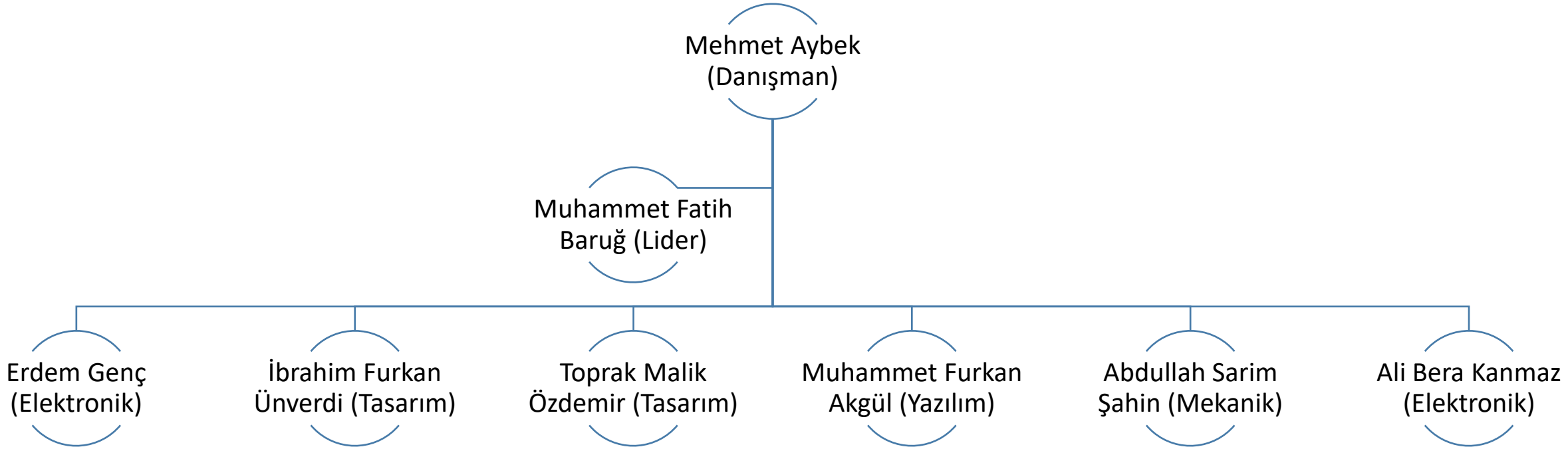
TEKNOFEST 2022
ROKET YARIŞMASI
Lise Kategorisi
Kritik Tasarım Raporu (KTR)
Sunuşu
Kızkaçıran Roket Takımı

Takım Yapısı



Ali Bera Kanmaz haricinde bütün takım üyeleri İTO Marmara AİHL öğrencisidir. Takımda yabancı uyruklu öğrenci bulunmamaktadır. Tüm takım üyeleri lise öğrencisidir.

Yarışma Roketi Genel Bilgiler

Yarışma Roketi Hakkında Genel Bilgiler

	Ölçü
Boy (mm):	1690mm
Çap (mm):	125mm
Roketin Kuru Ağırlığı (g):	15091gr
Yakıt Kütlesi (g):	1774gr
Motorun Kuru Ağırlığı (g):	1584gr
Faydalı Yük Ağırlığı (g):	4300gr
Toplam Kalkış Ağırlığı (g):	18539gr

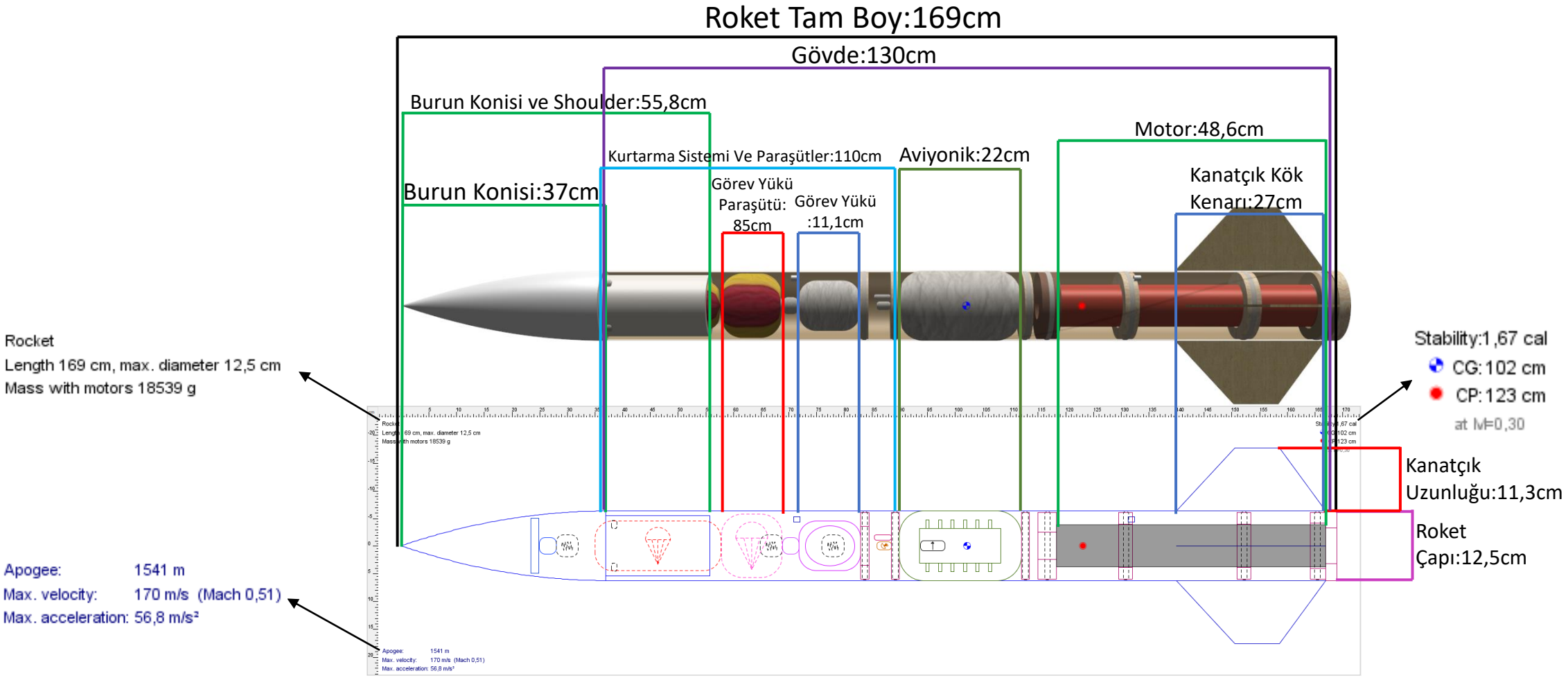
Tahmin Edilen Uçuş Verileri ve Analizleri

	Ölçü
Kalkış İtki/Ağırlık Oranı:	55.23 N/Kg
Rampa Çıkış Hızı (m/s):	24,8 m/s
Stabilite (0.3 Mach için):	1,67 cal
En büyük ivme (g):	5.79 g
En Yüksek Hız (m/s):	170 m/s
En Yüksek Mach Sayısı:	0,51M
Tepe Noktası İrtifası (m):	1535m

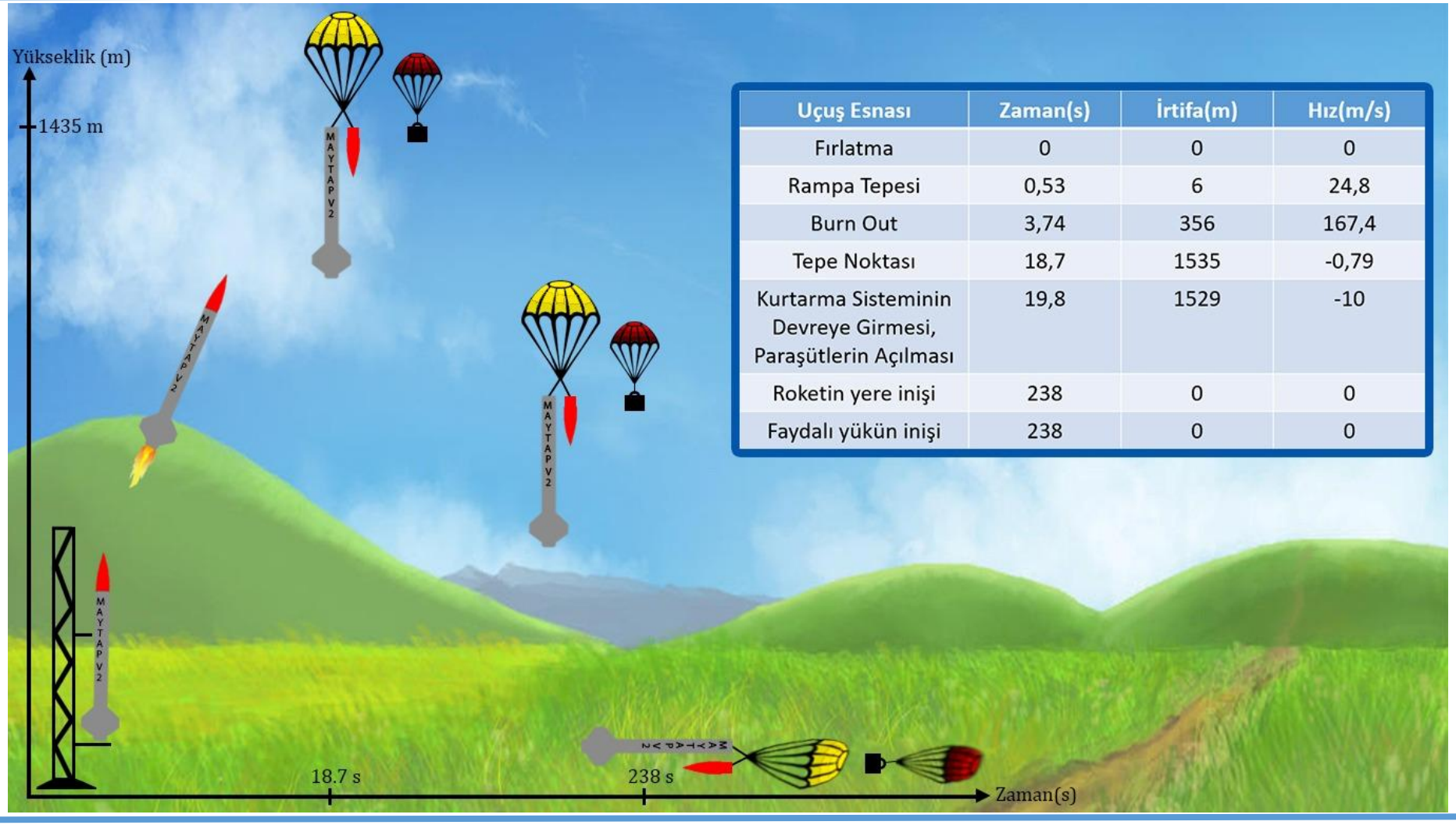
Motor

Cesaroni L1050

Genel Tasarım



Operasyon Konsepti (CONOPS)



Uçuş Esnası	Zaman(s)	İrtifa(m)	Hız(m/s)
Fırlatma	0	0	0
Rampa Tepesi	0,53	6	24,8
Burn Out	3,74	356	167,4
Tepe Noktası	18,7	1535	-0,79
Kurtarma Sisteminin Devreye Girmesi, Paraşütlerin Açılması	19,8	1529	-10
Roketin yere inişi	238	0	0
Faydalı yükün inişi	238	0	0

ÖTR - KTR Değişimler - 1

Değişim Konusu	ÖTR'de hangi sayfada	ÖTR'de içerik neydi	KTR'de içerik ne oldu	KTR'de hangi sayfa
Ana Paraşüt renk değişimi		Turuncu-Siyah	Neon Sarı-Kırmızı	
Kanatçık Geometri Değişimi		Rectengular	Airfoil	

ÖTR - KTR Değişimler - 2

ÖTR’de belirtilmemiş olan bir konu yoktur. Bu sebeple bu sayfayı boş bıraktık.

Kütle Bütçesi

Roket Ürün Ağacı				
Alt Sistem İsmi	**Komponent**	**Kütle (gram)**	**Malzeme**	**Adet**
Burun Konisi	Burun Konisi	1961 g	Fiberglas	1
	Bulkhead	144 g	PLA	1
	Mapa (Burun Konisi - Üst Gövde)	57 g	Çelik Döküm	1
	Şok Kordonu (Burun Konisi - Üst Gövde)	17,6 g	Elastic Cord	1
Gövde	Ana Gövde	2314 g	Fiberglas	1
	Kırılır Pin (Burun Konisi-Gövde)	1 g	PLA	4
	Ana Paraşüt	347 g	Ripstop Nylon	1
	Görev Yükü Paraşütü	164 g	Ripstop Nylon	1

Kütle Bütçesi

Roket Ürün Ağacı				
Alt Sistem İsmi	**Komponent**	**Kütle (gram)**	**Malzeme**	**Adet**
Gövde	Şok Kordonu (Ana Paraşüt – Üst Gövde)	3,96 g	Elastic Cord	1
	Şok Kordonu (Görev Yükü Paraşütü – Görev Yükü)	3,96 g	Elastic Cord	1
	Mapa (Görev Yükü – Görev Yükü Paraşütü)	57 g	Çelik Döküm	1
	Görev Yükü	4300 g	İmalat Çeliği	1
	Görev Yükü Tabanı	295 g	Alüminyum	1
	Barut Yuvası	1,9 g	Alüminyum	1
	Mapa (Üst Gövde - Ana Paraşüt - Burun Konisi)	57 g	Çelik Döküm	1

Kütle Bütçesi

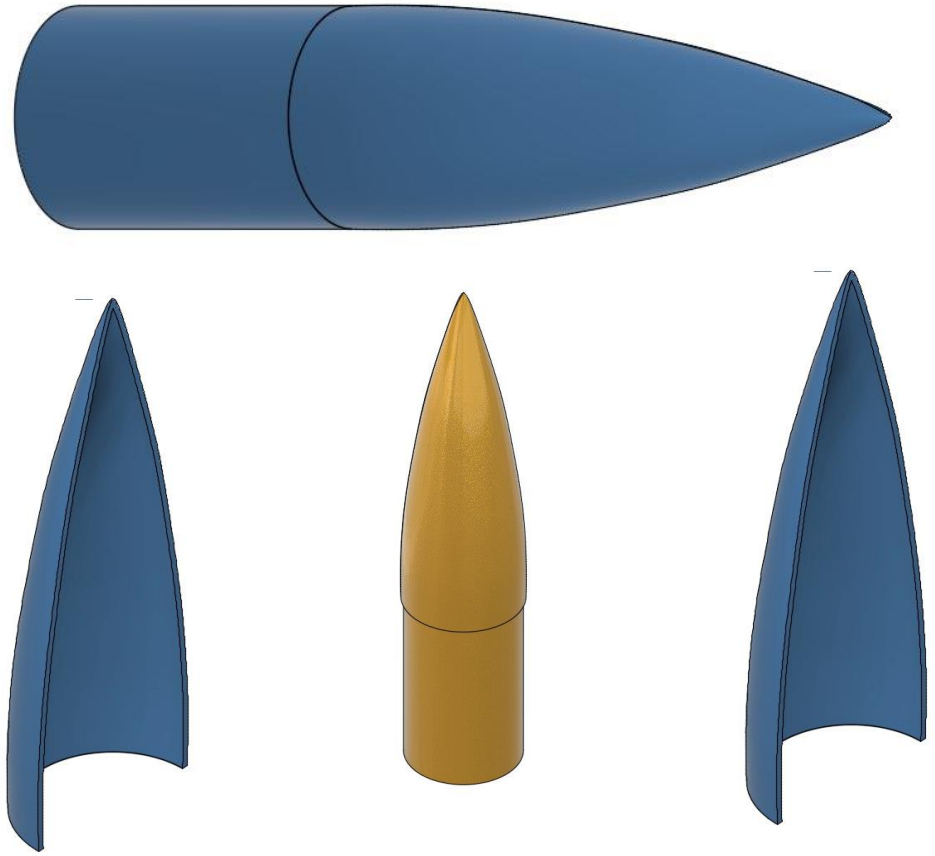
Roket Ürün Ağacı				
Alt Sistem İsmi	**Komponent**	**Kütle (gram)**	**Malzeme**	**Adet**
Gövde	Bulkhead	450 g	Alüminyum	2
	Vida Ağırlıkları	8 g	-	7*4
	Aviyonik (Ana & Yedek)	1000 g	-	1
	AltimeterTwo	10,2g	-	1
	Ray Butonu	0,916 g	Alüminyum	2
	Motor Bloğu	855 g	Alüminyum	1
	Motor Kelepçesi	428 g	Alüminyum	2
	Motor Kapağı Yuvası	474 g	Alüminyum	1
	Motor Kapağı	483 g	Alüminyum	1
	Fin Seti (4)	726 g	Alüminyum	1

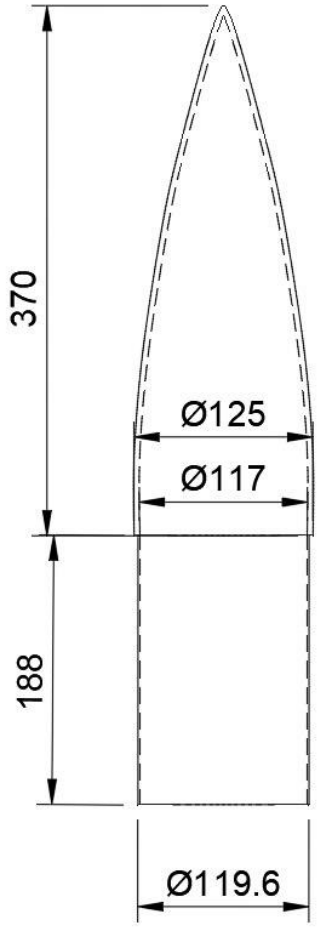
Toplam Kütle = Birim Kütle * Adet
Roketin Toplam Kuru (Motorsuz) Ağırlığı: 15091 gr
Roketin Motorla Beraber Toplam Kalkış Ağırlığı: 18539 gr

Kütle Bütçesi Excel dosyası olarak da eklenmiştir.

Roket Alt Sistem Detayları

Burun Konisi Mekanik Görünüm





Tam Parabol

0 ≤ K’ ≤ 1 için;

$y = R[2(\frac{\pi}{L}) - K'(\frac{\pi}{L})^2 / (2-K')]$

K’ = 1

Burun Konisi – Detay

Malzeme Bilgileri

MALZEME	Yoğunluk(g/cm³)	Çekme Mukavemeti (MPa)	Yüzey Pürüzsüzlüğü	Yüzey İşlenebilirliği	Maliyet	Sinyal Geçirgenliği
Karbonfiber	1.8	747	İyi	Orta	Yüksek	Düşük
Fiberglas (Elle yatırma)	-	310.26	İyi	Orta	Orta	İyi
Alüminyum	2,7	75	Çok İyi	İyi	Düşük	Çok Düşük

Yüksek mukavemet ve ısıl dayanım sunan fiberglas seçeneğinin burun konisinde kullanılmasına karar verilmiştir.

Fiberglas

Avantaj	Dezavantaj
Sinyal geçirgen	Üretimi zahmetli
Düşük özkütle	Delik vb. işlemlerde azami dikkat gerektirmekte
İstenilen burun konisi geometrisine açık	

Üretim Yöntemi

Özellik		Kapsam
Elle Yatırma	:	37cm boyunda olan tam parabolik burun konimiz 3D yazıcıdan hazırladığımız kalıplar vasıtasıyla elle yatırma tekniği ile üretilecektir. İki parça halinde 3D yazıcıdan çıkartılan kalıba elle yatırılan burun konimiz iki yarım noktadan birleştirilerek yapıştırma ve iç yüzeyden cam elyaf kaynak işlemiyle tam geometrisine kavuşacaktır. Omuzluk kısmı sarım yöntemiyle elde edildikten sonra gövdenin 1.5x katı (12x1.5=18.8cm) olarak üretilip burun konisinin iç yüzeyine yapıştırılarak cam elyaf ile reçine kaynak yapılacak ve testlere maruz bırakılacaktır. Yarım Kalıp resimleri Mekanik Görünüm'de verilmiştir.

Burun Konisi – Detay

Drag Characteristics ve Stability Değerleri

Burun Koni Tipi	Pressure C_D	Friction C_D	Base C_D	Toplam Roket C_D	Yükseklik	Stabilite	Max. Hız m/s	İvme m/s
Parabolik	0,01 (4%)	0,23 (61%)	0,13 (35%)	0,38 (100%)	1525	1,61 cal	166	45,9
Konik	0,06 (15%)	0,22 (54%)	0,13 (32%)	0,41 (100%)	1507	1,74 cal	166	46,2
Power Series	0,01 (4%)	0,23 (61%)	0,13 (35%)	0,37 (100%)	1528	1,63 cal	166	45,9
Elipsoid	0,03 (8%)	0,24 (59%)	0,13 (33%)	0,40 (100%)	1491	1,53 cal	164	45,6

Parabolik Burun Konisi

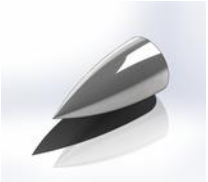
Tam parabolik burun konisi tasarımı roketimiz için en uygun ve sürüklenme yüzdesi en düşük olan tasarımdır.

Parabolik burun konisinin etrafındaki hava akışı, konik burun konisine göre daha stabil olduğu için parabolik burun konisi aerodinamik olarak daha etkilidir.

Sesten yavaş (subsonik) roketlerde bu biçim eliptik ve parabolik şekilde olurken, sesten hızlı (süpersonik) roketlerde bu biçim ojiv ve konik şekil olmaktadır.

0 ≤ K' ≤ 1 için;

$$y = R[2(\frac{\pi}{L}) - K'(\frac{\pi}{L})^2 / (2-K')]$$

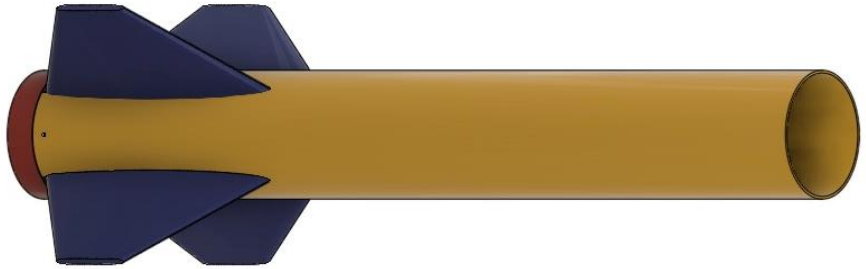


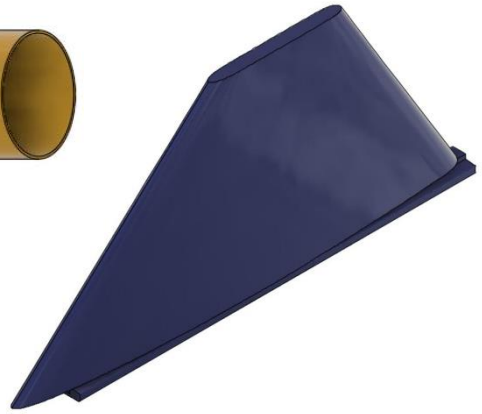
K' = 1

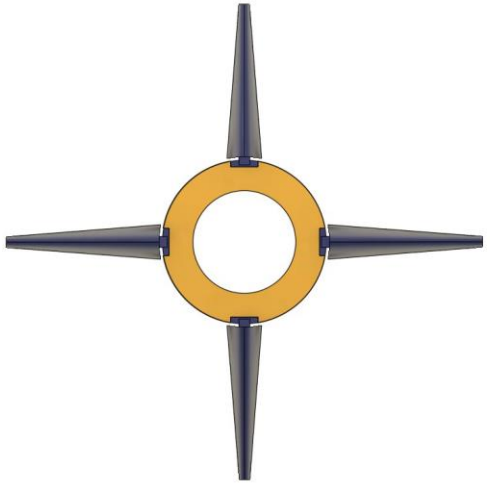
Burun Konisi Tipi	CG	CP	C_{Na}
Parabolik	98,5	119	6,92
Konik	99	121	6,92
Power Series	98,4	119	6,92
Elipsoid	98	117	6,92

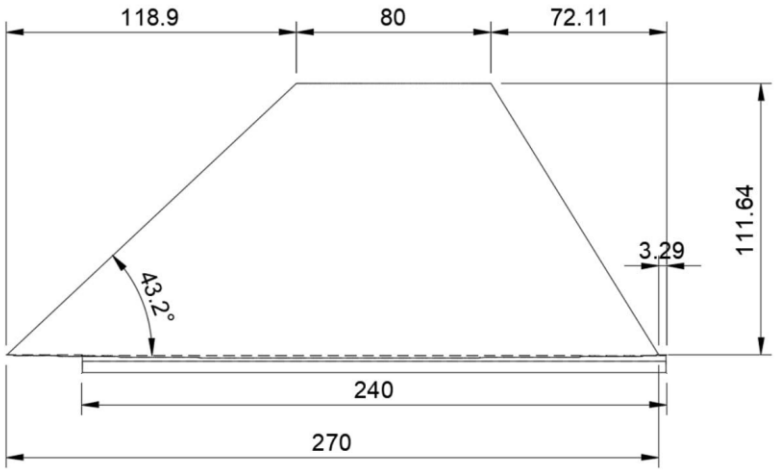
Verilen tablolardaki değerlerden ve özelliklerden yararlanılarak roketimiz için en uygun burun konisinin **tam** parabolik burun konisi olmasına karar verilmiştir. CAD tasarımlarında eğrinin tutarlı bir şekilde çizilebilmesi için kullanılacak olan parametrik denklem yanda verilmiştir. Bu denklem kusursuz bir burun konisi şekli verecektir.

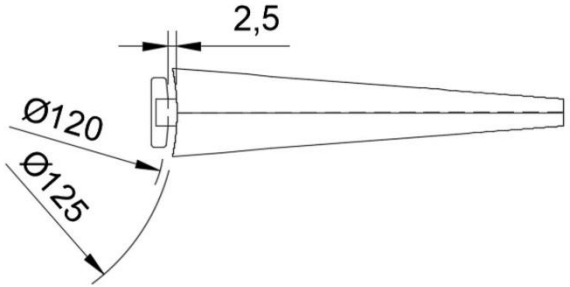
Kanatçık Mekanik Görünüm











Kanatçık – Detay

Özellik		Kapsam
Üretim Yöntemleri (CNC İşleme)	:	4 adet kanatçık görüşerek randevu aldığımız Aluextool firmasında 10 mm kalınlığında 7000 serisi Alüminyum plakadan CNC tezgah vasıtasıyla üretilecektir. CNC işleme yönteminin kullanılmasının nedeni ise kalıp üzerine basma işleminin maliyetinin külfetli olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca CNC ile yüksek hassasiyetli üretim yapılabilmekte, bu sayede istediğimiz ölçüleri elde edebilmekteyiz.

Malzeme Bilgileri:

MALZEME	Yoğunluk(g/cm³)	Çekme Mukavemeti (MPa)	Tokluk	Yüzey İşlenebilirliği
Karbon fiber	1.8	747	İyi	Orta
ABS	1.04	64	İyi	İyi
Alüminyum (6063)	2,7	75	İyi	İyi

Alüminyum:

Avantaj	Dezavantaj
Maliyet uygun	Ağırlığı fazla.
Kolay işleme tekniği (CNC)	Tasarım çeşitliliği kısıtlı.
	İstenilen ölçülerde bulunamayabilir.

ABS + Karbonfiber Kaplama:

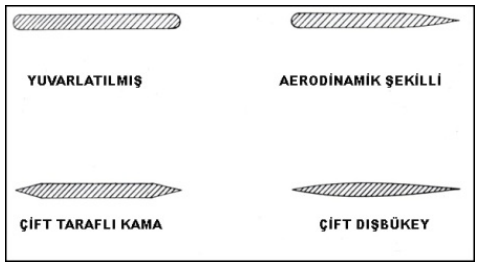
Avantaj	Dezavantaj
Hafif.	Maliyet külfetli.
Pürüzsüz yüzey .	Ağırlık hafif

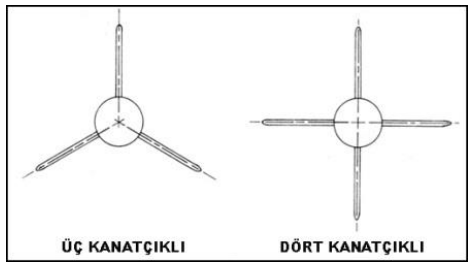
Kanatçık tasarımında aerodinamik şekilli 4 kanatçık kullanılacaktır.
Kanatçığın şekli, sayısı ve boyutu roketimizin yükseklik ve aerodinamik koşulları göz önünde bulundurularak OpenRocket uygulaması üzerinde karar verilmiştir.

Kanatçık – Detay

Kanatçık Profilleri:

Dikdörtgen(Rectangular) Profil	Profil İmal edilmesi oldukça kolaydır. Benzer kalınlık oranlarına sahip kanat profilleri içinde yüksek sürtünme katsayısına sahiptir
Yuvarlatılmış(Rounded) Profil	İmal edilmesi dikdörtgen profile göre zordur. Aerodinamik performans olarak stabil bir performans sergiler.
Kanat (Airfoil) Profil	Profil Ses altı hızlar için en uygun seçenekler arasındadır. Roketler için simetrik bir kesit olmalıdır.
Karma(Wedge) Profil	Daha çok süpersonik hızlar için tercih edilmektedir.

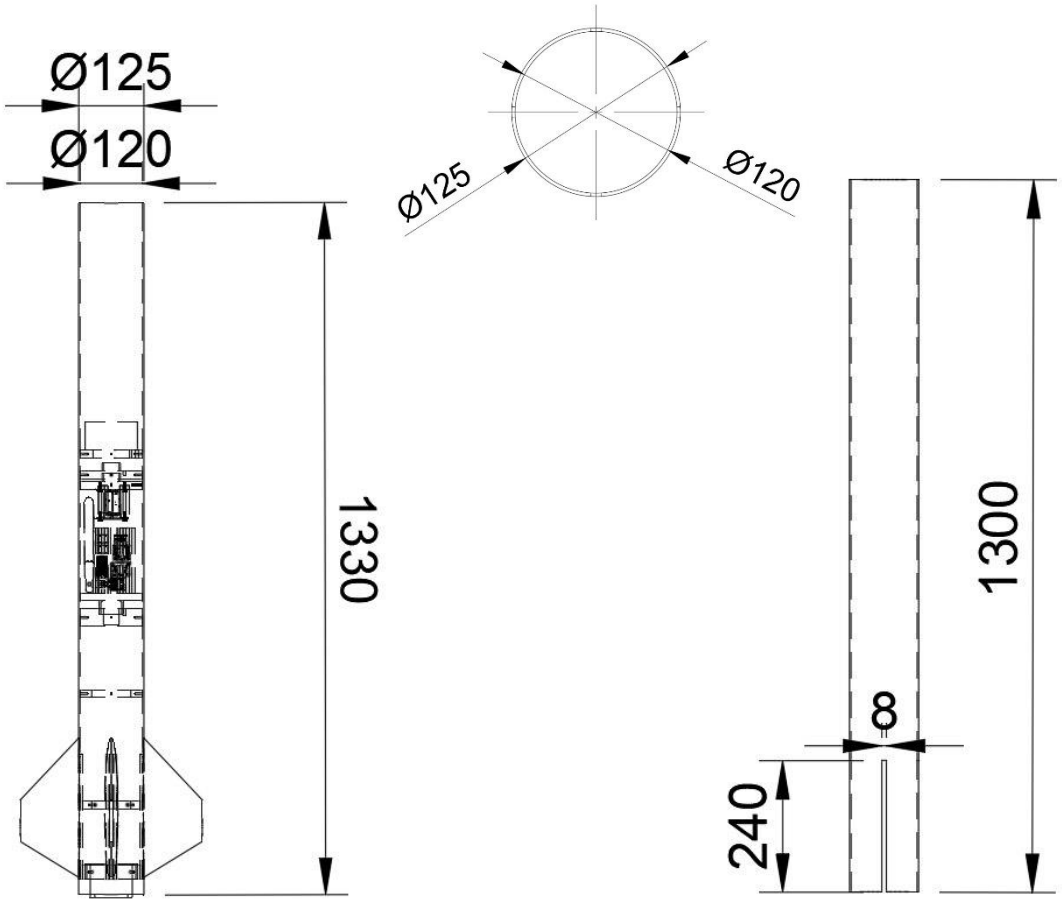




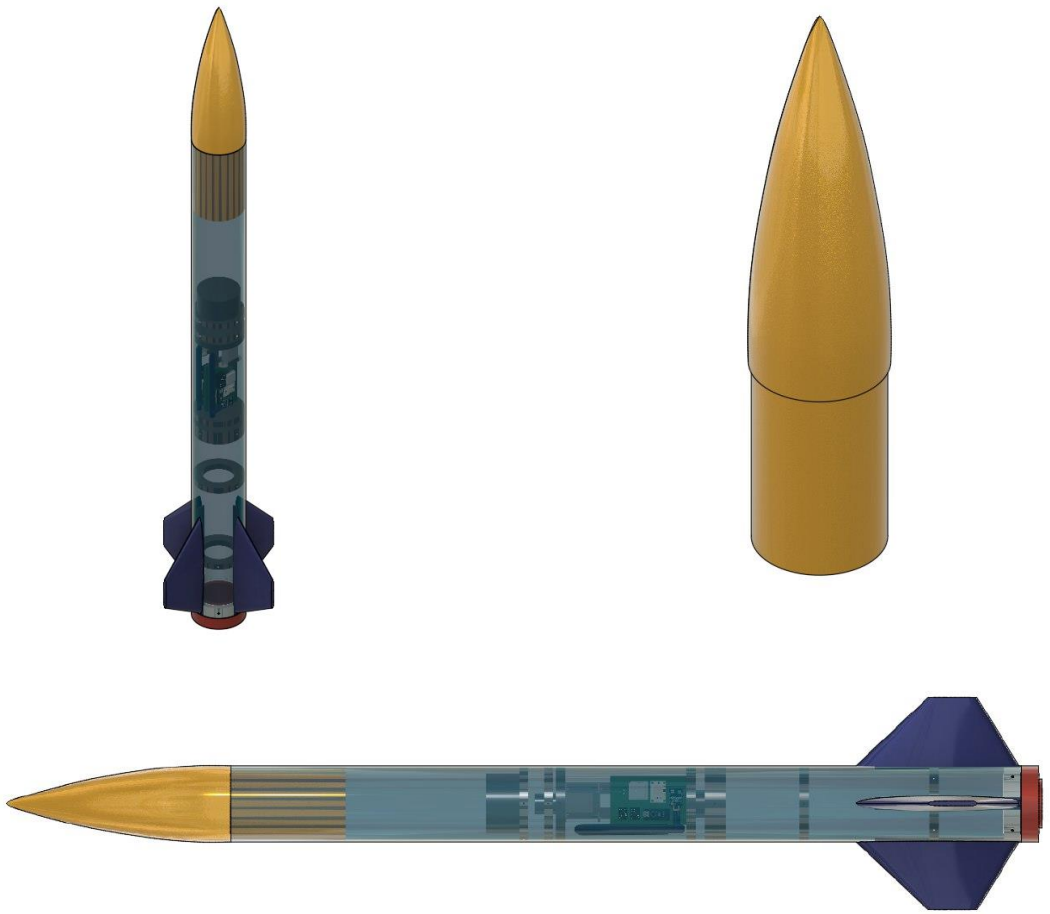
Sistem dört adet kanatçıktan motor kelepçesi ve motor kapağından oluşmaktadır. Kanatçıklar belirlenen yere merkezleme halkası ve motor kapağı yuvasına entegre edilerek gövdeye sürülür. Merkezleme halkası ve motor kapağı yuvası çevresel olarak 4 adet M4 vida ile sabitlenir ve motor kapağı kapatılır. Bu sayede 3 farklı destek bloğu ile kanatçıklar desteklenmiş olur.

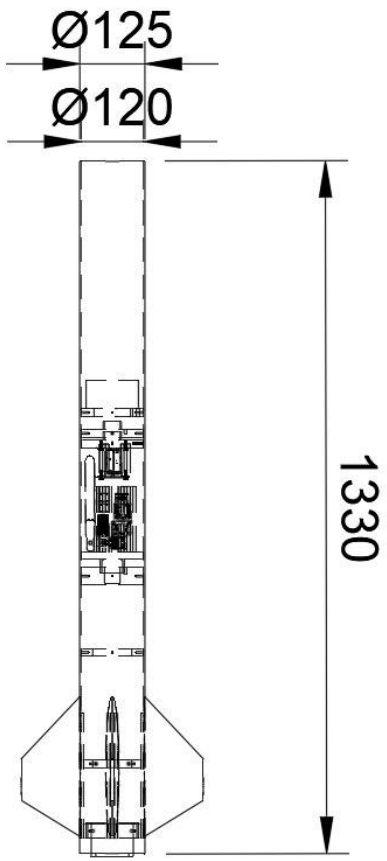
Yan tarafta verilen tablodan destek alınarak kanatçık profilimiz airfoil profil olarak belirlenmiştir. Tabloya baktığımızda karma profil süpersonik hızlar için kullanılmaktadır, dikdörtgen profilin ise sürtünme kat sayısı çok yüksek olduğu için roketimize negatif etki etmektedir. Yuvarlatılmış ve airfoil karşılaştırdığımızda hem roketimizle daha uyumlu olan hem de üretimi daha rahat olan airfoil profil seçilmiştir. Alternatif durumlarda kanatçık dikdörtgen profil olarak üretilecektir.

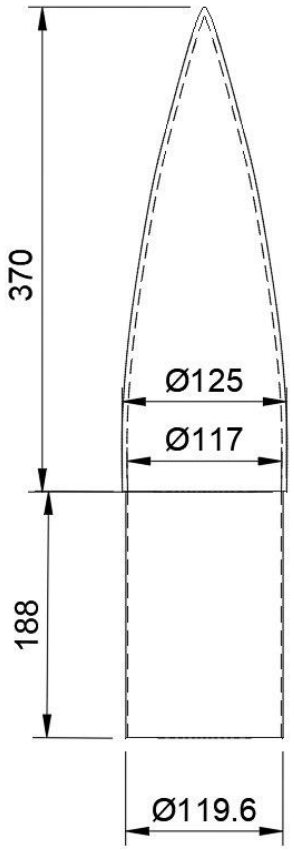
Gövde Parçaları & Gövde Montaj Parçaları (YAPISAL) Mekanik Görünüm



Gövde Parçaları & Gövde Montaj Parçaları (YAPISAL) Mekanik Görünüm







Yapısal – Gövde Parçaları

Malzeme Bilgileri

MALZEME	Yoğunluk(g/cm³)	Çekme Mukavemeti (MPa)	Tokluk	Yüzey İşlenebilirliği	Maliyet	Sinyal Geçirgenliği
Karbonfiber	1.8	747	İyi	Orta	Yüksek	Düşük
Fiberglas (Elle yatırma)	-	310.26	İyi	Orta	Orta	İyi
Alüminyum	2,7	75	İyi	İyi	Düşük	Çok Düşük

- Gövdemizde kullanılması adına 3 adet malzeme ekibimiz tarafından detaylıca incelenmiş ve bu malzemeler arasından Fiberglasın kullanılmasına karar verilmiştir. Çekme mukavemet testlerinde de yeterli düzeyde bir sonuç veren fiberglas diğer seçeneklere nazaran roket gövdesinde kullanım için daha uygundur.

Fiberglas

Avantaj	Dezavantaj
Sinyal geçirgen	Üretimi zahmetli
Düşük özkütle	Delik vb. işlemlerde azami dikkat gerektirmekte
İstenilen özelleştirmelere açık	

- 2021 yılında ekibimizin atış alanında alüminyum gövde ile elde ettiği tecrübelere dayanarak sinyal soğurgan bir gövde kullanımından kaçınmak istedik. Sinyal geçirgen, düşük yoğunluğa sahip olan ve yüksek mukavemet sunan bir malzeme olarak fiberglasa karar kıldık. Bu tecrübelerimizin devamı olarak roket gövdesi üzerinde herhangi bir çıkıntı oluşturmadık.

Yapısal – Gövde Parçaları

Üretim Yöntemleri

Özellik		Kapsam
Elle Yatırma	:	130 cm uzunluğunda 125 mm çapındaki gövdemiz belirlenen ebatlarda rahatlıkla üretim yapılabilmesi adına elle yatırma tekniğiyle imal edilecektir. Bu ölçülerde alınan boru kalıp olarak kullanılacak ve bu sayede borunun etrafına cam elyafımız serilerek hazırlanan reçinenin emdirilmesi sağlanacaktır. Cam elyaflar reçine ve tutkallar sayesinde birbirlerine tutunarak yüksek mukavemet sunacaklardır.
Püskürtme-Filament Sarım	:	Daha yüksek maliyetli olan bu yöntemlerde cam elyaf(fiberglass) önceden çıkartılmış bir kalıp üzerine sarılarak veya püskürtülerek uygulanır. Bu yöntemlerde herhangi bir bölgeye ekstra mukavemet kazandıramaz, üretim süresini bekleyemeyiz. Bu nedenlerden ötürü elle yatırma yöntemi tercih edilmiştir. Alternatif olarak filament sarımı düşünülmektedir.

Filament Sarım

Avantaj	Dezavantaj
Homojenize dağılım	Üretimi zahmetli
	Çok yüksek düzeyde maliyetli

Elle Yatırma

Avantaj	Dezavantaj
Tasarım Esnekliği	Üretimi zahmetli
İstenilen bölgede istenilen oranda mukavemet arttırımı	Orta düzeyde maliyetli
Boyutsal kısıtlama olmaması	

Yapısal – Gövde/Gövde İçi Yapısal Destekler (Entegrasyon Gövdeleri vb.)

Özellik		Kapsam
Torna Tezgah	:	Toplamda roketimiz üzerinde bulunan 6 adet iç yapısal destek, satın aldığımız 6063 Alüminyum (ekstrüzyon pres) biyetten torna tezgahta imal edilmektedir. Parçaların tümünün dairesel tasarım öğeleri barındırmasından ötürü torna tezgahta işleme yapılması kolaydır.
CNC işleme	:	Ciddi anlamda ekstra maliyet barındıran bu yöntemi yalnızca 2 yapısal desteğimizde kullanıyoruz. Motor Kapağı ve Motor Kapağı yuvası parçaları geçtiğimiz haftalarda CNC ile üretilmiştir.

Malzeme Bilgileri:

MALZEME	Yoğunluk(g/cm^3)	Çekme Mukavemeti (MPa)	Tokluk	Yüzey İşlenebilirliği
PlyWood	0.4	65	Zayıf	Zayıf
Alüminyum	2,7	75	İyi	İyi

Alüminyum:

Avantaj	Dezavantaj
Yüksek mukavemet	Orta düzeyde maliyet
Kolay işleme tekniği (Torna)	Parçaların tornada işlenirken azami dikkat gerektirmesi
Roket gövdesinde birden fazla noktada destek oluşturması	

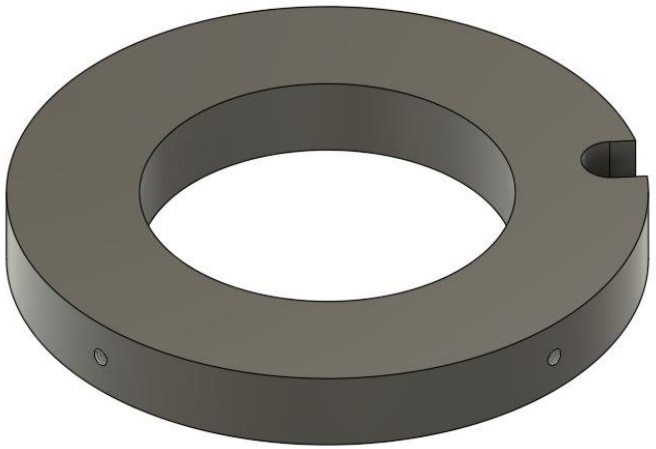
Plywood-Balsa:

Avantaj	Dezavantaj
Düşük Maliyet	Aşırı Mukavemetsiz
Kolay elde edilebilme	Özkütlesi düşük

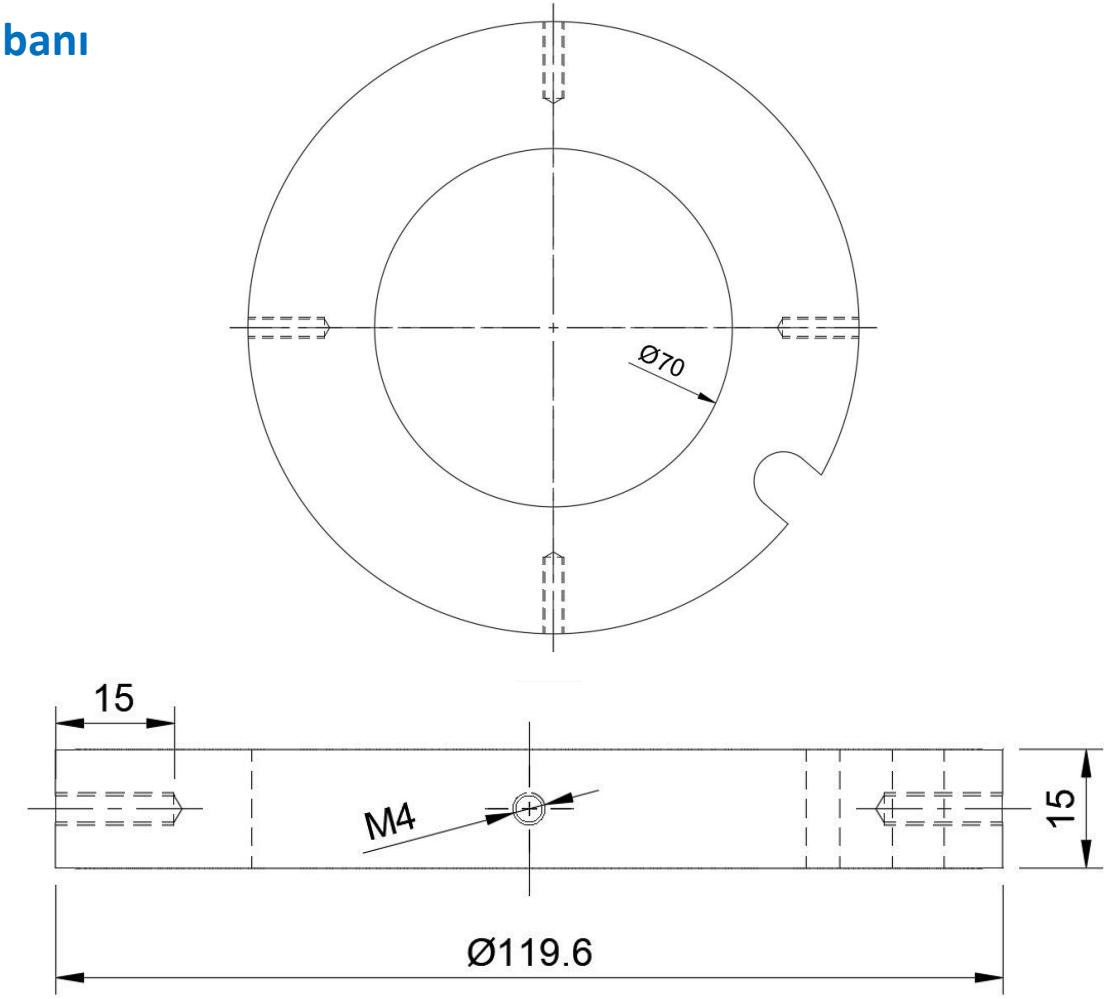
İç Yapısalların tümünde 100 ton basınç testini yaptığımız alüminyum kullanılmaktadır. İç Yapısallardan hiçbiri uçuş boyunca gövdeden ayrılmayacaktır.
Lise kategorisinde tek ayrılma gerçekleştiği için roketimiz tek gövdeden oluşmaktadır. Entegrasyon Gövdesi kullanılmamaktadır.

Yapısal – Gövde/Gövde İçi Yapısal Destekler (Entegrasyon Gövdeleri vb.)

Faydalı Yük Tabanı CAD Görüntüsü



Faydalı Yük Tabanı

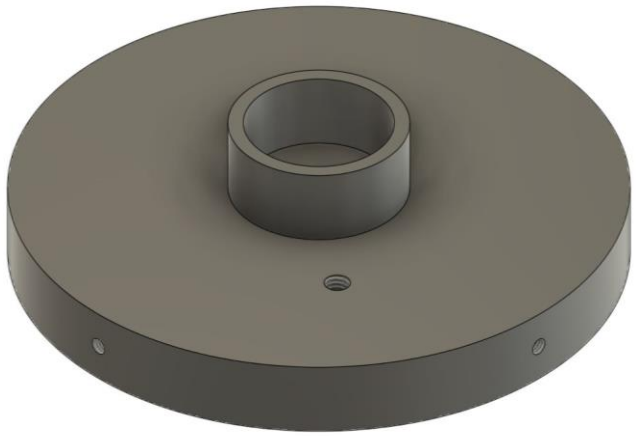


Değerler mm cinsindendir.

- Faydalı Yük Tabanı gövdenin üst kısmından 47.5cm alt kısmında, kurtarma sistem bloğunun üstünde kalacak şekilde 4 adet M4x15 havşa başlı vida ile entegre edilmektedir.
- 6063 Alüminyumdan Torna Tezgah ile elde edilmektedir.

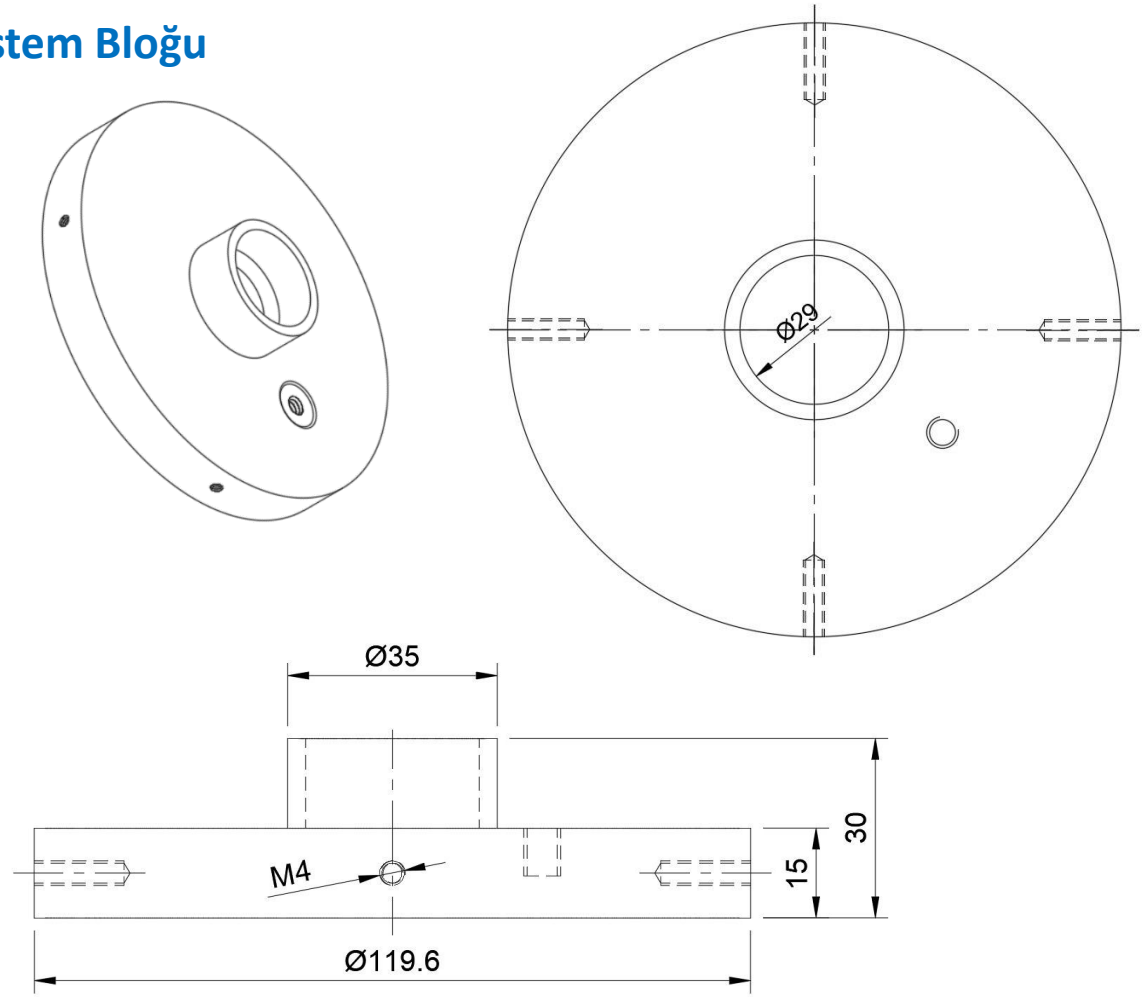
Yapısal – Gövde/Gövde İçi Yapısal Destekler (Entegrasyon Gövdeleri vb.)

Kurtarma Sistem Bloğu CAD Görüntüsü



- Kurtarma Sistem Bloğu gövdenin üst kısmından 53cm alt kısmında 4 adet M4x15 havşa başlı vida ile gövdeye entegre edilmektedir. Kurtarma sistemini çalıştırmasının yanı sıra aviyonik kısmını da dış etkenlerden korumaktadır.
- 6063 Alüminyumdan Torna Tezgah ile elde edilmiştir. Üretilmiş görüntüler ilgili sayfada verilmiştir

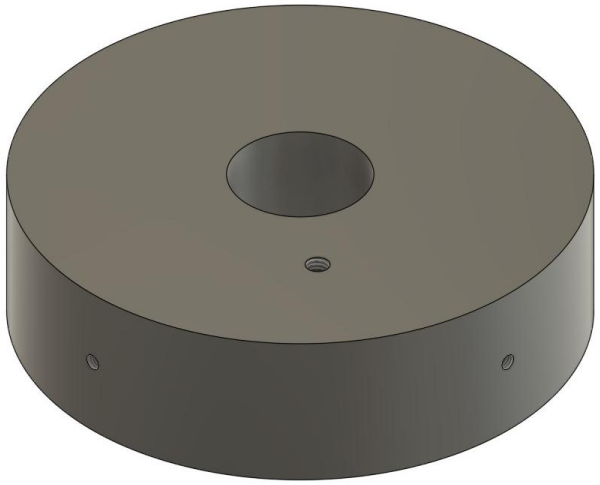
Kurtarma Sistem Bloğu



Değerler mm cinsindendir.

Yapısal – Gövde/Gövde İçi Yapısal Destekler (Entegrasyon Gövdeleri vb.)

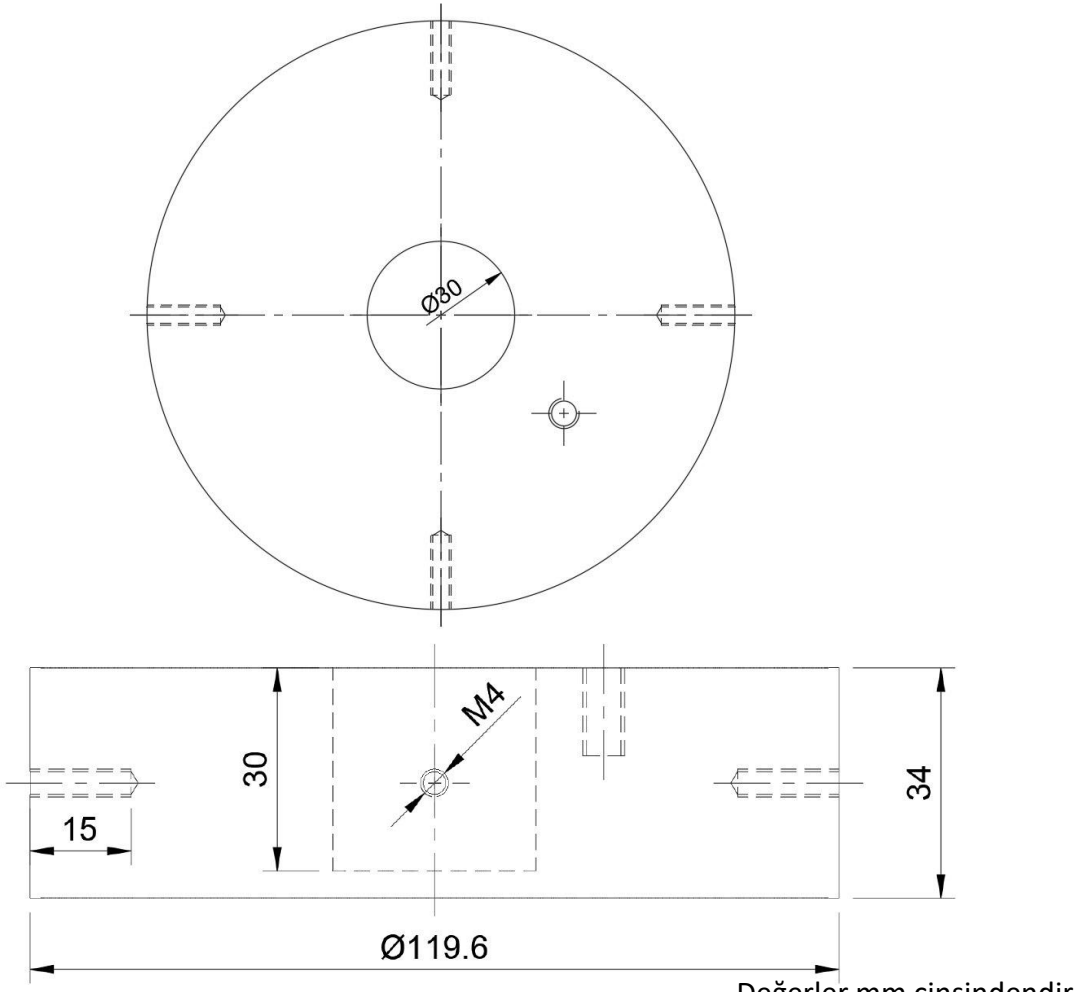
Motor Bloğu Görüntüsü



- Motor Bloğu gövdenin üst kısmından 81,4cm alt kısmında 4 adet M4x15 havşa başlı vida ile gövdeye entegre edilmektedir. Motorun roketin aviyonik vb. sistemlere olumsuz etkilerini önlemektedir.

- 6063 Alüminyumdan Torna Tezgah ile elde edilecektir.

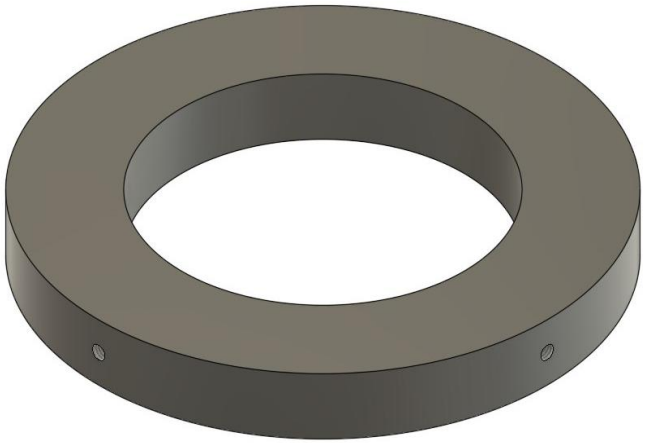
Motor Bloğu



Değerler mm cinsindendir.

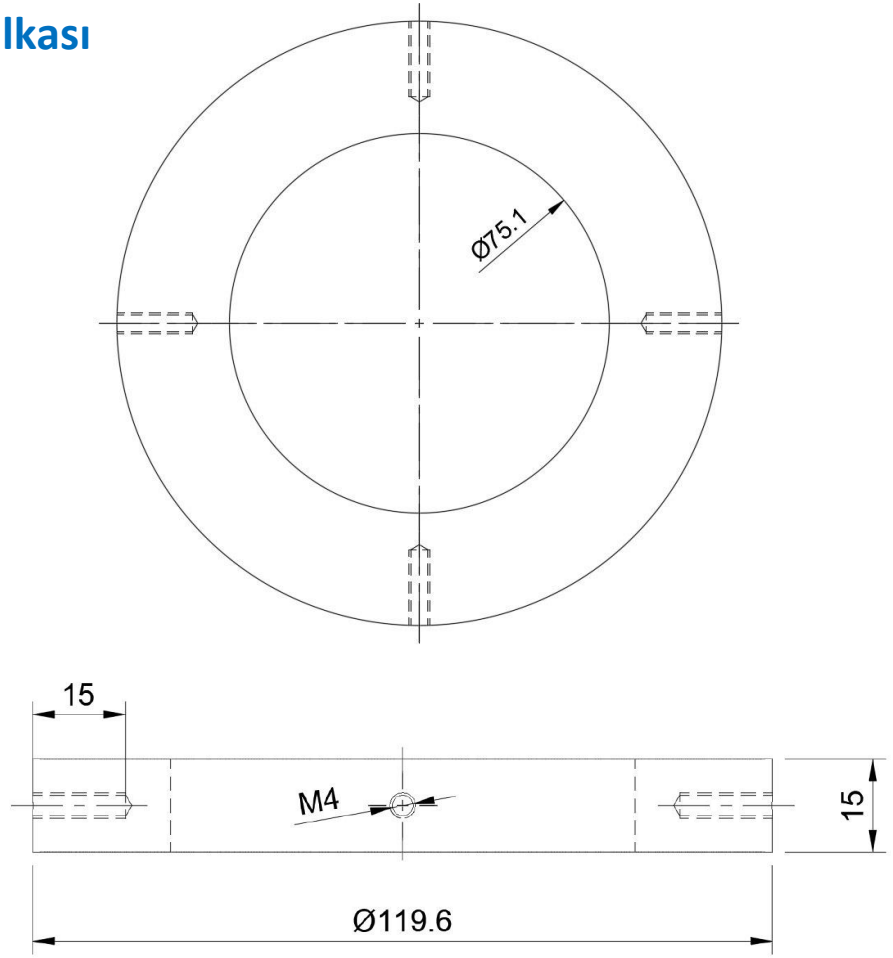
Yapısal – Gövde/Gövde İçi Yapısal Destekler (Entegrasyon Gövdeleri vb.)

Üst Merkezleme Halkası CAD Görüntüsü



- Üst merkezleme halkası gövdenin üst kısmından ölçüldüğünde 95,1cm alt kısımda 4 adet M4x15 havşa başlı vida ile gövdeye entegre edilmektedir.
- 6063 Alüminyumdan Torna Tezgah ile elde edilecektir.

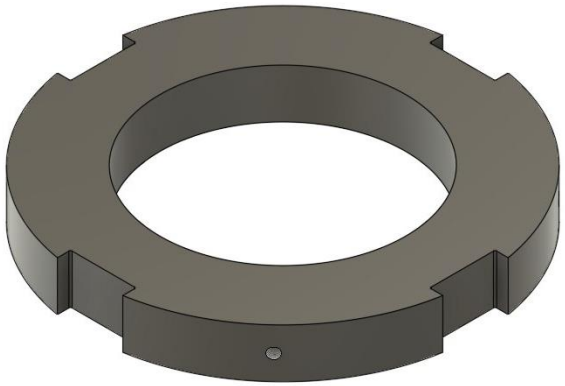
Üst Merkezleme Halkası



Değerler mm cinsindendir.

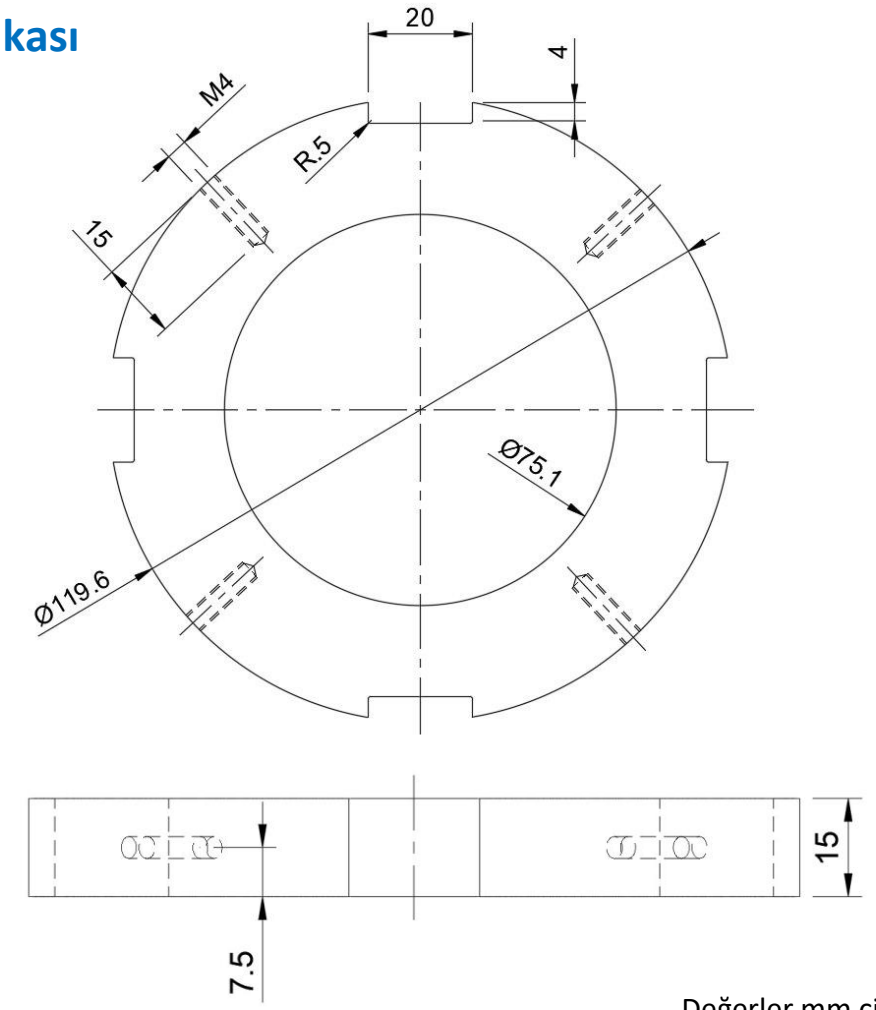
Yapısal – Gövde/Gövde İçi Yapısal Destekler (Entegrasyon Gövdeleri vb.)

Alt Merkezleme Halkası CAD Görüntüsü



- Alt merkezleme halkası gövdenin üst kısmından ölçüldüğünde 116.5cm alt kısımda 4 adet M4x15 havşa başlı vida ile gövdeye entegre edilmektedir. Görülen oluklar kanatçıkların alt merkezleme halkası ve motor kapağı yuvasına tutunmasını sağlamak maksadıyla açılacaktır.
- 6063 Alüminyumdan CNC işleme ile elde edilecektir.

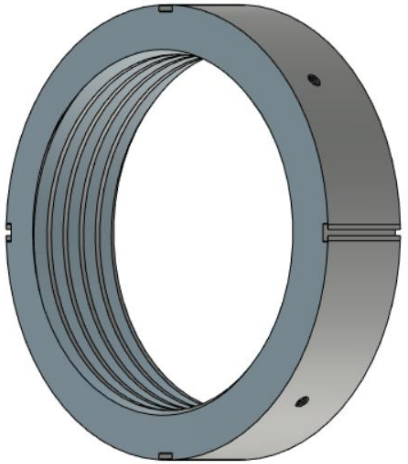
Alt Merkezleme Halkası



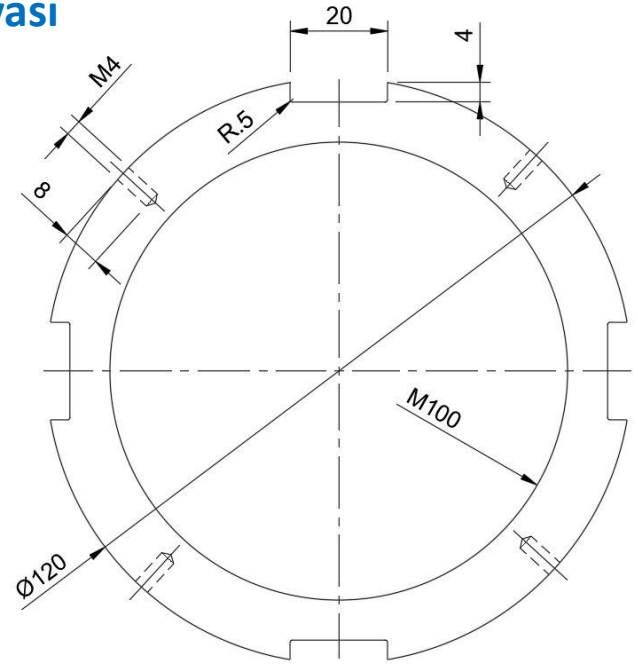
Değerler mm cinsindendir.

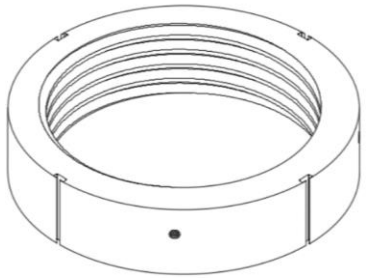
Yapısal – Gövde/Gövde İçi Yapısal Destekler (Entegrasyon Gövdeleri vb.)

Motor Kapağı Yuvası Görüntüsü

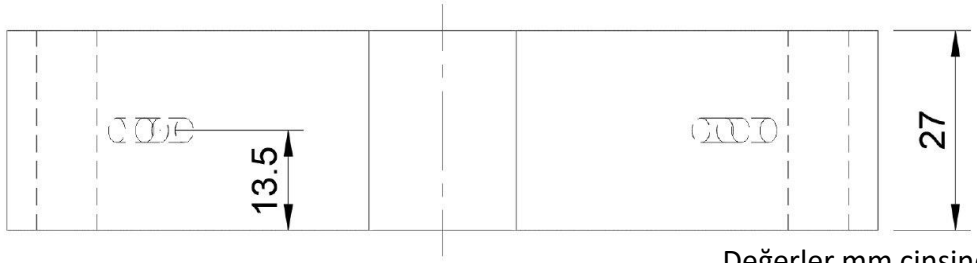


Motor Kapağı Yuvası





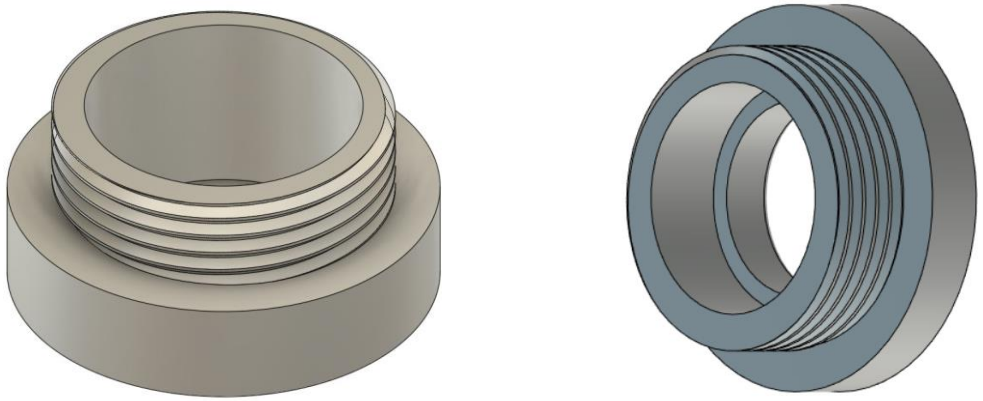
- Motor Kapağı Yuvası gövdenin üst kısmından 130cm alt kısmında 4 adet M4x15 havşa başlı vida ile gövdeye entegre edilmektedir. Motorun rokete entegresini sağlayan motor kapağının dişi yivli yuvasıdır.
- 6063 Alüminyumdan CNC işleme ile elde edilmiştir. Üretilmiş parça görüntüleri ilgili sayfada paylaşılmıştır.



Değerler mm cinsindendir.

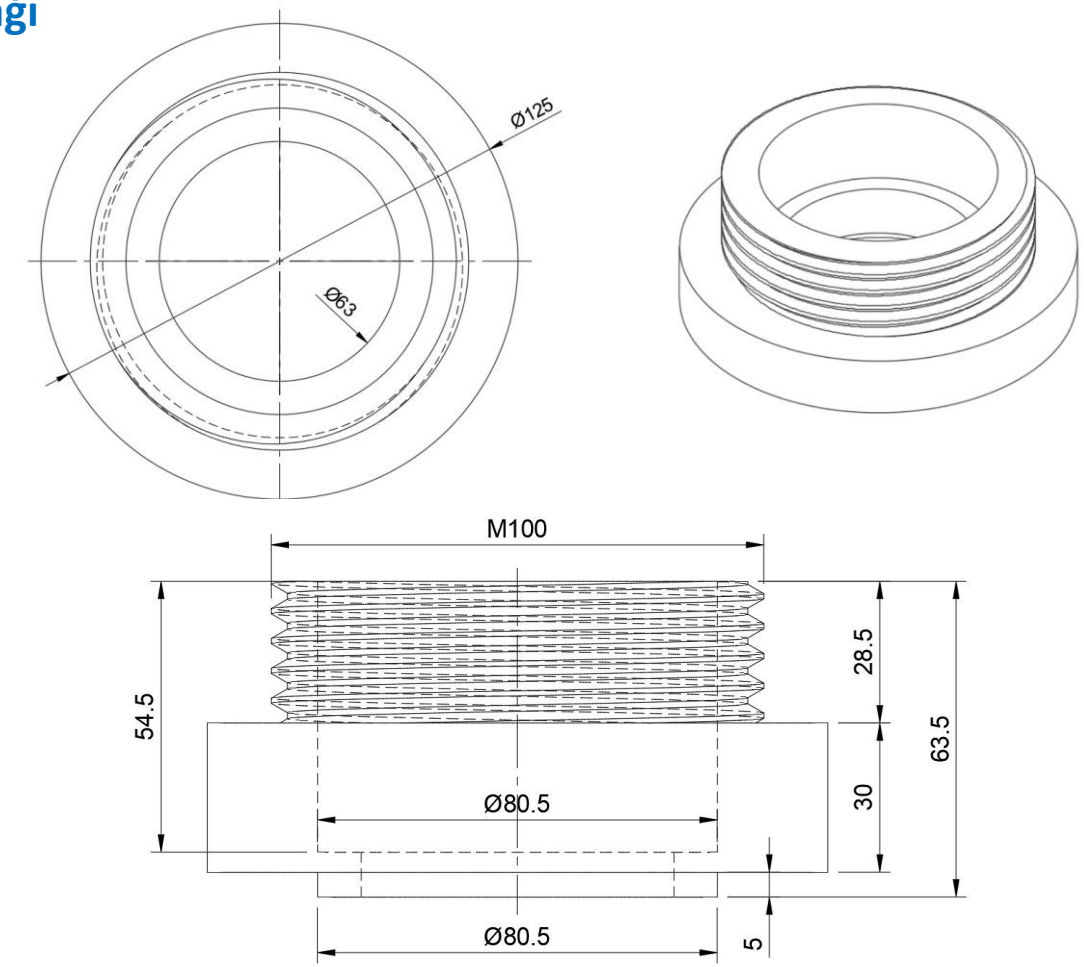
Yapısal – Gövde/Gövde İçi Yapısal Destekler (Entegrasyon Gövdeleri vb.)

Motor Kapağı Görüntüsü



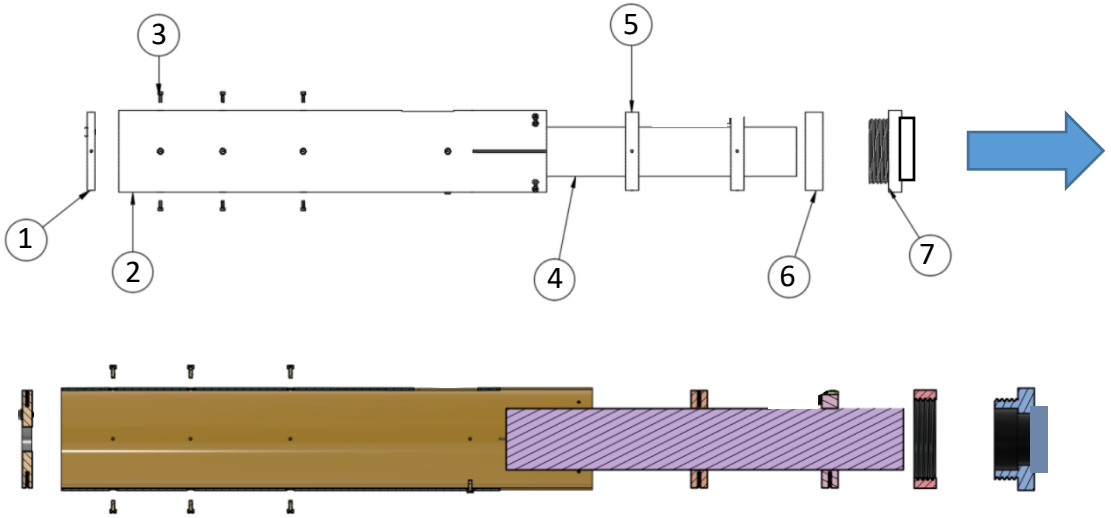
- Motor Kapağı gövdenin bitim noktasından başlayarak yivli şekilde motor yuvasını kapatır. Bu sayede hem kanatçıların hem de motorun roketten istemsiz ayrılmaları engellenmiş olur.
- 6063 Alüminyumdan CNC işleme ile elde edilmiştir. Üretilmiş parça görüntüleri ilgili sayfada paylaşılmıştır.

Motor Kapağı



Değerler mm cinsindendir.

Motor Bölümü Mekanik Görünüm & Detay



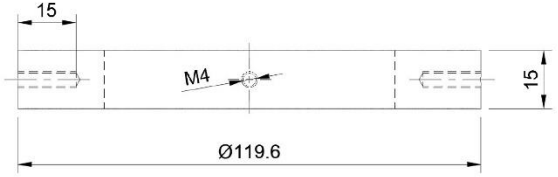
1	**Motor Bloğu**	**Alüminyum**	**5**	**Üst Motor Merkezleme Halkası**	**Alüminyum**
2	Gövde	Fiberglas	**6**	Motor Kapak Yuvası	Alüminyum
3	M4 Vida (Merkezleme Halkaları için)	Çelik	**7**	Motor Kapağı	Alüminyum
4	Motor	L1051			

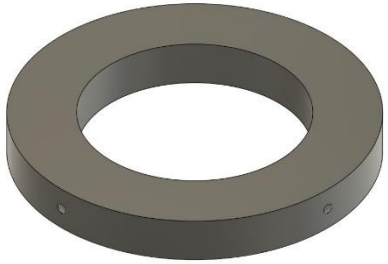
Şekilde de görüldüğü üzere motor merkezleme halkasına oturtulduktan sonra gövdeye sürülecektir. Merkezleme halkaları dışarıdan vidalar ile sabitlenecektir. (Dışarıdan takılacak olan vidalar kesinlikle motor ile bir temasta bulunmayacak, alüminyum halkalara takılacaktır.) Böylece motorun sarsılması gibi bir durum olmayacaktır. Motor içeri sürülüp merkezleme halkaları ile bağlandıktan sonra motor bloğuna hali hazırda bulunan, dişi yuva erkek mapa yardımıyla sabitlenecektir. Son olarak motorun ucu kendisinin geçemeyeceği çapta bir kapak ile kapatılacaktır. Kapak ve takılacağı bölüm kılavuzludur. Döndürülerek takılacaktır. Ana sistem olarak klasik merkezleme kullanılacaktır. Merkezleme halkaları üzerinde açılacak olan vida delikleri CNC makineler yardımıyla lazer kesim yapılarak açılacaktır. Görüldüğü üzre motorun montajı son olarak yapılmaktadır.

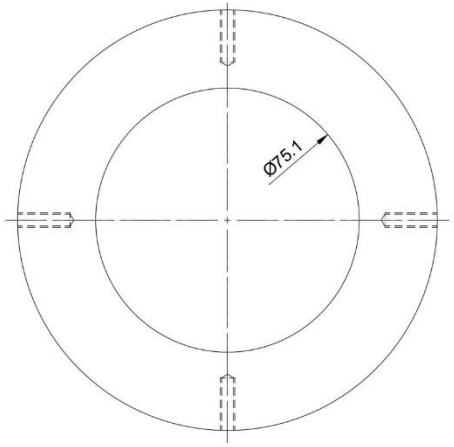
Motor Bölümü Mekanik Görünüm & Detay

Merkezleme Halkası

- 6063 Alüminyumdan imal edilmiştir. Amacı motorun sarsılmasını engellemek ve motoru sabit tutmaktır. Üretimi yapılmıştır.
- Yüksek mukavemet sunmakta, gövdeyi desteklemektedir.

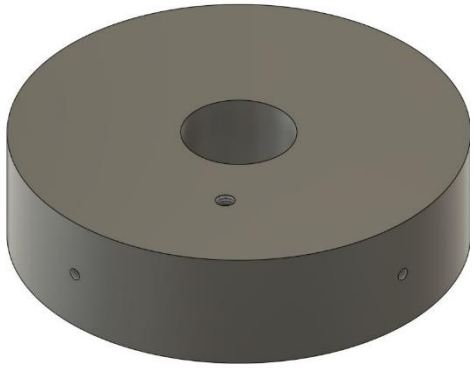


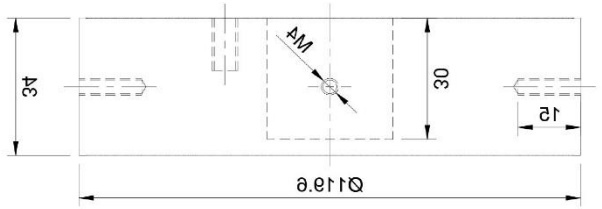


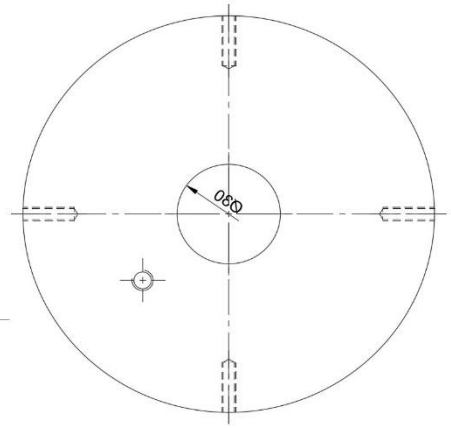


Motor Bloğu

- 6063 Alüminyumdan imal edilecektir. Amacı motorun yukarı yönlü gövde içi hareketini engellemek ve motoru sabit tutmaktır. Üretimi yapılacaktır.
- Yüksek mukavemet sunmakta, gövdeyi desteklemektedir.





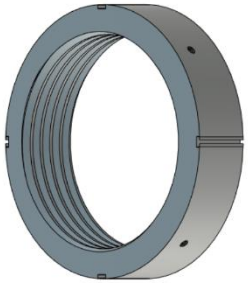


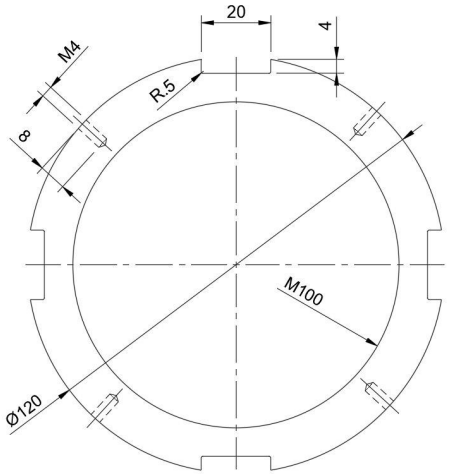
Değerler mm cinsindendir.

Motor Bölümü Mekanik Görünüm & Detay

Motor Kapağı Yuvası

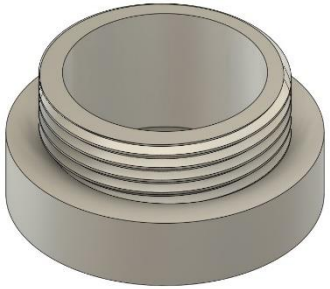
- 6063 Alüminyumdan imal edilmiştir. Amacı yan tarafta görülen oluklar sayesinde kanatçıkları sabit tutmak ve motorun çıkışını engelleyen motor kapağını tutmaktır. Dişi parçadır, kılavuzludur. Üretimi yapılmıştır.

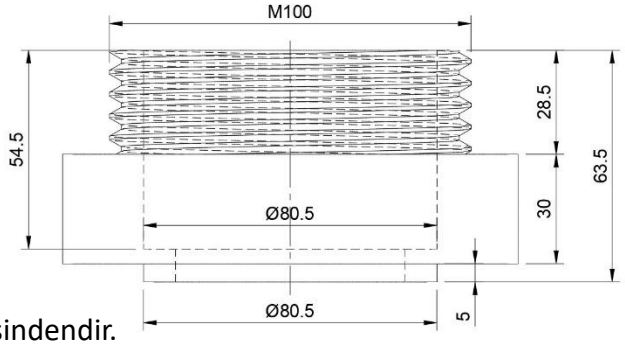




Motor Kapağı

- 6063 Alüminyumdan imal edilmiştir. Amacı motoru ve kanatçıkları kilitleyerek parçaların gövde dışına çıkışını engellemektir. Erkek parçadır, kılavuzludur. Üretimi yapılmıştır.

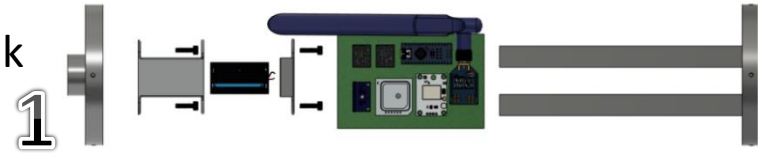




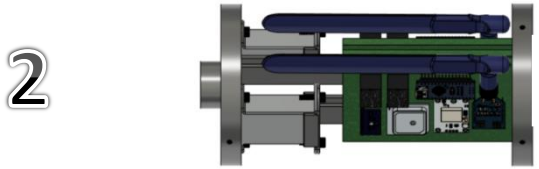
Değerler mm cinsindendir.

Roket Montaj Stratejisi

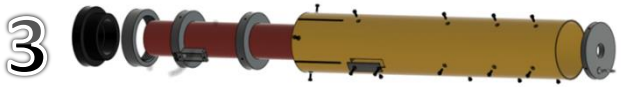
1) Kurtarma sistemi, aviyonik bloğu ve alt bulkhead trapez miller vasıtasıyla tek bir blok haline getirilir.



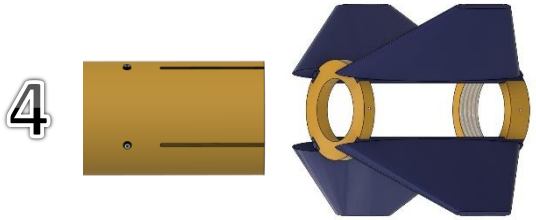
2) Bu işlemin ardından kurtarma-aviyonik bloğu gövdenin üst kısmından gövde içerisine sürülerek 4'er adet M4 havşa baş vida vasıtasıyla bütünleştirilir(4 adet Kurtarma Sistemine, 4 adet de Bulkhead'e).



3) Gövdenin alt kısmından Motor Bloğu ve Üst Merkezleme Halkası takılarak 4'er adet M4 havşa başlı vida ile gövdeye bütünleştirilir.



4) Kanatçıklar Alt Merkezleme Halkası ve Motor Kapağı yuvasına sürülerek kilitlenir ve bu blok da gövdeye alt kısmından sürülür, 4'er adet M4 havşa başlı vida ile bloklar sabitlenir.



Roket Montaj Stratejisi

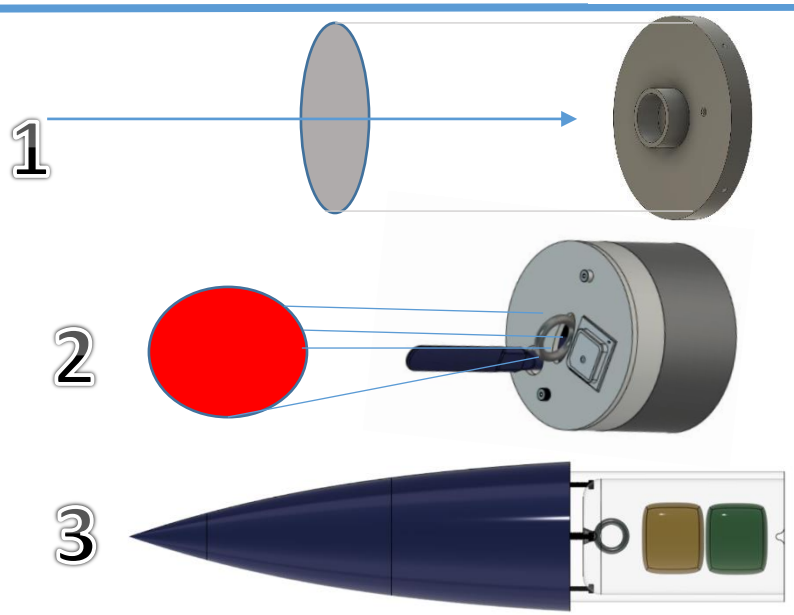
1) Roket dik konuma getirilir, Piroteknik Dolum Borumuz(Plastik-Yalıtkan) sayesinde piroteknik malzeme konularak kapama bantı yapıştırılır. Barutun dökülmesi engellenir.

2) Görev Yükü gövde içerisine konulur. Paraşütü ile gövdeye konumlandırılır. Paraşüt bağlantıları yapılır.

3) Burun Konisi içerisine Ana Paraşüt konulur ve bağlantıları yapılır. Burun Konisi üst kısımdan gövdeye entegre edilir. Kırılır pinleri takılır.

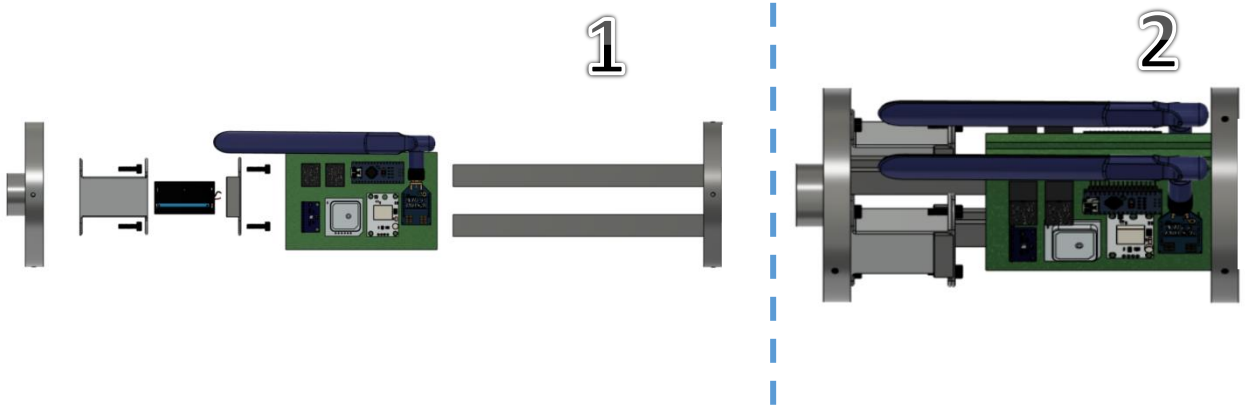
4) Motor işlemleri Motor Bölümü kısmında verilmiştir*

5) Montaj günü kaptanımız tarafından teslim alınarak şarj edilmiş olan Altimeter Two cihazı uçuş günü gövde üzerinde aviyonik case'i hizasına denk gelen Altimeter Kutusuna konularak aktifleştirilir ve kapağı kapatılarak görevli üyeler yer istasyonuna geçer.



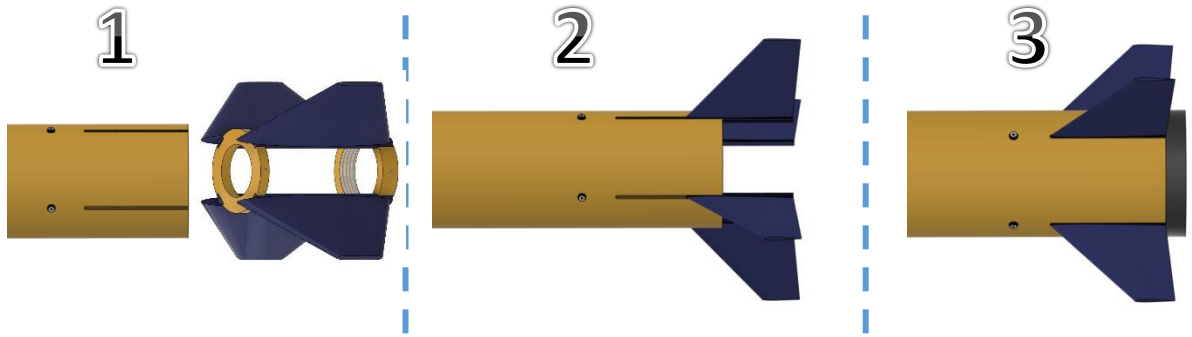
Roket Montaj Stratejisi

Aviyonik Sistem Bütünleştirilmesi

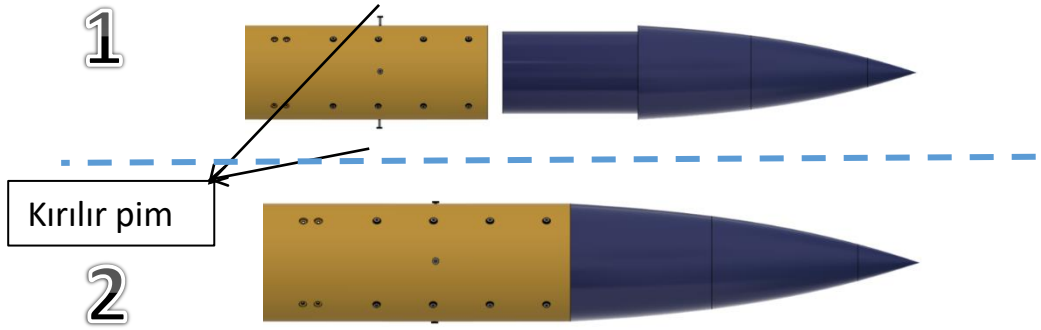


Faydalı Yük - Aviyonik Sistemi Bütünleştirilmesi

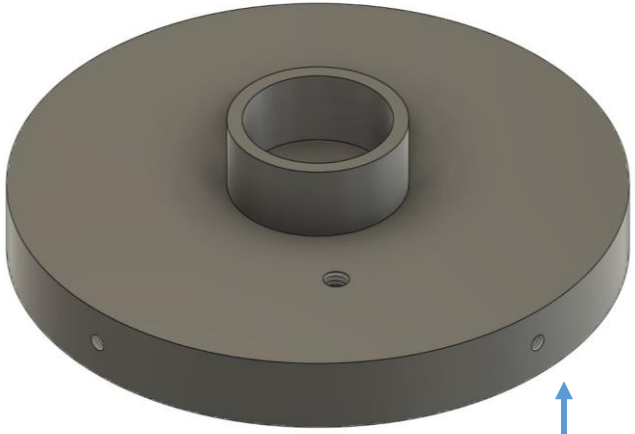
Kanatçık-Gövde Bütünleştirilmesi

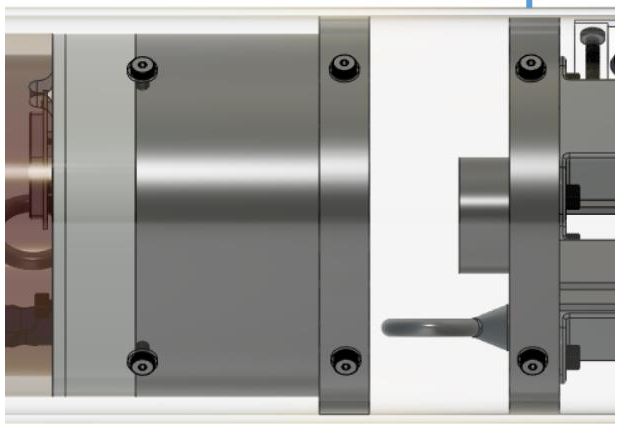


Burun Shoulder – Üst Gövde Bütünleştirilmesi

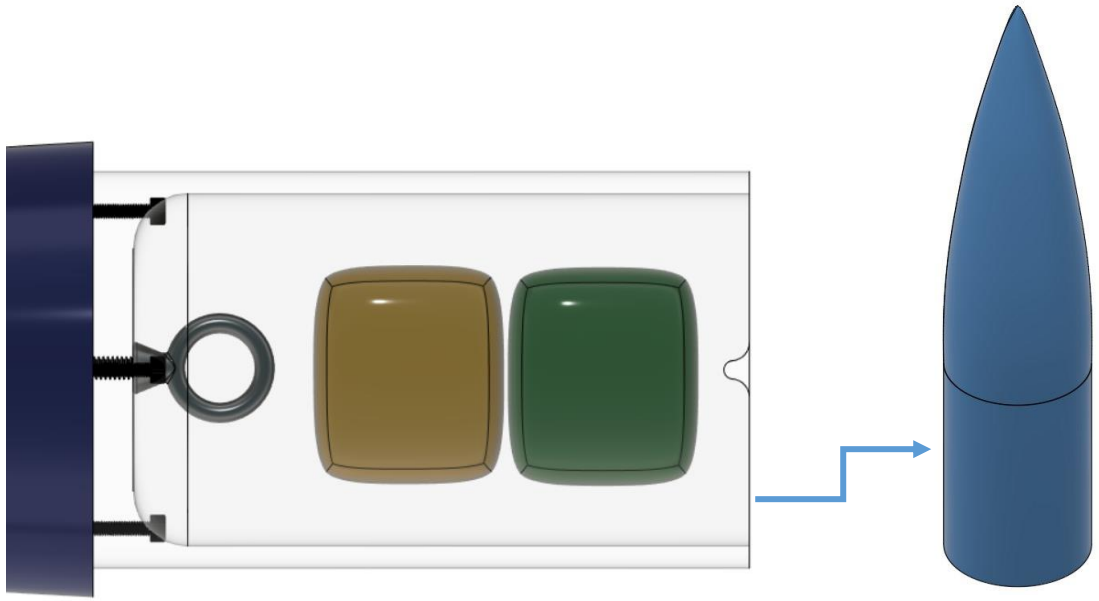


Kurtarma Sistemi Mekanik Görünüm





Üretilmiş Parçamız



Kurtarma Sistemi – Paraşüt Açma Sistemi

Özellik		Kapsam
Torna Tezgah	:	Roketimiz üzerinde bulunan kurtarma sistemimiz 6063 Alüminyum bloktan torna tezgah vasıtasıyla elde edilmiştir. Dairesel bir parça olduğu için CNC tezgaha gerek kalmamıştır.
CNC işleme	:	Ciddi anlamda ekstra maliyet barındırması ve üretim için randevu gerektirmesi gibi nedenlerden ötürü bu yöntem tercih edilmemiştir.

Alüminyum:

Avantaj	Dezavantaj
Yüksek mukavemet	Orta düzeyde maliyet
Kolay işleme tekniği (Torna)	Tornada işlenirken azami dikkat gerektirmesi

Malzeme Bilgileri:

MALZEME	Yoğunluk(g/cm^3)	Çekme Mukavemeti (MPa)	Tokluk	Isıl Dayanım
ABS	1.04	64	İyi	Çok Kötü
Alüminyum	2,7	75	İyi	Çok İyi

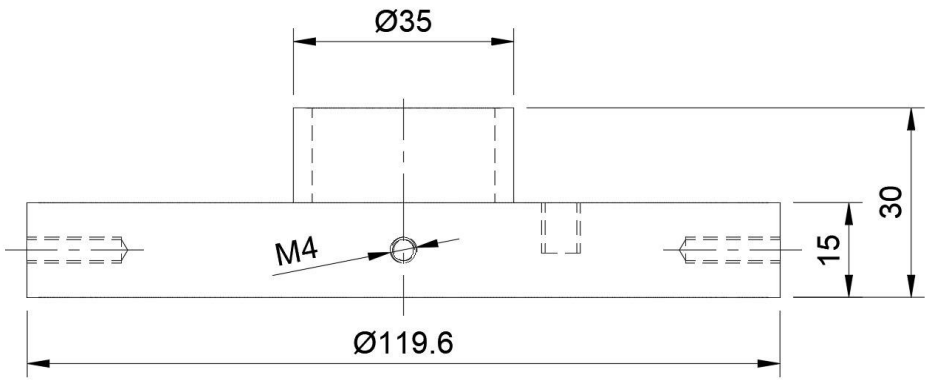
PLA-ABS:

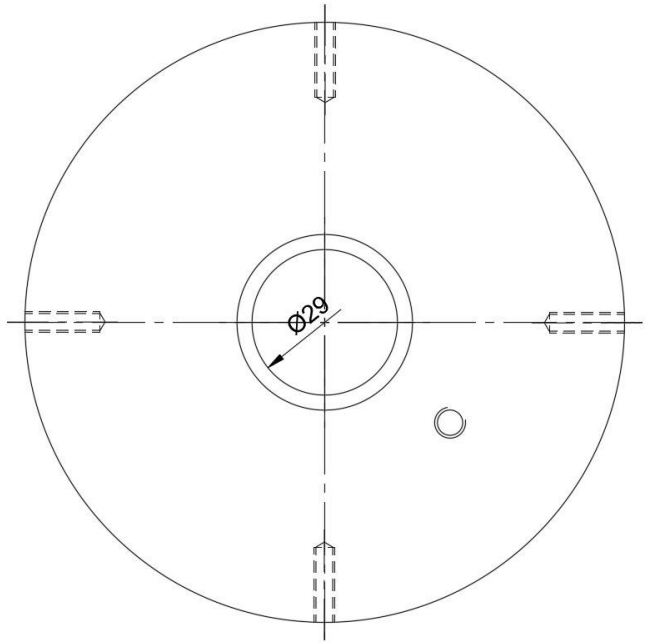
Avantaj	Dezavantaj
Düşük Maliyet	Aşırı Mukavemetsiz
Kolay elde edilebilme	Erimemesi için yüzeyine kaplama yapılması gerekiyor.

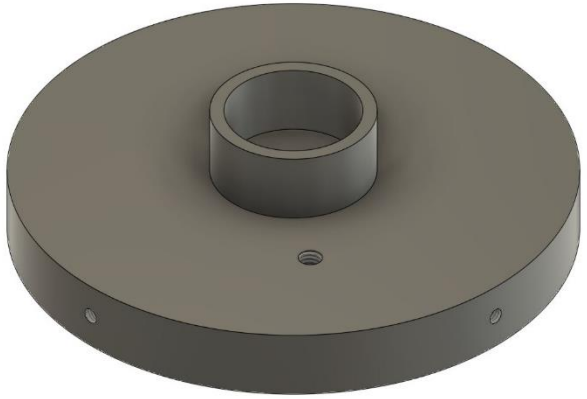
Kurtarma Sistemi doğrudan ısıya maruz kalacağı için ısıl dayanımı iyi olan ve yüksek mukavemet sunan Alüminyum seçeneği tercih edilmiştir. Bu seçtiğimiz malzemeyi ise torna tezgah vasıtasıyla dilediğimiz ölçüde işleyerek kurtarma sistemini elde ettik.

Kurtarma Sistemi – Paraşüt Açma Sistemi

Üretilen Kurtarma Sistem Bloklarımız







Hacim

Barutlu sistemi kullanarak alandan büyük oranda tasarruf etmekteyiz. Toplamda 3 cm yüksekliğe sahip olan bloğun üstüne 2.9 cm boyunda mapa takılacak, toplam yüksekliği 5,9cm olacaktır.

Kurtarma Sistemi – Paraşüt Açma Sistemi

- **Kurtarma Aşamaları**
- **Görev Yükü Ayrılması**

Gövdede yer alan görev yükü gövdeden dışarıya çıkarmak için ayrı bir kurtarma sistemi kullanmayacağız. Gövdede yer alacak olan kurtarma sistemimiz aviyoniğin hemen üzerinde konumlandırılacaktır. Alüminyum bir blok, bir silindirik yapı ve mapadan oluşan sistemimizin direk görev yüküyle temas etmemesi adına patlama kısmının üstüne yüzük yerleştirilerek görev yükü bu kısmın üstüne konumlandırılacaktır. Görev yükünün gövde içerisindeki çevresel hareketini kısıtlayabilmek adına çevresinde test edip olumlu sonuç aldığımız sünger konumlandırılacaktır. Kurtarma sistemi harekete geçtiği zaman içeride oluşacak olan basıncın etkisiyle görev yükü burun konisini de ittirerek serbest kalacaktır.

- **Birincil Paraşüt Açılışı**

250 cm çapında olan ana paraşütümüz görev yükünün üst kısmında yer alacaktır. Görev yükü ile birlikte aynı sistem ile ayrılacaktır. Roketimizi 7 m/s hızla yere indirecektir.

Kurtarma Sistemi Aktivasyonu-Sistem Detayları

Ticari Sistem

- Ticari Sistem üzerinde bulunan barometre sensörüyle belirlediğimiz irtifada fünyeyi ateşleyecek. Bunun yanında ivmeölçer ve açıölçer sensörleri barometrenin çalışmaması durumunda sistemi tetikleyecektir.

Özgün Sistem

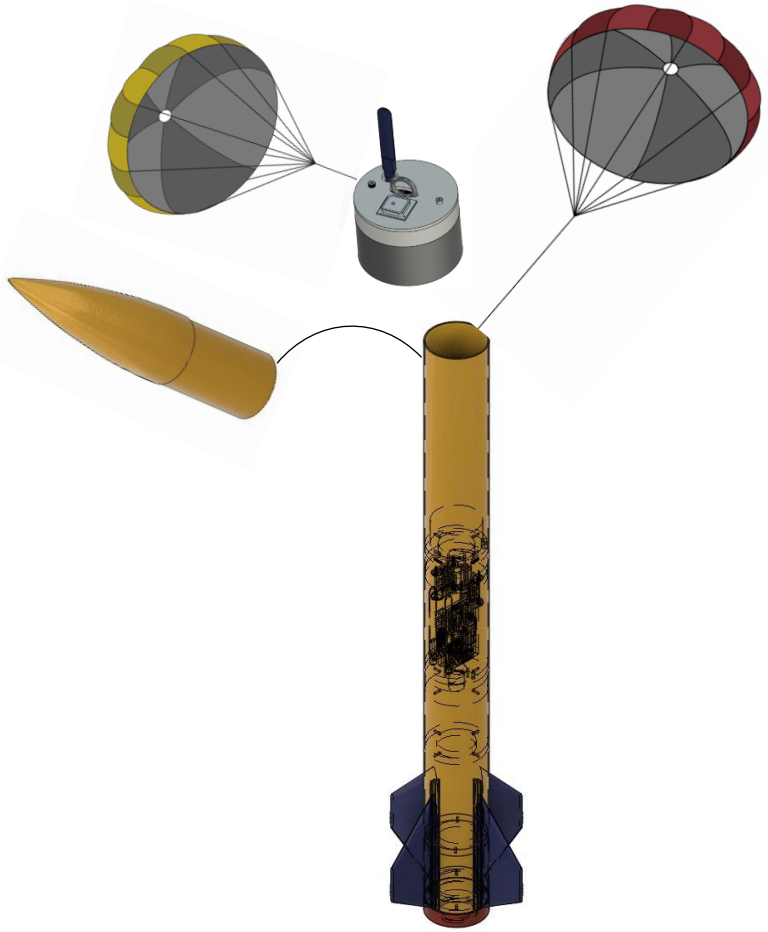
- Özgün sistemimiz üzerinde bulunan ivme, açıölçer ve barometre sensörleri sayesinde roketin irtifa ve açı değerlerini alacak ve röle vasıtasıyla fünyeyi ateşleyecektir.

Devre CAD Görüntüsü

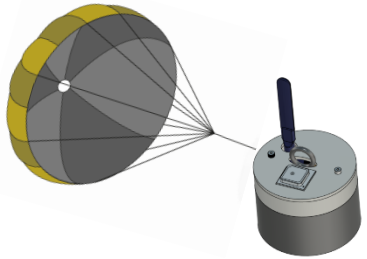
Üretilmiş Özgün Sistemimizin Görüntüsü

Kurtarma Sistemi – Paraşüt Açma Sistemi

1.)Apogee



2.) Ayrılma



3.) Görev Yükü Yere İniş

3.) Roket Yere İniş

Sıcak Gaz Üreteci Gereksinimleri

Piroteknik Malzeme Hesaplama

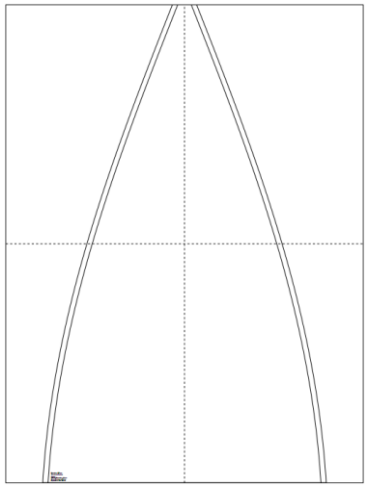
- Karabarut bloğu üzerinde gövde bitimine kadar basınçlandırılması gereken yükseklik(h) 52,6cm'dir. 3,14.0,06=0,0113 olarak çıkan yüzey alanı x h=0,0113.0,526m=0,594m^3 yükseklikle çarpıldığı zaman basınçlandırılacak hacimi elde etmiş oluyoruz.
- Serbest halde olup gövde dışına çıkması gereken kütle olarak yaklaşık 7.5kg aldık, 7,5.9,8(G)=73,57(N) bu durumda denklemde yerine koyarsak(P.S=N) P. 0,0113=73,57 çıkar. P=73,57/0,0113 dersek P=6511 pascal çıkmaktadır. Bu da yaklaşık 0,65 bar yapar. Bu durumda yaklaşık 0,8 bar yeterli olmaktadır. Eğer 1 ATM açık hava basıncını ekleyecek olursak bu 1,65 bar yapar. Fakat gövdede açmış olduğumuz 3.5mm çapındaki basınç delikleri sayesinde bu açık hava basıncını eklememize gerek kalmamaktadır.

Ayrılma	Basınçlandırılacak hacim çapı (mm)	Basınçlandırılacak hacim (m^3)	Ulaşılmak istenen basınç (Bar)
1. Ayrılma	120mm	0,594m^3	0,8 Bar

$$mG = N$$
$$P \cdot S = N$$
$$P = \frac{73{,}57}{0{,}0113}$$

Kurtarma Sistemi – Paraşütler -1

- **Roket Ana ve Görev Yükü Paraşütleri**
- Roketimizin **paraşüt kumaşlarında ripstop nylon** kullanılmıştır. Bu kumaş su, hava geçirmez ve kolay tutuşmaması gibi özelliklerinden ötürü tercih edilmiştir. Paraşütlerimizin kurtarmada rahatlıkla seçilebilir olması için doğada nadir bulunan renklerden olan Neon Sarı ve Kırmızı ile imal ettik, bu sayede gerek havadayken gerekse de yere düştükten sonra etrafındaki unsurlardan rahatlıkla ayrılarak seçilebilecektir. **Paraşüt iplerinde** sağladığı yüksek mukavemet sebebiyle 7+3 göbekli **paracord** ipleri kullanılmıştır.

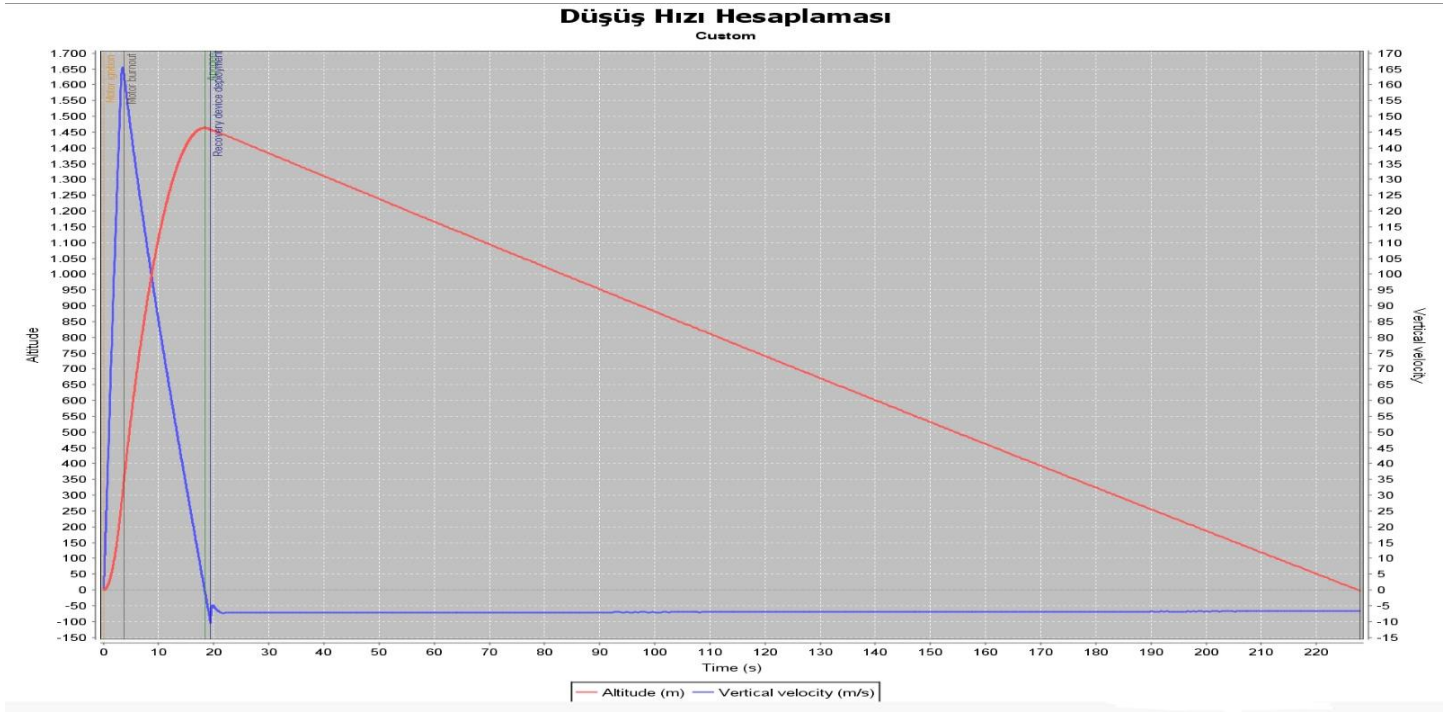


G.Y Paraşütünün Bir Diliminin Kalıbı

- **Roket Ana ve Görev Yükü Paraşüt Ölçüleri-Tasarımları**
- Roketimizin birincil paraşütü 250 cm, Görev Yükü paraşütü de 170 cm çapında üretilmiştir. %45 oranında küresel orana sahiptir. 8'er adet üçgen dilimden oluşup birleşim noktaları Z dikişle sağlamlaştırılmıştır. Dikiş noktalarının kenarlarına overlok çekilerek bağlantı mukavemetleri arttırılmıştır. Baca (Apex) deliği etrafına kendi tasarımımız olarak lastik büzgüsü yaptık, bu sayede ip gerilimlerini bu lastik karşılayacak ve yırtılmayı engelleyecektir.
- Paraşütümüz yuvarlak şekilde olacak olup üçgen parçalardan oluşmaktadır. Belirlenen üçgen dilim ölçülerinin kalıbını Ozalit firmasından alarak satın aldığımız kumaşı bu şekilde dilimledik. Ardından oluşan parçaların havalandırma deliklerini bırakarak terzimizde diktirdik.

Görev Yükü Paraşütümüz

Kurtarma Sistemi – Paraşütler -1



Paraşüt	Çapı	Renk	Kütle	Düşüş Hızı	Kapalı Çap/Boy
Ana Paraşüt	250 cm	Neon Sarı-Kırmızı	347 gr	7 m/s	9cm/22,8cm
Görev Yükü Paraşütü	170 cm	Kırmızı	164 gr	7 m/s	11,5cm/10,9cm

Kurtarma Sistemi – Paraşütler -1

Kurtarılan Unsurlar Üzerinde Bulunan Sensör ve Aviyonikler

- Roketin bütün hali ve görev yükü olmak üzere toplamda iki adet kurtarılacak unsur vardır. İlk olarak roketin bütün halinde bulunan aviyoniklerden ve aviyonik üzerine entegre edilmiş sensör ve modüller hakkında bilgiler verelim. Roketin bütün halinde ticari ve özgün aviyonik olmak üzere iki adet sistem vardır. Aynı şekilde görev yükü üzerine monte edilmiş, görev yükü aviyoniği olarak adlandırdığımız bir adet daha aviyonik sistemimiz bulunmaktadır.
- **Özgün aviyonikte;** telemetri olarak **SX1278 433 MHz RF Modül - LoRa** telemetri modülü kullanılacaktır. Bu modül bizim roketten veri alabilmemiz için sinyal çekim alanı oluşturacaktır. GPS modülü olarak ise **Gy-neo6mv2** GPS modülü kullanılacaktır. Bu modül bize roketin bütün halinin konumunu kolaylıkla bulmamıza yardımcı olacaktır. Alternatif olarak gps modülü kullanılacaktır. Barometre sensörü olarak ise **Bosch BMP180** barometre sensörü kullanılacaktır. Bu sensör ile roketin yükseklik verileri hakkında bilgilere ulaşılacaktır. Aynı zamanda alınan bilgilere göre kurtarma sistemimizi tetikleyecek olan elemana arduino üzerinden komut yollanacaktır. Son olarak kurtarma sisteminin tetiklenmesi için **Röle** kullanılacaktır.
- Ticari Sistem (Telemega 2.0):Üzerinde bulunan barometre, ivmeölçer, jiroskop, jeomanyetik sensör ve yazılımıyla kurtarma sistemini aktif hale getirecek olan ticari karttır.
- **Görev yük aviyoniğinde;** kullanılacak olan telemetri ve GPS modeli özgün aviyonikte kullanılan telemetri ve GPS modeli ile aynıdır. Telemetrinin buradaki işlevi, özgün aviyonikteki gibi bizim roketimizden veri alabilmemizi sağlamak için sinyal çekim alanı oluşturmaktır. Aynı şekilde GPS modülümüz bizim görev yükümüzün konumunu kolaylıkla bulmamızı sağlayacaktır

Kurtarılacak Unsurlar	Aviyonik	Aviyonik Sistemler Üzerinde Bulunan Sensör ve Modüller	
Roket Gövdesi Bütünü	Özgün Aviyonik	Telemetri	GPS
		Barometre	Röle
	Ticari Sistem	Barometre	GPS
		İvmeölçer	Mikroişlemci
Görev Yükü	Görev Yük Aviyoniği	Telemetri	GPS

Kurtarma Sistemi – Paraşütler -2

Paraşüt Düşüş Hızları Şartname Uygunluğu

- Roketin ve roketten çıkan parçaların iniş hızının şartnameye göre 5-9 m/s arasında tutmamız istenmektedir. OpenRocket verilerine göre paraşüt çaplarımız sayesinde düşüş hızlarını görev yükünde de, gövdede de 7m/s'de sabitledik. Bu sayede yüklerin yakın bölgelere düşmesiyle daha kısa sürede kurtarmayı tamamlamayı hedefliyoruz.

Paraşüt Sistemi	Paraşüt Alanı (m^2)	Paraşüt Sisteminin Taşıyacağı Kütle (kg)	Paraşüt Sürükleme Katsayısı	Düşüş Hızı (m/s)
Birincil Paraşüt	4,91 m^2	12,188 kg	1,30	7 m/s
Görev Yükü Paraşütü	2,27 m^2	4,525 kg	1,30	7 m/s

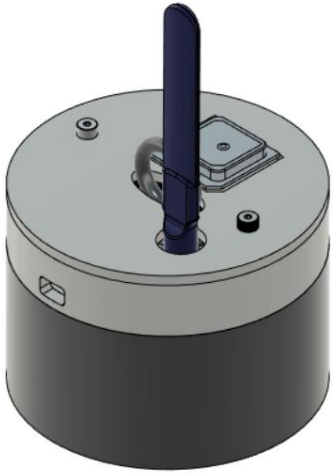
Görev Yükü

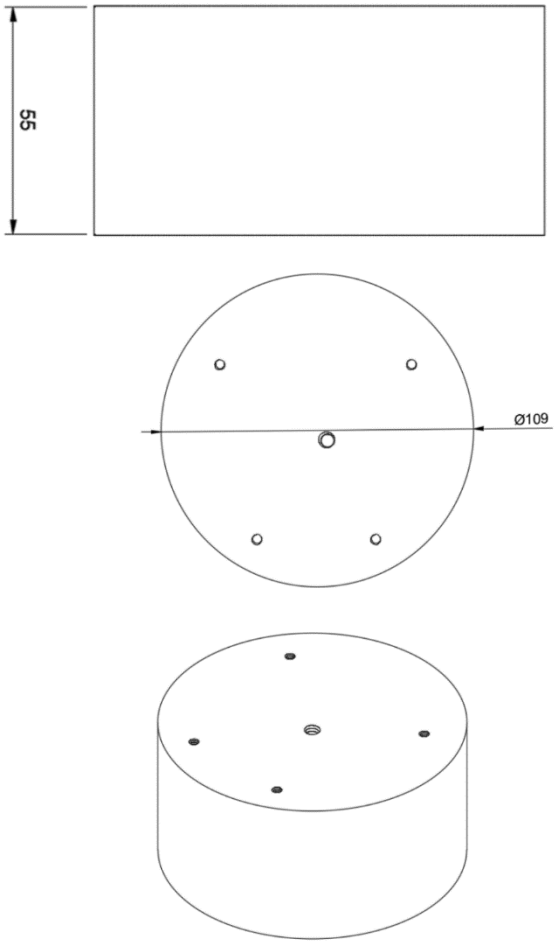
Görev Yükü Aviyoniği

- Görev yükü içerisinde pil, mikro denetleyici, GPS ve haberleşme modülü barındıracaktır.
- Pil 3500mah kapasitede olacaktır.
- GPS vasıtası ile konum verisi anlık alınacaktır.
- Haberleşme modülü yer istasyonuyla anlık veri transferi gerçekleştirecektir.

Sensör İsmi	Sensör Modeli
Mikro denetleyici	Arduino Nano
GPS	GY-NEO6MV2
Haberleşme Modülü	Lora SX1278 433mhz

(Görev yükü aviyoniğinde kullanılacak sensörlerin isim, model ve referans linkleri)





Değerler mm cinsindendir.

Görev Yükü

- Görev yükünün herhangi bir işlevi bulunmamaktadır.
- Görev yükünün roketten ayrılması için kara barut sistemi kullanılacaktır. Alternatif olarak ise CO2 tüplü sistem düşünülmektedir.
- Görev yükünün konumu gövdedir. Üst gövde üzerine sabitlenecek olan bir merkezleme halkası (central ring) üzerine yerleştirilecek ve bu halkanın içinden geçemeyeceği şekilde tasarlanmıştır. Bu yüzüğün hemen altında kara barut yuvası bulunmaktadır ve barut patladığında oluşacak olan basınç ile görev yükü hareketlenecek, burun konisi ayrılacak ve görev yükü serbest kalacaktır. Roketin hareket anında faydalı yükün düşey ve yatay hareketini engellemek amacıyla Görev Yükü Aviyonik Case'i, Burun Konisi omuzluğuna kadar uzatılmıştır. Bu sayede dairesel ve yatay yönlü hareketini engellemiş oluyoruz. Patlama testlerimiz gerçekleştirilmiş, görev yükü merkezleme halkası ve karabarut yuvası üretilmiştir.
- Görev yükü roketten tepe noktası (apogee)'de ayrılacaktır.
- Görev yükü üzerinde bulunan olan aviyonik sistem içindeki GPS sayesinde bulunacaktır.
- Görev yükünün ağırlığı 4.100 gramdır. Üretilmiştir.
- Görev yükü central ring sistemine alternatif olarak gövdeye 4 noktadan trapez mil geçirilerek kare bir zemin oluşturulması ve faydalı yükün bu zemin üzerine yerleştirilmesi düşünülmektedir.

Kurtarma Sistemi Prototip Testi

Paraşüt Açılma ve Fonksiyonellik Testi

Testin Amacı

Testin amacı katlanmış halde olan paraşütün, görev yükü takılı halde yüksekten bırakıldığında açılması ve stabil şekilde inebiliyor olduğunu görmektir. Aynı zamanda paraşüt ipleri, kumaşı ve bağlantı noktalarının mukavemetini de test ettik.

Testin Sonucu

Testimiz neticesinde paraşütün katlı halde atıldıktan sonra başarıyla açıldığı ve baca deliği sayesinde yalpalanmadan stabil şekilde inebildiği görülmüştür.

Kurtarma Sistemi Prototip Testi

Kurtarma Sistemi Testi

Testin Amacı

Testin amacı 4 gram karabarutla doldurulmuş olan kurtarma sistemimizin tetiklemesinde herhangi bir sorun olup olmadığı, görev yükünün gövde dışına çıkıp çıkamadığı ve barut miktarının yeterli olup olmadığının görülmesidir.

Testin Sonucu

Testimiz neticesinde kurtarma sistemimiz başarıyla çalışarak 4.100gr ağırlığındaki görev yükünü burun konisini de ayırarak gövde dışına çıkarmıştır. Barut miktarının yeterli olduğu ve dilersek yaklaşık %20 oranında arttırılabileceği görülmüştür. Test başarıyla sonuçlanmıştır.

Test Videolarımız 12 Mayıs tarihine kadar belirtilen adrese yüklenecektir.

Aviyonik – Özet

Özgün Sistem ile Ticari Sistemin Benzerlikleri ve Farklılıkları

Özgün Sistem	Ticari Sistem(Telemega 2.0)
• Enerji kaynağı olarak 7.4V Li-ion Pil bulunmaktadır.	• Enerji kaynağı olarak 7.4V Li-ion Pil bulunmaktadır.
• Güç girişinde 1 adet switch bulunmaktadır.	• Güç girişinde 1 adet switch bulunmaktadır.
• Güç, yapılandırma ve veri kurtarma için USB noktası bulunur.	• Güç, yapılandırma ve veri kurtarma için USB noktası bulunur.
• Bazı sensörlerinde voltaj filtreleme devreleri bulunmaktadır.	• Tüm sensör ve modüllerinde voltaj filtreleme devreleri bulunmaktadır.
• Dc-Dc voltaj dönüştürücü kartı bulunmaktadır.	• 150mA 3.3V LDO regülatörü bulunmaktadır.
• ATmega328 mikrodenetleyici bulunmaktadır.	• ST Micros STM32L151 ARM Cortex M3 tabanlı mikrodenetleyici bulunmaktadır.
• MPU9250 9 eksenli ivmeölçer modeli bulunmaktadır.	• ADXL375 3 eksenli dijital MEMS ivmeölçer bulunmaktadır.
• Lora Sx1262 telemetri modülü bulunmaktadır.	• TI CC1200 düşük güç, yüksek performanslı RF alıcı-verici bulunmaktadır.

Aviyonik – Özet

Özgün Sistem	Ticari Sistem(Telemega 2.0)
• Harici bir yön sensörü bulunmamaktadır.	• BMX160 mutlak yön sensörü bulunmaktadır.
• Bosch BMP180 barometre modülü bulunmaktadır.	• MS5607 mikro altimetre modülü bulunmaktadır.

Uçuş Bilgisayarları Bağlantısı ve Aralarındaki Geçiş

• İki uçuş kontrol bilgisayarı arasında herhangi bir bağlantı olmayacağı için iki kart arasında geçiş olmayacak. İki sistem aynı anda başlatılacak. İkisi arasından en doğru veriyi alan ayrılmayı gerçekleştirecek. Diğer sistem ise yedekli olarak çalışacak.

Uçuş Bilgisayarları Tanıtımı ve Temel Görevleri

• Ticari Sistem (Telemega 2.0): Üzerinde bulunan barometre sensörü ile roketin anlık irtifasını alan; aynı zamanda üzerindeki ivmeölçer, jiroskop, jeomanyetik sensörlerinin yardımıyla uçuş esnasında oluşacak olan eksen ve hız değişimleri ile kurtarma sistemimizi aktif hale getiren ve roketimizin yere sağlam bir şekilde iniş yapmasını sağlayacak olan karttır.

• Özgün Sistem: Üzerinde bulunan barometre, ivmeölçer ve jiroskop sensörlerini belirli bir algoritmada çalıştırarak roketimizin kurtarma sistemini aktif hale getirecek olan; aynı zamanda üzerinde bulunan telemetri modülü ile sinyal çekim alanı oluşturarak roketimizin uçuş anındaki hız, açı, konum ve irtifa bilgilerini yer istasyonuna aktaracak olan karttır.

• Görev Yükü Aviyoniği: Görev yükü yere düştükten sonra konumunu tespit edebilmemizi sağlayacak olan karttır.

Aviyonik – 1.Sistem Detay/1 (Ticari Sistem)

Ticari Uçuş Bilgisayarları Ek'inde listelenmiş olan ticari uçuş kontrol bilgisayarları arasından Telemega 2.0 ticari uçuş kontrol bilgisayarı modelini seçtik. Telemega 2.0 ticari uçuş kontrol bilgisayarını detaylıca anlatmamız gerekirse;

Telemega 2.0:

- ST Micros STM32L151 ARM Cortex M3 tabanlı mikrodenetleyicisi bulunur.
- TI CC1200 Yüksek Performanslı RF Alıcı-Vericisi bulunur.
- Winbond'un W25Q64FV seri flash bellek entegresi bulunur
- U-blox MAX-8Q GPS alıcısı bulunur.
- Yerleşik TaoGlas pasif yama anteni ve zaman uyumsuz seri arabirimi bulunur.
- MS5607 mikro altimetre modülü bulunur.
    a. Geniş aralık - 120kPa ila 1kPa yaklaşık -1500m ila 31000m aralığında ölçüm yapabilmektedir.
    b. Yüksek hassasiyet- 2.4Pa çözünürlüğe sahiptir. (deniz seviyesinde yaklaşık 20 cm)
    c. Fabrika içine kalibre edilmiştir.
- ADXL375 3 eksenli dijital MEMS ivmeölçer bulunur.
- BMX160 mutlak yön sensörü bulunur.
    a. 2000 derece / saniyeye kadar üç eksenli açısal hız sensörü bulunur.
    b. +- 16g aralığına sahip üç eksenli ivmeölçer sensörü bulunur.
    c. üç eksenli manyetik sensör bulunur

Aviyonik – 1.Sistem Detay/1 (Ticari Sistem)

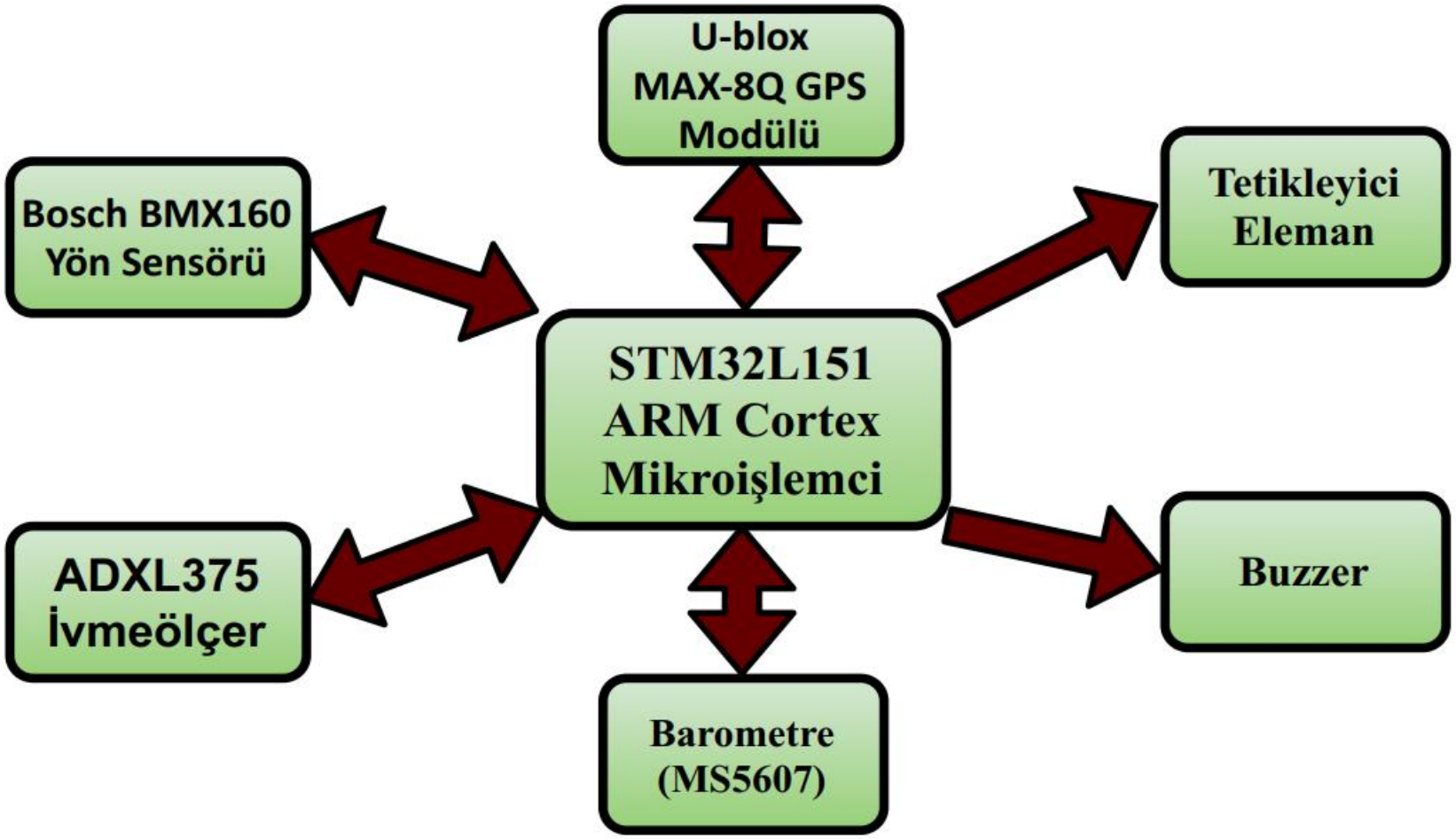
- Voltaj filtreleme devreleri bulunur.
- Güç, yapılandırma ve veri kurtarma için USB noktası bulunur.
- Çoğunlukla bazı ARM assembler ile C dilinde yazılmıştır.

Ticari Sistem Ayarları

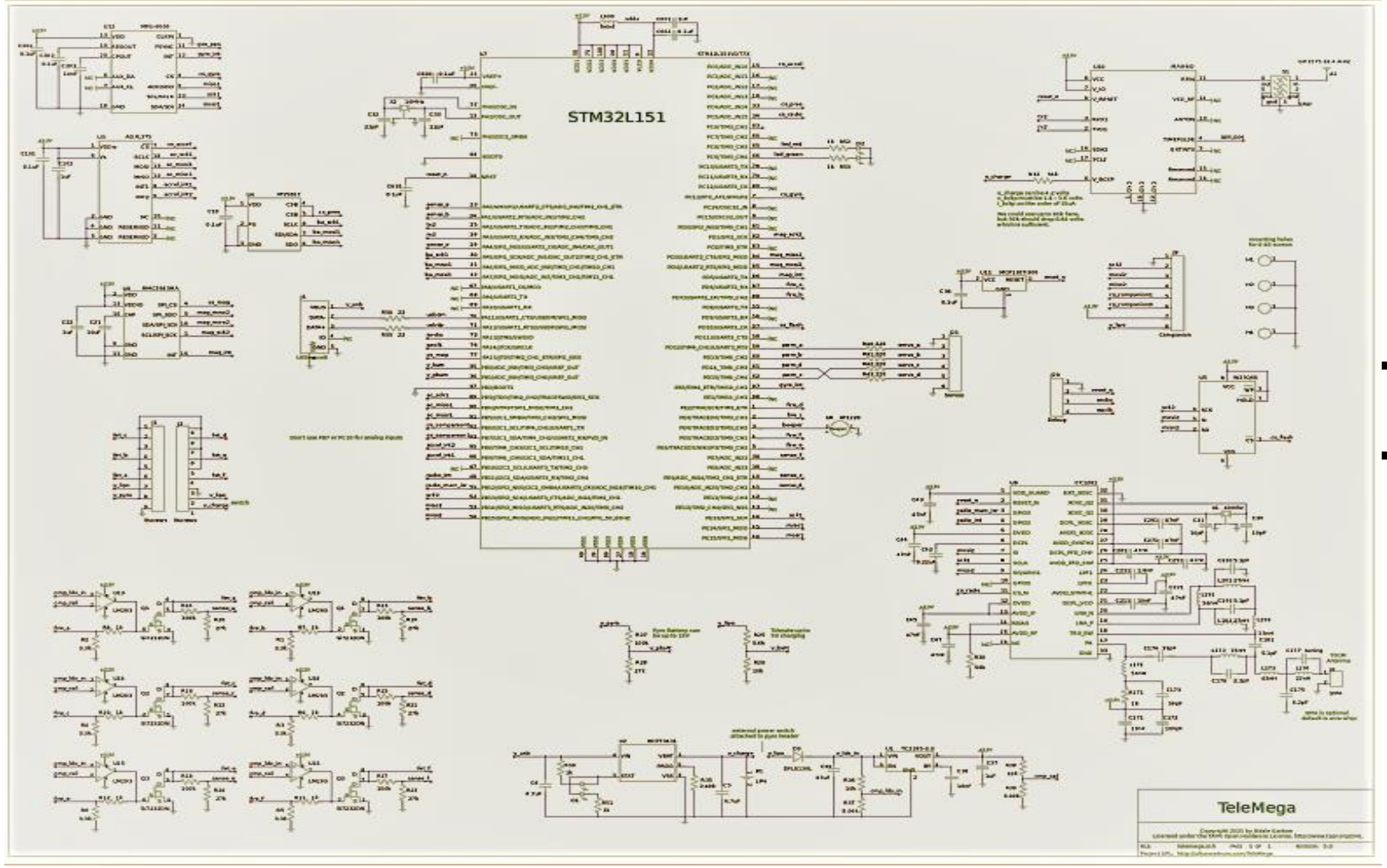
- İlk olarak ticari sistemimizin güç girişlerine switchler takılacak.
- İkincil olarak Ticari sistemi kullanırken başta gereken gücü verecek olan batarya devreye bağlanacak.
- Daha sonrasında ayrılma sistemimizi aktif hale getirecek olan barometre hassas ölçüm yapabilmesi için olması gereken değer aralığına getirilecek.
- Bunun yanında ivmeölçer ve jiroskop sensörleri ayrı ayrı, olması gereken değer aralığına getirilecek ve uçuş esnasında barometreyle beraber sistemin istenilen zamanda tetikleme mekanizmasını çalıştırması sağlanacak.

Aviyonik – 1.Sistem Detay/2 (Ticari Sistem)

Ticari Sistem Devre Diyagramı



Aviyonik – 1.Sistem Detay/2 (Ticari Sistem)



Telemega 2.0
Ticari Sistem Devre Bağlantı Şeması

Devre bağlantı şemasının büyük hali için tıklayınız

Aviyonik – 2.Sistem Detay/1

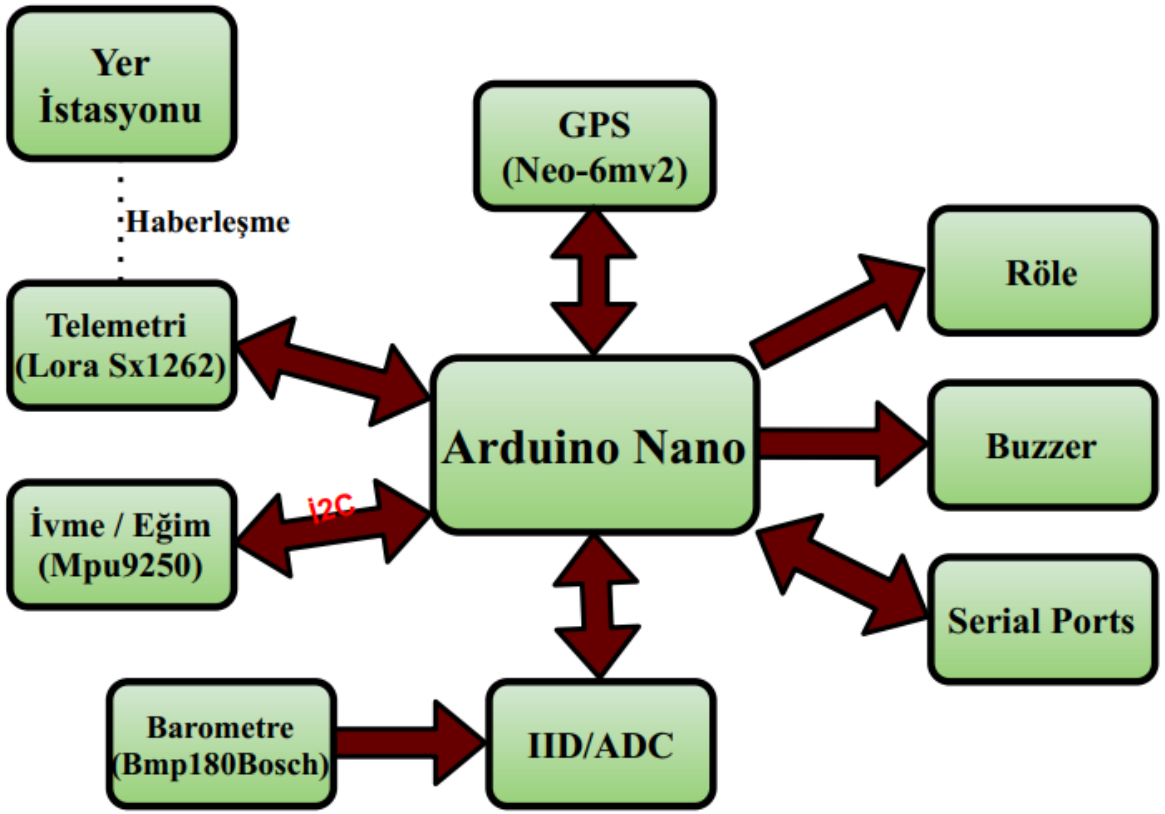
Komponent	Ürün Adı / Kodu / Türü	Kurtarma Algoritmasında Verileri Kullanılıyor Mu?	Kurtarma Algoritmasında Kullanılan Verilerin İşlevi
İşlemci	• Arduino Nano İşlemci Kart		
1. Sensör	• Bosch Bmp180 Barometre Sensörü	Evet.	• Kurtarma algoritmamızda barometre sensörümüzün ölçeceği irtifa verilerine göre kurtarma mekanizmamız aktif hale getirilecek.
2. Sensör	• Mpu9250 İvmeölçer Sensörü	Evet.	• Kurtarma algoritmamızda ivmeölçer sensörümüzün ölçeceği G, açı ve hız değerlerine göre kurtarma mekanizmamız aktif hale getirilecek.

Aviyonik – 2.Sistem Detay/1

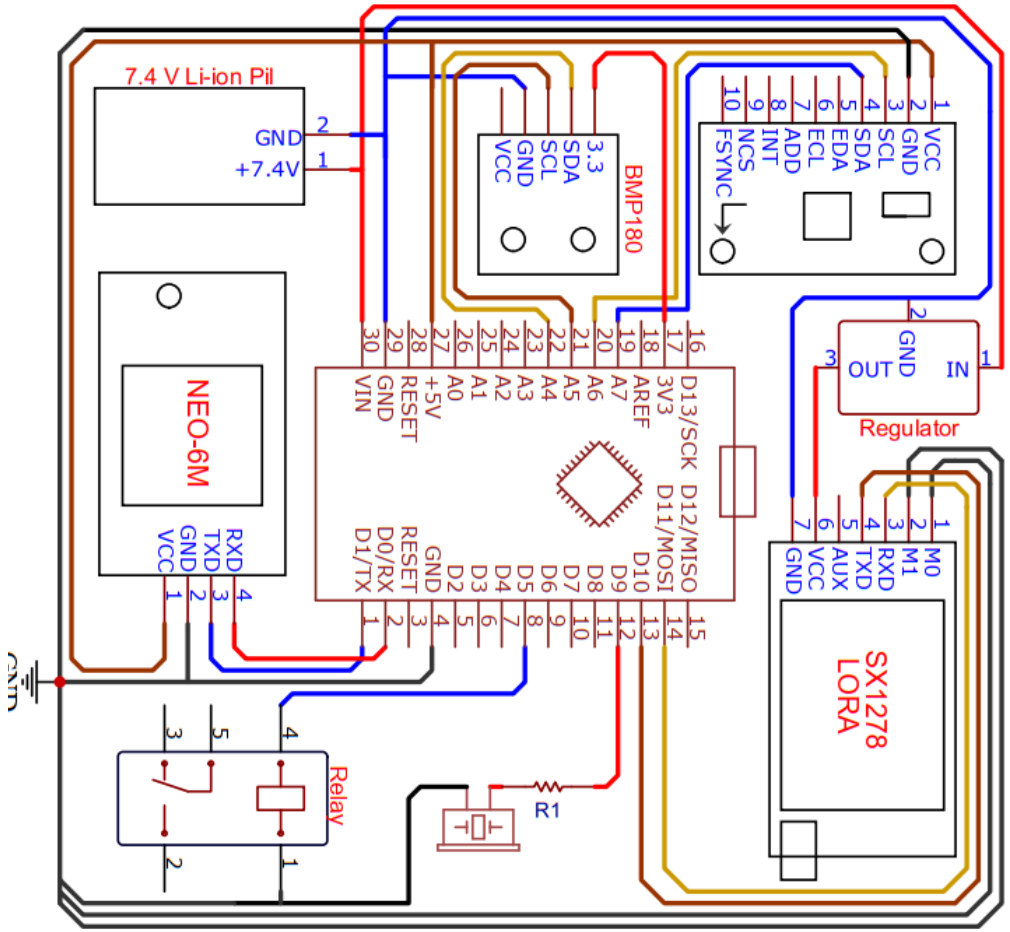
Komponent	Ürün Adı / Kodu / Türü	Kurtarma Algoritmasında Verileri Kullanılıyor Mu?	Kurtarma Algoritmasında Kullanılan Verilerin İşlevi
Haberleşme Modülü	• Lora Sx1262 Telemetri Modülü	Evet.	• Kurtarma algoritmamızda, roketimiz yere indiği andan itibaren bulunduğu konumun bilgilerini yer istasyonuna aktaracak ve roket bulunduğu yerden alınıp kurtarma işlemi gerçekleştirilecek.
GPS Modülü	• Gy-neo6mv2 GPS Modülü	Evet.	• Kurtarma algoritmamızda roketimizin indiği yerin konum bilgilerini alınacak ve bulunduğu konum tespit edilecek.

Aviyonik – 2.Sistem Detay/2

2.Sistem Blok Diyagramı

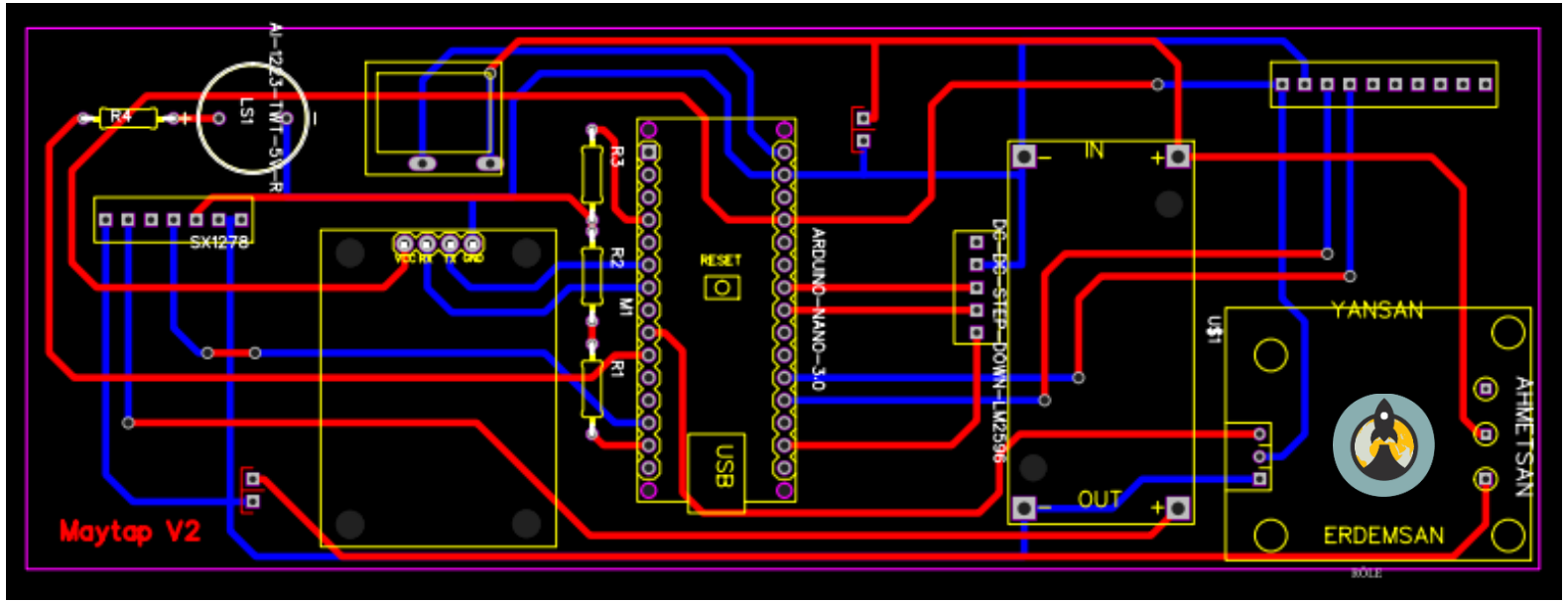


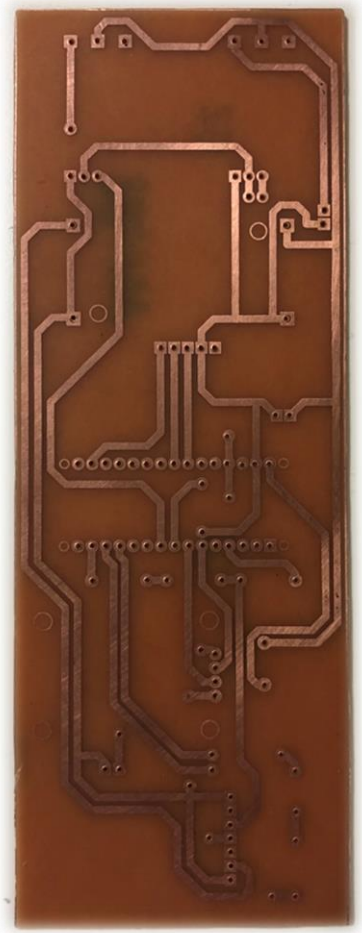
2.Sistem Devre Şematiği



Aviyonik – 2.Sistem Detay/2

2.Sistem PCB Tasarımı





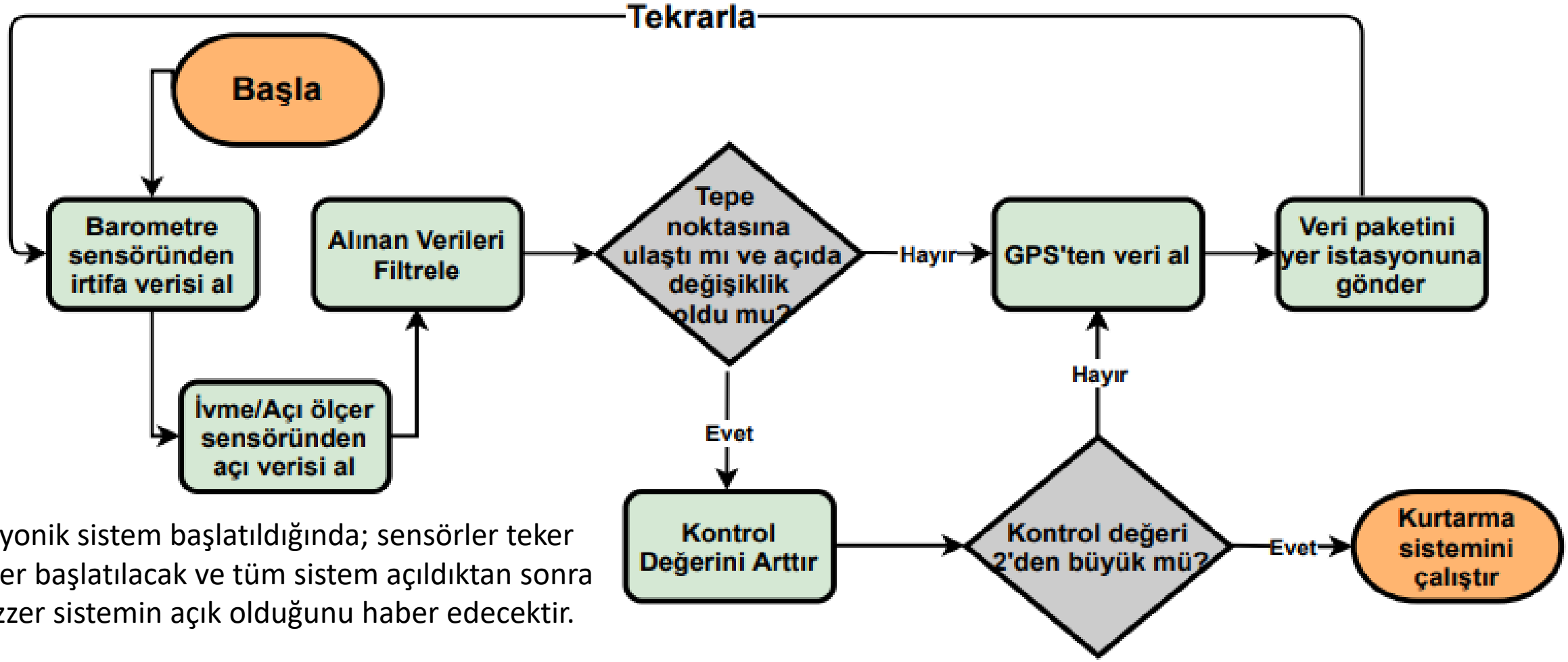
Ütüleme Yöntemi ile Üretilen Test Kartımız

Kart Üretim Yöntemi

Kartımız çift yüzlü olarak tasarlanmıştır. Yukarıda görülen mavi yollar kartın arka yüzünde, kırmızı yollar ise ön yüzünde bulunmaktadır. Kartımızın nihai üretiminden önce ütüleme yöntemi yapılarak bakır plakart üzerinde denenmiştir. Nihai olarak yurtdışı üzerinden profesyonel olarak üretilecektir.

Aviyonik – 2.Sistem Detay/3

Kurtarma Sistemi Algoritması



- Aviyonik sistem başlatıldığında; sensörler teker teker başlatılacak ve tüm sistem açıldıktan sonra buzzer sistemin açık olduğunu haber edecektir.

Aviyonik – 2.Sistem Detay/3

Tetikleme İçin Seçilen Parametreler ve Seçilme Nedenleri

Parametre İsmi	Seçilme Nedeni
İrtifa Değeri	Hesaplaması ve ölçümü çok kolaydır. İrtifa değeri basınç değerine, basınç ise irtifa değerine çevrilebilir. Gerekli filtreleme ile az sapma yapmasını beklenmektedir
Açı/Eğim	Tepe noktasından sonra rokette büyük bir açı değişimi olacaktır. Bu nedenle hesaplaması kolaydır
G-Kuvveti	Open roketteki verilerle karşılaştırılarak eğim değeriyle verilecek kararı kesinleştirecektir

Veri Filtreleme

Kalman Filitresi:

Kalman filtresi modellenmiş bir sistemin bir önceki verilerine göre ilerisini tahmin eden bir filtredir. Eş zamanlı olarak kullanılabilen bu filtre ile sisteme tanımlanan gürültü ve hata modellemeleri ile başarılı sonuçlar elde edilebilir.

Kalman Matematiği:

Kalman filtresini en basit şekilde yazacak olursak:

$$Xk = Kk.\,Zk + 1 - Kk\,.\,Xk{-}1$$

•Xk= Hesaplanan kalman değeri

•Kk= Kalman Kazancı

•Zk = Ölçüm sonucu elde edilen değer

•$Xk{-}1$ = Bir önceki hesaplanan Kalman değeri •Burada Kk değeri dışındaki değerler bilinen değerlerdir. Aşağıdaki siteden alıntı yapılmıştır. Kurtama sistemi aktifleştirdikten sonra Sistem aynı verileri alıp yer istasyonuna göndermeye devam edecektir. Kontrol ve hesaplama algoritmasına sokmayacaktır.

Aviyonik – İletişim

Veri transfer bant ve paketi:
Telemetre verileri 868mhz bandında, paket ise varsayılan olarak belirlenmiştir. Yapacağımız testlere göre yeterli olmaması durumunda pakette özelleştirmeye gideceğiz.

Yer İstasyonuna Aktarılacak Veriler:
Yer istasyonuna roketimizin; hız, açı, yükseklik, konum verileri anlık olarak aktarılacaktır.

Yer İstasyonu Bileşenleri:
Yer istasyonu bileşenlerimizi; Arduino Uno, Lora Sx1262 Telemetri Modülü, Telemetri Modülüne düzenli olarak güç sağlayacak Dc-Dc dönüştürücü kart ve Telemetri Modülüne bağlı 5dBi'lik antenden oluşmaktadır . Bu saydığımız bileşenler tasarladığımız yer istasyonu devremizde birbirleriyle bağlantılı bir halde bulunacaktır.

Link Bütçesi:

$$PRx = PTX + GTX - LTX - LFS - LM + GRX - LRX$$

- $PRX = alıcı\ hassasiyeti = -138dBm$
- $PTX = verici$ çıkış $gücü = 20dBm$
- $GTX = verici\ anten\ kazancı = 5dBi$
- $LTX = verici\ kayıpları = 2dBi$
- $LFS = serbest\ uzay\ kaybı\ FSPL = 4km\ için - 103dBm$ ---
- $LM = diğer\ kayıplar = 8dBm$(tolerans değeri bırakılmıştır)
- $GRX = alıcı\ anten\ kazancı = 5dBi$
- $LRX = alıcı\ kayıpları = 2dBi$
- $FSPL\ dB = 20log10\ d + 20log10\ f - 27.55$

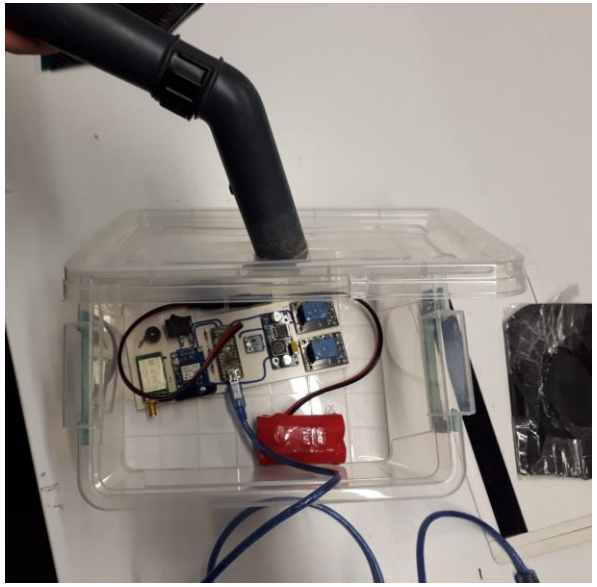
d = 4000m ve f = 868mhz için FSPL = -103dBm

20 + 5 - 2 - 103 – 8 + 5 – 2 = -85dBm
Alıcı hassasiyeti -138dBm olduğu için sistemimiz yeterlidir
Hesaplamalarda bu siteden faydalanılmıştır: Link budget - Wikipedia

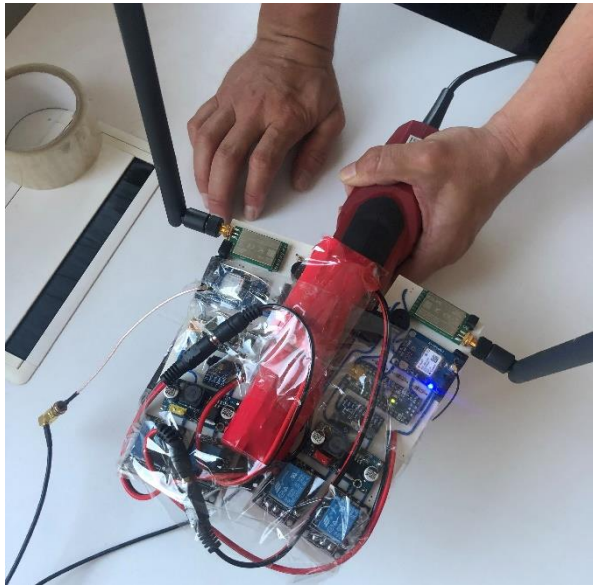
Aviyonik Prototip Testi

Barometre Sensörü Testi	İletişim Testleri:	Algoritma Testleri:	Kart Fonksiyonellik Testleri:
Testimizi okulumuzun laboratuvarında gerçekleştireceğiz. Bu test için gerekli olan malzemeler birer adet içine hava almayan kap ve elektrik süpürgesidir. Aviyonik sistemimizi kabın içine yerleştireceğiz. Sonrasında kaptaki delikten elektrik süpürgesi vasıtası ile basıncı değiştireceğiz. Test düzeneğinden gelen veriye göre ilgili röleyi yakacağız. Testte istediğimiz sonucu alamamamız durumunda yazılımımızda bulanan veri filtreleme bölümünü güçlendireceğiz.	İlk olarak kısa mesafe testi yapılacaktır. Okulun bir ucundan diğer ucuna kadar haberleşmeyi gerçekleştireceğiz. Bununla beraber veri aktarım testleri yapılacak ve darboğaz oluşup oluşmadığı gözlemlenecek. Darboğaz oluşması durumunda veri paketi üzerinde çalışılacaktır. Daha sonrasında uzun mesafe testleri uygulanacak. Belirlediğimiz iki lokasyon arasında uzak mesafe testi gerçekleştireceğiz. Antenlerimizin yeterliliğini ispat etmiş olacağız. Testlerden aldığımız verilere göre telemetri ayarlarını yapacağız ve antenleri kesinleştireceğiz.	Test okul laboratuvarında herhangi bir düzenek bağlı olmadan sadece yazılımsal olarak yapılacaktır. Beklenti-sonuç şeklinde algoritmanın tüm tahmin edilen olasılıklara verdiği cevaplar test edilecektir. Alınan hata ayıklama verileriyle beraber algoritmada iyileştirme yapılacaktır. İstisnaların bulunması sistemin sağlıklı çalışması için şarttır. Algoritmadan beklenen verim alınamazsa algoritma tekrardan çalışılacaktır.	İlk fonksiyonellik testimiz; barometre sensörümüzün testinde olduğu gibi yine aviyonik sistemimizi kabın içine yerleştireceğiz. Sonrasında kaptaki delikten elektrik süpürgesi vasıtası ile kabın dışarıdan hava almamasını sağladıktan sonra kabın basıncı değiştireceğiz. Sistemimizin ani basınç değişikliklerine rağmen yer istasyonuna gereken verileri aktarıp aktarmadığını test edeceğiz. Herhangi bir sorun çıkması durumunda donanımsal yenilemeler yapacağız. İkinci fonksiyonellik testimiz; vibrasyon makinesi yardımıyla kartımıza titreşim testi yapacağız. Aviyonik sistemimizi bir plaka üzerine, plakayı ise vibrasyon aleti üzerine sabitleyeceğiz. Vibrasyon Makinesinin oluşturacağı şiddetli titreşimle beraber aviyonik sistemimizin gereken verileri yer istasyonuna aktarıp aktarmadığını test edeceğiz. Herhangi bir sorun çıkması durumunda donanımsal yenilemeler yapacağız. Her iki testte okulumuz laboratuvarında yapılacaktır.
GPS Testi:	**İvme/Eğim Ölçer Sensör**		
Testi mahalle içerisinde gerçekleştireceğiz. Mahallede belirli yerlerde, bulunduğumuz yerlerin konum verilerini ayrı ayrı alacağız. Daha sonrasında topladığımız verilerin haritadan doğruluğunu kontrol edeceğiz. İstediğimiz doğruluğu elde edemezsek yazılımsal optimizasyon yapacağız.	Testimizi okulumuz laboratuvarında gerçekleştireceğiz. Sabit konumda sensörü farklı eksenlerde hareket ettirerek gelecek olan eğim ve ivme verilerinin hassasiyetini test edeceğiz. Değerlerin doğruluğunu Arduino terminalinden takip edeceğiz. Aldığımız verinin hassasiyetine göre kurtarma sistemi tetikleme yazılımını düzenleyeceğiz.		

Aviyonik Prototip Testi

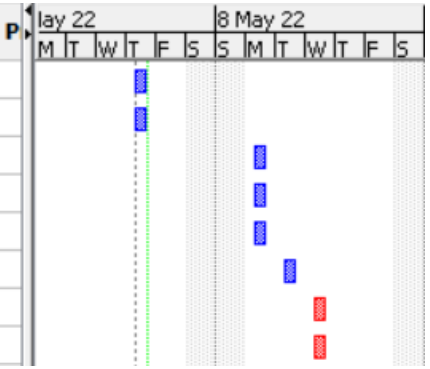


Basınç Test Düzeneğimiz



Titreşim Test Düzeneğimiz

		Name	Duration	Start	Finish	P
1		Barometre Sensör Testi	1 day	5/5/22 8:00 AM	5/5/22 5:00 PM	
2		İvmeölçer Sensör Testi	1 day	5/5/22 8:00 AM	5/5/22 5:00 PM	
3		GPS Testi	1 day	5/7/22 8:00 AM	5/9/22 5:00 PM	
4		Yazılım Algoritma Testi	1 day	5/7/22 8:00 AM	5/9/22 5:00 PM	
5		Kısa Mesafe Haberleşme Test	1 day	5/9/22 8:00 AM	5/9/22 5:00 PM	
6		Uzun Mesafe Haberleşme Tes	1 day	5/10/22 8:00 AM	5/10/22 5:00 PM	
7		İlk Kart Fonksiyonellik Testi	1 day	5/11/22 8:00 AM	5/11/22 5:00 PM	
8		İkinci Kart Fonksiyonellik Test	1 day	5/11/22 8:00 AM	5/11/22 5:00 PM	



Aviyonik Test Takvimimiz

Bütçe

Ürün İsmi	Adet	Birim Fiyat	Toplam Fiyat
Burun Konisi	1	900₺	900₺
Gövde	1	4700₺	4700₺
Ana Paraşüt Kumaşı	1	150₺	150₺
Görev Yükü Paraşüt Kumaşı	1	100₺	100₺
Paraşüt Dikim	2	200₺	400₺
Vidalar	80	1,5₺	120₺
Filament	2	180₺	360₺
Paraşüt İpleri	-	210₺	210₺
Roket Dış Kaplama	1	100₺	100₺
Kanatçıklar	4	125₺	500₺
İç Yapısallar	-	500₺	500₺
-	-	Mekanik Ara Toplam	8040₺
		Elektronik Ara Toplam	13.440₺

Eleman İsmi	Adet/g	Adet/y	Birim Fiyatı	Toplam
Ticari Sistem	1	0	7640	7640TL
Telemetri	4	2	235	141TL
Gps	2	1	90	270TL
Arduino	2	1	340	1020TL
Barometre	1	1	30	60TL
İvmeölçer	1	1	170	340TL
Pil	4	2	120	720TL
DC-DC Dönüştürücü	2	2	25	100TL
Telemetri Usb Stick	1	1	140	280TL
Yer İstasyonu A nteni	1	1	350	700TL
Roket Anteni	1	1	200	400TL
Faydalı Yük Ant eni	1	1	150	300TL
Pil Şarj Koruma Kartı	2	2	50	200TL
			Ara Toplam:	13.440TL
			Genel Toplam	21.480₺

Kontrol Listesi

Gereksinim	Karşılanıyor mu ?	Olumlu mu ?	İlgili sayfa	Karşılama Gerek.	Gereksinim madde no
Yarışmaya katılan yarışmacılardan Yarışma Şartnamesi'nde belirtilmiş olan gereksinimleri karşılayacak bir roket tasarımı yapması, roketi üretmesi…	Evet	+	KTR geneli	Genel Rapor	3.1.2
Yarışmaya Lise Kategorisinde yalnızca lise öğrencileri katılabilir	Evet, takımımızın 7 üyesi de lise öğrencisidir	+	2	Takım Şeması	**3.1.3**
Yarışmaya takım halinde katılmak zorunludur	Evet, Kızkaçıran Roket Takımı 7 kişiden oluşmaktadır.	+	2	Takım Şeması	3.1.8
Takımlar en az altı (6) en fazla on (10) kişiden oluşmalıdır. Alana en fazla 6 takım üyesi gelebilecektir.	Evet, takımımız 7 kişiden oluşmaktadır.	+	2	Takım Şeması	3.1.9

Kontrol Listesi

Gereksinim	Karşılanıyor mu ?	Olumlu mu ?	Karşılama Gerek.	İlgili sayfa	Gereksinim madde no
Her takımın yarışmaya bir (1) danışmanla katılması zorunludur. Takım danışmanı ile ilgili özellikler ilgili maddede açıklanmıştır.	Evet, Takım Danışmanımız Mehmet Aybek'tir.	+	Takım Şeması	2	3.1.11
Bir takım sadece bir kategoriden başvuru yapabilir. İki farklı kategoriden başvuru yaptığı tespit edilen takımlar (ve üyeleri) değerlendirilmeye tabi olmadan yarışmadan elenecektir.	Takımımızın tek başvurusu bulunmaktadır.	+	T3KYS	2	3.1.12
Her takım yarışmaya sadece bir (1) adet roket ile katılabilir.	Evet, Maytap 2 roketimizle katılmaktayız.	+	Yazı	3	3.1.13
Yarışmacılar gerekli görülen hesaplamaları, raporları, sunumları ve ilgili diğer dokümantasyonları Yarışma Komitesinin belirlediği standartlara uygun olarak hazırlamakla sorumludurlar.	Evet, raporumuzdaki tüm denklemler, hesaplamalar vb. dokümanlar yarışma heyeti formatına uygun hazırlanmıştır.	+	Genel Rapor	KTR geneli	3.1.15

Kontrol Listesi

Gereksinim	Karşılanıyor mu ?	Olumlu mu ?	Karşılama Gerek.	İlgili sayfa	Gereksinim madde no
Takımlar, yarışmada görev alacak takım üyeleri ve takım danışmanını tüm raporlarında (ÖTR, KTR, AHR ve ASDR) listelemekle sorumludurlar.	Evet, listelenmiştir.	+	Takım Şeması	2	3.1.22
Takımlar, yarışma komitesinin kendilerine sağlayacağı motoru kullanmakla sorumludurlar.	Evet, L1050 Motoru kullanmaktayız.	+	OpenRocket	3	3.1.23
Danışman aşağıdaki kriterleri sağlamalıdır.	Evet, tüm kriterleri sağlamaktadır.	+	Takım Şeması	2	3.1.24
Takım içerisinde takım kaptanı bulunmalıdır.	Evet, takım kaptanımız Muhammet Fatih Baruğ'dur.	+	Takım Şeması	2	3.1.25
Yarışma süreci boyunca TEKNOFEST yarışmalar komitesi tarafından yapılacak olan tüm bilgilendirmeler takımın iletişim sorumlusu olarak belirlediği kişiye yapılacaktır. Bu sebeple her takım bir iletişim sorumlusu belirlemelidir.	Evet, takım iletişim sorumlumuz Muhammet Fatih Baruğ'dur.	+	T3 Kys	2	3.1.26

Kontrol Listesi

Gereksinim	Karşılanıyor mu ?	Olumlu mu ?	Karşılama Gerek.	İlgili sayfa	Gereksinim madde no
Takımlar, fırlatma sonrası rokete ait tüm bileşenleri (alt bileşenler ve sistemler dahil) ve Görev Yükünü tekrar kullanılabilir şekilde kurtarmaktan sorumludurlar. Kurtarmayı sağlamak için paraşütlerin kullanılması zorunludur.	Evet, paraşütlerle kurtarma sağlanmaktadır	+	Test Görüntüleri	CONOPS	3.2.1.1
Lise Kategorisinde ise tek paraşütle (***Şekil 2'***de gösterilen Yeşil renkli paraşüt) kurtarılırken Görev Yükü tüm kategorilerde roket bileşenlerinden farklı bir paraşütle kurtarılacaktır	Evet, tek paraşütle kurtarma sağlamaktayız	+	Test Görüntüleri	CONOPS	3.2.1.2
Roketler tepe noktasında (apogee noktasında) Görev Yükünü ayırmakla ve birincil paraşütünü (Şekil-1'deki sarı renkli sürüklenme paraşütü) açmakla yükümlüdürler.	Evet, tepe noktasında açılmaktadır	+	CONOPS	CONOPS	3.2.1.4
Roket, tepe noktasına ulaşmadan önce herhangi bir ayrılma gerçekleştiremez (Görev Yükünün bırakılması, paraşütün açılması vb.).	Evet, tepe noktasına ulaşmadan hiçbir ayrılma gerçekleşmemektedir.	+	CONOPS	CONOPS	3.2.1.6
Lise kategorisindeki roketlerin tek bir paraşüt ile kurtarılması sağlanacaktır	Evet, tek bir paraşütle kurtarma sağlanmaktadır.	+	CONOPS	CONOPS	3.2.1.8

Kontrol Listesi

Gereksinim	Karşılanıyor mu ?	Olumlu mu ?	Karşılama Gerek.	İlgili sayfa	Gereksinim madde no
Lise kategorisi için L1050 model motor kullanılmalıdır.	Evet, L1050 motor kullanmaktayız.	+	OpenRocket		3.2.1.11.1
Takımların motor ve motora dair herhangi bir alt bileşen için tasarım ya da üretim yapması kesinlikle yasaktır	Evet, kesinlikle bir tasarım yapılmamıştır	+	Motor Bölümü		3.2.1.14
Lise, Orta ve Yüksek İrtifa kategorilerinde paralel ya da seri kademeli roket tasarımları ve küme	Evet, kademeli tasarım yapılmamıştır	+	OpenRocket		3.2.1.15
Altimetre cihazının şarj edilmesi takımların sorumluluğundadır.	Evet, takım kaptanımız altimetreden sorumlu olacaktır	+	Takım Alan Aksiyon Önlemleri	3	3.2.1.18
Kurtarma işlemini yapan takımların, roketin kurtarılan bileşenleriyle birlikte altimetreyi de değerlendirmek üzere hakem heyetine teslim etmesi ve herhangi bir ek müdahaleye gerek kalmadan altimetreden irtifa verisinin okunabilmesi gerekmektedir.	Evet, ek bir müdahaleye gerek kalmadan veri alınması planlanmıştır.	+	Aviyonik Tasarım		3.2.1.8

Kontrol Listesi

Gereksinim	Karşılanıyor mu ?	Olumlu mu ?	Karşılama Gerek.	İlgili sayfa	Gereksinim madde no
Görev yükü roketten bağımsız olarak kurtarılacak olup rokete ait tüm parçalar bir arada kurtarılacaktır.	Evet, görev yükü ve roket ayrı olarak inmektedir.	+	CONOPS	CONOPS	3.2.1.20
Takımların "Open Rocket Simulation" menüsüne (**Şekil *3***) uygun olarak yörünge benzetimlerini gerçekleştirmesi zorunludur. Open Rocket dosyasına **Şekil *3***'te belirtilen simülasyonu eklemeyen takımlar değerlendirmeye alınmayacaktır.	Evet, tasarımımız buna uygun şekilde yapılmıştır.	+	OpenRocket	3	3.2.1.21
Takımlar Görev Yüklerini "*Unspecified Mass*" ismiyle girmeyecektir. Görev Yükü "PAYLOAD" ismi ile adlandırılıp, kütlesi en az 4000 gram (4 kg) ve tek bir parça olarak girilecektir.	Evet, ismi Payload olarak belirlenmiş ve 4300 gram ağırlık tanımlanmıştır.	+	OpenRocket	47	3.2.1.23
Kurtarma sistemi olarak paraşüt kullanılmalıdır.	Evet, kurtarma sistemi olarak paraşüt kullanılmaktadır.	+	CONOPS	CONOPS	3.2.1.18
Roketin ve parçaların hasar görmemesi için ikincil paraşütle taşınan yüklerin hızı azami 9 m/s asgari 5m/s olmalıdır.	Evet, iniş hızı bu aralıkta tutulmuştur.	+	Paraşüt Düşüş Hızı	Paraşüt	3.2.2.2

Kontrol Listesi

Gereksinim	Karşılanıyor mu ?	Olumlu mu ?	Karşılama Gerek.	İlgili sayfa	Gereksinim madde no
Görev Yükü, roketin parçalarına herhangi bir bağlantısı olmadan (*hiçbir noktaya şok kordonu vb. herhangi bir ekipman ile bağlanmadan*) tek başına kendi paraşütü ile “bağımsız” olarak indirilmelidir.	Evet, kendi paraşütü ile roketin kalanından bağımsız iniş yapmaktadır.	+	CONOPS	CONOPS	3.2.2.5
Paraşüt ayırma işleminde güvenlik sebebiyle ticarî olmayan basınçlı kapların kullanılmasına müsaade edilmeyecektir.	Evet, karabarut kullanmaktayız.	+	Kurtarma Sistemi Bölüm.	39	3.2.2.7
Sahaya piroteknik malzeme getiren takımlar elenecektir.	Evet, Sahaya piroteknik malzeme getirmeyeceğiz. Komite tarafından teslim alacağız.	+	Kurtarma Sistemi Bölüm.	-	3.2.2.9
Sistem üzerinde bulunan haberleşme bilgisayarları yer istasyonuyla anlık konum verisini kesintisiz paylaşacaktır	Evet, sistemimiz bu şekilde tasarlandı.	+	Aviyonik bölüm.	36	3.2.2.12
Her paraşüt birbirinden farklı renkte ve çıplak gözle uzaktan rahat seçilebilir olacaktır	Evet, neon sarı ve kırmızı renkleri seçildi.	+	Paraşüt Böl.	49	3.2.2.13

Kontrol Listesi

Gereksinim	Karşılanıyor mu ?	Olumlu mu ?	Karşılama Gerek.	İlgili sayfa	Gereksinim madde no
Görev Yükünün kütlesi asgari dört (4) kg olmalıdır.	Evet, 4300 gramdır.	+	Görev Yükü Böl.	47	3.2.3.1
Lise, Orta İrtifa ve Zorlu Görev kategorilerinde yarışacak roketlerin ses altı hızlarda (1 Mach'dan düşük hız) uçmaları gerekmektedir.	Evet, ses altı uçmaktayız	+	OpenRocket	3	3.2.4.1
Uçuş kontrol yüzeyleri sabit olmalıdır. Hareketli kontrol yüzeylerine ve aktif kontrol yapılmasına izin verilmemektedir	Evet, hareketli yüzey bulunmamaktadır.	+	Kanatçık Böl.	13	3.2.4.4
Tüm kategorilerdeki roketlerin 0.3 Mach'taki stabilite değeri 1.5 ile 2.5 arasında olmalıdır	Evet, yaklaşık 1,7'dir.	+	OpenRocket	3	3.2.4.5
Rampadan asgari çıkış hızları; Lise Kategorisi için 15 m/s, Orta İrtifa Kategorisi için 25 m/s'dir,	Evet, rampadan çıkış hızımız 24.9 m/s'dir.	+	OpenRocket	3	3.2.4.7
Roketin iç ve dış basıncı dengeli olmalıdır. Basınç dengesini sağlamak için burun ile gövde ön bölgesi arasında, aviyonik sistemlerin bulunduğu gövde parçasında ve gövde arkası ile motor arasındaki gövde üzerinde 3.0-4.5 mm arasında çapa sahip asgari üç (3) delik bulunmalıdır.	Evet, 3.5 mm çapında 3 adet delik bulunmaktadır.	+	Yapısal ve Gövde Böl.	20	3.2.5.1

Kontrol Listesi

Gereksinim	Karşılanıyor mu ?	Olumlu mu ?	Karşılama Gerek.	İlgili sayfa	Gereksinim madde no
Burun omuzluğunun diğer gövdeye girecek kısmının gövde dış çapının en az bir buçuk (1.5) katı olması gerekmektedir	Evet, 1.5 katından fazladır.	+	CAD	15	3.2.5.5
Uçuş bilgisayarı ve görev yükündeki tüm anahtarlar roketin nozülünden azami 2500 mm mesafede olmalıdır	Evet, 2500 mm'den daha yakındır	+	OpenRocket	30	3.2.5.10
Lise kategorisinde asgari bir (1) adet uçuş kontrol bilgisayarı kullanılması zorunludur.	Evet, bir özgün bir ticari sistem kullanmaktayız.	+	Aviyonik	30	3.2.6.3
Özgün uçuş kontrol bilgisayarı geliştiren Lise takımları geliştirdikleri uçuş kontrol bilgisayarını (yedek uçuş kontrol bilgisayarı olarak) ticari bilgisayara (asıl uçuş kontrol bilgisayarı olarak) ilave olarak kullanabilirler. Bunu tercih eden Lise takımları özgün tasarım ödülü değerlendirmesine alınacaktır.	Evet, özgün sistem de kullanmaktayız.	+	Aviyonik	30	3.2.6.5
Sistemde kullanılan uçuş kontrol bilgisayarlarının arasında herhangi bir elektriksel veya kablosuz bağlantı olamaz.	Evet, bir bağlantı bulunmamaktadır.	+	Aviyonik	30	3.2.6.9
Kullanılan uçuş kontrol bilgisayarları birbirinden tamamen bağımsız olmalıdır. Her bilgisayarın kendisine ait işlemcisi, sensörleri, güç kaynağı, kablolaması olmalıdır.	Evet, her bilgisayarın kendi sistemi bulunmaktadır.	+	Aviyonik	30	3.2.6.10

Kontrol Listesi

Gereksinim	Karşılanıyor mu ?	Olumlu mu ?	Karşılama Gerek.	İlgili sayfa	Gereksinim madde no
Uçuş kontrol bilgisayarlarında en az iki (2) adet sensör bulunmalıdır ve uçuş control algoritmasında bu sensörlerden gelen veriler kullanılmalıdır	Evet, 2'den fazla system bulunmaktadır.	+	Aviyonik	39	3.2.6.13
Bütün uçuş kontrol bilgisayarında en az bir (1) adet basınç sensörü olmak zorundadır.	Hem özgün hem ticari sistemde bulunmaktadır.	+	Aviyonik	31	3.2.6.14
Uçuş kontrol algoritmasında GPS'den gelen veriler ile ayrılma sistemi tetiklenmemelidir.	Evet, barometre ve gyro sensörü ile tetiklemekteyiz.	+	Aviyonik	31	3.2.6.16
Kurtarma sistemleri istemsiz olarak aktif konuma gelmemelidir.	Evet, koruma protokolleri vardır.	+	Aviyonik	31	3.2.6.19
Atış günü roket aviyonikleri aktifleştirildikten sonra ekiplerin yer istasyonları ile iletişim kurmak için azami iki (2) dakika süresi olacaktır. Bu sürenin sonunda sistemlerin açılıp kapatılmasına izin verilmeyecektir. İki (2) dakika sürenin sonunda sağlıklı bir haberleşme sağlayamayan ekiplerin kararı vermeleri halinde roketlerini rampadan indirip yarışmadan çekilebileceklerdir.	Evet, sistemimiz geçen sene de 15 saniyede aktif hale gelmiştir.	+	Aviyonik	-	3.2.6.21.2
Roketin üzerinde bulunan uçuş bilgisayarları roket rampada iken anahtarlar açılarak kontrol edilmelidir.	Evet, kontrol edilecektir.	+	Aviyonik	-	3.2.6.25

Kontrol Listesi

Maytap 2 Roketimiz şartnamede verilen KTR maddeleri de dahil olmak üzere tüm maddeleri karşılamaktadır.

HTEA
Hata Türleri ve Etkileri Analizi

	Öge/Fonksiyon	Fonksiyon Tanımı	Hata Türü	Hata Nedeni	Ömür/ Görev Evresi	Hata Etkisi		Hata Tespit Yöntemi	Mevcut Tasarım Kontrolleri		Alınan Tedbirler	Şiddet Puanı (S)
2												
3	İncelenen öge ve süreç adımı nedir? *(Rokete ait ürün ağacı üzerinden giderek, kritik her kalem için meydana gelebilecek hatalar incelenmeli ve listelenmelidir.)*	Fonsiyonun gerçekleşmesi için gereken nedir?/ Fonksiyon tanımı nedir?	Tanımlanmış gereksinimin sağlanamama durumu nedir? *(Hatanın ne olduğu tanımlanacaktır)*	Hatanın oluşmasına sebep olan yetersizlikler/olaylar nelerdir? *(Aynı hata türü farklı sebeplerden oluşabiliyor ise, farklı sebepler için ayrı satırlarda hatayı tek tek ele alınız.)*	Hatanın gözlemlendiği ömür/ görev evresi nedir? -Depolama -Taşıma -Rampaya Yükleme ve Ateşleme hazırlık -Uçuş *(Aynı hata türü sistemin farklı ömür evrelerinde gözlenebiliyor ise, bu ömür evreleri için ayrı satırlarda tek tek ele alınız.)*	**Yerel Etki** *(Hata türünün kendi üzerindeki etkisi)*	**Son Etki** *(Hata türünün görev başarımı ve Değerlendirme Komitesi beklentileri üzerindeki etkisi)*	Söz konusu görev evresinde hatanın tespiti ne şekilde olmakta? *(Periyodik test, ölçüm, muayene, kullanıcıyı görsel ve/veya işitsel yollarla uyaran işaretler, insan-kullanıcı arayüzlerinde yer alan uyarı mesajları, gözle muayene vb)*	**Önleyici (P)** Hata türünü ve/veya hata nedenini engelleyen mevcut kontroller nelerdir?	**Tespit Edici (D)** Hatanın tespit edilmesini sağlayan mevcut kontroller nelerdir?	Hata oluştuktan sonra hatanın etkisini ortadan kaldıran ya da azaltan tasarım tedbirleri nelerdir? *(Yedekleme, başka bir sistemin devreye girmesi, algoritmada alınan önlemler vb.)*	Görev başarımı ve Değerlendirme Komitesi beklentileri açısından bu etki ne derece önemlidir?
4	Kırılır Pin	Birleşme noktalarında açıklık kalmadığından emin olmak	Zamansız kırılma	Neme maruziyet, yapısal bozulma	Uçuş	Kırılır pinin zamansız kırılması	Roket tırmanıştayken ayrılarak hedef irtifaya ulaşamaması	Test verileri	Mukavemetinin arttırılması, yüksek yoğunlukla yeniden basılması(3B yazıcı)	Alan öncesi mukavemet-patlama testleri	Birden fazla farklı yoğunlukta model ile test edilmesi	7
5	Kırılır Pin	Birleşme noktalarında açıklık kalmadığından emin olmak	Kırılmayarak ayrılmaya izin vermemesi	Kırılır pinin yüksek mukavemet göstermesi	Uçuş	Kırılır pinin kırılmaması	Roketin kurtarmasının gerçekleştirilememesi	Test verileri	Mukavemetinin düşürülmesi, düşük yoğunlukta tekrar basılması (3B yazıcı)	Alan öncesi mukavemet-patlama testleri	Birden fazla farklı yoğunlukta model ile test edilmesi	7
6	Görev Yükü	4 kilogramlık yük	Gövde içerisindeki serbest hareketi	Roketimizde meydana gelen yüksek ivmelenme sonucunda faydalı yükün serbest hareketi	Uçuş	Serbestçe hareketi ve hasar alması	Zamansız ayrılma sonucunda sistemlerin zarar görmesi veya hedef irtifaya ulaşamama	Görsel muayene ve periyodik test	Kırılır pinlerle gövde dışından sabitleme, merkezleme halkaları ve omuzluk arasında hareketini sınırlandırma	Karabarut testleri sonucunda ayrılıp ayrılmadığı test edilecek	Kırılır pinlerin doluluk oranlarının arttırılması	7
7	Bulkhead	Ara duvar görevi görme	Bulkheadlerin patlama etkileriyle yerlerinden çıkmaları	Vidaların inceliği-kısalığı	Uçuş	Vida hasarları ve bulkheadin çıkması	Sistemlere hasar vermesi	Test verileri	Yüksek mukavemete sahip olan vidalar kullanılması	Alan öncesi mukavemet-patlama testleri	Vida sayısının arttırılması ve çapının kalınlaştırılması	5
8	Cıvata	Bütünleştirici unsur	Paslanması	Neme maruziyet	Depolama, Taşıma	Mukavemet eksikliği	Yapısal bütünlüğün yitirilmesi	Görsel muayene	Paslanmaz cıvata kullanımı	Nem testleri	Yedek bir bağlantı elemanının kullanımı	7
	Kanatçıklar	Roketin stabil uçuşunu	Yanlış açıda montajı	Açılan yuvadaki yamukluk, montaj	Taşıma, Ateşe Hazırlık	Yok	Roketin istikametinden şaşması	Görsel muayene, ölçüm	Kanatçıklara açılan yuvaların yüksek dikkatle yapılması ve	Montaj testleri	Açılan yuva doğruluğunun alandan önce tekrar ve tekrar test edilmesi	7

HTEA
Hata Türleri ve Etkileri Analizi

9	Kanatçıklar	Roketin stabil uçuşunu sağlamaktadır	Yanlış açıda montajı	Açılan yuvadaki yamukluk, montaj hatası	Taşıma, Ateşe Hazırlık	Yok	Roketin istikametinden şaşması	Görsel muayene, ölçüm	Kanatçıklara açılan yuvaların yüksek dikkatle yapılması ve test edilmesi	Montaj testleri	Açılan yuva doğruluğunun alandan önce tekrar ve tekrar test edilmesi	7
10	Kurtarma sistemi	Roketin tekrar kullanılabilmesini, başarıyla inişini sağlar	Zamansız patlama	Elektrik iletkenliği	Uçuş	Kurtarma sistemi hasarı	Zamansız ayrılma sonucunda sistemlerin zarar görmesi veya hedef irtifaya	Test verileri	Yuvanın yalıtkan malzemeden imal edilmesi	Elektrik testleri	Barut yuvasının haricen yalıtkan malzeme ile kaplanması	7
11	Paraşüt ipleri	Paraşütlerin rokete bağlı kalmasını sağlar	İplerin yanması, tutuşması	Ateşlenme	Uçuş	Kurtarma sistemi hasarı	Paraşütlerin kopması sonucunda sert düşüş	Muayene	Paraşüt iplerinin tutuşmaya dayanıklı olması	Kurtarma sistemi testleri	Yanmaz materyallerle kaplanması	10
12	Batarya	Aviyoniğe güç sağlaması	Pilin bozulması, Hücre ölmesi	Pilin dengesiz kullanımı ve şarjı	Alana gelmeden önce test aşamasında	Pilin bozulması veya deforme olması	Kurtarma sisteminin tetiklenmemesi	Uyarıcı devre elemanı	Anılık akım ve voltaj değerleri elemandan takip edilir	Değerler tehlikeli dereceye gelince şiddetli sesle uyarır	Yedek aviyoniğin devreye girmesi	7
13	Batarya	Aviyoniğe güç sağlaması	Temassızlık	Güç sisteminin titreşimden etkilenmesi	Uçuş	Rokette bulunan aviyoniklerin çalışmaması	Kurtarma sisteminin tetiklenmemesi	Verilerde zayıflık	Yollarla kabloların ve klemenslerle uçların sabitlenmesi	Uçuş öncesi yer testleri	Yollarla kabloların ve klemenslerle uçların sabitlenmesi	7
14	Uçuş bilgisayarı	Uçuşun yönetimi	Temassızlık	Hatalı montaj, gövdede deformasyon, üretim hatası	Uçuş	Yerel sensörün veya elemanın çalışmaması	Gerekli görevlerin tetiklenmemesi	Uçuş öncesi temas testi	Baskı devre kartının hazırlanması	Uçuş öncesi temas testi	Baskı devre kartının hazırlanması	6
15	Görev yükü bırakma tetikleyicisi	Görev yük görevini yerine getirmesi	Tetiklenmemesi	Yetersiz veya kesik sinyal	Uçuş	Yok	Genel görevin yerine getirilememesi roketin çakılması	Telemetri verileri	Tetiklenmenin tek noktada değil belli değer aralıklarında tetiklenmesi	Birim ve Entegrasyon testleri	Sistemin çalışmaya devam edilebilecek durumda olması	8
16	GPS sensörü	Konum tespiti	Değerlerin tutarsızlığı	Kalibrasyonun yapılmaması	Rampaya Yükleme ve Ateşleme hazırlık	görevlerin yanlış değerlendirilmesi	Roketin konumunun yanlış tespit edilmesi nedeniyle kurtarılamaması	Telemetri verileri	Kalibrasyon yapılması	Uçuş öncesi yer testleri	Sistem tam açıldıktan sonra sistem kendini kalibre edicektir	9
17	Barometre	İrtifa tespiti	Değerlerin tutarsızlığı	Kalibrasyonun yapılmaması	Rampaya Yükleme ve Ateşleme hazırlık	görevlerin yanlış değerlendirilmesi	Kurtarma sisteminin yanlış zamanda devreye girmesii	Telemetri verileri	Kalibrasyon yapılması	Uçuş öncesi yer testleri	Sistem tam açıldıktan sonra sistem kendini kalibre edicektir	9
18	İvme	İrtifa tespiti	Değerlerin tutarsızlığı	Kalibrasyonun yapılmaması	Rampaya Yükleme ve Ateşleme hazırlık	görevlerin yanlış değerlendirilmesi	Kurtarma sisteminin yanlış zamanda devreye girmesii	Telemetri verileri	Kalibrasyon yapılması	Uçuş öncesi yer testleri	Rampaya yerleştirirken elle kalibrasyonu yapılacaktır	7
19	Telemetri anteni	Telekomünikasyon	Temassızlık	Hatalı montaj	Alana gelmeden önce test aşamasında	sinyal gecikmesi, kopukluğu	Roketten yer istasyonuna verilerin gecikmeli gelmesi	Uçuş öncesi temas testi	Anten konnektörünün değişimi ve montajı	Uçuş öncesi temas testi	Anten konnektörünün değişimi ve montajı	8
20	Telemetri anteni	Telekomünikasyon	Sinyal soğrulması	Hatalı konumlandırma	Alana gelmeden önce test aşamasında	sinyal çekim alanı azalması	Belli bir mesafeden sonra veri kaybı	Telemetri verileri	Gövdeye açılan kapakçığın hacmini büyütmek	Kapakçık entegrasyon testleri	Anteni açılan kapakçının en dibine konumlandırmak	8

HTEA aynı zamanda .zip uzantılı dosyada verilmiştir.