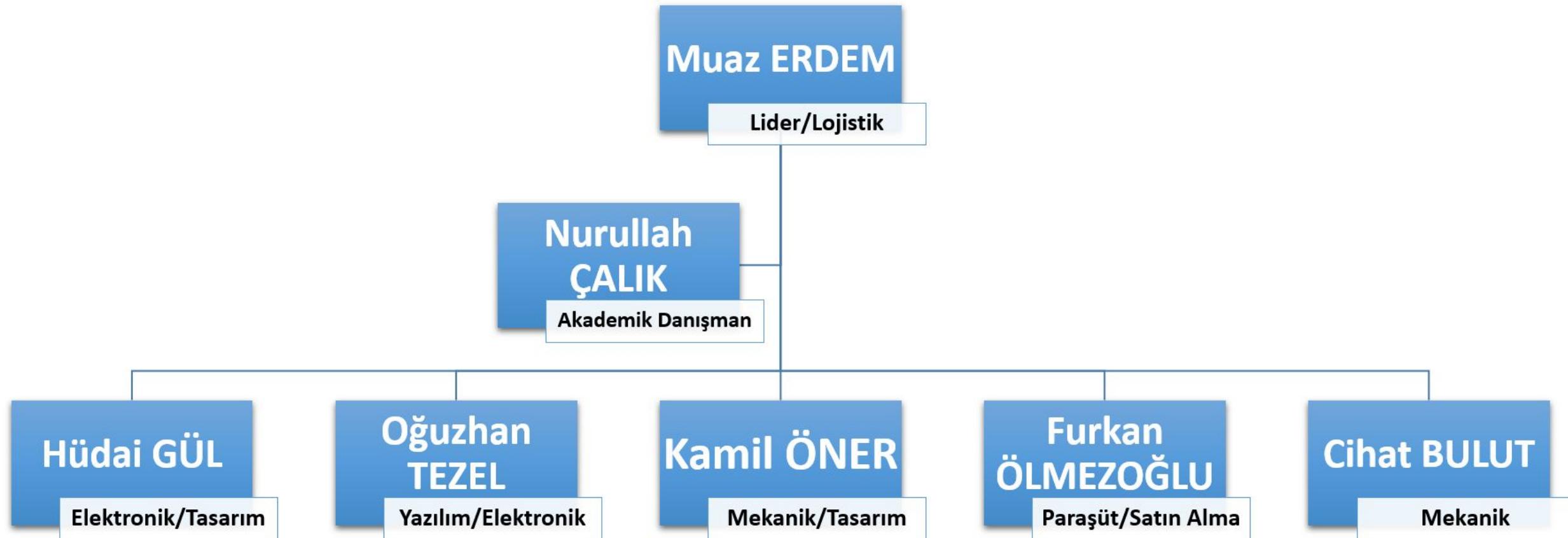


TEKNOFEST 2020 ROKET YARIŞMASI

SpacExpress Havacılık ve Uzay Takımı
Atışa Hazırlık Raporu (AHR)

Takım Yapısı



Takım Yapısı

İŞİM	BÖLÜM	OKUL	TAKIM
Nurullah ÇALIK	Bilişim Enstitüsü	İ.T.Ü.	Danışman
Muaz ERDEM	Astronomi ve Uzay Bilimleri	İstanbul Univ.	Lider - Lojistik
Hüdai GÜL	İlahiyat	Marmara Univ.	Elektronik - Tasarım
Oğuzhan Tezel	Bilgisayar Mühendisliği	Marmara Univ.	Yazılım - Elektronik
Kamil ÖNER	Uçak Gövde Motor Bakımı	Kocaeli Univ.	Mekanik- Tasarım
Furkan ÖLMEZOĞLU	Sosyal Hizmet	Atatürk Univ.	Paraşüt- Pazar Araştırması
Cihat BULUT	Makine Mühendisliği	İstanbul Gedik Univ.	Mekanik - Mukavemet Testleri

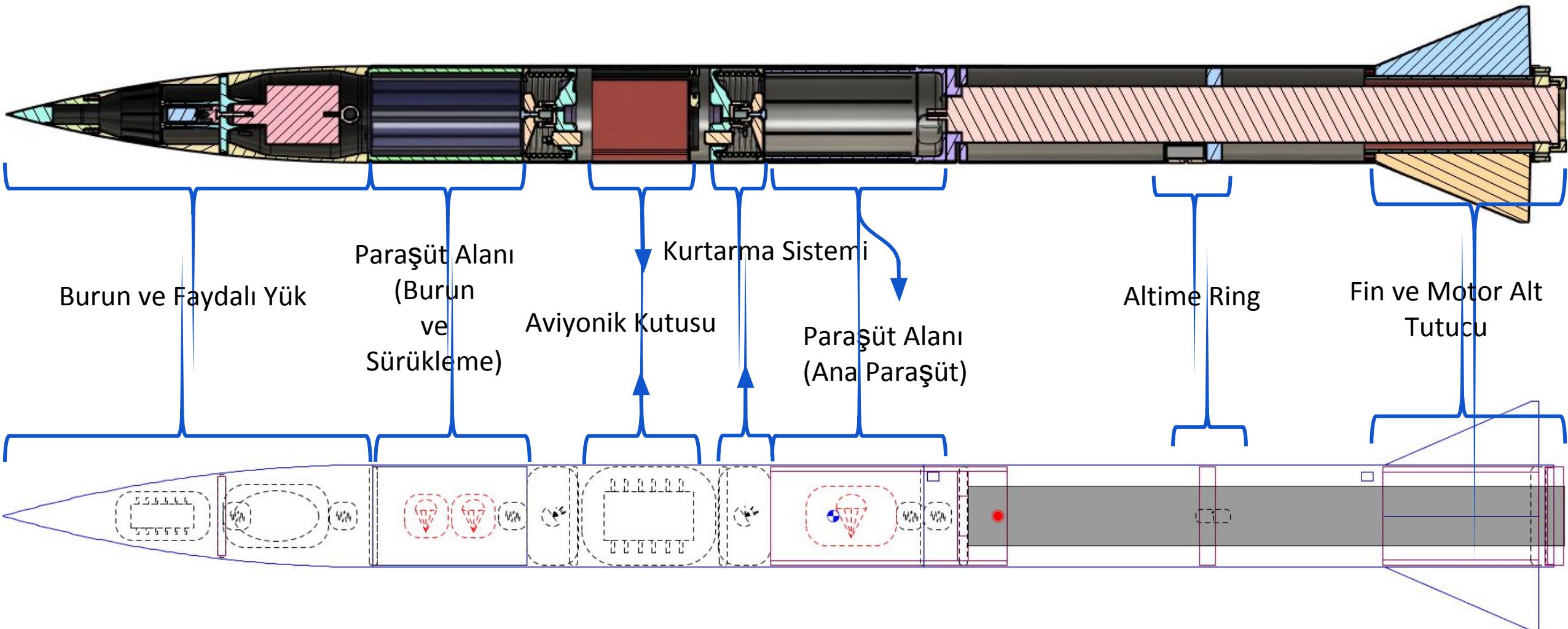
KTR'den Değişimler

1	Yedek aviyonik kartına röle modülü entegre edildi.
2	Aviyonik kartlarının güç anahtarları, aviyonik case içerisinde çıkarılarak gövde üzerine iki bağımsız buton şeklinde taşındı.
3	Entegrasyon gövdesi tasarıımı güncellenenek iki parçalı tasarım yerine tek parçalı hali ile üretildi ve montajlandı.
4	Ana aviyonik sistemin güç beslemesi, 7.4v 1300 mAh yerine 7.4 v 2600 mAh olarak güncellendi.
5	Servo motorların güç beslemeleri, aviyonik kartlar yerine Pololu marka 5V 5A regülatör kullanılarak doğrudan LiPo batarya üzerinden sağlandı.
6	Ktr sürecinde rapora yazılması unutulan kurtarma sistemlerinin limit switch sistemi üretilerek test edildi.

Roket Alt Sistemleri

KOMPONENTLER	DURUM	KALAN İŞLEMLER	TAMAMLANMA TARİHİ
Burun Komplesi	%99	Yüzey ince zımparalama ve son boyama	12.08.2020
Alt ve Üst Gövde	%98	Dış yüzey kaplaması ve kırılır pim işlemleri	16.08.2020
Aviyonik Sistemler	%90	Var olan algoritmanın iyileştirilmesi, mekanik montajlama işlemleri ve kablo düzenlemeleri	14.08.2020
Ayrılma Sistemleri	%100	-	-
Kurtarma Sistemleri	%100	-	-

OpenRocket / Roket Tasarımı Genel Görünüm



Roket Alt Sistemleri

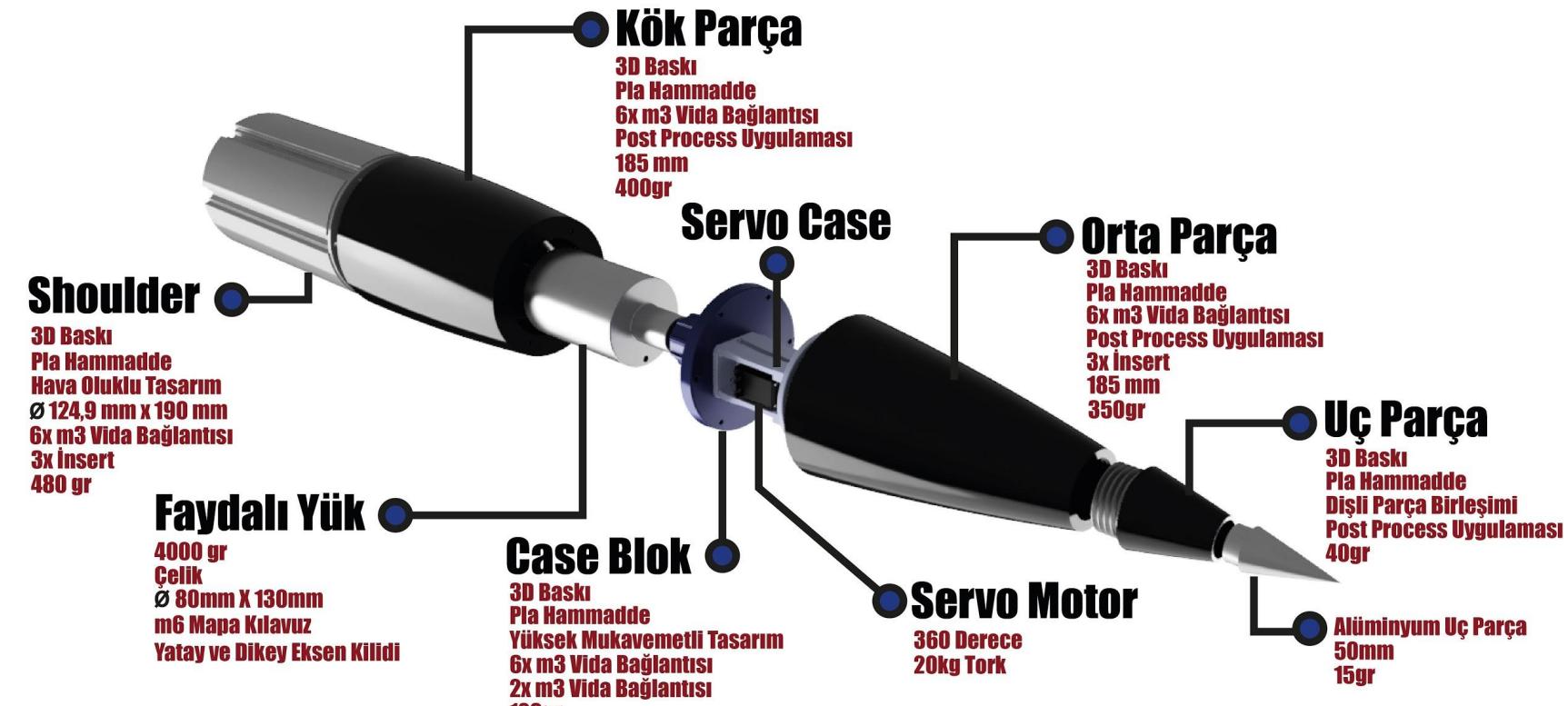
Mekanik Görünümleri ve Detayları

Burun ve Faydalı Yük Mekanik Görünüm



Burun – Detay

Burun konisinin imalat yöntemleri ve malzeme seçimleri, Kritik Tasarım Raporuna birebir uygun bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Üretimin tamamlanmasıyla birlikte özellikle dış yüzeyli parçalara “post process” olarak isimlendirilen işlemler sırasıyla; zımparalama, astar boyama, bazı kısımlarda macunlama ve tekrar zımparalama ile birlikte son olarak tekrar astar boyama ile sonlandırılarak katman izleri ve pürüzlü yüzeyler ortadan kaldırılmıştır. İç parçalarıyla birlikte toplam 11 mekanik parçadan oluşan burun kısmı, tamamiyle toplanarak birbirleri ile olan mekanik birleşmeleri, dayanımları ve hareketli mekanizmaların çalışmaları uygun koşullarda test edilmiş ve sistemin düzgün bir şekilde çalışarak faydalı yükü burun konisinin dışına çıkarabildiği kanıtlanmıştır.

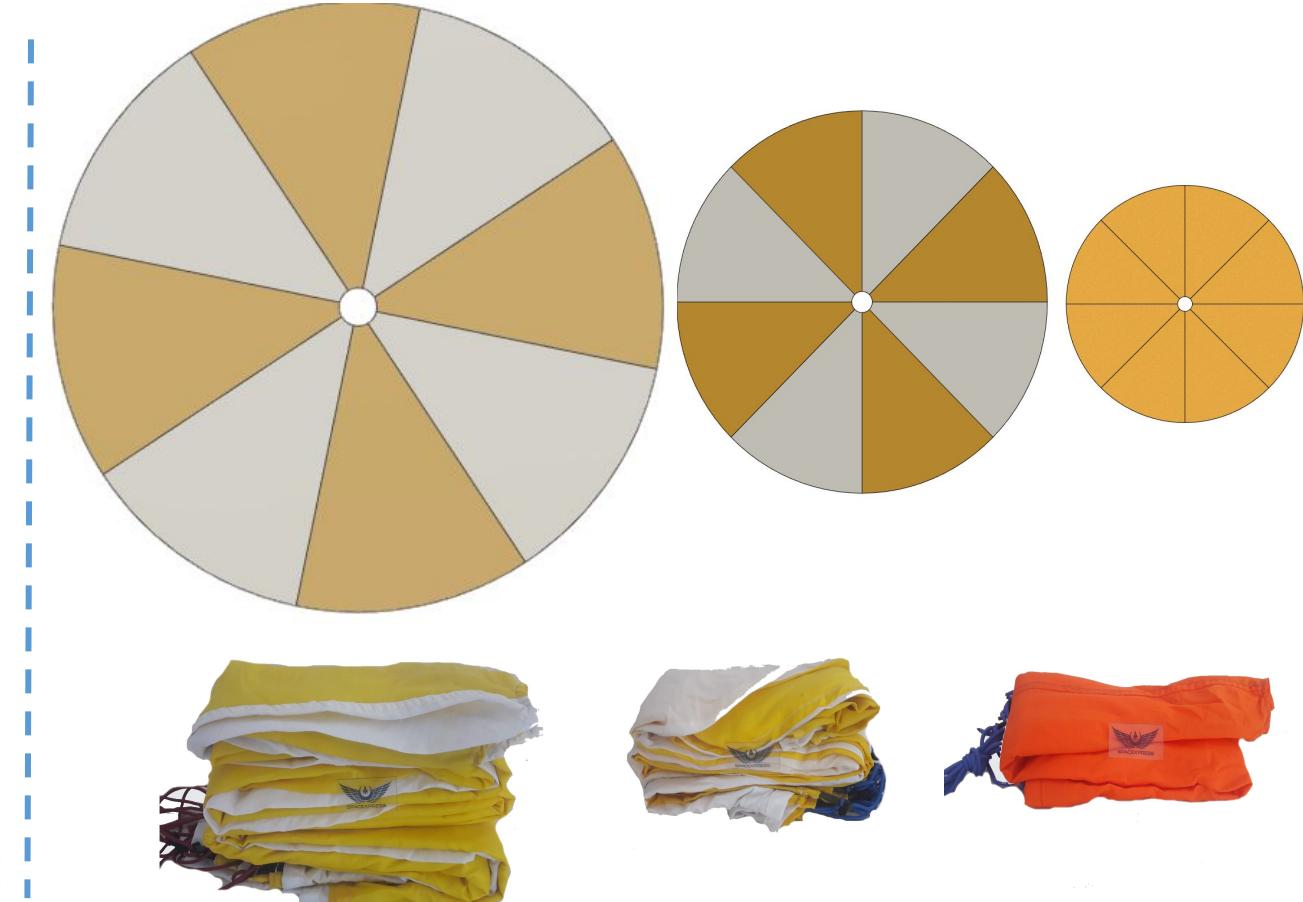
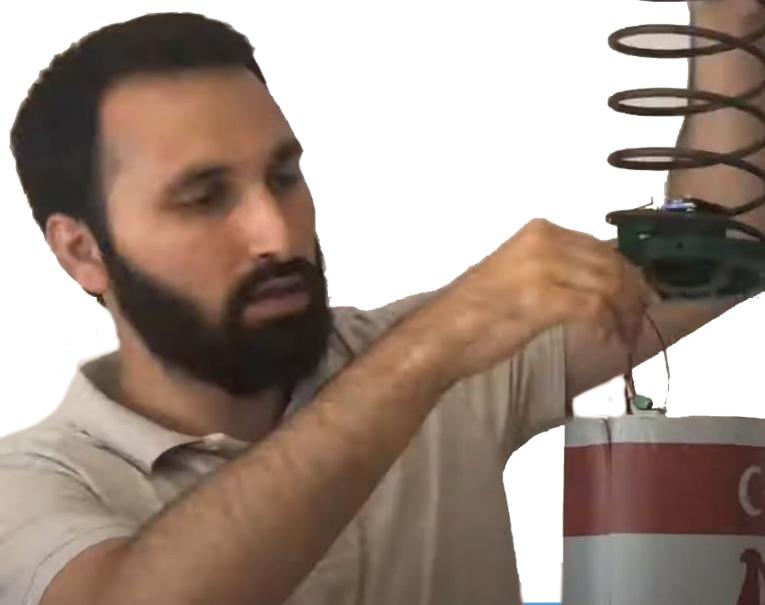


Faydalı Yük ve Faydalı Yük Bölümü – Detay

Roketimizin faydalı yük imalatı Kritik Tasarım raporunda belirtildiği şekliyle gerçekleştirilmiştir. Paslanmaz çelik hammadde torna tezgahında tasarımımıza göre işlenmiştir fakat yanlış tolerans sonucu 3980 gr ağırlığa ulaşmıştır. Kalan ağırlık bu parçaya kaynak yapılarak tamamlanmış ve toplamda 4010 gr faydalı yük ağırlığa ulaşmıştır. Faydalı yükün uçuş süresince burun konisi içerisinde hareket ederek stabilite ve uçuş güvenliğini bozmasını engellemek amacıyla tüm eksenlerde hareket etmesi engellenmiştir. Dikey hareketini m6 somunlu kurtarma mekanizması sağlarken yatay hareketinin sabitlenmesini ise freze işlemi ile açılan kanal sağlamaktadır. Burun konisinin bulunmasını ve faydalı yükün koni dışına çıkışını sağlayacak olan burun kurtarma ve avyonik sistemi ise burun konisi içerisinde sabit kalmaktadır. Faydalı yükü serbest bırakacak sistem, üzerinde m6 kılavuz açılmış olan faydalı yüke yerleştirilen m6 vidanın burun avyonik üzerinde bulunan 360 derece servo motor tarafından döndürülerek faydalı yükün burun konisinden kurtulmasını sağlamaktadır. Burun konisi üzerinde toplamda 3 adet m6 mapa bulunmaktadır. İlk mapa faydalı yükün sabitlendiği avyonik plakasına yerleştirilmiştir. İkinci mapa ise faydalı yükün üst kısmına sabitlenmiştir ve avyonik plakasına sabitlenmiş olan mapaya şok kordonu vasıtasiyla birleştirilerek faydalı yük ve burun konisi arasındaki bağlantıyı sağlamaktadır. Üçüncü mapa faydalı yükün alt kısmında bulunmaktadır ve bu mapanın görevi ise faydalı yük paraşütünün bağlantısını sağlamaktır. Tüm bu bağlantılar yanda görmüş olduğunuz şekil üzerinden gösterilmiştir. Roketin apogee noktasına ulaşması ile birlikte burun konisi roket gövdesinden ayrılmaktadır ve bu esnada faydalı yük paraşütünü ise dışarıya çekmektedir. Faydalı yük paraşütünün açılmasıyla oluşan şok kuvveti ivme sensörü üzerinden tespit edildikten 5 saniye sonra faydalı yük koni dışarısına çıkarılmaktadır. Inişin başarıyla tamamlanmasının ardından burun konisi içerisinde bulunan telemetri sistemi sayesinde tüm uçuş süresince alınan gps verilerinin aktarıldığı yer istasyonundan tam iniş koordinatı tespit edilir ve kurtarma ekiplerine bilgi verilerek faydalı yük arama çalışmaları başlatılır.

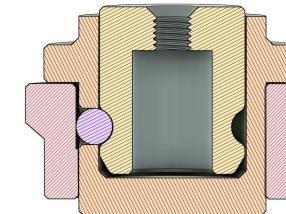


Kurtarma Sistemi Mekanik Görünüm



Ayrılma Sistemi – Detay

Sistem, biri gövdeye monte edilmiş diğeri ise gövde içinde rahatça lineer şekilde hareket edebilen 2 PLA plakanın arasına yerleştirilmiş bir yay vasıtasıyla oluşturulan itme kuvvetiyle çalışmaktadır. Yay uçuş sürecinde “Zero Point” adı verilen bir mekanizma sayesinde kilitli tutulmaktadır. Bu sayede Yay’ın serbest kalması için gerekli koşullar kolaylaştırılmış olup mekanizmanın açılmama riski minimum seviyeye indirilmiştir. Şok kordonu, Mapa ve Mapa bağlantı noktası Sürüklenebilir Paraşütü açıldığında oluşacak şok kuvvetini karşılayabilecek şekilde tasarlanmıştır. Üretimler ise Kritik tasarım raporu ile birebir uyumlu bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Kurtarma plakaları Esun PLA+ marka filamentler ile %100 dolulukta üretilmiş olup gerekli dayanım testlerini başarıyla geçmiştir. Yük altında çalışacak olan “bilya case” ve “tutucu” belirtildiği üzere çelik hammadde ile torna tezgahında üretilmiştir. Sistemin kilitlenmesi ve açılması yaklaşık olarak onlarca kez test edilmiş olup herhangi bir mekanik probleme veya parça yorulmasına rastlanmamıştır rastlanılmamıştır. Ayrılma sistemlerinin kilitlenmesi plakalar arasında bulunan bir limit switch yardımıyla otomatik bir şekilde gerçekleştirilmekte ve sistemin açılma durumu ana uçuş bilgisayarına sürekli olarak aktarılmaktadır.



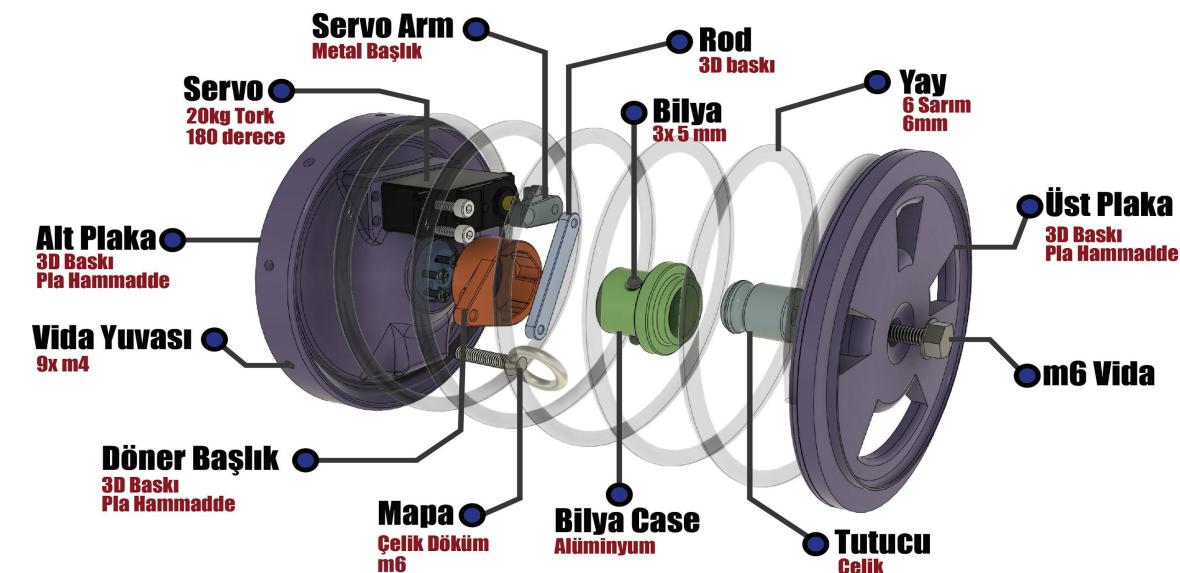
**Kilit Mekanizması
Kesit Görünüm**



Kilit Açıktı



Kilit Kapalı

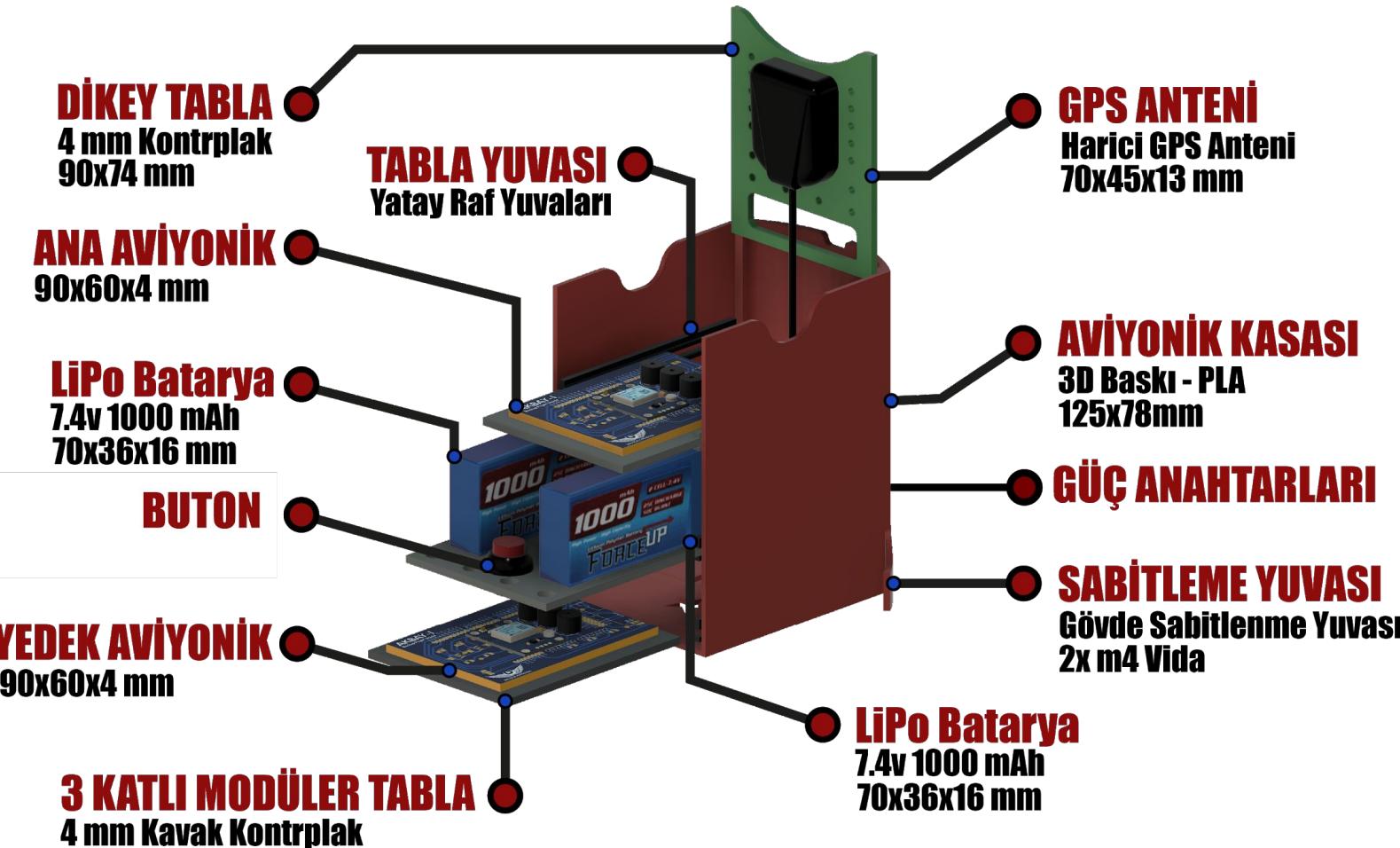
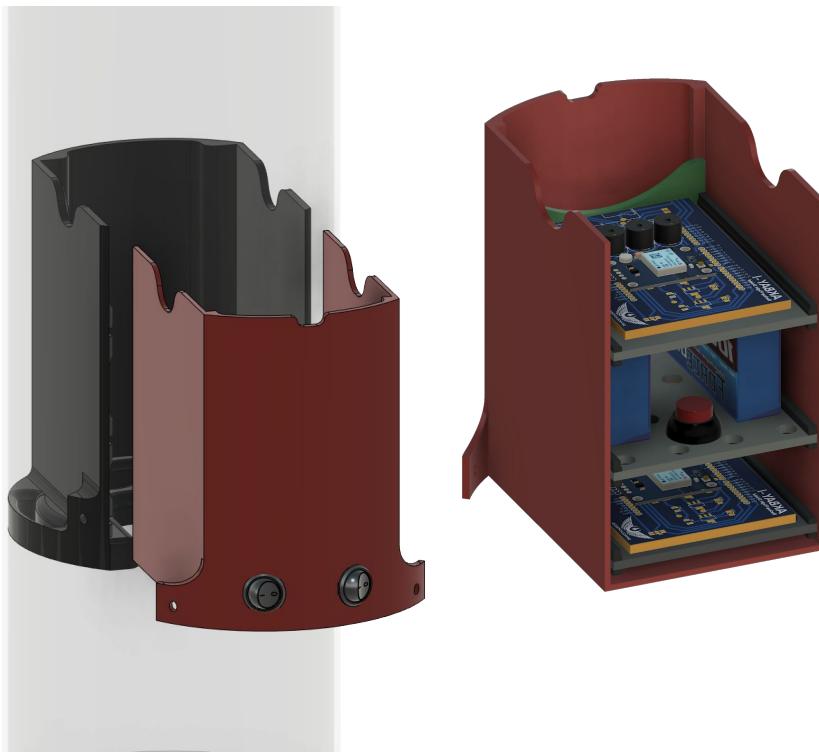


Paraşütler – Detay

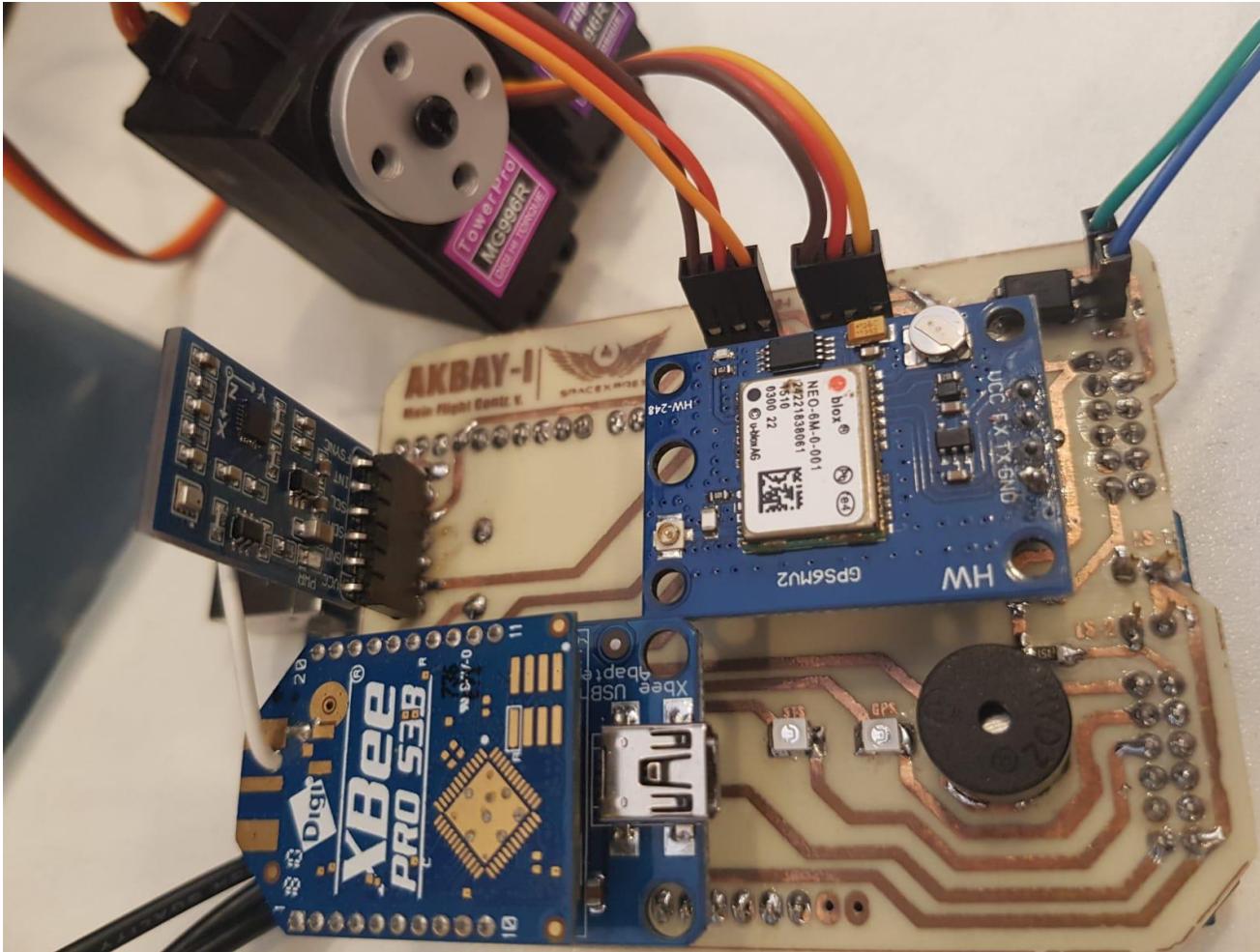
- Burun Paraşüt sisteminin rengi boyutu ve paraşüt tasarımlı detayları:** Paraşütlerimizde ripstop nylon kumaş kullanılmış olup, %100 üretimi tamamlanmıştır. Paraşüt detayları şu şekildedir; çapı 180 cm, kürelik yüzdesi 40 olmak üzere ayarlanmış, spillhole diameter (dökülme deliği çapı) 10 cm burunun parçasının sürüklenebilmesini azaltmak ve stabil bir şekilde aşağı inmesini sağlamak amacıyla açılmıştır. 4 beyaz ve 4 sarı üçgen dilim kesilerek sırasıyla beyaz ve sarı dilimler çift dikiş atılarak toplam 8 dilim birbirine eklenmiştir. Paraşütün ip bağlanacak kısımları 3 mm paracord olarak tanımlanan ip ile paraşütün dilimlerinin birleştiği üç kısımlarına katlamalı 3 dikiş atılarak dikilmiştir.
- Sürüklenebilir Paraşüt sisteminin rengi boyutu ve paraşüt tasarımlı detayları:** Paraşütlerimizde ripstop nylon kumaş kullanılmış olup, %100 üretimi tamamlanmıştır. Paraşüt detayları şu şekildedir; çapı 100 cm, kürelik yüzdesi 30, olmak üzere ayarlanmış, spillhole diameter (dökülme deliği çapı) 5 cm gövde parçasının sürüklenebilmesini azaltmak ve stabil bir şekilde aşağı inmesini sağlamak amacıyla açılmıştır. 8 turuncu kumaş üçgen dilim kesilerek çift dikiş atılarak dikim yapılmıştır. Paraşütün ip bağlanacak kısımları 3 mm paracord olarak tanımlanan ip ile paraşütün dilimlerinin birleştiği üç kısımlarına katlamalı 3 dikiş atılarak dikilmiştir.
- Ana Paraşüt sisteminin rengi boyutu ve paraşüt tasarımlı detayları:** Paraşütlerimizde ripstop nylon kumaş kullanılmış olup, %100 üretimi tamamlanmıştır. Paraşüt detayları şu şekildedir; çapı 240 cm, kürelik yüzdesi 39 olmak üzere ayarlanmış, spillhole diameter (dökülme deliği çapı) 15 cm gövde parçasının sürüklenebilmesini azaltmak ve stabil bir şekilde aşağı inmesini sağlamak amacıyla açılmıştır. 4 beyaz ve 4 sarı üçgen dilim kesilerek sırasıyla beyaz ve sarı dilimler çift dikiş atılarak toplam 8 dilim birbirine eklenmiştir. Paraşütün ip bağlanacak kısımları 3 mm paracord olarak tanımlanan ip ile paraşütün dilimlerinin birleştiği üç kısımlarına katlamalı 3 dikiş atılarak dikilmiştir.

Aviyonik Sistem Mekanik Görünüm

Aviyonik Bölümü 3 Boyutlu Görünümü (CAD)

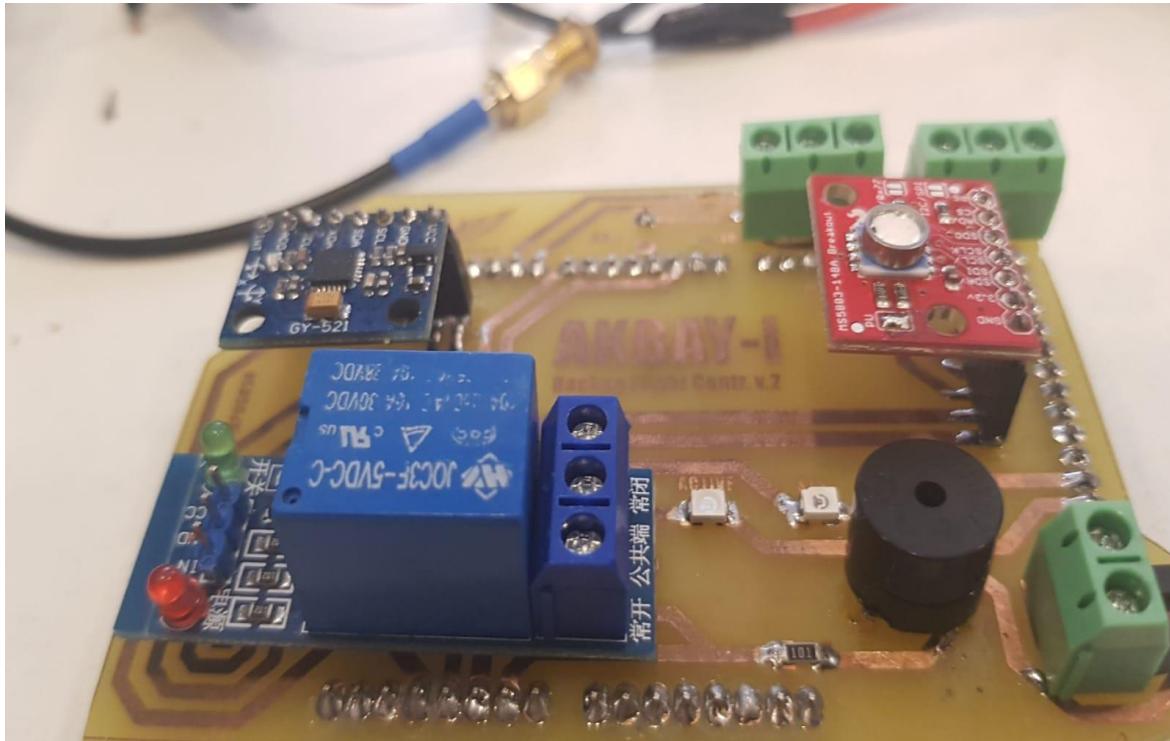


Aviyonik Sistem Görünüm



ANA AVİYONİK KARTIMIZ

Aviyonik Sistem Görünüm

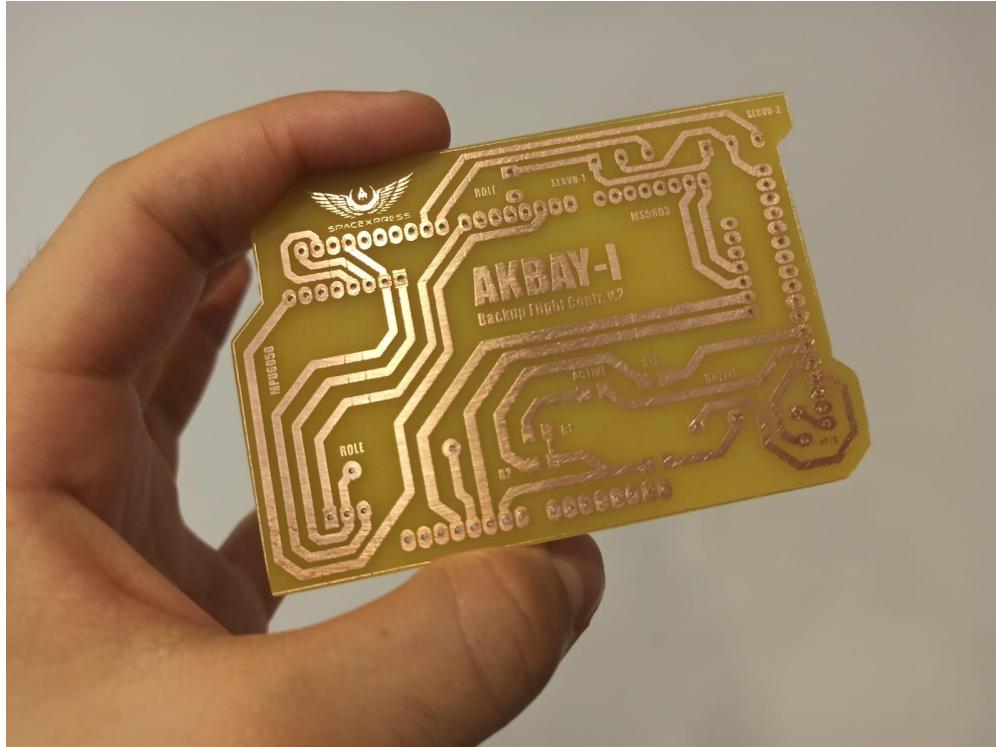


YEDEK AVİYONİK KARTIMIZ

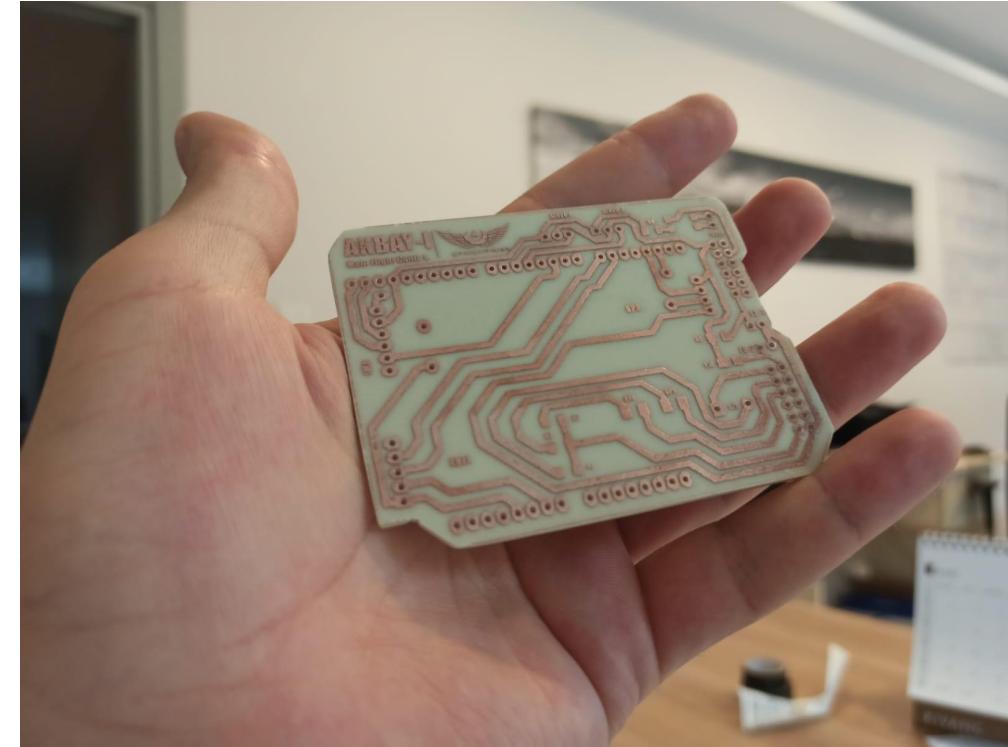


BURUN AVİYONİK KARTIMIZ

Aviyonik Sistem Görünüm



YEDEK AVİYONİK DEVRESİ



ANA AVİYONİK DEVRESİ

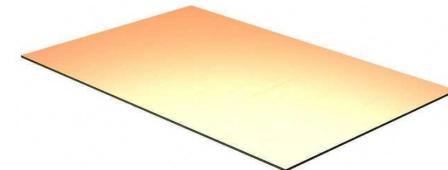
Aviyonik Sistem – Detay

ANA AVİYONİK	Ana Aviyonik sistemimizin nihai halinde kullanılan sensörler Mpu9255, Xbee Pro S3B ve Ublox Neo6m'dir. Ana aviyonik kartımız 84.8 mm genişlik 64.6mm yüksekliğe sahiptir. Kart tasarılanırken boyutunun küçük ve tekrar kullanılabilir olması dikkate alınmıştır.
YEDEK AVİYONİK	Yedek Aviyonik Sistemimiz 96.6 mm genişlik 64.7 mm yüksekliğe sahiptir. Sistemimizde nihai olarak kullanılan sensörler Mpu6050 ve Sparkfun MS5803'dür. Yedek aviyonik kart üzerinde sistem güvenliği için bir adet röle modülü bulunmaktadır. Bu röle modülü güç tüketimi konusunda bir problem çıkması veya başka öngörülemeyen bir durum için hazırda bekletilmekte ve ihtiyaç duyulması halinde hızlıca kullanıma alınabilmektedir.
BURUN AVİYONİK	Burun Aviyonik Sistemimiz roketimizin burun kısmında aviyonik için tasarladığımız yere konuşlandırılacaktır. Sistemimizde nihai olarak kullanılan sensörler Mpu6050, Xbee Pro S3B ve Ublox Neo6m'dir.

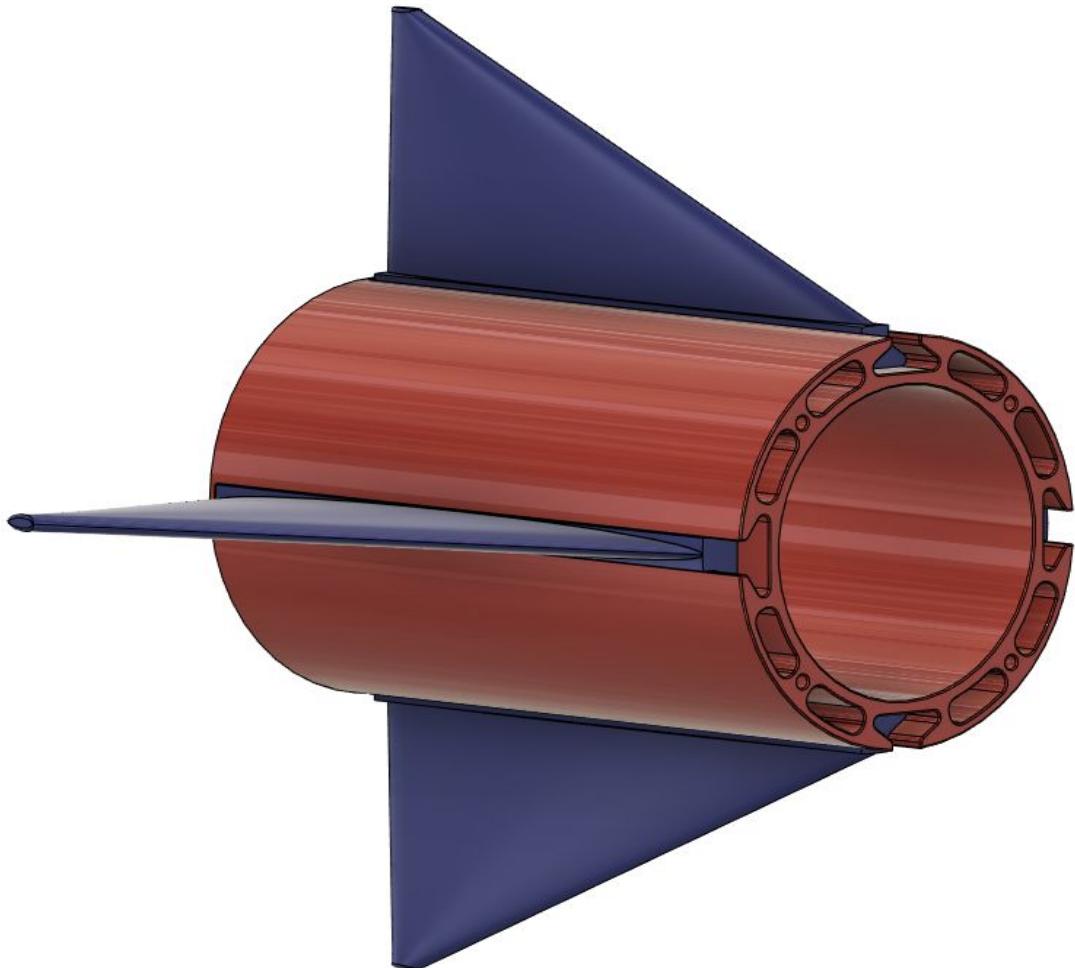
Aviyonik Sistem – Detay

AVİYONİK KARTLARIN ÜRETİMİ

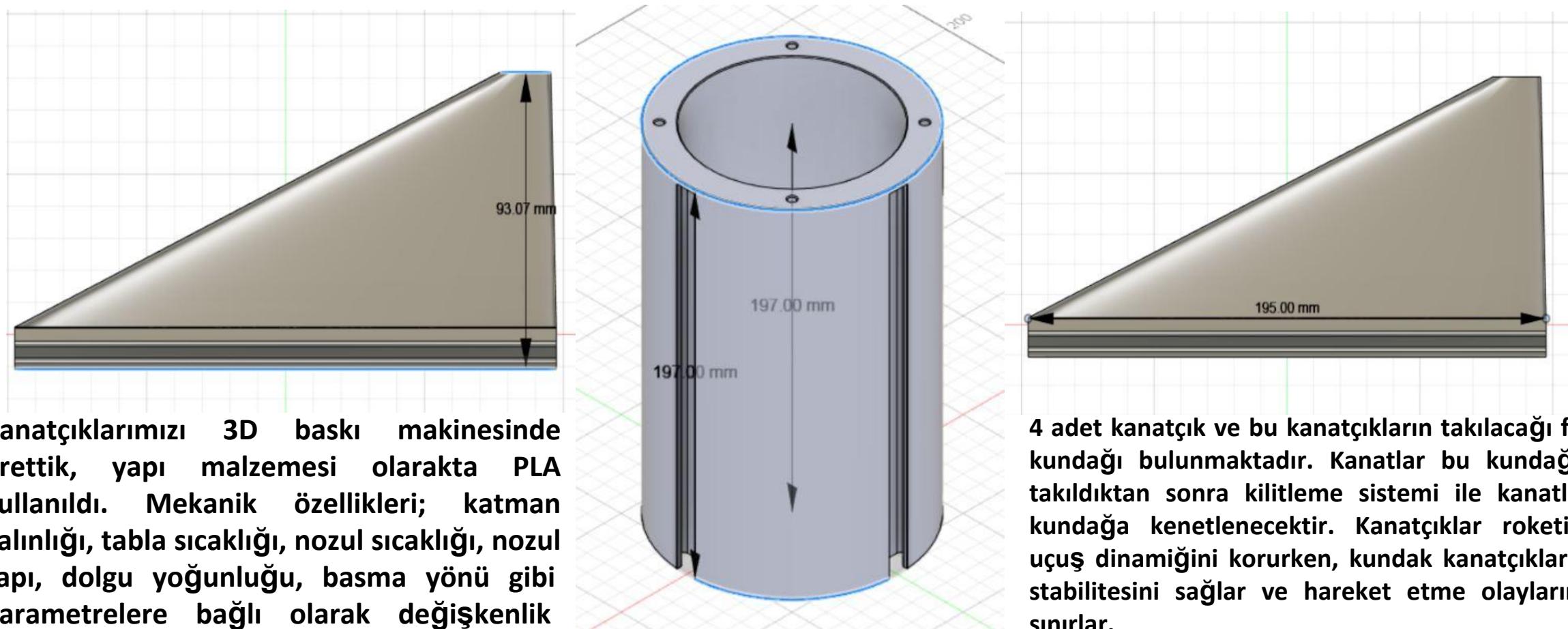
Aviyonik Sistemlerimiz kendi tarafımızca üretilmiştir. Üretim aşamasında bakır plaket, tuz ruhu ve hidrojen peroksit kullanılmıştır. Kartımız üretildikten sonra yollar kontrol edilip sensörler ve bileşenler karta lehimlenmiştir. Üretim başarı ile tamamlanmış olup sorunsuz bir şekilde çalışmaktadır.



Kanatçıklar Mekanik Görünüm



Kanatçıklar – Detay



Kanatçıklarımızı 3D baskı makinesinde ürettik, yapı malzemesi olarak PLA kullanıldı. Mekanik özellikleri; katman kalınlığı, tabla sıcaklığı, nozul sıcaklığı, nozul çapı, dolgu yoğunluğu, basma yönü gibi parametrelere bağlı olarak değişkenlik gösterir.

4 adet kanatçık ve bu kanatçıkların takılacağı fin kundağı bulunmaktadır. Kanatlar bu kundağa takıldıktan sonra kilitleme sistemi ile kanatlar kundağa kenetlenecektir. Kanatçıklar roketin uçuş dinamini korurken, kundak kanatçıkların stabilitesini sağlar ve hareket etme olaylarını sınırlar.



Roket Genel Montajı



Roket Genel Montaj

<https://www.youtube.com/watch?v=nkTifsyuEaE&feature=youtu.be>

Roket Genel Montajı





Roket Motoru Montajı



Roket Motoru Montajı

<https://www.youtube.com/watch?v=Wzp4n8A4IUE&feature=youtu.be>



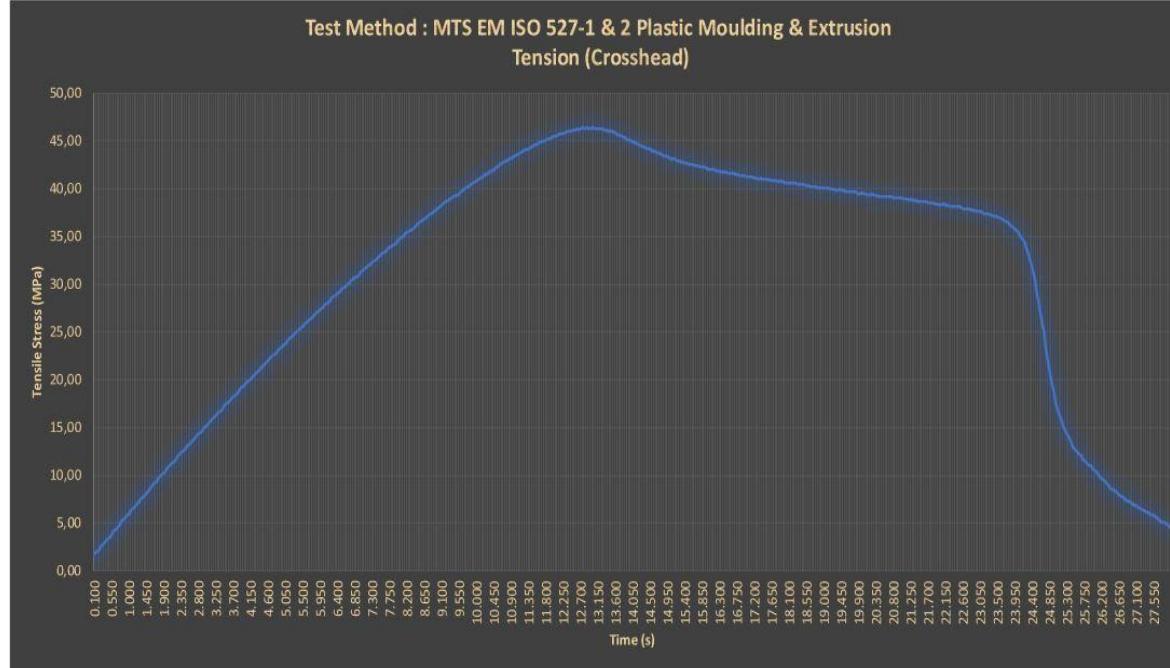
Atış Hazırlık Videosu



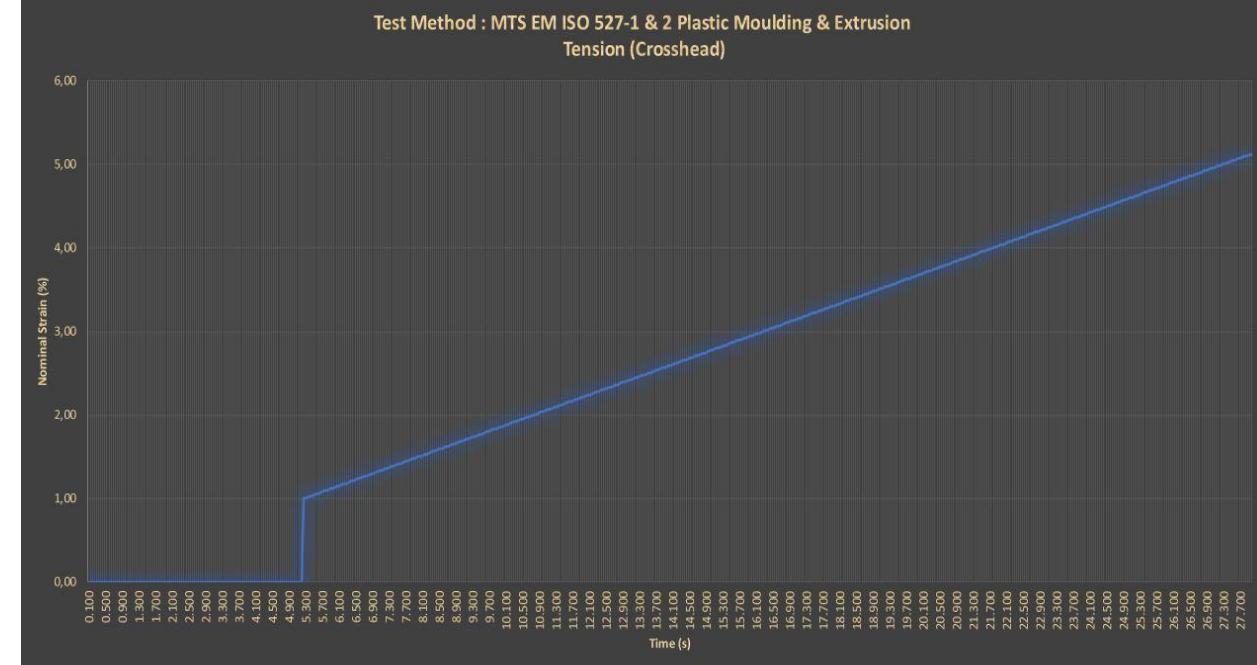
Atışa Hazırlık Videosu

<https://www.youtube.com/watch?v=e8layFy7W0M&feature=youtu.be>

Testler - Yapısal/Mekanik Mukavemet



Grafikte çekme geriliminin zamana bağlı olarak parça üzerindeki tesiri görülmektedir. Numune parça üzerine yapılan bu çekme testi sonucunda numunenin maksimum çekme dayanımının 46,408 MPa olduğu gözlemlenmiştir.



Ayrıca parçanın zamana bağlı yüzde olarak zorlanması ve uzaması da numune üzerine yapılan çekme deneyinden elde edilen veriler ile grafiğe dökülmüştür. Numune üzerine yapılan bu deney sonucunda numunenin yaklaşık 460 kg'luk bir yükle dayanım sağlayacağı görülmüştür.

Testler - Yapısal/Mekanik Mukavemet



Gövde basma dayanımı için gövdeden alınan kesit üzerine 210 kg'lık bir yük bindirerek oluşturduğumuz bir test düzeneği bulunmakta. Bu test düzeneği sonucunda gövdeden alınan kesit başarılı bir şekilde yüklenen yüke dayanım göstermiştir. Ayrıca gövde üzerine yapmış olduğumuz düşürme testi de başarılı bir şekilde gerçekleştirildi.

Kanatçık eğilme test düzeneği için yapmış olduğumuz test düzeneğinde kanatçığın eğmeye uğrayacağı noktadan 4 kg'lık bir yük bindirerek eğilme dayanımı test edildi. Uygulanan yük sonucunda kanatçığın başarılı bir şekilde dayanım sağladığı görülmüştür. Ayrıca kanatçık üzerine yaptığımız düşürme testide başarılı bir şekilde gerçekleştirılmıştır.

Kurtarma sistemi alt tablası ve mapa bağlantı noktasının dayanımının ölçümü için düzenlenmiş olduğumuz test düzeneğinde forklift yardımı ile iki ayağının arasına koyduğumuz mapa bağlantı noktasını 440 kg'lık bir yük ile test ettik. Bir süre havada asılı kalan yüze mapa bağlantımız ve alt tablamız başarılı bir şekilde dayanım sağlamıştır.

Testler - Yapısal/Mekanik Mukavemet



Burun konisi bulku üzerine, yapmış olduğumuz test düzeneği ile mapa bağlantı noktasında olduğu gibi 440 kg'lık yükle dayanım testi gerçekleştirdik. Test sonucu burun konisi bulkumuzun dayanımının başarılı bir şekilde yük direncine dayandığını gördük.



Motor takozumuzu motorun çalışma esnasında bineceği yükle dayanımını test amacıyla test düzeneğimize alt tabla mapa bağlantı ve burun koni bulkunda olduğu gibi takozumuzu da yerleştirdik. Takozumuz 500 kg yük altında başarılı bir şekilde bu yükle dayanım sağlamıştır.



Testler/Kurtarma Sistemleri



Kurtarma Sistemleri Test Sonucu

<https://www.youtube.com/watch?v=tF8oUZQ0rkw>

<https://www.youtube.com/watch?v=lwqy2KR0Hds>



Testler/Aviyonik Sistem Yazılım ve Donanım



Aviyonik Sistem Yazılım ve Donanım Test Sonucu

<https://www.youtube.com/watch?v=wFaCYhoX4uA>

<https://www.youtube.com/watch?v=GPt3FmarWq8>



Testler/Telekomunikasyon



**Telekomunikasyon Test
Sonucu**

<https://www.youtube.com/watch?v=wqjrrWB4n0Y>

Yarışma Alanı Planlaması

MONTAJ GÜNÜ İŞ PLANI:

Burun, Entegrasyon, Fin Kompleleri ve Alt Gövde Montajı - Kamil ÖNER, Cihat BULUT

Kurtarma Mekanizması ve Orta Gövde montajı - Kamil ÖNER, Cihat BULUT

Burun ve Gövde Aviyonikleri Test/Montaj - Hüdai GÜL, Oğuzhan TEZEL

Paraşüt Sistemlerinin Atışa Hazırlanması - Muaz ERDEM, Furkan ÖLMEZOĞLU

Paraşütlerin Rokete Entegre Edilmesi - Muaz ERDEM, Furkan ÖLMEZOĞLU

Motorun Rokete Yüklenmesi - Kamil ÖNER, Cihat BULUT, Muaz ERDEM

ACİL DURUM VE TEDBİRLER:

- Rokette kullanılan çoğu parça 3B yazılıclar tarafından basılıabildiğinden yarışma alanına alt sistemlerin, parçaların ve bağlantı elemanlarının yedekleri ile gelinecektir.
- Elektronik üniteler için kritik parçaların (pil, sensörler, kontrolcüler vs.) yine aynı şekilde yedekleri bulunacaktır.



Yarışma Alanı Planlaması

ATIŞ GÜNÜ İŞ PLANI:

Roketin Rampaya Taşınması - Muaz ERDEM, Hüdai GÜL

Roketin Rampaya Sürülmesi - Muaz ERDEM, Hüdai GÜL

Roketin Aktivasyonu - Hüdai GÜL

ACİL DURUM VE TEDBİRLER:

- Belirtilen görevlere atanan takım üyelerinin herhangi bir rahatsızlık durumunda yerini “Kamil ÖNER” alacaktır.
- Roketin konum sinyallerinin kesilmesi durumunda, roket içerisinde yerlestirdiğimiz ticari ve ana aviyonikten bağımsız bir gps sisteminden (**The SPOT Personal Tracker**) gelen sinyal okunmaya devam edilebileceği için kurtarma sürecine devam edilebilecektir. SPOT GPS cihazı %100 uydu bazlı konum verisini en fazla 2-2.5 metre hata payı ile verebilmektedir. Bu sebeple yüksek güvenilirliğe ve doğruluğa sahiptir.

Yarışma Alanı Planlaması

Fırlatma Öncesi

Ekip üyelerinden Hüdai Gül, Oğuzhan Tezel ve Kamil Öner roketi motoru yüklü vaziyette rampaya doğru yatay bir şekilde taşıyacak, daha sonra roketi rampaya sürecek. Roket rampaya sürüldükten sonra Hüdai Gül en fazla 10 dakika içerisinde önce ana ve yedek aviyonisi daha sonra burun aviyonisini butonla aktif hâle getirecek. Yine Hüdai Gül, AltimeterTwo'yu çıkarıp aktif hâle getirip tekrar rokete yerleştirecek.

Fırlatma

Oğuzhan Tezel ve Kamil Öner yer istasyonunda aktif hâle getirilen aviyoniklerden anlık veri almaya başlayacak. Muaz Erdem ve Hüdai Gül, roketi ateşleyecek.

Fırlatma Sonrası

Oğuzhan Tezel ve Kamil Öner yer istasyonundan roketten gelen anlık verileri takip edecektir. Cihat Bulut ve Furkan Ölmezoglu roketin tüm uçuşunu kamera kaydına alacak ve roketle sürekli durbün aracılığıyla görsel teması korumaya çalışacaktır. Ground hit tespit edildikten sonra kurtarma süreci başlayacaktır.

Kurtarma Süreci

Gövde ve faydalı yük iniş yaptıktan sonra roketten yer istasyonuna gelen veriler ile görsel takip verileri karşılaştırılarak kurtarma stratejisi belirlenecek. Kurtarma stratejisi doğrultusunda kurtarma sorumlusu Furkan Ölmezoglu başkanlığında tüm ekip arama kurtarmada görev alacaktır. Open Rocket simülasyonuna göre gövdenin iniş yapacağı yer fırlatma rampasına maksimum 1895 m uzaklıkta, faydalı yük ve burun konisi ise maksimum 3858 m uzaklıkta olması planlanmaktadır.