TEKNOFEST 2022
Dikey İnişli Roket Yarışması
Atışa Hazırlık Raporu (AHR)
Sunuşu
OMÜ TANYELİ ROKET TAKIMI

Takım Yapısı

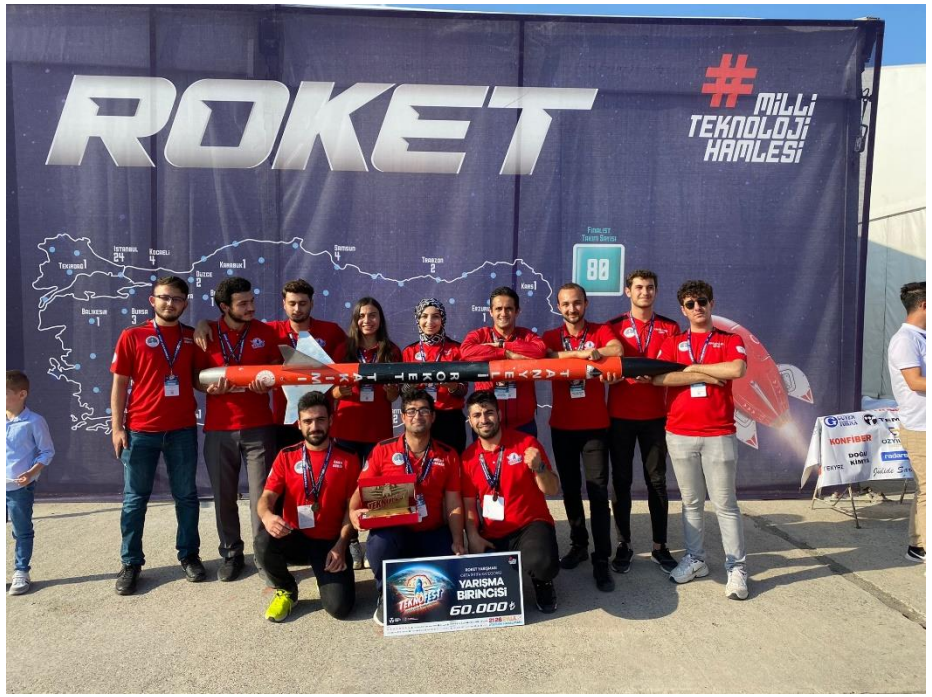
Doç. Dr. Çetin KURNAZ (TAKIM DANIŞMANI)
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Telekomünikasyon, Elektromanyetik Alanlar ve Mikrodalga Tekniği

Tayfun ÇOBANOĞLU
HAVACILIK VE UZAY MÜHENDİSLİĞİ 4. SINIF
TASARIM VE CAD SORUMLUSU
TAKIM KAPTANI

Ömer BEKİR
HAVACILIK VE UZAY MÜHENDİSLİĞİ
ANALİZ VE ÜRETİM SORUMLUSU
4. SINIF

Ömer Faruk ŞAHİN
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
TASARIM VE CAD SORUMLUSU
MEZUN

Recep KARAER
HAVACILIK VE UZAY MÜHENDİSLİĞİ
ANALİZ VE ÜRETİM SORUMLUSU
4. SINIF



Ömer KURT
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
GÖMÜLÜ SİSTEM VE KONTROL
4.SINIF

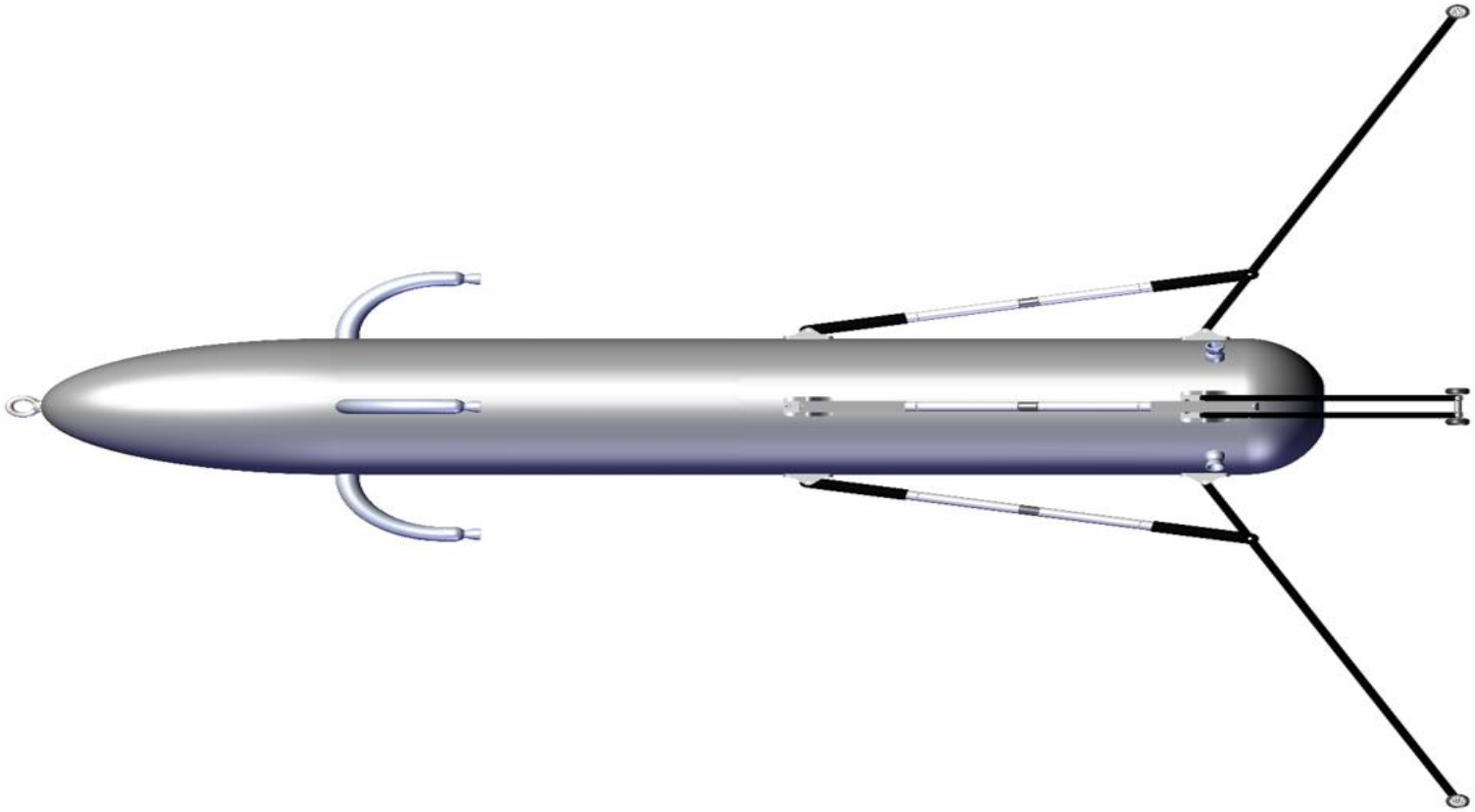
Deniz Can AYKURT
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
ELEKTRONIK TASARIM VE ALGORITMA
4.SINIF

Hazal KARA
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
DONANIM TASARIM SORUMLUSU
4.SINIF

Ömer Faruk ARSLAN
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
DONANIM TASARIM SORUMLUSU
MEZUN

Genel Tasarım

Genel Tasarım



Yarışma Roketi Genel Görünümü

Genel Tasarım

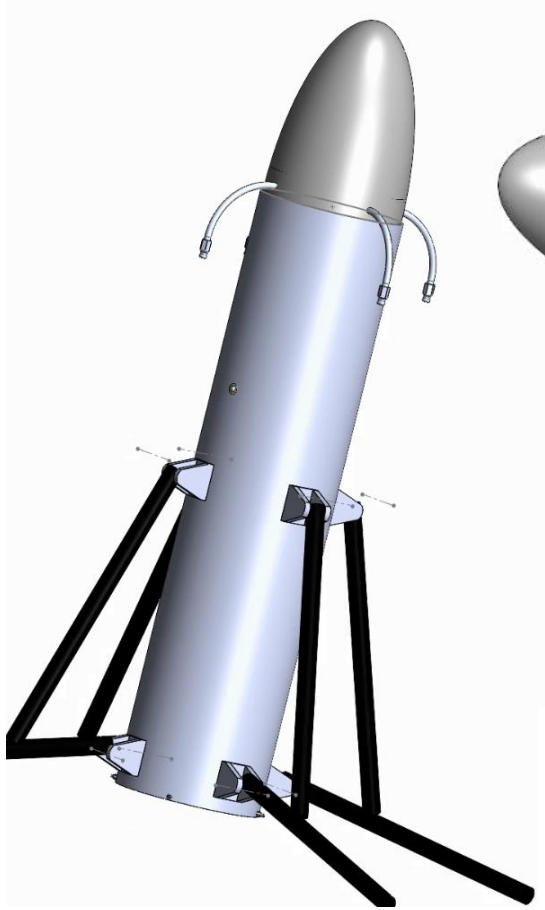
YARIŞMA ROKETİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER		
İstenen	**Değer**	**Yorum**
Boy (metre):	1.08	Roketimizin boyu hesaplanabilir iç basınç sistemine göre ideal bir şekilde hesaplanmıştır
Çap (metre):	0.222	İçerdeki sistemlerin rahat ve optimum seviyede çalışabilmesi için bu çap tercih edilmiştir.
Statik Marjin :	1.28	Stabil bir şekilde inmesi için Statik marjin mutlak değeri oldukça küçük ayarlanmıştır.
Roket Toplam Kütlesi (Dolu) (kg) :	19.87	Debi değişimiyle son kütle (Boş); 18 kg
Roket Atalet Momenti Matrisi:	$[I_x; I_y; I_z] =$ [6.8;127.02;127.02]	Roket hem y hem z eksenine göre simetrik olduğundan I_xz=I_xy=I_yz=0,I_y=I_z
Gaz Tank Hacmi (L) :	9	Gaz tank hacmi hem üstler için hem alt iticiler için iniş sırasında yetecek kadar seçilmiştir.
Gaz Tank Dolum Basıncı (Bar) :	300	Tank doldurulması için basınç farkı oluşması adına dolum basıncı tank basıncında yüksek ayarlanmıştır.

Tahmin Edilen Uçuş Verileri ve Analizleri		
İstenen	**Değer**	**Yorum**
İtki Başlangıç irtifası :	20	Roket bırakıldıktan sonra ivme 0.3 m/s^2 olduğunda pnömatik sistem aktif olacaktır.
En yüksek İvme (a_{max}):	19.62	Güvenlik katsayısı ile beraber rokette yerçekiminin 2 katı ivmelenme etkiyecek gibi tasarım yapılmıştır.
En Yüksek Hız(m/s):	11	Y eksenindeki kuvvetlerin farkından oluşan ivmenin maksimum yarattığı hızdır.
Belirlenen İrtifa(m):	20	Vincin roketi bıraktığı irtifadır.

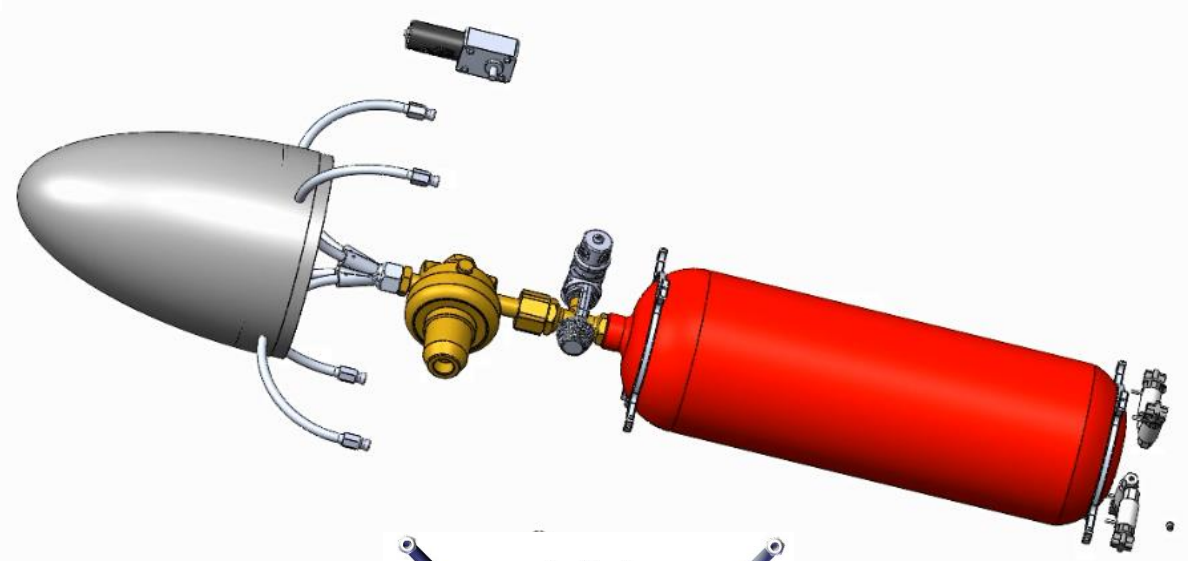
İtki Sistemi		
İstenen	**Değer**	**Yorum**
Lüle sayısı :	4	Z ekseninde itki uygulayabilmek için 4 lüle ayarlanmıştır.
Tek Bir Lülenin İtki Kuvveti :	50N	Ağırlığa karşı itki kuvveti roketi yavaşlatmak için lüleler tasarlanmıştır. Lüleler en fazla 100 N verebilmektedir.
Lüle Tasarım Mach Sayısı :	1-3.05	İtki kuvveti lüle çıkış hızına bağlıdır. Bu yüzden mach sayısı 3 bulunmuştur
Lüle Giriş Basıncı (Bar) :	40	Tanktan gelen yüksek basınçlı hava regülatörden geçerken hava basıncı lüleye uygun bir değere azaltılmaktadır.
Toplam Kütlesel Debi (kg/s) :	0.213	Görevin 3 saniye sürmesi hesaplanmaktadır. 3 sn boyunca yakıtın yetmesi için en fazla 0.233 kg/s debi olmalıdır.

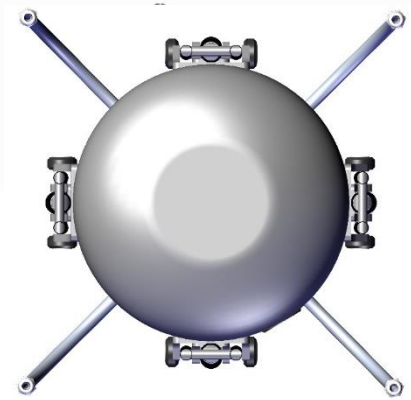
Güdüm Kontrol Sistemi		
İstenen	**Değer**	**Yorum**
Ağırlık Merkezi (CG) etrafındaki Moment Vektörü:	4 Nm	Güdüm lüleleri özdeştir. 1 güdüm lülesi çalıştığında ağırlık merkezine etkiyen maksimum moment 4 Nm'dir.
(Zorunlu) Aktif Kontrol Sistem Tasarımı (Adet)	4	Selenoidlerden ve lülelerden oluşan sistemdir.
(Zorunlu değil) Pasif Kontrol Sistem Tasarımı	0	Yapılan hesaplara dayanarak, ihtiyaç duyulmadığı için tasarımda pasif itki sistemi tercih edilmemiştir.

Genel Tasarım



Genel CAD Görseli





Roket Alt Görünümü CAD

Entegrasyon CAD videosu linki; https://youtu.be/vBozSEyMXa4

Pnömatik Sistem Entegrasyon Videosu; https://youtube.com/shorts/-q2H9CbA7UI?feature=share

Operasyon Konsepti (CONOPS)

İşlem Sırası	Süreç Kodu	Görevli Personel(ler)	Süreç Tanımı	Risk Faktörleri	Alınan Önlemler
1	AÖ1	Ömer B. Ö. Faruk Ş.	Tank, tank dolum arayüzü, roketin ağılık merkezinin, alt sistemlerin ve itki sistemlerinin kontrolü.	Herhangi bir parçada deformasyonun tespiti.	Tüm roketin yedek parçaları bulundurulacaktır. Hakemlerin izin vermesi durumunda parça değişimi yapılacaktır, izin verilmemesi halinde 2. veya 3. eşdeğer roketler ile yarışmaya devam edilecektir.
2	AÖ2	Tayfun Ç. Recep K.	Tank dolumunun yapılması. Roketin son kontrollerinin yapılması ve hakemlerden uçuşa hazır onayının alınması.	Dolum arayüzünde dış etkenler kaynaklı yapısal sorun oluşması.	Tank dolum arayüzünün yedeğinin bulundurulması.
3	AÖ3	Recep K. Ö. Faruk Ş.	Roketin atış alanına sandık ile güvenli bir şekilde taşınması.	Taşıma sırasında iniş takımlarının hasar görmesi.	İniş takımlarının katlı ve kapalı şekilde taşınması.

Tablo: *Atış Öncesi Süreç Tablosu*

Operasyon Konsepti (CONOPS)

İşlem Sırası	Süreç Kodu	Görevli Personel(ler)	Süreç Tanımı	Risk Faktörleri	Alınan Önlemler
4	AÖ4	Recep K. Tayfun Ç.	Roket mapasının vinç kancasına takılması. Güvenli ayrılma konektörünün rokete bağlanması. Roket enerjilendirme şalterinin açılması ve roketin enerjilendirilmesi.	Rokete enerji gitmeme durumu İlgili firmanın olası üretim hatası sonucu roketteki konektörün, vinç konektörüne uyuşmaması	Işıklı şalter ve buzzer kullanılması. Roketteki konektörün, yedeği ile değiştirilmesi
5	AÖ5	Ö. Faruk A.	Roketin vinç ile 20 metreye çıkarılması. Lazer metre yardımıyla 20 metre irtifanın teyit edilmesi.	Yanlış ölçüm alınması. Gün ışığında lazerin iyi ölçüm yapamaması	Gün ışığında en az 40 metre ölçüm yapabilen güçlü bir lazer metre kullanılması.

Tablo: *Atış Öncesi Süreç Tablosu - Devamı*

Operasyon Konsepti (CONOPS)

İşlem Sırası	Süreç Kodu	Görevli Personel(ler)	Süreç Tanımı	İrtifa	Risk Faktörleri	Alınan Önlemler
1	OS1	Hazal Kara	Vinç kancasının açılması, roketin serbest düşmeye başlaması ve güvenli ayrılma konektörünün kopması ile roket kontrolcüsü voltajının artması.	20	Ayrılma anında roketin sallanması	Otopilot algoritmasının önce güdümü çalıştırması
2	OS2	Ömer Kurt	Oto pilot algoritmasının devreye girmesi. Dikey hareket başlangıcı ile ivme ölçer sensörden gelen veriler (0.3 m/s^2) sonucu güdüm sisteminin başlaması.	20	Sensörün hatalı veri alması	İki kademeli filtreleme yazılımı ile hatanın en aza indirilmesi. Yakınsama algoritmaları ile hata payının düşürülmesi
3	OS3	D. Can Aykurt	Yatayda 10 m/s rüzgar etkimesi ile güdüm sisteminin açısal değişimleri düzeltmesi.	20-0	10 m/s ‘den fazla rüzgar etkimesi	Güdüm lüleleri 25 m/s rüzgarda düzelme yapabilecek momenti uygulayabilmektedir.

Tablo: *Operasyon Süreci Tablosu*

Operasyon Konsepti (CONOPS)

İşlem Sırası	Süreç Kodu	Görevli Personel(ler)	Süreç Tanımı	İrtifa	Risk Faktörleri	Alınan Önlemler
4	OS4	Ömer Kurt	Navigasyon algoritmasından gelen bilgiler doğrultusunda dikey kontrolün başlatılması ve hedeflenen irtifa ile olan farka göre dikey hızın sıfıra yaklaştırılması.	20 - 10	Yakıtın yetmeme riski	Roket kütlesi azaltılmış ve ihtiyaç duyulan itki düşürülmüştür.
5	OS5	Ö. Faruk Aslan	Son yaklaşma hareketi ve yumuşak dokunuş tespit edilene kadar dikey itkinin %25 sabit güç ile devam ettirilmesi	10 - 5	Yaklaşmanın yanlış algılanması	Algoritmaya ek olarak lidar eklenmiş ve ek güvenlik önlemi alınmıştır.
6	OS6	Hazal Kara	Yere 5 m kala hızın 0.3 m/s ‘ye düşürülmesi, bu hız ile inişe devam edilmesi, yer yüzeyine yumuşak inişin tamamlanması ve oto pilot algoritmasının durması	5 - 0	Hızın azaltılamaması ve ser tiniş	Her bir iniş takımı roketin ağırlığının 2 katı kütleyi taşıyabilecek dayanımdadır.

Tablo: *Operasyon Süreci Tablosu - Devamı*

Operasyon Konsepti (CONOPS)

İşlem Sırası	Süreç Kodu	Görevli Personel(ler)	Süreç Tanımı	Risk Faktörleri	Alınan Önlemler
1	İS1	Hazal KARA	Uçuş boyunca alınan tüm bilgilerin uçuş bilgisayarı üzerindeki SD kartta depolanması, uçuş sonunda yorumlanması.	SD kartta arıza olması	Kritik verilerin SD karta ek, eepromda depolanması
2	İS2	Yapısal Ekibi	Güvenli ve sağlam inişin ardından, 1 dakika güvenlik için beklenecektir.	1 dakikanın yetersiz olması	Uzaktan görsel gözlem
3	İS3	Recep KARAER	Roket enerjilendirme şalterinin kapatılması.	Gücün kesilmemesi	Güvenli bekleme
4	İS4	Tayfun ÇOBANOĞLU	Roketin sağlam bir şekilde kurtarılması. Yapısal bütünlük kontrollerinin yapılması.	Rokette yapısal deformasyon oluşması	Atışın yedek roketler ile tekrarı
5	İS5	Ö. Faruk ŞAHİN	Roketin kütlesinin ölçülmesi. Roketin taşınmasının risk teşkil etmediğinin teyidi.	Tankta beklenenden fazla gaz bulunması	Ayarlı regülatör ile gazın güvenli tahliyesi
6	İS6	Ömer BEKİR Recep KARAER	Roketin güvenli bir şekilde atış alanından çıkarılması.	İniş başarısız olursa tankın hasar görmesi	Tank sabitleyiciler ile tankın güvenliği

Tablo: *İniş Sonrası Süreç Tablosu*

Operasyon Konsepti (CONOPS)

Yedek Parça Kodu	Yedek Parça İsmi	Adet	Yedek Parça Gereksinimi Doğuracak Risk Faktörünün Süreç Kodu
YP01	Dolum arayüzü	1	AÖ1
YP02	Burun Konisi	1	AÖ3
YP03	İniş Takımı	1	AÖ3
YP04	Roket Enerjilendirme Şalteri	1	AÖ4
YP05	Güvenli Ayrılma Konektörü	1	AÖ4
YP06	Tüm alt sistemlerin birer tane yedeği	1	Samsun'dan Ankara'ya roketin nakliyesi sırasında oluşabilecek hasarlar

Tablo: *Yedek Parça Envanteri Tablosu*

Operasyon Konsepti (CONOPS)

İsim – Soyisim	Görevli Olduğu Süreç Kodları	Görevli Olduğu Süreç Sayısı	Görevlinin Tasarımdaki Rolü
Tayfun ÇOBANOĞLU	AÖ2, İS4, İS2	3	Mekanik ve pnömatik sistem tasarımı, CAD çizimleri
Ömer BEKİR	AÖ1, AÖ4, İS6, İS2	4	Tasarıma uygun ekipmanların bulunması ve temini, Tasarım analizleri
Recep KARAER	AÖ2, AÖ4, İS3, İS6	4	Tasarım Analizleri , Üretim ve montaj
Ömer Faruk ŞAHİN	AÖ1, AÖ3, İS5, İS2	4	Raporlama, Üretim ve montaj
Ömer Faruk ASLAN	AÖ5, ÖS5	2	Donanım tasarımı ve entegrasyon
Deniz Can AYKURT	OS3, İS2	2	Elektronik tasarım ve algoritma
Hazal KARA	OS1, OS6, İS1	3	Donanım tasarımı ve entegrasyon
Ömer KURT	OS2, OS4	2	Gömülü sitem ve yazılım

Tablo: *Görev Dağılımı Tablosu*

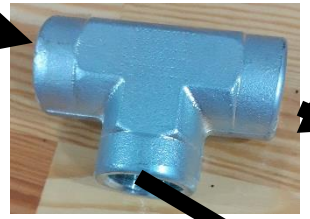
Roket Alt Sistem Detayları

Pnömatik Sistem Tasarımı

1- Kompresör

2- Dolum Kablosu

3– Dolum Arayüzü



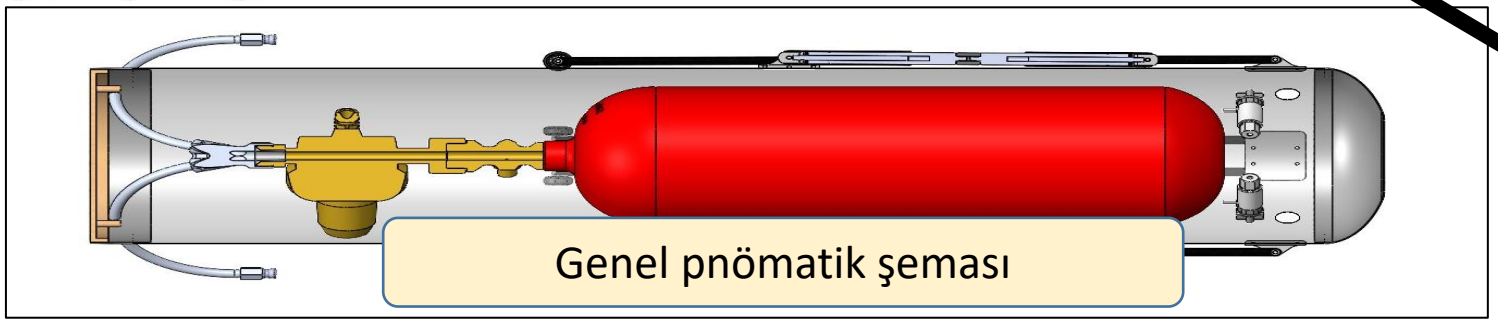
4- T Bağlantı

5- Rekor

6- T Bağlantı

7- Tank

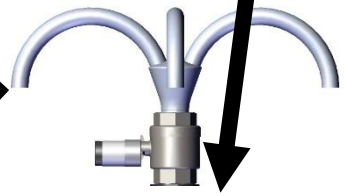
8- Basınç Regülatörü



Genel pnömatik şeması

11 - Güdüm Regülatörü

10- İtki Lülesi

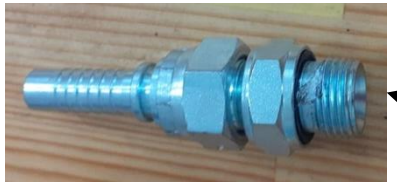


9- İtki Manifoldu

12- Basınç Borusu

13- Rekor

14- Selelonid Valf



15- Güdüm Lülesi

Pnömatik Sistem Tasarımı - Detay

Kritik Tasarım	Güncel Tasarım	Yapılan Değişikliğin Açıklaması
Dinlenme Odası	Kaldırıldı	Piyasada tasarıma uygun 2 çıkışlı hazır tank veya dinlenme odası muadili bulunmamaktadır. Elle üretimin hakem heyeti tarafından riskli bulunabileceği, özel üretimin ise yüksek maliyeti sebebi ile dinlenme odası roket tasarımından çıkarılmıştır
Akış Kontrol Valfi	Kaldırıldı	KTR tasarımında, DC motor ile akış kontrol valfinin açılması ve gaz akışının başlatılması planlanmıştır. Güncel tasarımda gaz akışı, regülatör vanasının DC motor ile kontrolü sayesinde başlatılacaktır. Akış kontrol valfinin kullanılmasına gerek kalmamış ve kaldırılmıştır. Maliyet ve kütle tasarrufu sağlanmıştır.
Güdüm Regülatörü	Değiştirildi	AHR aşamasında yapılan araştırmalarda, 300 bar basıncı 10 bara düşürebilen, dalgıçların kullandığı regülatör bulunmuştur. Ürün üzerinde hazır 4 adet çıkışın olması, 4 çıkışa eşit basınç dağılımı olması ve hafifliği sebebi ile tercih edilmiştir. Bu değişiklik tasarımın kütlesi azaltılmıştır. Aynı zamanda güdüm manifolduna ihtiyaç kalmamıştır.
Güdüm Manifoldu	Kaldırıldı	Değiştirilen güdüm regülatörü sayesinde, regülatör üzerinde bulunan 4 çıkışta eşit basınç dağılımı olmaktadır. Regülatör manifoldun görevini yerine getirebilmektedir. İhtiyaç kalmadığı için güdüm manifoldu kaldırılmıştır. Bu sayede maliyet ve kütle tasarrufu sağlanmıştır.

Tablo: *Pnömatik Sistem Güncelleme Tablosu*

Pnömatik Sistem Tasarımı - Detay

Kritik Tasarım	Güncel Tasarım	Görsel
Dinlenme Odası	Kaldırıldı	
Akış Kontrol Valfi (Hidrolik Küresel Vana)	Kaldırıldı	
Güdüm Manifoldu	Kaldırıldı	
Güdüm Regülatörü	Değiştirildi	→

Tablo: *Pnömatik Sistem Güncelleme Tablosu - Görseller*

Pnömatik Sistem Tasarımı - Detay

Ürün Adı	Ürün Kodu	Giriş Çapı (mm)	Çıkış Çapı (mm)	Maksimum Operasyon Basıncı [bar]	Maksimum Operasyon Sıcaklığı [°C]	Çalışma Basıncı [bar]	Çalışma Sıcaklığı [°C]	Debi Geçirgenliği [m^3/saat]	Adeti	Birim Kütlesi (kg)
Tank	PN01	180	26	400	300	300	166.7	673	1	5.640/7.516
Ana İtki Regülatörü	PN02	30	30	350	175	300-40	166.7	714	1	5
İtki Manifoldu	PN03	25	18	60	200	40	166.7	653	2	0.428
İtki Lülesi	PN04	18	08	16 Mpa	600	40	166.7	163.2	4	0.0031

Tablo: Pnömatik Sistem Ürün Ağacı Tablosu
Ürün katalogları 'EKLER' klasöründe paylaşılmıştır.

Pnömatik Sistem Tasarımı - Detay

Ürün Adı	Ürün Kodu	Giriş Çapı (mm)	Çıkış Çapı (mm)	Maksimum Operasyon Basıncı [bar]	Maksimum Operasyon Sıcaklığı [°C]	Çalışma Basıncı [bar]	Çalışma Sıcaklığı [°C]	Debi Geçirgenliği [m^3/saat]	Adeti	Birim Kütlesi (kg)
Regülatör	PN05	5.65	8.25	40	170	10	37	114	1	0.720
Selenoid	PN07	16	16	45	80	21	132	107	4	0.120
Güdüm Lülesi	PN08	160	8	160	600	40	166.7	160	4	0.002

Tablo: Pnömatik Sistem Ürün Ağacı Tablosu - *Devamı*
*Ürün katalogları '**EKLER**' klasöründe paylaşılmıştır.*

Pnömatik Sistem Testleri

DENEY PROTOKOLÜ

Tarih: 19/07/2022

Yer: ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ TEKNOMÜ TEKNOLOJİ LABARATUVARI

İşlem: SIZDIRMAZLIK TESTİ

Test Konsepti: Kuru hava tankının doldurulması ve basınç farkı tespiti.

Deney Düzeneği ve Yapılışı:

Roketin kuru hava tankı güvenli önlemlerle sabitlendikten sonra 300 bar dolum yapılarak belirli bir süre beklendi, sonrasında herhangi bir basınç kaybı olup olmadığına bakılmıştır ve bu test 5 defa tekrarlanmıştır. Bu testin farklı ortam sıcaklıkları ve farklı yükseltilerde denenerek basınç kaybının tolerans değeri gözlemlenmiştir. Test sonucunda sızdırmazlık testleri başarılı bir şekilde gerçekleşerek basınç kaybı olmadığı gözlemlenmiştir. Testlerin bazılarında ortam koşulunun farklı olması ve testler yapılırken dolum sırasında tank içindeki sıcaklık artmış, test süresinde tank içi sıcaklık yavaşça düştüğünden dolayı kısmi basınç kayıpları gerçekleşmiştir. Bu basınç kaybı tankın ve regülatörün sızdırdığı için değil tank içindeki hava soğuduğu için gerçekleşmiştir. Videolarda bu fark anlaşılabilmektedir.

Deney gerçekleştirildiğinde deney alanında bulunan şahitler ve imzaları

Takım Danışmanı — Doç.Dr Çetin KURNAZ

Takım Kaptanı — Tayfun COBANOĞLU

Takım Üyeleri

Ömer Faruk ŞAHİN

Ömer KURT

Ömer BEKİR

Sızdırmazlık Testi *Prosedür Fotoğrafı 'EKLER' klasöründe PDF formatında paylaşılmıştır.*

Görevli Personel(ler)	Süreç Tanımı ve Görevi
Tayfun ÇOBANOĞLU	Tankın sabitlenmesi ve tank dolumunun yapılması
Hazal KARA	Kamerayla gözlem yapılması ve verilerin kaydedilmesi test sonucu tankın gösterilmesi.

Tablo: *Sızdırmazlık Testi Görevliler Tablosu*

Sızdırmazlık Testi *Video Linki;* *https://youtu.be/MWax-P61cPc*

Pnömatik Sistem Testleri

DENEY PROTOKOLÜ

Tarih: 19/07/2022

Yer: ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ TEKNOMÜ TEKNOLOJİ LABARATUVARI

İşlem: ANA İTKİ İŞLEVSELLİK TESTİ

Test Konsepti: İtki sistemlerini tasarım konseptine uygun bir şekilde çalıştırmak.

Deney Düzeneği ve Yapılışı:

Düzenek her tarafından ağırlıklarla sabitlenmiş yanlara doğru hareket etmeyecek şekilde dikey yönlü hareketine kısmen izin verilerek ayarlanmıştır. Düzenekte roket, üzerinden halatlar yardımı ile gerdirilerek tek eksende hareket etmesine izin verilmiştir, elastik halatlar sayesinde test sonunda gaz kesildiğinde ve itki bittiğinde, roket başlangıç konumuna dönmektedir. Bu sistemde sabitlenen roketin önüne bir adet hassas terazi konulmuştur. İtki sistemi çalışmaya başladığında, itki sisteminin vermiş olduğu itki kuvvetini ölçmek adına testler yapılmıştır. Sonuç olarak roketin ağırlığı olan 26 kilogram itki elde edilmiş ve tartıda bu değer gözlemlenmiştir. Ekstra olarak engellerin de varlığını hesaba katıldığında itki sistemi sorunsuz bir şekilde ve yeterli kapasitede çalışabilmektedir.

Deney gerçekleştirildiğinde deney alanında bulunan şahitler ve imzaları

Takım Danışmanı — Doç.Dr Çetin KURNAZ

Takım Kaptanı — Tavfun COBANOĞLU

Takım Üyeleri

Ömer Faruk ŞAHİN

Ömer KURT

Ömer BEKİR

Ana İtki Testi *Prosedür Fotoğrafı 'EKLER' klasöründe PDF formatında paylaşılmıştır.*

Görevli Personel(ler)	Süreç Tanımı ve Görevi
Tayfun ÇOBANOĞLU	Tankın sabitlenmesi ve tank dolumunun yapılması
Ömer Faruk Şahin	Ana itki sisteminin çalıştırılması ve tartı ile itki miktarının kontrol edilmesi.
Recep KARAER	Test sonuçlarının raporlanması ve sistemin güvenli bir şekilde alınması.

Tablo: *Ana İtki Testi Görevliler Tablosu*

Ana İtki Testi
Video Linki;
https://youtu.be/lrQNbAcUUuA

Pnömatik Sistem Testleri

DENEY PROTOKOLÜ

Tarih: 19/07/2022

Yer: ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ TEKNOMÜ TEKNOLOJİ LABARATUVARI

İşlem: İKİNCİL SİSTEMLER İŞLEVSELLİK TESTİ

Test Konsepti: Sistemin tasarıma uygunluğu ve yeterliliği.

Deney Düzeneği ve Yapılışı:

Deney düzeneği yanlardan sabitlenmiş ve ağırlıklarla bağlanmış olup dikey yönde hareketi engellenmiştir. Roket sabit tutularak sadece altta bulunan güdüm lülelerinin çalışması planlanmıştır. Güdüm lülelerinin yeterli itkiyi vereceğinin anlaşılması için hesaplamalar yapılmıştır. Hesaplamalara göre en kritik koşullarda, roketin uçuş esnasında eksenel düzeltme hareketi yapabilmesi için 2 kilogramlık itkinin yeterli olduğu görülmüştür. Güdüm lülelerinin önüne 2 kilogram ağırlığında taş koyularak onları itebilmesi ve lülenin yeterli itki vermesi test edilmiştir. Test sonuçlarına göre lülenin taşı itebildiği ve lülenin güdüm için yeterli itkiyi üretebildiği anlaşılmış ve video kaydına alınmıştır.

Deney gerçekleştirildiğinde deney alanında bulunan şahitler ve imzaları

Takım Danışmanı — Doç.Dr Çetin KURNAZ

Takım Kaptanı — Tayfun COBANOĞLU

Takım Üyeleri

Ömer Faruk ŞAHİN

İkincil Sistemler Testi *Prosedür Fotoğrafı*
'EKLER' klasöründe PDF formatında paylaşılmıştır.

Görevli Personel(ler)	Süreç Tanımı ve Görevi
Tayfun ÇOBANOĞLU	Tankın güvenli bir şekilde doldurulması ve sistemin sağlam bir şekilde sabitlenmesi
Deniz Can Aykurt	Sistemlerin çalıştırılması ve kontrolü.
Hazal KARA	Alınan verilerin okunması. Sistemin hassas ve güvenilir hale getirilmesi

Tablo: *İkincil Sistemler Testi Görevliler Tablosu*

İkincil Sistemler Testi *Video Linki;* *https://youtu.be/IX3oxRLnmqc*

Pnömatik Sistem Testleri

DENEY PROTOKOLÜ

Tarih: 19/07/2022

Yer: ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ TEKNOMÜ TEKNOLOJİ LABARATUVARI

İşlem: TASARIM FONKSİYONELLİK TESTİ

Test Konsepti: Roketin havada asılı kalarak sistemlerin çalıştırılması.

Deney Düzeneği ve Yapılışı:

Test düzeneğinde roket, mapa yardımıyla TEKNOMÜ atölyesinde bulunan vinçte havaya asılarak tüm sistemler çalıştırılmıştır. Testin düzeneğinde roketin içerisinde tüm iskelet ve aksanları bulunmaktadır, test videosunda hepsi gösterilmiştir. İtki başladığında roketin havalanmaması, tehlikeli bir durum yaşanmaması adına bu testte roketin kendi ağırlığının üzerine fazladan ağırlık koyularak roket toplamda 30 kilogramlık kütleye sahip şekilde asılmış ve itki sistemleri daha fazla kuvvete maruz bırakılmıştır. Test sonuçlarına göre herhangi bir iç aksamda yapısal deformasyon oluşmamış, bütünlük bozulmamış, sistem başarılı bir şekilde çalıştırılarak güvenli bir şekilde sonlandırılmıştır. Herhangi bir yapısal sorunla karşılaşılmamıştır.

Deney gerçekleştirildiğinde deney alanında bulunan şahitler ve imzaları

Doç.Dr Çetin KURNAZ — Tavfun COBANOĞLU

Takım Üyeleri

Ömer Faruk ŞAHİN

Tasrım Fonksiyonellik Testi *Prosedür Fotoğrafı*
'EKLER' klasöründe PDF formatında paylaşılmıştır.

Görevli Personel(ler)	Süreç Tanımı ve Görevi
Ömer Faruk Şahin	Roketin güvenli bir şekilde halata asılması.
Ömer Bekir	Roketin dikey konumda ağırlık merkezinin ölçülmesi.
Recep KARAER	Test sonrası raporlama ve roketin güvenli bir şekilde alınması.

Tablo: *Tasarım Fonksiyonellik Testi Görevliler Tablosu*

Tasarım Fonksiyonellik Testi *Video Linki;* *https://youtu.be/c_hFlbD3Ndo*

Mekanik Sistem Testleri

DENEY PROTOKOLÜ

Tarih: 19/07/2022
Yer: ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ TEKNOMÜ TEKNOLOJİ LABARATUVARI
İşlem: MEKANİK SİSTEM TESTLERİ
Test Konsepti: Araç belirli yükseklikten bırakılarak yapısal dayanımı ölçülmektedir.
Deney Düzeneği ve Yapılışı:

Roketin iniş takımlarının sağlamlığı ve iç iskeletin yapısal bütünlüğünün test edilmesi için roket 1 metre yükseklikten serbest bırakılarak dikey bir biçimde sorunsuz durması amaçlanmıştır. Bu testte her ihtimale karşı kuru hava tankı yerine aynı boyut ve ağırlıkta muadili olan bir parça kullanılmıştır. Bu parça ağırlık merkezinde herhangi bir oynamaya sebep olmamıştır. 26 kilogramlık roket, 1 metreden serbest bir şekilde bırakılmış ve bu serbest düşme testi 5 defa tekrarlanmıştır. Test sonuçlarında herhangi bir yapısal bozukluk ya da kırınım yaşanmadığı, roketin sağlam bir şekilde serbest düştüğü gözlemlenmiştir.

Tasrım Fonksiyonellik Testi *Prosedürü. 'EKLER' klasöründe PDF formatında paylaşılmıştır.*

Mekanik Sistem Testleri

DENEY PROTOKOLÜ

Tarih: 19/07/2022

Yer: ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ TEKNOMÜ TEKNOLOJİ LABARATUVARI

İşlem: MEKANİK SİSTEM TESTLERİ

Test Konsepti: Araç belirli yükseklikten bırakılarak yapısal dayanımı ölçülmektedir.

Deney Düzeneği ve Yapılışı:

Roketin iniş takımlarının sağlamlığı ve iç iskeletin yapısal bütünlüğünün test edilmesi için roket 1 metre yükseklikten serbest bırakılarak dikey bir biçimde sorunsuz durması amaçlanmıştır. Bu testte her ihtimale karşı kuru hava tankı yerine aynı boyut ve ağırlıkta muadili olan bir parça kullanılmıştır. Bu parça ağırlık merkezinde herhangi bir oynamaya sebep olmamıştır. 26 kilogramlık roket, 1 metreden serbest bir şekilde bırakılmış ve bu serbest düşme testi 5 defa tekrarlanmıştır. Test sonuçlarında herhangi bir yapısal bozukluk ya da kırınım yaşanmadığı, roketin sağlam bir şekilde serbest düştüğü gözlemlenmiştir.

Deney gerçekleştirildiğinde deney alanında bulunan şahitler ve imzaları

Takım Danışmanı	Takım Kaptanı
Doç.Dr Çetin KURNAZ	Tayfun COBANOĞLU

Takım Üyeleri

Ömer Faruk ŞAHİN

Ömer KURT

Ömer BEKİR

Ömer ARSLAN

Recep KARAER

Deniz Can AYKURT

Hazal KARA

Tasrım Fonksiyonellik Testi *Prosedür Fotoğrafı. 'EKLER' klasöründe PDF formatında paylaşılmıştır.*

Pnömatik Sistem Testleri

Görevli Personel(ler)	Süreç Tanımı ve Görevi
Tayfun Çobanoğlu	Aracın 1 metre olan görev yüksekliğine çıkarılması ve görev yüksekliği doğruluğunun lazer metre ile teyidi
Ömer BEKİR	Kütle merkezinin dikey konumda tam ortada olduğunun teyidi ve testin gerçekleştirilmesi
Ömer Faruk Şahin	Test sonrası roketin güvenli bir şekilde alınması ve yapısal bütünlük kontrolü

Tablo: *Yapısal Bütünlük Testi Görevliler Tablosu*

Yapısal Bütünlük Testi

Video Linki;
https://youtu.be/x4CzSs0OASo

Mekanik Sistem Testleri

Yapısal bütünlük testi öncesi araç kütlesi görselleri

Yapısal Bütünlük Testi öncesinde aracın kütlesi 26.16 kg olarak ölçülmüştür. Tasarımın dolu tank ile beraber ağırlığı 19.87 kg'dır. Yapısal bütünlük testi öncesinde rokete fazladan 6.29 kg kütle eklenmiştir. Bu sayede en olumsuz koşullar altında roketin dayanımı ve sınır koşulları ölçülmek istenmiştir.
*En soldaki görselin orijinal hali '**EKLER**' klasöründe verilmiştir.*

Mekanik Sistem Testleri

Yapısal Bütünlük Testi sonrasında aracın kütlesi 26.16 kg olarak ölçülmüştür. Test sonrasında herhangi bir kütle kaybı yaşanmamıştır.
*En soldaki görselin orijinal hali **'EKLER'** klasöründe verilmiştir.*

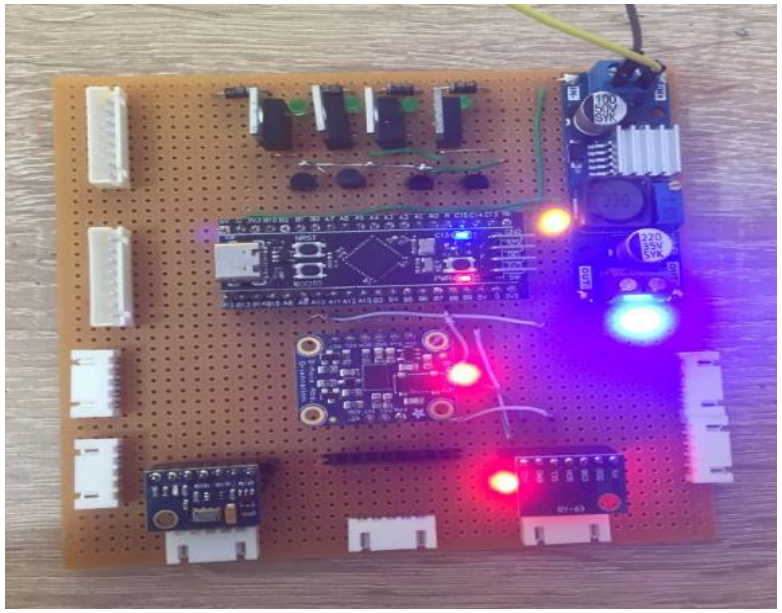
Yapısal bütünlük testi öncesi araç kütlesi görselleri

Güdüm Navigasyon Kontrol Aviyonik

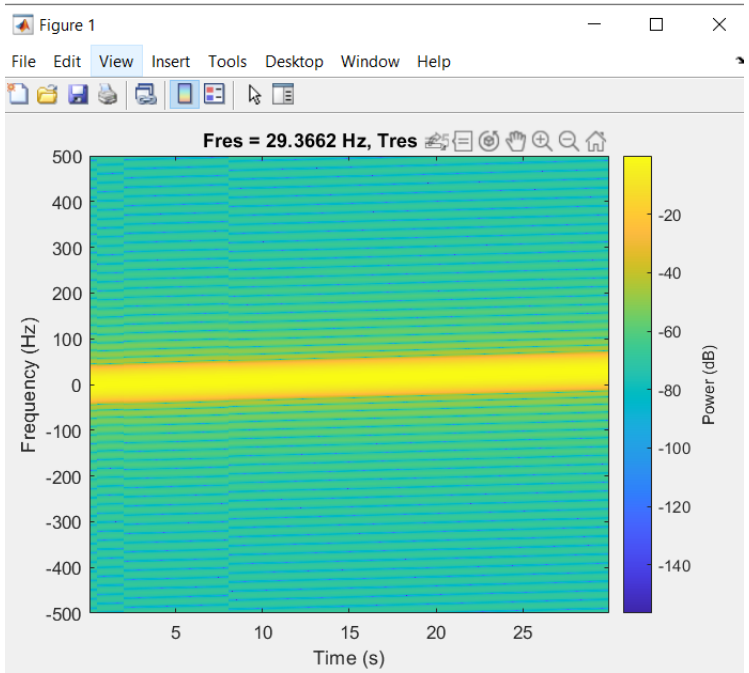
- Otopilot sistemi; roket vince asıldıktan sonra, hem sensörlerden beklediği düşme şartlarının sağlanması hem de kontrol konekötürünün bağlantısının kesilme durumunu kontrol edecektir. Şartlar sağlandığı takdirde otopilot sistemi, hem basınç sensöründen hem de lidar sensöründen irtifayı kontrol ederek ana iticiyi çalıştıracaktır. Aviyonik sistem üzerinde bulunan 9 eksen IMU sensörü ile güdümdeki sapmalar kontrol altında tutularak yatay iticilere tepkiler gönderilecektir.
- BNO055 IMU sensörü, MS5611 Basınç Sensörleri, ADXL345 ivmeölçer sensörü, i2c1 hattı üzerinden okunmaktadır. Lidar sensörü USART1 üzerinden okunmaktadır.

Komponent	Okuma/Yazma	Veri İşleme	Uygulama Yöntemi
BNO055 IMU	100 Hz	100Hz	I2C
MS5611 Basınç Sensörü	100 Hz	20 Hz	I2C
ADXL345	50 Hz	50 Hz	I2C
Ana motor sürücü	50 Hz	10 Hz	PWM
Selenoid Vanalar	20Hz	20Hz	AÇ-KAPA

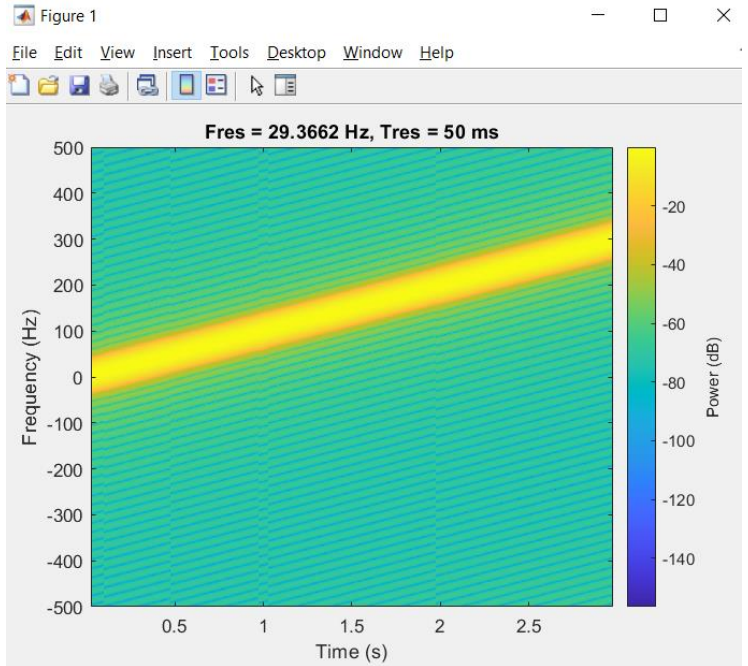
Tablo: Örnekleme Zaman Tablosu



Güdüm Navigasyon Kontrol Aviyonik



Sürekli Zaman Chirp Sinyali



Ayrık Zaman Chirp Sinyali

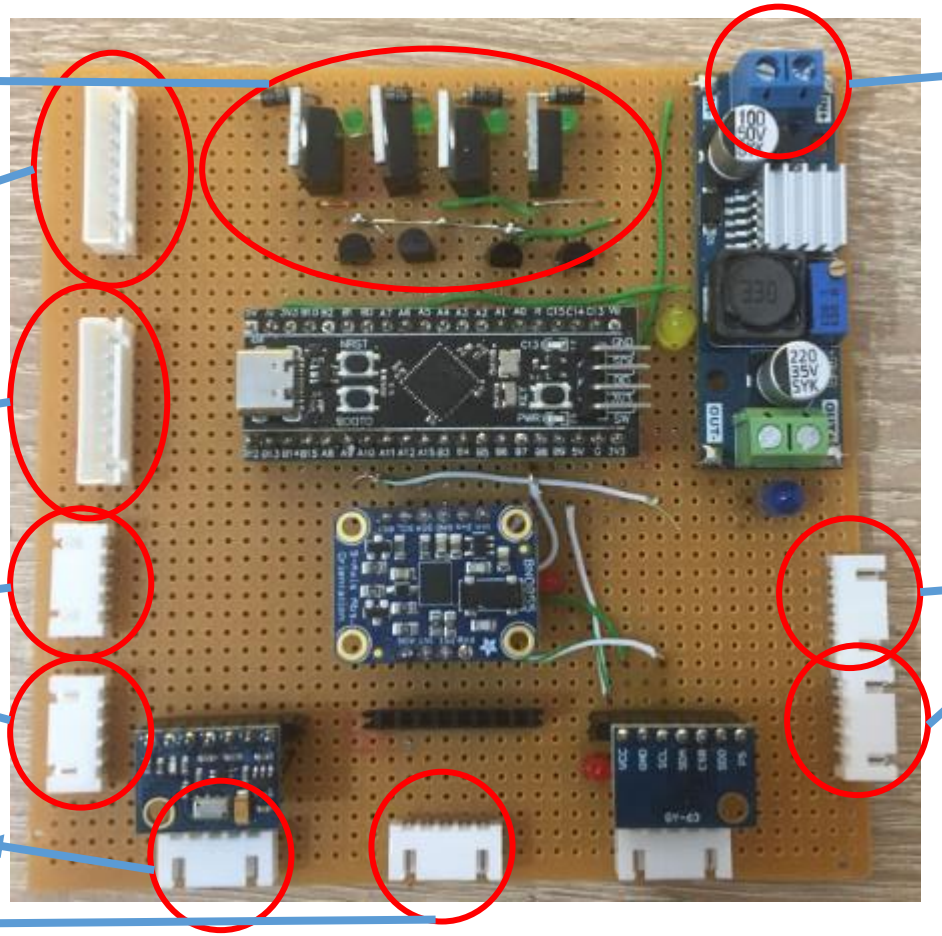
Otopilot sistemine uygulanan 0.1-30 Hz chrip sinyallerinin matlab üzerinden sonuçları solda verilmiştir. Sürekli zamanda otopilot sisteminin gürültülere karşı yeterli verimi sağlayabildiği, otopilot yazılımında aksamalara sebep olmayacağı gözlemlenmiştir. Sabit frekans altında kararlı çalışabilen otopilot algoritması, sistemsel gürültülere karşı dayanıklıdır. Titreşimlerin veya ses dalgalarının oluşturacağı gürültüler, sensörlerin filtrelenmesi ve verilerin okunma yöntemleri sayesinde algoritma akışına zarar vermemektedir.

Güdüm Navigasyon Kontrol Aviyonik

UNSUR	Simülasyon	Gerçek
Otopilot yazılımının çalışma frekansı	50Hz	50Hz
Vanaların, yazılıma tepki süresi	300ms	550-650ms
Sensörlerin İşlenme Hızı	50-100Hz	50-100Hz
15 derece güdüm toparlama süresi	200ms	680-900ms
İrtifa hesaplama hassasiyeti	10cm	10-15cm
İrtifa tutturma hassasiyeti	5cm/500ms	7-10cm/500ms
Mosfet Anahtarlama tetik süresi	5ms	5-10ms
Tetik mosfetleri sıcaklık aralığı	20-35 derece	25-38 derece
Kontrol algoritması veri doğruluğu	%100	%97

Tablo: Ayrık Zamandaki Otopilot Yapısının Donanım Üzerindeki Cevabı ile Simülasyon İçerisindeki Cevabının Kıyaslanması

Güdüm Navigasyon Kontrol Aviyonik



Yan İtici Tetikleme Bloğu

Feedback Konektörü

Encoderli Motor Konektörü

Yan İtici Bağlantı Konektörü

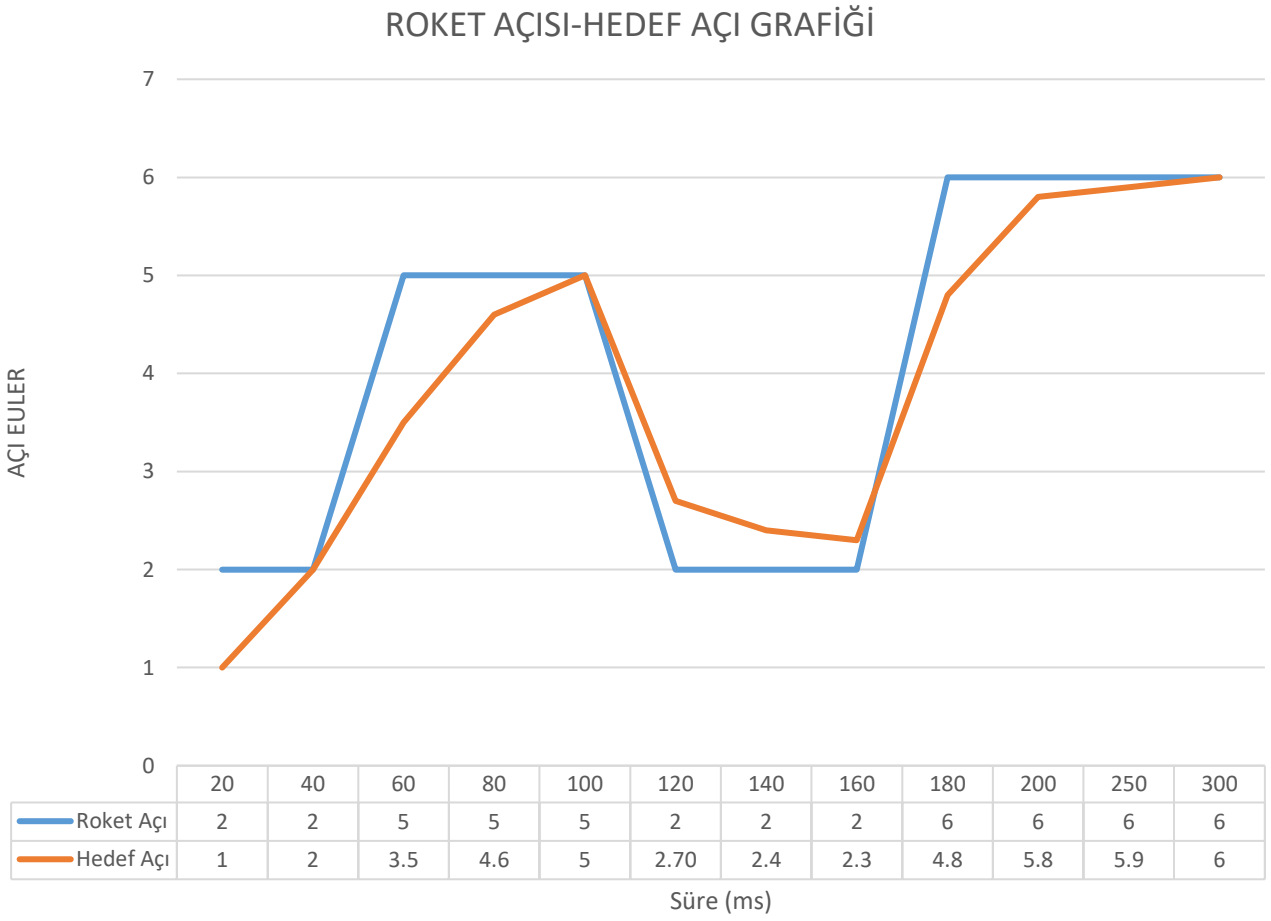
Lidar Bağlantı Konektörü

Güvenlik Pimi Konektörü

Besleme Girişi

Yan İtici Bağlantı Konektörü

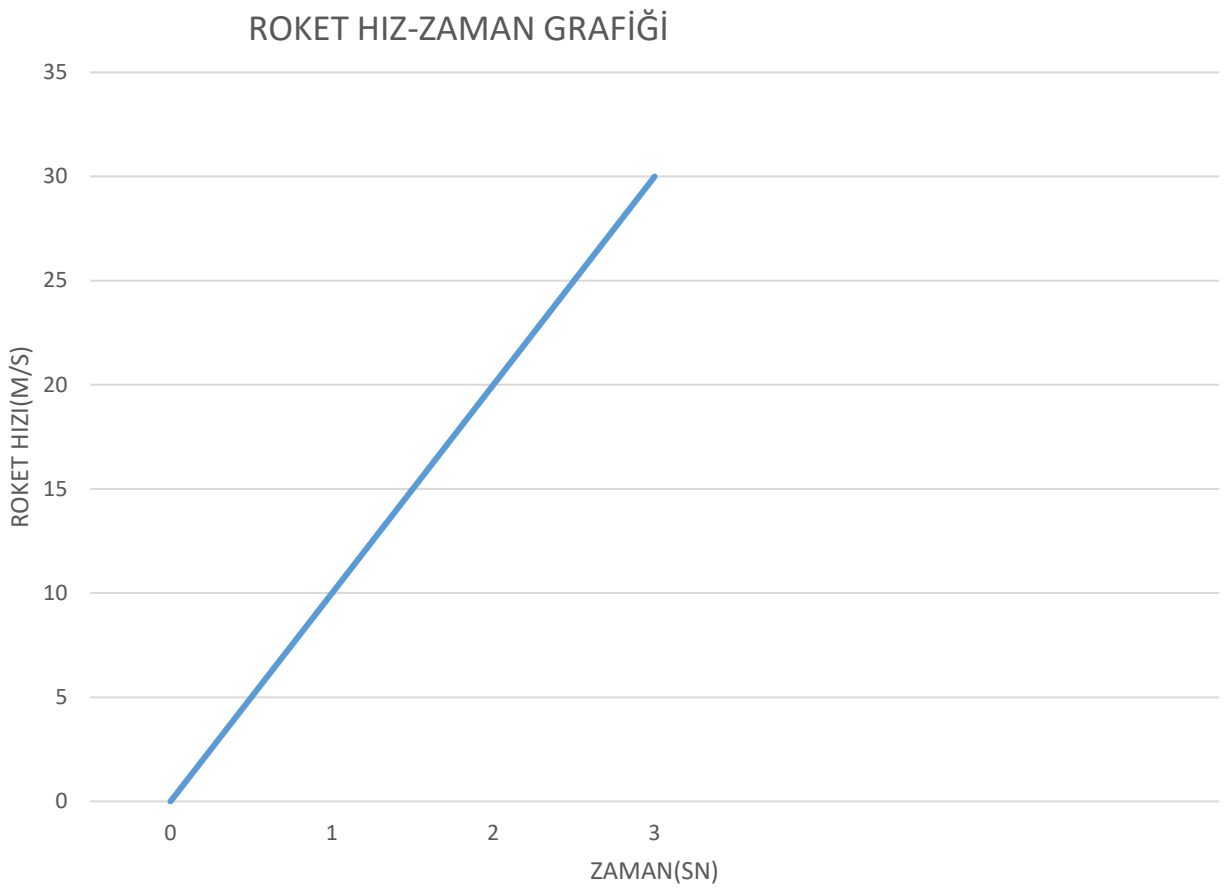
Güdüm Navigasyon Kontrol Aviyonik



	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	250	300
Roket Açı	2	2	5	5	5	2	2	2	6	6	6	6
Hedef Açı	1	2	3.5	4.6	5	2.70	2.4	2.3	4.8	5.8	5.9	6

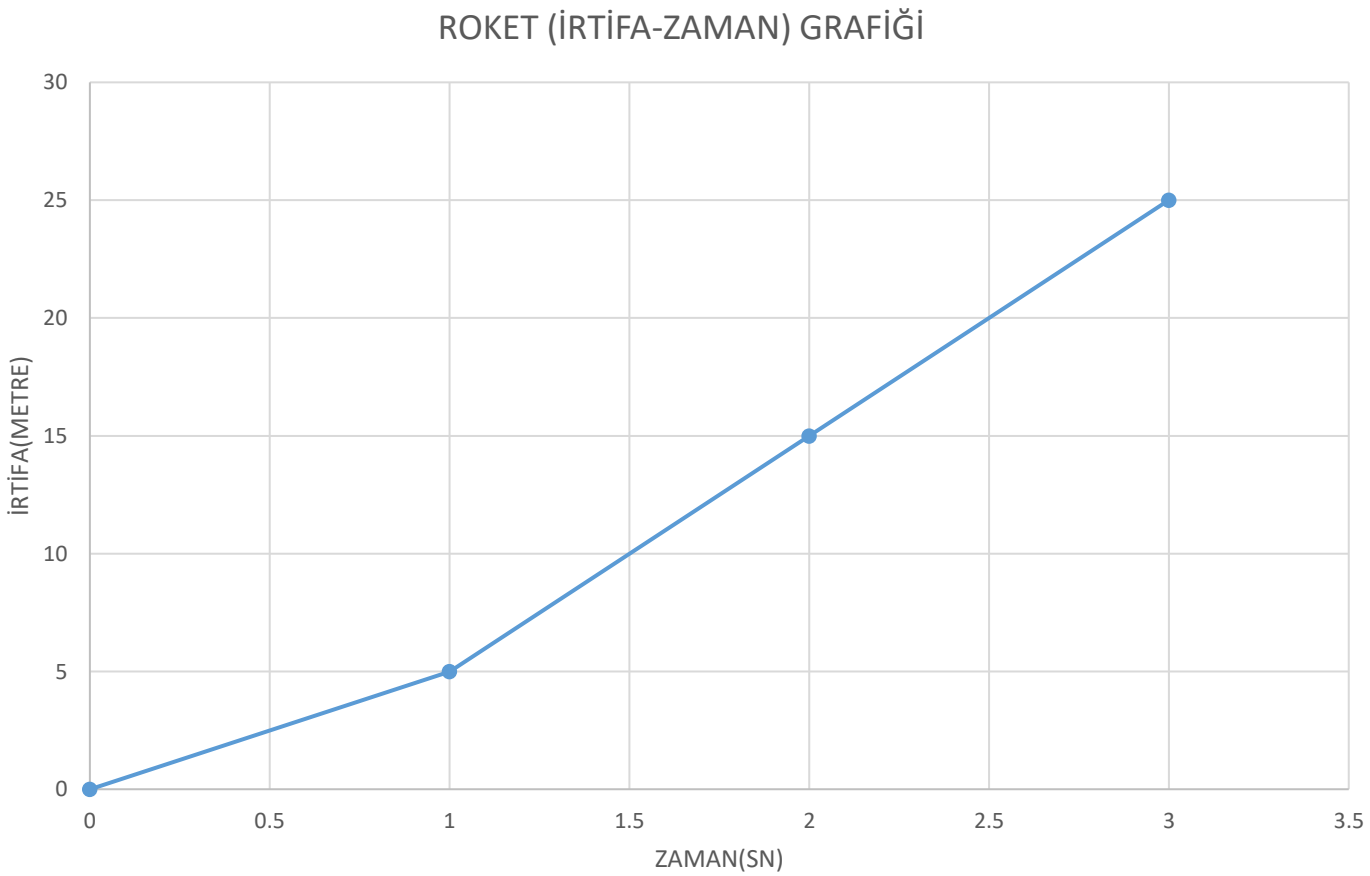
Otopilot sisteminin, Roketin roll ve pitch eksenlerinde hareketine tepkisi, yandaki grafikte gerçek ölçümler ile örneklendirilmiştir. Roketin sapmaları, pratikte tolore edilebilmek için yeterli derecede tepkilendirilebilmektedir.

Güdüm Navigasyon Kontrol Aviyonik



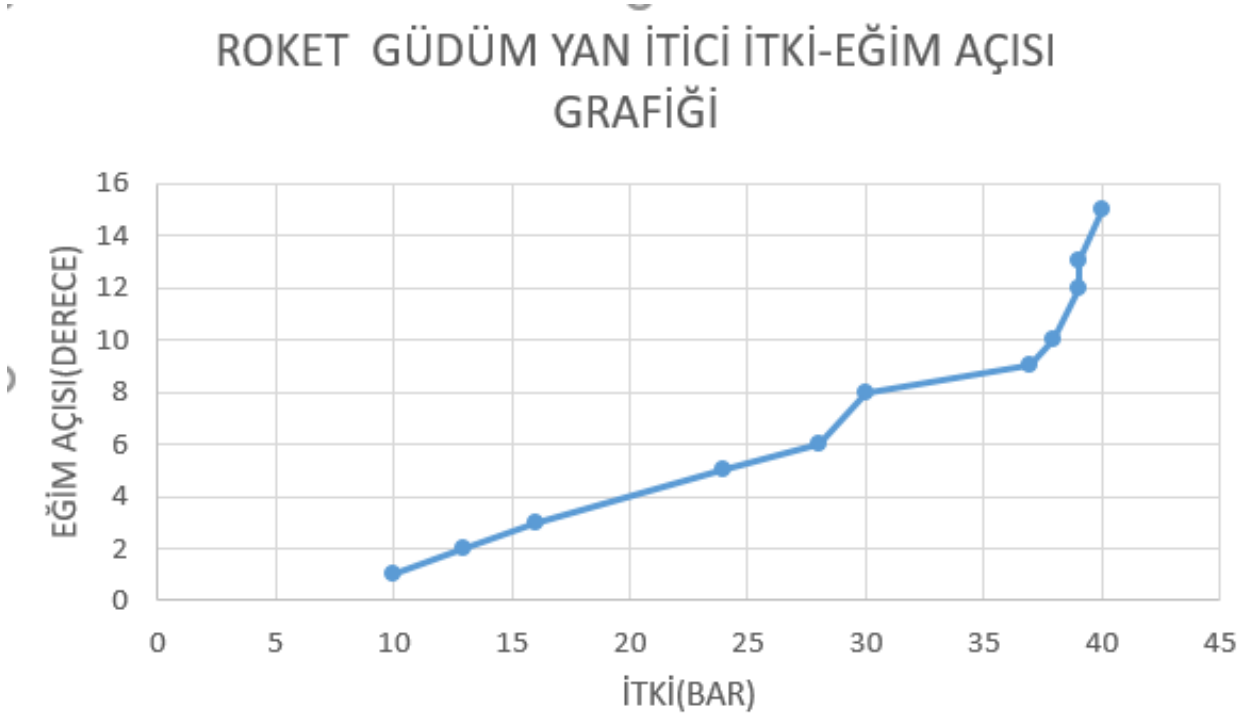
Roketten serbest düşmede elde edilen hız-zaman grafiği yanda verilmiştir. Grafik üzerinde yapılan yorumlamalarla algoritmaya ek olarak, motorların ve iticilerin ne zaman tetikleneceği bilgisi girilmiştir.

Güdüm Navigasyon Kontrol Aviyonik

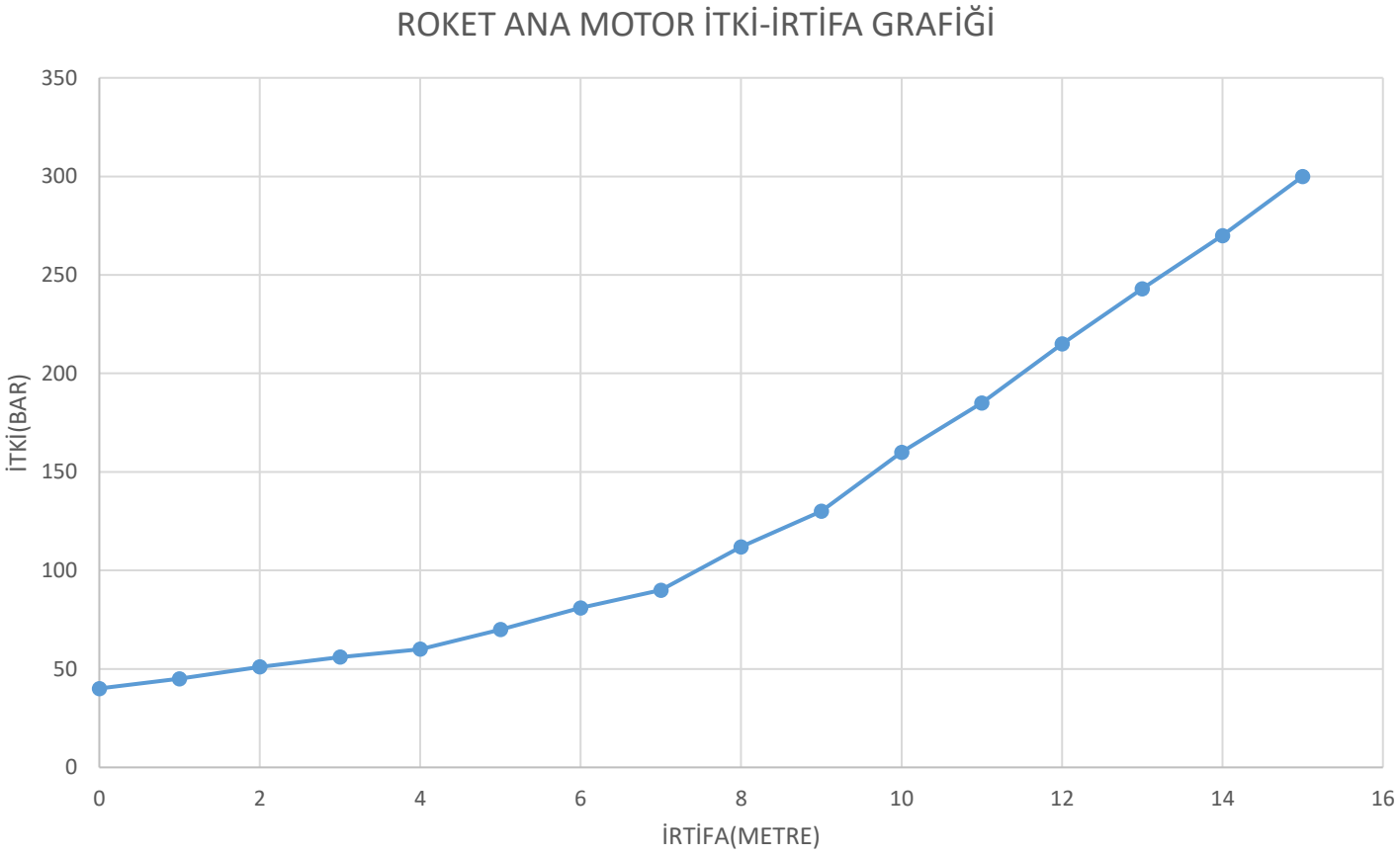


Roketin irtifa-zaman grafiği yanda verilmiştir. Deneysel olarak algılanan ölçümlerin, hız-zaman grafiğiyle uyuştuğu gözlemlenerek algoritmaya kontrol mekanizması parçası olarak geliştirme amaçlı eklenmiştir.

Güdüm Navigasyon Kontrol Aviyonik



Güdüm Navigasyon Kontrol Aviyonik



Kütle Bütçesi

Roket Ürün Ağacı Tablosu				
Alt Sistem İsmi	Komponent	Kütle(gram)	Malzeme	Adet
Burun	Burun Konisi	510	Karbon Fiber	1
	Tutucu	471	Çelik	1
	Altimetre Yuva	95	PLA	1
1. Gövde	Regülatör	5000	-	1
	Uçuş Bilgisayarı	420	-	1
	Lüle Boruları	200	-	1
	Altimetre	21	-	1
	Altimetre Kapağı	159	Cam Elyaf	1
	Manifold	3.36	Alüminyum	1
	Boru Sabitleyici + Manifold	1.38	Alüminyum	1
	Lüle	30.4	Alüminyum	4
	Güdüm Sistemin Boruları	10	Cam Elyaf	4
	Çevre Yalıtım	25	-	1
	Gövde	1100	Cam Elyaf	1

Roket Ürün Ağacı Tablosu				
2. gövde	Gövde	841	Cam Elyaf	1
	tank ucu			
	manifold dağıtıcı	150	Alüminyum	1
	entegre gövde	170	Cam Elyaf	1
	Regülatör	300	-	1
	selenoid	120	-	4
	Tank	7510	Alüminyum	1
	manifolt	101	Alüminyum	1
	Bağlantı Borular	101	Alüminyum	4
	Tank Tutucu Üst	326	Alüminyum	1
	Tank Tutucu Alt	414	Alüminyum	1
	Manifolt 2 devamı	10	Alüminyum	1
	Güdüm Sistemi (Lüleler)	25.9	Alüminyum	4
	Iniş Takımı	161	Alüminyum	4
	Roket Kapağı	10	Cam Elyaf	1
	Piston Sistemi	60	Alüminyum	4
TOPLAM AĞIRLIK (GRAM)		19870.94		