



# **TEKNOFEST 2020 ROKET YARIŞMASI**

## **Kritik Tasarım Raporu (KTR)**

### **Sunuşu İAL-HUK**



# Takım Yapısı



AD SOYAD	ÖĞRENİM KURUMU	ROL
ŞAHİN ABDULLAH	İZMİR ATATÜRK LİSESİ	Takım Kaptanı/Strateji Planlama
HEVAL NERGİZ	İZMİR ATATÜRK LİSESİ	Roket Yapısı ve Strateji Planlama
BERKAY BAĞCI	İZMİR ATATÜRK LİSESİ	Aviyonik Sistem Sorumlusu
EYLÜL DOĞA ÇATALTEPE	İZMİR ATATÜRK LİSESİ	Yapısal Bütünlük Kontrolleri
ATALAY YILMAZ	İZMİR ATATÜRK LİSESİ	Roket Yapısı ve 3 Boyutlu Tasarım
ERVİN NUR DOĞUŞ	İZMİR ATATÜRK LİSESİ	Programlama ve Yazılım
ENGİN BAHİRİ BAÇ	İZMİR ATATÜRK LİSESİ	Tahrik Uzmanı
ERAY EMİN OCAK	İZMİR ATATÜRK LİSESİ	Programlama ve Yazılım
TUNA ŞEN	İZMİR ATATÜRK LİSESİ	<u>Maliyet Yönetimi</u>
GÖKTUĞ ASLAN	İZMİR ATATÜRK LİSESİ	Yapısal Bütünlük Kontrolleri

Tahrik uzmanımız Batuhan Kuleci ekipten ayrılmıştır yerine Engin Bahri Baç gelmiştir.

Yapısal bütünlük kontrolünü sağlayan 2 ekip arkadaşımızdan biri olan Havvanur Ceren Argül ekipten ayrılmıştır yerine Göktuğ Aslan gelmiştir.



# Yarışma Roketi Genel Görünümü



# ÖZET



## Yarışma Roketi Hakkında Genel Bilgiler

	Ölçü	Yorum
Boy (metre):	1,73	Gerek üretim ve çalışma kolaylıklarını gerek de aerodinamik tasarımlarımız amacıyla ölçümler yapılarak karar verilmiştir
Çap (metre):	0,137	Çalışma ve üretim kolaylığı, roketin stabilité oranları ve hesaplamalarımız için en optimum çap seçilmiştir
Roketin Kuru Ağırlığı(kg.):	15,992	Roketin kütlesi davranış biçimini oldukça etkileyeceği için diğer elemanlarla optimum performansı sağlamaası için ayarlandı
Yakit Kütlesi(kg.):	1,864	Motor bölümünde fazla ağırlık, ağırlık merkezini arkaya çekerek istenmeyen stabiliteyi sağlayacağından uygun motor seçildi
Motorun Kuru Ağırlığı(kg.):	1,584	Motor bölümünde fazla ağırlık, ağırlık merkezini arkaya çekerek istenmeyen stabiliteyi sağlayacağından uygun motor seçildi
Faydalı Yük Ağırlığı (kg.):	4	Motorun iç yapısına uygun yük tasarlanmıştır
Toplam Kalkış Ağırlığı (kg.):	17,856	Parçaların bütünlüğü ve bütün halde davranışlarına göre optimum ağırlık elde edilmiştir
İtki Tipi:	Katı Yakıt	

## Tahmin Edilen Uçuş Verileri ve Analizleri

	Ölçü	Yorum
Kalkış İtki/Ağırlık Oranı:	0.057	Bu oranın istenilen değerde olması roketin davranışını için önemlidir
Rampa Hızı(m/s):	25,4 m/s	Rampadan ayrılma sırasında dengenin sağlanması için yeterli hız önemlidir
Yanma Boyunca En az StatikDenge Değeri:	2,25 cal	Hedeflenen irtifaya kadar stabilitenin 1,5 ile 3 değerleri arasında kalması istenildi.
En büyük ivme (g):	6 G	Gerekli irtifaya ulaşma için gerekli ivme hesaplanmıştır
En Yüksek Hız(m/s & M):	176 m/s	Gerekli irtifaya ulaşma sırasında yüksek hız rokete zarar verebileceğinden optimum tutuldu
Belirlenen irtifa(m):	1537 m	Gerekli irtifaya en yakın irtifa hedeflendi. Fazla irtifaya çıkma durumunda paraşüt erken açılarak durdurulabilir

## Motor Seçimleri

Marka :	Cesaroni	İsim:	Sınıf:	
Marka :	Cesaroni	İsim: L1050	Sınıf:	L
Motorun Toplam İtki Değeri(Ns):3732 Ns				
Marka :	Cesaroni	İsim: L851	Sınıf:	L
Motorun Toplam İtki Değeri(Ns):3679 Ns				

Roket 1,73m boyunda çapı 13,7cm, brüt olarak 17,8kg'dır. Rampadan 25,4 m/s hızla ayrılacak, uçuş sırasında maks. hızı 176m/s, 18,6sn içinde maksimum irtifaya ulaşacak, 205sn uçuş sonucu 6,4m/s hız ile yere çarpacak şekilde hesaplanmıştır



# ÖTR - KTR Değişimler - 1



Değişim Konusu	ÖTR'de Hangi Sayfa	ÖTR'de İçerik Neydi	KTR'de İçerik Ne Oldu	KTR'de Hangi Sayfa
Takım üyesi değişimi	2.	Havvanur ve Batuhan adlı ekip üyelerimizin bulunması.	Havvanur ve Batuhan listeden çıkarıldı, yerine Göktuğ ve Engin eklendi.	2
Kurtarma sistemi	20.	Yaylı kurtarma sistemi tercih edildi	Barutlu kurtarma sistemine geçiş yapıldı	25 - 29
Yük paraşütü	19.	Yük paraşütünün çapı 150 cm olarak belirtilmişti	Yük paraşütünün çapı 170 cm olarak değiştirildi	30
Kanatçık	9 ve 24	Eski kanatçığın görünüm ve bilgileri	Yeni kanatçık için güncellenmiş görünüm ve bilgiler	31
Ana aviyonik sistemleri	21.	Karşılaştırma tablosunda daha az aygit vardı, BMP180 verileri yanlıştı, seçilen sistemler eski aviyonik sistemine göre yazılmıştı	Karşılaştırma tablosuna daha fazla aygit eklendi, BMP180 verileri düzeltildi, seçilen sistemler yeni aviyonik sisteme göre yeniden yazıldı	32
Aviyonik sistemleri diyagramı	22.	Diyagram eski aviyonik sistemlerinin ilişkilerini gösteriyordu	Diyagram yeni aviyonik sistemlerine göre güncellendi.	35
Kanatçık detayları	24	Kanatçık alüminyumdan yapılacaktı	Kanatçık alüminyum-lityum 2099 alaşımı ile değiştirildi.	37 - 38



# ÖTR - KTR Değişimler - 1



Değişim Konusu	ÖTR'de Hangi Sayfa	ÖTR'de İçerik Neydi	KTR'de İçerik Ne Oldu	KTR'de Hangi Sayfa
Motor montaj stratejisi	26	Yeterince detaylı değil ve hatalıydı.	Detaylar eklendi ve hatalar giderildi.	44
Roket bütünlendirme stratejisi	29	Yeterince detaylı değildi	Strateji detaylandırıldı, bazı parçalar eklendi.	47 - 50
Takvim	33	Detaylandırmamış ve kapsamlı değildi	Detaylı anlatıldı ve kapsamı genişletildi	51 - 52
Aviyonik bütçesi	34	ÖTR'de kullanılması planlanan parçalar liste halinde yer alıyordu	Parçalar KTR'ye göre değiştirildi ve tablo haline getirildi	53
Roket Bütçesi	34	Parça çeşitliliği azdı ve de dolar kuru değişti	Parça çeşitliliği ve sayısı artıp yeni dolar kuruna göre fiyat belirlendi	54



# ÖTR - KTR Değişimler - 2



Değişim Konusu	Yeni İçerik Konusu	KTR'deki İçerik Detayı	KTR'de Hangi Sayfa
Open Rocket simülasyonu	Simülasyon tablosu	Benzetimin hız - zaman - irtifa tablosu	9
Genel görünüm	CAD tasarımı	CAD tasarım görselleri ve açıklamaları	10 - 11
Genel görünüm	Operasyon akışı	Operasyon sürecini anlatan grafik	12
Genel görünüm	Parça detayları	Roket parçalarının boyut - kütle tablosu	13.
Benzetim verileri	Benzetim detayları	Benzetim ayarları ve benzetim sonuç grafiği	14.
Payload	Payload bilgileri	Payload'ın boyutları ve özellikleri	20
Payload	Payload detayları	Payload'ın işlevi ve görevi	23
Kurtarma sistemi	Paraşüt bölümleri	Paraşüt bölümleri görseli	25.
Kurtarma sistemi	Kurtarma sistemi detayları	Barutlu kurtarma sisteminin özellikleri ve çalışma prensibi	27 - 29



# ÖTR - KTR Değişimler - 2



Değişim Konusu	Yeni İçerik Konusu	KTR'deki İçerik Detayı	KTR'de Hangi Sayfa
Aviyonik sistemleri	Yedek aviyonik sistemleri	Yedek aviyonik parçaları, karşılaştırmaları ve görselleri	33
Aviyonik sistemleri	Ana - Yedek aviyonik geçiş	Aviyonik geçişlerinin açıklaması	34
Aviyonik sistemleri	Aviyonik algoritma testleri	Aviyonik algoritma ve yazılım testlerinin açıklaması	36
Roket bütünlendirme stratejisi	CAD tasarımı	Motor bölümünün CAD tasarımları	43
Roket bütünlendirme stratejisi	CAD tasarımı	Roket bütünlendirme stratejisi CAD tasarımları	48 - 50



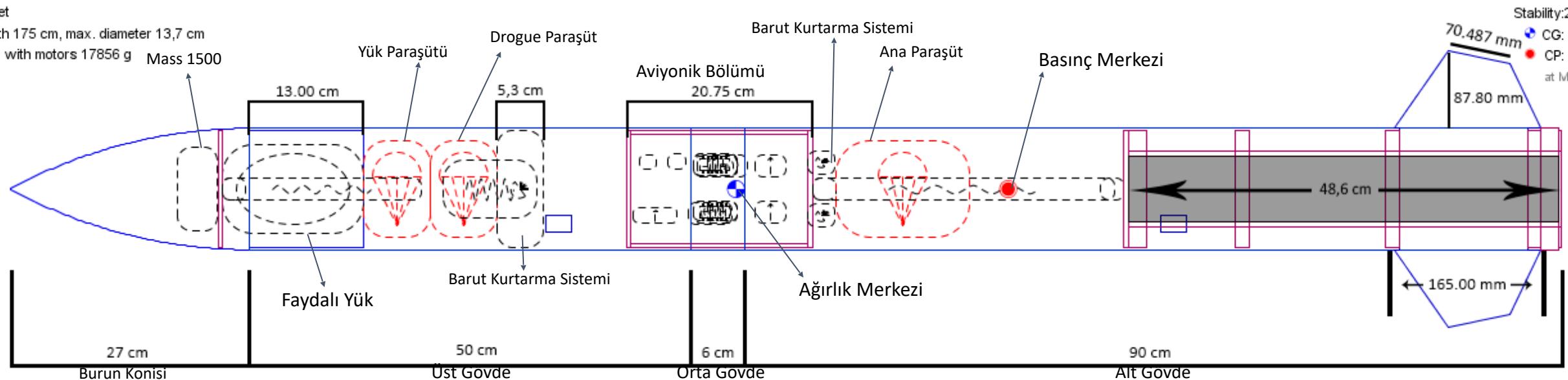
# Open Rocket Genel Tasarım



Rocket

Length 175 cm, max. diameter 13,7 cm

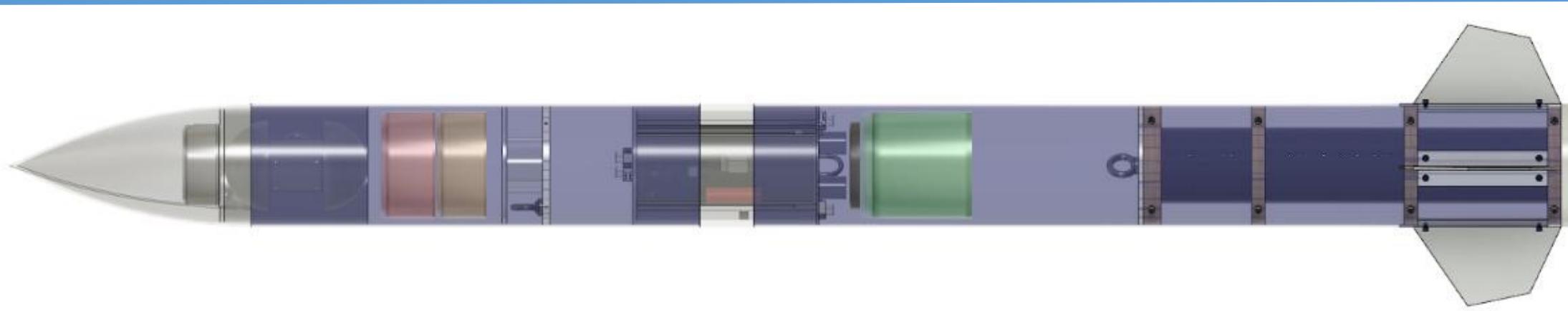
Mass with motors 17856 g Mass 1500



	Zaman (s)	İrtifa (m)	Hız (m/s)
Fırlatma	0	0	0
Rampa Tepesi	0.5	6	25.4
Burnout	3.8	373.6	172
Tepe Notası	18.6	1537	0
Drogue Paraşüt Açıldıktan 30s sonra	48.6	1236	12.47
Main Paraşüt Açılma	112	600	10
Main Paraşüt Sonrası	-	-	6.5



# Open Rocket/Roket Tasarımı Genel Görünüm



Rocket

Length 175 cm, max. diameter 13,7 cm

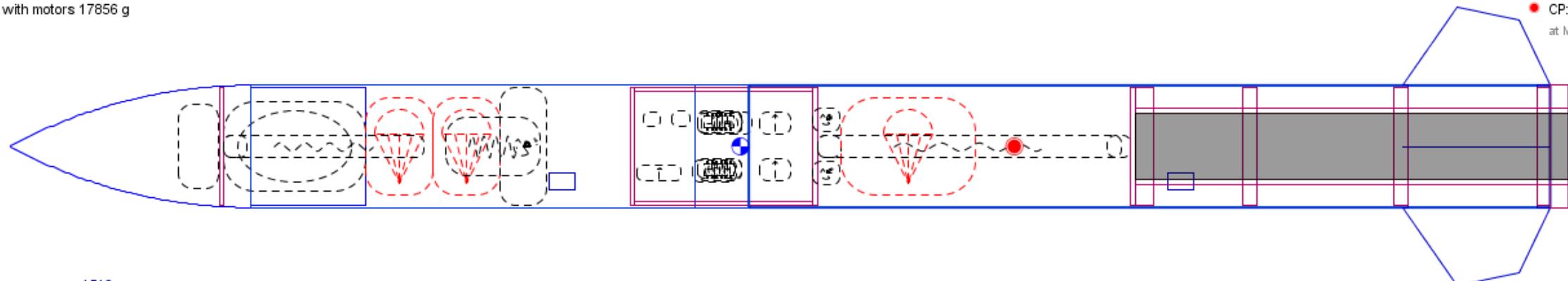
Mass with motors 17856 g

Stability: 2,25 cal

● CG: 82 cm

● CP: 113 cm

at M=0,30



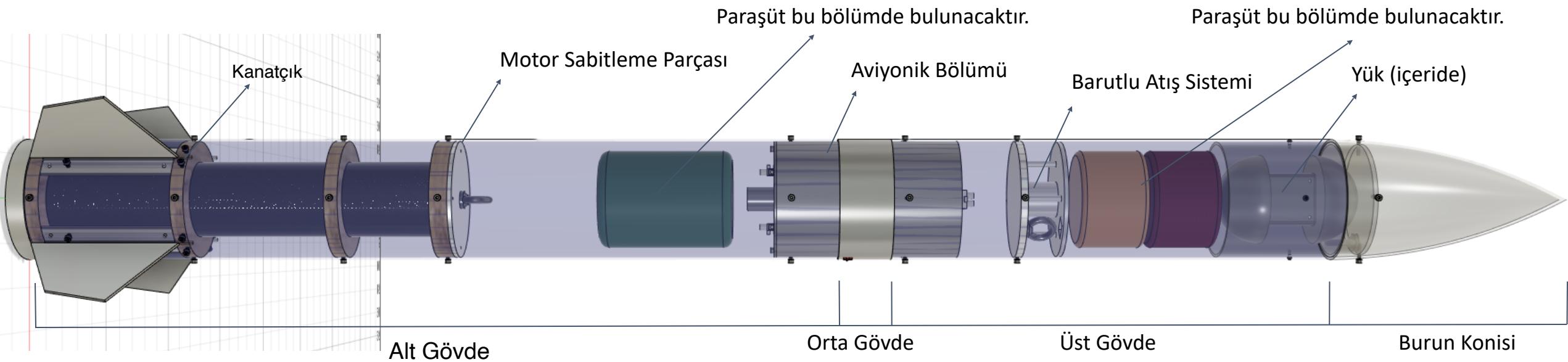
Apogee: 1519 m

Max. velocity: 176 m/s (Mach 0,53)

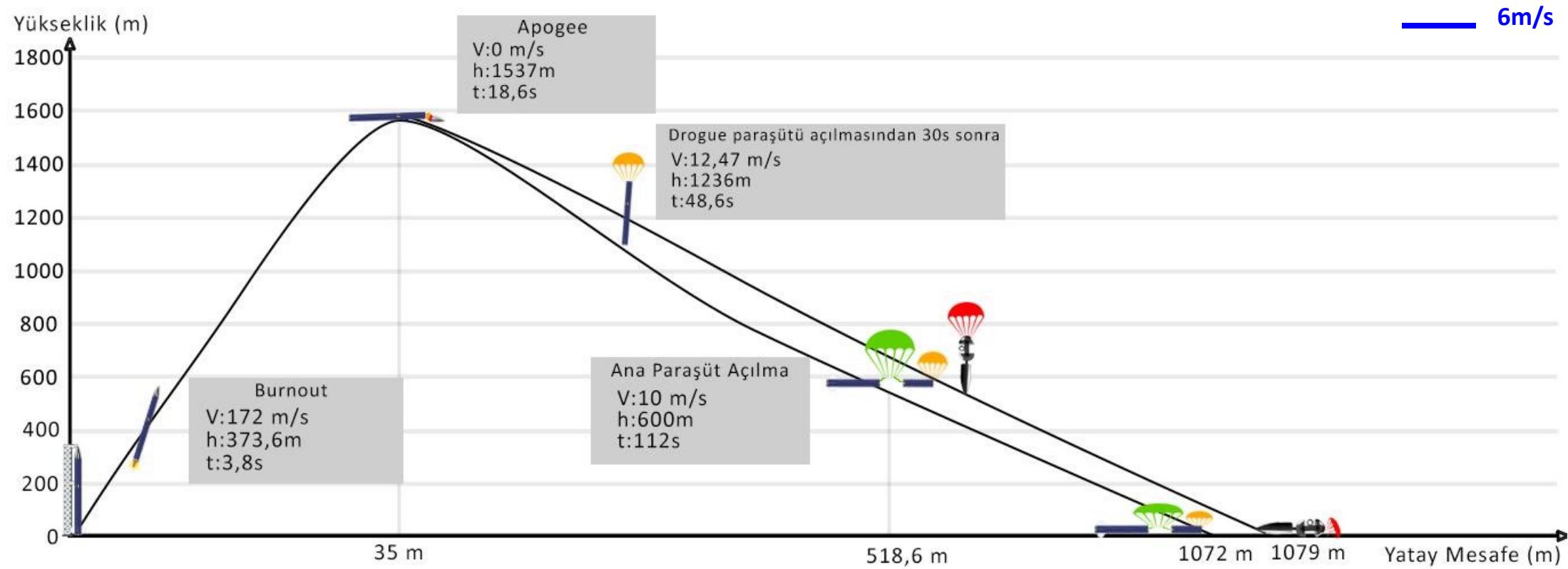
Max. acceleration: 59,2 m/s<sup>2</sup>



# Roket Tasarımı Genel Görünüm



# Roket Tasarımı Genel Görünüm





# Roket Tasarımı Genel Görünüm



	Çap	Uzunluk	Kütle
Tüm Roket	13,7 cm	175 cm	17.856 gram
Motor	7,5 cm	48,6 cm	3448 gram (kalkış) 1584 gram (boş)
Alt gövde	13,7 cm (dış) 13,2 cm (iç)	90 cm	1064 gram (boş)
Orta gövde	13,7 cm (dış) 13,2 cm (iç)	6 cm	66,1 gram (boş)
Aviyonik Bölümü	13,2 cm (dış) 12,2 cm (iç)	20,75 cm	479 gram (boş)
Üst Gövde	13,7 cm (dış) 13,2 cm (iç)	50 cm	591 gram (boş)
Burun Konisi	13,7 cm (dış) 13,1 cm (iç)	27 cm	588 gram (boş)
Kanatçık	-	16,5 cm	420 gram (adet)
Ayrılma Parçası	13,2 cm (alt) 13 cm (üst)	5,3 cm (kapalı)	200 gram (boş)
Yük	10 cm	16 cm	4000 gram



# Roket Uçuş Benzetim (Simülasyon) Verileri



Open Rocket Grafik Oluşturma Ekranı

Launch conditions   Simulation options

Wind

Average windspeed: 6 m/s  

Standard deviation: 0,6 m/s  

Turbulence intensity: 10 % Medium

Wind direction: 180 °  

Atmospheric conditions

Use International Standard Atmosphere

Temperature: 15 °C  

Pressure: 3 mbar  

Launch site

Latitude: 38,4 ° N  

Longitude: 34 ° E  

Altitude: 970 m  

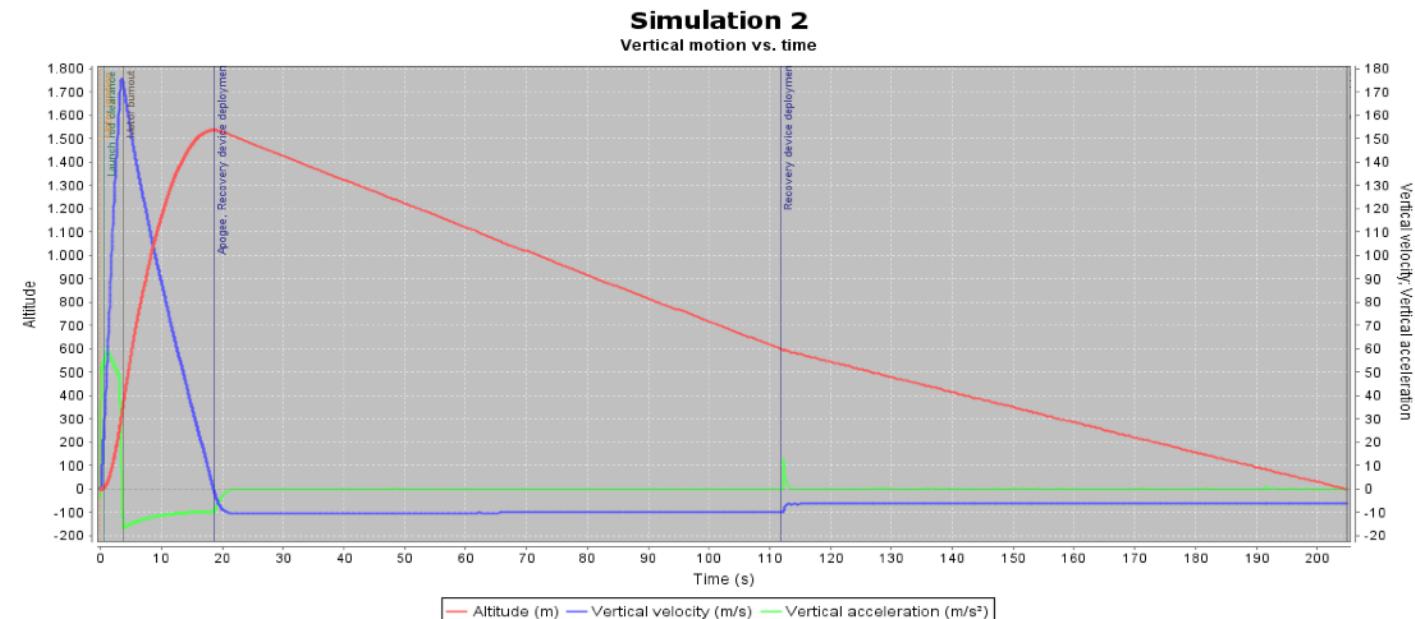
Launch rod

Length: 600 cm  

Always launch directly up-wind or down-wind

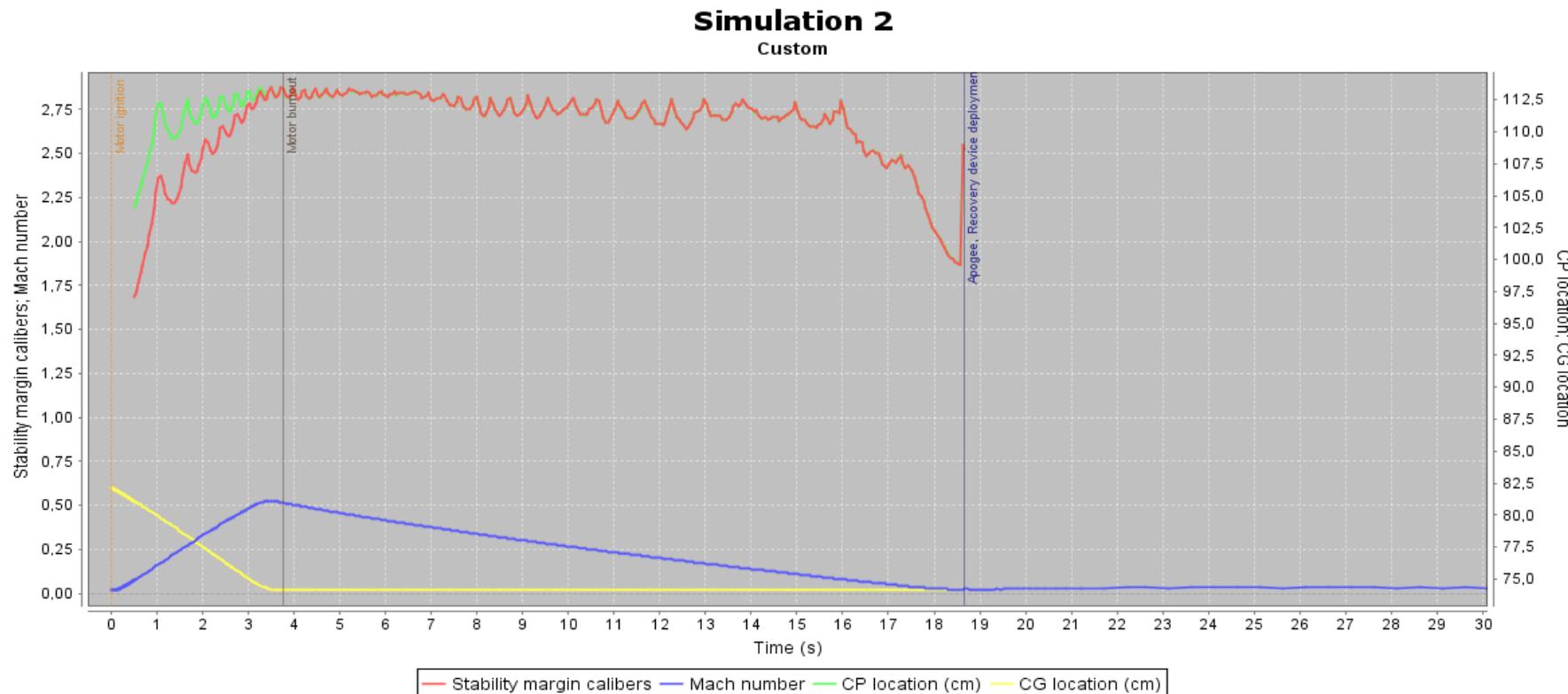
Angle: 5 °  

Direction: 0 °  



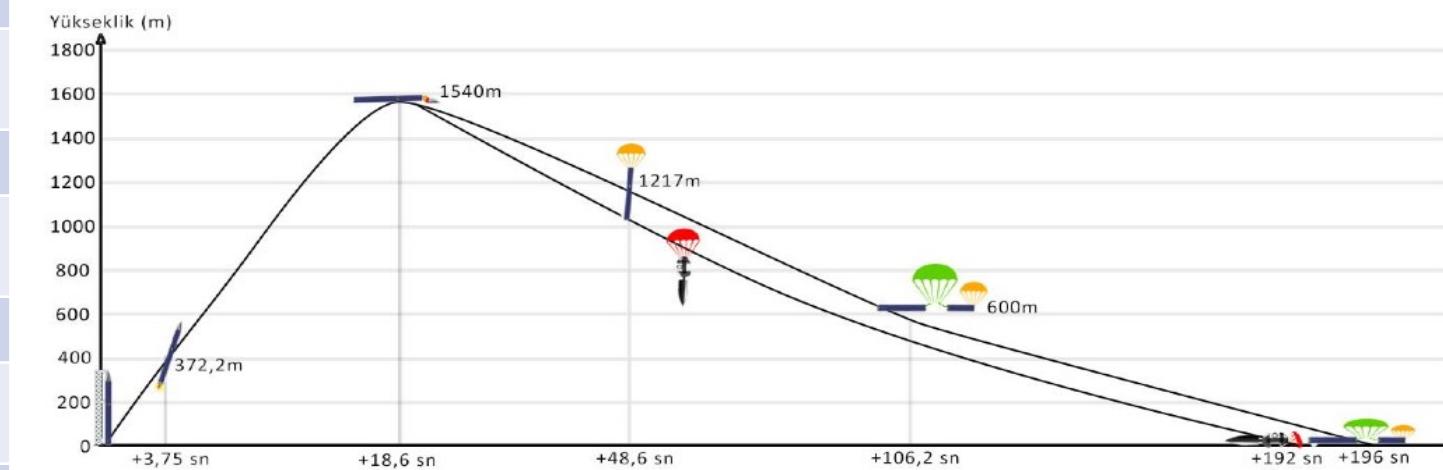
# Roket Uçuş Benzetim (Simülasyon) Verileri

Roketimizin uçuş boyu stabilitesi istenildiği gibi 1,5 - 3 aralığında kalmaktadır.



# Operasyon Konsepti (CONOPS) - 1

Fırlatma Süreci	
1	Roketin rampaya taşınması
2	Roketin ateşlenmesi
3	Roketin yakıtının bitmesi (burnout) (372.2 metre)
4	Roketin tepe noktasına (apogee) ulaşması (1530 metre)
5	Roketin ayrılma sisteminin çalışması
6	Burun konisi ve faydalı yükün roketin gövdesinden ayrılması
7	Drogue paraşütünün açılması
8	Burun konisi ve faydalı yükü taşıyacak olan yük paraşütünün açılması
9	Roketin alt gövdesinin ve üst gövdesinin birbirlerinden ayrılması (600 metre)
10	Ana paraşütün açılması
11	Roketin yere ulaşması
12	Faydalı yük ve burun konisinin yere ulaşması
13	GPS ile roketin ve faydalı yükün konumunun belirlenmesi
14	Kurtarma ekibinin yola çıkması





# Operasyon Konsepti (CONOPS) - 2



Roketimiz demonte bir şekilde atış alanına taşınacaktır. Önceden hazırladığımız bölümler birleştirilerek roket inşa edilecektir. Atış alanında motor yüklemesi Atalay Yılmaz ve Şahin Abdullah tarafından yapılacaktır. Roketin toplam kütlesinin yaklaşık 17,8 kg olması sebebiyle roket rampaya 4 üye tarafından taşınacaktır. Roketi rampaya Heval Nergiz, Berkay Bağcı, Eray Emin Ocak ve Ervin Nur Doğuş taşıyacaktır. Roketin elektronik sistemleri Berkay Bağcı ve Eray Emin Ocak tarafından aktif edilecektir. Roketin ateşlenmesi Yarışma Komitesi tarafından sağlanan yer istasyonundan, yetkili personel tarafından yapılacaktır. Yarışma Komitesi tarafından sağlanan ateşleyici, roket rampaya yerleştirildikten sonra Yarışma Komitesi tarafından bağlanacaktır.

Uçuş esnasında sensörlerden alınan anlık veriler hem aviyonik sistemimizde bulunan SD Karta depolanıp aynı zamanda telemetri sistemimizle yer istasyonuna anlık olarak bu veriler gönderilecektir.

Roket düşmeye başladığında istasyon takımı kurtarma ekibine GPS verileri sayesinde yaklaşık düşüş konumunu vererek kurtarma görevini kolaylaştıracaktır. Eray Emin Ocak roketin takibini kolaylaştırabilmek adına bir uygulama yazacaktır. Yazılacak olan uygulamanın adının "Roketim Nerede" olması kararlaştırılmıştır. İstasyon takımı: Eray Emin Ocak, Berkay Bağcı, Ervin Nur Doğuş, Tuna Şen, Engin Bahri Baç, Eylül Doğa Çataltepe, Göktuğ Aslan  
Kurtarma Ekibi: Şahin Abdullah, Heval Nergiz, Atalay Yılmaz, Berkay Bağcı

Roket ve faydalı yük-burun ikilisi yere iniş yaptığında kurtarma ekibi onlara takılmış olan GPS sensörlerinden alınan verilerin işliğinde roketi bulmaya gideceklerdir. Iniş gerçekleşikten sonra roketin bazı parçalarının toprağa gömülme gibi olası senaryolardan ötürü veri alamamamız durumunda son alınan veriler işliğinde olası bölge drone desteği ile aranacaktır.

Drone Atalay Yılmaz tarafından kontrol edilecektir.

Roketimiz yaptığımız simülasyonlardan gördüğümüz üzere atış noktasından yaklaşık olarak 1072m uzağa düşecektir.

Faydalı yük ve burun konisi ikilisi de yaklaşık 1079 m uzağa düşecektir.



# Kütle Bütçesi



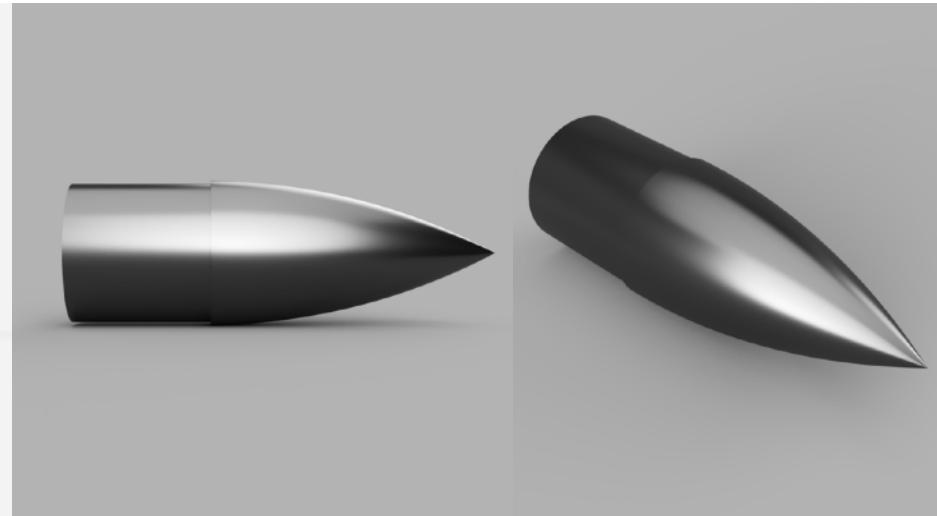
+ Komponent	Ağırlık[Gram(Adet)]	Malzeme	Adet
1 Burun Konisi	430 gram	Polycarbonate(Lexan)	1
2 Burun Konisi Shoulder'ı	158 gram	Polycarbonate(Lexan)	1
3 Üst Gövde	591 gram	Blue Tube	1
4 Orta Gövde	66,1 gram	Blue Tube	1
5 Alt Gövde	1064 gram	Blue Tube	1
6 Kanaatçık	120 gram	Alüminyum-Lityum Alaşımı	4
7 Yük Paraşütü	155 gram	Ripstop Nylon	1
8 Drogue Paraşütü	122 gram	Ripstop Nylon	1
9 Ana Paraşüt	332 gram	Ripstop Nylon	1
10 Mapa	105 gram	Krom	5
11 Şok Kablosu	4 gram	Elastic Cord	3
12 Merkezleme Halkası	76,7 gram	Kontraplak(Huş)	3
13 Motor Bloğu	102 gram	Kontraplak(Huş)	1
14 Alüminyum Bulkhead	186 gram	Alüminyum	1
15 Motor Sabitleme Parçası	490 gram	Alüminyum	1
16 Motor Montaj Borusu	1087 gram	Karbon Fiber	1
17 Aviyonik Bölmesi	643.2 gram	Polycarbonate(Lexan)	1
18 Ayırma Sistemi	200 gram	Polycarbonate(Lexan)	1
19 Burun Konisi Bulkhead	34,5 gram	Kontraplak(Huş)	1



# Roket Alt Sistemleri Mekanik Görünümleri & Detayları

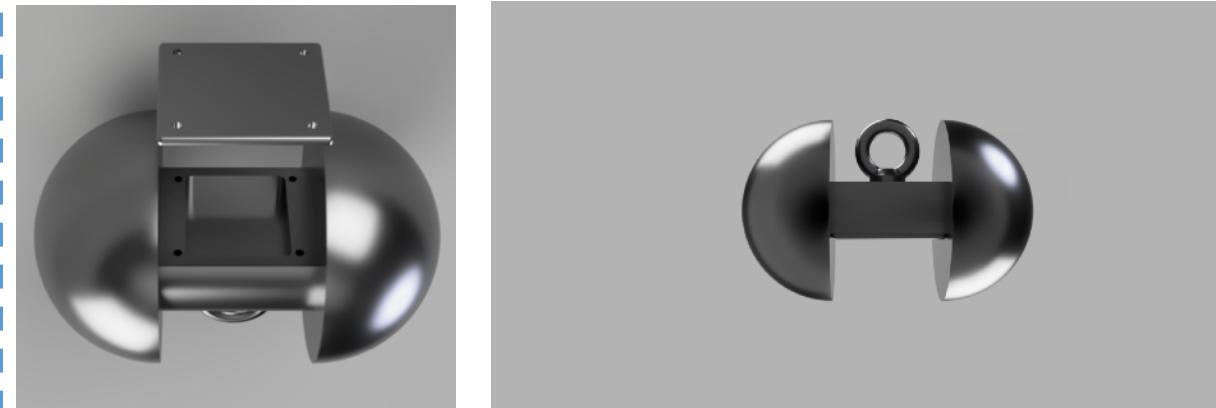
# Burun ve Faydalı Yük Mekanik Görünüm

Burun Konisi 3D CAD Görünümü



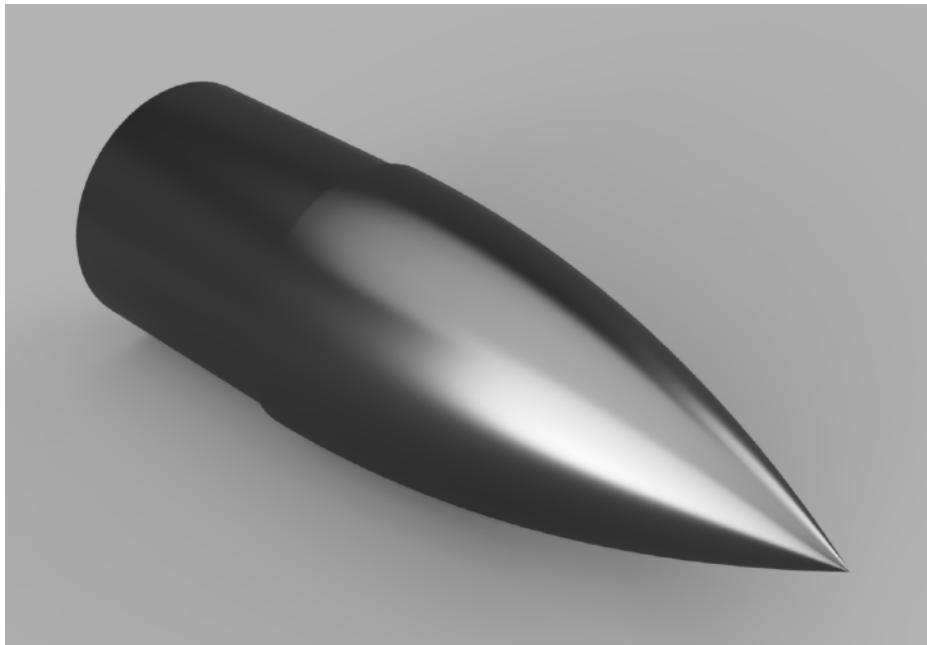
- Shoulder çapı: 13 cm (dış), 12,5 cm (iç) Boy: 13 cm
- Çap: 13,7 cm Boy: 27 cm
- Malzeme olarak Polycarbonate seçildi.
- Rokette aerodinamik bütünlüğü sağlar ve yükü barındırır.

Faydalı Yük 3D CAD Görünümü



- Yarım küreler çapı: 10 cm
- Orta bölüm ölçüler: 6 cm x 5,2 cm x 3 cm (yükseklik eğimlidir)
- Yükün düştüğünde bulunabilmesi için yükün içine yerleştirilecek çocuk akıllı saatinden ve onun GPS'inden yararlanması planlandı.
- Yük kütlesi: 4 kg
- Yük, burun konisi shoulder içine yerleştirilecek.

# Burun Konisi – Detay



Burun konisinin 3 boyutlu yazıcı kullanılarak polycarbonate (lexan) filament ile basılmasına karar verildi. Çünkü bu yöntemle hem hafif hem de tam istediğimiz ölçülerde burun konisine sahip olabiliyoruz. Roket tasarımlarında Ogive burun konisinin stabil karakteristiğe sahip olması sebebiyle kullanılmasına karar verildi.

Burun konisinin üretiminde başka bir seçenek olarak alüminyum sacın kıvrılmasıyla oluşturulması düşünüldü. Fakat bu yöntemle hem burun konisinin ağırlığı artmaktadır hem de üretim aşaması zorlaşmaktadır ve istediğimiz şekilde üretilmesi zorlaşıyor. Bu yüzden burun konisinin 3 boyutlu yazıcı ve polycarbonate(lexan) filament ile basılmasına karar verildi. İçindeki bulk head'in ise burun konisine kuvvetli bir yapıştırıcı (epoksi reçine vb.) ile yapıştırılmasına karar verildi.

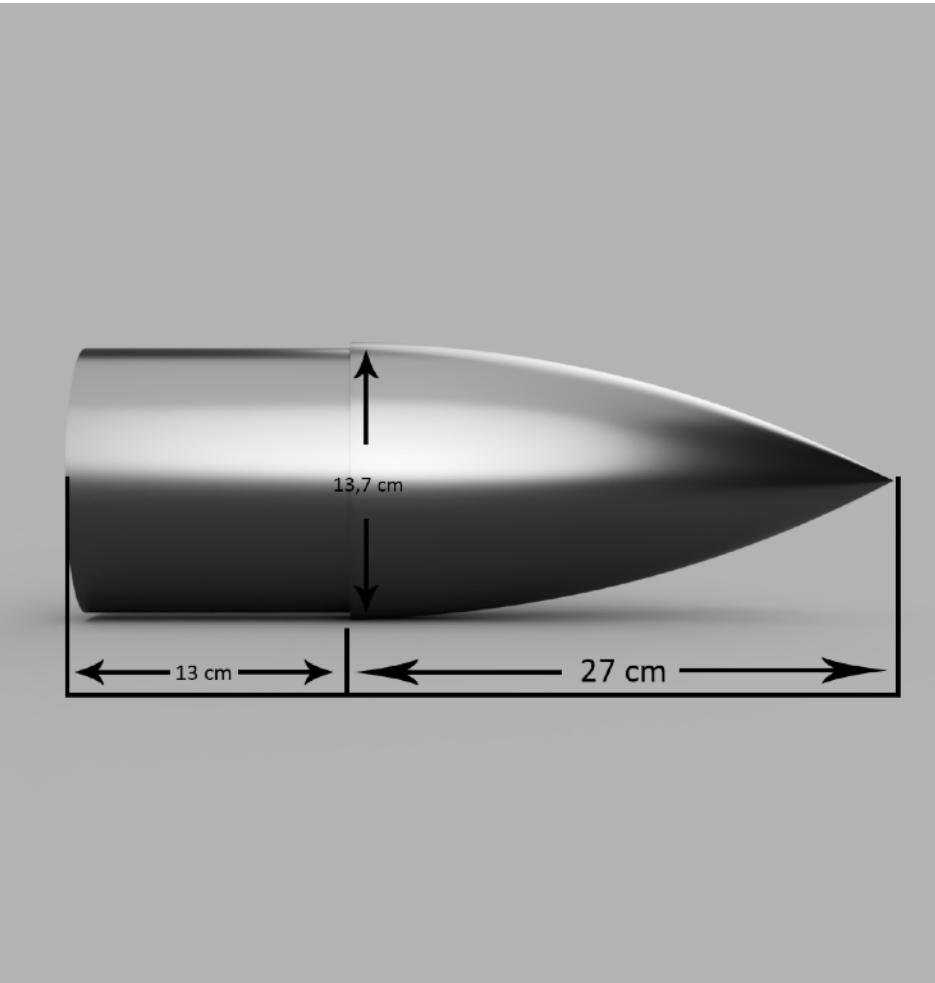
Polycarbonate (lexan) malzemesi hem 3 boyutlu yazıcı ile basılabilir olması hem de çok dayanıklı olması sebebiyle tercih edildi. Diğer 3D yazıcı filament plastiklerine nazaran çok daha dayanıklı. Bu yüzden burun konisi basılması için Polycarbonat (lexan) malzemesi seçildi.

**Burun konisi içerisinde bulunan bulkhead'in üstüne "mass1500" adını verdığımız 3500g'lik ağırlık konumlandırılmıştır. Mass1500 parçası kurşundan yapılmıştır. Mass1500 parçasının bulunma sebebi roketin maksimum irtifasını ve stabilitesini ayarlayabilmektir.**

Prototipleme sürecinin başlangıcı için öngörülen tarih 20 Haziran olarak belirlenmiştir. Prototiplerin üretilmesi ile test süreci başlayacaktır.



# Burun Konisi – Detay





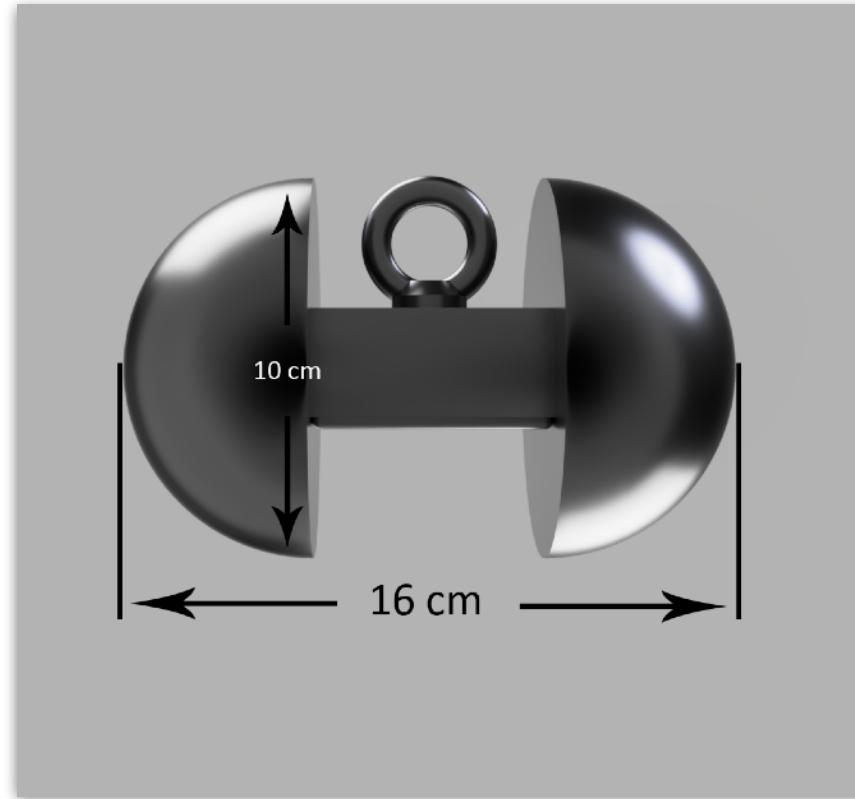
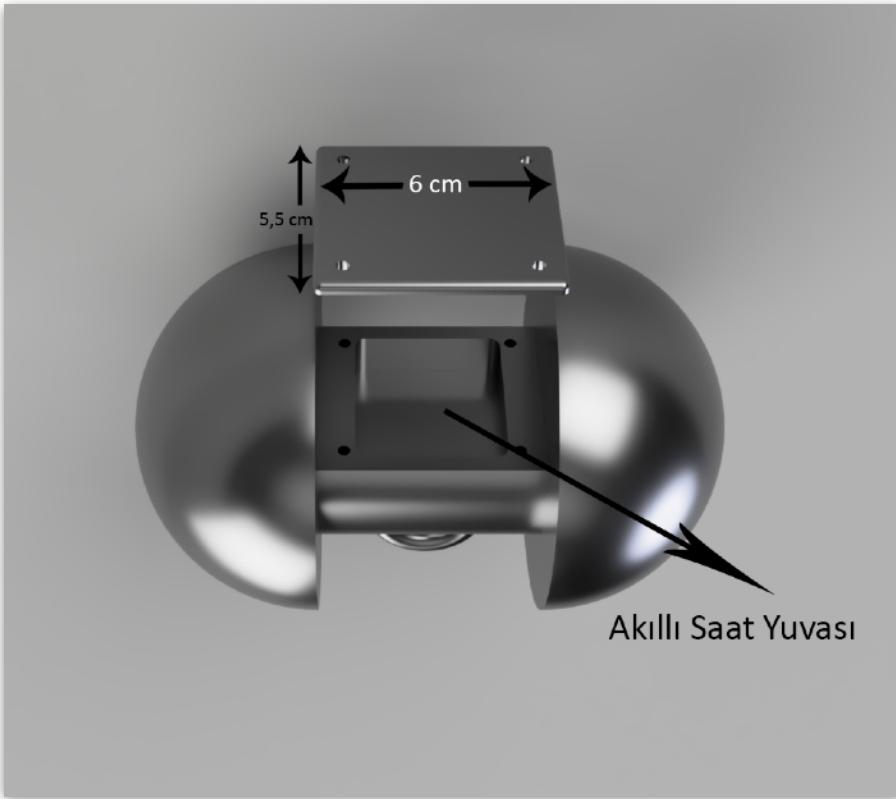
# Faydalı Yük- Detay



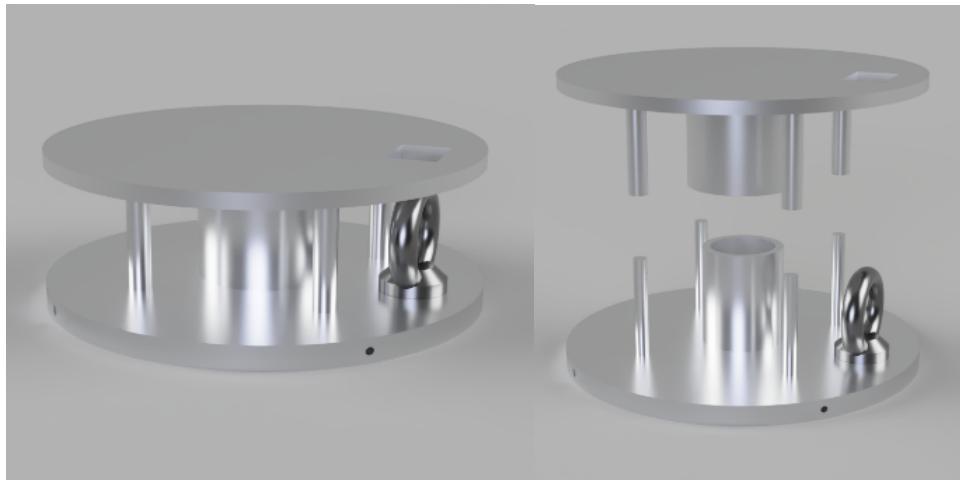
- Roketin uçuş sürecinde kolaylık sağlamak amacıyla faydalı yükün burun konisi ile birlikte ayrılmasına karar verdik. Dolayısıyla ayrılma sistemimiz faydalı yük ve burun konisini beraber ayıracaktır. Faydalı yükün tasarımında dengeli bir tasarım için karşılıklı olarak eş ağırlıklar kullanılacak ve ağırlık merkezinde bulunan mapa ile paraşütün shock corduna bağlı olacaktır.
- Faydalı yükümüz içerisinde sahip olduğu haznesinde GPS ulaşımı, arayüz ve iletişim kolaylıklarını sebebiyle seçilen Smartbell Q530 (aklıllı saat) taşıyacaktır. Faydalı yükün konumuna saatin GPS i ile ulaşılacaktır. Smartbell Q530 SIM kart ile çalışan bir akıllı saattir. LBS ve GPS sayesinde yüksek doğruluklu konum sağlar. Uzaktan alarm kontrolü sayesinde sesli şekilde konum bulmamıza yardımcı olacaktır.
- Roket apogee ye ulaştığında ayrılma sistemimiz burun konisi, faydalı yük ve yük paraşütünü roketten ayıracaktır. Hepsi birbirine shock cord ile bağlı olan parçalar yere ulaştığında akıllı saatin bize sağladığı GPS verileri sayesinde bulunacaktır.
- Faydalı yük prototiplemenin başlangıç tarihi 25 Haziran olarak planlanmıştır. Testleri üretimin hemen ardından yapılacaktır.



# Faydalı Yük- Detay

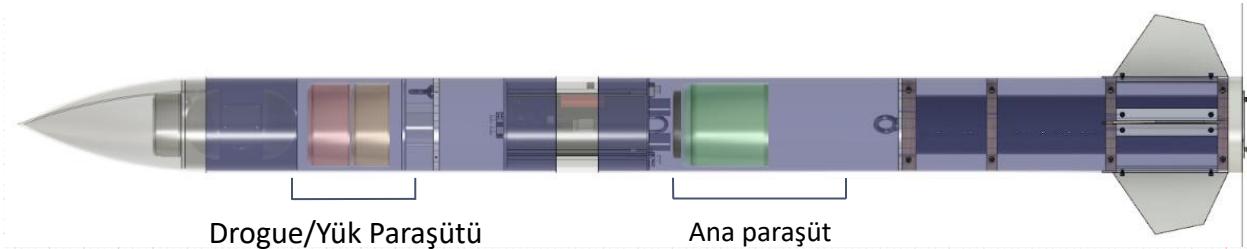


### Barutlu Paraşüt Açılmış Sistemi 3D CAD Görünümü



- Paraşüt açma ve gövde ayrılması için kara barut kullanan bir sistem geliştirildi. Ortadaki havzeye konulan kara barutun elektronik sistemle patlatılmasıyla bir basınç yaratılıyor ve gövde ayrılip paraşütlerin açılması sağlanıyor.
- 3 Boyutlu yazıcıdan çıkarılacak Polycarbonate malzeme ile oluşturulmasına karar verildi.
- Çap: 13 cm (üst) , 13,2 cm (alt)

### Paraşüt Bölümleri



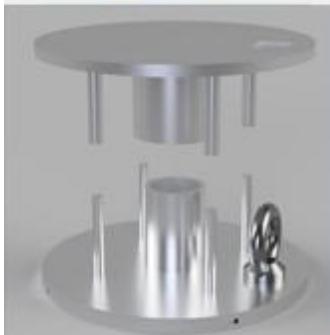
- Paraşüt malzemesi olarak ripstop nylon kullanılmasına karar verildi.
- Açılan paraşütlerle roketin ve yükün yere sağlıklı bir şekilde ulaşması amaçlanır.
- Yük paraşütü: 122g Çap: 150 cm
- Drogue paraşüt: 155g Çap: 170 cm
- Ana paraşüt: 332g Çap: 250 cm
- Paraşütler geliştirmiş olduğumuz kara barutlu açılış sistemiyle açılır.

# Kurtarma Sistemi – Paraşüt Açma Sistemi



## Yaylı Sistem

Fırlatma sisteminde yay kullanılarak faydalı yük bölgesine basınç uygulanır ve roketten ayrılması sağlanır



## Barutlu Sistem

Kara barutun yüksek basınçla patlamasından faydalananarak faydalı yük bölgesinin ayrılması sağlanır



## Basınçlı Tüple Ayırma Sistemi

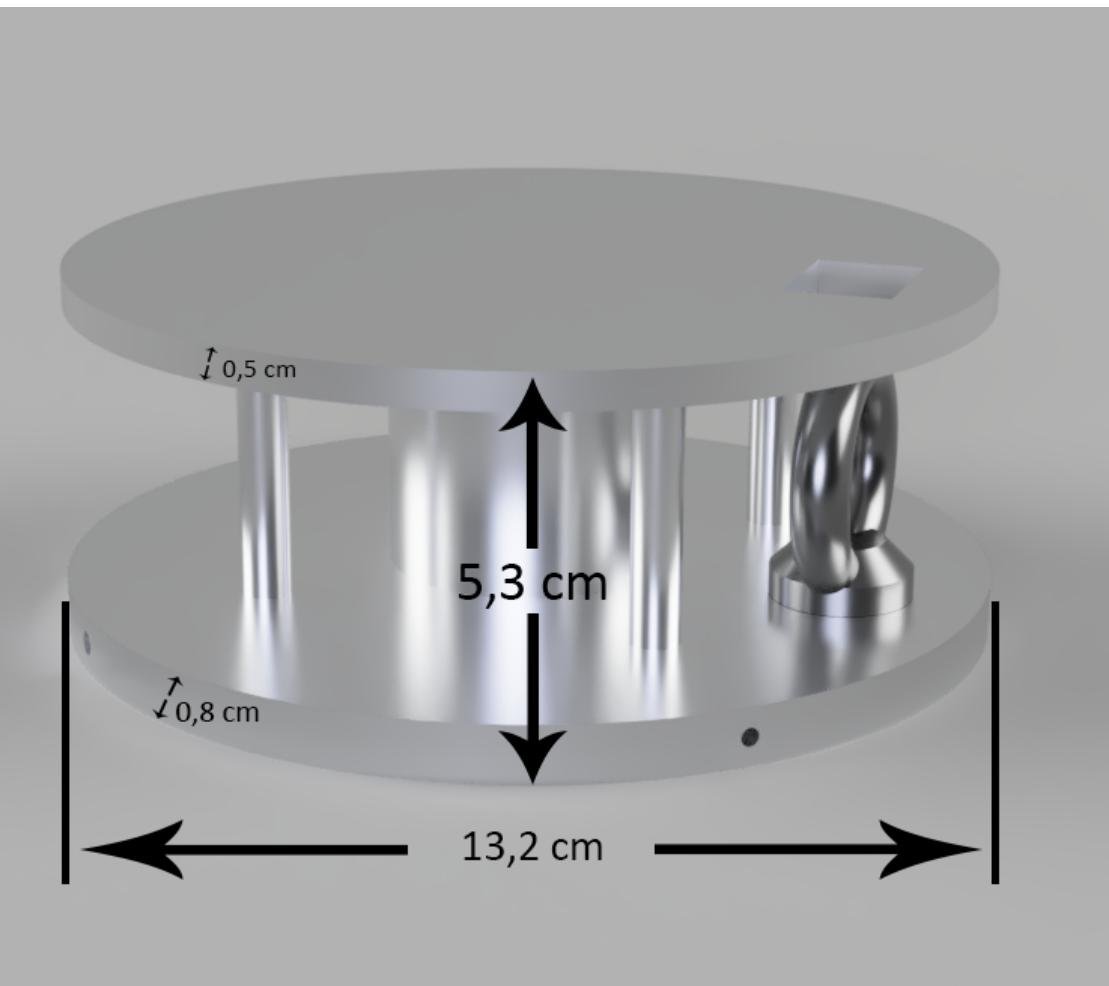
CO<sub>2</sub> tüpleri gibi basınçlı tüplerin delinmesi ile basıncın dışarı çıkmasıyla faydalı yük bölgesinin ayrılması sağlanır

Yay hesaplamalarının her zaman stabil olmaması ve sistem içerisinde sıkıştırıldığı için sürekli olarak enerjisini boşaltma eğiliminde olması sistem için riskli ve hesaplamalarının komplike olması ve bütçe sebeplerimizle kullanılmadı

Barutlu sistemde kullanılan elemanların az sayıda olması ve sistemin aktifleştirilmesinin kolay olması bu sistemi öne çıkarmaktadır. Az miktar barut ile yüksek basınç sağlama maddi ve üretim açısından kolaylık sağladığı için tercih edildi

Basınçlı tüpler sisteme kolaylık sağladığının yanında sistem içindeki ufak hatalar büyük sorumlara yol açabilmekte, sistem hesaplamalarının hata kabul etmemesi sebebiyle tercih edilmedi

# Kurtarma Sistemi – Paraşüt Açma Sistemi



Kurtarma sistemleri olarak yaylı sistem ve barutlu sistem incelendi. Yaylı sistemde yay hesaplamaları ve bulunması zor olduğundan bize uygun olmadığı kanısına verildi. Ayrıca yarattığı ağırlık bizi olumsuz yönden etkileyecekti ve içindeki karmaşık yapı tercih etmemizi sağladı. Biz de kara barut kullanan bir ayırmaya sistemi tasarladık. 3 boyutlu yazıcı ve polycarbonate (lexan) filament ile oluşturulacak bu parça, ortasındaki silindire konulan kara barutun aviyonije bağlı elektronik kibritin ateşlenmesi sonucu ortaya çıkan kara barutun yarattığı patlama etkisinin oluşturduğu basınç ile yükü, burun konisini ve drogue/sürüklenme paraşütünü açacak. Ayırmaya parçasının alt bölümü sabit olan bölüm olacak ve üst gövdeye vida aracılığıyla sabitlenecek. Üst bölüm ise roket hareket halindeyken hareket etmeyecek biçimde kalmasını sağlayacak fakat barut patlayınca kırılacak çitlerla üst gövdeye sabitlenecek.

Bu parçanın üretiminde 3D yazıcı seçilmesinin sebebi istediğimiz boyutları tam anlamlıya sağlayabilecek olması. Filament olarak polycarbonate(lexan) seçilmesinin sebebi ise yanmaya dayanıklı olması, sağlam olması, hafif olması ve 3d yazıcı ile kullanılabilmesi. 3D yazıcı ile baskı aşamasında parçaların doluluk oranının %100 olarak seçilecek olması parça dayanıklılığını daha da artıracaktır. Fakat yapılan denemeler sonucunda parçanın patlama sonucunda zarar gördüğü tespit edilirse ek olarak içine epoksi reçine uygulaması yapılmasına karar verilmiştir.

# Kurtarma Sistemi – Paraşüt Açma Sistemi

Tasarladığımız kara barutlu kurtarma sisteminde kurtarma sistemini açabilmek için aviyonik sistem yazılımıyla bağlantılı elektronik kibrit kullanmayı planladık. Patlamanın yarattığı basınç ile üst tabakanın alt tabakadan ayrılmasını sağlayacağız. Bu sayede burun konisini ittirerek yükü serbest bırakacağız. Roketin uçuş ivmesinin sonlandığı apogee noktasında, drogue paraşütünü açarak ayırma parçasının içindeki barutu patlatacağız.

Drogue paraşütünün ittilmesi ile serbest kalan burun konisi, düşüş sırasında paraşütleri havayla doldurarak faydalı yükün yere güvenle inmesini sağlayacaktır.

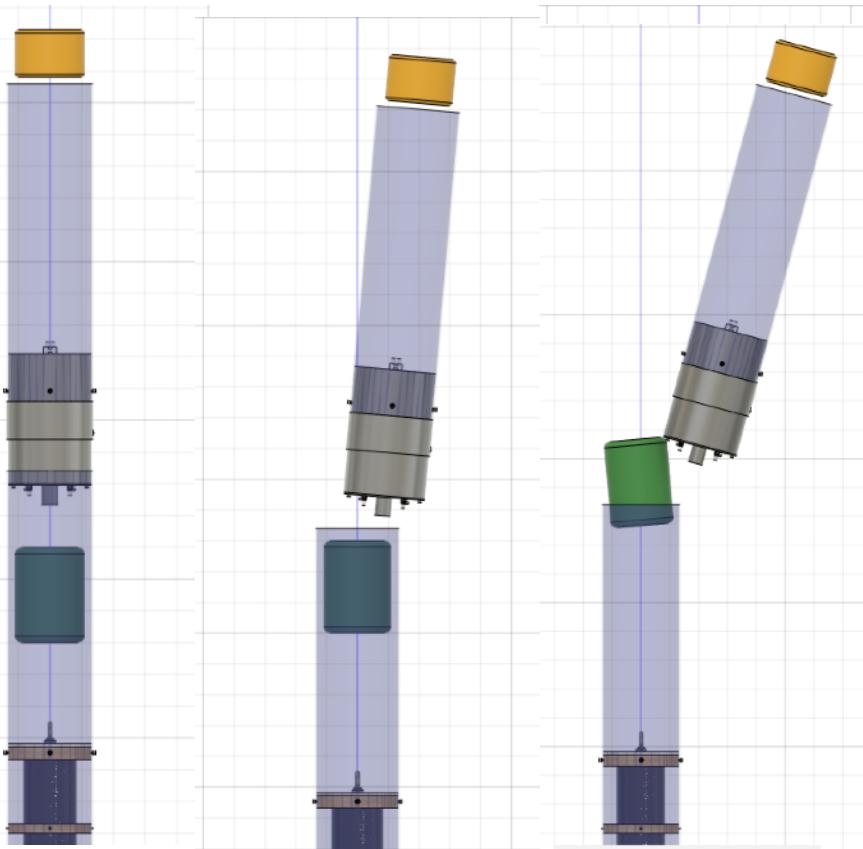
Alt tabakada bulunan mapa sayesinde drogue paraşütü roketin üst gövdesine sabitlenmiş bir şekilde bulunabilecek. Aynı zamanda burun konisi, yük ve yük paraşütü roketten ayrılrken drogue paraşütü de açılmak üzere roketin dışına çıkabilecektir.

Alt ve üst tabakaya entegre edilmiş 4 adet sıkı geçmeli çıkışlıklar ayrılma sırasında yamulmaların ve sapmaların engellenmesini sağlar.

Barutla ilgili çalışmalarda alınması gereken güvenlik önlemleri sebebiyle prototipleme çalışmalarının başlama tarihi 10 Haziran olarak planlanmıştır.



# Kurtarma Sistemi – Paraşüt Açma Sistemi



Ana paraşüt kurtarma sistemi roket düşüşte iken 600 metrede açılacaktır. 600 metrede Ana paraşütün açılmasını sağlayacak kara barutlu patlama sistemi aviyonik gövdesinin üstüne eklenmiş silindirlerin içine yerleştirilecek kara barutunu elektronik kibrit ile patlatılması sonucunda yaratılacak basınç farkı ile sağlanacaktır. Bu silindirler 3 boyutlu yazıcı ve polycarbonate (lexan) filament ile basılacak ve orta gövde/aviyonik gövdesine bütünsel olacaktır. Kara barutun üstü ise bant ile kapatılacaktır. Orta gövde/aviyonik gövdesi, üst gövdeye vida vasıtasiyla sabitlenecektir.

Ana paraşütün kurtarma sistemin testleri aviyonik bölümünün üretiminden hemen sonra testlere başlanacaktır.



# Kurtarma Sistemi – Paraşütler

- Burun konisi-Faydalı yük ikilisine ait paraşüt, 170 cm çapında 0,80 sürükleme katsayısına sahiptir, ripstop nylon kullanılmış ve kırmızı renk tercih edilmiştir. 30 cm uzunlığında elastik kordondan 6 hata sahiptir ve ağırlığı 155 gram olarak belirlenmiştir. Paket uzunluğu 7,5 cm ve çapı 11 cm'dir.
- Drogue paraşütünün çapı 150 cm sürükleme katsayısı 0,69'dur, ripstop nylon ve turuncu renk tercih edilmiştir, ağırlığı 122 gram olarak belirlenmiştir. Paket uzunluğu 7,5 cm, çapı 11 cm'dir.
- Ana paraşütün çapı 250 cm, sürükleme katsayısı 0,80 olup ripstop nylon ve yeşil renk tercih edilmiştir. Ağırlığı 322 gram olarak belirlenmiştir. Paket uzunluğu 15 cm, çapı 11 cm'dir. İniş sırasında belirlenen irtifada açılacaktır.

$$600\text{m irtifada roketin yaklaşık hızı bu denklemle hesaplanmaktadır: } mgh = F_d x + \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}d_{hava}AC_dv^2x + \frac{1}{2}mv^2 = v^2(\frac{1}{2}d_{hava}AC_dx + \frac{1}{2}m)$$

Ana paraşüt açıldıktan sonra Sürüklenme kuvveti toplam paraşüt alanının artması sebebiyle artacaktır. Roketin yere düşüğü andaki hızı bu denklemle hesaplanmaktadır:

$$mgh + \frac{1}{2}mv^2 = F_d x + \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}d_{hava}AC_dv^2x + \frac{1}{2}mv^2$$

Hem bu denklemlerin sonucunda hem openrocket simülasyonlarından hem de <https://descentratecalculator.onlinetesting.net/> sitesinden aldığımız veriler sonucunda faydalı yük-burun konisi ikilimiz yere 8,5 m/s saniye hızla düşeceğini; roketimizin de ana paraşüt açıldığı andaki hızının 10 m/s olup yere 6,35 m/s hızla düşeceğini planlıyoruz.



Ana Paraşüt R: 250 cm



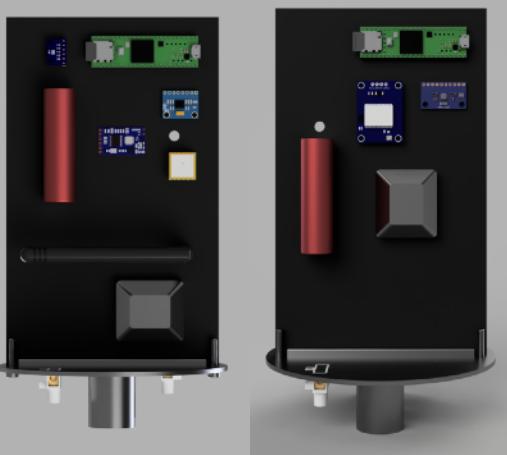
Drogue Paraşütü R: 150 cm



Yük Paraşütü R: 170 cm

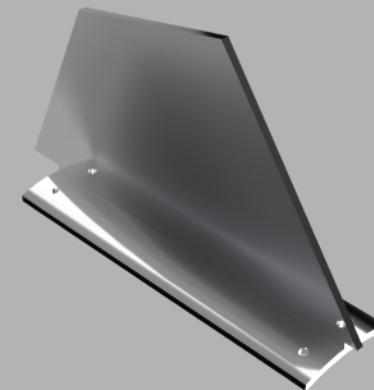
# Aviyonik & Kanatçık Mekanik Görünüm

## Aviyonik Bölümü 3D CAD Görünümü



- Aviyonikler uçuş sırasında veri toplar ve verileri bize aktarır. Paraşüt atış ve gövde ayrılma olaylarını denetler.
- Orta gövde çap: 13,7 cm (dış) , 13,2 cm (iç)
- Avyonik gövdesi çap: 13,2 cm (dış) , 12,2 cm (iç)
- Kullanılan alt sistemler sayfa 40'da diyagramda belirtilmiştir.

## Kanatçık 3 Boyutlu Görünümü



- Kanatçığın alüminyum-lityum alaşımından oluşturulması belirlendi.
- Kanatçık gövdede açılmış yarıklardan gövde borusunun içinden dışına doğru takılır ve açılmış vida delikleriyle gövdeye vidalanır. Kanatçığın gövdeyle temas eden ve vidalanan kısmı gövdeye uygun bir şekilde tasarlanmıştır.
- Ölçüler: 4 cm (alt montaj bölümü), yükseklik: 9,77 cm (en uzun) , genişlik: 16,5 cm (en uzun) , kalınlık: 0,3 cm
- Kanatçıklar, roketin stabilitesini artırır.

# Ana Aviyonik Sistemleri

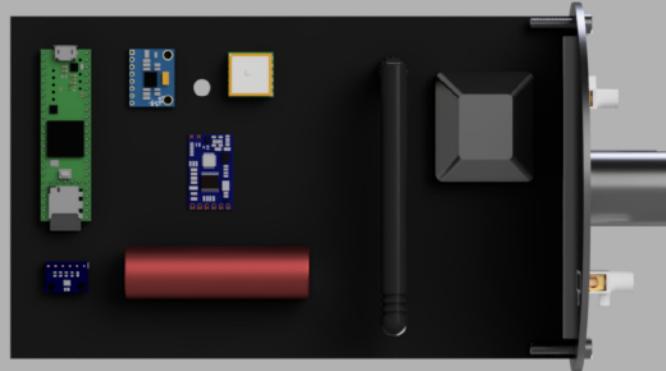
Model	Doğruluk	Basınç Sensörü		
		Hassasiyet	Yenileme	Min. Basınç
BME280	$\pm 1.0 \text{ hPa}$	0.18 Pa	182 Hz	300 hPa
BMP280	$\pm 1.0 \text{ hPa}$	0.16 Pa	182 Hz	300 hPa
BMP180	$\pm 1.0 \text{ hPa}$	1 Pa	222 Hz	300 hPa

Model	Kanal	GPS	
		Maks. Yükseklik	Yenileme
Quectel L86	99	18,000 m	10 Hz
Quectel L80	66	18,000 m	10 Hz
GY-NEO6MV2	50	50,000 m	5 Hz
Adafruit Ultimate GPS	66	18,000 m	10 Hz

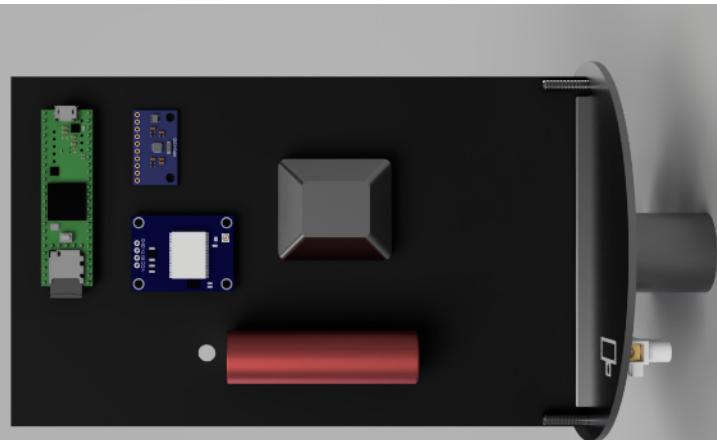
Model	Ana Bilgisayar		
	İşlemci Frekansı	Bellek	Sistem Türü
Arduino Mega	16 Mhz	8 KB	Mikro kontrolcü
Teensy 3.6	180 Mhz	1 MB	Mikro kontrolcü
Raspberry Pi 3B+	1.4 Ghz	1 GB	Bilgisayar

- Yanda verilen basınç sensörleri karşılaştırılmış ve roketimize en uygun BMP280 modelinin kullanılmasına karar verilmiştir. BMP280'in yüksek doğruluk değeri ve üstün hassasiyeti bu modeli kullanmamıza neden olmuştur.
- GPS alıcısı roketin konumunu düzenli olarak kaydetmesi için gereklidir. Quectel L86, rakipleri arasında en iyi kanal sayısına, yeterli maks. yükseklik değerlerine ve en iyi yenileme frekanslarına sahiptir. Bu nedenle Quectel L86, ana aviyonimizin konumlandırma modülü olarak seçilmiştir.
- Ana bilgisayar olarak Teensy 3.6 kullanılmıştır. Teensy, Arduino Mega'dan daha güçlündür. Güç anlamında en üstün kartın Raspberry Pi 3B+ olmasına rağmen sistem türünün bir bilgisayar olması programımızı ROM seviyesinde yazmamızı engeller. Bu sistem bütünlüğüne zarar verir. Teensy 3.6 yeterli gücü sağlarken doğrudan flashlanabilir olma özelliğini korur.
- Ana aviyonik sisteminin apogee noktasını tespit etmesi ve irtifa hesaplamalarını doğrulayarak ekstra çözünürlük eklemesi için rakiplerine göre daha yüksek doğruluklu ve hassas olan MPU9255 ivmeölçer sensörünü tercih ettiğimizdir.

# Yedek Aviyonik Sistemleri



Ana Avyonik Devre Kartı Görüntüsü



Yedek Avyonik Devre Kartı Görüntüsü

- GPS alıcısı roketin konumunu düzenli olarak kaydetmesi için gereklidir. Quectel L86, ana avyonik sisteminde kullanıldığı için yedek avyonikte kullanılmamıştır. Bunun yerine yine yüksek doğruluklu bir alternatifi olan GY-NEO6MV2 kullanılmıştır.
- İvmeölçer olarak ADXL335 sensörü kullanılmıştır. MPU9255, ana avyonik sisteminde kullanıldığı için yedek avyonikte kullanılmamıştır. Bunun nedeni rakiplerine göre daha iyi hassasiyet sunarak analog çıktı vermesidir.
- Yedek bilgisayar olarak Teensy 3.6 kullanılmıştır. Teensy, Arduino Mega'dan daha güçlüdür. Güç anlamında en üstün kartın Raspberry Pi 3B+ olmasına rağmen sistem türünün bir bilgisayar olması programımızı ROM seviyesinde yazmamızı engeller. Bu sistem bütünlüğüne zarar verir. Teensy 3.6 yeterli gücü sağlarken doğrudan flashlanabilir olma özelliğini korur.

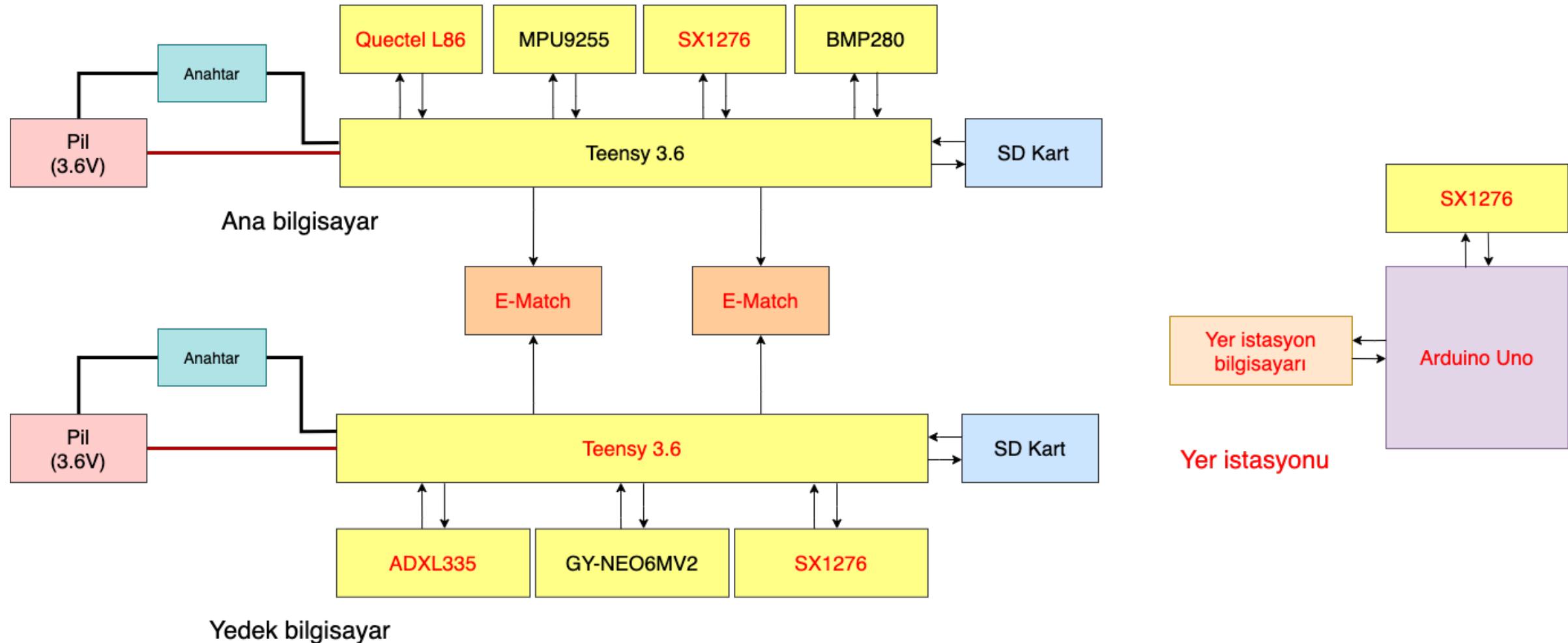


# Ana - Yedek Aviyonik Geçisi

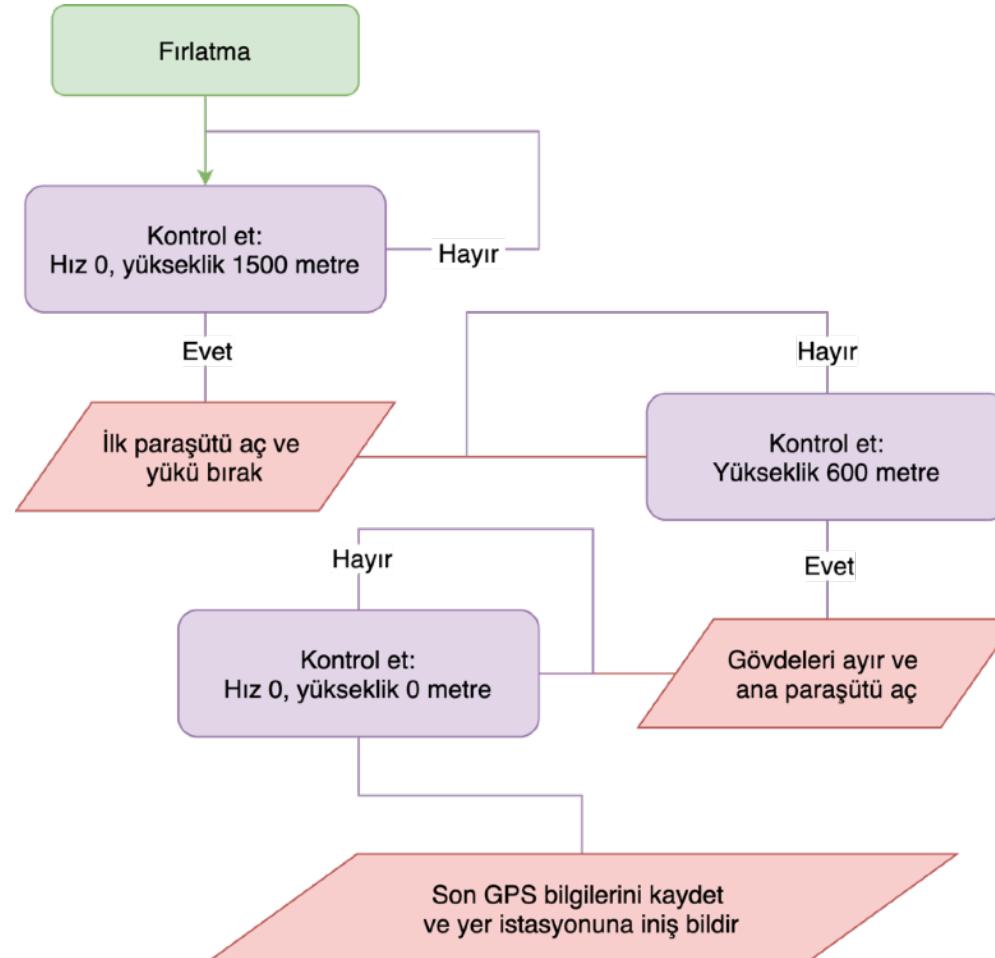


- Aviyonikler arasında gerekli karşılıklı iletişim kablolu seri bağlantı ile sağlanmıştır. Birkaç adımdan oluşan bu protokol başlatma (init), kontrol (ping), tetikleme (trigger), sınıra ulaştı (limit) ve anlaşıldı (ok) komutlarını içerir.
- Bilgisayarların her biri belirlenen süre boyunca bilgisayarların başlatılmasını ve iletişimini stabil hale gelmesini bekler.
- Başlangıçta her iki bilgisayar tarafından da gönderilen "init" komutu ile karşı bilgisayar diğerinin başlamış ve iletişime hazır durumda olduğunu kabul eder. Başlangıç komutu bilgisayarlardan birine ulaştığında paketin ulaşlığını belirtmek için karşı tarafa "ok" komutu gönderir. Eğer 1 saniyelik zaman aşımı süresinin sonunda bilgisayar karşı taraftan "init" komutunu ya da "ok" komutunu almamışsa diğer bilgisayarın çalışmadığını kabul eder ve durumu yer istasyonuna bildirir.
- Bilgisayarların her biri 3 saniyede bir karşı tarafa "ping" komutu gönderir ve karşılığında JSON formatında güncel sensör ve GPS verilerini yanında da uygun hash kodunu bekler ve "ok" cevabını gönderir. Bilgisayar "ping" komutu alırsa güncel sensör ve GPS bilgileri ile üretilen mesaj hash kodunu JSON ile biçimlendirir. Bilgisayarlar karşı taraftan gelen bilgileri de kendi SD kartlarına kaydeder. Eğer düzgün bir cevap alınamazsa ya da mesaj ile hash kodu uyuşmazsa bilgisayar, sıradaki "ping" komutuna kadar diğer bilgisayarın çalışmadığını kabul eder ve durumu yer istasyonuna bildirir.
- Bilgisayarlar bir sonraki tetik noktasına ulaştığı zaman (Örn. 1500 metre irtifaya ulaşmak) karşı tarafa "trigger" komutu gönderir. Eğer "ok" cevabı alamazsa bilgisayar, diğer bilgisayarın çalışmadığını kabul eder ve tek başına işlemi gerçekleştirir (Örn. paraşüt açmak). Eğer "ok" cevabı alınırsa karşı bilgisayardan gelecek "trigger" komutunu bekler. Eğer bilgisayar kritik bir noktaya ulaşırsa (Örn. roket alçalmaya başlar) diğer bilgisayarın cevabını göz ardı eder ve "limit" komutu göndererek işlemi gerçekleştirir.

# Aviyonik Sistemleri



# Aviyonik Algoritma Testleri



- Aviyonik algoritmalarının testi için gerçek yazılımın değiştirilmiş bir kopyası kullanılmıştır.
- Kodda bulunan sensör sınıflarının kodları gerçek sensörleri taklit edecek olan basit bir simülasyonla değiştirilmiştir.
- Basınç verilerinin sağlayıcısı olan PressureProvider sınıfı, sensör verilerini vermek yerine simülasyonla elde ettiğimiz grafiklere göre yükselen bir roketin basınç ölçümlerini taklit edecek şekilde değiştirilmiştir.
- İvme verilerinin sağlayıcısı olan AccelerationProvider sınıfı, sensör verilerini vermek yerine simülasyonla elde ettiğimiz grafiklere göre yükselen bir roketin ivme ölçümlerini taklit edecek şekilde değiştirilmiştir.
- GPS verilerinin sağlayıcısı olan LocationProvider sınıfı, modül verilerini vermek yerine yükselen roketin koordinat verilerini taklit edecek şekilde değiştirilmiştir.
- Algoritmamız yapılan sanal testleri geçmiş ve beklenen davranışları göstermiştir.



# Kanatçık



Balsa Tahta: Model roketçilikte yoğun olarak kullanılmaktadır. Hafif ve belli noktaya kadar dayanıklı olması balsanın tercih edilme sebeplerindendir. Balsa tahtası kullanımına bağlı olarak çökme ve çatlama yapabilmektedir. Tahtanın kalitesi oldukça önemli olmasına karşın her balsa aynı yoğunluğu sağlamadığı için stabil bir malzeme değildir.

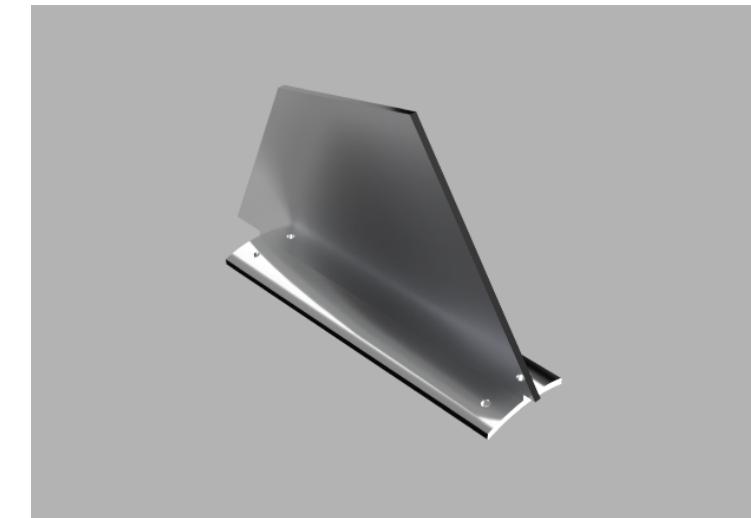
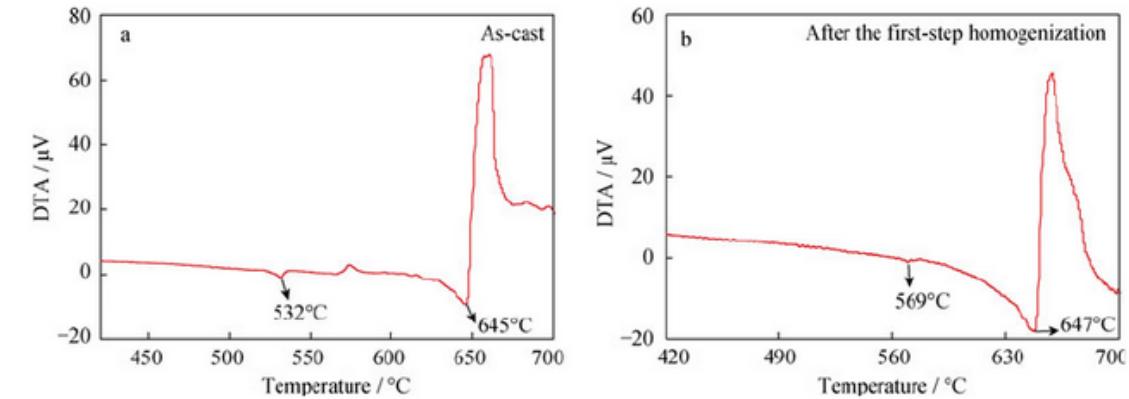
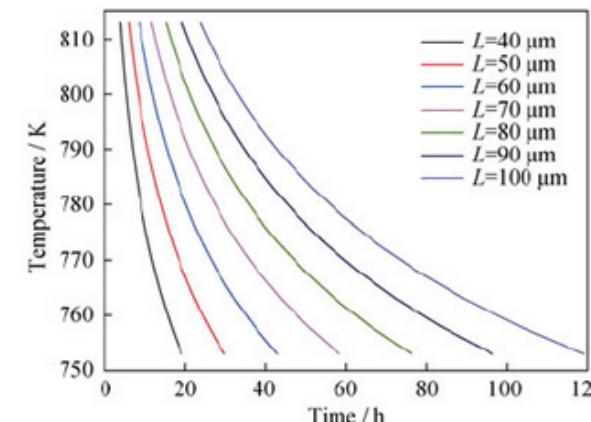
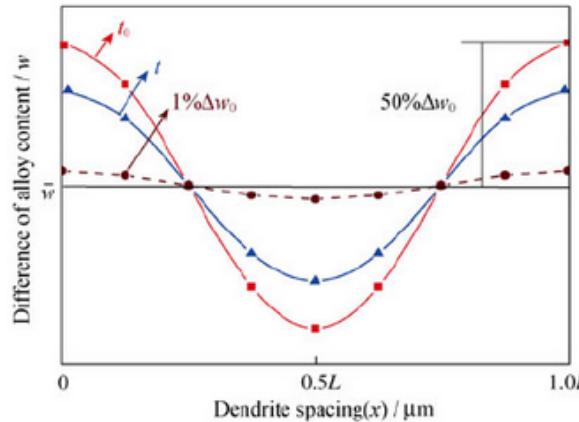
FiberGlass: Yüksek hız model roketçilikte hafifliğine karşı oldukça sağlam olması ve yüksek sıcaklıklara dayanabilmesi sebebiyle kullanılır. Bizim roketimiz için oldukça iyi bir seçenek de olsa üretiminin hassas yapılması ve materyalin pahalı olması 2. tercihimiz olarak kalmasına neden olmuştur.

Alloy (wt%)	2099
Cu	2.4 - 3.0
Li	1.6 - 2.0
Zn	0.40 - 1.0
Mg	0.1 - 0.5
Mn	0.1 - 0.5
Zr	0.05 - 0.12
Fe	0.07 max.
Si	0.05 max.
Al	Remainder

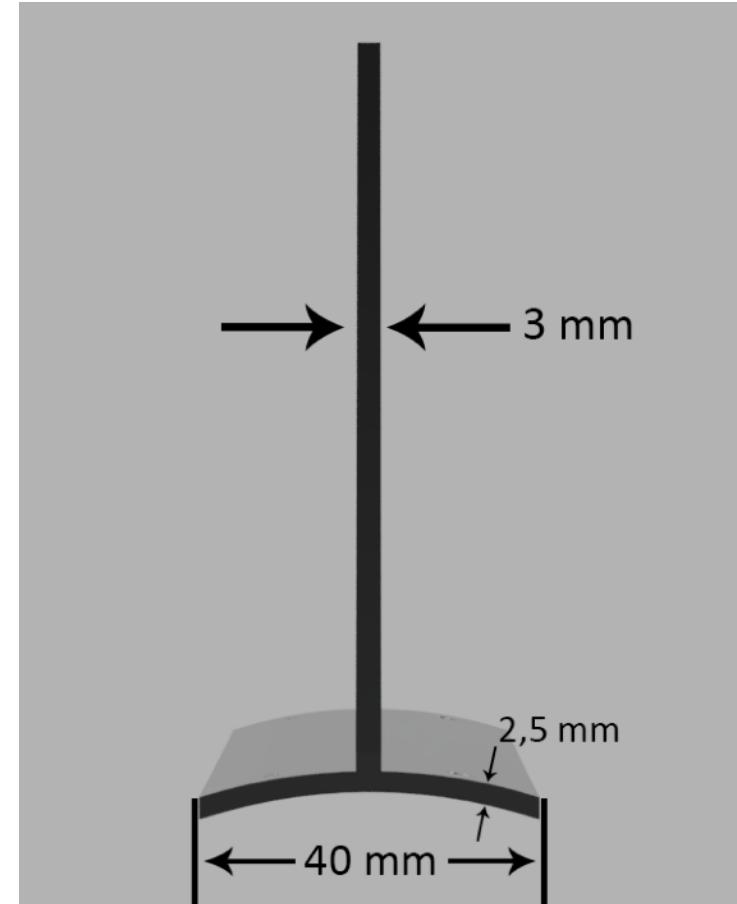
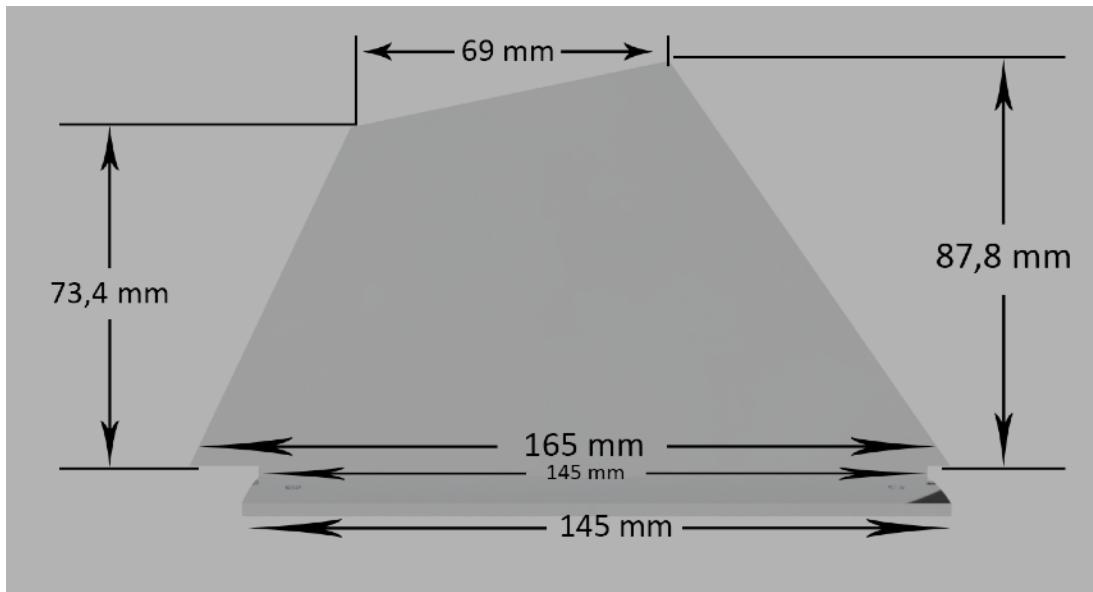
Yaptığımız araştırmalar sonucunda kanatçıkta kullanacağımız maddeyi ikinci dereceden bir alüminyum-lityum合金 olarak belirledik. Alüminyum-lityum合金leri, genel olarak havacılık ve uzay sanayisi, statik gövde yapıları ve kanat kırışlarında kullanılmaktadır. Daha düşük yoğunluğa sahip olmasının yanı sıra sertlik sağlama ile dayanıklılığı artttırmaktadır. Kristal yapısının verdiği avantajla yer değiştirme, çökelme ve gerginlik gibi özelliklere sahiptir. Lityumun alüminyumdan daha hafif olması sayesinde, eklenen lityumun kütlece 1%合金ının yoğunluğunu 3% azaltırken sertliği 5% arttırır. Eklenen lityum kristalin kafes yapısını korurken alüminyumdan biriyle yer değiştirir. Uygun koşullar altında, lityum düzenli bir kristal yapıya sahip metastabil bir  $Al_3Li$  oluşturur. Bu çökeltiler değişim sırasında kayma hareketlerini engelleyerek合金unu güçlendirir ve daha dayanıklı bir malzemenin ortaya olmasını sağlar.

# Kanatçık

Daha önce yapılan test sonuçları ve makaleleri incelediğimizde, alaşımının optimize edilmiş bir homojenleştirme işlemi 18 saatte 515 °C ve 18 saatte 525°C olarak tespit edilmiştir. İçerideki isının kanatçığa gelmeden önce blue tube malzemeli roket gövdesinden geçeceği de hesaba katıldığında, kullandığımız alaşımın uçuş esnasında hasar görmeyeceğini garantiliyoruz. Test tarihi haziranın 1'i olarak kararlaştırılmıştır.

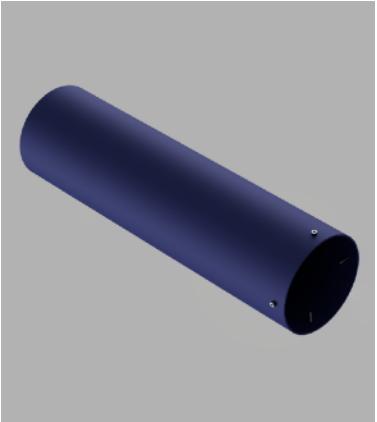


# Kanatçık



# Gövde Parçaları & Gövde Montaj Parçaları (YAPISAL) Mekanik Görünüm

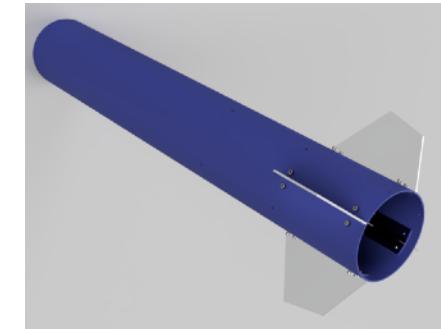
## Gövde Parçaları 3D CAD Görünümü



Üst Gövde



Orta gövde ve Tube coupler  
(Aviyonik Bölümü)



Alt Gövde

- Orta gövdenin Blue Tube, Tube coupler'in Polycarbonate (Lexan) kullanılmasına karar verildi.
- Üst ve alt gövdede Blue Tube kullanılmasına karar verildi.
- Gövde parçaları rokete yapısal bütünlük katar ve aerodinamik olarak da roketi tamamlar. İçine konulan parçalar ile roket bütünlüğünü sağlar.
- Alt ve üst gövde dış çap:13,7 cm / iç çap:13,2 cm
- Orta gövde, avyonik bölümyle bütünsel olup diğer gövdeleri tamamlayıcı özellik gösterir.

## Gövde Montaj Parçaları 3D CAD Görünümü

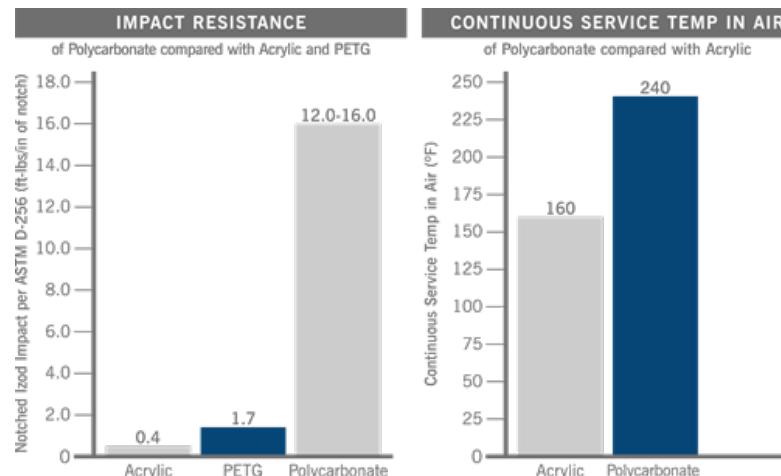


- İki gövde arasında köprü görevi görür ve ikisini bağlar. Böyle tasarlanmasının sebebi içindeki avyoniklere kolay erişilebilmesini sağlamaktır. Parça üst gövdeye vidalar aracılığıyla sabitlenir. Alt gövde ise patlama sırasında kırılacak plastik vidalar kullanılacaktır.
- Malzeme olarak polycarbonate(lexan) seçilmiştir ve 3D yazıcı ile baskı alınacaktır.
- Çap: 13,7 (dış), 13,2 (iç)

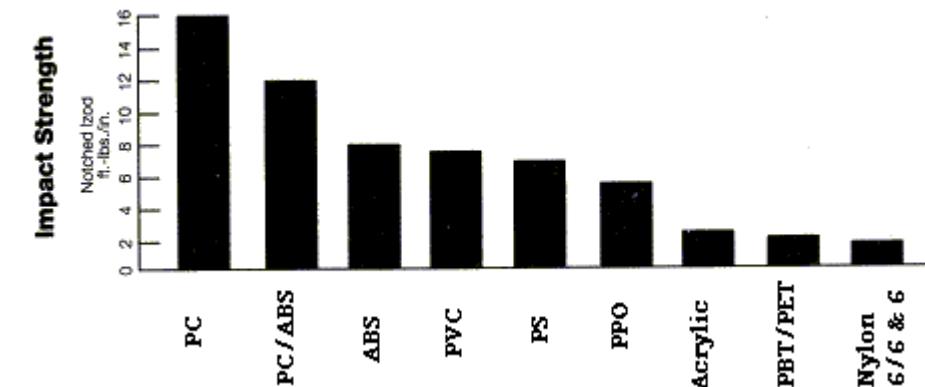
# Yapısal – Gövde/Gövde İçi Yapısal Destekler (Montaj Elemanları)

Gövde malzemesi olarak bluetube kullanılması kararlaştırılmıştır. Tube coupler ve tube coupler'in üstünü ve altını kapatmak amacıyla eklenecek bulkhead'lerin polikarbonat (lexan) ile üretilmesi planlanmıştır. Motor bölümündeki bulkhead'in alüminyumdan yapılması kararlaştırılmıştır. Geriye kalan tüm bulkhead'lerin plywood (birch)'den yapılması planlanmıştır. Doğrudan ışıya maruz kalacak polikarbonat parçalar epoksi reçine ile kaplanması planlanmıştır.

Polikarbonat (lexan)'ın kullanılma sebebi bu maddenin üretiminin hem kolay olması hem de dayanıklı yapısıdır. Yaptığımız araştırmalardan gördüğümüz üzere bu maddenin 135 dereceye kadar olan kullanım sıcaklığı ve 270/380 derece civarı olan erime sıcaklığıyla ışıya oldukça dayanıklı olmasıdır. Ayrıca polikarbonat (lexan)'ın darbe dayanımının oldukça yüksek olması aviyoniksistemimizin bulunduğu bölmenin polikarbonat kullanılarak üretilmesinin önemini ortaya koymaktadır.



<https://www.curbellplastics.com/Research-Solutions/Materials/Polycarbonate>



<https://www.creativemechanisms.com/blog/everything-you-need-to-know-about-polycarbonate-pc>



# Yapısal – Gövde/Gövde İçi Yapısal Destekler (Montaj Elemanları)



Gövdemin blue tube dan üretilmiş olma sebebi blue tube'un aşınmaya karşı oldukça dirençli olup kırılma ve çatlamaya maksimum dayanıklılık sunmasıdır. Nitekim blue tube çeşitli askeri operasyonlar için de kullanılmıştır. Ayrıca blue tube'ün karbon fiber tüplerden daha ucuz olması da blue tube'u gövde malzemesi olarak seçme sebeplerimizden biri olmuştur. Ayrıca blue tube'lar sert inişleri de oldukça kolay bir şekilde emebilmektedir. Blue tube'u tercih etmemizdeki bir diğer sebep de kağıt elyaftan yapılmış olmasıdır. Böylece blue tube'u sıradan kağıt bir tüp gibi kolayca hem kesip hem yapıştırıp hem boyayıp hem de şekillendirebileceğiz.

3/12/2009

Sample ID: BlueTube.mss  
Method: Tube Compression (Simple Servo).msm

Test Date: 3/11/2009  
Operator: MTS

## Sample Results: Specimen Results:

Specimen #	Specimen Comment	Inner Diameter in	Outer Diameter in	Platen Separation in	Area in^2	Modulus ksi	Load At Yield lbf
1		3.002	3.128	9.00000	0.60662	559.60219	2974.13082
2		3.002	3.128	9.00000	0.60662	607.10291	3211.11207
3		3.002	3.128	9.00000	0.60662	574.09091	3052.63859
Mean		3.002	3.128	9.00000	0.60662	580.26534	<b>3079.29383</b>
Std. Dev.		0.000	0.000	0.00000	0.00000	24.34486	120.71828

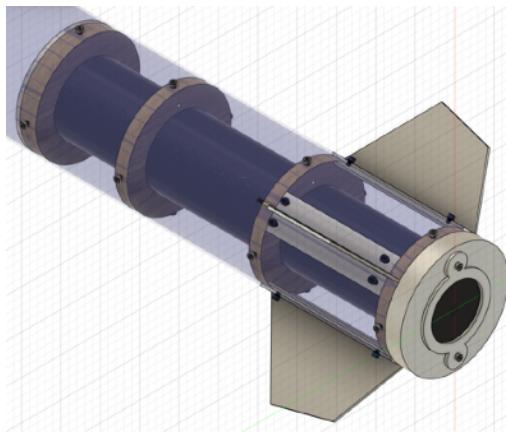
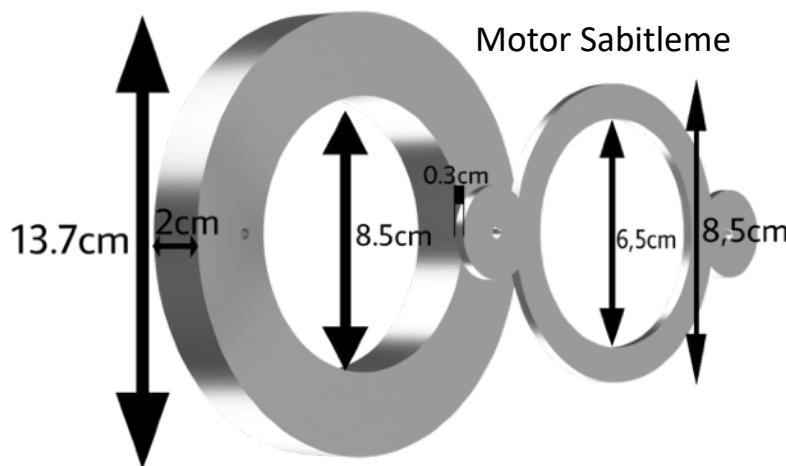
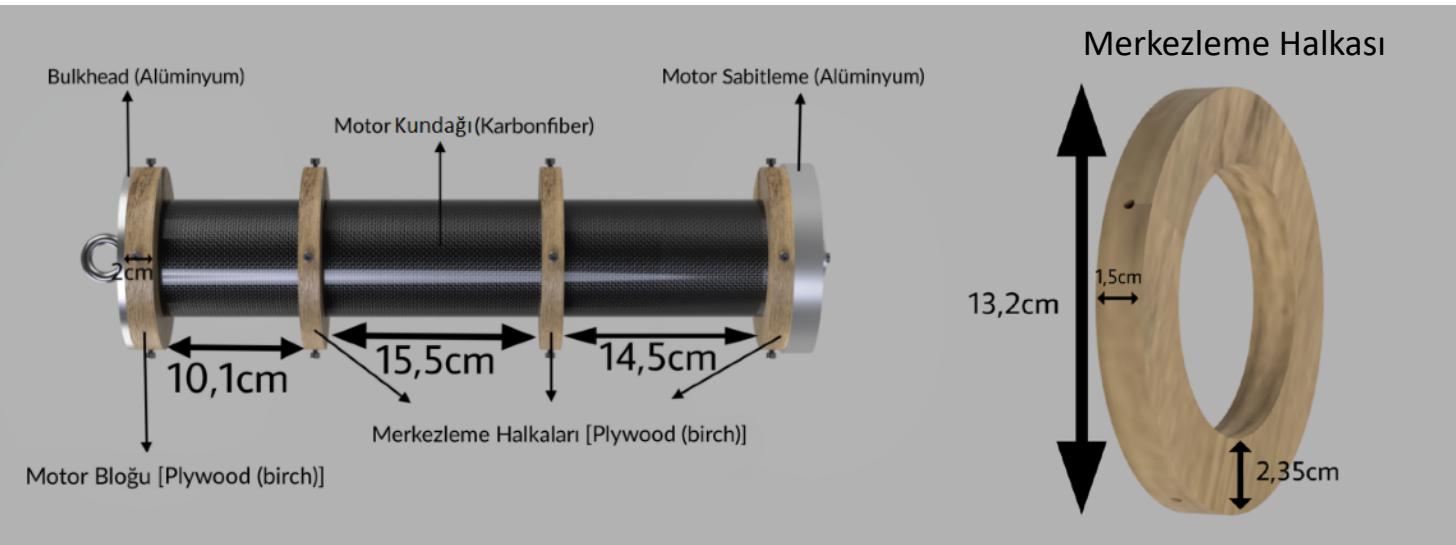
Specimen #	Stress At Yield MPa	Peak Load lbf	Peak Stress psi	Energy To Peak ft*lbf	Break Load lbf	Elongation at Peak in	
1	33.80322	2974.13082	4902.72798	14.11096	1504.89966	0.11156	
2	36.49669	3211.11207	5293.38147	20.93077	1607.34466	0.13095	
3	34.69552	3052.63859	5032.14469	18.27847	1534.46427	0.11815	
Mean	34.99848	3079.29383	<b>5076.08472</b>	17.77340	1548.90286	0.12022	
Std. Dev.	1.37205	120.71828	198.99895	3.43785	52.72665	0.00986	

Yanda verilen diyagramda General Dynamics çalışanı Dr. Drake Dämerau'nun yaptığı blute tube dayanım testlerini görmektesiniz. Kullanılan blue tube ölçülerinin kullandığımız blue tube boyutuna oldukça yakın olması verilerin bizim için de kullanılabilir olmasını sağlamaktadır. Elde edilen veriler roketimizin stress testlerinde elde edilen verilerin altında olması sebebiyle blue tube kullanma sebeplerimizden biridir.

Motor bölümünde bulunan bulkhead'ın üretimi için alüminyumun tercih edilme sebebi motor bölümünü güçlendirmektir. Bununla birlikte alüminyumun ısıya dayanıklı yapısı alüminyumu tercih sebeplerimizdendir. Ayrıca alüminyum parçasının temini oldukça kolay bir şekilde sağlanabilmektedir.

Bu kapsamında ısı, dayanıklılık, basınç ve aşınma testleri yapılacaktır. Tarih olarak 21 haziran kararlaştırılmıştır.

# Motor Bölümü Mekanik Görünüm & Detay

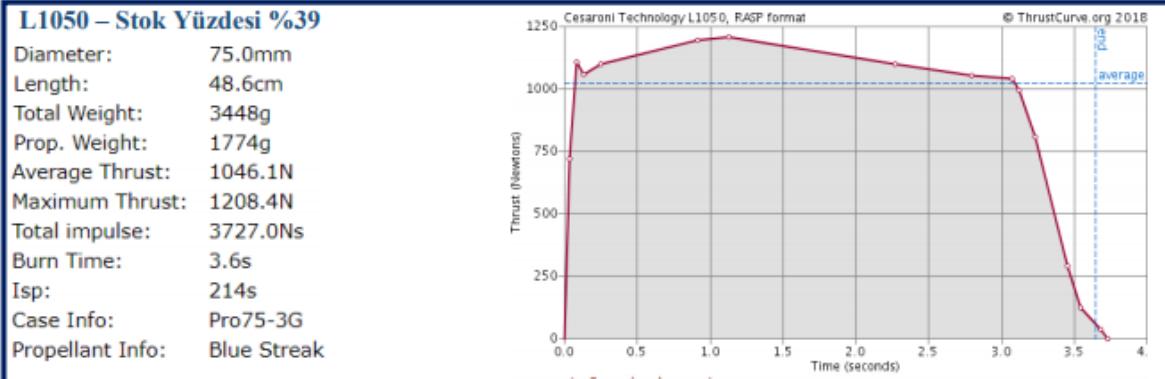


- Toplamda 3 adet merkezleme halkası kullanılmıştır. Merkezleme halkaları için plywood (birch) kullanmayı uygun gördük.
- Motor kundağı olarak karbon fiber kullanma kararı aldık. Kalınlığı 0,5 cm olması planlanmıştır.
- Motor bloğu olarak 2 cm kalınlığında plywood (birch) kullanılması kararlaştırılmıştır.
- Motor bloğunun arkasına motor bölmemizi sağlamlaştırabilmek amacıyla 0.5cm kalınlığında alüminyumdan yapılmış bulkhead yerleştirilmesi kararlaştırılmıştır.
- Motoru sabitleyebilmek amacıyla motora takılan en alttaki merkezleme halkasının üzerine takılan motor sabitleme parçası alüminyumdan yapılacaktır.

# Motor Bölümü Mekanik Görünüm & Detay

- Seçtiğimiz motorlar L1050 ve L851'dir. Birincil motor olarak L1050 motorunu tercih ettiğimiz bunun sebebi stok yüzdesinin daha yüksek olmasıdır.
- Her iki motorun da ölçülerini aynı olduğundan tasarımımızda her ikisini de sorunsuz bir şekilde kullanabilmekteyiz

Aşağıda L1050 motorunun İtki (N) / Zaman (s) grafiği verilmiştir:



## Motor Montaj Stratejisi:

1. 3 adet merkezleme halkasından ortada duracak olan 2. gövdenin üstünden olması gereken yere indirilecek ve tam sıkılmadan vidalanacaktır.
2. 1. işlemde olduğu gibi üstte olacak merkezleme halkası da yerleştirilecektir
3. Bu işlemden sonra alüminyum bulkhead motor bloğunun tam üzerine vidalanacaktır.
4. Daha sonra motor bloğu - bulkhead ikilisi motor bloğu üzerinde olan vida delikleriyle olması gereklili yere merkezleme halkalarında olduğu gibi getirilip gövdeye tam sıkılmadan vidalanacaktır.
5. Kalan son merkezleme halkası alttan olması gereken yere taşınıp tam sıkılmadan vidalanacaktır.
6. Motor, motor kundağına geçirilecektir.
7. Motor - motor kundağı ikilisi 2. gövdeye merkezleme halkalarının arasından geçerek yerleştirilecektir.
8. Tam sıkıştırılmamış vidalar tam sıkıştırılarak motor kundağı da vidalanarak sabitlenecektir
9. Alüminyum motor sabitleme parçalarından ilki en alta bulunan merkezleme halkasına vidalanacaktır.
10. Son olarak da ikinci alüminyum motor sabitleme parçası ilk parçaya vidalanacak ve motor montajı tamamlanacaktır.



# İkinci Motor Seçimi



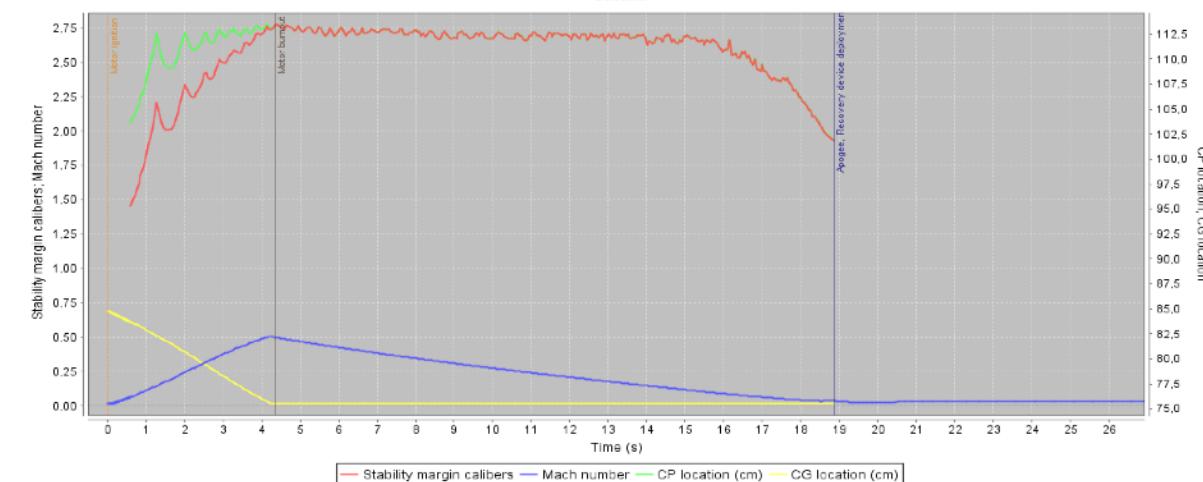
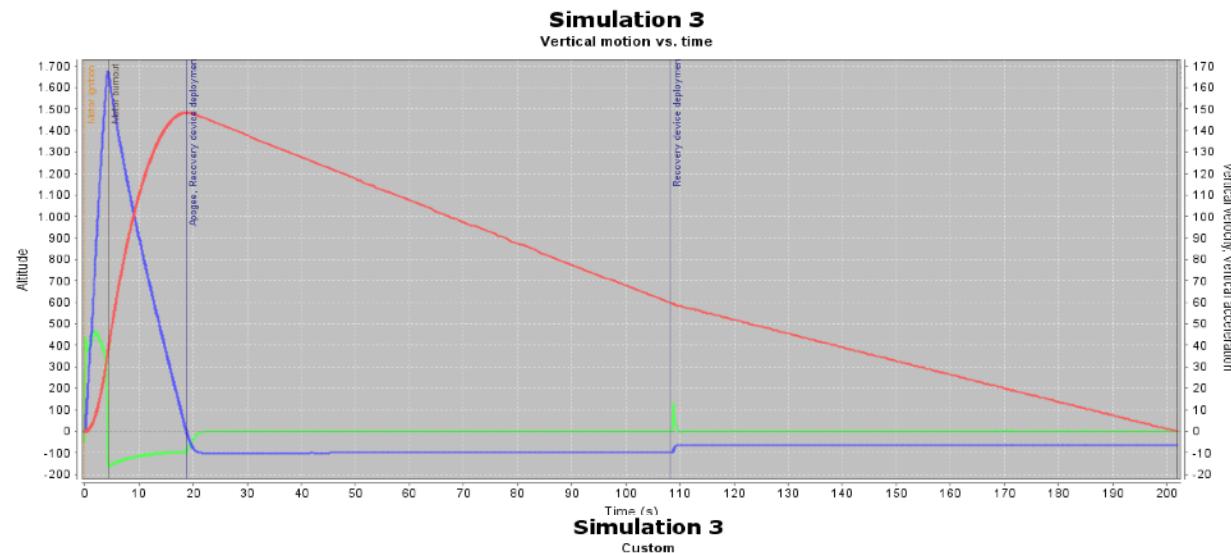
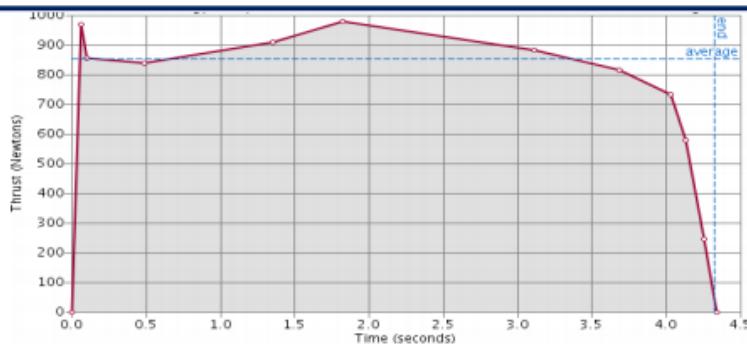
İkinci motor olarak L851 Motorunu tercih ettik.

Seçtiğimiz motorlar arasında boyut farkı bulunmadığından motor bölümünde tasarım değişikliğine gitmeden yedek motorumuzu kullanabilmekteyiz.

Yedek motorumuzu kullandığımız senaryoda stabiliteyi 1,5 ile 3 arasında tutabilmek ve hedef irtifamızı koruyabilmek adına tek yapmamız gereken işlem burun konisine yerleştirdiğimiz ve mass1500 olarak isimlendirdiğimiz parçanın ağırlığını 3500g dan 3100g a düşürmektedir.

## L851 -Stok Yüzdesi: %6.5

Diameter:	75.0mm
Length:	48.6cm
Total Weight:	3789g
Prop. Weight:	2110g
Average Thrust:	849.1N
Maximum Thrust:	989.9N
Total impulse:	3683.2Ns
Burn Time:	4.3s
Case Info:	Pro75-3G
Propellant Info:	White

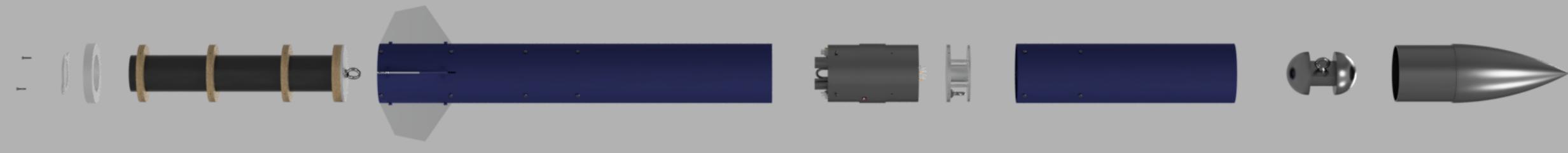




# Roketin Bütünleştirilmesi ve Testler



# Roket Bütünleştirme Stratejisi



Roket bütürleştirme stratejimizi anlatan animasyon:

[İAL-HUK Teknofest Roket Montaj Videosu](#)

# Roket Bütünleştirme Stratejisi

1. 6cm uzunluğuna sahip orta gövde tube couplerin orta noktasına konumlandırılacak şekilde epoksi ile yapıştırılacak ve vida ile sağlamlaştırılacaktır.
2. Aviyonik sistemi tube coupler a geçirilecektir.
3. Tube couplerda bulunan 2 cm genişliğinde 1,6 cm uzunluğunda 5,3 cm derinliğinde olan altimeter two cihazı için oluşturduğumuz bölmeye AltimeterTwo cihazı takılıp kapağı kapatılacaktır.
4. Tube couplerin altı ve üstü polycarbonate (lexan) ile hazırladığımız bulkhead'ler ile kapatılmış tube coupler'a vidalanacaktır.
5. Akabinde tube couplerin altında bulunan ve ayrılma sistemi için tasarlanmış bulkhead'e kara barut eklenip üstü kapatılacaktır.
6. Üst gövdede konumlandırılacak olan ayrılma sistemimiz üst gövdenin tabanından 16,7 cm yukarı vidalanacaktır.
7. Daha sonra üst gövdede bulunan ayrılma sisteminin ortasındaki bölmeye karabarut eklenecektir
8. Son kara barut eklemesi de tamamlandığında 60 cm uzunluğuna sahip olan şok kordonu ayrılma sistemindeki mapaya bağlanacaktır.

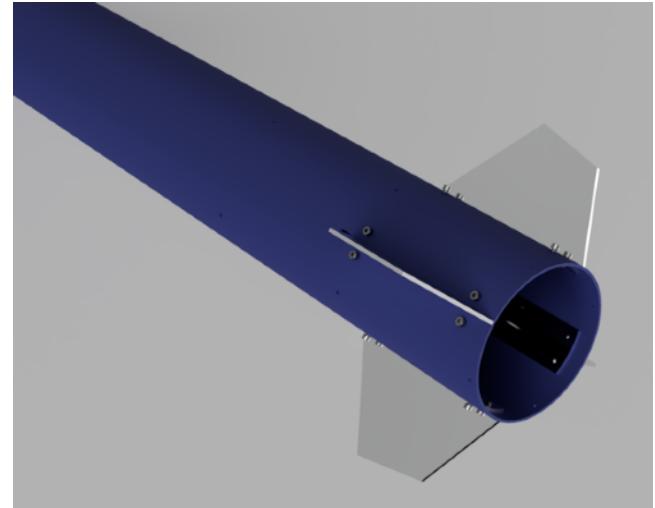
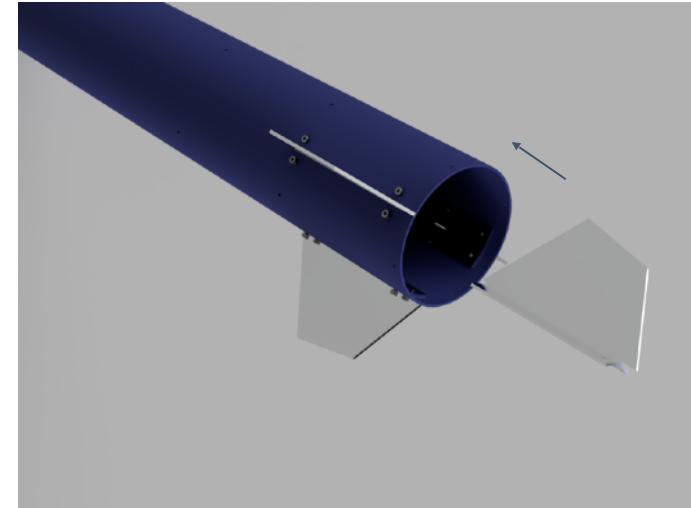


Altimeter Two Bölmesi

# Roket Bütünleştirme Stratejisi

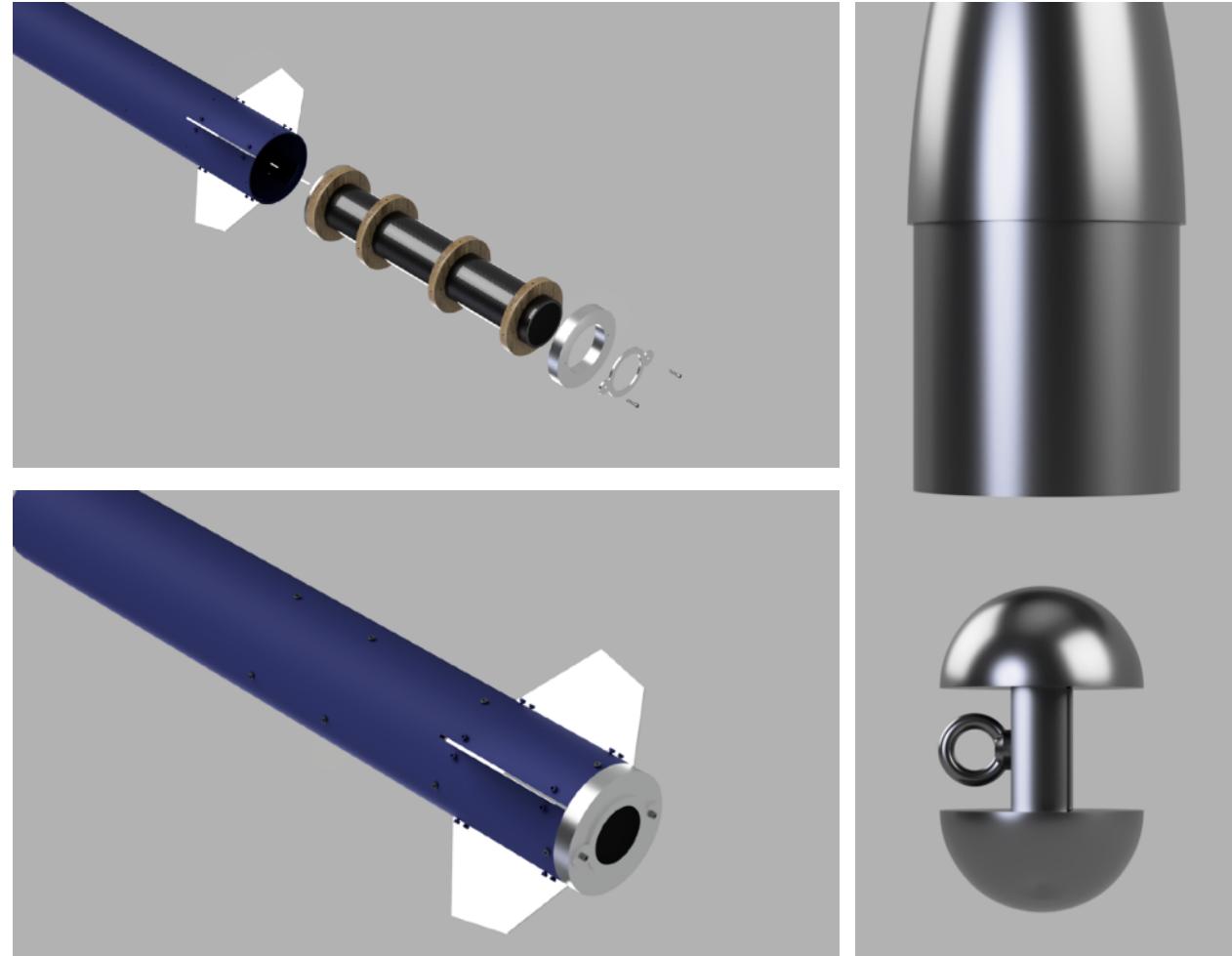
9. Daha sonra drogue paraşütü, üst gövdede bulunan 60 cm uzunluğuna sahip olan şok kordonunun diğer ucuna bağlanıp ayırmaya sisteminin hemen üstüne yerleştirilecektir.
10. Burun konisinin içine "mass1500" adını verdığımız parça yerleştirilecektir bu işlem için burun konisinin içine mapaya sahip bulkhead vidalanacaktır. (Mapa altta "mass1500" parçası üstte konumlandırılacaktır)
11. Bu işlemden de sonra burun konisinin iç kısmında bulunan bulkhead'e takılı mapaya 60 cm uzunluğunda başka bir şok kordonu bağlanıp bu şok kordonunun ortasında faydalı yük diğer ucuna da burun konisi için hazırlanmış 170 cm çapına sahip 3. bir paraşüt bağlanacaktır.
12. Akabinde paraşüt en altta faydalı yük de ortada kalacak şekilde burun konisi roketin üst gövdesine yerleştirilecektir. Burun konisi ile üst gövde kırılınan vidalarla vidalanacaktır.
13. Kanatçıklar alt gövdenin altından içeri geçirilip daha sonra kanatçık için açılmış 0,3 cm genişliğinde 14,5 cm uzunluğa sahip yarıklardan geçirilecek ve vida için açılmış deliklerle kanatçıklarla gövde birbirlerine vidalanacaktır.
14. Alüminyumdan hazırlanmış 0,5 cm kalınlığında olan bulkhead'e mapa takılacaktır.
15. Akabinde motor montaj stratejisinin ilk 3 aşaması tamamlanacaktır.

27 Mayıs 2020 Çarşamba



# Roket Bütünleştirme Stratejisi

16. Sonrasında alt gövdeye launch lug, alt gövdenin üst noktasından 47cm alta konumlandırılacak vidalanacaktır.
17. Daha sonra motor montaj stratejisinin 4. ve 5. aşaması da tamamlanacaktır
  - 17.1 Alüminyumdan yapılmış bulkhead alt gövdeye alt gövdenin alt noktasından 46.6 cm yukarı konumlandırılacaktır.
16. Alt gövdede konumlandırılacak olan paket uzunluğu 74 cm olan 200 cm'lik şok kordonunun bir ucu alt gövdede bulunan alüminyum bulkhead'in üzerindeki mapaya bağlanacaktır.
17. Bu işlemden sonra ana paraşüt şok kordonuna alt gövdenin tepe noktasından 10,4 cm aşağıda duracak şekilde bağlanacaktır.
18. Bu işlemden sonra şok kordonun diğer ucu tube coupler'in altında bulunan mapaya bağlanacaktır.
19. Akabinde alt gövde tube coupler'a geçirilip kırılan vidalarla vidalanacaktır.
20. Daha sonra üst gövdeye launch lug, üst gövdenin alt noktasından 13,5cm üstte vidalanarak takılacaktır.
21. Sonrasında üst gövde tubecoupler'a geçirilecek ve vidalanacaktır.
22. Son olarak motor montaj stratejisinin 6., 7., 8., 9. ve 10. maddeleri tamamlanarak roketin inşası tamamlanacaktır.





# Takvim



<b>Task Name</b>	<b>Start Date</b>	<b>End Date</b>
<b>Hazırlık</b>	<b>03.23.20</b>	<b>03.31.20</b>
On Tasarım Raporu'nu Geliştirme Fikirleri	03.23.20	03.31.20
Yeni katılan üyelerin oryantasyonu	03.23.20	03.31.20
<b>Tasarım Süreci</b>	<b>04.01.20</b>	<b>05.02.20</b>
Aviyonik Sistemler	04.01.20	04.11.20
Burun Konisi	04.12.20	04.18.20
Kanatçıklar	04.19.20	04.25.20
Ayrılma Parçası	04.26.20	05.02.20
<b>Aviyonik Sistemler</b>	<b>04.01.20</b>	<b>06.30.20</b>
Tasarlama	04.01.20	04.11.20
Ana Aviyonik Sistemleri	04.12.20	04.14.20
Yedek Aviyonik Sistemleri	04.14.20	04.16.20
Ana - Yedek Aviyonik Geçişi	04.16.20	04.18.20
Modelleme	04.19.20	04.23.20
Testler	06.21.20	06.30.20
Algoritma Testleri	05.23.20	05.26.20



# Takvim

<b>Kanatçık</b>	<b>04.19.20</b>	<b>06.10.20</b>
Malzeme Seçimi	04.19.20	04.22.20
Kanatçık Geometrisi	04.23.20	04.25.20
Testler	06.01.20	06.10.20
<b>Kurtarma Sistemi</b>	<b>04.26.20</b>	<b>06.20.20</b>
Araştırma	04.26.20	04.28.20
Modelleme	04.28.20	05.04.20
Raporlama	05.04.20	05.07.20
Testler	06.11.20	06.20.20
<b>Mekanik Görünümler</b>	<b>05.01.20</b>	<b>06.30.20</b>
Gövde Parçaları	05.01.20	05.05.20
Motor Bölümü	05.06.20	05.16.20
Montaj Elemanları	05.17.20	05.24.20
Dayanıklılık Testleri	06.21.20	06.30.20
<b>Roket Bütünleştirme Stratejisi</b>	<b>05.17.20</b>	<b>05.19.20</b>
<b>Genel Görünüm</b>	<b>04.01.20</b>	<b>05.16.20</b>
Simülasyonlar	04.01.20	05.16.20
Operasyon Konsepti	05.10.20	05.15.20
Kütle Bütçesi	05.12.20	05.14.20



# Aviyonik Bütçesi



Aviyonik Parçaları	Fiyat (Adet)	Ade t	Tedarik Kanalı	Tedarik Süresi (Ortalama)	Toplam	Dolar kuru	6,82 TL
Teensy 3.6	₺355,00	2	robotistan.com	3 iş günü	₺710,00	Euro kuru	7,57 TL
SX1276 868mhz Lora Modülü	₺120,00	2	direnc.net-n11.com	3 iş günü	₺240,00	Toplam Aviyonik Malzemelerin Tutarı	2016 TL
LTE-G-410 868 MHz - RF Anten	₺48,00	2	robotistan.com	3 iş günü	₺96,00	Toplam kargo ücreti	341 TL
1 Kanal 5 V Röle Kartı	₺5,00	2	robotistan.com	3 iş günü	₺10,00	Genel Toplam	2357 TL
GY-NEO6MV2 GPS Modülü	₺60,00	1	robotistan.com	3 iş günü	₺60,00		
Quectel L86 GPS Modülü	₺108,00	1	robotistan.com	3 iş günü	₺108,00		
MPU9255 İvmeölçer	₺39,00	1	direnc.net	3 iş günü	₺39,00		
ADXL335 İvmeölçer	₺132,00	1	direnc.net	3 iş günü	₺132,00		
Adafruit BMP280 Barometre	\$9,95	1	adafruit.com	5 iş günü	\$9,95		
YAGI Anten	€44,00	1	farnell.com	8 iş günü	€44,00		
NCR18650BF 3400 mAh Li-ion Pil	₺45,00	2	birikimpilleri.net	3 iş günü	₺90,00		
Sandisk Micro SD Kart 16 GB	₺40,00	2	robotistan.com	3 iş günü	₺80,00		
Arduino Uno (Klon)	₺50,00	1	robotistan.com	3 iş günü	₺50,00		



# Bütçe



Ürün	Fiyat (Adet)	Adet	Tedarik Kanalı	Tedarik Süresi (Ortalama)	Toplam
Blue Tube 121 cm uzunluk	60 \$	2	apogeerockets.com	20 iş günü	818 TL
Huş Kontrplak 20x80 cm 15 mm	51 TL	1	Yerel Sağlayıcı	1 iş günü	51 TL
Huş Kontrplak 20x20 cm 4 mm	15 TL	1	Yerel Sağlayıcı	1 iş günü	15 TL
Huş Kontrplak 20x20 cm 20 mm	35 TL	1	Yerel Sağlayıcı	1 iş günü	35 TL
U Mapa Çelik	20 TL	1	Sanayi	1 iş günü	20 TL
Mapa Çelik	15 TL	4	Sanayi	1 iş günü	60 TL
Alüminyum Levha 15x15 cm 20 mm	41 TL	1	Sanayi	1 iş günü	41 TL
Alüminyum Levha 20x20 cm 5 mm	32 TL	1	Sanayi	1 iş günü	32 TL
Alüminyum Levha 20x80 cm 3 mm	200 TL	1	Sanayi	1 iş günü	200 TL
Polycarbonate Filament 1 KG	184 TL	2	robotsepeti.com	3 iş günü	368 TL
Nylon Kırılabilir Vida (Paket)	3.5 \$	1	aliexpress.com	10 iş günü	23.87 TL
Tak-çkar Plastik Çivi (Paket)	4 \$	1	aliexpress.com	10 iş günü	27.28 TL
E-match (Elektronik Kibrit) (Paket)	25 \$	1	ebay.com	12 iş günü	170.50 TL
Ripstop Nylon Kumaşı 150x150 cm	85 TL	1	kumasci.com	5 iş günü	85 TL
Ripstop Nylon Kumaşı 170x170 cm	95 TL	1	kumasci.com	5 iş günü	95 TL
Ripstop Nylon Kumaşı 250x250 cm	135 TL	1	kumasci.com	5 iş günü	135 TL
7.5 KG Kurşun	40 TL	1	Yerel Sağlayıcı	1 iş günü	40 TL
Kara Barut 100 gram (Paket)	25 TL	1	Yerel Sağlayıcı	1 iş günü	25 TL
Shock Cord	50 TL	1	Yerel Sağlayıcı	2 iş günü	50 TL
Karbon Fiber Motor Gövdesi Özel Yapım	200 TL	1	kompozitshop.com	5 iş günü	200 TL

Dolar kuru	6,82 TL
Euro kuru	7,57 TL
Toplam Malzemelerin Tutarı	2491.65 TL
Genel Toplam	2491.65 TL