

**T.C.**  
**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ**  
**MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**GÜNEŞ ENERJİLİ İNSANSIZ HAVA ARACI TASARIMI (FOTOĞRAF ÇEKME  
AMAÇLI)**

**BİTİRME PROJESİ**

**Aykut Onur SUBAŞ**

**Hüseyin KÖSE**

**Fatih BAYTAR**

**Batuhan Şamil KINALI**

**(II. ÖĞRETİM)**

**HAZİRAN 2021**

**TRABZON**

**T.C.**  
**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ**  
**MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**GÜNEŞ ENERJİLİ İNSANSIZ HAVA ARACI TASARIMI (FOTOĞRAF ÇEKME  
AMAÇLI)**

**BİTİRME PROJESİ**

**Aykut Onur SUBAŞ**

**Hüseyin KÖSE**

**Fatih BAYTAR**

**Batuhan Şamil KINALI**

**(II. ÖĞRETİM)**

**Danışman: Doç. Dr. Mustafa SARIOĞLU**

**Bölüm Başkanı: Prof. Dr. Burhan ÇUHADAROĞLU**

**HAZİRAN 2021**

**TRABZON**

## ÖNSÖZ

Gelişen teknolojilerle beraber ortaya çıkan insansız hava aracı modellerinde, farklı tiplerde enerji modelleri denenmektedir. Mevcutta kullanılan birçok araçta lityum-polimer bataryalar kullanılmaktadır. Bunlara alternatif olarak benzin, sabit hattan kablo ile elektrik ve hatta hidrojene kadar fosil yakıt ve yenilenemez enerji kaynakları çalışmaları yapılmaktadır. Bu proje kapsamı ile aracımızda yenilenebilir bir enerji kaynağı olan güneşi entegre etme gayreti içerisindeyiz. Okul hayatımız süresince bize her türlü desteği sağlayan ailelerimize ve arkadaşlarımıza çok teşekkür ederiz.

Aykut Onur SUBAŞ

Hüseyin KÖSE

Fatih BAYTAR

Batuhan Şamil KINALI

# İÇİNDEKİLER

	<b><u>Sayfa No</u></b>
ÖZET.....	VI
SUMMARY.....	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VIII
TABLolar DİZİNİ.....	X
1. AMAÇ ve KAPSAM.....	1
1.1 GİRİŞ.....	1
1.1.1 İnsansız Hava Aracı (İHA) Nedir?.....	1
1.1.2 İnsansız Hava Araçlarının Genel Tarihçesi.....	2
1.1.2.1 Kullanım Alanları.....	6
1.2 Literatür Taraması.....	8
1.3 Tasarım Süreci.....	14
1.4 Sistem Performans Özellikleri.....	14
1.5 Haftalık Çalışma Programı.....	15
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	16
2.1 Detaylı Tasarım.....	16
2.1.1 Tasarımın Boyutsal Parametreleri.....	16
2.1.2 Enerji Sistemleri Tasarımı.....	16
2.1.2.1 Güneş Enerji Sistemi Tasarımı.....	16
2.1.2.2 Elektrik Elektronik Kontrol ve Güç Sistemleri.....	17
3. BULGULAR.....	18
3.1 Enerji Sistem Bulguları.....	18

3.2 Mekanik Bulgular.....	18
3.3 Çevresel Bulgular.....	18
4. TARTIŞMA.....	19
5. SONUÇLAR.....	20
6. ÖNERİLER.....	21
7. KAYNAKLAR.....	22
8. EKLER.....	24

## ÖZET

### GÜNEŞ ENERJİLİ İNSANSIZ HAVA ARACI TASARIMI (FOTOĞRAF ÇEKME AMAÇLI)

Güneş enerjisiyle beslemeyi amaçladığımız insansız hava aracımızın tasarımı, hesaplamaları ve bu konu ile ilgili olarak daha önce yapılmış olan projelerin bilgileri derlenerek hazırlanmıştır.

Proje yapımında Solidworks programı aktif olarak kullanılmış ve analizlerde buradan sağlanmıştır. İmalat için 3D yazıcı tarafından imal edilebilir çizimleri hazırlanmış olup üretim kolaylığı amaçlanmıştır. Bununla beraber kullanılacak parçalar geri dönüşüme uygun olarak seçilmiş olup çevreye etkisi minimum olacak şekilde düşünülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Güneş enerjisi, İnsansız hava aracı

## **SUMMARY**

### **SOLAR-POWERED UNMANNED AERIAL VEHICLE DESIGN FOR PHOTOGRAPHY**

The design and calculations of our unmanned aerial vehicle, which we aim to feed with solar energy, and the information of previous projects on this subject were compiled and prepared.

The Solidworks program was actively used in the project production and it was provided here in the analysis. For manufacturing, drawings that can be manufactured by a 3D printer have been prepared and ease of production is aimed. However, the parts to be used have been selected in accordance with recycling and have been thought to have a minimum environmental impact.

Keywords: Solar power, Unmanned Aerial Vehicle

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa No

Şekil 1.1 Quadcopter İnsansız Hava Aracı.....	1
Şekil 1.2 Avusturya güçlerinin Venedik kuşatmasında saldırı amaçlı kullandığı pilotsuz balonlar.....	3
Şekil 1.3 Jacques ve Louis Breguet kardeşler tarafından 1907 yılında geliştirilen Cayrokopter.....	3
Şekil 1.4 Hewitt-Sperry Automatic Airplane, tarihteki ilk pilotsuz kanatlı hava aracı, 1918.....	4
Şekil 1.5 Teksas İnsansız Hava Araçları Müzesinde sergilenen QQ-19 insansız hedef uçağı.....	5
Şekil 1.6 Amerika Birleşik Devletleri Hava Kuvvetleri Ulusal Müzesi'nde sergilenen D-21 süpersonik keşif İHA.....	6
Şekil 1.7 Tarımda fümigasyon için kullanılan bir drone.....	7
Şekil 1.8 Radio Queen.....	8
Şekil 1.9 Sunrise I.....	9
Şekil 1.10 Sunrise II.....	9
Şekil 1.11 Solaris, Fred Militky(sağda).....	10
Şekil 1.12 Solar Solitude.....	10
Şekil 1.13 MikroSol (Sol üst), PicoSol (Sağ üst), NanoSol (Alt).....	11
Şekil 1.14 Pathfinder Hawaii Üzerinde Uçuşunu Yaparken.....	12
Şekil 1.15 Helios parçalanmadan hemen önce.....	12
Şekil 1.16 Solitair İHA, 1998.....	13
Şekil 1.17 Heliplat, 2000.....	13



Şekil 1.18 Sky-Sailor.....	14
Şekil 2.1 Temsili güneş enerjisi sistem diyagramı.....	16
Şekil 2.2 Güç Sistemi.....	17
Şekil 8.1: Drone Gövde Çizimi.....	24
Şekil 8.2: EMAX XA2212 980KV Motor.....	24

## TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1.1: Malzeme Listesi.....	15
---------------------------------	----

## 1. AMAÇ VE KAPSAM

Dünyada enerji kaynaklarına olan ihtiyaç en büyük sorunlarında birisi olup, bu sorun her geçen gün büyümeye devam etmektedir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde nüfusu artışı, sanayileşme, insanların refah seviyesinin yükselmesi ve gelişen teknolojiyle birlikte enerjiye olan talep hızla artmaktadır. Fosil enerjinin açtığı çevre sorunları ve rezervlerinin yakın gelecekte tükenerek olması gerçeği, insanların yenilenebilir enerji kaynaklarına daha fazla yönelmesini sağlamıştır.

Bu bağlamda yenilenebilir enerji kaynağı olarak güneş enerjisinin belli oranlarda kullanıldığı bir insansız hava aracı (İHA) tasarımı yapılmıştır. Günümüz itibarıyla yenilenebilir enerji kaynaklarının havacılıkta kullanımının başlangıç seviyelerinde olduğu kabul edilebilir. Bu tasarımda güneş sistemin tüm enerji ihtiyacını karşılamasından ziyade, yardımcı bir güç kaynağı olarak kullanılmıştır. Tasarımı yapılan hava aracının özelinde teknik anlatımından önce, insansız hava araçlarının tanımı, tarihçesi ve güneş enerjisi yardımı ile bu konuda kayıtlara geçen çalışmalar verilecektir.

### 1.1 Giriş

#### 1.1.1 İnsansız Hava Aracı (İHA) Nedir?



Şekil 1.1 Quadcopter İnsansız Hava Aracı

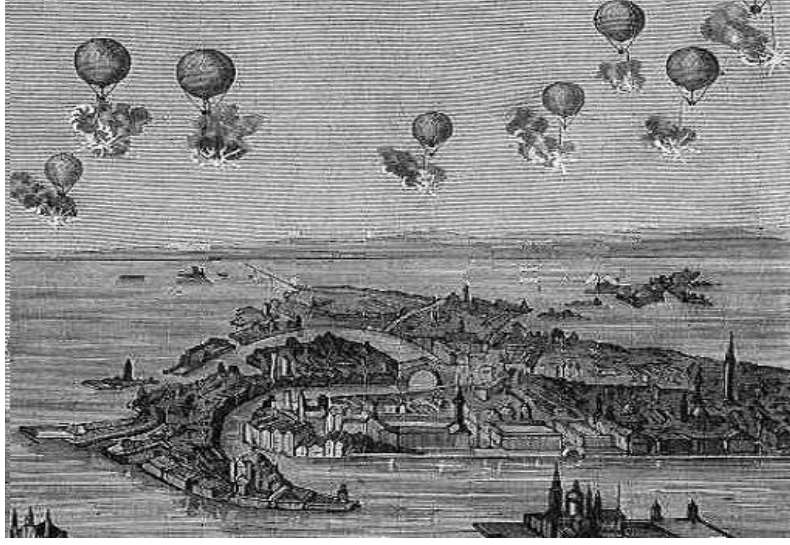
Küresel Hava Trafik Yönetimi Operasyonel Konsepti (The Global Air Traffic Management Operational Concept) Doc. 9854 uyarınca insansız hava aracı (İHA), Şikago Konvansiyonu'nun 8. maddesinde düzenlenmiş olan ve içerisinde pilotu bulunmayan araçlar olarak tanımlanmaktadır.[1]

Başka bir ifadeyle ve en yalın tanımıyla İHA (UAV: Unmanned Aerial Vehicle); içinde pilot olmaksızın, GPS kontrollü ve otomatik olarak gidebilen hava aracı olarak tanımlanmaktadır (Dictionary.com, 2016). İHA'lar için yaygın olarak kullanılan "drone" terimi, bir savaş gemisinin silahlarını ateşlemek için kullanılan erken uzaktan uçulan hedef uçağa atıfta bulunularak türetilmiş ve terim ilk olarak 1920'lerde insansız hedef uçak olarak kullanılmıştır.

Günümüzde İHA'lar, yerde bulunan bir pilot tarafından gönderilerek uzaktan kumanda ile görev icra ettirilen veya önceden yapılan uçuş programı yüklenerek otomatik olarak uçurulan hava araçlarıdır. Bunlar için çok genel olarak; teknik özelliklerine göre (ağırlıklarına göre, yakıt/enerji kaynağına göre, kanat yapısına göre, otomatik veya uzaktan kumandalı olmasına göre, vb.) ve kullanım amaçlarına göre (askeri amaçlı (keşif, silah, saldırı vb.) ve sivil (hobi, bilimsel ve ticari) iki ana sınıflandırma yapmak olanaklıdır. Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü (International Civil Aviation Organization- ICAO) genelgesinde ise İHA'lar; otomatik ve uzaktan kumandalı olarak iki ana sınıfa ayrılmaktadır, (ICAO, 2011).

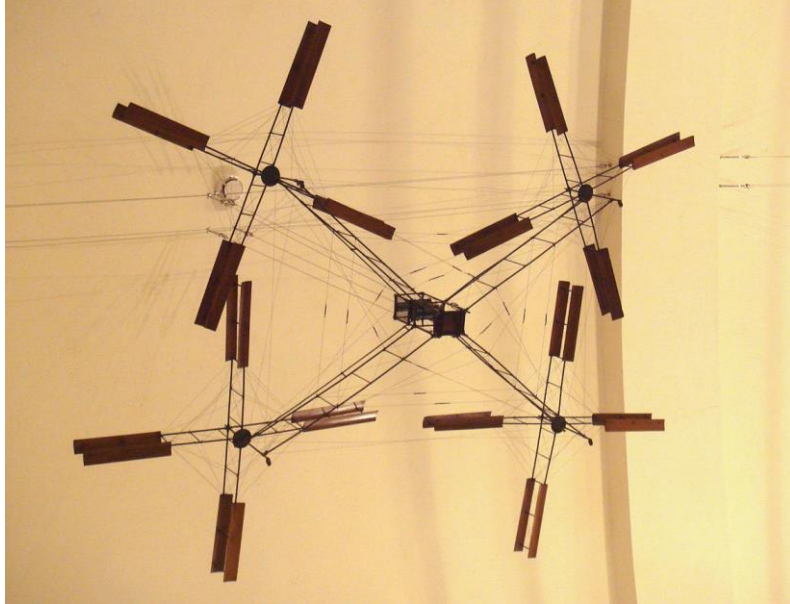
### **1.1.2 İnsansız Hava Araçlarının Genel Tarihçesi**

Uzaktan kumandalı hava araçlarının tarihsel geçmişi oldukça eskiye dayanmaktadır. İnsansız hava aracının savaş alanında ilk kaydedilen kullanımı Temmuz 1849'da deniz havacılığında hava gücünün ilk saldırı amaçlı kullanımında bir balon taşıyıcı (uçak gemisinin öncüsü) olarak görev yapmasıdır. Venedik'i kuşatan Avusturya güçleri, içinde zaman fitilli bombalar bulunan 200 pilotsuz balonu Venedik (İtalya) şehrine göndermesi, hava saldırısında ilk İHA kullanımını olarak kabul edilmektedir. Balonlar çoğunlukla karadan ancak bazıları Avusturya gemisi SMS Vulcano'dan fırlatılmıştır. Gerçekte, bu bombalı balonların bir kısmı hedefler üzerinde patlarken, bir kısmının da rüzgârın etkisiyle geri dönüp Avusturya hatlarında patladığı da ifade edilmektedir. [2]



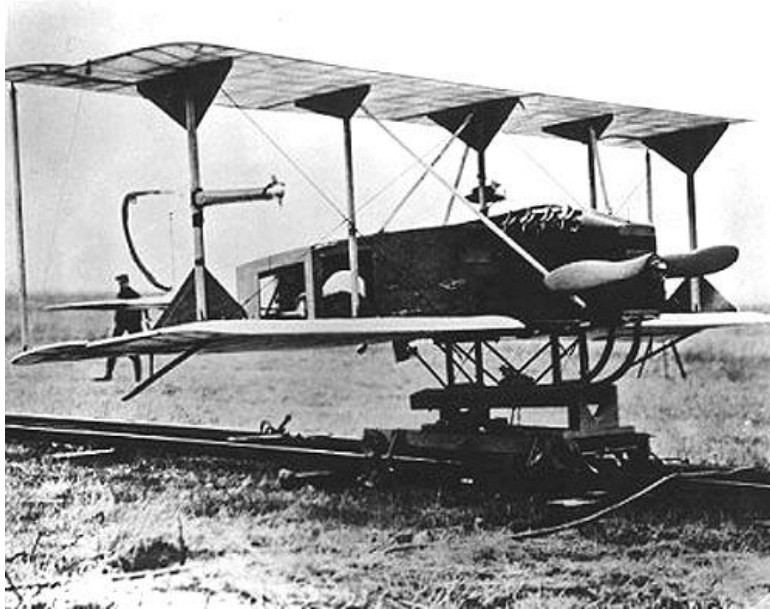
Şekil 1.2 Avusturya güçlerinin Venedik kuşatmasında saldırı amaçlı kullandığı pilotsuz balonlar

İHA'ların gelişmesi ve yaygın olarak kullanılması son 15-20 yıllık dönemde görülmesine karşın, İHA'nın geliştirilmesi 1900'lerin başında başlamış ve başlangıçta askeri personelin eğitimi için uygulama hedefleri sağlamaya odaklanmıştır. İHA'nın ilk örneğinin mucit kardeş Jacques ve Louis Breguet tarafından 1907'de geliştirildiği görülmektedir. İHA ilk uçuşunda yerden sadece iki fit (61 cm) yüksekte kalmıştır.



Şekil 1.3 Jacques ve Louis Breguet kardeşler tarafından 1907 yılında geliştirilen Çayrokopter (Bréguet-Richet Gyroplane)

1917’de Wright Kardeşler tarafından hava aracı olarak geliştirilen öncü “Kitty Hawk” uçuşundan yalnızca 16 yıl sonra fırlatılan “Ruston Proctor Aerial Target”, tarihteki ilk pilotsuz kanatlı hava aracı olmuştur. Birinci Dünya Savaşı'nın sonlarında (1916) tasarlanmış olup, ilk insansız kullanımı ise “uçan bombalar” olarak bilinen “Hewitt-Sperry” jiroskop kontrollü otomatik uçak ile gerçekleştirilmiştir. İlk radyo kontrollü uçak ABD Donanmasına ait Curtiss N-9 eğitim uçağı olup 1917 yılında ABD’li Peter Cooper ve Elmer A. Sperry tarafından geliştirilen otomatik “Hewitt-Sperry” cayroskop stabilizör yardımıyla kararlı bir uçuş sergilemiştir. 300 poundluk bir bomba pilotsuz uçağı yüklenerek 80 km taşınmıştır. Modern anlamda ilk İHA kabul edilebilecek bir araçtır ve üç eksenli mekanik jiroskopları, elektrikli servoları ve radyosuyla bir hava torpidosudur. İlk uçuşunu 1918 yılında gerçekleştirmiş ancak Birinci Dünya Savaşı'nda kullanımı olanaklı olmamıştır.[3][4]



Şekil 1.4 Hewitt-Sperry Automatic Airplane, tarihteki ilk pilotsuz kanatlı hava aracı, 1918

İHA’lar uçaksavar sistemlerinin testi ve eğitimleri için 1930’lu yıllarda kullanılmaya başlamıştır. QQ-19 ilk seri üretim insansız hedef uçağıdır ve 1933 yılından itibaren 48000 adet civarında üretilerek savaşın sonuna kadar kullanıma sunulmuştur. 2. Dünya Harbi esnasında ABD Donanması tarafından tespit amaçlı bir sensör olan RCA firmasına ait bir televizyon aslen hedef uçak olarak görev yapan bir İHA üzerinde ilk defa kullanılan kamikaze görevleri icra edilmiştir.



Şekil 1.5 Teksas İnsansız Hava Araçları Müzesinde sergilenen QQ-19 insansız hedef uçağı.

İHA'larla ilgili çalışmalar İkinci Dünya Savaşı ve sonrasında da devam etmiş, Vietnam, Afganistan ve Irak Savaşları dahil günümüze kadar birçok askeri operasyonda kullanılmış ve halen de kullanılmaya devam etmektedirler. Özellikle İkinci Dünya Savaşı'ndan sonraki yoğun çalışmalar, "Cruise", "Harpoon" ve "Tomahawk" gibi füzelerin geliştirilmesinde önemli rol oynamıştır, [5]

V-1 Almanlar tarafından harp döneminde geliştirilmiş en başarılı İHA, uçak ile seyir füzesi arasında bir kategoride bulunur. Otonom uçuş kabiliyetiyle İHA sekmeninde olan bu araç toplam 25000 adet üretilerek yenir bir devir başlatmıştır. İlk olarak ABD tarafından 1900'lu yılların başında başlatılan bugünkü manadaki İHA çalışmaları bazı faaliyetler dışında kesintiye uğramasına rağmen Vietnam Savaşı'nın başlamasıyla tekrar gündeme gelmiştir.

D-21 Soğuk Savaş döneminde ABD tarafından Varşova Paktı ülkelerinin havadan gözetlenmesi amacıyla Sovyet hava sahasında 1960 yılında düşürülen U-2 uçaklarına alternatif olarak düşünülmüş ve üretilmiştir.



Şekil 1.6 Amerika Birleşik Devletleri Hava Kuvvetleri Ulusal Müzesi'nde sergilenen D-21 süpersonik keşif İHA

ABD tarafından 1991 yılında Irak'a düzenlenen Çöl Fırtınası operasyonunda bu sefer İHA'ların geniş kapsamlı olarak görevlendirilmesi uygulamaya alınmıştır. Irak Savaşı'nda İHA'lar üzerinde yoğunlaşmış ve Eylül 2001'de ABD ordusunda toplamda 30 kadar İHA bulunurken bu sayı on sene sonra 2000'in üzerine çıkmıştır.

Edinilen bu bilgi ve tecrübeler ile ilk başarılı "Yüksek İrtifa Uzun Uçuş Süreli" (HALE) İHA sistemi Ryan SPA 147 olup bu çalışma F-117 ve B-2'lerin altyapısını oluşturmuştur. Bu uçak 60 bin fitten fotoğraf alabildiği gibi 8 saatlik görev süresiyle bugün ki HALE İHA'larının babası olmuştur.

#### **1.1.2.1 Kullanım Alanları**

İHA denilince sadece havada uçan uçak anlaşılmamalıdır. Bu bağlamda İHA'lar temel olarak üç bileşenden oluşmakta olup bunlar; uçağın kendisi, uçaktaki faydalı yük (payload) ve yer kontrol istasyonudur. Uçağın kendisi; uçak gövdesi, uçak motoru (elektrikli veya yakıtlı), uçuş planlama ve kontrol sistemi (PC), navigasyon sistemi (GNSS) ve çarpışma güvenlik sisteminden oluşmaktadır. Uçak faydalı yükü olarak; kameralar, fotoğraf makineleri ve lazer tarayıcılar, termal görüntüleme sistemleri, radarlar, meteorolojik sensörler ve silah sistemleri olabilmektedir. Sonuç olarak, İHA'lar özellikle son yıllarda tüm sektörlerde büyük ilgi görmüş olup, kullanım alanları her geçen gün artmaktadır.



Başka bir ifadeyle, askeri amaçlı İHA pazarı hızla gelişmiş ve son yıllardaki birçok anlaşmazlıklarda İHA kullanımı çok başarılı sonuçlar vermiş ve diğer alanlarda kullanımlar için de güven kazanmıştır. Bunun sonucu olarak, sivil amaçlı uygulamalarda İHA kullanımı günlük yaşantımıza girmiştir ve bu alandaki gelişmeler her geçen gün artmaktadır. İHA'ların sivil amaçlı kullanım alanlarına örnek olarak; haritacılık (ortofoto ve sayısal yükseklik modeli oluşturma, hacim ve alan hesapları vb.), arama-kurtarma faaliyetleri, istihbarat ve güvenlik amaçlı kullanım, çevresel gözlemler, kirlilik tespiti, hava durumu izleme, yangın izleme, kıyı ve sahil şeridinin gözlenmesi, altyapıların (boru hatları, havaalanları, yollar, nehirler, barajlar vb.) gözlenmesi, tarımsal uygulamalar (hassas tarım uygulamaları ve ürün rekolte takibi), havadan suç mahali keşfi, kentsel dönüşüm çalışmaları, doğal afetlerin izlenmesi, arkeolojik çalışmalar, 3 boyutlu şehir modellerinin oluşturulması, vb. alanlar sayılabilir.



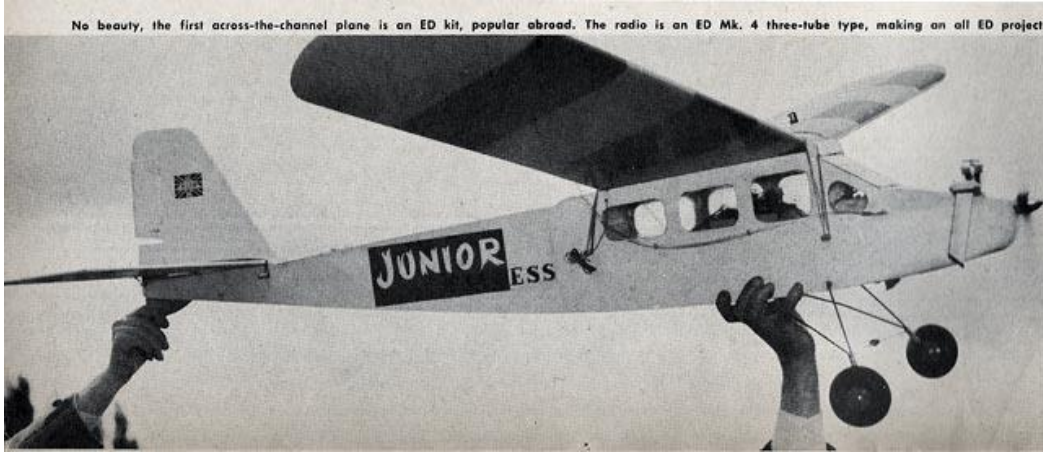
Şekil 1.7 Tarımda fümigasyon için kullanılan bir drone

\* Fümigasyon: Bitki, bitkisel ürün, bitkisel sanayi ve orman ürünlerinde buldukları veya yetiştikleri ortamlarda ve boş binalarda bulunan zararlı organizmaların herhangi bir biyolojik dönemine karşı gaz halinde etkili olan katı, sıvı veya gaz formundaki pestisitlerin kullanılmasıyla yapılan imha işlemi ifade eder

## 1.2 LİTERATÜR TARAMASI

Hava araçlarının elektrik gücü ile uçmaları yeni bir şey değil. Bu konuda kayıtlara geçmiş ilk başarılı uçuşlardan biri, 1884 yılında, Charles Renard ve Arthur Krebs'in Fransız Ordusu'na ait elektrik motorlu bir zeplin olan La France (Fransa) ile ilk tam olarak kumanda edilebilen serbest uçuşu yapmaları olmuştur. 170 ft (~51 m) uzunluğundaki ve 66000 ft<sup>3</sup> (~1869 m<sup>3</sup>) hacmindeki zeplin, 8,5 beygirgücündeki bir elektrik motorunun yardımı ile 23 dakikada 8 km mesafe katetmiştir. O zamanlarda elektrik sistemi tek rakibi olan buharlı motorlardan üstündü. Sonrasında benzinli motorların gelişiyle birlikte elektrikli itiş gücü çalışmaları terk edildi.[6]

30 Haziran 1957'de İngiliz Albay H. J. Taplin, sabit mıknatıslı senkron motor ve gümüş-çinko pil kullanan, İHA "Radio Queen" ile resmi olarak kayıtlara geçmiş, ilk defa elektrikle çalışan radyo kontrollü uçuşu yapmıştır.[7]



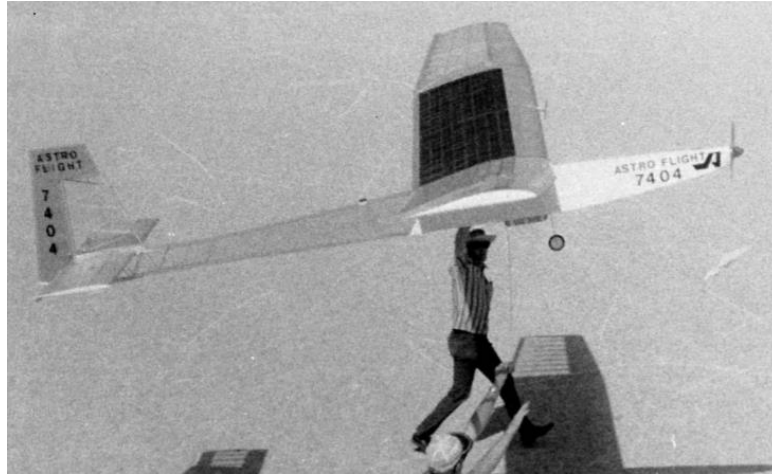
Şekil 1.8 Radio Queen

4 Kasım 1974'te Kaliforniya, Camp Irwin'deki kuru gölde, güneş enerjisi ile çalışan bir İHA'nın ilk uçuşu gerçekleştirilmiştir. AstroFlight firmasından R.J. Bouncer tarafından tasarlanan "Sunrise I" ilk uçuşunda yaklaşık 100 m yükseklikte 20 dakika uçtu. Uçağın kanat açıklığı 9.76 m , ağırlığı 12.25 kg ve 4096 güneş hücresinin güç çıkışı 450 W idi.[6]



Şekil 1.9 Sunrise I

İlk yapılan prototip 28. uçuşunda girdiği türbülânsta ciddi bir hasar gördü. Bunun üzerine bir yıl sonra 12 Eylül 1975'te, iyileştirilmiş versiyonu olan “Sunrise II” üretildi. Aynı kanat açıklığına sahip uçak 10,21 kg'a düşürüldü. 4480 güneş hücresi %14 verimlilikleri ile birlikte bu sefer 600 W güç üretmeyi başardı.[8]



Şekil 1.10 Sunrise II

Atlantik'in diğer ucunda, 1975 yazında Almanya'dan Helmut Bruss, Boucher'in projesinden habersiz şekilde güneş enerjili bir model uçak üzerinde çalışıyordu. Maalesef güneş hücrelerinin aşırı ısınması sonucu uçuşunu gerçekleştiremedi. Ama bir yıl sonra arkadaşı olan Fred Militky, “Solaris” ile birlikte Avrupa'da güneş enerjisi ile uçan ilk İHA modelini üretmeyi başardı. 16 Ağustos 1976'da 150 saniyelik 3 uçuş ile birlikte 50 m irtifaya ulaştı.[9]



Şekil 1.11 Solaris, Fred Militky(sağda)

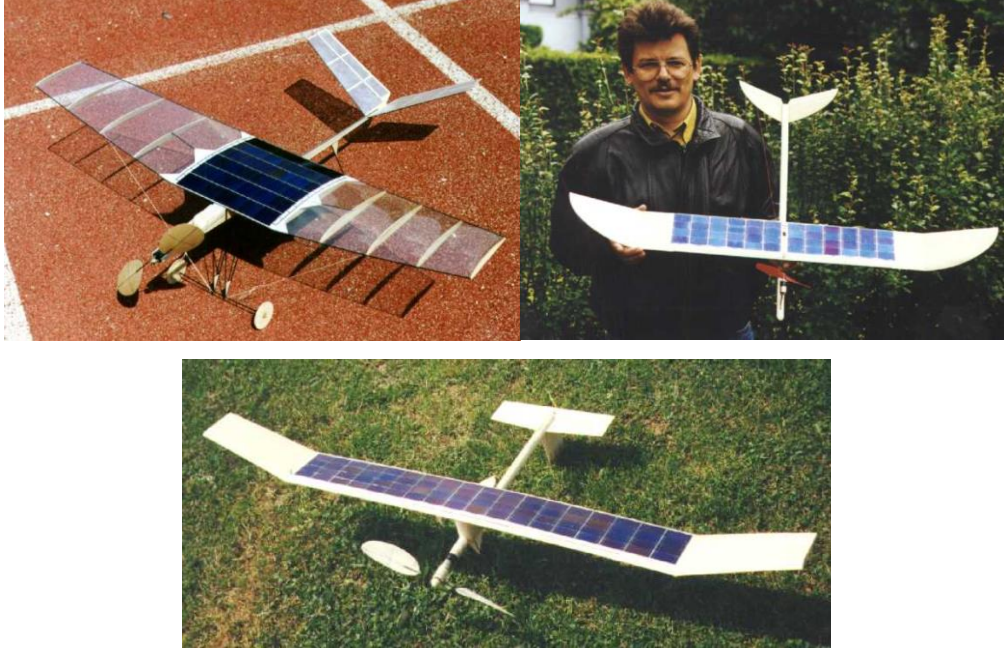
Bu erken zamanlardan itibaren birçok model uçak üreticisi güneş enerjisi ile uçmayı denedi. Bu tutku zamanla daha da uygun maliyetli hale geldi.

Sportif havacılığın en yetkili kuruluşu olan Uluslararası Havacılık Federasyonu (FAI)'nın F5 Açık (Radyo Kontrollü Uçuş) klasmanında yarışan Dave Beck, "Solar Solitude" adlı modeli ile iki rekor kırarak ismini öne çıkartmayı başarmıştır. [10,11]



Şekil 1.12 Solar Solitude [12]

Doksanlı yıllarda bu alanda “Solar Excel” modeli ile birçok rekora imza atmış olan Wolfgang Schaeper, aynı zamanda “MikroSol”, “PicoSol” ve “NanoSol” adlı ufak İHA modelleri ile birlikte Dr. Sieghard Dienlin’de ismini duyuranlar arasındadır. [13]



Şekil 1.13 MikroSol (Sol üst), PicoSol (Sağ üst), NanoSol (Alt)

Bu çalışmalar güneş enerjili insanlı uçaklar için de büyük ilham kaynağı olmuş ve çeşitli modeller geliştirilmiştir. MacCready’nin tasarladığı “Solar Challenger”, deniz seviyesinde 2500 W güç sağlayan 16,128 güneş hücresine, 14,2 m kanat açıklığına sahipti. 7 Temmuz 1981’de üstünde yedek batarya dahi olmaksızın, tek güç kaynağı olarak güneş enerjisini kullanarak Paris yakınlarındaki Pontoise-Cormeilles’ten, Londra yakınlarındaki RAF Manston Üssü’ne 262,3 km lik uçuşunu 5 saat 23 dakikada tamamladı. [14,15]

Solar Challenger’ın bu başarısı Amerikan hükümetinin daha yüksek irtifada daha dayanıklı hava araçlarının geliştirilmesi noktasında, günümüzde de İHA sistemleri üretimi yapan AeroVironment firmasına finansal destek sağladı. Yapılan çalışmalar sonucu 1993 yılında Dryden’de ilk uçuşunu gerçekleştiren “Pathfinder” ortaya çıktı. Bu program için ayrılan fonlama sona erdiğinde, 30 m kanat açıklığı ve 254 kg ağırlığa sahip bu İHA, NASA’nın 1994’te başlayan ERAST (Environmental Research Aircraft and Sensor Technology) programına dahil edildi.[16]



Şekil 1.14 Pathfinder Hawaii Üzerinde Uçuşunu Yaparken

1998 yılında bir üst modeli “Pathfinder Plus” geliştirildi. ERAST programı kapsamında “Centurion” adlı yeni bir prototip geliştirildi. Burada amaçlanan, gelecekte güneş enerjisi ile çalışan bir uçak filosu için, haftalarca yada aylarca havada kalıp, bilimsel örnekleme veya telekomünikasyon görevlerinde kullanılabilecek prototip bir teknoloji göstericisi olmağı.[17]

Bu programın dördüncü ve son çalışması “Helios” adlı İHA olmuştur. İlk uçuşunu 1999’da yapan İHA, 26 Haziran 2003 yılında yaptığı test uçuşu sırasında, kalkıştan 30 dakika sonra türbülansa girdi ve kanatları yüksek pozitif dihedral sebebiyle parçalanarak Pasifik Okyanusuna düştü.[18]



Şekil 1.15 Helios parçalanmadan hemen önce

Avrupa’da da yüksek irtifalarda dayanıklılığın ön planda olduğu İHA çalışmaları yapılmaktaydı. DLR(Almanya Havacılık ve Uzay Merkezi) Uçuş Sistemleri Enstitüsü’nün 1994’ten 1998’e kadar yapmış olduğu çalışmalarla “Solitair” geliştirildi.

Tüm enerji ihtiyacını güneş panelleri ile karşılayarak orta enlemlerde uzun süreli görev yapabilmesi için tasarlandı. Optimum güneş radyasyonu emilimi için ayarlanabilir güneş panellerine sahiptir. [19]



Şekil 1.16 Solitair İHA, 1998

Ocak 2000 ve Mart 2003 yılları arasında Avrupa programı tarafından finanse edilen “Helinet Projesi” ile birlikte güneş enerjisiyle çalışan, 73 m kanat açıklığı ve 750 kg olan “Heliplat” platformunun fizibilite çalışmaları yürütülmüştür. Yüksek bant genişliği ile iletişim ve yeryüzü gözlemi için kullanılması amaçlandı.



Şekil 1.17 Heliplat, 2000

Avrupa Uzay Ajansının 2004 yılında fonladığı “Sky-Sailor” projesi İsviçrenin Lozan şehrinde bulunan EPFL’de başladı. Özellikle gezegen keşiflerinde güneş enerjili hava araçlarının büyük rol oynayacağı düşünülüyor. Mars’ın keşfi için kullanılabilecek bir İHA geliştirilmesi amaçlandı. 21 Haziran 2008’de 27 saatlik kesintisiz Zürih-Londra yolculuğunda 874,4 km yol katetti. [20]



Şekil 1.18 Sky-Sailor

### 1.3 Tasarım Süreci

Uçağın tasarımı amaçlanan hedeflere yönelik olarak tasarlanmıştır. Bunun sonucunda uçakta 3 bölüm oluşturulmuştur. Araç takım üyeleri tarafından üretilen bir yer kontrol istasyonu (YKİ) vasıtasıyla kontrol edilecek, bu da uçak elektroniklerine özgünlük katacaktır.

### 1.4 Sistem Performans Özellikleri

Uçağın toplam ağırlığına nazaran taşıyacağı yükün ağır olması sebebiyle gövde karbon fiber levhalardan imal edilecektir. Standart dışı biçime haiz parçalar 3D yazıcı ile üretilenektir. Araç, her iki görevi de başarıyla icra edecek elektronik ve mekanik aksama sahiptir. Grubumuz, uçağın tasarımında her türlü uçuş güvenlik kurallarına uymaya azami özen göstermiştir. Uçak kavramsal analize göre 2900 gram ağırlığında olacak ve 4S 6200mAh batarya ile 13dk uçuş sağlayacaktır



## 1.5 HAFTALIK ÇALIŞMA PROGRAMI

HAFTALAR	TARİH	YAPILAN İŞİ
1. HAFTA	01.03.2021	Projenin Belirlenmesi
2. HAFTA	08.03.2021	Projenin Belirlenmesi
3. HAFTA	15.03.2021	Literatür Taraması
4. HAFTA	22.03.2021	Literatür Taraması
5. HAFTA	29.03.2021	Literatür Taraması
6. HAFTA	05.04.2021	Model Seçimi
7. HAFTA	12.04.2021	Model Seçimi
8. HAFTA	19.04.2021	Mekanik Tasarım
9. HAFTA	26.04.2021	Mekanik Tasarım
10. HAFTA	03.05.2021	Mekanik Tasarım
11. HAFTA	10.05.2021	Elektronik Tasarım
12. HAFTA	17.05.2021	Elektronik Tasarım
13. HAFTA	24.05.2021	Elektronik Tasarım
14. HAFTA	31.05.2021	Rapor Düzenlemesi
15. HAFTA	07.05.2021	Rapor Düzenlemesi

NO	PARÇA ADI
1	EMAX XA2212 980KV
2	30A ESC XXD30A
3	F450 DRONE GÖVDE
4	F450 DRONE İNİŞ TAKIMI
5	1045 PERVANE
6	EKRANLI KK2 1.5 UÇUŞ KONTROL KARTI
7	2S 3400 mah 40C 7.4V LİPO BATARYA
8	XC60 SİGORTA
9	5V 250 mA GÜNEŞ PANELİ
10	40 PİN ERKEK ERKEK JUMPER KABLO
11	FLY SKY FS-T4B KUMANDA

Tablo 1.1: Malzeme Listesi

## 2) YAPILAN ÇALIŞMALAR

### 2.1) Detaylı Tasarım

Gövde ve mekanik sistemlerin tasarımı güneş enerjisi entegrasyonuna uygun olarak tasarlanmıştır. Bu durumlara göre uçakta üç ayrı bölüm oluşturulmasına karar verilmiştir. Bu bölümler üstten alta doğru, Kontrol bölümü, Enerji bölümü ve Görev bölümü şeklindedir. Sistemin 3 ana bölümden oluşmasının sebebi, sistemlerin su ile temasının en düşük seviye tutulmasının istenmesidir. Bu sebeple her bir bölüm için ayrı izolasyon yapılmıştır. Her bir bölümün ayrı olması sonucu uçaktaki bölümlere daha rahat bir şekilde ulaşılmaktadır.

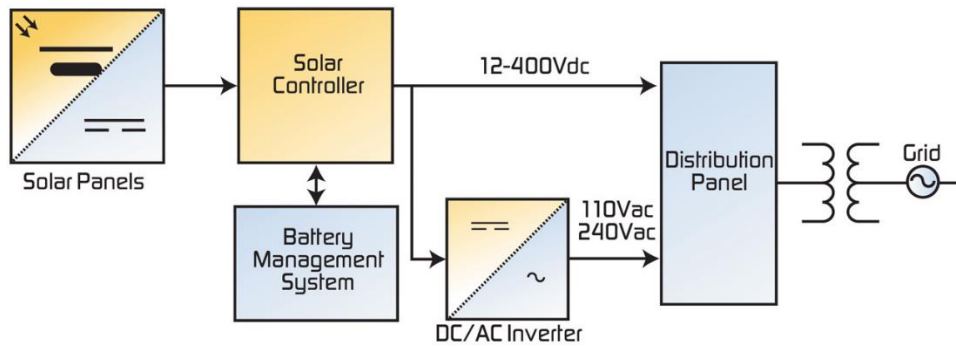
#### 2.1.1) Tasarımın Boyutsal Parametreleri

Aracın kütle tahmini üç boyutlu çizim programında malzeme atanarak yapılmıştır ve geri kalan hesaplamalar teorik ağırlığa göre yapılmıştır. Aracın gerçekte yapılan ağırlık ölçümü sırasında 1700 gram boş ağırlığa sahip olduğu çıkmıştır.

Tasarım 363mm x 363mm x 53mm derinliğine sahip ana gövde üzerine örülmüştür.

#### 2.1.2) Enerji Sistemleri Tasarımı

##### 2.1.2.1) Güneş Enerji Sistemi Tasarımı



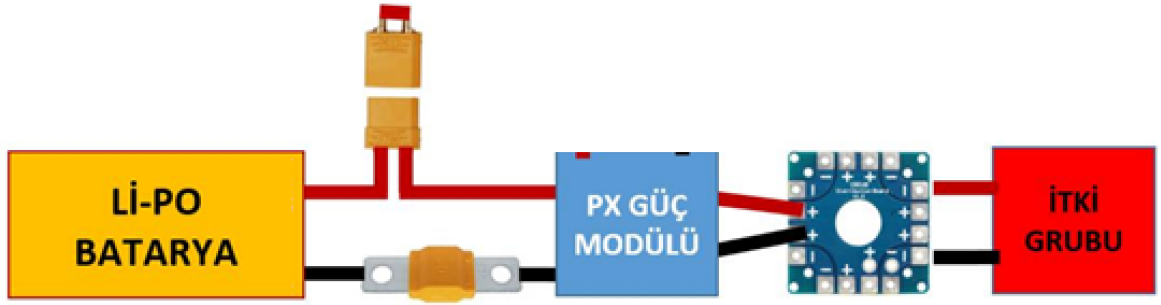
Şekil 2.1 Temsili güneş enerjisi sistem diyagramı

Güneşten alınan foton enerjisi güç kontrol ünitelerince DC ya da AC fazlarında bataryada depolanır. Bu depolama sonucunda oluşan enerji kullanılmak üzere gerekli değişime uğratarak devre beslenir.

Yukarıda belirtilen sistem, büyük boyutlu bir solar enerji sistemine aittir. Mevcutta drone üzerine yerleştirilecek panellerden elde edilecek enerji, uygun bir kontrol kartı bulunduğu takdirde sisteme aktarılacaktır. Aksi halde oluşabilecek kısa devre riskini önlemek için sisteme dahil edilmeyecektir.

### 2.1.2.2) Elektrik Elektronik Kontrol ve Güç Sistemleri

Aracın güç sistemi Şekil 3.8’da verildiği gibidir.



Şekil 2.2 Güç Sistemi

Motor seçiminde uçağın ağırlığı ve taşıma kabiliyeti göz önünde bulundurulmuştur. Farklı seçenekler arasından EMAX XA2212 980KV motoru tercih edilmiştir.

Motor 1045 pervane ile azami 500 gram itki sağlamaktadır. ESC, EMAX XA2212 980KV motorun akım değerleri hesaplanarak farklı seçeneklerin arasından tercih edilmiştir.

Lityum polimer bataryalar havacılıkta en çok kullanılan batarya tipidir. Uçağın ana güç kaynağı olarak belirtilen Li-Po bataryayı bulunduracaktır. 2S ve 3400mAh değeri uçuş hesaplamalarına göre seçilmiştir.

### **3) BULGULAR**

#### **3.1) Enerji Sistem Bulguları**

İmalatta belirlenen amaçla sistemin kaldıracığı yük miktarı azaltılarak harcanacak güç miktarı aynı oranla azaltılmaya çalışılmıştır. Bu amaçla tasarım raporunda belirtilen 2900 gr'lık ağırlık 1100 gr'a, kullanılması planlanan batarya 4S'ten 2S'e düşürülmüştür. Buradaki temel amaç güneşten elde edilecek olan enerjinin sistemde daha etkili olabilmesini sağlamaktır.

#### **3.2) Mekanik Bulgular**

Batarya ve ESC sistemleri belli oranlarda düşürüldüğünden, uçuş süresini azaltmamak adına teorikte daha düşük fakat pratikte daha verimli motorlar kullanılmıştır. Bu sayede 13 dakikalık uçuş süresi korunmuştur.

#### **3.3) Çevresel Bulgular**

Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED), gerçekleştirilmesi planlanan projelerin çevreye olabilecek olumlu ve olumsuz etkilerinin belirlenmesinde, olumsuz yöndeki etkilerin önlenmesi ya da çevreye zarar vermeyecek ölçüde en aza indirilmesi için alınacak önlemlerin, seçilen yer ile teknoloji alternatiflerinin belirlenerek değerlendirilmesinde ve projelerin uygulanmasının izlenmesi ve kontrolünde sürdürülecek çalışmalar bütünüdür.

Çevrenin canlı öğelerinin hayat aktivitelerini olumsuz yönde etkileyen, cansız öğelerin üzerinde ise yapısal zararlar meydana getiren ve niteliklerini bozan yabancı maddelerin hava, su ve toprağa yoğun bir şekilde karışması olayına "çevre kirliliği" denir.

Bu projede standart insansız hava aracı güç sistemlerine (Lipo vb.) alternatif olarak güneş enerji devresi eklenmiştir. Bu sayede günümüz şartlarında fosil yakıtlarla üretilmekte olan şehir şebeke elektriğinden elde edilecek enerji ihtiyacı azaltılmaya çalışılmıştır.

#### 4) TARTIŞMA

İnsansız hava aracı sistemlerinden biri olan multicopter tipi hava araçları 2000'li yıllarından başlarından beri geliştirilmektedir. Burada kullanılan yapı diğer sabit kanatlı yapıların aksine uçar bir yapı olmadan havada kalmayı amaçlamaktadır.

Bu sistemlerin en önemli ihtiyacı motorlarıdır. Buna eşlik eden en önemli sistemde bataryalarıdır. Herhangi bir kanat yapısı barındırmadığından uçuş yapabilmesi için motor devrine ve buna denk batarya çıkışına sahip olmalıdır. Yapılan bu çalışmada güneş enerjisi sisteminin multicopter tipi yüksek enerji ihtiyacı sistemlere uygun olup olmadığı görülmüştür. Bu sistemde güç ihtiyaçlarını karşılamak için Li-po batarya ve güneş panelleri entegre sistemi kullanılmıştır. Buradan çıkan verilerle sonuç kısmı oluşturulmuştur.

## 5) SONUÇLAR

Yaptığımız güneş enerjili insansız hava aracı tasarım sürecinde geçmişte yapılan çalışmalardan da kaynak alınarak verimli bir tasarım ortaya konulmaya çalışılmıştır. Diğer projelerden farklı ve özgün olarak, drone tipi bir insansız hava aracı tasarlanarak farklı bir yaklaşım amaçlanmıştır. Süzülme ve havada kalma gibi uçar yapıları bir yapıya sahip olmadığından dronun güç tüketimi sabit kanatlı diğer yapılara göre daha fazladır.

Güneş enerjisi ile şarj dolumu lipo bataryalara araştırmalara göre uygun olmadığı sonucuna varılmıştır. Çünkü lipo cinsi bataryalar üç kademeli ve yüksek amper değerleri ile şarj olabilen güç kaynaklarıdır. Kullanılacak olan uygun boyutlardaki güneş enerjisi panelleri ile elde edilebilen enerji değerleri bu devreyi beslemekte etkili değildir. Ancak alternatif güç kaynağı olarak farklı cinslerde güç kaynaklarını beslemede bu enerji türü kullanılabilir (Kamera pilleri, 1s kumanda pili vb.).

## 6) ÖNERİLER

Yapılan çalışmalar ve test bulguları sonucunda güneş enerjili insansız hava aracı sistemlerinin enerji çıktıları göz önüne alınarak enerji ihtiyacı daha az yapılar tercih edilmelidir. Sistemimizde kullandığımız KK2 kontrol kartında bulunan 6050MPU gyro dan kaynaklı optimize sıkıntısı bulunduğu için uçuş sırasında sistemde denge problemi yaşanmıştır. Buda verimliliği etkilemiştir. Yapılacak olan çalışmaların devamında farklı bir kart kullanılması tavsiye edilebilir. Güneş panellerinde verimlilik boyut azaldıkça düştüğünden elde edilecek olan enerji miktarı da aynı oranda düşmektedir. Bundan kaynaklı enerji ihtiyacını azaltmak için daha hafif ve daha az enerji tüketen ekipmanlar tercih edilebilir. Bu projede denemesi yapılan drone tipi insansız hava aracının enerji ihtiyacı airfoil yapılı bir sabit kanat sistemine göre daha fazla enerji kullandığı için bu tip yapılarda güneş enerjisi ana enerji birimi olarak kullanılması tavsiye edilmemektedir.

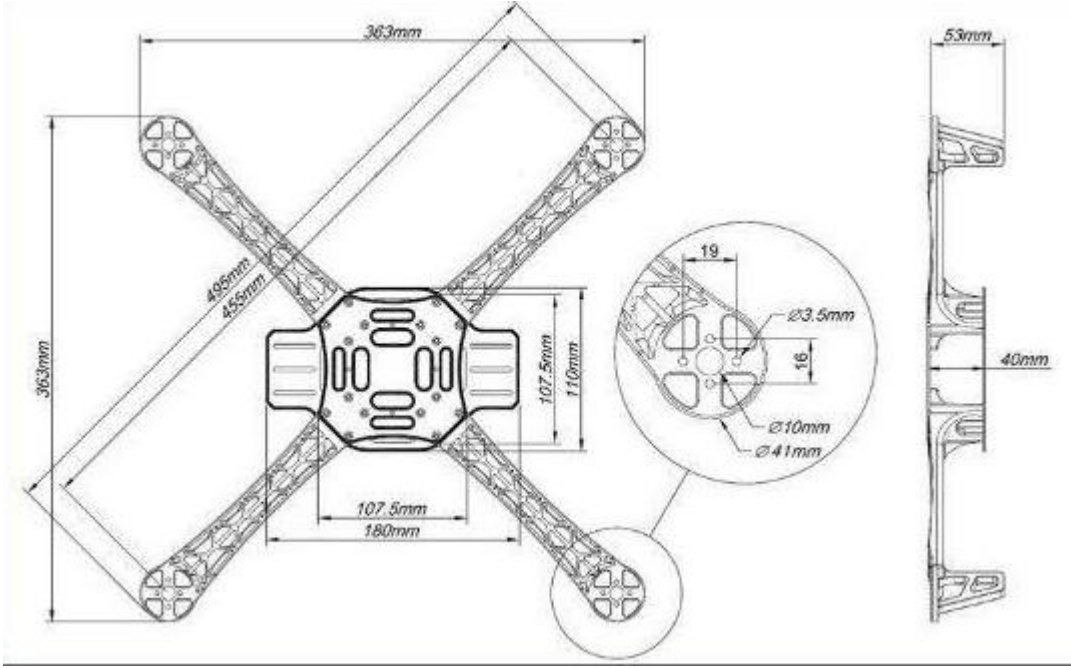
## 7. KAYNAKLAR

1. [https://www.icao.int/Meetings/anconf12/Document%20Archive/9854\\_cons\\_en.pdf](https://www.icao.int/Meetings/anconf12/Document%20Archive/9854_cons_en.pdf)
2. M., Justin D. Murphy, (2005). Military Aircraft, Origins to 1918: An Illustrated History of Their Impact. ABC-CLIO. pp. 9-10. ISBN 978-1-85109-448-2.
3. Says, Robert Kanyike (21 May 2012). History od U.S. Drones
4. Dr. Akyürek, S. & Yılmaz, M.A. & Taşkiran, M. (2012). İnsansız hava araçları muharebe alanında ve terörle mücadelede devrimsel dönüşüm, *Bilgesam*, 1(53), 4-5
5. Keane, J.F., Stephen S. Carr, 2013, "Johns Hopkins APL Technical Digest", Vol. 32, No. 3, pp. 558-571, 2013
6. R. J. Boucher, History Of Solar Flight, AIAA Paper 84-1429, June 1984
7. History of Electric Flight, <http://www.iroquois.free-online.co.uk/hist.htm>
8. AstroFlight Sunrise, [https://en.wikipedia.org/wiki/AstroFlight\\_Sunrise](https://en.wikipedia.org/wiki/AstroFlight_Sunrise)
9. H. Bruss, Solar Modellflug Grundlagen, Entwicklung, Praxis, Verlag für Technik und handwerk, Baden-Baden, 1991
10. The World Air Sports Federation <http://www.fai.org>
11. Uluslararası Havacılık Federasyonu, [https://tr.wikipedia.org/wiki/Uluslararası\\_Havacılık\\_Federasyonu](https://tr.wikipedia.org/wiki/Uluslararası_Havacılık_Federasyonu)
12. NEWSLETTER OF THE FAI AEROMODELLING COMMISSION (CIAM), [https://www.fai.org/sites/default/files/documents/cf1997\\_1.pdf](https://www.fai.org/sites/default/files/documents/cf1997_1.pdf)
13. Die kleinsten Solar-Modellflugzeuge der Welt, <https://sieghard-dienlin.home.ktk.de/>
14. Lindsey, Robert (June 9, 1981), "Physicist's Solar Airplane Set to Challenge the English Channel", New York Times
15. [https://en.wikipedia.org/wiki/MacCready\\_Solar\\_Challenger#cite\\_note-NYTimes-2](https://en.wikipedia.org/wiki/MacCready_Solar_Challenger#cite_note-NYTimes-2)

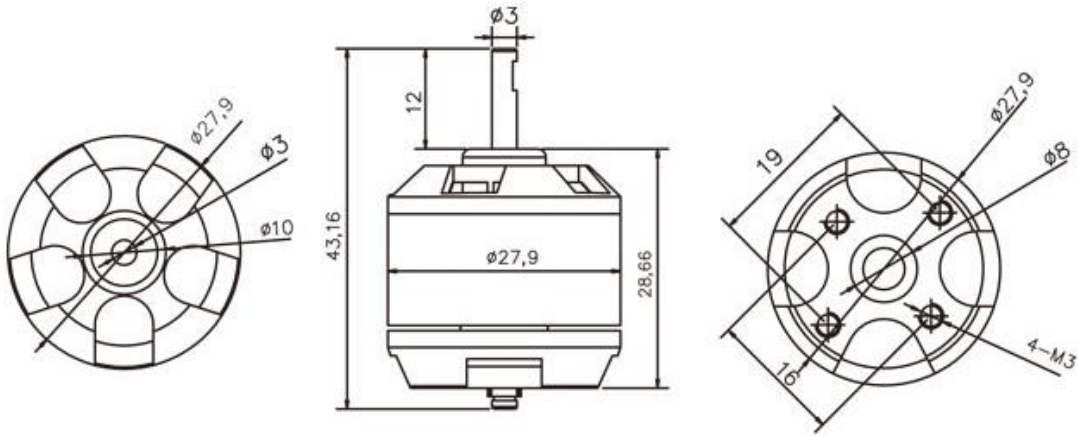


16. NASA Pathfinder, [https://en.wikipedia.org/wiki/NASA\\_Pathfinder](https://en.wikipedia.org/wiki/NASA_Pathfinder)
  17. NASA, Solar Powered Fact Sheet. “Solar-Power Research and Dryden”  
<http://trc.dfrc.nasa.gov/Newsroom/FactSheets/PDF/FS-054-DFRC.pdf>
  18. [https://en.wikipedia.org/wiki/AeroVironment\\_Helios\\_Prototype](https://en.wikipedia.org/wiki/AeroVironment_Helios_Prototype)
  19. Solitair at DLR [http://www.dlr.de/ft/Desktopdefault.aspx/tabid-1388/1918\\_read-3385/](http://www.dlr.de/ft/Desktopdefault.aspx/tabid-1388/1918_read-3385/)
  20. Sky-Sailor Website <http://sky-sailor.epfl.ch>
- Yanushevsky R., (2011), Guidance of Unmanned Aerial Vehicles, CRC Press Wolf H.G., (2017), Drones, Routledge
- Tyler M. Foster, (2005) Dynamic Stability and Handling Qualities of Small Unmanned Aerial- Vehicles  
<http://www.grc.nasa.gov/www/k-12/airplane/short.html>
- <http://www.rcsunnysky.com> Hanoch Efraim, Amir Shapiro, Gera Weiss, (2015), Quadrotor with a Dihedral Angle: on the Effects of Tilting the Rotors Inwards, Ben-Gurion University of the Negev
- Gene F. Franklin, J. David Powell, Abbas Emami-Naeini, (2019), Feedback Control of Dynamic Systems, Stanford University, SCSolutions, Inc.
- David K. Schmidt, Brian P. Danowsky, Peter J. Seiler and Rakesh K. Kapania, (2019), Flight-Dynamics and Flutter Analysis and Control of an MDAO-Designed Flying-Wing Research Drone

## 8) EKLER



Şekil 8.1: Drone Gövde Çizimi



**XA2212**

Şekil 8.2: EMAX XA2212 980KV Motor