



T.C

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ  
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

POSTA TAŞIMA AMAÇLI GÜNEŞ ENERJİLİ İHA

MÜHENDİSLİK TASARIMI

365001 Safa TOSUN

364989 Mustafacan ALTUNCU

364935 Hikmet Berkay OKYAY

364977 Hüseyin KARA

(2. ÖĞRETİM)

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Nurhan GÜRSEL ÖZMEN

Bölüm Başkanı: Prof. Dr. Burhan ÇUHADAROĞLU

HAZİRAN 2021

## ÖNSÖZ

Bu tasarım projemizde son zamanlarda insan hayatı için önemi artan güneş enerjili insansız hava aracının geçmişten günümüze serüveni ve tasarımında dikkat edilmesi gereken hususlar hakkında araştırma ve insansız hava aracının posta taşıma amaçlı kullanımı için çalışmalar gerçekleştireceğiz.

Bu çalışmamızda başlangıcından bitimine kadar her aşamasında çalışmalarımızı destekleyen ve yönlendiren Dr. Öğr. Üyesi Nurhan Gürsel ÖZMEN hocamıza, Karadeniz Teknik Üniversitesi Rektörlüğü, Mühendislik Fakültesi Dekanlığı ve Makine Mühendisliği Bölüm Başkanlığı'na teşekkür ederiz.

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	2
İÇİNDEKİLER.....	3
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	5
ÖZET.....	6
SUMMARY.....	7
1. GİRİŞ.....	8
1.1. AMAÇ ve KAPSAM.....	8
2. İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI TARİHİ ve SINIFLANDIRMASI.....	9
2.1. İHA TARİHİ.....	9
2.1.1. Ülkemizde İHA.....	12
2.2. İHA SINIFLANDIRMASI.....	15
2.2.1. İHA görevleri.....	16
3. DÖRT ROTORLU İNSANSIZ HAVA ARACI.....	16
4. QUADCOPTER UÇUŞ KONTROLÜ.....	17
4.1 Hareket Eksenleri.....	17
4.1.1. Yaw (Dikey Eksen).....	17
4.1.2. Pitch ve Roll (Yanal ve Ana Eksen).....	18
5. DENKLEM VE ANALİZLER.....	19
5.1. KUVVET DENKLEMLERİ.....	19
5.1.1. Direnç Kuvveti.....	19
5.1.2. İtme Kuvvetleri.....	19
5.2. KUVVET ANALİZİ.....	20
6. QUADCOPTER PARÇALARI.....	21
6.1. ŞASI.....	21
6.2. FIRÇASIZ DC MOTORLAR.....	22
6.3. ELECTRONİCS SPEED CONTROLLER(ESC).....	23
6.4. PERVANE.....	24

6.5. KONTROL KARTI.....	24
6.6. BATARYA.....	25
6.7. SOLAR PANEL.....	25
6.8. KUMANDA.....	26
7. GÖVDE ÜZERİNE YAPILAN STATİK ANALİZLER.....	27
8. PID KONTROL ÇIKTILARI.....	29
9. DENEYSEL ÖLÇÜM GRAFİKLERİ.....	31
10. YAZILIMSAL KONTROL AYARLARI.....	33
11. ÇEVRESEL ETKİ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	36
12. MALİYET HESABI.....	37
13. SONUÇLAR.....	38
14. HAFTALIK ÇALIŞMA PROGRAMI.....	39
KAYNAKLAR.....	40
EKLER.....	41

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1: Avustralya'nın ilk İnsansız Savaş Balonları (1849).....	9
Şekil 2.2: Tarihteki ilk Quadcopter (1907).....	9
Şekil 2.3: İlk Radyo Kontrollü Askeri Drone (1917).....	10
Şekil 2.4: KETTİNG BUG (1918).....	11
Şekil 2.5: İlk seri üretimi olan insansız hava aracı QQ2 (1939).....	11
Şekil 2.6: RQ-2 Pioneer.....	12
Şekil 2.7: MQ-1 Predator.....	12
Şekil 2.8: RQ-4 Global Hawk.....	12
Şekil 2.9: RQ-11 Raven.....	12
Şekil 2.10: TURNA Hedef Uçak Sistemleri.....	13
Şekil 2.11: TAI tarafından üretilen Martı ve Pelikan İHA-X2 (2003-2004).....	13
Şekil 2.12: BAYKAR SAVUNMA ve TUSAŞ tarafından üretilen örnek İHA Sistemleri.....	14
Şekil 4.1: Motor hareket yönleri.....	17
Şekil 4.2: Yaw, Pitch ve Roll Hareketleri.....	18
Şekil 6.1: İHA ŞASİSİ.....	21
Şekil 6.2: FIRÇASIZ DC MOTOR.....	22
Şekil 6.3: TEKLİ ESC.....	23
Şekil 6.4: PERVANE.....	24
Şekil 6.5: KONTROL KARTI.....	24
Şekil 6.6: Li-Po BATARYA.....	25
Şekil 6.7: SOLAR PANEL.....	26
Şekil 6.8: KUMANDA.....	26

## ÖZET

Bu projede dört rotorlu insansız hava aracının literatür araştırması, tasarımı, modellemesi, dinamik hesaplamaları ve parça araştırması gerçekleştirilmiştir. Döner Kanatlı İnsansız Hava Aracının performansı için değerlendirilmesi ve hesaplanması gereken denklemler belirtildi. Belirtilen denklemler Döner Kanatlı İnsansız Hava Araçlarının temel mekaniğini anlatmakta ve tasarımcıya imalat açısından yol göstermektedir.

Bu projede dikkate alınacak en önemli hususlardan bir tanesi uçağın gövdesine eşit aralıklarla yerleştirerek ağırlık merkezini dengede tutmaktır. Devrelerin yeri kararlaştırıldıktan sonra motorlar bağlanır ve sistem son halini alır. Gerekli olan devreler motorlara bağlandıktan sonra kalibrasyonları yapılır ve uygun malzeme seçimi gerçekleştirilir. Posta taşıma amaçlı insansız hava aracımız hafif ve dayanıklı malzemeler seçilerek yapılır. Montajı bitirdikten sonra Döner Kanatlı İnsansız Hava Aracını gerekli testlere sokarak yapılan testlerin sonuçları irdelenir.

**ANAHTAR KELİMELER:** Mini İHA, Dört motor, Tasarım, Modelleme, Malzeme, Quadcopter, Kinematik, Dinamik

## **SUMMARY**

In this project, literature research, design, modeling, dynamic calculations and parts research of the quadrotor unmanned aerial vehicle were carried out. The equations that need to be evaluated and calculated for the performance of the Rotary Wing Unmanned Aerial Vehicle are specified. The specified equations describe the basic mechanics of Rotary Wing Unmanned Aerial Vehicles and guide the designer in terms of manufacturing.

One of the most important issues to be considered in this project is to keep the center of gravity balanced by placing them evenly on the fuselage of the aircraft. After the location of the circuits is determined, the motors are connected and the system takes its final form. After the necessary circuits are connected to the motors, they are calibrated and the appropriate material is selected. Our unmanned aerial vehicle for mail transport is made by choosing light and durable materials. After completing the assembly, the Rotary Wing Unmanned Aerial Vehicle is put to the necessary tests and the results of the tests are examined.

## 1. GİRİŞ

İnsansız hava araçlarının günümüzde askeri (keşif, gözlem, vb) ve sivil uygulamalar (yangın, deprem, vb) gibi insanların can güvenliğini tehlikeye atabilecek uygulamalarda hatta trafik denetiminde, suç mahalli araştırması, arama kurtarma, sınır güvenliğini sağlamada ve son dönemlerde pandemi nedeniyle gerçekleştirilen sokağa çıkma yasağı denetimlerinde olduğu gibi geniş kullanım alanları bulunmaktadır.

İnsansız hava araçları, temel olarak içerisinde insan olmadan uçabilen ve uzaktan yönetilebilen hava araçlarıdır. İnsansız hava araçları boyut, menzil, amaç gibi farklı kriterlere göre sınıflandırıldığı gibi sabit kanatlı ve döner kanatlı olarakta sınıflandırılır. Döner kanatlı hava araçları dikey kalkış, iniş yapabilen ve havada asılı kalabilen araçlardır. Sabit kanatlılara kıyasla düşük menzil ve irtifada uçuş yapabilen sistemlerdir. Dört rotorlu insansız hava aracı, dinamik yapısı gereği 4 adet rotordan ve pervanelerin dönmesi sonucu oluşan itki kuvveti ile uçabilen, yörünge takibi yapabilen hava aracıdır. Sistemin dinamik yapısı yüksek itki kuvveti sağlamakta ve yapılması zor olan hareketlerin yapılabilmesine imkan vermektedir. Ancak dört rotordan oluşan doğrusal olmayan dinamik yapısı ve her bir rotoru harekete geçiren motorların hız denetiminin gerekliliği sistemin denetimini zorlaştırmaktadır. Sistemin denetiminin zor olması ve geliştirmeye ihtiyaç duyulması nedeniyle literatürde pek çok araştırma yapıldı ve halen araştırmalara devam etmektedir.

### 1.1. AMAÇ ve KAPSAM

İnsansız hava araçlarından istenilen özellikler hafiflik, havadaki uçuş süreleri ve görüntü iletimi gibi kriterlerdir. Bu projede dört rotorlu bir insansız hava aracının belirli bir yükseklikte havada kalabilmesi için hava aracının modellenmesi, tasarımı ve yükseklik denetimi amaçlanmıştır. Sistem olarak doğrusal olmayan matematiksel modele sahiptirler. Aerodinamik parametrelerin ve model belirsizliklerinin sistem üzerinde etkili olması nedeniyle, bu hava araçlarının denetiminde doğrusal denetleyiciler yetersiz kalabilmektedir.

Bu tez çalışmasında amaç uçuş güneş enerjisinden yararlanılıp elde edilecek enerji ile tasarımı yapılmış olan Döner Kanatlı İnsansız Hava Aracının minimum maliyet ve amacına uygun şekilde performans gösterebilmesini sağlamaktır.



## 2. İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI TARİHİ ve SINIFLANDIRMASI

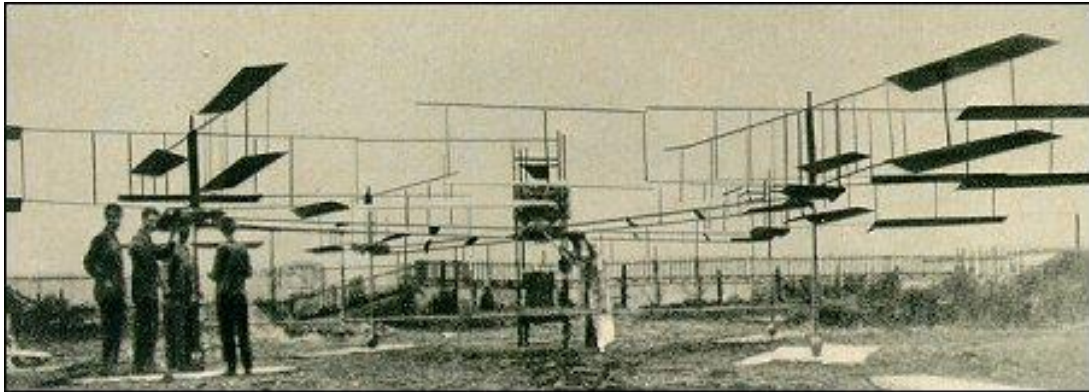
### 2.1. İHA TARİHİ

İnsanlar çok eski tarihlerden beri kuşları izleyip onlar gibi uçmayı istemişlerdir. Bu nedenler kuşları örnek olarak yapılan ilk uçan nesne olan uçurtmayı yapmışlardır. İnsansız hava araçlarının tarihi 1849 yıllarına kadar uzanıyor. İlk drone olarak kabul edilen insansız balonlar, Avusturyalılar tarafından Venedik şehrinin bombalanmasında kullanılmıştır.



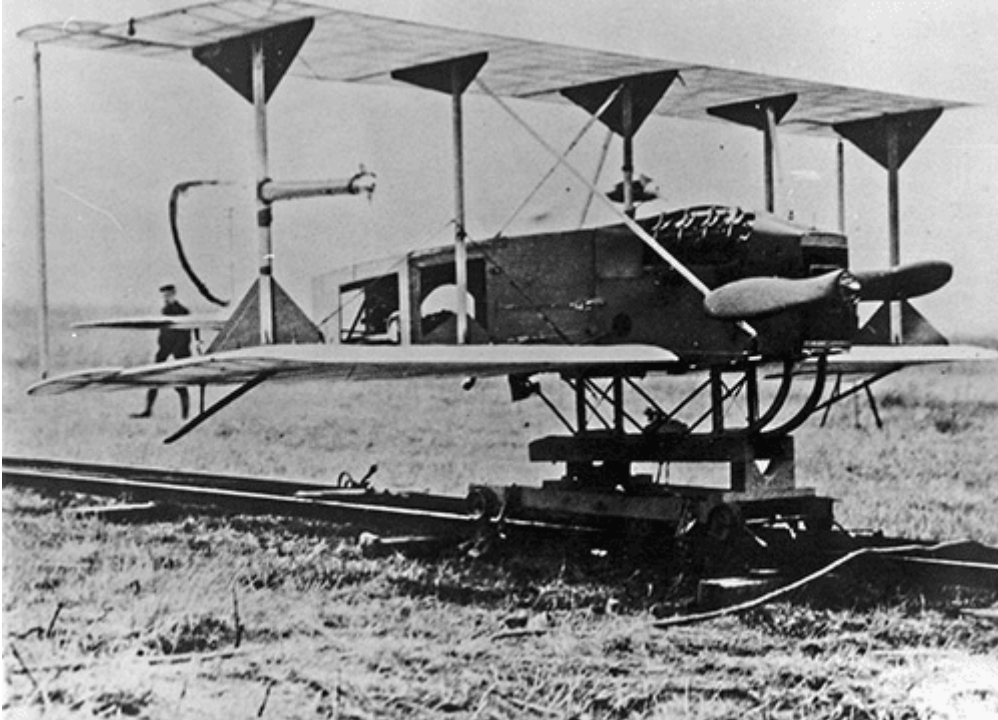
Şekil 2.1: Avustralya'nın ilk İnsansız Savaş Balonları (1849)

Drone tarihinde ilk Quadcopter 1907 yılında Jacques ve Louse Brequetadında iki kardeş tarafından yapıldı ve yapılan bu buluş dünya genelinde çok ses getirdi. O yıllarda yapılan uçuş denemesi her ne kadar başarısız olsa da bu buluş günümüze kadar geliştirilen quadcopterlerin anahtarı niteliğindedir.



Şekil 2.2: Tarihteki ilk Quadcopter (1907)

İlk kez 1915 yılında İngilizler 1. Dünya savaşında havadan çekim yaparak Alman siperlerinin fotoğraflarını çekmiştir. İlk insansız hava araçları A. M. Low tarafından 1916 yılında geliştirilmiştir. Takip eden yıllarda ise sınırlı sayıda üretilen Hewitt-Sperry otomatik uçak 1.dünya savaşı sırasında kullanılmıştır. 1935 yılında ise film yıldızı ve model uçak tasarımcısı Reginald Denny ilk ölçekli RPV (uzaktan kumandalı araç) modelini geliştirmiştir. 2.dünya savaşı sürecinde çok fazla miktarda uçak üretilmiştir, bunlar trenleri korumak amacıyla uçaksavar ve saldırı görevlerinde kullanılmıştır. Jet motoru bulunan ilk model 1051 yılında Teledyne Ryan firması tarafından geliştirilen Firebee modelini üretmiştir. Bununla beraber bu araçlar Vietnam savaşı süresince birer uzaktan kumandalı uçak olmaktan daha ileriye gidemediler.



**Şekil 2.3:** İlk Radyo Kontrollü Askeri Drone (1917)

1918 yılında Ketting Bug adında Brinci Dünya savaşından sonra deneysel bir insansız hava torpidosu saatte 80 km/h hızlarda seyahat edebiliyor ve 121 km'ye kadar menzil vadediyordu fakat uçuş denemeleri başarısız oldu ve hiçbir zaman kullanılmadı.



**Şekil 2.4:** KETTING BUG (1918)

Seri üretime geçen ilk insansız hava aracı Radioplane marka QQ2 model sabit kanatlı insansız hava aracıdır. 15000 adet üretimi gerçekleştirilen bu araçlar İkinci Dünya Savaşında kullanılmıştır. [1]



**Şekil 2.5:** İlk seri üretimi olan insansız hava aracı QQ2 (1939)

1982 yılında israil ordusu, Suriye uçaklarını en az kayıpla yok etmek için droneleri kullandı. 1986 yılında İsrail ve Amerika Birleşik Devletleri ortak bir projeye imza atarak yeni bir drone oluşturdular. 1990'lı yıllarda boyutları küçültülerek daha minyatür hale getirildi. Bunun en önemli nedeni İnsansız hava araçlarının uçaklara nazaran çok daha ucuz olması ayrıca riskli görevler sırasında yetişmiş mürettebat kaybını sifira indirmesidir. Genel olarak keşif ve gözetleme amacıyla kullanılan bu araçlar günümüzde silahlandırmaktadır.



Şekil 2.6: RQ-2 Pioneer



Şekil 2.7: MQ-1 Predator



Şekil 2.8: RQ-4 Global Hawk



Şekil 2.9: RQ-11 Raven

### 2.1.1. Ülkemizde İHA

Türkiye'nin İHA serüveni yaklaşık olarak 40 yıl öncesine dayanır. İlk olarak 1980' li yıllarda Savunma Sanayi Müsteşarlığı (SSM), İHA konusunu daha iyi tanımak ve üretimlerine yönelik olarak sanayileşme modellerini belirlemek amacıyla çalışmalar başlatmıştır.

1990 yılında, ŞAHİT İHA prototipi ilk test uçuşunu Sivrihisar Hava Meydanı'ndan gerçekleştirmiştir. ŞAHİT, ilk üretilen yerli İHA'dır. 1992 yılında 2 adet üretilmiş ancak seri üretimi gerçekleştirilememiştir. [2]

2001 yılında Hv.K.K. ve K.K.K. envanterine giren TURNA, bu tarihten itibaren hava savunma birliklerinin eğitimlerinde aktif olarak kullanılmaktadır. Tasarım ve üretimle birlikte tüm sistem sadece TUSAŞ'a özgündür. [3]



**Şekil 2.10:** TURNA Hedef Uçak Sistemleri



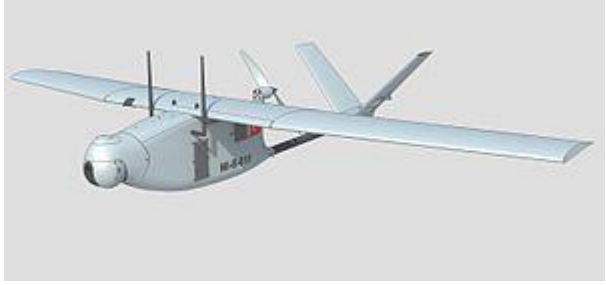
**Şekil 2.11:** TAI tarafından üretilen Martı ve Pelikan İHA-X2 (2003-2004)



**Şekil 2.12:** 2005 Yılında Bayraktar mini İHA sistemi ülke kollukları envanterine girmiş ve ihracatı gerçekleştirilen ilk yerli İHA sistemi olmuştur.



Günümüzde BAYKAR SAVUNMA ve TUSAŞ tarafından üretilen ve geliştirilmekte olan İHA sistemleri mevcuttur. Bunların tamamı ile yerli olması ülke ekonomisi, ihracat, savunma sanayi gibi birçok bakımdan büyük avantajlara sahiptir. Aşağıdaki örnek bazı İHA'lar gösterilmiştir. Bunlar; Baykar Bayraktar Akıncı, Baykar Bayraktar TB2, Bayraktar DİHA, Bayraktar Mini İHA, TUSAŞ Anka, TUSAŞ Anka-Aksungur, TUSAŞ Baykuş, TUSAŞ Şimşek modellerine ait örnek fotoğraflardır. [4]



**Şekil 2.12:** BAYKAR SAVUNMA ve TUSAŞ tarafından üretilen örnek İHA Sistemleri

## 2.2. İHA SINIFLANDIRMASI

İnsansız hava araçları altı farklı başlık altında sınıflandırılabilir.

- Keşif ve Gözetleme: Bilgi toplama ve gözleme amacıyla kullanma.
- Lojistik: Kargo ve lojistik destek amaçlı araçlar.
- Sivil ve Ticari: Hobi ve diğer ticari amaçlar için kullanma.
- Hedef ve Yem: Hedef belirleme amacıyla diğer savunma veya savaş uçaklarına karşı yem olarak kullanma.
- Çatışma: Saldırı kapasitesine sahip yüksek riskli görevlerde kullanılan araçlar.
- Araştırma ve Geliştirme: Farklı İHA teknolojilerinin gelecekte kullanma amacıyla denendiği ve geliştirildiği araçlar.

### 2.2.1. İHA görevleri

- **Uzaktan algılama:** Uzaktan algılama amacıyla üretilen İHA'ların bünyesinde elektromanyetik tayf algılayıcıları, kimyasal ve biyolojik sensörler mevcuttur. Bu sensörler içinde kameralar ve radar sistemleri bulunur.
- **Taşıma:** İHA'lar üretim özelliklerine göre belirli bir yük taşıma kapasitesine sahip olabilirler. Yükler ana gövde içerisinde bulunan boşlukta veya bizim tasarımıımızda da olduğu gibi gövde altına yerleştirilen kısımda taşınabilmektedir.
- **Bilimsel araştırma:** İHA'lar pilotlu araçların uçamayacağı yüksek riskli ve tehlikeli bölgelerde rahatlıkla kullanılabilir. Araştırmacılar bu özellikten faydalanarak bazı araştırmaları ve gezegen keşiflerini gerçekleştirebiliyorlar. [5]

### 3. DÖNER KANATLI İNSANSIZ HAVA ARACI

Sabit kanatlı hava araçlarının aksine dört rotorlular kaldırma kuvvetini dönen kirişlerden elde ettiği için rotorcraft sınıfına girmektedir. Dört rotorluların genellikle simetrik ya da artı şeklinde yerleştirilmiş pervaneler kullanılmıştır. Bunların birbirine uyumlu olarak ayarlanabilir ancak helikopterdeki gibi döngüsel olamaz. Bu yüzden cihazın kontrolü motorların dönüş hızını değiştirerek yani tork yükünü ve itme /kaldırma karakteristiklerinde farklılık yaparak sağlar.

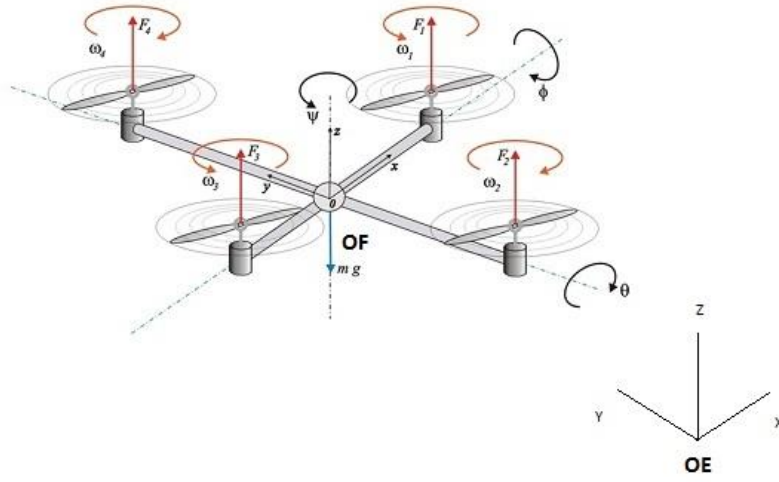
Döner Kanatlı İnsansız Hava Aracı konfigürasyonları uçuş tarihinde sürekli görülen torka bağlı kontrol sorunlarını ve kuyruk motorundan kaynaklanan verim kaybını bertaraf etmek amacıyla ortaya çıkmıştır. 1920 ve 1930'larda insanlı uçuş için tasarımlar yapılmıştır. Bu araçlar havadan ağır olup dikey kalkış ve iniş yapabilen cihazların öncülerinden olmuştur. Ancak ilk örnekler düşük performanslı, arkasından gelenler ise pilota düşen iş yükü, düşük kararlılık ve sınırlı kontrol imkânından dolayı kullanılmamıştır. Günümüzde dört rotorlu tasarımlar İHA olarak popülerleşmiştir. Küçük tasarımları ve manevra kabiliyeti sayesinde hem kapalı hem açık alanda uçurulabilirler.

İHA'ların boyut olarak benzer helikopterlere karşı bazı avantajları vardır. Birincisi, dört rotorluların pervane açısını değiştirmek için kullanılan mekanik bağlantılara ihtiyacı yoktur. Böylelikle tasarım ve bakımı basitleşir. İkincisi, dört motor kullanıldığı için motorların çapının küçük olması, dolayısıyla uçuş sırasında daha az kinetik enerjiye sahip olması ve böylelikle olası bir çarpışma halinde motorların daha az hasar almasıdır. Yapım ve kontrol kolaylığı sayesinde amatör model uçuş projelerinde İHA şaseleri sıklıkla kullanılmaktadır. İHA'ların boyut olarak benzer helikopterlere karşı bazı avantajları vardır. Birincisi, dört rotorluların pervane açısını değiştirmek için kullanılan mekanik bağlantılara ihtiyacı olmadığını gözlemledik. Böylelikle tasarım ve bakımı basitleşir. İkincisi dört motor kullanıldığı için motorların çapının küçük olması dolayısıyla uçuş sırasında daha az kinetik enerjiye sahip olması ve böylelikle olası bir çarpışma halinde motorların daha az hasar almasıdır. Yapım ve kontrol kolaylığı sayesinde amatör model uçuş projelerinde İHA şaseleri sıklıkla kullanıldığını yaptığımız araştırmalar sonucunda görmüş olduk. [6]



## 4. QUADCOPTER UÇUŞ KONTROLÜ

Tasarımını yapacağımız Döner Kanatlı İnsansız Hava Aracı dört motordan oluşmaktadır. Dört motor kullanılmasının sebebi dört motorun iki uygun dönme simetriye sahip olmasıdır. Döner Kanatlı İnsansız Hava Aracı üzerinde bulunan her bir motor tork ile itme gücü üretir ve böylelikle uçuş yönü aksine bir kuvvet oluşur. Eş eksenler üzerinde bulunan bir ve üç motoru ile diğer eş eksen üzerinde bulunan iki ve dört motoru birbirlerine ters yönde dönme hareketi yaparak bütün motorlardaki eşit açısal hızlanmayı sıfırlamaktadırlar. Aşağıdaki şekilde motor dönüş yönleri şematik olarak gösterilmiştir. [7]



Şekil 4.1: Motor hareket yönleri

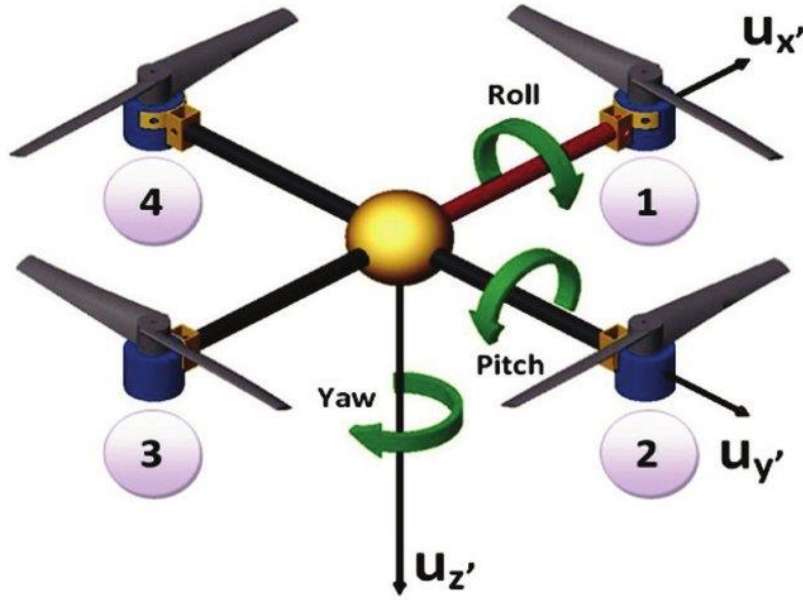
### 4.1 Hareket Eksenleri

#### 4.1.1. Yaw (Dikey Eksen)

Quadcopterin en tepe noktası ile tabanına merkezden inen eksenidir. Bu eksen etrafında yapılan hareket sapma hareketi olarak adlandırılmıştır. Bu hareket quadcopteri sağa ya da sola hareket ettirir.

#### 4.1.2. Pitch ve Roll (Yanal ve Ana Eksen)

Yanal eksen etrafında yapılan hareket yunuslama hareketi olarak adlandırılır. Diğer eksenlerde gerçekleşen hareket ise yuvarlanma ya da yatma hareketi olarak adlandırılır. Bu hareket Döner Kanatlı İnsansız Hava Aracının yere göre olan düzlemsel açısını değiştirir. Aynı yönde dönen pervaneler bu iki eksenlerden birini kontrol ederek bir motordaki itme kuvvetini artırırken diğer motordaki itme kuvvetini azaltır veya tork dengesini korur. Böylelikle her eksene kolayca manevra sağlanır. [8]



Şekil 4.2: Yaw, Pitch ve Roll Hareketleri

## 5. DENKLEM VE ANALİZLER

### 5.1. KUVVET DENKLEMLERİ

Newton hareket yasalarından,

$$\sum \mathbf{F}_{net} = \mathbf{m}_{toplam} \cdot \begin{bmatrix} \ddot{x} \\ \ddot{y} \\ \ddot{z} \end{bmatrix}$$

Quadcopter ağırlığı,

$$\mathbf{F}_g = \mathbf{m}_{toplam} \cdot \mathbf{g}$$

#### 5.1.1. Direnç Kuvveti

Uçuş esnasında oluşan direnç kuvveti,  $\mathbf{F}_{direnç} = m \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S_w \cdot C_D$

#### 5.1.2. İtme Kuvvetleri

Motorların uyguladığı itme kuvveti,

$$\mathbf{F}_{itme} = \begin{bmatrix} \sin\alpha \cdot F_{M1} + \sin\alpha \cdot F_{M2} + \sin\alpha \cdot F_{M3} \\ \cos\alpha \cdot F_{M1} + \cos\alpha \cdot F_{M2} + \cos\alpha \cdot F_{M3} \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\text{Kalkış sırasında } (\alpha=0), \mathbf{F}_{itme,kalkış} = \begin{bmatrix} 0 \\ F_{M1} + F_{M2} + F_{M3} + F_{M4} \\ 0 \end{bmatrix}$$

## 5.2. KUVVET ANALİZİ

$$\sum F_{net} = F_{itme} - F_{direnc,z} - F_g$$

$$F_{itme} = \begin{bmatrix} \sin\alpha \cdot F_{M1} + \sin\alpha \cdot F_{M2} + \sin\alpha \cdot F_{M3} + \sin\alpha \cdot F_{M4} \\ \cos\alpha \cdot F_{M1} + \cos\alpha \cdot F_{M2} + \cos\alpha \cdot F_{M3} + \cos\alpha \cdot F_{M4} \\ 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} m \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S_w \cdot C_D \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = m_{toplam} \cdot \begin{bmatrix} \ddot{x} \\ \ddot{y} \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\sum F_{net,x} = [\sin\alpha (F_{M1} + F_{M2} + F_{M3} + F_{M4})] - (m \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S_{wx} \cdot C_D) = m_{toplam} \cdot \ddot{X}$$

$FM1 = FM2 = FM3 = FM4$  olduğu için;

$$\sum F_{net,x} = \sin\alpha \cdot \sum F_M - (m \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S_{wx} \cdot C_D) = m_{toplam} \cdot \ddot{X}$$

$$\sum F_{net,y} = [\cos\alpha (F_{M1} + F_{M2} + F_{M3} + F_{M4})] - (m \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot 0^2 \cdot S_{wx} \cdot C_D) - m_{toplam} \cdot g = m_{toplam} \cdot \ddot{C}$$

Y ekseninde  $V = 0$  olduğundan,  $F_{direnc,y} = 0$

$$\cos\alpha \cdot \sum F_M - m_{toplam} \cdot g = 0 \quad \text{ve} \quad \cos\alpha \cdot \sum F_M = m_{toplam} \cdot g \quad \text{olur.}$$

$FM1 = FM2 = FM3 = FM4$  olduğu için de tek bir motorun uygulaması gereken kuvvet;

$$F_M = m_{toplam} \cdot g / 4 \cos\alpha$$

$F_M < m_{toplam} \cdot g / 4 \cos\alpha$  ise quadcopter'in ivmesi  $-y$  yönünde

$F_M > m_{toplam} \cdot g / 4 \cos\alpha$  ise quadcopter'in ivmesi  $+y$  yönünde olacaktır.

Dolayısıyla quadcopter'in sadece  $\pm x$  yönünde hareket etmesini istiyorsak;

$$F_M = m_{toplam} \cdot g / 4 \cos\alpha \quad [9]$$

## 6. DÖNER KANATLI İNSANSIZ HAVA ARACI PARÇALARI

**6.1. FRAME:** Frame oluşturulacak model uçağın en önemli parçasıdır. Model uçağın esas görüntüsünü verir. Döner Kanatlı İnsansız Hava Aracının taşıma kapasitesi, görünümü, büyüklüğü seçilen frame'e bağlıdır. Uygulanan yüklerden dolayı meydana gelen gerilmeler hesaba katılır frame seçimi bu sonuca uygun yapılır.

Dünya genelinde Döner Kanatlı İnsansız Hava Aracı tasarımlarında hafiflik ve dayanıklılık bakımından oldukça yeterli olan karbon fiber frameler tercih edilmektedir.



Şekil 6.1: İHA ŞASİSİ

**6.2. FIRÇASIZ MOTORLAR:** Döner Kanatlı İnsansız Hava Aracının uçmasını sağlayacak temel parçalardan biri fırçasız motorlardır. Fırçasız motor seçiminde dikkat edilmesi gereken özellikler KV değeri, pervane uygunluğu, kaldırma kuvveti, verimlilik, gereken voltaj değeri vb. özelliklerdir. Bu özellikler tasarımın amacına göre seçilmelidir.

Bir fırçasız motor iki ana bölümden oluşur bunlar rotor ve stator kısımlarıdır. Rotor mıknatıstır stator ise bobinlerden oluşmaktadır. Bobinlere akım uygularsak bobinler bir manyetik alan oluşturur, manyetik alan çizgileri ve rotor kutupları sürekli değiştirilerek hareket sağlanır.

Motor seçiminde pervane uygunluğu ve Döner Kanatlı İnsansız Hava Aracının ağırlığı ve kargo amaçlı kullanılacağından dolayı kaldırması gereken maksimum yük hesap edilmeli ona göre motor seçilmelidir. Motor ne kadar büyükse o kadar güçlüdür.

KV değeri motora her bir volt verildiğinde motorun dakikada kaç tur atacağını gösterir. Fakat bu pervanenin takılı olmadığı durum için geçerlidir. Bu KV değerleri motorun verimliliği açısından önemlidir. Motor ne kadar dönerse o kadar fazla sürtünme kuvveti oluşacağından sürtünmeyi yenmek için o kadar enerji gerekir. O yüzden KV değeri çok yüksek seçilmemeli aksi halde verim doğrusal olarak düşecektir. [10]



**Şekil 6.2: FIRÇASIZ MOTOR**

**6.3. ELECTRONICS SPEED CONTROLLER (ESC):** ESC'ler motorun dönmesi için oluşacak manyetik alanı döndürecek MOSFET'leri etkinleştirerek motorun hızını kontrol eder. ESC'lerin motoru ne zaman kontrol edeceğini bilmesi için iki ortak yöntem kullanılır. Bunlardan biri hall effect diğeri ise arka elektromotor kuvvetini veya arka EMF'yi algılamaktır.

Hall effect yöntemi kısaca şu şekildedir. Stator içine birbirlerine eşit olarak 120 veya 60 derecelik açılarla yerleştirilmiş hall effect sensörleri kullanılmaktadır. Rotorlar ve sabit mıknatıslar döndükçe hall effect sensörleri manyetik alanı algılar ve bir manyetik kutup için HIGH diğeri için LOW komutu oluşturur. Bu bilgiye göre ESC diğeri kömütasyon dizisi veya aralığının ne zaman etkinleştirileceğini bilir. Yaygın olarak hall effect yöntemi kullanılır.



Şekil 6.3: ESC

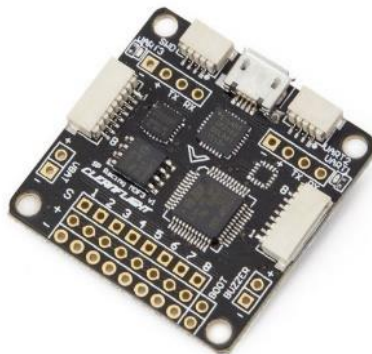
**6.4. PERVANE:** Pervaneler model uçağın uçuş faaliyetinde önemli yer tutmaktadır. Pervaneler her motor için bir adet olmak üzere 4 adet olarak kullanılır. Her motor şaftına bir tane pervane takılır. Ayrıca pervaneler büyüklüklerine göre motorların kaldırma kuvveti ve verimliliği açısından test edilir. Pervane seçimi yapılırken dikkat etmemiz gereken önemli faktörlerdendir.



**Şekil 6.4: PERVANE**

**6.5. KONTROL KARTI:** Kontrol kartları genel olarak kullanıcıdan aldıkları komutları düzenleyerek sensörlerden aldıkları bilgiler ışığında Döner Kanatlı İnsansız Hava Aracının hareket etmesini sağlayan mikro denetleyicilerdir.

Kontrol kartını seçerken bazı özelliklere dikkat etmek gerekir. Bunlar güncel yazılımlar tarafından destekleniyor mu, batarya girişi için üzerinde port var mı, yoksa harici bir şekilde mi gücü vermeliyiz? Bu sorulara cevap vererek tasarım için uygun kontrol kartı seçilebilir.



**Şekil 6.5: KONTROL KARTI**



**6.6. BATARYA:** Döner Kanatlı İnsansız Hava Aracı tasarımlarında yüksek deşarj kabiliyeti olan lityum polimer batarya tercih edilir. Bu bataryalar da sıvı elektrolit yerine polimer elektrolit kullanılır ve tekrar şarj edilebilmesi mümkün bataryalardır. Batarya seçimi ağırlığa ve kapladığı yere bakılarak yapılmalı ve Döner Kanatlı İnsansız Hava Aracı gövdesine uygun bir şekilde yerleştirilmelidir. Li-Po bataryalar hücrelerden oluşur ve hücre sayıları bataryaya isim verir. 1S 2S 3S terimleri bataryanın voltaj bilgisini verir. [11]



**Şekil 6.6: Li-Po BATARYA**

**6.7. SOLAR PANEL:** Döner Kanatlı İnsansız Hava Aracı tasarımında bataryayı şarj edebilecek alternatif enerji kaynağı olarak solar panel tercih edilir. Bu panel tasarımının çalıştığı durumlarda enerji yenileme imkanını sunacaktır. Çalışma prensipleri ise şu şekildedir; Fotonlar solar hücrelere çarptığında elektronları hareketlendirerek atomlarından ayrılmasına neden olur. Eğer iletkenler güneş enerjisi hücrelerinin artı ve eksi tarafından bağlanırsa bir elektrik devresi oluşturur ve elektronlar böyle bir devreden akarsa elektrik enerjisi oluşur.



**Şekil 6.7: SOLAR PANEL**

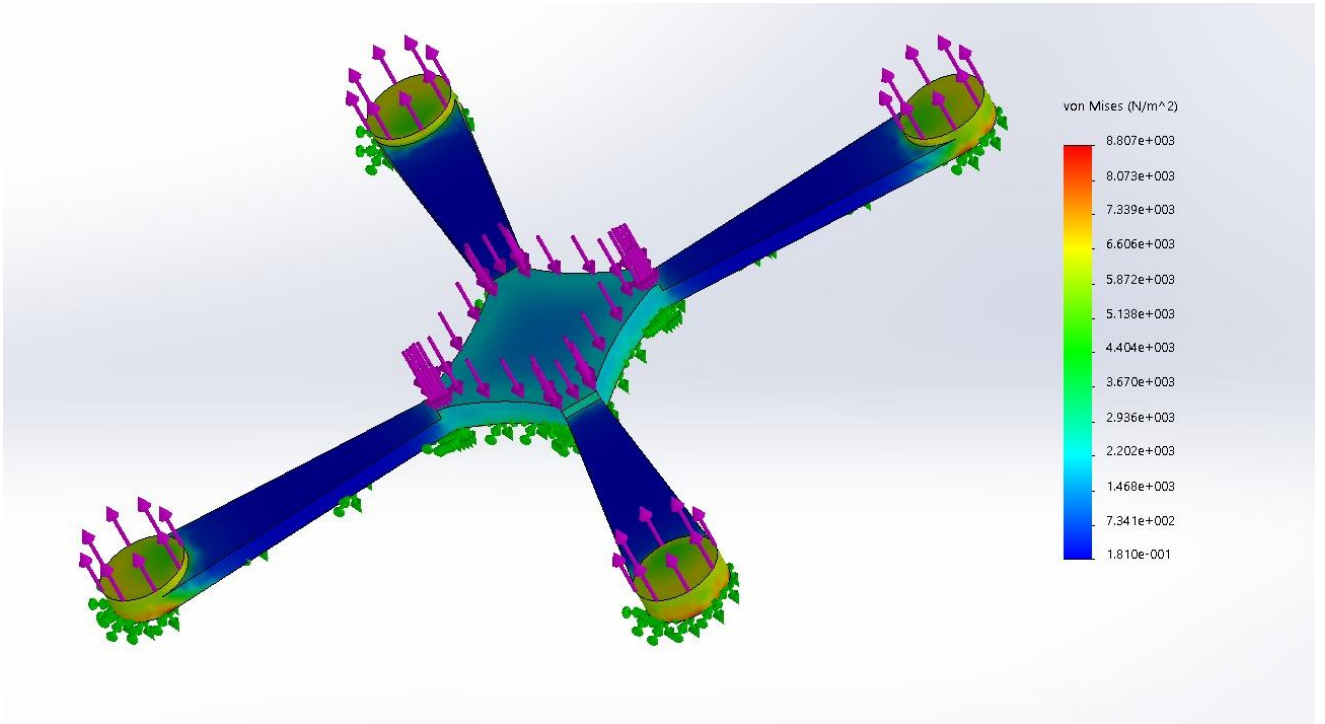
**6.8. KUMANDA:** Kumanda tasarımının içinde bulunan kontrol kartına alıcılar vasıtasıyla komutların gönderilebileceği aracıdır. Seçiminde iki önemli etken vardır, birincisi alıcı verici mesafe uzunluğu ikincisi ise kanal sayısıdır. Kanal sayısını belirlemek için gaz ayarı, dönme açısı, yunuslama açısı ve yuvarlanma açısı olmak üzere en az 4 kanala ihtiyacı vardır. Ek özellikler konulmak istenirse 4' den fazla kanallı kumanda seçilmelidir. [12]



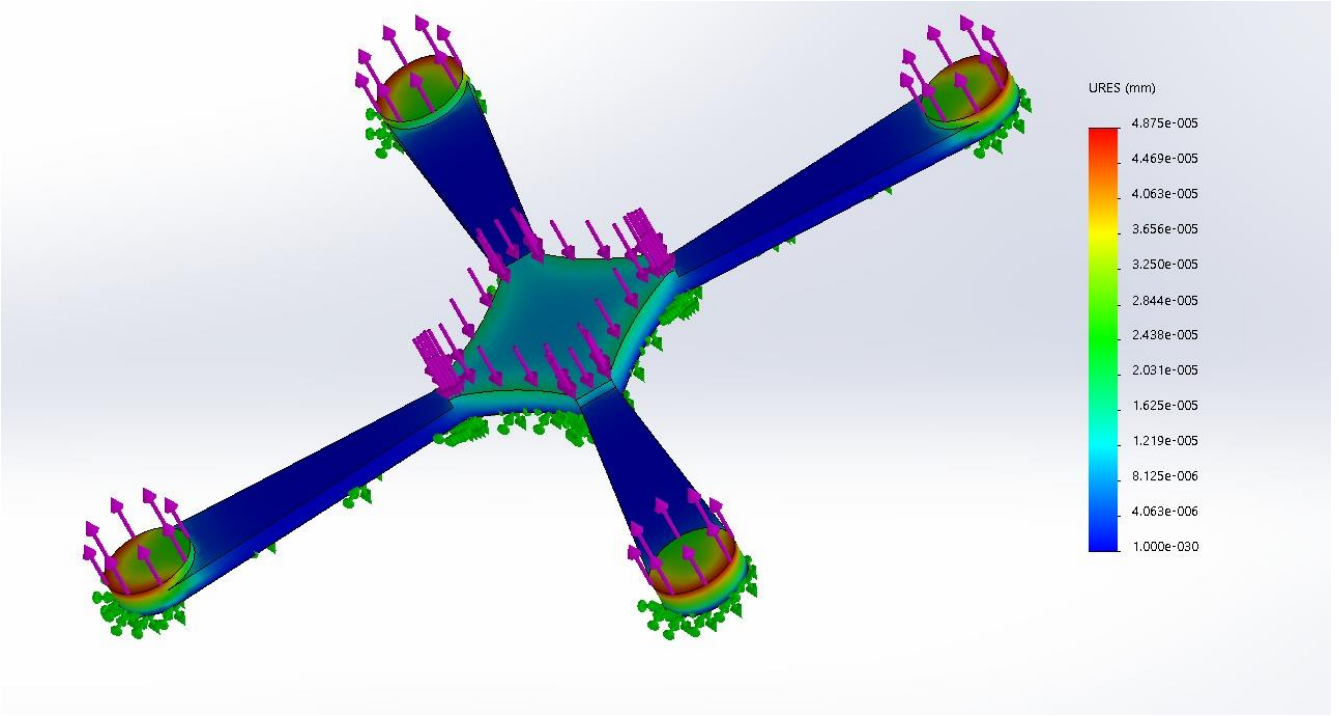
**Şekil 6.8: KUMANDA**

## 7. GÖVDE ÜZERİNE YAPILAN STATİK ANALİZLER

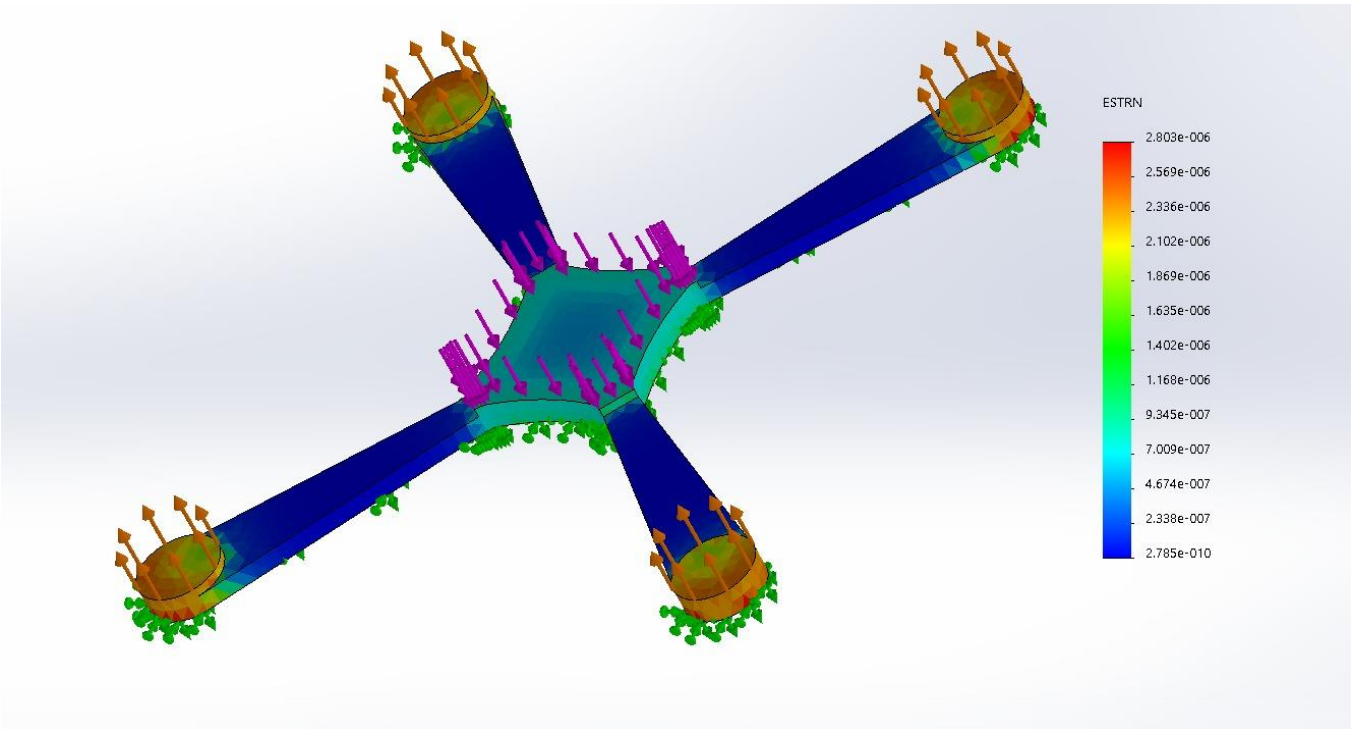
Frame üzerine yapılmış birtakım analizler aşağıda gösterilmiştir. Bu analizler frame üzerine gelecek yüklerin herhangi bir plastik şekil değiştirmeye uğramayacağından emin olmak amacıyla yapılmıştır. Tasarımın posta taşıma amaçlı olmasından kaynaklı oluşabilecek ekstra yüklere maruz kalan frame'in yükler karşısında oluşturacağı tepkimeler analizlerden faydalanılarak irdelenebilir. Analiz sonucunda frame'in tehlikeli bir gerilime maruz kalmadığı gözlemlenmiştir.



1- Gerilim Analizi



2- Yer Değiştirme



3- Eşdeğer Gerilme

## 8. PID KONTROL ÇIKTILARI

Otomatik kontrol sistemlerinde denetim çok önemlidir. Sistemlerin kontrol edilmesi için birçok denetim türü kullanılmaktadır. Bunlardan bir tanesi de sürekli denetimlerden PID denetleyicilerdir. Oluşturduğumuz PID devresinde amacımız sisteme girişini verdiğimiz bir voltaj değeri ile ulaşmak istediğimiz devir sayısına ne kadar süre içerisinde ulaştığımızın kontrolünü sağlamaktır. Devre oluşturulurken bu sürenin 2.5 saniye altında olması hedeflendi.

$$\text{Transfer Fonksiyonu} = \frac{K}{(Js+b)x(Lxs+R)+K^2}$$

J: Rotor eylemsizlik momenti

b: Motor viskoz sürtünme sabiti

Ke: Elektromotor kuvvet sahibi

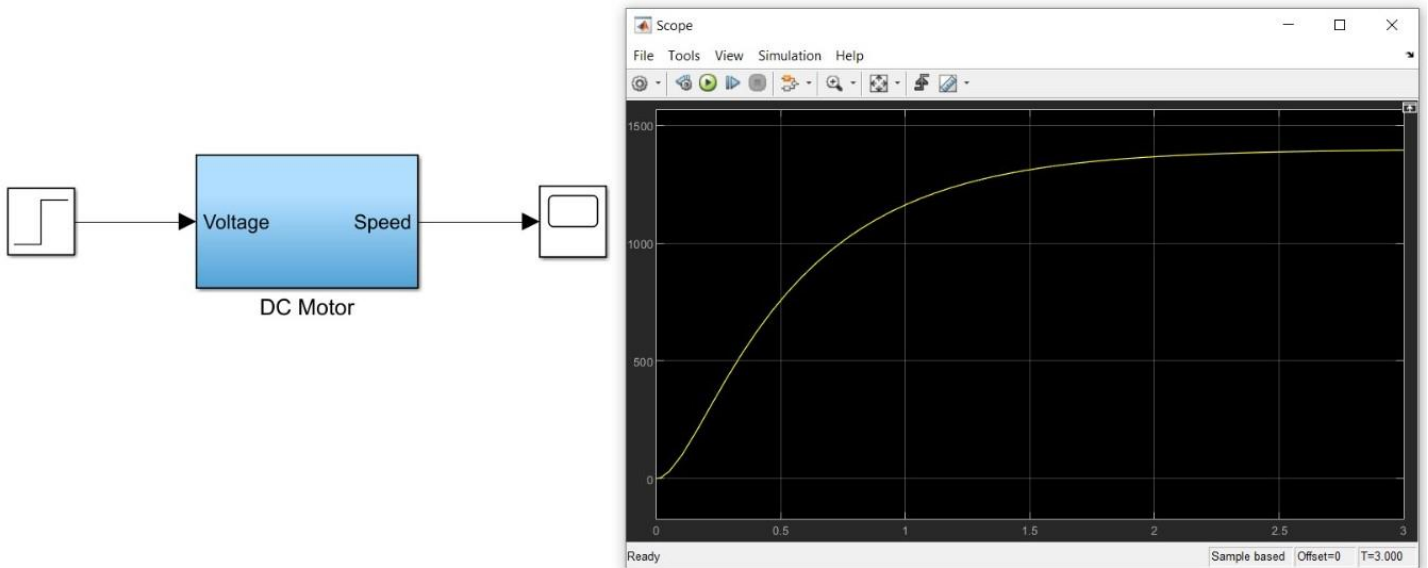
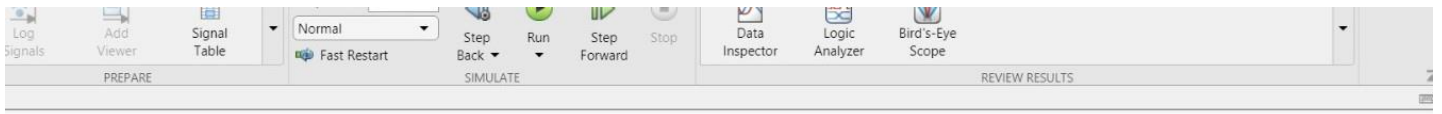
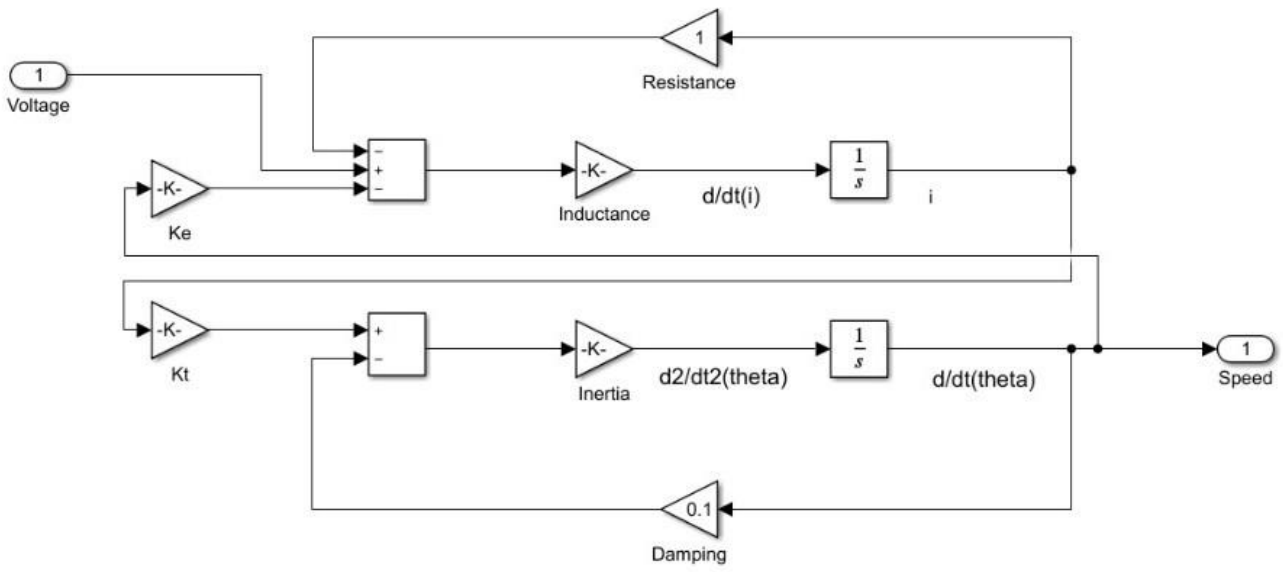
Kt: Motor tork sabiti

R: Elektrik direnci

L: Elektrik endüktansı

Giriş: Basamak giriş uygulanmıştır.

Bilgileri verilen PID kontrol devresinin çıktısı aşağıda verilmiştir. Verilen grafikte düşey kısım devir sayısını yatay kısım ise süreyi ifade etmektedir. Grafikte ortalama olarak 2 inci saniyeden sonra motorların düzenli devir sayısına ulaştığı ve hedeflenen süre içerisinde bunu başardığı gözlemlenmiştir.



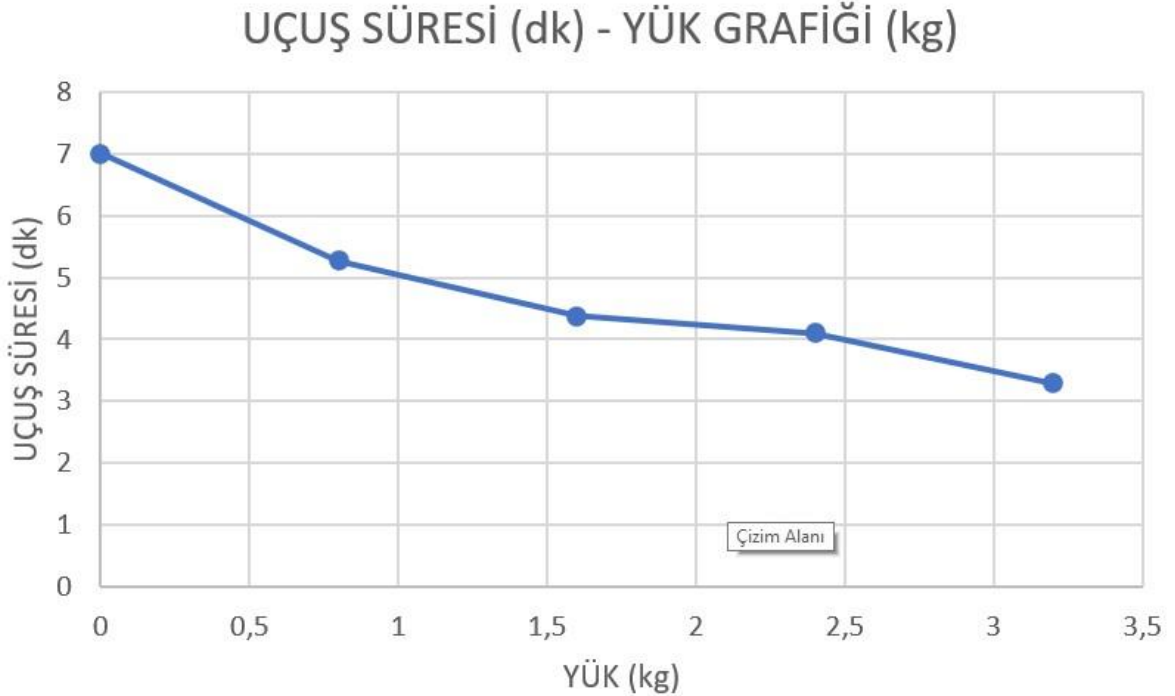
## 9. DENEYSEL ÖLÇÜM GRAFİKLERİ

A) Uçuş süresi-Yük Grafiğinde, dolu batarya ile tasarımın yükü doğrultusunda performansı incelenmiştir. İnceleme kronometre ile uçuş süresi tutularak yapılmış olup her yük için oluşan süre aşağıdaki grafiğe dökülmüştür.

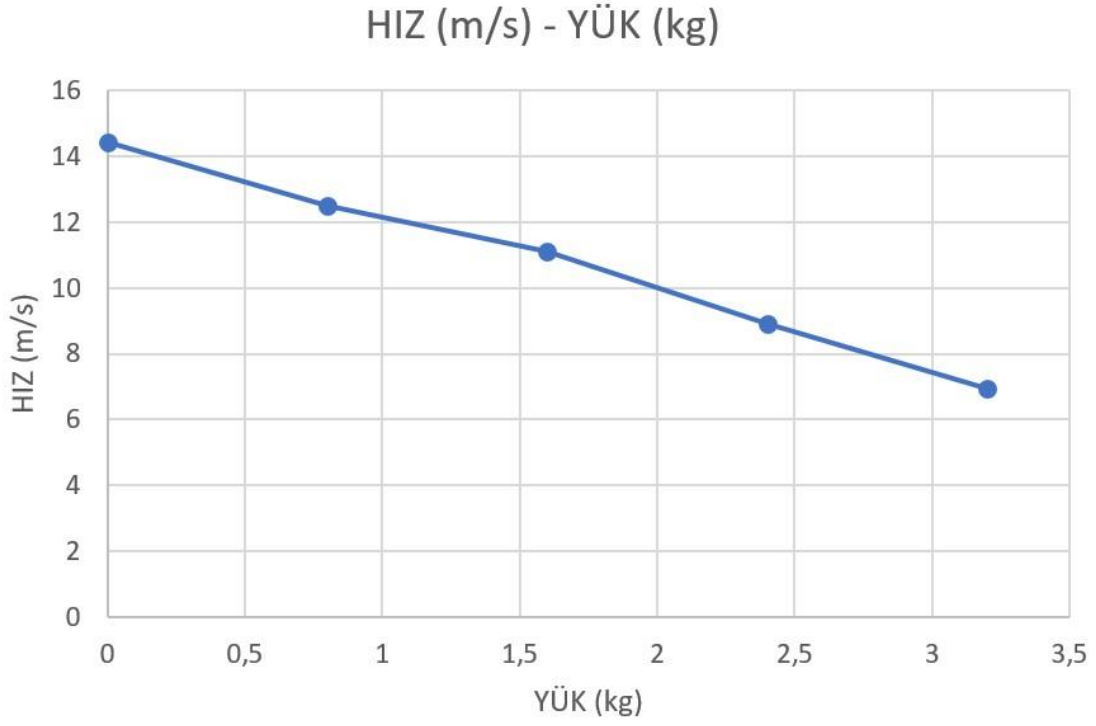
B) Hız-Yük Grafiğinde, yine dolu bir batarya kullanılarak tasarımın aralıklı bir şekilde arttırılmış yüklerle ulaşılmış olduğu hızlar belirlenmiştir. Ölçümler belli bir mesafe içerisinde yapılmış olup her yük için ayrı ayrı gözlemlenmiştir. Grafikte de görüldüğü üzere tasarımdaki yük durumunun artmasıyla birlikte ters orantılı olarak hızda azalma meydana gelmiştir.

C) Konum-Zaman Grafiğinde, yine dolu bir batarya kullanarak tasarımın 100 metre gibi belirli bir mesafeye aralıklı bir şekilde arttırılmış yüklerle ne kadar sürede ulaştığı incelenmiştir. Yükte oluşan artış ile birlikte tasarımın belirlenen mesafeye daha geç sürelerde ulaştığı gözlemlenmiştir.

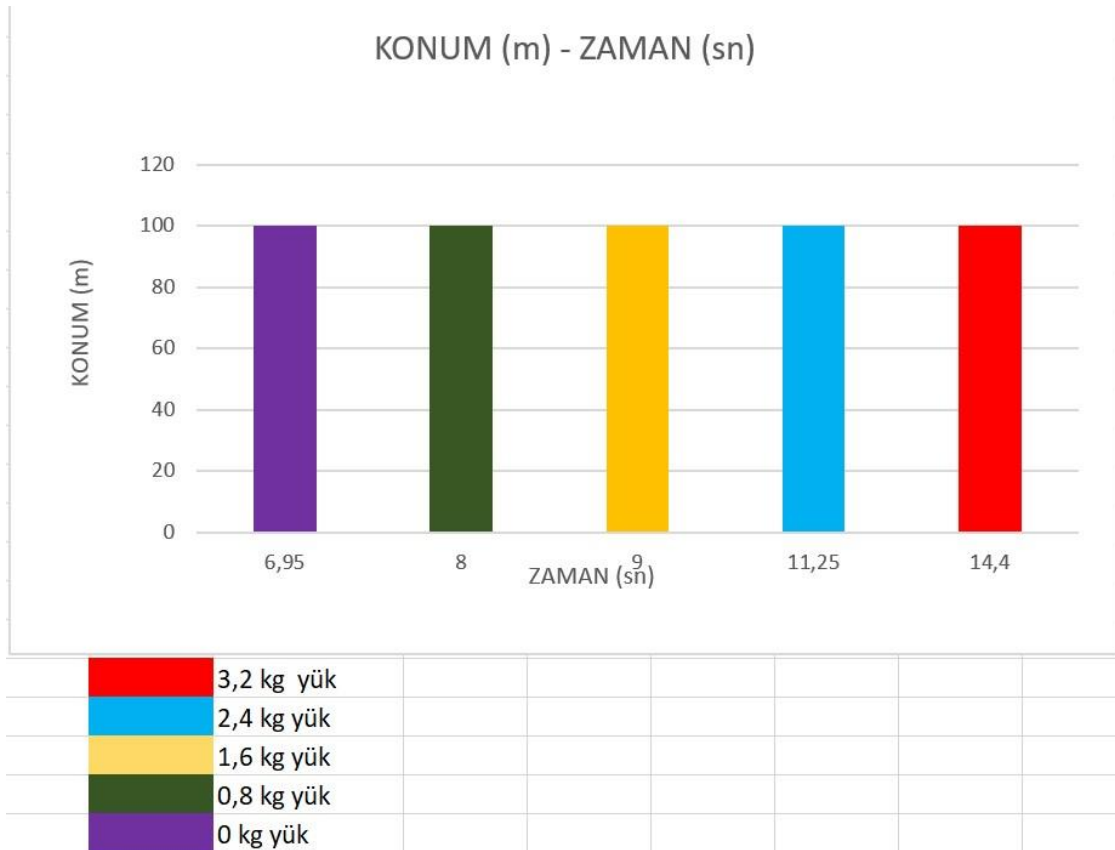
A)



B)

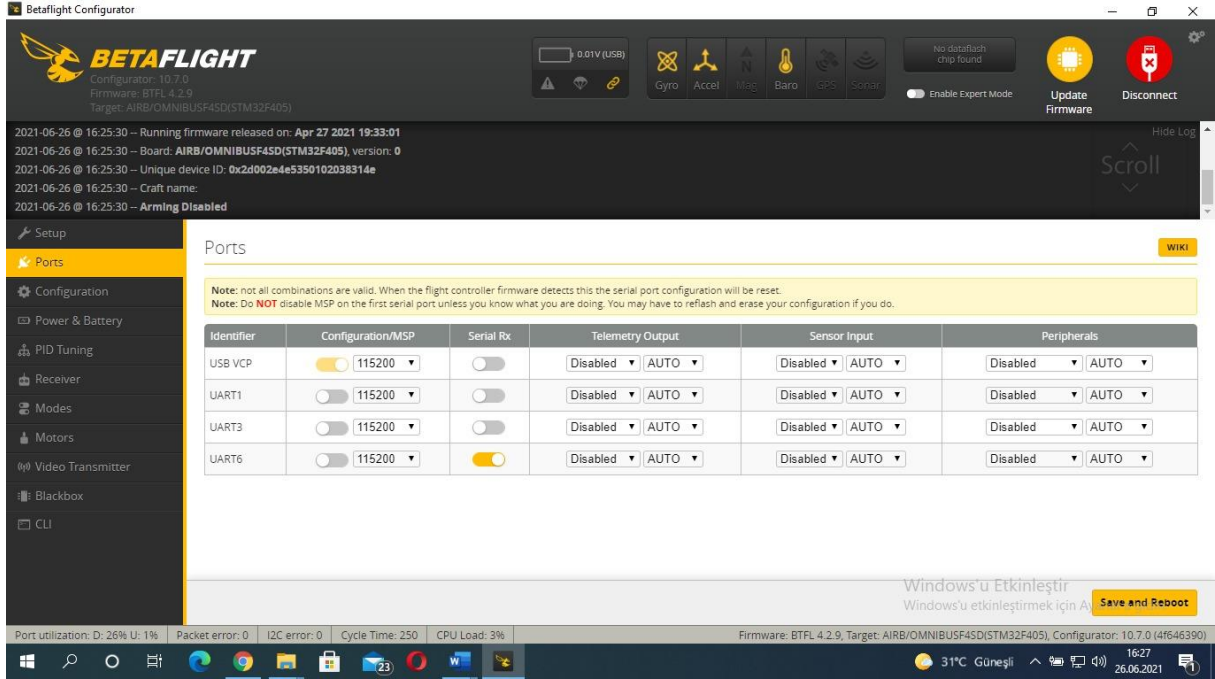


C)





## 10. YAZILIMSAL KONTROL AYARLARI



**Betaflight Configurator**  
Configurator: 10.7.0  
Firmware: BTFL 4.2.9  
Target: AIRB/OMNIBUSF4SD(STM32F405)

2021-06-26 @ 16:25:30 – Running firmware released on: Apr 27 2021 19:33:01  
2021-06-26 @ 16:25:30 – Board: AIRB/OMNIBUSF4SD(STM32F405), version: 0  
2021-06-26 @ 16:25:30 – Unique device ID: 0x2d002e4e5350102038314e  
2021-06-26 @ 16:25:30 – Craft name:  
2021-06-26 @ 16:25:30 – Arming Disabled

Setup  
Ports  
Configuration  
Power & Battery  
PID Tuning  
Receiver  
Modes  
Motors  
Video Transmitter  
Blackbox  
CLI

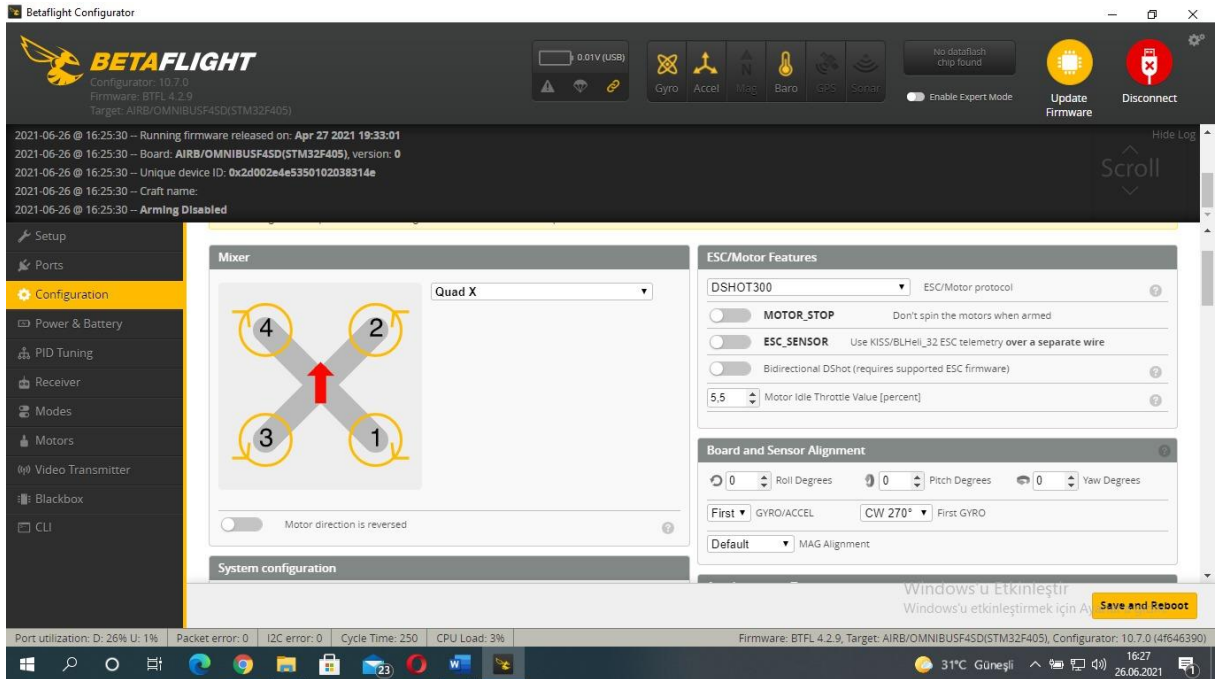
Ports

Note: not all combinations are valid. When the flight controller firmware detects this the serial port configuration will be reset.  
Note: Do NOT disable MSP on the first serial port unless you know what you are doing. You may have to reflash and erase your configuration if you do.

Identifier	Configuration/MSP	Serial Rx	Telemetry Output	Sensor Input	Peripherals
USB VCP	<input checked="" type="checkbox"/> [115200]	<input type="checkbox"/>	Disabled   AUTO	Disabled   AUTO	Disabled   AUTO
UART1	<input type="checkbox"/> [115200]	<input type="checkbox"/>	Disabled   AUTO	Disabled   AUTO	Disabled   AUTO
UART3	<input type="checkbox"/> [115200]	<input type="checkbox"/>	Disabled   AUTO	Disabled   AUTO	Disabled   AUTO
UART6	<input type="checkbox"/> [115200]	<input checked="" type="checkbox"/>	Disabled   AUTO	Disabled   AUTO	Disabled   AUTO

Windows'u Etkinleştir  
Windows'u etkinleştirmek için A **Save and Reboot**

Port utilization: D: 26% U: 1% Packet error: 0 I2C error: 0 Cycle Time: 250 CPU Load: 3% Firmware: BTFL 4.2.9, Target: AIRB/OMNIBUSF4SD(STM32F405), Configurator: 10.7.0 (4f646390) 16:27 26.06.2021 31°C Güneşli



**Betaflight Configurator**  
Configurator: 10.7.0  
Firmware: BTFL 4.2.9  
Target: AIRB/OMNIBUSF4SD(STM32F405)

2021-06-26 @ 16:25:30 – Running firmware released on: Apr 27 2021 19:33:01  
2021-06-26 @ 16:25:30 – Board: AIRB/OMNIBUSF4SD(STM32F405), version: 0  
2021-06-26 @ 16:25:30 – Unique device ID: 0x2d002e4e5350102038314e  
2021-06-26 @ 16:25:30 – Craft name:  
2021-06-26 @ 16:25:30 – Arming Disabled

Setup  
Ports  
Configuration  
Power & Battery  
PID Tuning  
Receiver  
Modes  
Motors  
Video Transmitter  
Blackbox  
CLI

Mixer

Quad X

ESC/Motor Features

DSHOT300 ESC/Motor protocol

MOTOR\_STOP Don't spin the motors when armed

ESC\_SENSOR Use KISS/BLHeil\_32 ESC telemetry over a separate wire

Bidirectional DShot (requires supported ESC firmware)

5.5 Motor idle Throttle Value [percent]

Board and Sensor Alignment

0 Roll Degrees 0 Pitch Degrees 0 Yaw Degrees

First GYRO/ACCEL CW 270° First GYRO

Default MAG Alignment

System configuration

Windows'u Etkinleştir  
Windows'u etkinleştirmek için A **Save and Reboot**

Port utilization: D: 26% U: 1% Packet error: 0 I2C error: 0 Cycle Time: 250 CPU Load: 3% Firmware: BTFL 4.2.9, Target: AIRB/OMNIBUSF4SD(STM32F405), Configurator: 10.7.0 (4f646390) 16:27 26.06.2021 31°C Güneşli

Betaflight Configurator

**BETAFLIGHT**  
Configurator: 10.7.0  
Firmware: BTF4.2.9  
Target: AIRB/OMNIBUSF4SD(STM32F405)

0.01V (USB)

Gyro Accel Mag Baro GPS Sonar

No dataFlash chip found

Update Firmware Disconnect

Enable Expert Mode

2021-06-26 @ 16:25:30 – Running firmware released on: Apr 27 2021 19:33:01  
2021-06-26 @ 16:25:30 – Board: AIRB/OMNIBUSF4SD(STM32F405), version: 0  
2021-06-26 @ 16:25:30 – Unique device ID: 0x2d0024e5350102038314e  
2021-06-26 @ 16:25:30 – Craft name:  
2021-06-26 @ 16:25:30 – Arming Disabled

Setup  
Ports  
Configuration  
Power & Battery  
Failsafe  
**PID Tuning**  
Receiver  
Modes  
Adjustments  
Servos  
Motors  
Video Transmitter  
Sensors  
Tethered Logging

### PID Tuning

Profile: Profile 1 Rateprofile: Rateprofile 1

Copy profile values Copy rateprofile values Reset all profile values Show all PIDs

**PID Profile Settings** Rateprofile Settings Filter Settings

Note: D Min feature is disabled and its parameters are hidden. To use D Min please enable it in PID Controller Settings.

	Proportional	Integral	Derivative	Feedforward
ROLL	42	85	30	90
PITCH	46	90	32	95
YAW	45	90	0	90

Master Low Default High

**PID Controller Settings**

- 0 Feedforward transition
- 20 Acro Trainer Angle Limit
- 5 Throttle Boost
- 0 Dynamic Idle Value [\* 100 RPM]
- 0 Absolute Control
- I Term Rotation
- Vbat PID Compensation

Windows'u Etkinleştir  
Windows'u etkinleştirmek için Refresh Save

Port utilization: D: 37% U: 4% Packet error: 0 I2C error: 0 Cycle Time: 250 CPU Load: 3%

Firmware: BTF4.2.9, Target: AIRB/OMNIBUSF4SD(STM32F405), Configurator: 10.7.0 (4f646390)

31°C Güneşli 16:30 26.06.2021

Betaflight Configurator

**BETAFLIGHT**  
Configurator: 10.7.0  
Firmware: BTF4.2.9  
Target: AIRB/OMNIBUSF4SD(STM32F405)

0.01V (USB)

Gyro Accel Mag Baro GPS Sonar

No dataFlash chip found

Update Firmware Disconnect

Enable Expert Mode

2021-06-26 @ 16:25:30 – Running firmware released on: Apr 27 2021 19:33:01  
2021-06-26 @ 16:25:30 – Board: AIRB/OMNIBUSF4SD(STM32F405), version: 0  
2021-06-26 @ 16:25:30 – Unique device ID: 0x2d0024e5350102038314e  
2021-06-26 @ 16:25:30 – Craft name:  
2021-06-26 @ 16:25:30 – Arming Disabled

Setup  
Ports  
Configuration  
Power & Battery  
Failsafe  
PID Tuning  
**Receiver**  
Modes  
Adjustments  
Servos  
Motors  
Video Transmitter  
Sensors  
Tethered Logging

### Receiver

Please read receiver chapter of the documentation. Configure serial port (if required), receiver mode (serial/ppm/pwm), provider (for serial receivers), bind receiver, set channel map, configure channel endpoints/range on TX so that all channels go from ~1000 to ~2000. Set midpoint (default 1500), trim channels to 1500, configure stick deadband, verify behaviour when TX is off or out of range.  
**IMPORTANT:** Before flying read failsafe chapter of documentation and configure failsafe.

Roll [A]	1500
Pitch [E]	1500
Yaw [R]	1500
Throttle [T]	885
AUX 1	1525
AUX 2	1500
AUX 3	1500
AUX 4	1500
AUX 5	1500
AUX 6	1500
AUX 7	1500
AUX 8	1500

Channel Map: AETR1234 RSSI Channel: Disabled

'Stick Low' Threshold: 1050 Stick Center: 1500 'Stick High' Threshold: 1900

RC Deadband: 0 Yaw Deadband: 0 3D Throttle Deadband: 50

RC Smoothing: Filter Smoothing Type

Windows'u Etkinleştir  
Windows'u etkinleştirmek için Refresh Save

Port utilization: D: 36% U: 3% Packet error: 0 I2C error: 0 Cycle Time: 250 CPU Load: 3%

Firmware: BTF4.2.9, Target: AIRB/OMNIBUSF4SD(STM32F405), Configurator: 10.7.0 (4f646390)

31°C Güneşli 16:33 26.06.2021

**Betaflight Configurator**

**BETAFLIGHT**  
Configurator: 10.7.0  
Firmware: BTF4.2.9  
Target: AIRB/OMNIBUSF4SD(STM32F405)

0.00V (USB)

No dataflash chip found

Enable Expert Mode

Update Firmware

Disconnect

2021-06-26 @ 16:25:30 -- Running firmware released on: Apr 27 2021 19:33:01  
2021-06-26 @ 16:25:30 -- Board: AIRB/OMNIBUSF4SD(STM32F405), version: 0  
2021-06-26 @ 16:25:30 -- Unique device ID: 0x2d002e4e5350102038314e  
2021-06-26 @ 16:25:30 -- Craft name:  
2021-06-26 @ 16:25:30 -- Arming Disabled

Setup

Ports

Configuration

Power & Battery

Failsafe

PID Tuning

Receiver

**Modes**

Adjustments

Servos

Motors

Video Transmitter

Sensors

Tethered Logging

Hide unused modes

ARM: AUX 1, Min: 1550, Max: 2100

ANGLE: AUX 1, Min: 1550, Max: 2100

FAILSAFE: AUX 2, Min: 1700, Max: 2100

BEEPER: AUX 3, Min: 1700, Max: 2100

Windows'u Etkinleştir  
Windows'u etkinleştirmek için Ayarlar'a gidin

Save

Port utilization: D: 33% U: 2% Packet error: 0 I2C error: 0 Cycle Time: 250 CPU Load: 3%

Firmware: BTF4.2.9, Target: AIRB/OMNIBUSF4SD(STM32F405), Configurator: 10.7.0 (4f646390)

31°C Güneşli 16:33 26.06.2021

**Betaflight Configurator**

**BETAFLIGHT**  
Configurator: 10.7.0  
Firmware: BTF4.2.9  
Target: AIRB/OMNIBUSF4SD(STM32F405)

0.01V (USB)

No dataflash chip found

Enable Expert Mode

Update Firmware

Disconnect

2021-06-26 @ 16:25:30 -- Running firmware released on: Apr 27 2021 19:33:01  
2021-06-26 @ 16:25:30 -- Board: AIRB/OMNIBUSF4SD(STM32F405), version: 0  
2021-06-26 @ 16:25:30 -- Unique device ID: 0x2d002e4e5350102038314e  
2021-06-26 @ 16:25:30 -- Craft name:  
2021-06-26 @ 16:25:30 -- Arming Disabled

Setup

Ports

Configuration

Power & Battery

Failsafe

**PID Tuning**

Receiver

Modes

Adjustments

Servos

Motors

Video Transmitter

Sensors

Tethered Logging

	Low	Default	High
Master Multiplier:	1		
PD Balance:	1		
P and D Gain:	1		
Stick Response Gain:	1		

Angle/Horizon

	Strength	Transition
Angle	50	
Horizon	50	75
Angle Limit	55	

Motor Output Limit

	Scale Factor [%]	Cell Count

I Term Rotation

Vbat PID Compensation

Integrated Yaw

I Term Relax

RP Axes

Setpoint Type

15 Cutoff

D Min

Anti Gravity

Permanently enable Anti Gravity

Smooth Mode

3.5 Gain

Windows'u Etkinleştir  
Windows'u etkinleştirmek için

Refresh Save

Port utilization: D: 39% U: 3% Packet error: 0 I2C error: 0 Cycle Time: 250 CPU Load: 3%

Firmware: BTF4.2.9, Target: AIRB/OMNIBUSF4SD(STM32F405), Configurator: 10.7.0 (4f646390)

31°C Güneşli 16:30 26.06.2021

## 11. ÇEVRESEL ETKİ DEĞERLENDİRİLMESİ

Çevre ve dünya üzerinde yaşam sürdüren canlıların hayatları boyunca ilişkilerini sürdürdüğü ortamdır. Doğal kaynakların aşırı ve yanlış kullanılması, zarar verilmesi sonucunda çevrede dengenin olumsuz yönde bozulması ve birtakım sonuçların ortaya çıkmasına ‘Çevre Kirliliği’ adı verilmektedir.

Gelişen teknolojinin yaşamımıza getirdiği konfor yanında, bu gelişmenin doğaya ve çevreye verdiği kirliliğin boyutu her geçen gün hızla artmaktadır. Çeşitli kaynaklardan çıkan radyoaktif, katı, sıvı ve gaz halindeki kirlenici maddelerin hava, su ve toprakta yüksek oranda birikmesi çevre kirliliği oluşmasına neden olmaktadır.

Konvansiyonel enerji kaynaklarından ötürü oluşan çevre kirliliğinin önüne geçmek maksadıyla yakın tarihten itibaren yenilenebilir enerji kaynaklarına olan talep ve ilgi her geçen gün artmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının çevreye olumsuz etkileri ve maliyetleri konvansiyonel enerji kaynaklarına göre daha azdır, yenilenebilir olduklarından dolayı tükenmezler ve konvansiyonel yakıtların aksine çevre ve canlı sağlığı için önemli bir tehdit oluşturmazlar.

Bu tasarımda güneş enerji sistemi destekli Quadcopter hakkında bilgilendirme yapılmıştır ve çevreye olan olumlu ve olumsuz etkileri değerlendirilmiştir. Güneş enerjisi, güneş çekirdeğinde meydana gelen füzyon süreci ile açığa çıkan ışıma enerjisidir ve güneşteki hidrojen gazının helyuma dönüşmesi şeklindeki füzyon sürecinden kaynaklanır.

Hazırlamakta olduğumuz güneş enerji destekli Quadcopter projesindeki hedeflerimizden birisi de konvansiyonel enerji kaynaklarından dolayı oluşan çevre kirliliğini minimum seviyeye indirmek amacıyla aracın çalışması için gerekli olan gücün bir kısmını güneş enerjisinden karşılamaktır. Güneş enerjisi kullanımının bu projede çevresel açıdan zararı yoktur fakat aracın güneş olmayan durumlarda kendini şarj edemeyeceğinden verimsiz hale getirmektedir.

## 12. MALİYET HESABI

<b>MALZEME</b>	<b>ÖLÇÜLER (mm)</b>	<b>MİKTAR (adet/gr)</b>	<b>FİYAT (ADET/TL)</b>
Fırçasız Motor	22x12 mm	4 adet / 52 gr	120
RC Kumanda	174x89x190 mm	1 adet / 392 gr	672
ESC	26*17 mm	4 adet / 6 gr	115
Pervane	Ø10x25.4 mm	4 adet / 10 gr	9
Güneş Paneli	150X100 mm	2 adet / 100 gr	30
Alıcı	47.4*26.2*15 mm	1 adet / 14.9 gr	165
Kontrol Kartı	37x37 mm	1 adet / 18 gr	465
LiPo Batarya	135x44x18mm	1 adet / 230 gr	295
Gövde	450X55 mm	1 adet / 280 gr	140

### 13. SONUÇLAR

- ✓ Giriş kısmında belirtildiği gibi yaptığımız Döner Kanatlı İnsansız Hava Aracının kargo taşıma amaçlı olmasından kaynaklı havada stabil bir şekilde yol alması gerekmektedir. Bu stabilizasyonu sağlarken aerodinamik özellikleri olabildiğince yüksek, üretim zorluğunu ve maliyeti de olabildiğince düşük tutmaya çalışarak tasarımı gerçekleştirdik.
- ✓ Yapılan araştırmalar ve çalışmalar sonucunda geliştirilmeye açık ve her geçen gün büyüyen insansız hava aracı çalışmalarının geniş kapsamlı bir alan olduğu gözlenmiştir. Gelişen bu alanda Döner Kanatlı İnsansız Hava Aracının havada kalma süresinin yenilenebilir enerji kaynağı olan güneş enerjisinden yararlanılarak artırılması ile bir fark oluşturmak hedeflenmiş ve tasarım bu doğrultuda gerçekleştirilmiştir.
- ✓ Döner Kanatlı İnsansız Hava Aracı tasarımında dikkat edilmesi gereken hususlar, araç performansını etkileyen denklemler ve hesaplamalar belirtilmiş olup tasarım sırasında seçilen malzemeler ile parça durumlarını göz önünde bulundurarak tasarım gerçekleştirilmiştir.
- ✓ Yapılan araştırmalar sonucunda tespit edilen bir başka durum Tasarım üzerine yapılacak olan parça montajında ağırlık dağılımının oldukça dikkatli yapılması gerektiğidir. Döner Kanatlı İnsansız Hava Aracına takılacak motor, pil, güneş paneli vb. elemanlar oldukça dikkat edilerek montajı tamamlanmıştır.

## 14. HAFTALIK ÇALIŞMA PROGRAMI

	Çalışma 1	Çalışma 2	Çalışma 3	Çalışma 4	Çalışma 5	Çalışma 6	Çalışma 7
15.03.21	■						
22.03.21	■						
29.03.21	■	■					
05.04.21		■					
12.04.21			■				
19.04.21			■				
03.05.21			■	■			
10.05.21				■			
17.05.21					■		
24.05.21					■		
31.05.21					■		
07.06.21					■		
14.06.21						■	
18.06.21						■	
21.06.21						■	
28.06.21							■

**TABLO: Haftalık Çalışma Tablosu**

**Çalışma 1:** Çalışma Planı ve Literatür Araştırması

**Çalışma 2:** Denklem ve Analiz Araştırması

**Çalışma 3:** Uçuş Kontrolleri ve Parçalar Hakkında Bilgi

**Çalışma 4:** Malzeme ve Maliyet Hesabı

**Çalışma 5:** Solidworks ile Tasarım

**Çalışma 6:** Tez Yazımına Başlandı

**Çalışma 7:** Tez Sonuçlandırıldı Teslimi Yapıldı

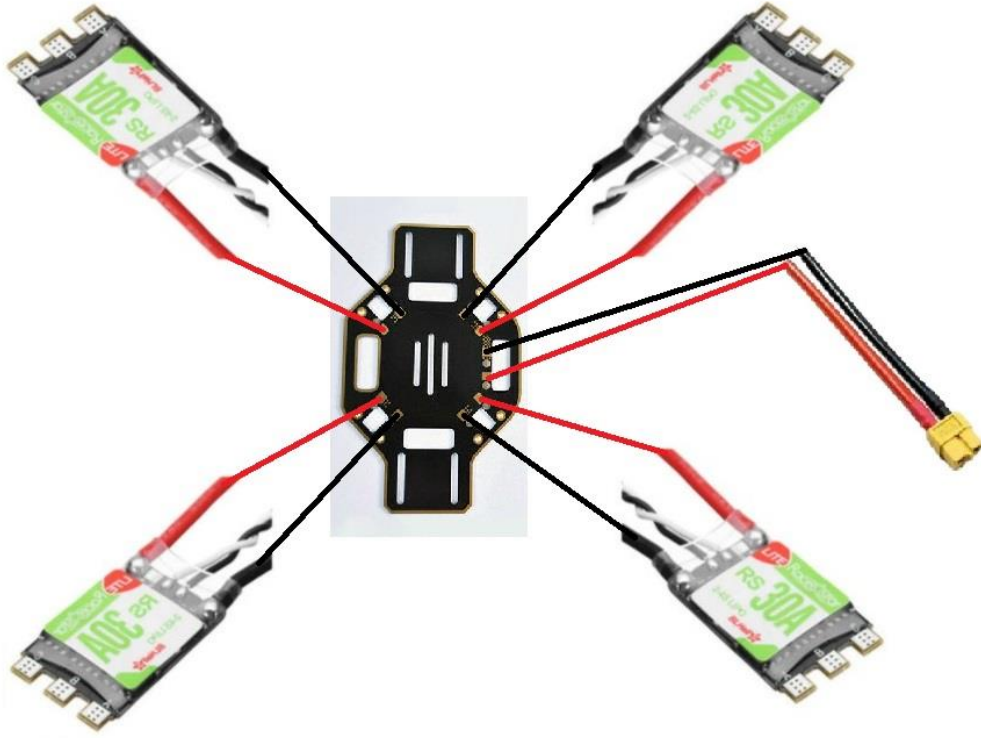
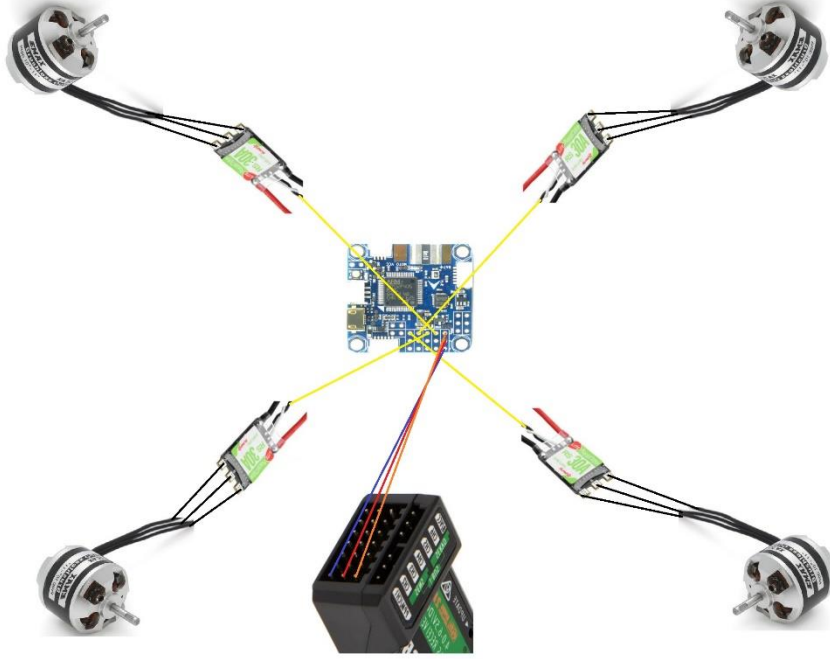
## KAYNAKLAR

- 1- <https://avdesodrone.com/dronlarin-ve-model-ucaklarin-tarihi/>
- 2- <https://www.trmilitarynews.com/turkiyenin-ih-seruveni/>
- 3- <https://www.trmilitarynews.com/turkiyenin-ih-seruveni/>
- 4- [https://tr.wikipedia.org/wiki/Kategori:Türkiye%27nin\\_insansız\\_hava\\_araçları](https://tr.wikipedia.org/wiki/Kategori:Türkiye%27nin_insansız_hava_araçları)
- 5- [https://tr.wikipedia.org/wiki/İnsansız\\_hava\\_aracı](https://tr.wikipedia.org/wiki/İnsansız_hava_aracı)
- 6- [https://tr.wikipedia.org/wiki/%C4%B0nsans%C4%B1z\\_hava\\_arac%C4%B1#Tarihi](https://tr.wikipedia.org/wiki/%C4%B0nsans%C4%B1z_hava_arac%C4%B1#Tarihi)  
<https://www.havadrone.com/dronenun-tarihi/>
- 7- <https://robotics.stackexchange.com/questions/8448/quadrotor-control-system-where--to-begin>
- 8- [https://www.researchgate.net/publication/280573614\\_Quad\\_Band\\_Signal\\_Strength\\_Monitoring\\_System\\_Using\\_Quadcopter\\_and\\_Quad\\_Phone/figures?lo=1](https://www.researchgate.net/publication/280573614_Quad_Band_Signal_Strength_Monitoring_System_Using_Quadcopter_and_Quad_Phone/figures?lo=1)
- 9- [https://www.academia.edu/8876055/Quadcopterin\\_Dinamik\\_Analizi\\_ve\\_Tasarımı](https://www.academia.edu/8876055/Quadcopterin_Dinamik_Analizi_ve_Tasarımı)
- 10- <https://hayaletveyap.com/fircasiz-dc-motor-nedir-ve-calisma-prensibi/>
- 11- <https://maker.robotistan.com/lipo-pil-rehberi/>
- 12- <https://www.youtube.com/watch?v=VPCOE3iTcM>  
<https://www.youtube.com/watch?v=zuXdCK0hJCE>



## EKLER

### ELEKTRONİK DEVRE ŞEMASI



TASARIM ÇİZİMLERİ

