Birimi m/s'dir.	9.2
4 Byte	<SICAKLIK>	Ölçülen sıcaklık verisidir. Birimi C derecedir.	33.7
4 Byte	<PİL GERİLİMİ>	Pilin gerilimini gösterir. Birimi V'dir.	3.81
4 Byte	<GPS LATITUDE>	Görev yükünün enlemsel konumudur.	29.46723

Verinin Boyutu	Verinin Formatı	Verinin Açıklaması	Verinin Örneği
4 Byte	<GPS LONGITUDE>	Görev yükünün boyolamsal konumudur.	43.91265
4 Byte	<GPS ALTITUDE>	Görev yükünün GPS'ten alınan yükseklik verisidir.	245.19
6 Byte	<UYDU STATÜSÜ>	Model uydunun görev süresince içinde bulunduğu durumu gösteren anlamlı bilgilerdir.	Yükselme
4 Byte	<PITCH>	Pitch eksenindeki birimi derece olan eğim açısıdır.	6.5
4 Byte	<ROLL>	Roll eksenindeki birimi derece olan eğim açısıdır..	0.7
4 Byte	<YAW>	Yaw eksenindeki birimi derece olan eğim açısıdır.	23.9
2 Byte	<DÖNÜŞ SAYISI>	İniş süresince Görev Yükü'nün yaw eksenindeki dönüş sayısıdır.	11
6 Byte	<VİDEO AKTARIM BİLGİSİ>	Uçuş esnasında yer istasyonundan gönderilen video paketinin kayıt edilip edilmediğinin bilgisidir.	Evet



Telemetri
Veri
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>



56727, 13, 16/09/2021 - 13:47:51, 10105.3, 60.3, 9.2, 33.7, 3.81, 29.46723,
43.91265, 245.19, Yükselme, 6.5, 0.7, 23.9, 11, Evet

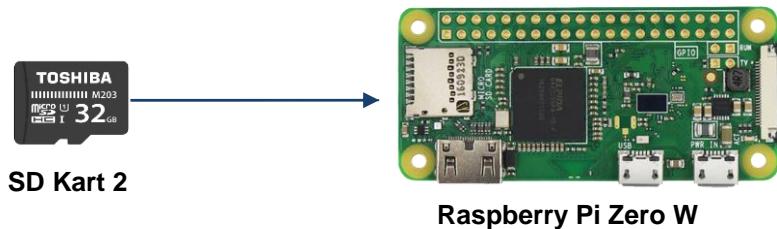
Örnek
Telemetri
Paketi

Telemetri Verilerinin Gönderim ile Kaydedilme Tipi ve Hızı:

- Veriler yer istasyonuna XBee modülü aracılığıyla eş zamanlı ve 1 Hz olarak gönderilecektir.
- Telemetri verileri «TMUY2021_56727_TLM.csv» adıyla yer istasyonu bilgisayarına kaydedilecektir.

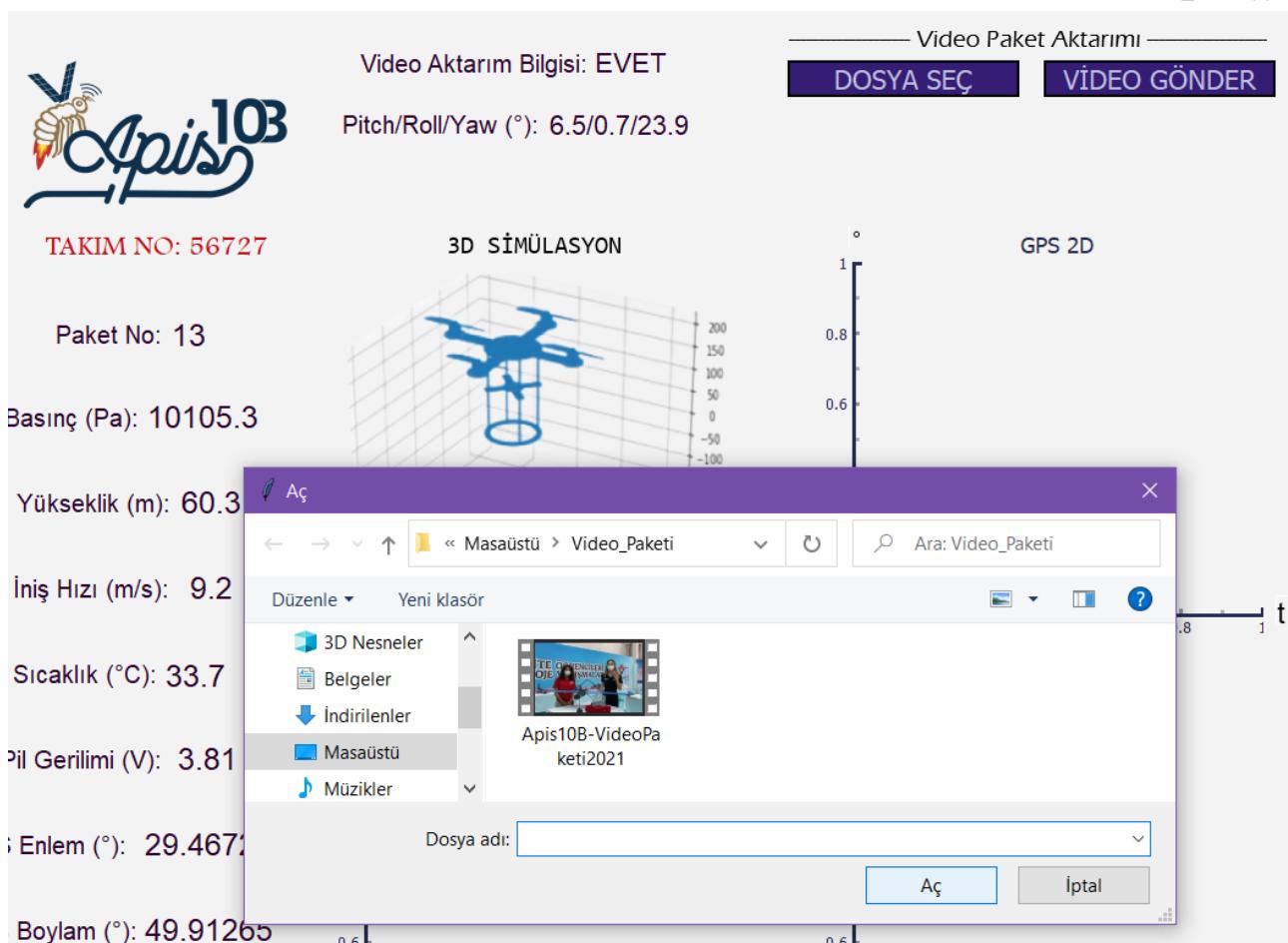
Video Paketi Aktarımı Sürecinin İşleyiş Prensibi

- Video Paketi aktarımı için Görev Yükü'nde Raspberry Pi Zero W ile seçilen Molex 2069940100 anteni ve yer istasyonu bilgisayarının Wi-Fi çekim mesafesini artırmak için yer istasyonunda bir Wi-Fi router kullanılacaktır.
- Uydu fırlatılmadan önce Wifi Router üzerinde bir erişim noktası (access point) oluşturulacaktır.
- Raspberry Pi Zero W'ye Samba File Server kurulmuş olacaktır. Bu dosya, paylaşım yolu sayesinde Wi-Fi üzerinden SD karta erişim sağlayacaktır.
- Raspberry Pi Zero W uçuş başlayacağı anda Wifi Router'ın oluşturduğu erişim noktasına (access point) bağlanacaktır.
- Samba File Server aracılığıyla yer istasyonu yazılımından Raspberry Pi Zero W'ye gönderilecek olan video paketi SD karta kaydedilmiş olacaktır.



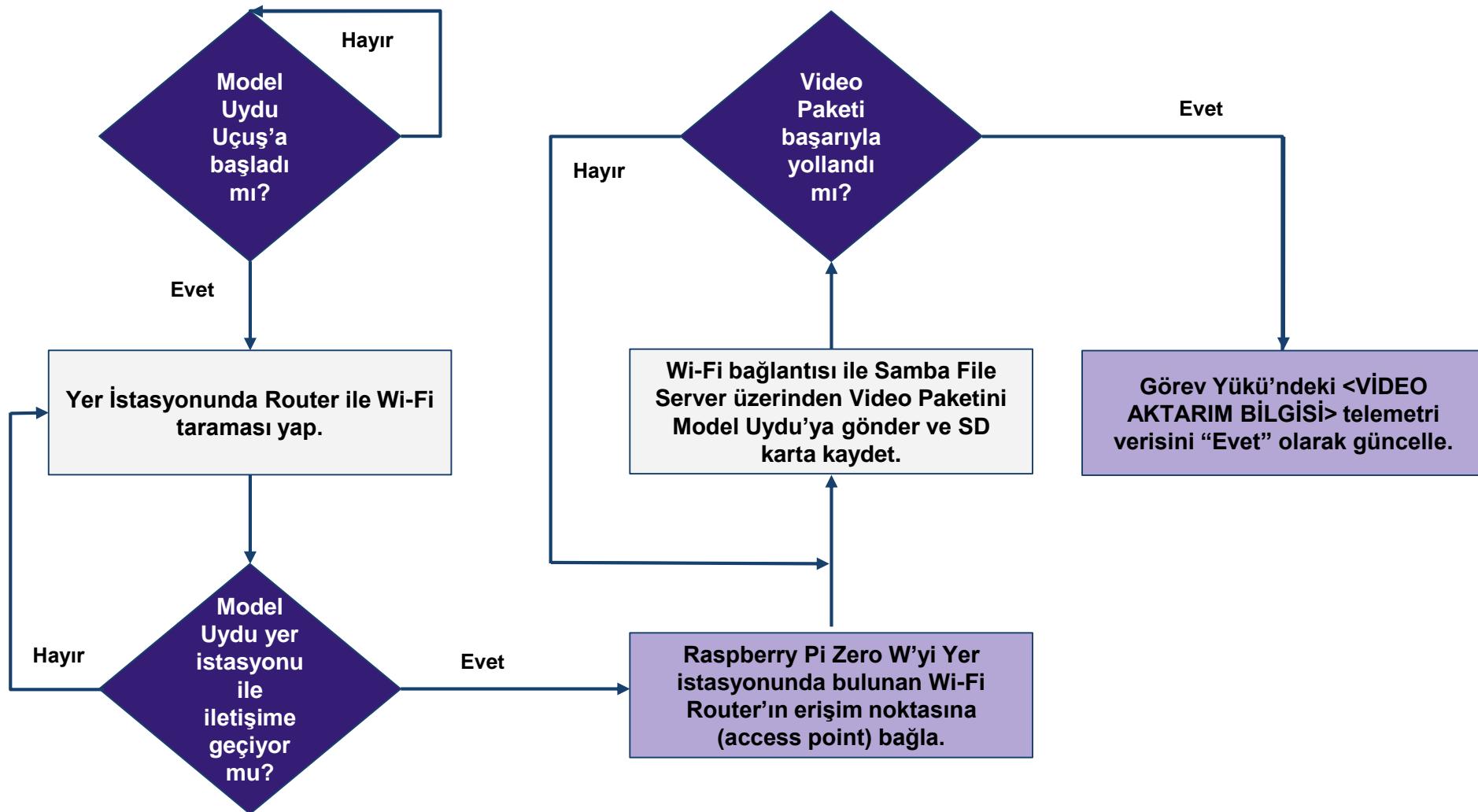
NOT : *Samba File Server aynı ağdaki bilgisayarların birbirleri ile iletişim kurmasını ve dosya paylaşımını sağlayan bir uygulamadır.*

Yer İstasyonu Arayüzündeki Video Yükleme Paneli



Yer İstasyonu Tasarımı kısmında arayüze video yükleme paneli ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştır.

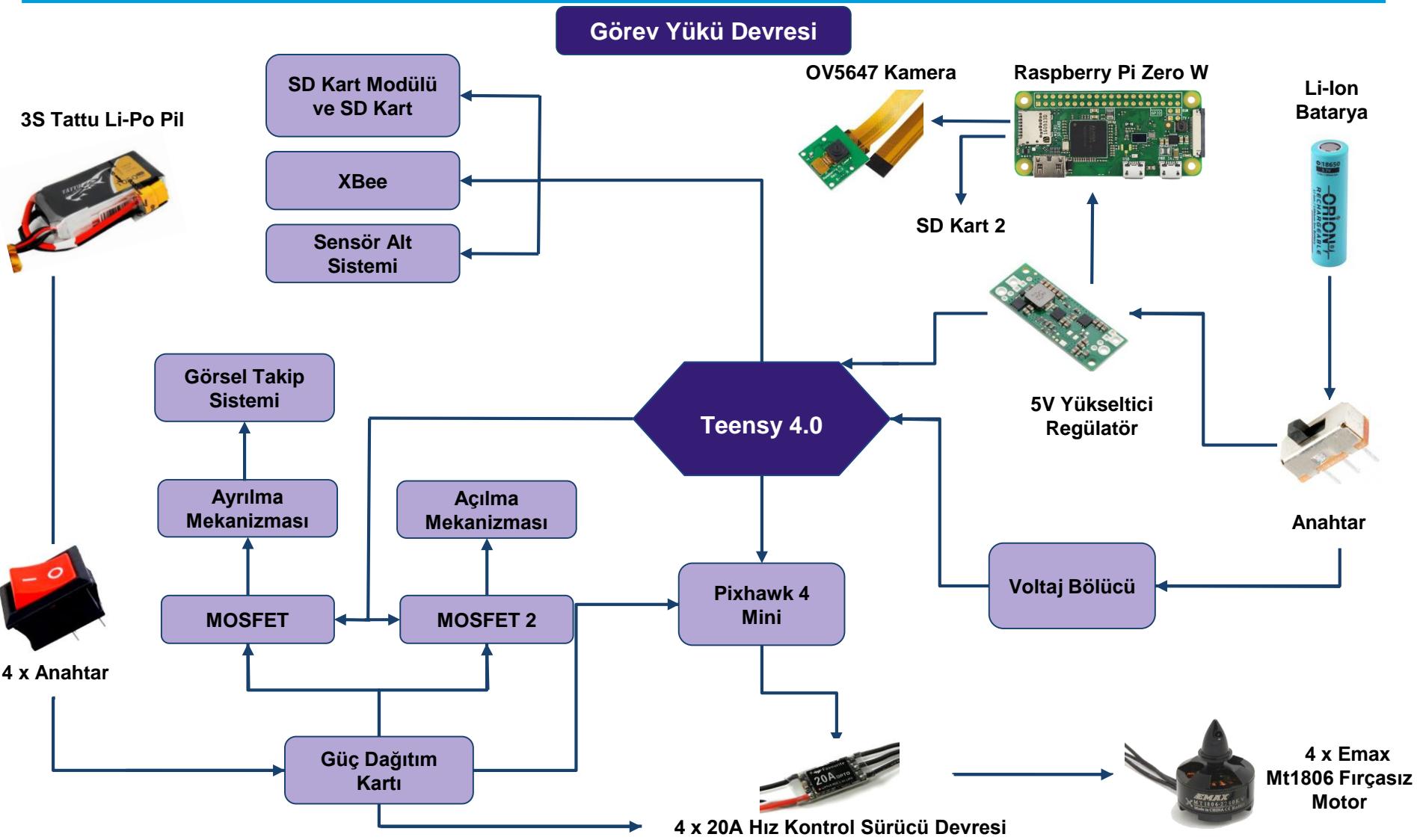
Video Paketi Gönderim Süreci Akış Diyagramı



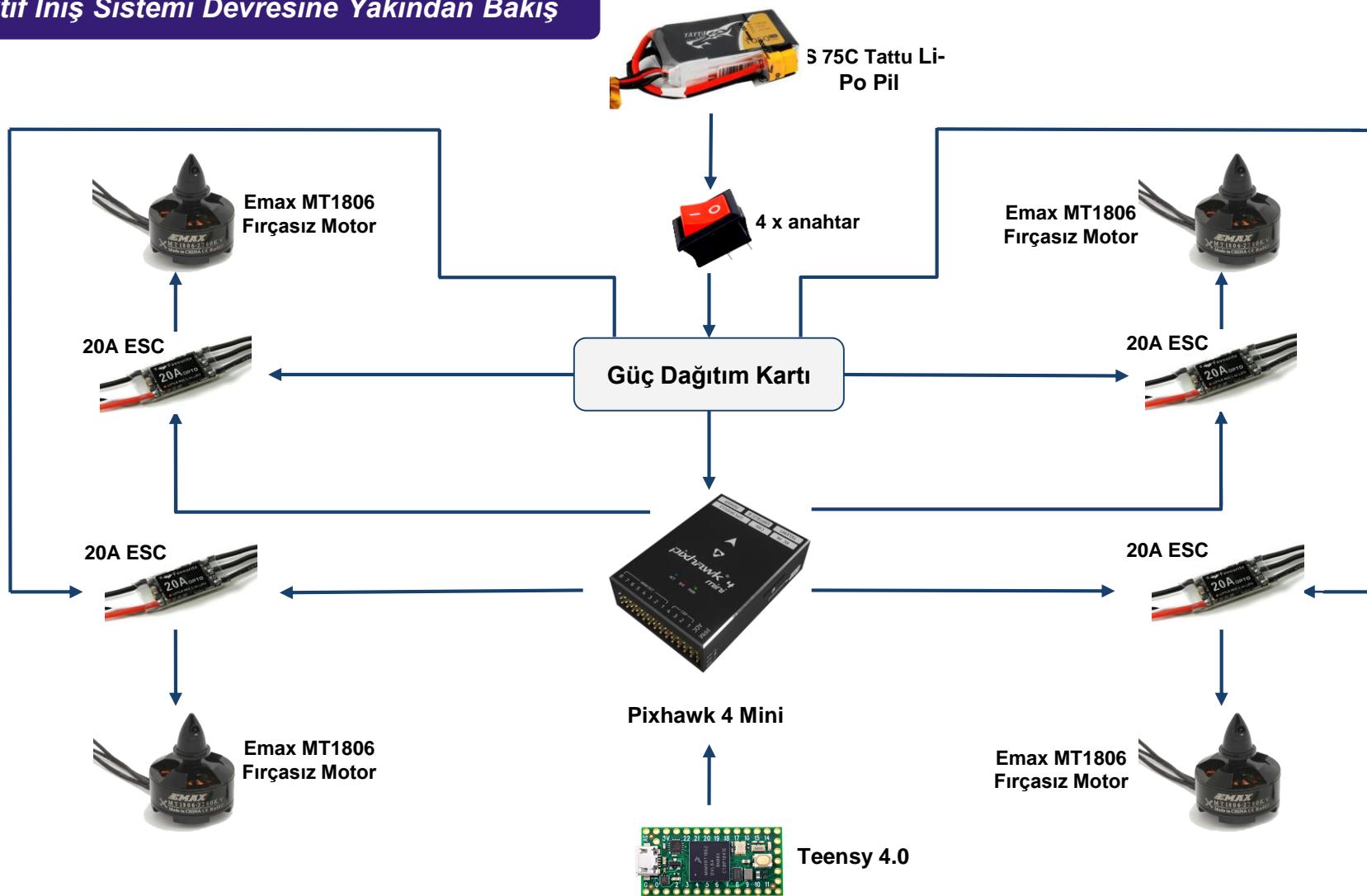
Elektrik Alt Sisteminin Tasarımı

Rabia TÜYLEK

MALZEME	KULLANIM AMACI
BATARYA	Model Uydu'daki tüm elektronik bileşenlerinin güç kaynağıdır.
MOTOR	Yüksek verimliliği sayesinde kimyasal enerjiyi mekanik enerjiye çevirerek Model Uydu'nun aktif bir şekilde iniş yapmasını sağlamak için kullanılır.
UÇUŞ KONTROL KARTI	Aktif inişi sırasında, içindeki sensör verilerini kullanarak Görev Yükü'nün stabilizasyonunu sağlamak için motorların hızını kontrol eder.
GÜC DAĞITIM KARTI	Bir sistemde birden çok farklı cihazı çalıştırmak için pilin tek pozitif ve negatif terminallerini alarak diğer cihazların güç alabileceği pek çok bağlantı noktası sağlar.
HIZ KONTROL SÜRÜCÜ DEVRESİ	Motorun hızını kontrol eden ve düzenleyen bir elektronik devredir.
ANAHTAR	Elektrik akımının geçişinin kontrol edilmesini sağlar.
VOLTAJ REGÜLATÖRÜ	Gerilimi, sensörlere ve işlemcinin ihtiyaç duyduğu aralığa taşımayı sağlar.
DİRENÇ	Voltaj bölücü devresinde yer alır.
MOSFET	Ayrılmanın ve görsel takip sisteminin gerçekleşmesi için nikrom tel üzerinden akım geçmesini sağlayarak misinanın erimesinde rol oynar.
BUZZER	Yere inişi gerçekleştiren Görev Yükü'nün üzerinde ses çıkararak konumunu bulmamızı sağlar.



Aktif İniş Sistemi Devresine Yakından Bakış



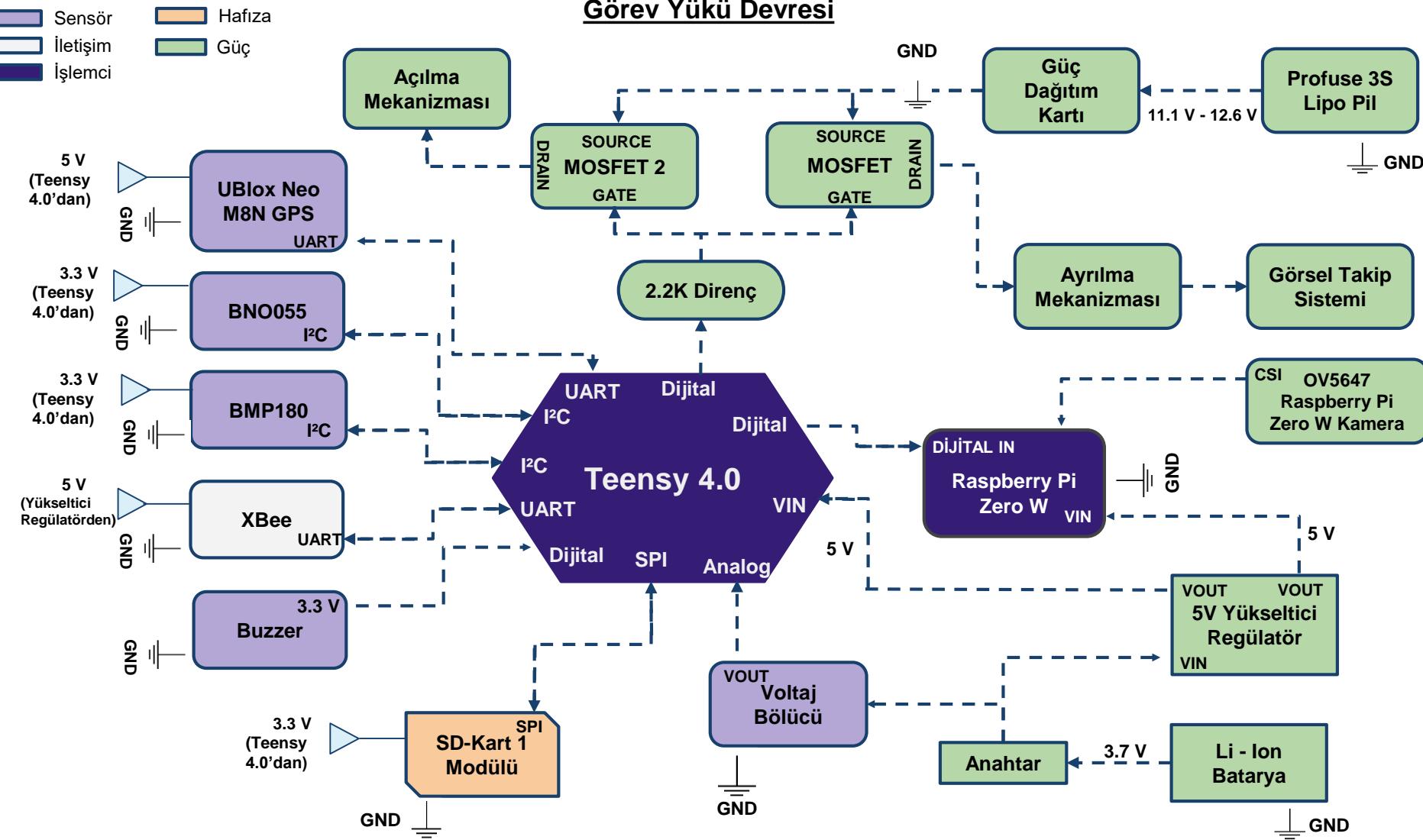
Elektrik Alt Sistemi Değişiklikleri

Yapılan Değişiklik	Yapılma Nedeni
Aktif iniş sistemi bataryası olan Profuse 3S 45C 1500 mAh Li-Po pili yerine Tattu 3S 75C 1050 mAh Li-Po pili kullanılacaktır.	Ağırlık olarak marjinimizi artırmak amacıyla 127 gram olan Profuse Li-Po pilinden 98 gram olan Tattu Li-Po pile geçilmiştir. Hesaplamalar yapılmış olup uçuş için yeterli olduğu görülmüştür.
Aktif iniş sisteminde kullanılacak olan anahtarın sayısı 4'e çıkarılmıştır.	4 motorun toplam çektiği akım göz önüne alındığında tek anahtar kullanmak kütle bütçesinden dolayı problem oluşturmaktadır. Bu yüzden her bir motor için ayrı ayrı olmak üzere toplam 4 motor kullanılacaktır.

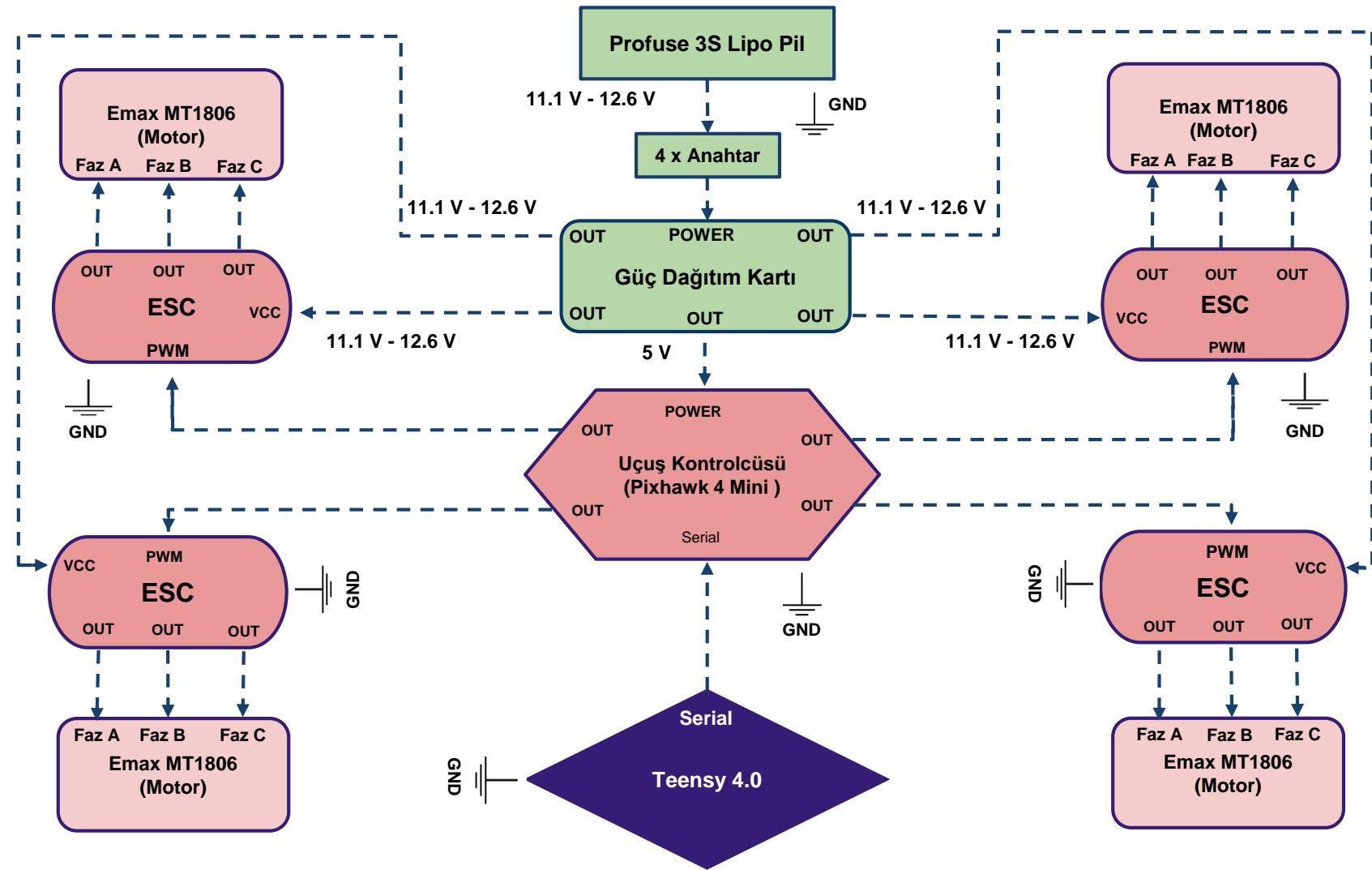
Değiştirilen li-po pil için hesaplamaların yeterliliği güç bütçesi kısmında detaylı bir şekilde gösterilmiştir.

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
EASG-01	Ayrılmadan sonra görev yükü, aktif bir iniş sistemi ile 8-10 m/s hızla yere inmelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	Si-06 MASG-06 UYG-01	✓	✓		
EASG-02	Ayrılmadan sonra görev yükü, aktif bir iniş sistemi ile 8-10 m/s hızla yere inmelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	Si-08 SASG-01 UYG-02 İKASG-02	✓	✓		
EASG-03	Aktif İniş Sistemi: Motora bağlı pervanenin bir bütün olarak rotoru oluşturduğu auto-gyro ile ivmeölçer kontrollü iniş sistemidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	Si-09 SASG-02 UYG-03 İKASG-03			✓	✓
EASG-04	Bütün elektronik donanımlar ve birleşecek mekanik parçalar; konnektör, vida ve yüksek performanslı yapıştırıcılar gibi uygun birleştiriciler kullanılıp sabitlenerek monte edilmelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	Si-11 MASG-09			✓	✓

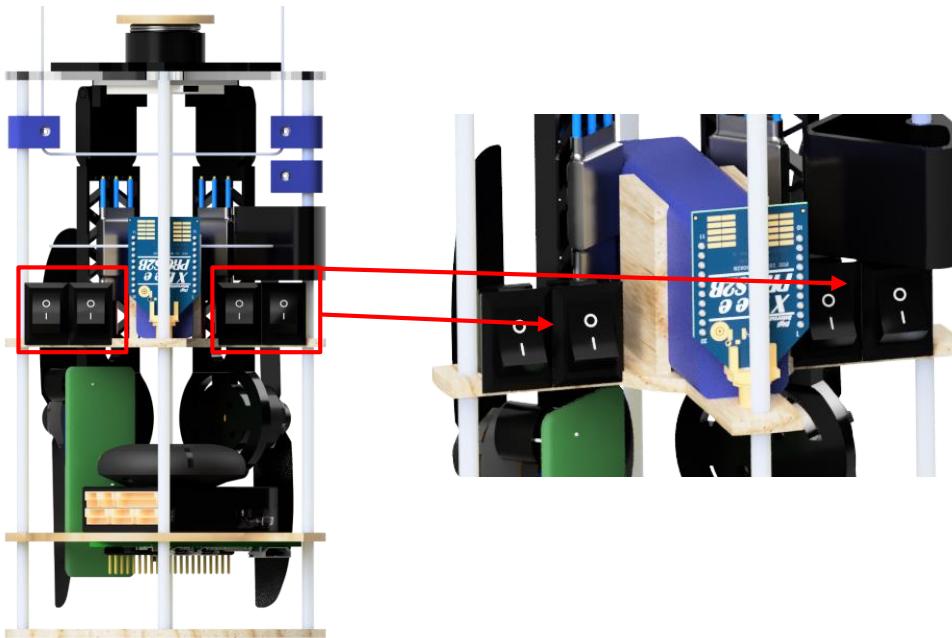
No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
EASG-05	Seçilecek pil, sistemin 1 saatlik süre boyunca çalışmasına yeterli olmalıdır. Bu süreye sadece haberleşme ve sensör alt sistemleri dahil olup aktif iniş sistemi dahil değildir.	Temel Gereksinim	Yüksek	Si-20 SASG-05	✓	✓	✓	
EASG-06	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.	Temel Gereksinim	Yüksek	Si-21 SASG-05	✓	✓	✓	
EASG-07	Görev yükünün açma kapama düğmesi olmalıdır. Bu düğme; görev yükü taşıyıcısının içindeyken bile erişilebilecek şekilde tasarlanmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	Si-24 MASG-11			✓	✓
EASG-08	Elektronik donanımların montajı mekanik aksama sabitlenerek yapılmalıdır. Elektronik devrede temassızlığa veya çıkmaya sebep olacak bağlantı elemanları kullanılmamalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	Si-25	✓	✓	✓	✓



Aktif İniş Sistemi Devresi



Görev Yükü'nde Güç Kontrol Anahtarı'nın Konumu



Model Uydu'da Güç Kontrol Anahtarı'nın Konumu



- Devre Anahtarı, Taşıyıcı'da açılacak olan 30 mm çapa sahip delik vasıtasiyla ulaşılabilir şekilde konumlandırılmıştır.
- Devre Anahtarı'na ulaşılmasını zorlaştıracak veya engelleyecek bir bileşen bulunmamaktadır.

Görev Yükü Bataryası: Orion 18650

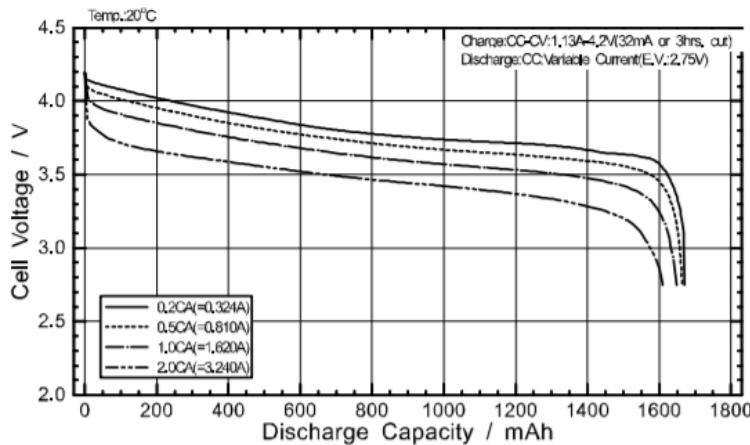
Model	Pil Tipi	Adet	Gerilim Değeri	Kapasitesi	Boyut	Ağırlık	Fiyat	Temin Edildiği Yer
Orion 18650	Li-Ion	1	3.7 V	1500 mAh	18 mm x 60 mm	39.24 g	12 ₺	Yurt içi

- Kapasitesi görev yükü devresini en az 1 saat çalıştırabilmek için yeterlidir.
- Boyutları olarak küçüktür.
- Şarj edilebilir bir pildir.
- Fiyat bakımından oldukça uygundur.

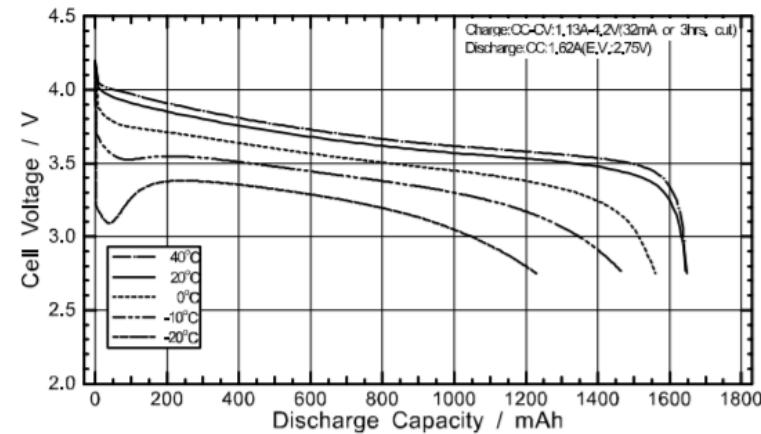


Orion 18650 Bataryasının Çalışma Grafiği

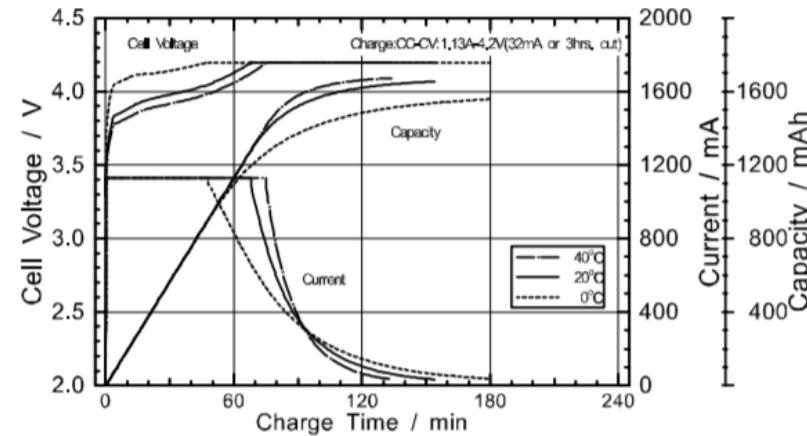
Discharge rate characteristics



Discharge temperature characteristics



Charge characteristics



Aktif İniş Sistemi Bataryası: Tattu 3S 75C Li-Po Pil

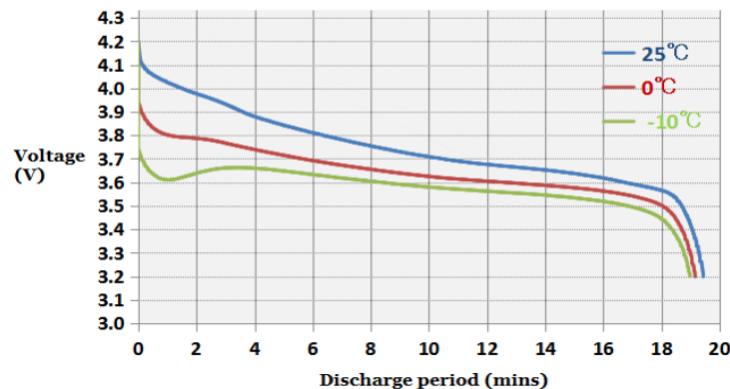
Model	Pil Tipi	Gerilim Değeri	C Değeri	Kapasitesi	Anlık Akım (Kapasite x C)	Boyut	Ağırlık	Fiyat	Temin Edildiği Yer
Tattu	Lipo Pil	11.1 V (3S)	75	1050 mAh	78.75 A	71 mm x 36 mm x 19 mm	98 g	202 ₺	Yurt içi

- Ağırlık olarak çok hafiftir.
- Motorlara giden anlık akım değeri yeterlidir.
- Boyutları Görev Yükü'nde planlanan ölçüye göre uygundur.
- 1050 mAh ve 75C değeri ile motorlarımıza için gerekli olan uçuş süresini sağlamaktadır.
- Şarj edilebilir bir pildir.

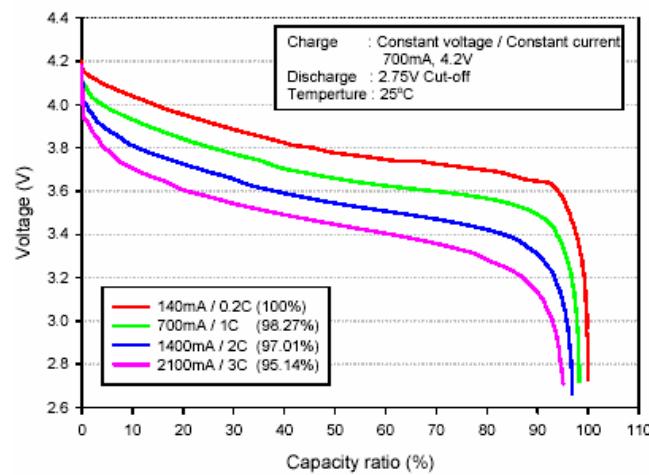
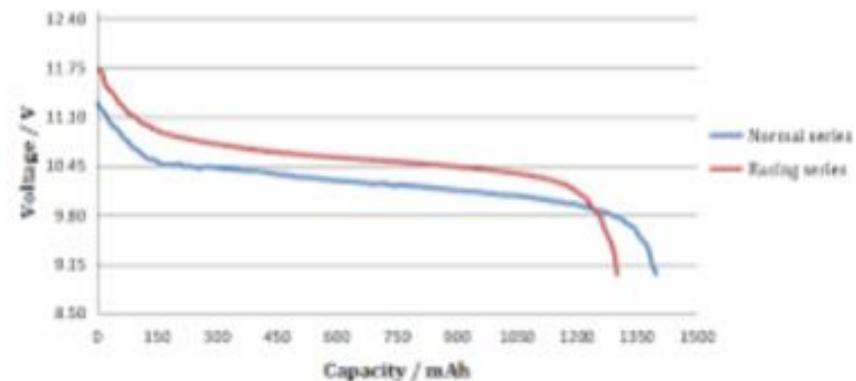


Aktif İniş Sistemi Bataryası Çalışma Grafiği

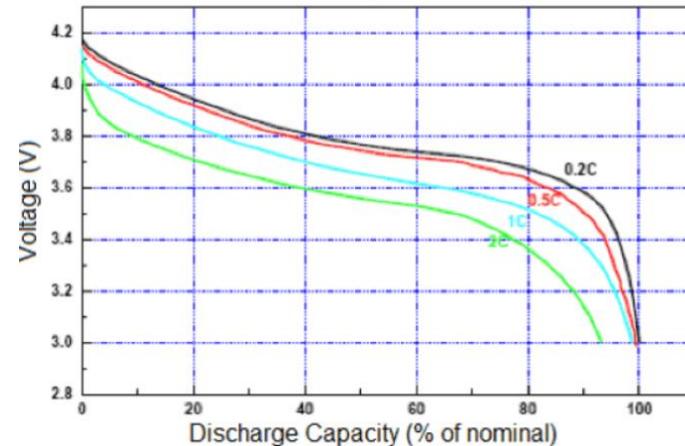
Constant current discharge curve of 3C products under different ambient temperatures



Discharge curve



Discharge Profile



Görev Yükü Güç Bütçesi

Komponent	Voltaj (V)	Akım (mA)	Güç (V x A = W)	Güç Tüketimi (W x 1h)	Görev Süresi (%)	Tolerans Değeri (%V)	Kaynak
Teensy 4.0	5 V	100 mA	0.5 W	0.5 Wh	100	~ 2.2	Datasheet
UBLOX NEO-8M GPS	3.6 V	67 mA	0.2412 W	0.2412 Wh	100	~ 2	Datasheet
BMP180	3.3 V	0.005 mA	0.0000165 W	0.0000165 Wh	100	~ 0.2	Datasheet
BNO055	3.3 V	12.3 mA	0.04059 W	0.04059 Wh	100	~ 0.3	Datasheet
Raspberry Pi Zero W	5 V	150 mA	0.75 W	0.75 Wh	100	~ 2	Datasheet
OV5647 Raspberry Pi Zero	5 V	250 mA	1.25 W	1.25 Wh	100	~ 0.2	Datasheet
XBee Pro S2C	5 V	120 mA	0.6 W	0.6 Wh	100	~ 1.7	Datasheet
SD Kart Modülü	3.3 V	150 mA	0.495 W	0.495 Wh	100	~ 0.2	Datasheet
Buzzer	3.3 V	25 mA	0.0825 W	0.0825 Wh	25	~ 0.2	Datasheet

Toplam Tüketilen Akım (1 Saat)	$874.305 \text{ mA} \times 1\text{h} = \mathbf{874.305 \text{ mAh}}$
Toplam Tüketilen Güç (1 Saat)	$3.959 \text{ W} \times 1\text{h} = \mathbf{3.959 \text{ Wh}}$
Görev Yükü Bataryasının Akım Kapasitesi	1500 mAh
Görev Yükü Bataryasının Güç Kapasitesi	$1500 \text{ mAh} \times 3.7 \text{ V} = \mathbf{5.550 \text{ Wh}}$
Akım Marjini (1 Saat)	$1500 \text{ mAh} - 874.305 \text{ mAh} = \mathbf{625.695 \text{ mAh}}$
Güç Marjini (1 Saat)	$5.550 \text{ Wh} - 3.959 \text{ Wh} = \mathbf{1.591 \text{ Wh}}$

Hesaplamalara göre Görev Yükü pil sistemin **en az 1 saat** sorunsuz çalışabilmesi için yeterli kapasiteye sahiptir.

Batarya, Li-Ion şarj aleti kullanılarak şarj edilecektir. Bataryanın şarj süresi **2 saattir**.

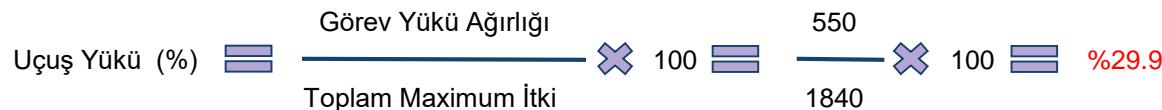
Aktif İniş Sistemi Güç Bütçesi

Komponent	Voltaj (V)	Max Akım (mA)	Güç (V x A = W)	Güç Tüketimi (W x 1h)	Tolerans Değeri (%V)	Kaynak
4 x Emax MT1806 2280 KV Fırçasız Motor	11.1 V	4 x 11300 mA	4 x 125.43 W	4 X 125.43 Wh	~ 1	Datasheet
Pixhawk 4 Mini Uçuş Kontrolcüsü	5 V	120 mA	0.6 W	0.6 Wh	~ 0.1	Datasheet

3S Tattu Lipo Pil



↓
11.1 V 1050 mAh 75 C
↓
↓



4 Motor için Toplam Güç tüketimi
 ■ 501.72 Wh (%100 uçuş yükü)
 ■ 200.688 Wh (**%40** uçuş yükü)

Pixhawk 4 Mini Güç tüketimi
 ■ 0.6 Wh (%100 uçuş yükü)
 ■ 0.24 Wh (**%40** uçuş yükü)

Uçuş yükü yüzdelik oranı %28.8 çıktıgı halde uçuş sırasında meydana gelebilecek her türlü kötü durum düşünülerek marjin bırakılmıştır ve hesaplamalarda %40 alınmıştır.

Toplam Tüketilen Güç (1 saat)	$200.688 \text{ Wh} + 0.24 \text{ Wh} = 200.928 \text{ Wh}$
Aktif İniş Sistemi Bataryasının Güç Kapasitesi	$11.1\text{V} \times 1050 \text{ mAh} = 11.66 \text{ Wh}$

Motorlar 1 saatte 200.928 Wh güç tüketiyorsa , 11.66 Wh güç tüketimi için motorlar **3.48** dakika boyunca çalışabilecek güç sahiptir. Motorların aktif olacağı süre en fazla **1.5 dakika** olacağından dolayı bataryanın gücü uçuş için yeterlidir.

Batarya Li-Po Pil Balancer şarj aleti kullanılarak şarj edilecektir. Batarya şarj süresi ortalama **1 saat**tır.

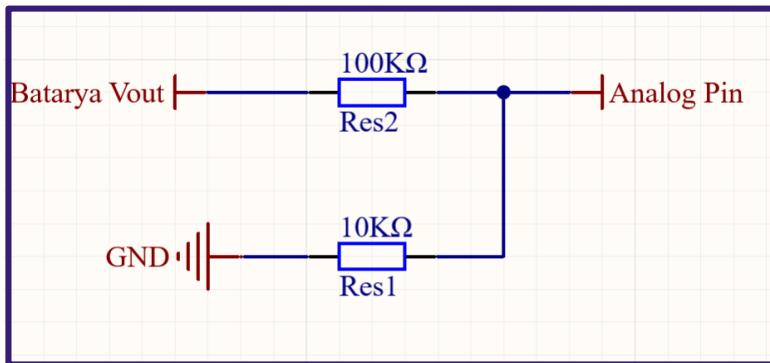
Çıkış Gerilimi Formülü

$$V_{out} = V_{in} \left(\frac{R2}{R1+R2} \right)$$



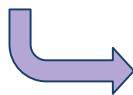
Sensör alt sisteminde belirtilen gerilim ölçme sisteminin çalışma prensibi bu formül ile açıklanır. Bu formül kullanılarak devreye uygulanan giriş gerilimi R1 ve R2 dirençleri ile doğru orantılı olarak bulunur.

Voltaj Bölücü Devre Şeması



- Analog pinden sağlanan giriş volajı ile seri bağlı iki direnç boyunca gerilim uygulanır.
- Çıkış gerilimi ise direnç çifti arasındaki bağlantıdan ortaya çıkar.
- İki direnç birbirine seri bağlandığı ve akım için gidecek başka yol olmadığı için bütün direnç elemanlarından aynı miktarda akım geçer.

Pil Geriliminin Nasıl Yapılacağı

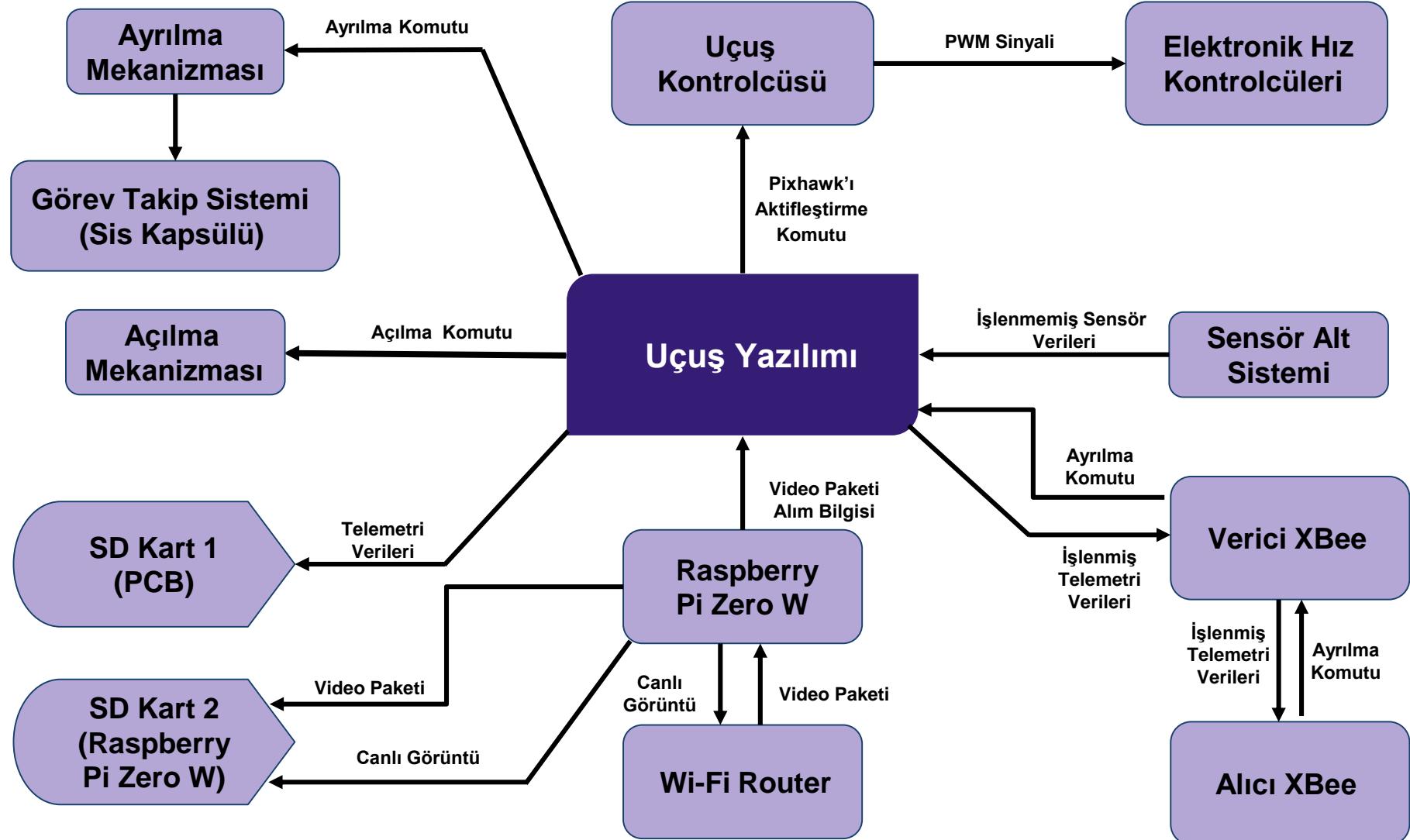


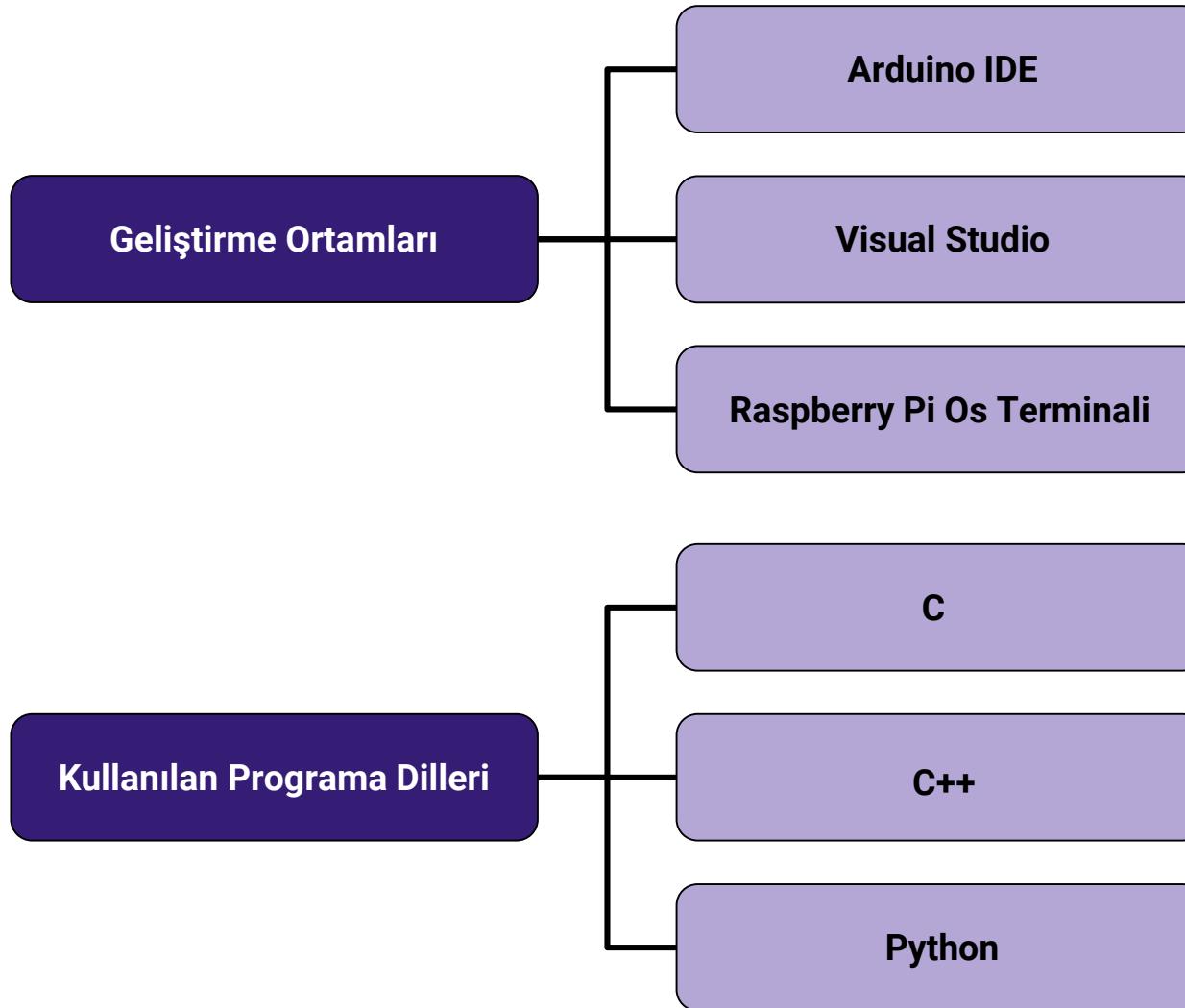
İki direnç kullanılarak oluşturulan voltaj bölüçüler yüksek voltaj değerlerini uygun seviyeye düşürerek pil gerilim değerini ölçmeyi sağlarlar.

Teensy 4.0 analog pinleri ile voltaj bölüçüler yardımıyla Görev Yükü ve Aktif İniş Sistemi devrelerinde kullanılan pillerin gerilimleri ölçülecektir.

Uçuş Yazılımı Tasarımı

Sami EŞ





Görev Yükü Uçuş Yazılımının Yapacakları

- Görev boyunca sensör alt sisteminden toplanan işlenmemiş sensör verilerini telemetri formatına dönüştürecektir.
- Sistemin çalışmaya başladığı ilk andan itibaren, Görev Yükü'nün yere inişinden sonraki 1 dakika da dahil olmak üzere, her saniye yani 1 Hz telemetri verisi gönderecek ve bu verileri PCB üzerinde bulunan Mikro SD kart modülüne depolayacaktır.
- Raspberry Pi Zero W'nin kamerasından alınan canlı görüntütü görev boyunca yer istasyonuna gönderecek ve Raspberry Pi Zero W'nin SD kartına kaydedecektir.
- Paket sayısını 1'den başlatarak ve her bir aktarımda sayısını 1 artıracak şekilde muhafaza edecektir.
- İşleminin yeniden başlatılması durumunda uydu statüsünü yeniden belirlemede kullanılan yükseklik, paket sayısı ve görev süresi verilerini EEPROM'a kaydedecektir.
- Basınç sensörünün sağladığı irtifa verisini kullanarak, 400 metrede ayrılma komutu vererek ayrılma mekanizmasını aktif edecektir. Böylece ayrılma komutuna bağlı gerçekleşen görev takip sisteminin de (Sis Kapsülü) aktifleşmesini sağlayacaktır. Ayrılma gerçekleşmezse yer istasyonundan gönderilecek olan komutla ayrılma mekanizmasını aktifleştirecektir.
- Görev Yükü ayrılmasının gerçekleşmesinin ardından motor kollarının açılmasını sağlayacaktır.
- Motor kolları açıldıktan sonra Pixhawk 4 Mini'ye Stabil İniş modu aktivasyon komutu verilecektir.
- Görev Yükü'nün 8-10 m/s aralığında bir hız ile iniş yapabilmesi için Pixhawk 4 Mini, jiroskop ve ivme sensörü verilerini kullanarak elektronik hız kontrolcülerine PWM sinyali gönderecektir.
- Basınç sensörünün sağladığı irtifa verisini kullanarak Görev Yükü'nün 200 metrede bulunduğu irtifayı koruyabilmesi için Pixhawk 4 Mini, jiroskop ve ivme sensörü verilerini kullanarak elektronik hız kontrolcülerine PWM sinyali gönderecektir.
- Görev Yükü'nün yere indiği andan itibaren buzzer ile sesli ikaz vermesini sağlayacaktır.

Değişiklik Yapılmamıştır!

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
UYG-01	400 (+/- 10) metre yükseklikte taşıyıcı ile Görev Yükü bir mekanizma ile otonom olarak ayrılmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	MASG-06 EASG-01 Sİ-06	✓	✓	✓	
UYG-02	Ayrılmadan sonra Görev Yükü, aktif bir iniş sistemi ile 8-10 m/s hızla yere inmelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	SASG-01 İKASG-02 EASG-02 Sİ-08	✓	✓		
UYG-03	Aktif Iniş Sistemi: Motora bağlı pervanenin bir bütün olarak rotoru oluşturduğu auto-gyro ile ivmeölçer kontrollü iniş sistemidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	SASG-02 İKASG-03 EASG-03 Sİ-09			✓	✓
UYG-04	Görev Yükü, uçuş süresince sıcaklık, basınç, yükseklik, iniş hızı, konum, pil gerilimi ve eksen verilerini toplamalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	SASG-03 HAVİG-01 Sİ-13	✓	✓		

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
UYG-05	Model Uydu ölçüdüğü verileri, sürekli bir şekilde, verilen telemetri formatına uygun paketler halinde, yer istasyonuna her saniye (1 Hz) göndermelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	HAVİG-02 Sİ-14 YİG-01	✓			✓
UYG-06	Telemetri paketi, görev zamanını içermelidir. Görev süresince, işlemcinin yeniden başlaması durumunda bile, zaman verisi korunmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	HAVİG-03 Sİ-15	✓			✓
UYG-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.	Temel Gereksinim	Yüksek	Sİ-16	✓			✓
UYG-08	Telemetri verileri aynı zamanda uydu içinde yer alan bir SD karta da yazdırılmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	HAVİG-04 Sİ-17	✓	✓	✓	✓
UYG-09	Görev Yükü üzerinde, yere bakan bir kamera olmalıdır. Kamera görüntülerini tüm uçuş süresince bir SD karta video olarak kayıt edilmelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	SASG-05 HAVİG-05 Sİ-18	✓	✓	✓	✓

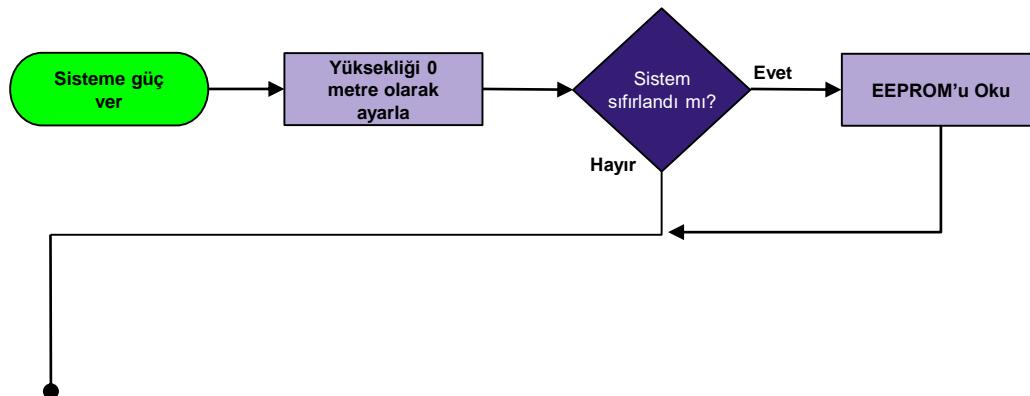
No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
UYG-10	TÜRKSAT tarafından sağlanan 1 MB'lık .mp4, .avi vb formatında bir video paketi, yer istasyonu arayüzünden uçuş anındaki model uyduya gönderilerek görev yükü üzerindeki SD Karta kaydedilmelidir. Gönderim tamamlandıktan sonra, yer istasyonunda telemetri verisiyle video aktarım bilgisi gösterilmelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	HAVİG-07 Sİ-22 YİG-03	✓	✓		✓
UYG-11	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.	Temel Gereksinim	Yüksek	HAVİG-09 Sİ-26 YİG-05	✓	✓		✓
UYG-12	Görev Yükü yere indiğinde, kurtarma ekibi tarafından bulunana kadar sesli ikaz vermelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	HAVİG-10 Sİ-27	✓	✓		✓

İşlemcinin Yeniden Başlaması Durumu:

- Uçuş anında işlemcinin yeniden başlatılması durumunda EEPROM'a sürekli olarak kaydedilmekte olan yükseklik, paket sayısı ve görev süresi verileri kurtarılmış olacaktır. Bu sayede uydu statüsü yeniden belirlenecek ve uçuş yazılımı kaldığı yerden devam edecektir.

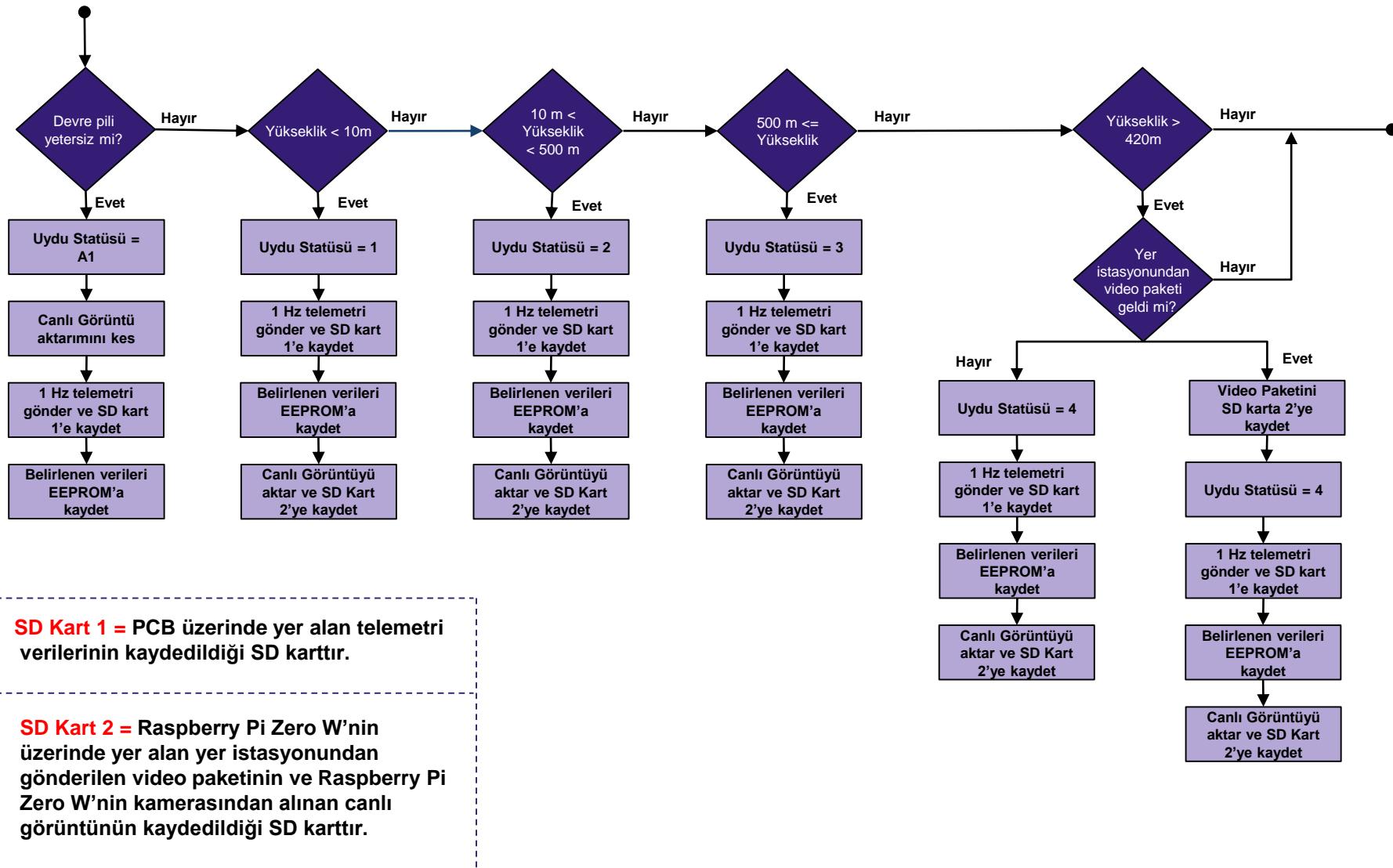
Uçuş Yazılımı Durum Diyagramı:

Uydu Statüleri	1	2	3	4	5	6	7	8	A1	A2
	Uçuş Öncesi	Uçuş (Yükselme)	Uçuş (Zirve)	Model Uydu İniş	Ayrılma	Görev Yükü İniş	İrtifa Sabitleme	Kurtarma	Devre Pili Yetersizliği	Motor Pili Yetersizliği



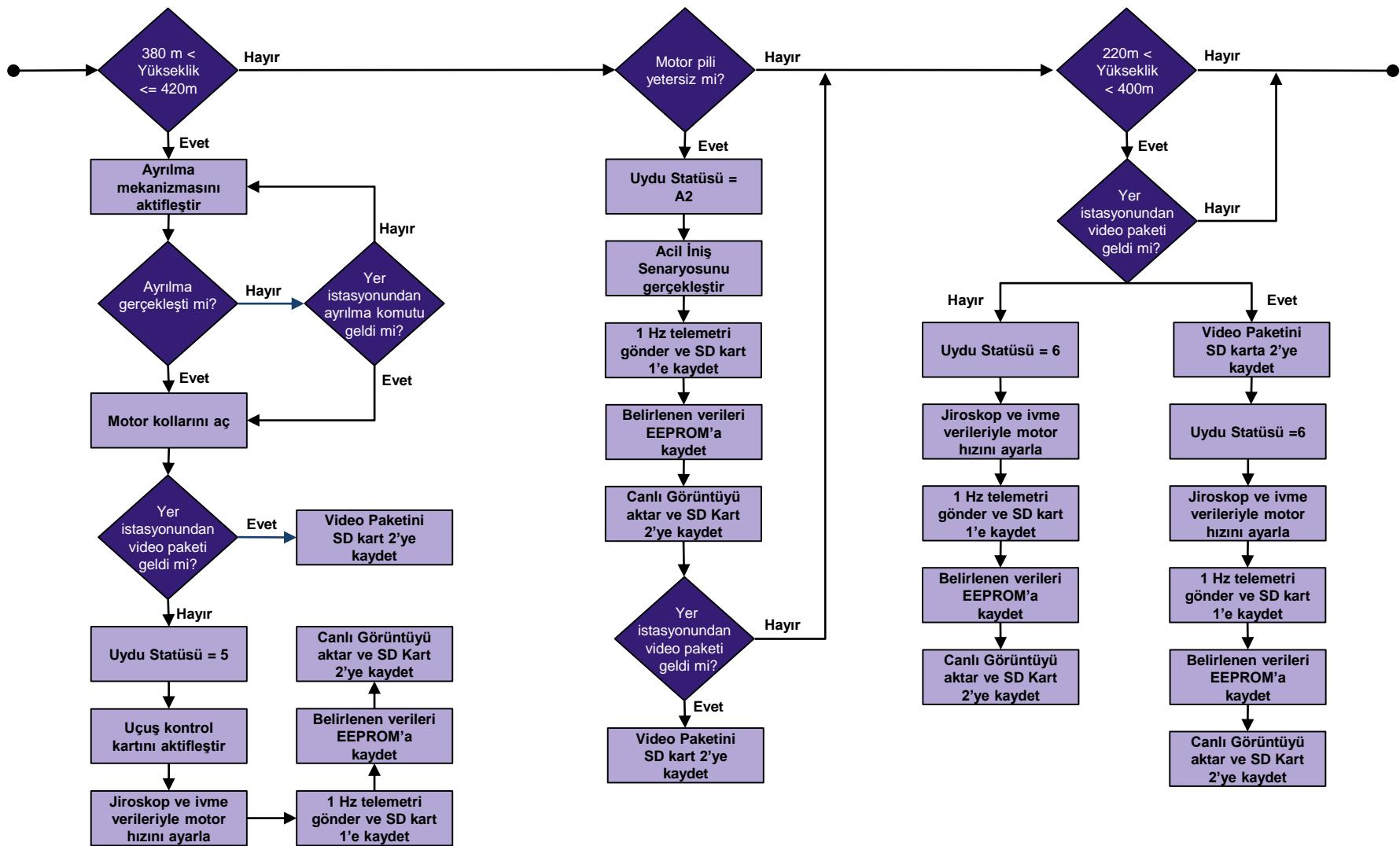
NOT : EEPROM'a kaydedilerek kurtarılması için **belirlenen veriler** : yükseklik, paket sayısı ve görev süresidir. Bu verilerden diyagramda "belirlenen veriler" şeklinde bahsedilmiştir.

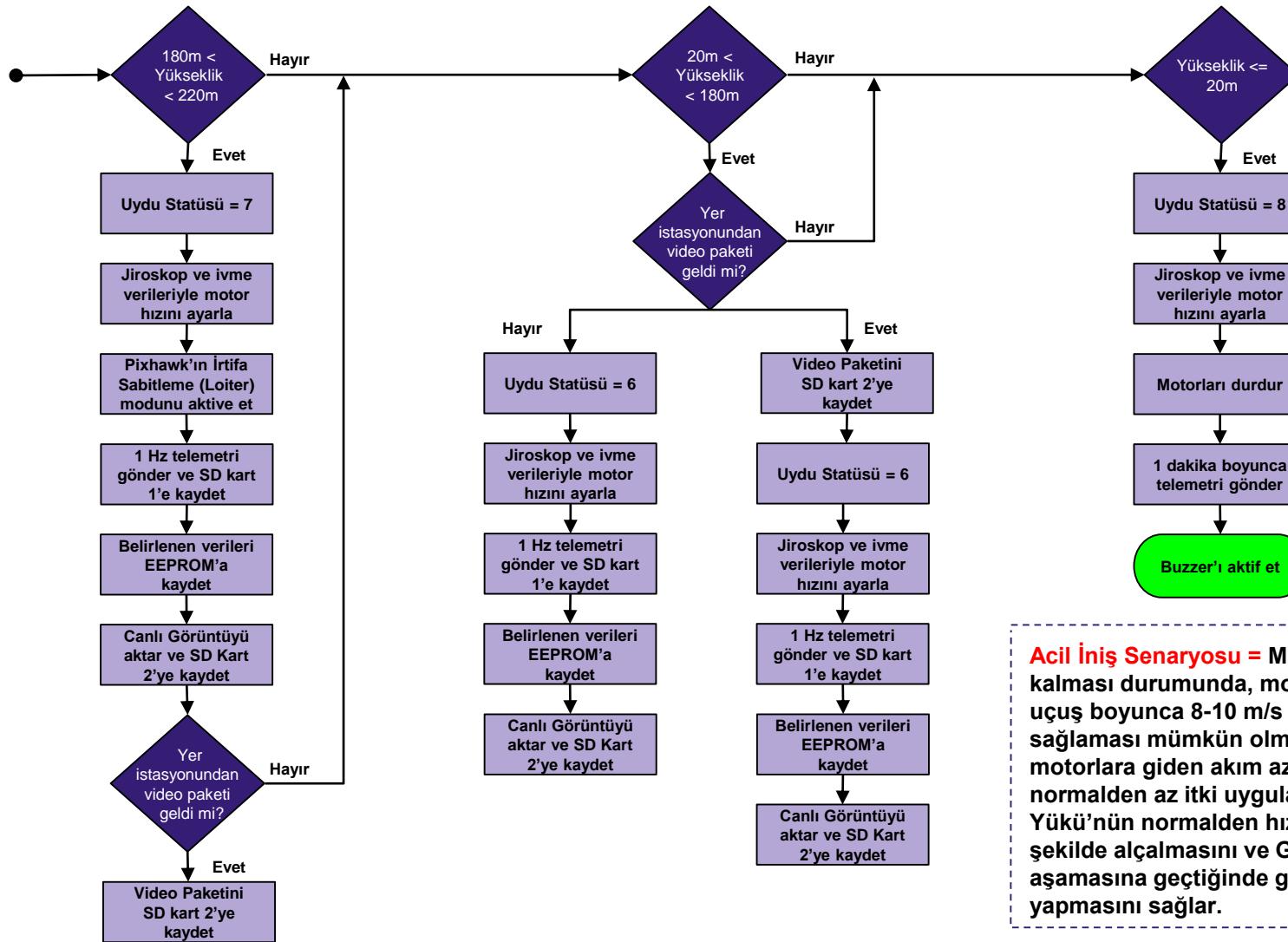
NOT : Görev Takip Sistemi (Sis Kapsülü), ayrılma mekanizmasına bağlı bir şekilde aktifleşecektir. Uçuş yazılımından ek bir komut gönderilmeyecektir.



SD Kart 1 = PCB üzerinde yer alan telemetri verilerinin kaydedildiği SD karttır.

**SD Kart 2 = Raspberry Pi Zero W'nin
üzerinde yer alan yer istasyonundan
gönderilen video paketinin ve Raspberry Pi
Zero W'nin kamerasından alınan canlı
 Görüntünün kaydedildiği SD karttır.**



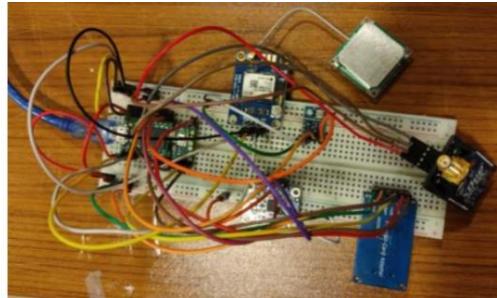


Acil iniş Senaryosu = Motor pilinin yetersiz kalması durumunda, motorların geriye kalan uçuş boyunca 8-10 m/s hızla inecek itkiyi sağlaması mümkün olmayacağındır. Bu yüzden motorlara giden akım azaltılarak motorların normalden az itki uygulamaları yani Görev Yükü'nün normalden hızlı ancak kararlı bir şekilde alçamasını ve Görev Yükü Kurtarma aşamasına geçtiğinde güvenli bir şekilde iniş yapmasını sağlar.

Tamamlanan Aşamalar ve Yapılan Testler

- Gerekli sensörler seçildi, sensörlerin kütüphanelerinde yarışma formatına uygun düzenlemeler yapıldı.
- Sensörlerden doğru ve hassas veri alabilmek için sensör kalibrasyonları yapıldı.
- Seçilen bütün sensörler çalışıklarından emin olunması için breadboard üzerinde mikrodenetleyici ile uygun şekilde bağlanarak ayrı ayrı test edildi.
- Sensörlerin ayrı ayrı doğru veri verdiklerine emin olduktan sonra bir arada çalışabildiklerini görmek amacıyla aynı devre üzerinde test edildi.
- Sensörlerden alınan verilerin istenildiği formatta hem SD karta kaydedildiği hem de seri port ekranında görüldüğü gözlemlendi.
- Yer istasyonundan gönderilen 1 MB boyutundaki video paketinin Görev Yükü üzerindeki Raspberry Pi Zero W'nin SD kartına kaydedilmesini sağlayan algoritma geliştirildi.
- Raspberry Pi Zero W kamerasından alınan canlı görüntünün yer istasyonuna gönderiminin ve bu görüntünün Raspberry Pi Zero W üzerindeki SD kart 2'ye kaydedilmesinin testi yapıldı.
- Yer istasyonundan video paketini Raspberry Pi Zero W'ye gönderip üzerindeki SD kart 2'ye kaydederek video paket aktarımı test edildi.
- Pixhawk 4 Mini belirlenen konfigürasyona uygun şekilde programlandı.
- Kontrollü ve stabil bir iniş gerçekleştirebilmek için Pixhawk 4 Mini'nin kalibrasyonunu yapıldı.
- Aktif Iniş Sisteminde kullanılan motorların kontrolünü sağlayan ESC'lerin kalibrasyonu yapıldı.
- Aktif Iniş Sisteminde kullanılan motorların kontrolünü sağlayabilmek için jiroskop ve ivme verilerini kullanarak PWM sinyali üreten Pixhawk'ın parametre değerleri ayarlandı.
- Pixhawk'tan PWM sinyali gönderilerek motorların çalışması test edildi.
- Aktif Iniş Mekanizması'nın pitch ve roll eksenlerinde serbestliğe sahip olan prototipi oluşturularak, aktif inişi sağlayacak olan motorların Pixhawk'tan gönderilen PWM sinyali vasıtıyla istenilen şekilde kontrol edilebilirliği ve stabilizasyonu test edildi.

Breadboard üzerindeki ilk prototip



Yapılması Planlanan Geliştirme ve Algoritmalar

- Görev Yükü'nün yaw ekseninde dönüş sayısını veren algoritmanın geliştirilmesi.
- Görev Yükü'nün 400 metrede ayrılmasını gerçekleştirecek olan yazılımın geliştirilmesi.
- Ayrılmanın gerçekleşmemesi durumunda yer istasyonundan gelen ayrılma komutuyla ayrılmının gerçekleşmesini sağlayan yazılımın geliştirilmesi.
- Pixhawk 4 Mini ve Teensy 4.0'ın haberleşebilmesi ve Teensy 4.0'dan PixHawk'a komut gönderilebilmesi için MAVLink protokolünün kullanıldığı algoritmanın yazılması.
- Görev Yükü'nün irtifasını sabitleyebilmek için Pixhawk'ın Askıda Kalma (Loiter) modunda gerekli ayarlamaların yapılması.
- Uydu Statüsü değiştirildiğinde Teensy 4.0'dan, Pixhawk'ın 4 Mini'ye uçuş modları arasında geçiş yapabilmesini sağlayan komutun gönderilmesi için MAVLink protokolü kullanan algoritmanın geliştirilmesi.
- Basınç sensöründen gelen irtifa verisini kullanarak uçuş için belirlenen statüler arasında geçişini sağlayan algoritmanın geliştirilmesi.

Planlanan Prototip ve Testler

- Elektrik alt sistemine uygun bir şekilde tasarlanan PCB üzerine tüm elektronik bileşenlerin lehim vasıtasıyla bağlantısının yapılması ve tüm sistemin beraber çalışabilirliğinin test edilmesi.
- Ayrılma mekanizmasının otonom gerçekleştemesini sağlamak için geliştirilen algoritmanın ve buna bağlı olarak MOSFET'in testinin yapılması.
- Açılmış mekanizmasının ve ona bağlı olarak sis kapsülünün otonom bir şekilde aktifleşmesini sağlayan algoritmanın testinin yapılması.
- Yer istasyonundan gönderilen komut ile motorların çalışmasının test edilmesi.
- Uygun bir ortamda drone yardımıyla Görev Yükü'nü çeşitli irtifalardan bırakarak Aktif İniş Sistemi'nin test edilmesi
- Uygun bir ortamda drone yardımıyla Görev Yükü'nü bırakarak belirlenen yükseklikte 10 saniye boyunca irtifa sabitleme testinin yapılması.

Pixhawk 4 mini parametre değerlerinin ayarlanması testinin yapılması





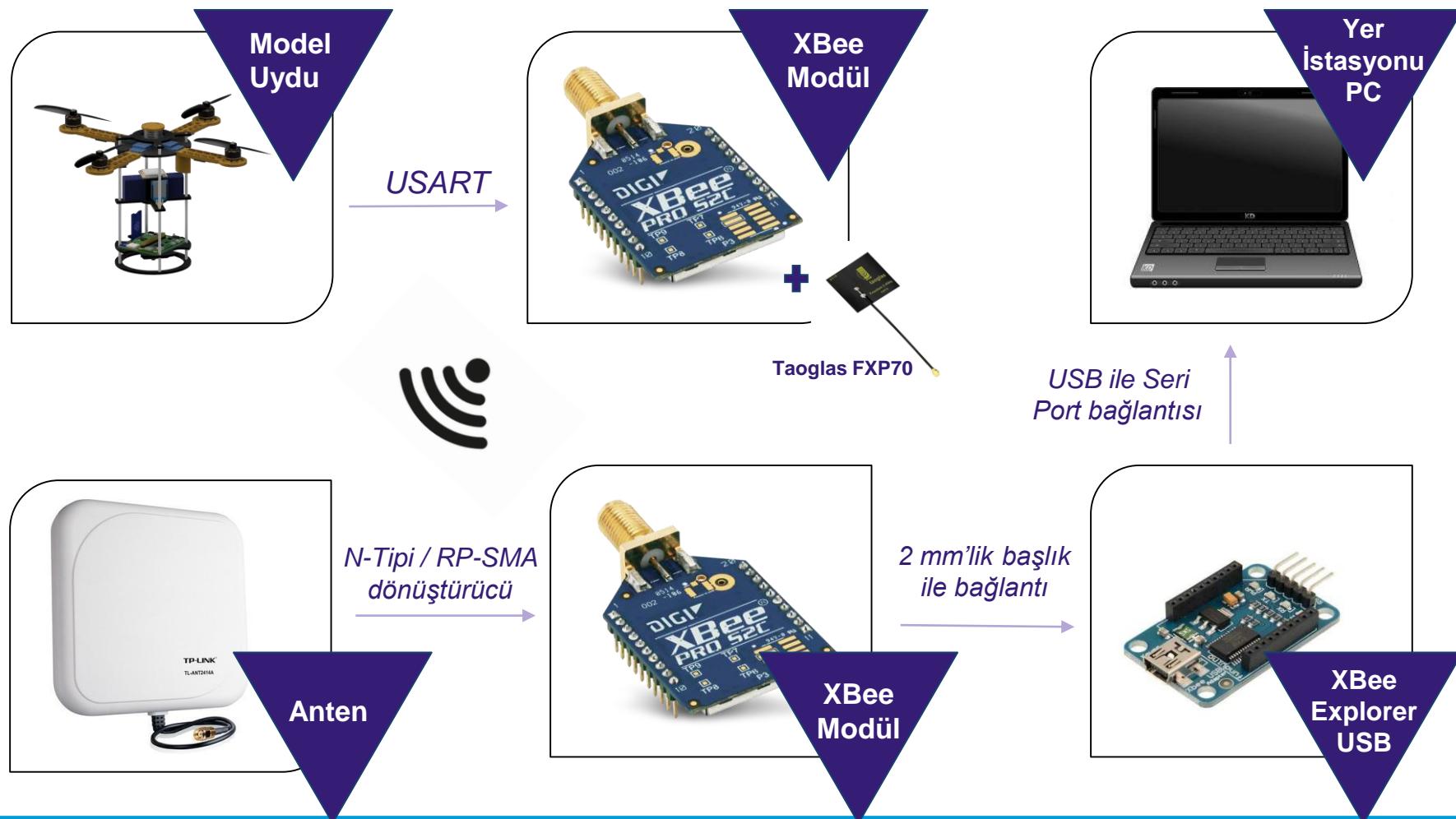
Yazılım Geliştirme Planı Proje Takvimi

Tamamlanan görevler koyu mor renkteki kutularla gösterilmiştir.

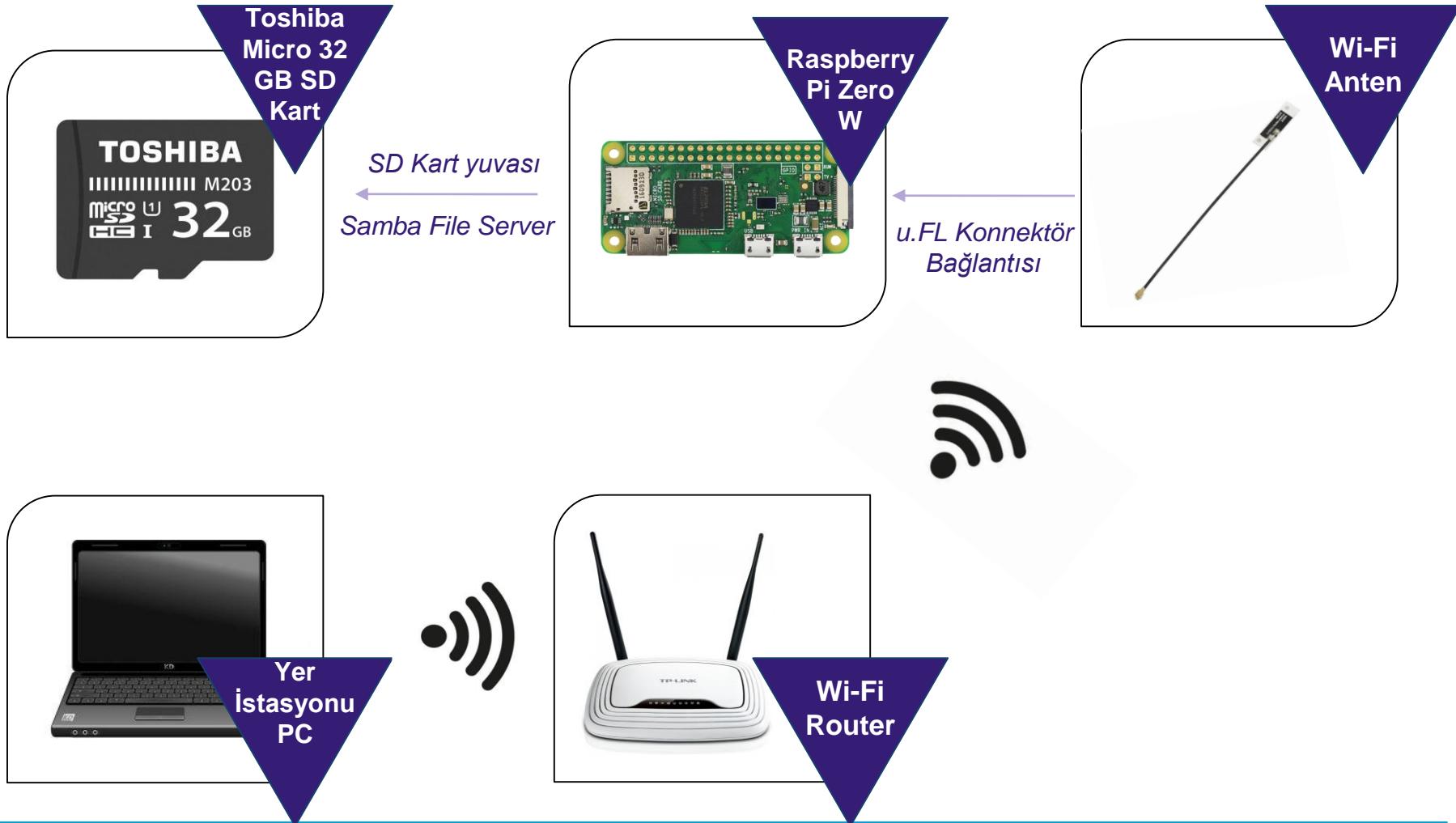
Yer İstasyonu Tasarımı

Sıla KARA

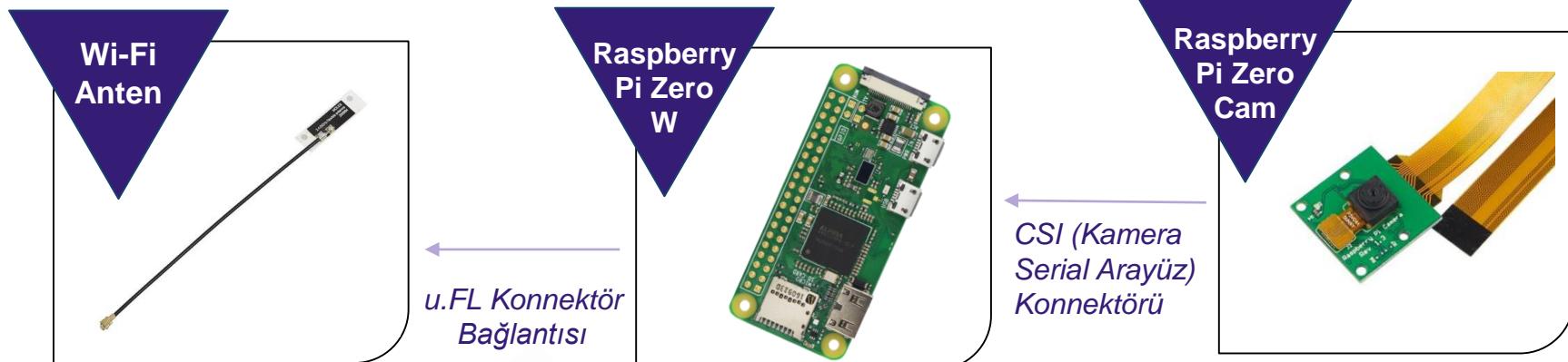
Telemetri Aktarımı için Yer İstasyonuna Genel Bakış



Video Paketi Aktarımı için Yer İstasyonuna Genel Bakış



Canlı Görüntü Aktarımı için Yer İstasyonuna Genel Bakış



Yer İstasyonu Alt Sistemi Değişiklikleri

Yapılan Değişiklik	Yapılma Nedeni
Yer istasyonu arayüzü değiştirildi.	Model Uydu'dan alınan verileri arayüzde daha kolay göstermek ve tasarımlı iyileştirmek amacıyla değiştirilmiştir.

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
YIG-01	Model uydu ölçüdüğü verileri, sürekli bir şekilde, verilen telemetri formatına uygun paketler halinde, yer istasyonuna her saniye (1 Hz) göndermelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	Si-14 HAVIG-02 UYG-05	✓			✓
YIG-02	Kamerası yeryüzüne bakan model uydu, görev süresince (sistem çalışmaya başladığı andan itibaren) video görüntüsünü yer istasyonuna göndermelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	Si-19 HAVIG-06	✓	✓	✓	✓
YIG-03	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.	Temel Gereksinim	Yüksek	Si-22 HAVIG-07 UYG-10	✓	✓		✓
YIG-04	Ayrılmama durumunda, yer istasyonundan gönderilen komutla ayrılma gerçekleştirilmelidir	Temel Gereksinim	Yüksek	Si-23 HAVIG-08	✓	✓	✓	

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
YIG-05	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.	Temel Gereksinim	Yüksek	Sİ-26 HAVİG-09 UYG-11	✓	✓		✓
YIG-06	Her takım kendi yer istasyonunu geliştirmelidir. Yer istasyonu arayüzü tek bir sayfa halinde olmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	Sİ-28		✓	✓	✓
YIG-07	Yer istasyonu arayüzünde Görev Yükü'nden gelen telemetri verileri gerçek zamanlı olarak gösterilmelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	Sİ-30		✓		✓
YIG-08	Yer istasyonu yazılımında, Görev Yükü'nden gelen telemetri verileri kaydedilmeli ve zamana bağlı grafikleri doğru mühendislik birimleriyle gerçek zamanlı olarak çizdirilmelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	Sİ-31		✓		✓

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
YIG-09	Video yer istasyonunda gerçek zamanlı olarak izlenmeli ve yer istasyonuna kayıt edilmelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	Si-32	✓	✓	✓	✓
YIG-10	Yer istasyonu yazılımının çalıştırılacağı bilgisayarın en az iki saatlik bataryası dolu olmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	Si-33	✓	✓	✓	
YIG-11	Görev Yükü üzerinde bulunan gyro sensörü, yer istasyonu arayüzünde model uydunun duruş bilgisini en az bir düzlemede (x-y) 2 boyutlu olarak simüle edecektir.	Temel Gereksinim	Yüksek	Si-34 SASG-06	✓			✓

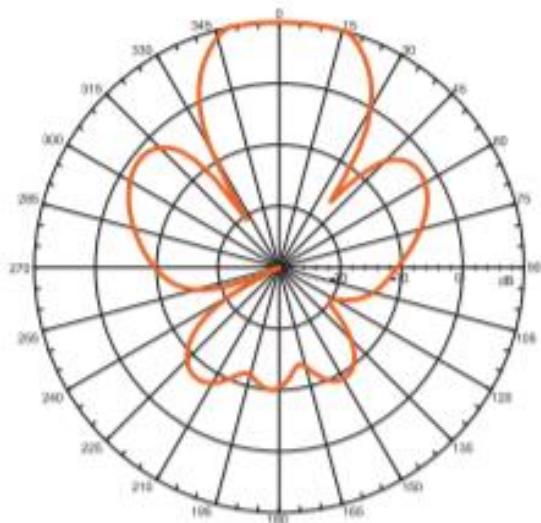
Seçilen Yer İstasyonu Anteni: TL-ANT2414A

Model	Bağlanma Tipi	Frekansı	Yönü	Kazancı	Fiyatı	Temin Edildiği Yer
TL-ANT2414A	N-Tipi	2.4 GHz	Tek Yönlü	14 dBi	671 ₺	Yurt içi

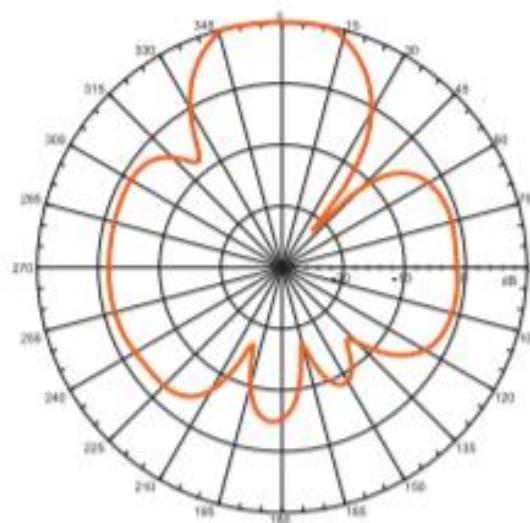
- Konfigürasyon ve yazılım kurulumu gerektirmez.
- Anten kazancı yüksektir.
- Tek yönlü anten olduğundan dolayı uzaktaki sinyalleri yakalama açısından güçlündür.
- Kolay temin edilebilmesi nedeniyle tercih edilmiştir.



2 Boyutta İşinim Deseni



Dikey Düzlem Ortak Kutuplaşma Modeli



Yatay Düzlem Ortak Kutuplaşma Modeli

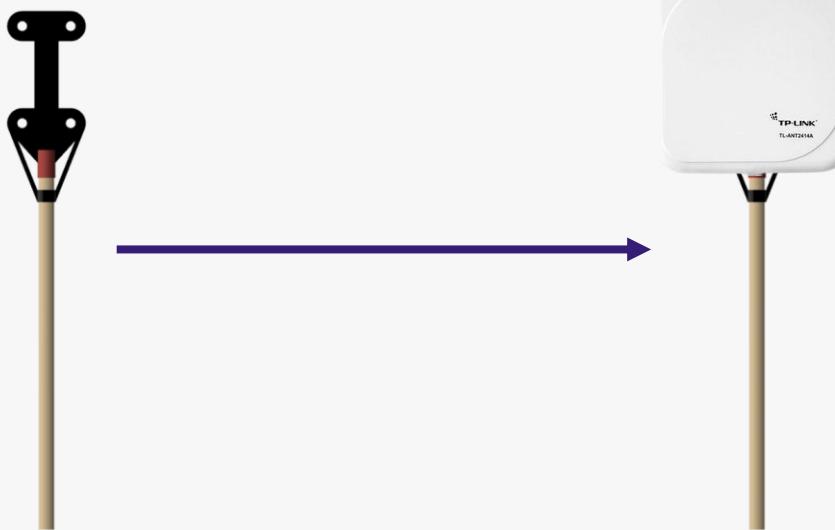
Seçilen Taşıma Stratejisi: Elde Taşıma

Yöntem	Ağırlık	Malzeme	Fiyatı
Elde Taşıma	0.4 kg	PLA Fiber	24 ₺

- Ağırlık olarak hafiftir.
- Maliyeti bakımından ucuzdur.
- 3D yazıcı ile üretimi kolaydır.
- Seçilen telemetri anteni ile tasarım olarak uyumluluk göstermektedir.
- Takımımızın daha önceki olumlu deneyimlerine dayanarak tercih edilmiştir.



Elde Taşıma Düzeneği ile Antenin Gösterilmesi



- TL-ANT2414A adlı seçilen anten, arka tarafında bulunan 4 adet montaj deliği aracılığıyla taşıma aparatına monte edilecektir. Antenin N-Tipi kablo çıkışı XBee'ye RP-SMA konnektör aracılığıyla bağlanacak olup anten Model Uydu'ya dönük tutulacaktır. Alıcı XBee ile anten arasındaki kablo yeterince uzun olacağından, anten kablosu antenin taşınmasında herhangi bir sorun teşkil etmemektedir.



Antenin arkası

Anten Düzeneğinin Kurulması

- Seçilen telemetri anteni yer istasyonuna korunaklı bir çanta ile getirilecek ve yer istasyonuna yakın bir bölgede konumlandırılacaktır.
- Antenin elde taşınması için biri görevlendirilecektir ve bu kişi uçuş boyunca anteni Model Uydu'ya yönlendirecektir.
- Çevredeki insanların güvenliğinin sağlanması için antenin kablosu kısır tutulacak ve olabildiğince yere değişmesi engellenenecektir.
- Yer istasyonunun bulunduğu bölge giriş çıkışa kapalı olacaktır.
- Antenin kullanıldığı bölgede dışarıdan gelen etkileri en aza indirmek amacıyla görevli bulundurulacaktır.

Yer İstasyonu Arayüzü

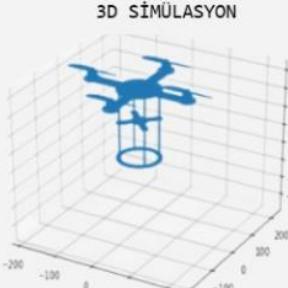
İTÜ APİS ARGE: 10B YER İSTASYONU

Motor Test Video Paket Aktarımı

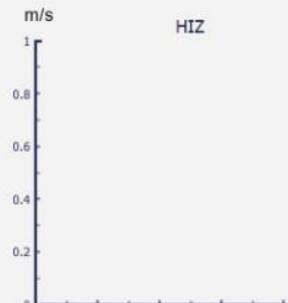
BAŞLA DURDUR DOSYA SEÇ VİDEO GÖNDER

Paket No: 13	GPS Enlem (°): 29.46723
Gönderme Saati: 25/04/2021-13:47:51	GPS Boylam (°): 49.91265
Basınç (Pa): 10105.3	GPS Yükseklik (m): 245.19
Yükseklik (m): 60.3	Uydu Statüsü: YÜKSELME
İniş Hızı (m/s): 9.2	Pitch/Roll/Yaw (°): 6.5/0.7/23.9
Sıcaklık (°C): 33.7	Dönüş Sayısı: 11
Pil Geriliği (V): 3.81	Video Aktarım Bilgisi: EVET

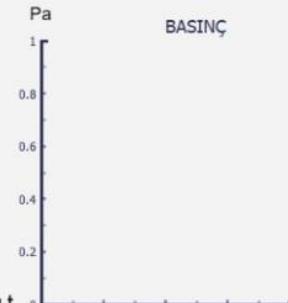
3D SİMÜLASYON



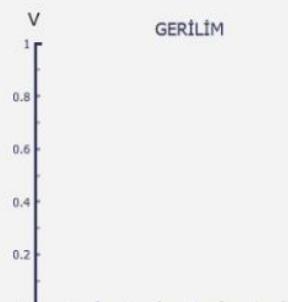
HIZ



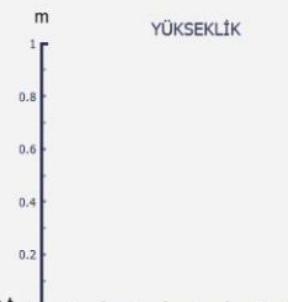
BASINÇ



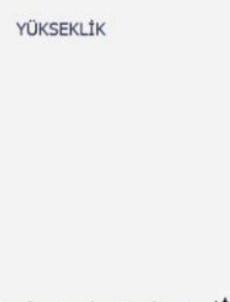
V



GERİLİM



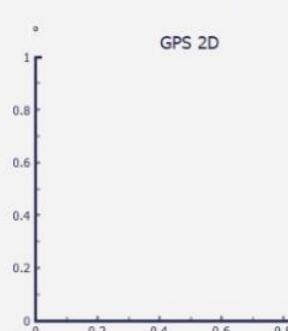
YÜKSEKLİK



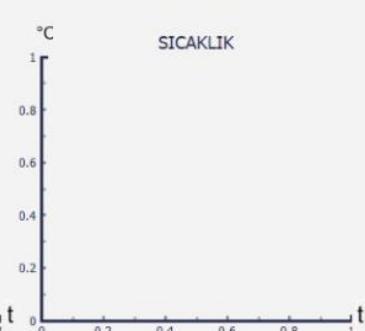
KAMERA



GPS 2D



SICAKLIK



AYRIL

Kullanılacak Yazılım Paketleri

- Python 3.8
- X-CTU Digi XBee Software

Verilerin Kaydedilmesi ve Arayüzde Yansıtılması

- Veriler komut yazılımı kullanılarak oluşturulan yer istasyonuna kaydedilecektir.
- Veriler komut yazılımında gerçek zamanlı kaydedilip *PyQtGraph* (Python) kütüphanesi yardımıyla canlı olarak grafiğe çevrilecektir.

Telemetri Paket 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>

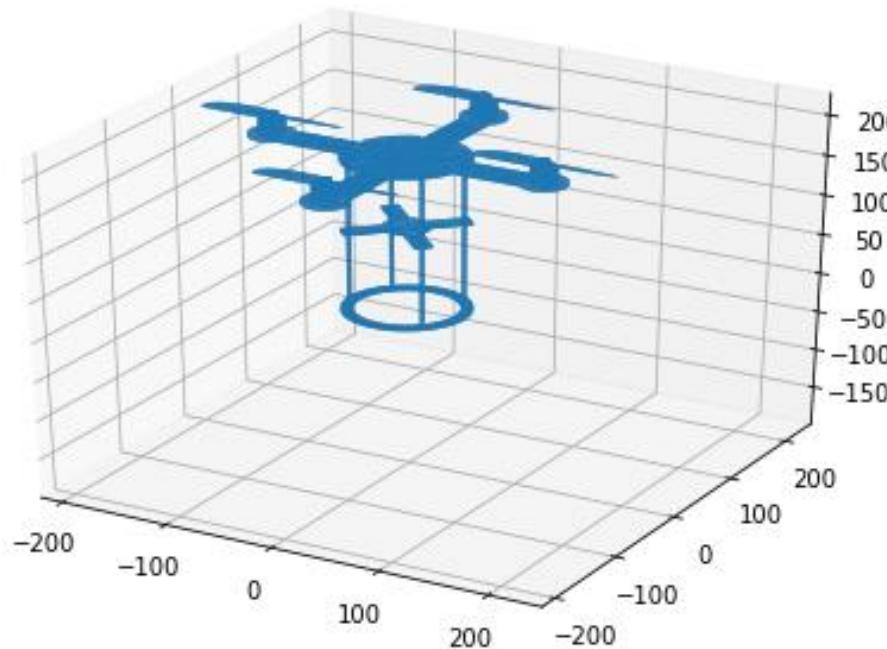
Verilerin Teslim Edilme Süreci

- Telemetri verileri, .CSV formatı şeklinde saklanacak ve CSV format içinde virgülle ayrılmış olarak bulunacaktır.
- CSV dosyasının adı «*TMUY2021_56727_TLM.csv*» olacaktır.
- Tüm telemetri verileri yarışma jürisine flash bellek ile teslim edilecektir.

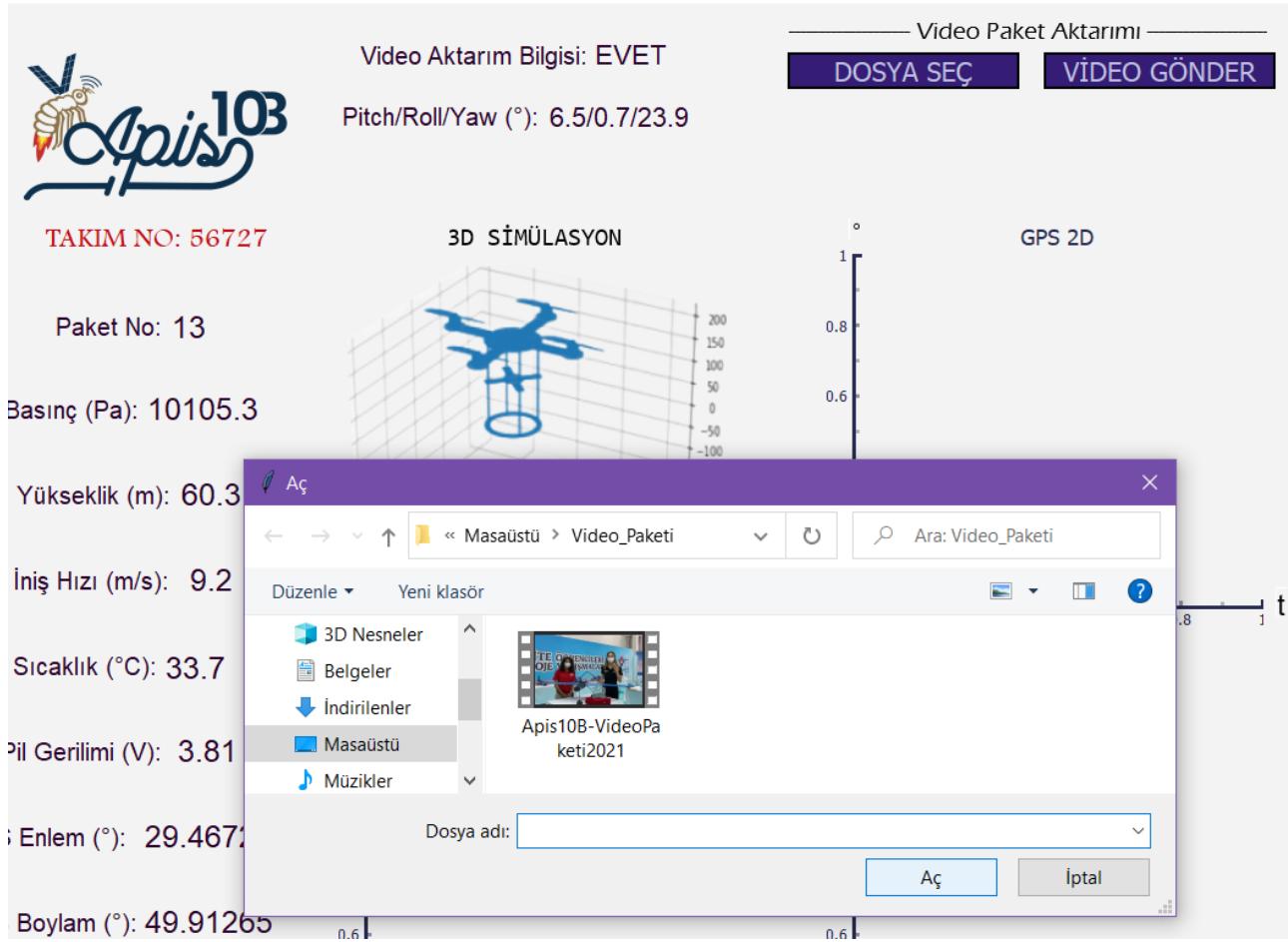
5.2 Eksen Duruş Bilgisi: Arayüzdeki 3D Simülasyonun Oluşturulması

Model Uydu'nun çizimi .stl formatında kaydedilecek olup Python numpy-stl kütüphanesi kullanılarak yer istasyonunun arayüzünde gösterilecektir.

Kütüphanenin içeriği rotation() fonksiyonundan yararlanılacak ve Model Uydu'dan gelen Pitch/Roll/Yaw telemetri verileri kullanılarak, eksenlerdeki duruş açıları değiştirilerek 3D simülasyonun oluşması sağlanacaktır.



Video Aktarım Panelinin Arayüzde Oluşturulması



Video Paketi aktarım panelini oluşturmak için **Spyder** geliştirme ortamı ve **Python (3.8)** programlama dili kullanıldı.

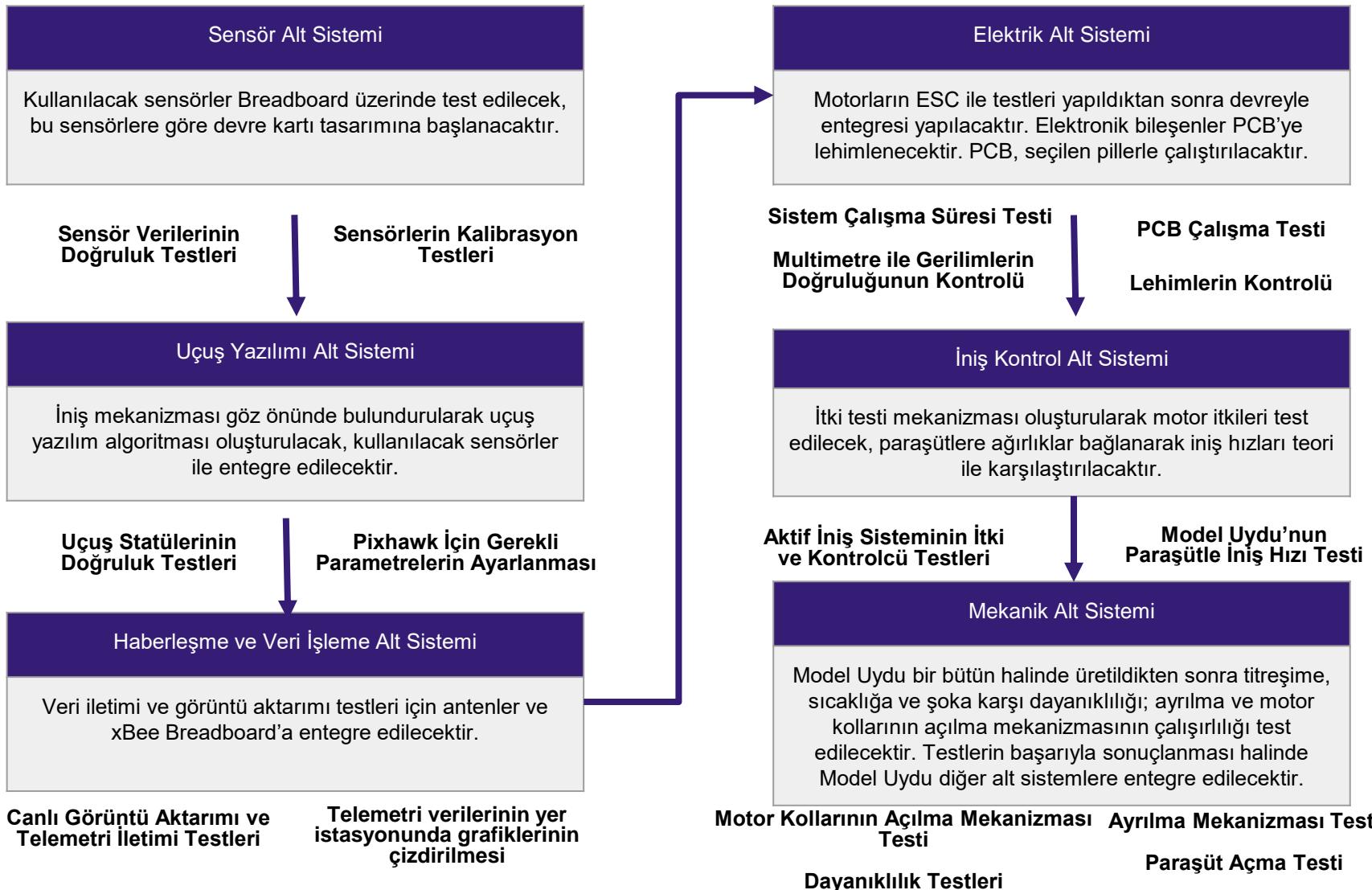
Yer istasyonu arayüzünden “**DOSYA SEÇ**” butonuna tıklandığında açılan yeni pencerede yarışma görevlileri tarafından takımımıza verilecek olan video paketi seçilecek.

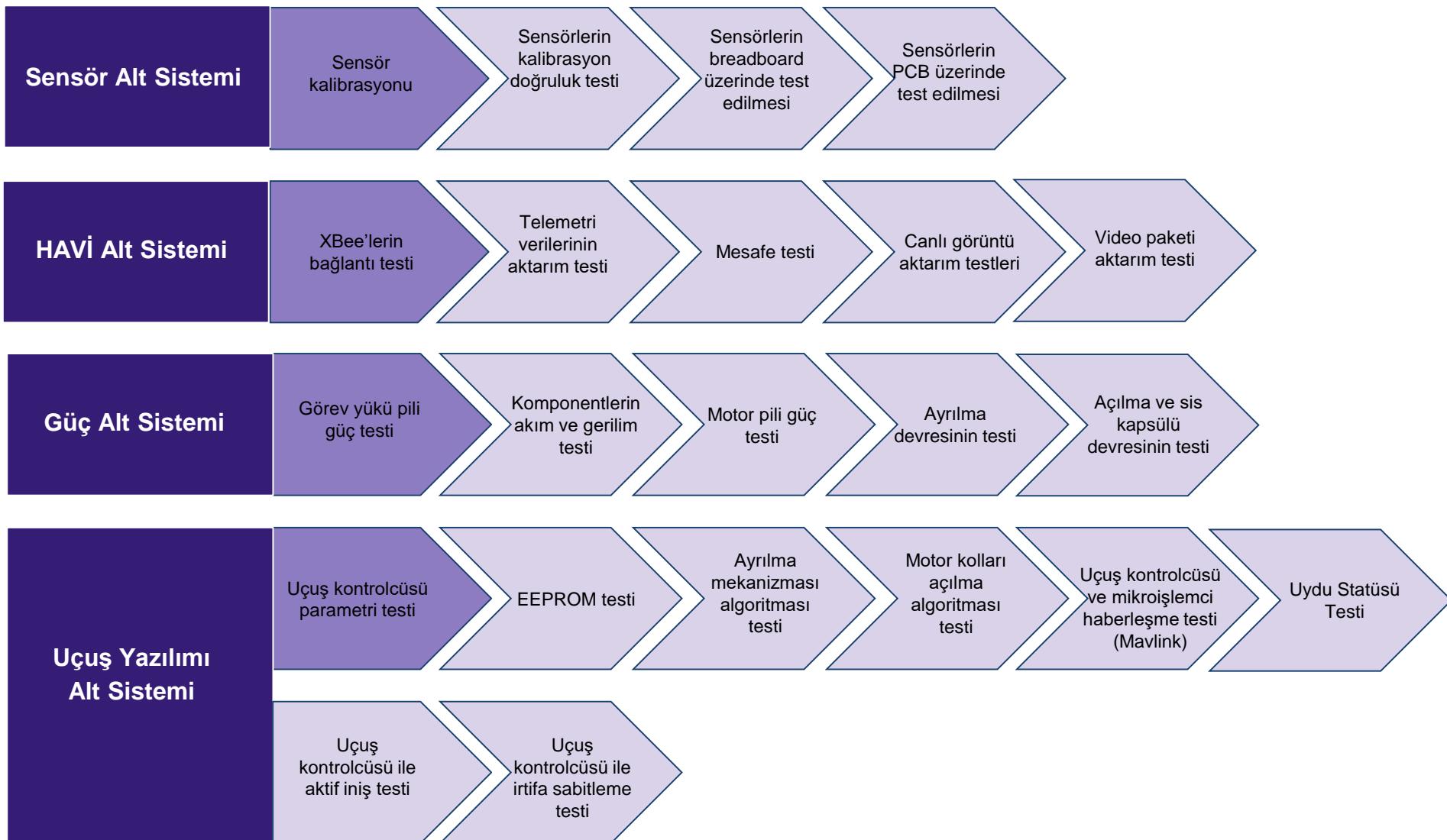
Seçilen video paketi ile aç butonuna tıklanılacak.

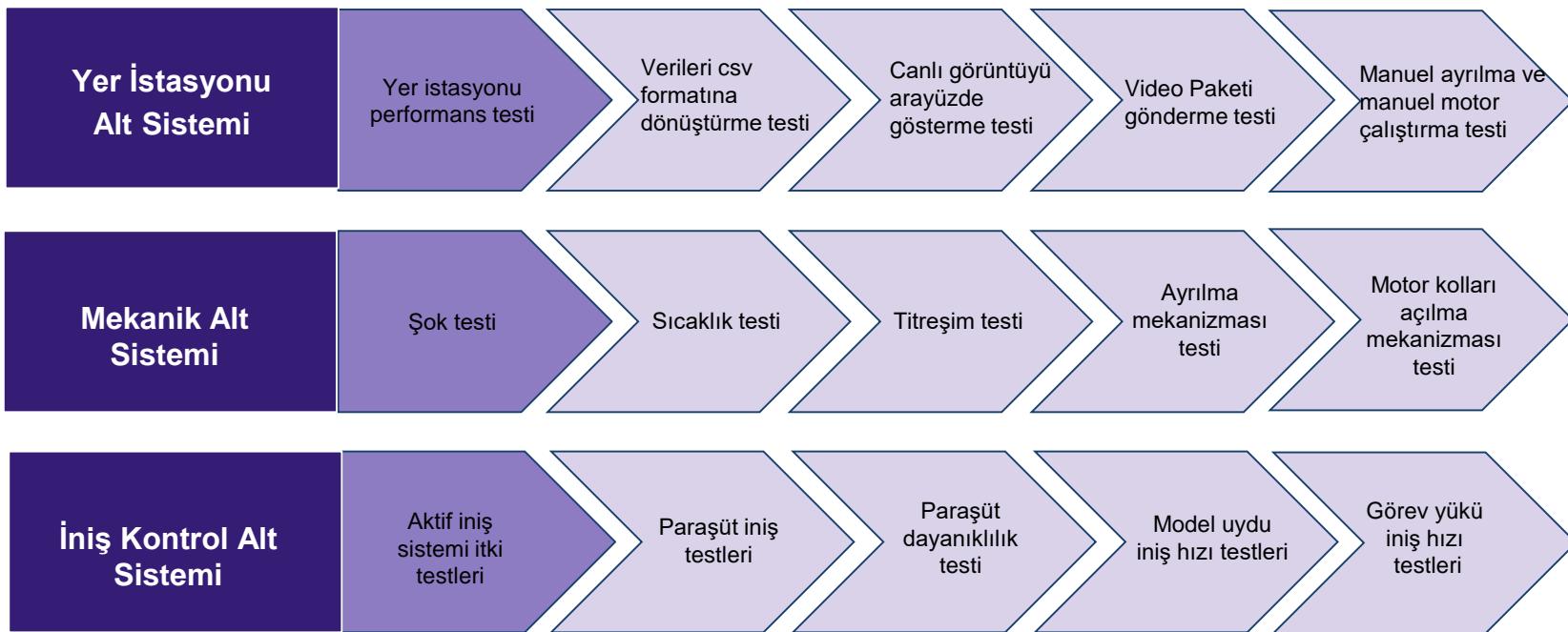
“**VIDEO GÖNDER**” butonuna basıldığında video paketi önceden ayarlanmış olan dosya yolundan Wi-Fi üzerinden Raspberry Pi Zero W'ye gönderilmiş olacak.

Model Uydunun Entegrasyonu ve Testi

Melih Safa CENGİZ







XBee'lerin bağlantı testi	Telemetri verilerinin aktarım testi	Mesafe Testi	Canlı görüntü aktarım testi	Video Paketi aktarım testi
<p>Gönderici ve alıcı XBee'lerin adreslerinin eşleştirilmesinin testi yapılacaktır.</p> <p>Yer istasyonu bilgisayarı ve XCTU programı kullanılacaktır.</p> <p>Hedefimiz XBee'ler arasında kesintisiz bağlantının sağlanmasıdır.</p> <p>Test sonucu XBee'ler arasında kesintisiz bağlantının sağlandığı gözlemlendi.</p> <p>Test başarılı bir şekilde gerçekleşmiştir.</p>	<p>Gönderici XBee'den alıcı XBee'ye telemetri paketinin devamlı ve doğru bir şekilde gönderilmesi test edilecektir.</p> <p>Teensy 4.0 ile gönderici XBee'nin bağlantıları yapılarak telemetri paketi oluşturulacaktır.</p> <p>Hedefimiz telemetri paketinin alıcı XBee tarafından alınmasıdır.</p> <p>Test sonucunda telemetri verilerinin aktarımı gözlemlendi.</p> <p>Test başarılı bir şekilde gerçekleşmiştir.</p>	<p>Telemetri, canlı görüntü ve video paketini gönderme testleri farklı mesafelerde test edilecektir.</p> <p>Mesafe testleri İTÜ Ayazağa kampüsünde gerçekleştirilecektir.</p> <p>Hedefimiz 10-1000 metre arasındaki mesafelerde veri akışının kesintisiz bir şekilde sağlanmasıdır.</p> <p>Test süreci hala devam etmektedir.</p>	<p>Uçuş boyunca görev yükü devresi üzerinde bulunan Raspberry Pi Zero W'nin kamerasından alınan görüntü yer istasyonu arayüzüne gönderilecek ve SD kart 2'ye kaydedilecektir.</p> <p>Mesafe testleri İTÜ Ayazağa kampüsünde gerçekleştirilecektir.</p> <p>Hedefimiz SD kart 2'ye kaydedilmiş olmasıdır.</p> <p>Test sonucunda canlı görüntü aktarımı yapılmıştır.</p> <p>Test başarılı bir şekilde gerçekleşmiştir.</p>	<p>Yer İstasyonu'ndan gönderilecek olan video paketinin Raspberry üzerindeki SD karta kaydedilmesi test edilecektir.</p> <p>Mesafe testleri İTÜ Ayazağa kampüsünde gerçekleştirilecektir.</p> <p>Hedefimiz SD kart 2'ye video paketinin kaydedilmiş olmasıdır.</p> <p>Test sonucunda video paketi SD kart 2'ye kaydedilmiştir.</p> <p>Test başarılı bir şekilde gerçekleşmiştir.</p>

Görev yükü pili ve motor pili güç testi	Komponentlerin akım ve gerilim testi	Motor ve ESC testi	Ayrılma devresinin testi	Açılma ve sis kapsülünün testi
<p>Pillerin kullanılacakları sistemler ile bağlantıları yapılarak görev yükü pili için sistemi 1 saat çalıştırıldığı ve aktif iniş sistemi için uçuş süresi boyunca yeterliliği gözlemlenecektir.</p> <p>Multimetre ile pillerin gerilim ve akımları gözlemlenecektir.</p> <p>Hedefimiz Görev yükü pili için sistemi en az 1 saat ve aktif iniş sistemi için en az 3 dakika boyunca çalışmasıdır.</p> <p>Test başarılı bir şekilde gerçekleşmiştir.</p>	<p>Pillerin ve regülatör ile gerilimi artırılan/düşürülen pillerin voltaj ve akımları test edilecektir.</p> <p>Bu testi gerçekleştirmek için multimetre kullanılacaktır.</p> <p>Hedefimiz pillerin hesaplanan gerilim ve akım değerlerine uygun olarak çalışmasıdır.</p> <p>Test başarılı bir şekilde gerçekleşmiştir.</p>	<p>Uçuş kontrolcüsü ile ESC'lere PWM sinyali gönderilerek motorlar tahrik edilecektir. Böylece motor ve ESC'ler test edilmiş olacaktır.</p> <p>Aktif Iniş Sistemi'nde kullanılacak olan Li-po pil ile bu test gerçekleştirilecektir.</p> <p>Hedefimiz motorların tahrik edilmesiyle birlikte dönüşüne başlamasıdır.</p> <p>Test süreci hala devam etmektedir.</p>	<p>Ayrılma mekanizmasında kullanılacak olan MOSFET'in devre ve piller ile bağlantıları yapılarak ni-krom teli ısıtma testi yapılacaktır.</p> <p>Bu test breadboard üzerinde gerçekleştirilecektir.</p> <p>Hedefimiz ayrılma komutu geldiğinde MOSFET'in aktifleşerek ni-krom teli eriterek ayrılmayan gerçekleşmesidir.</p> <p>Test süreci hala devam etmektedir.</p>	<p>Açılma mekanizmasında ve sis kapsülü devresinde kullanılacak olan MOSFET'in devre ve piller ile bağlantıları yapılarak ni-krom teli ısıtma testi yapılacaktır.</p> <p>Bu test breadboard üzerinde gerçekleştirilecektir.</p> <p>Hedefimiz açılma komutu geldiğinde MOSFET'in aktifleşerek ni-krom teli eriterek motor kollarının açılması ve sis kapsülünün aktive edecek olan fitilin yanmasıdır.</p> <p>Test süreci hala devam etmektedir.</p>

Uçuş kontrolcüsü parametri testi	EEPROM testi	Ayrılma mekanizması algoritması testi	Açılma algoritması testi
<p>Mission Planner üzerinden Pixhawk 4 Mini'ye gerekli parametre değerleri girilerek mekanik ekibin tasarlamış olduğu pitch ve roll eksenlerinde serbestliğe sahip prototip vasıtasyyla parametre değerlerinin doğruluğu ve Görev Yükü'nün stabilitesi kontrol edilecektir.</p> <p>Hedefimiz Pixhawk 4 Mini'ye girilen uygun parametre değerleri sayesinde Görev Yükü'nün stabil bir şekilde uçuşunu sağlamaktır.</p> <p>Test başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir.</p>	<p>Yükseklik, paket sayısı ve görev süresi verileri alınırken işlemci yeniden başlatılacaktır. Yeniden başlatma sonrasında en son kaydedilen verilerin kurtarıldığı gözlemlenecektir.</p> <p>Hedefimiz işlemci sıfırlandığında yükseklik, paket sayısı ve görev süresi verilerinin kurtarılmış olmasıdır.</p> <p>Test sonucunda EEPROM'a kaydedilmesi için belirlenen verilerin kurtarıldığı gözlemlenmiştir.</p> <p>Test başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir.</p>	<p>Uçuş yazılımında geliştirilen ayrılma algoritmasıyla breadboard üzerinde kurulan ayrılma devresi aktif edilerek nikrom telin yanması sağlanacak ve Görev Yükü'nün Taşıyıcı'dan ayrılması gözlemlenecektir.</p> <p>Hedefimiz uçuş yazılımında geliştirilen algoritmayla Görev Yükü'nün Taşıyıcı'dan otonom bir şekilde ayrılmasını gerçekleştirmektir.</p> <p>Test süreci hala devam etmektedir.</p>	<p>Uçuş yazılımında geliştirilen açılma algoritmasıyla breadboard üzerinde kurulan açılma devresi aktif edilerek Görev Yükü'nün motor kollarının açılması ve buna bağlı olarak sis kapsülünün aktif olması gözlemlenecektir</p> <p>.</p> <p>Hedefimiz uçuş yazılımında geliştirilen algoritmayla Görev Yükü'nün motor kollarının otonom bir şekilde açılmasını ve buna bağlı olarak sis kapsülünün aktif edilmesini sağlamaktır.</p> <p>Test süreci hala devam etmektedir.</p>

MAVLink testi	Uydu statüsü testi	Aktif iniş testi	İrtifa sabitleme testi
<p>Teensy 4.0 ve Pixhawk 4 Mini arasında gerekli kablo bağlantıları yapılmıştır. Arduino IDE üzerinden MAVLink kütüphanesi kullanılarak ikisi arasındaki haberleşme gözlemlenecektir.</p> <p>Hedefimiz Pixhawk 4 Mini ile Teensy 4.0 arasında haberleşmeyi sağlamaktır.</p> <p>Test başarılı bir şekilde gerçekleştirılmıştır.</p>	<p>Görev Yükü belirli bir irtifadan drone yardımıyla bırakıldıktan sonra Teensy 4.0 ve Pixhawk 4 Mini arasında kurulan haberleşme sayesinde sensör alt sisteminden alınan irtifa verisine bağlı olarak Pixhawk 4 Mini'nin uçuş modları arasında geçiş yapıldığı gözlemlenecektir.</p> <p>Hedefimiz Pixhawk 4 Mini ve Teensy 4.0 arasındaki haberleşme sayesinde Pixhawk 4 Mini'nin uçuş modları arasında geçişini sağlamaktır.</p> <p>Test süreci hala devam etmektedir.</p>	<p>Görev Yükü belirli bir irtifadan drone yardımıyla bırakıldıktan sonra Pixhawk 4 Mini jiroskop ve ivme sensörü verilerini kullanarak elektronik hız kontrolcülerine PWM sinyali gönderecek bu sayede motorların hızları ayarlanacak ve Görev Yükü'nün 8-10 m/s aralığında bir hız ile iniş yaptığı gözlemlenecektir.</p> <p>Hedefimiz Pixhawk 4 Mini'den gönderilen PWM sinyali sayesinde Görev Yükü'nün aktif inişinin sağlanmasıdır.</p> <p>Test süreci hala devam etmektedir.</p>	<p>Görev Yükü belirli bir irtifadan drone yardımıyla bırakıldıktan sonra Pixhawk 4 Mini jiroskop ve ivme sensörü verilerini kullanarak elektronik hız kontrolcülerine PWM sinyali gönderecek bu sayede motorların hızları ayarlanacak ve Görev Yükü'nün belirlenen yükseklikte 10 saniye boyunca irtifasının sabitlendiği gözlemlenecektir.</p> <p>Hedefimiz Pixhawk'ın Loiter modunu aktif ederek Görev Yükü'nün irtifasının 10 saniye boyunca sabitlenmesini sağlamaktır.</p> <p>Test süreci hala devam etmektedir.</p>

Yer istasyonu performans testi	Verileri csv formatına dönüştürme testi	Canlı görüntüyü arayüzde gösterme testi	Video Paketi gönderme testi	Manuel ayrılma ve manuel motor çalışma testi
<p>Yer istasyonuna gelen telemetri verilerinin grafiklerinin çizdirilmesi sırasında gecikmelerin minimuma indirilmesi amacıyla performans testi gerçekleştirilecektir.</p> <p>Teensy 4.0 ve XBee-PRO S2C kullanılarak telemetri verileri yer istasyonuna iletilicektir.</p> <p>Hedefimiz telemetri verisinin yer istasyonuna iletildiği anda grafiğinin çizdirilmesidir.</p> <p>Test süreci hala devam etmekte olup telemetri verilerinin çoğunuun grafiği çizdirilmiştir.</p>	<p>Yer İstasyonu'na aktarılan telemetri verilerinin CSV formatına dönüştürme testi yapılacaktır.</p> <p>Python yazılımı kullanılarak gerçekleştirilecektir.</p> <p>Hedefimiz gelen telemetri verilerinin CSV formatında kaydedilmesidir.</p> <p>Test süreci hala devam etmektedir.</p>	<p>Uçuş boyunca Görev Yükü devresi üzerinde bulunan Raspberry Pi Zero W'nin kamerasından gelen görüntü Yer İstasyonu arayüzünde gösterilecek ve SD Kart 2'ye kaydedilecektir.</p> <p>İTÜ Ayazağa kampüsü içerisinde 1 km'lik mesafede test edilecektir.</p> <p>Hedefimiz Yer İstasyonu arayüzünde kamera görüntüsünü telemetri verileriyle birlikte görüntülemektir.</p> <p>Test başarılı bir şekilde gerçekleşmiştir.</p>	<p>Yer İstasyonu'ndan gönderilecek olan video paketinin Raspberry üzerindeki SD karta kaydedilmesi test edilecektir.</p> <p>Wireless Router (Yönlendirici) kullanılacaktır.</p> <p>Hedefimiz SD Kart 2'ye video paketinin kaydedilmiş olmasıdır.</p> <p>Test başarılı bir şekilde gerçekleşmiştir.</p>	<p>Yer İstasyonu'ndan Görev Yükü'ne komut gönderilerek ayrılmın ve motor tahrik komutlarının gerçekleşmesinin testi yapılacaktır.</p> <p>İTÜ Ayazağa kampüsü içinde 1 km'lik mesafede test edilecektir.</p> <p>Hedefimiz komut gönderildikten sonra manuel ayrılmının gerçekleşmesi ve motor tahrik komutunu gönderdikten sonra motorların çalışmasıdır.</p> <p>Test süreci hala devam etmektedir.</p>

Şok Testi	Sıcaklık Testi	Titreşim Testi	Ayrılma Mekanizması Testi	Motor Kolları Açıılma Mekanizması Testi
<p>Model Uydu, belirli bir yüksekliğe asılıp kendi ağırlığı vasıtayla ilk hızı sıfır olacak şekilde serbest bırakılmıştır. Model Uydu ipin gerilmesiyle büyük bir şok kuvetine maruz bırakılarak test edilmiştir.</p> <p>Test sonucunda Model Uydu'nun 10G kuvvette dayanabilmesi amaçlanmıştır.</p> <p>Model Uydunun istenilen 10G kuvvette dayanabildiği gözlemlenmiştir.</p> <p>Test süreci hala devam etmektedir.</p>	<p>Sıcaklık testi, Model Uydunun 60 derecelik sıcaklığa ayarlanmış fırına konularak yapılacaktır.</p> <p>Sonuç olarak Model Uydunun bu sıcaklıkta hala çalışır durumda olması hedeflenmiştir.</p> <p>Test sonucunda Model Uydu 60 derece sıcaklıkta hala çalışır durumdadır.</p> <p>Test süreci hala devam etmektedir.</p>	<p>Fakültemizde bulunan titreşim testi makinesi aracılığıyla Model Uydumuzu titreşim testi yapılmıştır.</p> <p>Bu test ile Model Uydumuzun büyük sarsıntılarla karşı dayanıklılığı test edilmiştir.</p> <p>Bu test sonucunda Model Uydumuzun titreşimlere karşı dayanıklılığının yeterli olduğu görülmüştür.</p> <p>Test süreci hala devam etmektedir.</p>	<p>Ayrılma mekanizması için hazırlanan devre Model Uyduya yerleştirilmiştir ve Ayrılma Mekanizması aktif edilerek test edilmiştir.</p> <p>Testin sonucunda Ayrılma Mekanizmasının sorunsuz çalıştığını görülmüş amaçlanmıştır.</p> <p>Bütün bağlantıların doğru yapıldığı ve Ayrılma Mekanizmasının çalıştığı gözlemlendi.</p> <p>Test süreci hala devam etmektedir.</p>	<p>Motor Kollarının etrafına sarılmış misina açılma mekanizması aracılığıyla eritilerek motor kollarının açılması sağlanacaktır.</p> <p>Sonuç olarak motor kollarının sorunsuz bir şekilde açılması amaçlanmıştır.</p> <p>Test sonucunda Motor kollarının yay sayesinde kolayca açıldığı gözlemlendi.</p> <p>Test süreci hala devam etmektedir.</p>

Aktif iniş sistemi itki testleri	Paraşüt iniş testleri	Paraşüt dayanıklılık testi	Model uydu iniş hızı testleri	Görev yükü iniş hızı testleri
<p>Fırçasız motor-pervane çiftinin, üç boyutlu yazıcıdan üretilen test düzeneğine monte edilerek itkileri test edilir.</p> <p>İtki testi sonucunda motorun veri sayfasında belirtilen değerlere ulaşılmıştır ve aktif iniş sistemi gereksinimleri karşılamaktadır.</p>	<p>Paraşüt farklı konfigürasyonlar şeklinde, firdöndü kullanılarak gibi, aynı yüksekliklerden bırakılarak stabiliteleri gözlemlenecektir.</p> <p>Bu testlerin sonucuna göre en başarılı paraşüt konfigürasyonu seçilecektir.</p> <p>Test sonucunda firdöndü kullanılan konfigürasyonun en stabil inişi sağladığı gözlemlenmiştir.</p>	<p>Seçilen paraşüt konfigürasyonuna belirli bir emniyet katsayısı ile çarpan model uydu ağırlığı büyüklüğünde bir yük takılacak ve bu test düzeneği belirli yüksekliklerden bırakılacaktır.</p> <p>Paraşüt açılma esnasında bir şok kuvetine maruz kalmaktadır, paraşüt ve paraşüt ipinin bu şoka olan dayanımı test edilecektir.</p> <p>Paraşüt dayanıklılığı yeterli olmuştur.</p>	<p>Model uydu üretimi tamamlandıktan sonra üretilen paraşüt kullanılarak drone ile belirli bir yükseklikten serbest bırakılarak terminal iniş hızı test edilecektir.</p> <p>Formüle edilen iniş hızı ile testlerin uyumluluğunun görülmesi amaçlanmıştır.</p> <p>Bu test son aşamada gerçekleştirilecektir.</p>	<p>Görev yükü üretimi tamamlandıktan sonra görev yükü, drone ile belirli bir yükseklikten serbest bırakılarak aktif iniş mekanizması ile iniş hızı test edilecektir.</p> <p>Formüle edilen iniş hızı ile testlerin uyumluluğunun görülmesi amaçlanmıştır.</p> <p>Bu test son aşamada gerçekleştirilecektir.</p>

Sistem Seviyesi Test Planı

Haberleşme Testi

- Teorikteki verilerin pratikte doğrulanabilirliğinin kanıtlanması için anten gücünü test etmek amacıyla haberleşme testleri yapılacak ve bu testler farklı uzaklıklarda tekrarlanacaktır. Testler İTÜ Ayazağa Kampüsü sınırları içerisinde yapılacaktır.

Mekanizma Testleri

- Tasarlanan Model Uydu mekanizmalarının fiziksel dayanıklılığının görülmesi için nümerik gerilme analizleri yapılacak, analiz sonuçlarında göre seçilen malzemeler ile mekanizma üretimine geçilecektir. Bu mekanizmalar ayrı ayrı test edildikten sonra entegrasyonu tamamlanan Model Uydu prototipleri üzerinde de test edilecektir.

Ayrılma Testi

- Ayrılma mekanizması algoritması işlemciye gönderilen veriler ile algoritmanın doğruluğu ve ayrılma süresi fiziksel olarak test edilecektir. Testler başarıyla sonuçlandığı takdirde entegrasyonu tamamlanan Model Uydu üzerinde ayrılma sırasında Görev Yükü'nün Taşıyıcı içinde sıkışmadığından emin olunacaktır.

Aktif İniş Sistemi Testi

- Aktif İniş Sistemi itkisi atölye ortamında kurulacak olan itki test mekanizması vasıtasıyla test edilecek, eğer sistem performansı yeterli görürse açık alanda dikey iniş kalkış ve kontrolcü testleri yapılacaktır.

YAPILACAK ÇEVRESEL TESTLER

Düşme Testi:

Model Uydu 10 metre yükseklikten drone ile serbest düşüse bırakılacak ve Uydu'nun yerle çarpışma sonrası ne kadar hasara uğramış olduğu gözlemlenecektir.

Şok Testi

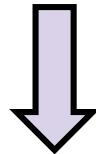
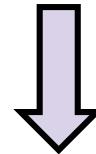
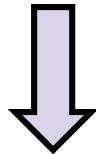
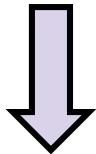
Şok testi, Model Uydu paraşüt iplerinden tutularak yere çarpmayacağı bir yükseklikten serbest bırakılarak gerçekleştirilecektir. Model Uydu'da oluşan hasar test sonrası kontrol edilecektir.

Titreşim Testi:

İTÜ Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi'nin Yapı Kompozit Laboratuvarı'nda elektrodinamik test ekipmanıyla yapılacaktır.

Termal Test:

İTÜ Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi'nde bulunan test fırını kullanılacaktır. Fırının sıcaklığı 60 santigrat dereceye kadar yükseltilerek Model Uydu'nun sıcaklığa direnci ölçülecektir.



Görev Operasyonu ve Analizler

Muhammet Erdem AKBAŞ

Yarışma Alanına Varış

- Malzeme ve yedek komponent kontrollerinin yapılması.
- Takım için tahsis edilen alana yerleşilmesi.
- Yer istasyonu bilgisayarının hazır hale getirilmesi.
- Yer istasyonu anteninin kurulumunun yapılması.
- Takım alanı güvenliğinin sağlanması.

Uçuş Öncesi

- Operasyon kontrol görevlisi tarafından Model Uydu'nun alt sistemlerinin son kontrollerinin yapılması.
- Hakemler tarafından Model Uydu'nun ağırlığının ölçülmesi.
- Model Uydu'nun güç kontrol anahtarlarının açık hale getirilmesi.
- Kurtarma görevlisi tarafından Model Uydu'nun rokete yerleştirilmesi.
- Yer istasyonu ekibi tarafından gerçek zamanlı veri iletiminin başladığının kontrol edilmesi.

Uçuş

- Model Uydu'nun yerleştirildiği roketin fırlatılması.
- Model Uydu'nun 500 ile 700 metre arası bir yükseklikte roketten ayrılması.
- Taşıyıcı ile Görev Yükü'nün 400 metrede ayrılma mekanizmasıyla otonom olarak ayrılması.
- Motor kollarının açılması ve Görev Yükü'nün aktif iniş mekanizmasının başlaması.
- Görev Yükü'nün 200(+/-50) metre yükseklikte 10 saniye boyunca irtifa sabitlemesi.
- Görev Yükü'nün motorlar aracılığıyla aktif inişe devam etmesi.
- Görev Yükü'nün telemetri verilerini ve video görüntüsünü yer istasyonuna aktarması.
- Hakem tarafından verilen komutla yer istasyonundan video paketinin gönderilmesi ve model uydunun içinde bulunan SD karta kaydetmesi

Kurtarma

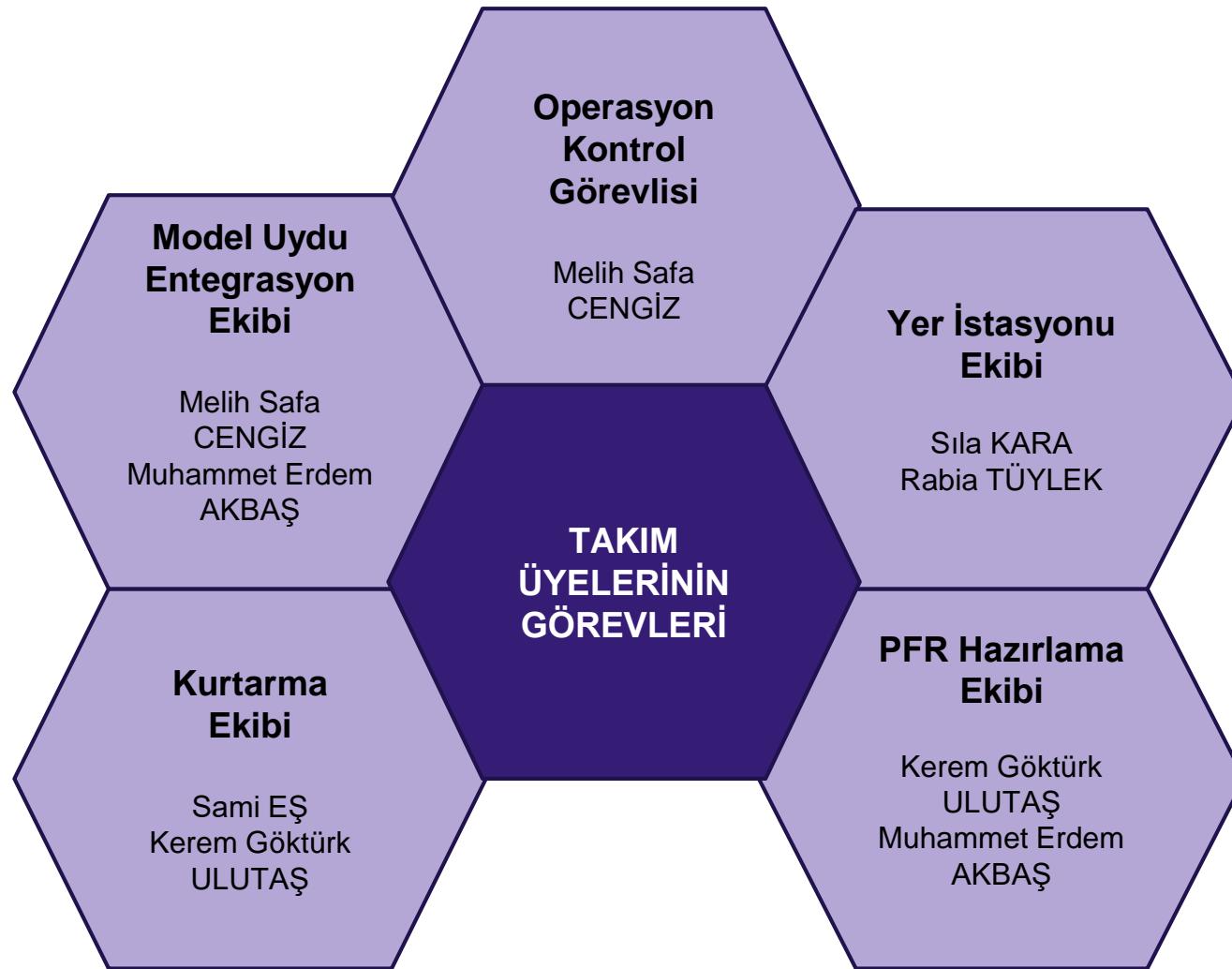
- Görev Yükü'nün yere inişi sonrası 1 dakika boyunca telemetri verisi göndermeye devam etmesi ve buzzeri aktif etmesi.
- Görev Yükü'nün kurtarılmasının Yer İstasyonu'na aktarılan GPS verileri, Buzzerden gelen sesli ikaz ve Görev Takip Sisteminden (Sis Kapsülü) çıkan duman yardımıyla gerçekleşmesi.
- Kurtarma ekibi tarafından Görev Yükü'nün kurtarılması.

Analiz

- Uçuş süresince Görev Yükü tarafından SD karta depo edilen verilerin analizinin yapılarak grafiklerinin çizdirilmesi.
- Görev Yükü'nün inişinin hasarsız bir şekilde tamamlandığının kontrol edilmesi.
- Telemetri verilerinin, görüntü kaydının ve uçuş yazılımı dosyalarının jüriye teslim edilmesi.
- Takım üyelerinin elde edilen veriler ve uçuş üzerine tartışarak PFR için hazırlık yapması.

PFR Hazırlama

- PFR hazırlama ekibinin analiz edilen veriler doğrultusunda PFR raporunu hazırlaması.
- PFR'nin jüriye sunumu.



Görev Yükü'nün Kurtarılması

- Görev Yükü'nün bulunamaması ihtimalinden dolayı, Görev Yükü'ne ve Taşıyıcı'ya üstünde takıma ait iletişim bilgilerinin bulunduğu bir etiket yapıştırılacaktır.
- Yer istasyonuna aktarılan GPS verilerinden konum takibi gerçekleştirilerek Görev Yükü'nün iniş yaptığı alan tespit edilecektir.
- Görev Yükü'nde bulunan buzzerden gelen sesli ikaz, kurtarma işlemine katkı sağlayacaktır.
- Görev Yükü'nde bulunan sis kapsülünün çıkardığı duman, uydunun fark edilmesini kolaylaştıracaktır.
- Elde edilen GPS verisi, Buzzer sesi ve Sis Kapsülü dumanı sayesinde kurtarma ekibi üyeleri Görev Yükü'nü kurtaracaktır.

İsterlerin Uyumu

Kerem Göktürk ULUTAŞ

**Takımımız APiS AR-GE 10B olarak ürettiğimiz uydu,
yarışmanın 36 adet sistem isteri ve 1 adet bonus isterin
tamamıyla uyumludur.**

İsterler	Uyumlu / Kısmi Uyumlu / Uyumsuz	Uyumu Gösteren Referans Slaytlar	Takım Yorumları
Model uydu, taşıyıcı ve görev yükü olmak üzere iki kısımdan oluşmalıdır.	Uyumlu	FT (1-6)	Uyumlu
Model uydunun ağırlığı 700 +/- 20 gr olmalıdır.	Uyumlu	KB(1-2)	Uyumlu
Model uydu, 280 mm yükseklik ve 113 mm çap ölçülerinde, silindirik yapıda tasarlanmalıdır.	Uyumlu	GHMUU	Uyumlu
Taşıyıcı, hiçbir yere ilişmeyecek/takılmayacak şekilde tasarlanmalı ve görev yükünü koruyacak yapıda üretilmelidir.	Uyumlu	TMKBD (1-2) FT (6)	Uyumlu
400 metre yüksekliğe kadar model uydu (taşıyıcı + görev yükü) pasif iniş sistemiyle 10-14 m/s hızla inmelidir.	Uyumlu	İKSGB(1-2)	Uyumlu
400 (+/- 10) metre yükseklikte Taşıyıcı ile Görev Yükü bir mekanizma ile otonom olarak ayrılmalıdır.	Uyumlu	SKİ(1)	Uyumlu

İsterler	Uyumlu / Kısmi Uyumlu / Uyumsuz	Uyumu Gösteren Referans Slaytlar	Takım Yorumları
Ayrılma mekanizması için patlayıcılar ve kimyasallar kullanılmamalıdır.	Uyumlu	TİKS	Uyumlu
Ayrılmadan sonra Görev Yükü, aktif bir iniş sistemi ile 8-10 m/s hızla yere inmelidir.	Uyumlu	İHH(1)	Uyumlu
Aktif Iniş Sistemi: Motora bağlı pervanenin bir bütün olarak rotoru oluşturduğu auto-gyro ile ivmeölçer kontrollü iniş sistemidir.	Uyumlu	GYİKS (1-2)	Uyumlu
Model uydunun bağlantı elemanları ve ekipmanları en az 10 G şoka dayanacak şekilde seçilmeli veya tasarlanmalıdır.	Uyumlu	GYİMS	Uyumlu
Bütün elektronik donanımlar ve birleşecek mekanik parçalar; konnektör, vida ve yüksek performanslı yapıştırıcılar gibi uygun birleştiriciler kullanılıp sabitlenerek monte edilmelidir.	Uyumlu	GYİMS	Uyumlu

İsterler	Uyumlu / Kısmi Uyumlu / Uyumsuz	Uyumu Gösteren Referans Slaytlar	Takım Yorumları
Model uydunun hasarsız bir şekilde yere inmesi sağlanmalıdır. (Model uydunun yere inişe 20 metre kala hızı yavaşlatılabilir.)	Uyumlu	İHH(3)	Uyumlu
Görev yükü, uçuş süresince sıcaklık, basınç, yükseklik, iniş hızı, konum, pil gerilimi ve eksen verilerini toplamalıdır.	Uyumlu	HGB UYGB(3)	Uyumlu
Model uyu ölçüdüğü verileri, sürekli bir şekilde, verilen telemetri formatına uygun paketler halinde, yer istasyonuna her saniye (1 Hz) göndermelidir.	Uyumlu	UYGB(3)	Uyumlu
Telemetri paketi, görev zamanını içermelidir. Görev süresince, işlemcinin yeniden başlaması durumunda bile, zaman verisi korunmalıdır.	Uyumlu	UYGB (3) UYDD (1)	Uyumlu

İsterler	Uyumlu / Kısmi Uyumlu / Uyumsuz	Uyumu Gösteren Referans Slaytlar	Takım Yorumları
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.	Uyumlu	UYDD (1)	Uyumlu
Telemetri verileri aynı zamanda uydu içinde yer alan bir SD karta da yazdırılmalıdır.	Uyumlu	UYGB (1)	Uyumlu
Görev yükü üzerinde, yere bakan bir kamera olmalıdır. Kamera görüntülerini tüm uçuş süresince bir SD karta video olarak kayıt edilmelidir.	Uyumlu	FT(6), HGB(1), YİGB(3), SASGB	Uyumlu
Kamerası yeryüzüne bakan model uydu, görev süresince (sistem çalışmaya başladığı andan itibaren) video görüntüsünü yer istasyonuna göndermelidir.	Uyumlu	F.T.(6),HGB, YİGB(1)	Uyumlu
Alkalin, Ni-MH, Lityum Ion veya Lityum polimer piller kullanılabilir.	Uyumlu	GYBÖT (1-6)	Uyumlu

İsterler	Uyumlu / Kısmi Uyumlu / Uyumsuz	Uyumu Gösteren Referans Slaytlar	Takım Yorumları
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.	Uyumlu	GYBÖT (1-6)	Uyumlu
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 verisi ile video aktarım bilgisi gösterilmelidir.	Uyumlu	VA (1-3), YİGB(3)	Uyumlu
Ayrılmama durumunda, yer istasyonundan gönderilen komutla ayrılma gerçekleştirilmelidir.	Uyumlu	KHK (4),	Uyumlu

İsterler	Uyumlu / Kısmi Uyumlu / Uyumsuz	Uyumu Gösteren Referans Slaytlar	Takım Yorumları
Görev yükünün açma kapama düğmesi olmalıdır. Bu düğme; görev yükü, taşıyıcının içindeyken bile erişilebilecek şekilde tasarılanmalıdır.	Uyumlu	EASGB (1)	Uyumlu
Elektronik donanımların montajı mekanik aksama sabitlenerek yapılmalıdır. Elektronik devrede temassızlığa veya çalışmaya sebep olacak konektörler kullanılmamalıdır.	Uyumlu	GYIMS (3)	Uyumlu
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 edilebilмелidir.	Uyumlu	UYGB (3) , YİY (2) , UYDD (4) , UYGB (3) ,	Uyumlu
Görev yükü yere indiğinde, kurtarma ekibi tarafından bulunana kadar sesli ikaz vermelidir.	Uyumlu	UYGB(3) , UYDD (4)	Uyumlu
Her takım kendi yer istasyonunu geliştirmelidir. Yer istasyonu arayüzü tek bir sayfa halinde olmalıdır.	Uyumlu	YİY (1-4)	Uyumlu

İsterler	Uyumlu / Kısmi Uyumlu / Uyumsuz	Uyumu Gösteren Referans Slaytlar	Takım Yorumları
Telemetri verilerini ve görüntütüyü yer istasyonuna göndermek için kablosuz haberleşme modülleri kullanılmalıdır.	Uyumlu	YİGB (1-3) KHK (1-4)	Uyumlu
Yer istasyonu arayüzünde görev yükünden gelen telemetri verileri gerçek zamanlı olarak gösterilmelidir.	Uyumlu	YİY.(1-4)	Uyumlu
Yer istasyonu yazılımında Görev yükünden gelen telemetri verileri kaydedilmeli ve zamana bağlı grafikleri doğru mühendislik birimleriyle gerçek zamanlı olarak çizdirilmelidir.	Uyumlu	YİY (1)	Uyumlu
Video, yer istasyonunda gerçek zamanlı olarak izlenmeli ve yer istasyonuna kayıt edilmelidir.	Uyumlu	YİY(1)	Uyumlu

İsterler	Uyumlu / Kısmi Uyumlu / Uyumsuz	Uyumu Gösteren Referans Slaytlar	Takım Yorumları
Yer istasyonu yazılımının çalıştırılacağı bilgisayarın en az iki saatlik bataryası dolu olmalıdır.	Uyumlu	-	Uyumlu
Görev yükü üzerinde bulunan gyro sensörü, yer istasyonu arayüzünde model uydunun duruş bilgisini en az bir düzlemede (x-y) 2 boyutlu olarak simüle edecektir. Ek 5.2' de eksen duruş bilgisi verilmiştir.	Uyumlu	YİY. (1) YİY (3)	Uyumlu
Pasif iniş sistemi ile inen taşıyıcının paraşüt rengi ise turuncu veya kırmızı olmalıdır.	Uyumlu	TİKS	Uyumlu
Görev yükü taşıyıcıdan ayrıldıktan sonra, atmosferde takibinin net bir şekilde yapılması için sis kapsülü eklenmelidir. Dumanın rengi için kırmızı, turuncu, yeşil veya mor tercih edilmelidir.	Uyumlu	GTS (1)	Uyumlu
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.	Uyumlu	BG (1-3)	Uyumlu

Yönetim

Melih Safa CENGİZ

ELEKTRONİK

Bileşen	Model	Miktar	Adet Fiyatı (₺)	Toplam (₺)	Kesin / Tahmini	Sipariş Tarihi	Teslim Alınan Tarih
Mikrodenetleyici	Teensy 4.0	1	480 ₺	480 ₺	Tahmini	15/04/2021	20/04/2021
Geliştirme Kartı	Raspberry Pi Zero W	1	260.39 ₺	260.39 ₺	Kesin	10/04/2021	15/04/2021
Kamera	OV5647 Raspberry Pi Zero W	1	95.90 ₺	95.90 ₺	Kesin	01/04/2021	09/04/2021
Hız Kontrol Sürücü Devresi	FVT LittleBee 20A	4	158 ₺	632 ₺	Kesin	19/03/2021	24/03/2021
Fırçasız Motor	Emax MT1806 2280 KV	4	194 ₺	776 ₺	Kesin	19/03/2021	24/03/2021
Uçuş Kontrol Kartı	Pixhawk 4 Mini	1	2700 ₺	2700 ₺	Tahmini	20/04/2021	10/05/2021
Güç Dağıtım Kartı	Matek Güç Dağıtım Kartı	1	49 ₺	49 ₺	Kesin	25/03/2021	30/03/2021

ELEKTRONİK

Bileşen	Model	Miktar	Adet Fiyatı (₺)	Toplam (₺)	Kesin / Tahmini	Sipariş Tarihi	Teslim Alınan Tarih
GPS	UBLOX Neo M8N Gps	1	166.79 ₺	166.79 ₺	Kesin	05/05/2021	09/03/2021
Basınç ve Sıcaklık Sensörü	BMP180	1	8.20 ₺	8.20 ₺	Kesin	05/03/2021	09/03/2021
Pil Gerilim Sensörü	Teensy 4.0 Analog Pini	1	Teensy 4.0'a dahil	Teensy 4.0'a dahil	Kesin	15/04/2021	20/04/2021
Auto-Gyro & İvme Ölçer Sensörü	Adafruit BNO055	1	391.58 ₺	391.58 ₺	Kesin	05/03/2021	09/03/2021
Anten (Görev Yükü/Telemetri)	Taoglas FXP70	1	29 ₺	29 ₺	Kesin	26/03/2021	20/05/2021
Aktif İniş Sistemi Bataryası	Profuse 3S 45C Lipo Pil	1	173.40 ₺	173.40 ₺	Kesin	25/03/2021	30/03/2021
Görev Yükü Pili	Orion 18650	1	12 ₺	12 ₺	Kesin	02/04/2021	05/04/2021

ELEKTRONİK

Bileşen	Model	Miktar	Adet Fiyatı (₺)	Toplam (₺)	Kesin / Tahmini	Sipariş Tarihi	Teslim Alınan Tarih
Anten (Görev Yükü/ Video Paketi ve Canlı Görüntü Aktarımı)	Molex 2069940100	1	14 ₺	14 ₺	Kesin	29/03/2021	21/04/2021
SD Kart	Toshiba EVO PLUS 32 GB	2	35 ₺	70 ₺	Kesin	29/03/2021	02/04/2021
Gerçek Zamanlı Saat	UBLOX Neo M8N Gps	1	GPS'e Dahil	GPS'e Dahil	Kesin	05/05/2021	09/03/2021
Voltaj Regülatörü	Pololu 5V Yükseltici Regülatör	1	90.72₺	90.72 ₺	Kesin	15/03/2021	18/03/2021
MOSFET	IRF540	1	5 ₺	5 ₺	Kesin	17/03/2021	17/03/2021
Buzzer	Buzzer	1	3 ₺	3 ₺	Kesin	17/03/2021	17/03/2021
Haberleşme Modülü	XBee S2C Pro	1	265 ₺	265 ₺	Kesin	02/04/2021	08/04/2021

MEKANİK							
Bileşen	Model	Miktar	Adet Fiyatı (₺)	Toplam (₺)	Kesin / Tahmini	Sipariş Tarihi	Teslim Alınan Tarih
Konteyner	Fiberglass Kumaş (86 g/m ²)	1 m ²	65.44 ₺	65.44 ₺	Kesin	12/04/2021	24/04/2021
Paraşüt	30d Silikon Naylon 66 Kumaş	1 m ²	15 ₺	15 ₺	Kesin	07/04/2021	21/04/2021
Pervane	APC 6x4	4	12.5 ₺	50 ₺	Kesin	14/04/2021	20/04/2021
İskelet Çubukları	Fiberglas Çubuk	1 m	35.65 ₺	35.65 ₺	Kesin	07/04/2021	21/04/2021
Ayrılma mekanizması	Nikrom Tel	1 m	10 ₺	10 ₺	Kesin	07/04/2021	17/04/2021
Diğer Araçlar	Yapıştırıcı,kontrplak, misina,bant,vida vb	-	-	100 ₺	Tahmini	07/04/2021	15/04/2021
Sis Bombası	Sis	1	20 ₺	20 ₺	Kesin	07/04/2021	15/04/2021

ELEKTRONİK TOPLAM**6221.98 ₺****MEKANİK TOPLAM****256.69 ₺****ELEKTRONİK + MEKANİK TOPLAM****6478.67 ₺**

YER İSTASYONU

Bileşen	Model	Miktar	Adet Fiyatı (₺)	Toplam (₺)	Kesin / Tahmini	Sipariş Tarihi	Teslim Alınan Tarih
Haberleşme Modülü	XBee Pro S2C	1	265 ₺	265 ₺	Kesin	02/04/2021	08/04/2021
XBee Adaptörü	XBee Explorer Dongle	2	52 ₺	104 ₺	Kesin	02/04/2021	09/04/2021
Anten	TL-ANT2414A	1	671 ₺	671 ₺	Kesin	05/04/2021	16/04/2021
Anten Tutucu	Elde Taşınabilir Anten Tutucu	1	24 ₺	24 ₺	Tahmini	3D Yazıcıdan Üretilicektir	3D Yazıcıdan Üretilicektir
Wi-Fi Router	Wi-Fi Router	1	160 ₺	160 ₺	Kesin	05/04/2021	13/04/2021
Bilgisayar	Monster Tulpar T5 V19.2	1	Kişisel	Kişisel	-	-	-

YER İSTASYONU TOPLAM

1224 ₺

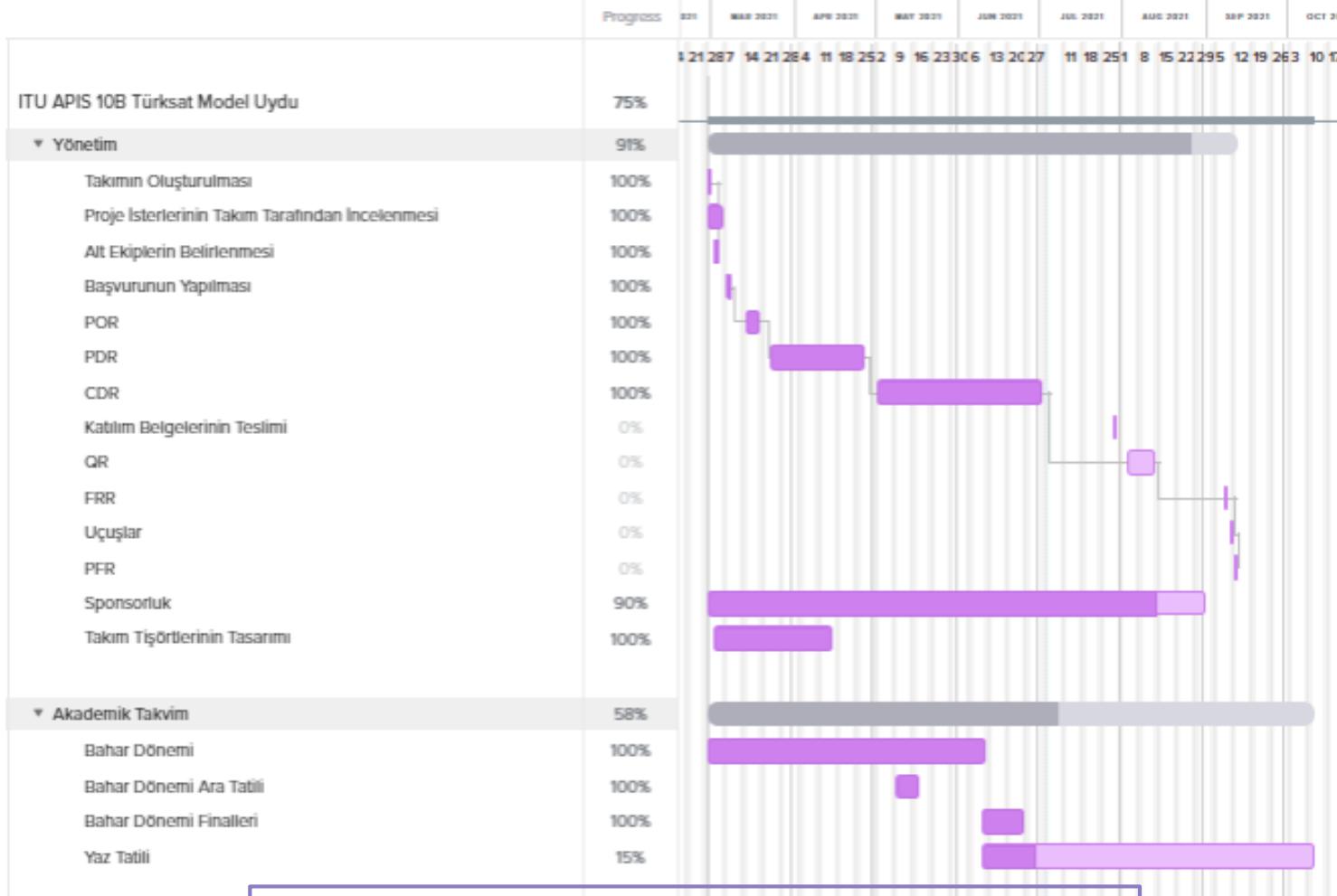
Diger Masraflar	Miktar	Adet Fiyatı (₺)	Toplam (₺)
Seyahat	6	120 ₺	720 ₺
Model Uydu Prototipi (Elektronik Bileşenler Hariç)	3	150 ₺ (Tahmini)	450 ₺
Test Tesisleri ve Ekipmanları	Üniversite tarafından karşılandı	Üniversite tarafından karşılandı	Üniversite tarafından karşılandı

DİĞER MASRAFLAR TOPLAM

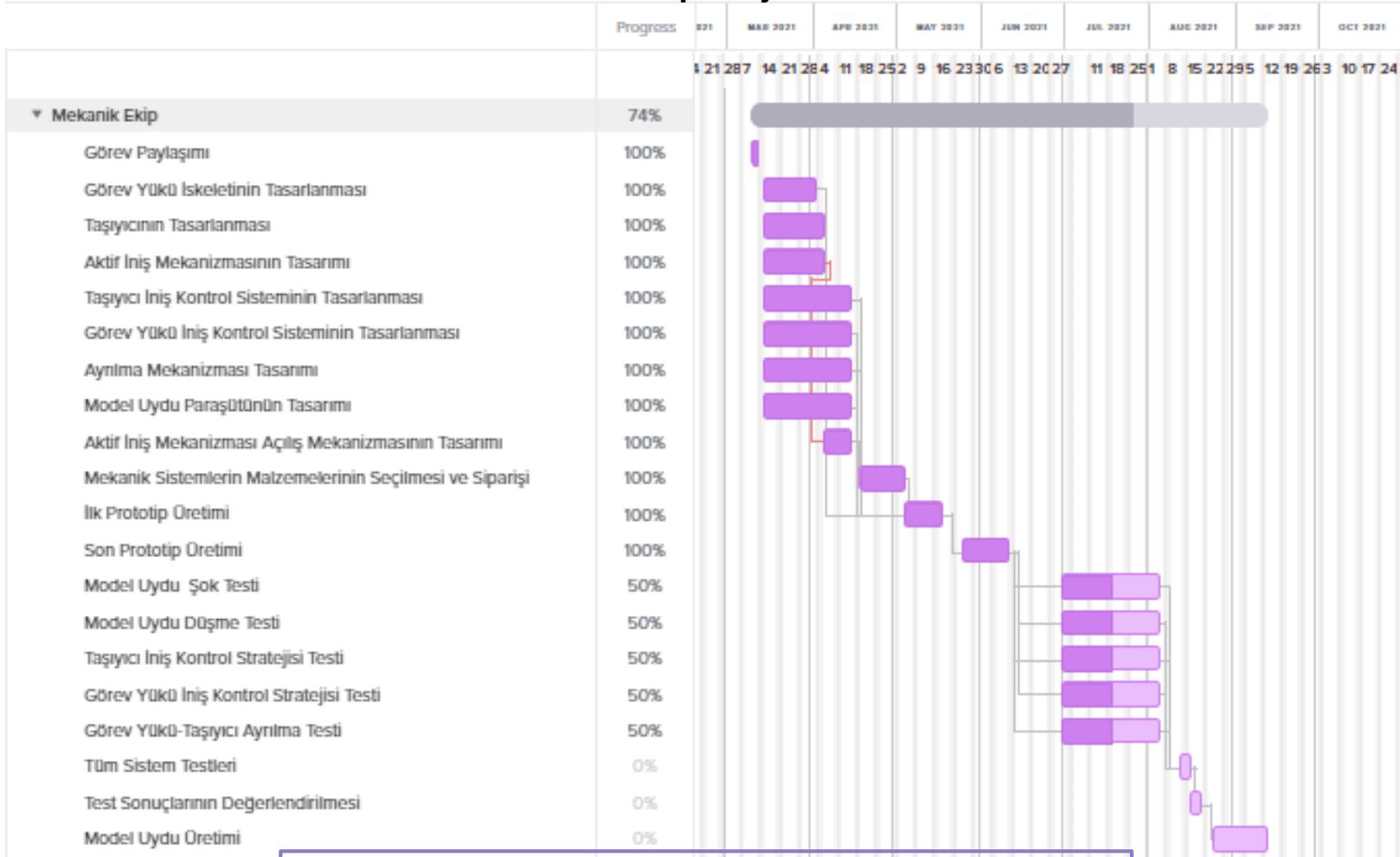
1170 ₺

KATEGORİLER	Tutar (₺)
ELEKTRONİK VE MEKANİK	6498.67 ₺
YER İSTASYONU	1224 ₺
DİĞER MASRAFLAR	1170 ₺
GENEL TOPLAM	8892.67 ₺
SPONSORLUK GELİRİ	10000 ₺

Yönetim Proje Takvimi ve Akademik Takvim

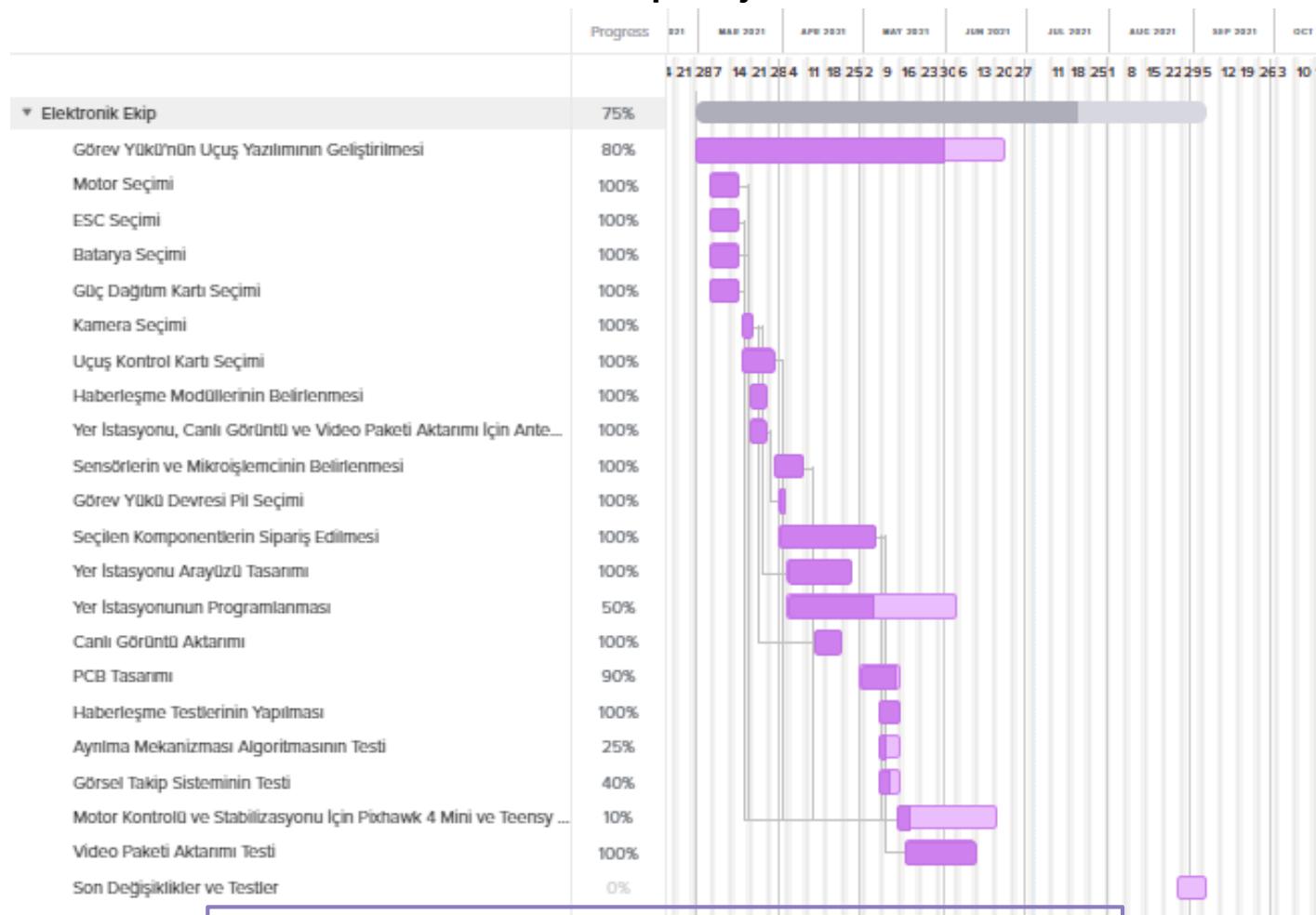


Mekanik Ekip Proje Takvimi



Tamamlanan görevler koyu mor renkteki kutularla gösterilmiştir.

Elektronik Ekip Proje Takvimi



Yönetim

Tamamlanan Görevler

- PDR tamamlandı.
- CDR tamamlandı.
- Bütçe oluşturuldu.
- Takım tişört tasarımları yapıldı.
- Proje plan takvimi oluşturuldu.

Tamamlanmayan Görevler

- Tişört bastırılması için sponsor arayışına devam ediliyor.

Mekanik

Tamamlanan Görevler

- İniş sistem tasarımları yapıldı
- Taşıyıcı tasarımları yapıldı
- Görev Yükü'nde kullanılacak mekanizma tasarımları yapıldı.
- İlk prototipin üretimi yapılmıştır..

Tamamlanmayan Görevler

- Model Uydu'nun mekanik testleri yapılmaya devam edilmektedir.

Elektronik

Tamamlanan Görevler

- Sensör seçimleri yapıldı ve toplu bir şekilde breadboard üzerinde test edildi, veriler alındı.
- Motor, ESC ve batarya seçimleri yapıldı.
- Yer istasyonu arayüzü tasarlandı.
- Yakın mesafeden canlı görüntü aktarımı yapıldı.
- Video paketi aktarımı yapılacak.
- Ayılma mekanizması ve sis kapsülünün testi yapılacak.
- Motorların ESC kalibrasyonu yapılacak ve uçuş kontrol kartı ile bağlantıları gerçekleştirilecektir.

Tamamlanmayan Görevler

- PCB tasarım tamamlanacak.
- Tüm sistem bir bütün halinde test edilecek.
- Ayırılma ve açılma algoritmalarının testlerine devam edilmektedir.
- Aktif iniş sistemi için gerekli testler gerçekleştirilmeye devam edilmektedir.

İTÜ APiS AR-GE 10B takımı proje plan takvimi doğrultusunda çalışmalarına devam etmektedir. Herhangi bir gecikme yaşanmamıştır. Takımımız uçuş aşamasına geçmeye hazırlıdır.