

T.C.
BEYKENT UNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

**BİLGİSAYAR YARDIMIYLA İNSANSIZ HAVA
ARAÇLARINDA GÜNEŞ ENERJİSİ KULLANARAK
YAKIT PERFORMANSINI YÜKSELTME MODELİ**

Yüksek Lisans Tezi

Tezi Hazırlayan:

Hakan YILDIRIM

İSTANBUL, 2015

T.C.
BEYKENT UNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

**BİLGİSAYAR YARDIMIYLA İNSANSIZ HAVA
ARAÇLARINDA GÜNEŞ ENERJİSİ KULLANARAK
YAKIT PERFORMANSINI YÜKSELTME MODELİ**

Yüksek Lisans Tezi

Tezi Hazırlayan:

Hakan YILDIRIM

Öğrenci No:

120820046

Danışman:

Yrd. Doç. Dr. Turhan KARAGÜLER

İSTANBUL, 2015

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “BİLGİSAYAR YARDIMIYLA İNSANSIZ HAVA ARAÇLARINDA GÜNEŞ ENERJİSİ KULLANARAK YAKIT PERFORMANSINI YÜKSELTME MODELİ” başlıklı bu çalışmanın, bilimsel ahlak ve geleneklere uygun şekilde tarafımdan yazıldığını, yararlandığım eserlerin tamamının kaynaklarda gösterildiğini ve çalışmanın içinde kullanıldıkları her yerde bunlara atıf yapıldığını belirtir ve bunu onurumla doğrularım 15.06.2015.

Hakan YILDIRIM

T.C.
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZ/PROJE SAVUNMA SINAVI SONUÇ TUTANAĞI

Beykent Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Aşağıda tez/proje adı belirtilen yüksek lisans öğrencisi 1.20820046 no'lu HAKAN YILDIRIM'ın 5.06.15 tarihinde yapılan tez/proje savunma sınavı¹ sonucunda 45 dakika süreyle sunduğu ve savunduğu tezi/projesi hakkında² oybirliğiyle, KABUL kararı verilmiştir.

Bilgilerinize saygılarımızla arz ederiz.

Anabilim Dalı : Bilgisayar Mühendisliği
Programı : Bilgisayar Mühendisliği
Tez/Proje-Başlığı³ : Bilgisayar Yardımcı İnsansız Hava Araçlarında Yakıt Performansını Yükseltme Modeli Güneş Enerjisi Kullanarak

Tez/Proje Sınav Jürisi

Öğretim Üyesi

İmza

Danışman :

Yrd. Doç. Dr. Turhan KARAĞÜLER

Üye :

Doç. Dr. Gökhan SİLİHTAROĞLU

Üye :

Yrd. Doç. Dr. Ediz ŞAYKOL

¹ Jüri üyeleri söz konusu tezin kendilerine teslim edildiği tarihten itibaren en geç bir ay içinde toplanarak öğrenciyi tez savunma sınavına alır. Belirlenen günde yapılamayan jüri toplantısı, katılanların hazırladığı bir tutanakla enstitü yönetimine bildirilir. Bu durumda jüri en geç onbeş gün içinde toplanarak adayı tez savunma sınavına alır. Tez savunma sınav süresi en az 45 dakikadır. Yüksek lisans tez savunma sınavı, tez çalışmasının sunulması ve bunu izleyen soru-yanıt bölümlerinden oluşur ve dinleyiciye açıktır. (Beykent Lisansüstü eğitim ve Öğretim Yönetmeliği-Madde30-3)

² Tez sınavının tamamlanmasından sonra jüri, tez hakkında "kabul", "düzeltme" veya "red" kararı verir. Jüri başkanı, jüri üyelerince imzalanmış sınav tutanağını, tez sınavını izleyen üç gün içinde ilgili enstitü yönetimine teslim eder. Tezi başarısız bulunan öğrencinin Enstitü ile ilişkisi kesilir. Tezi hakkında düzeltme kararı verilen öğrenci en geç üç ay içinde gerekli düzeltmeleri yaparak ve yönetmelikte belirtilen usullere uygun olarak tezini aynı jüri önünde yeniden savunur. Bu savunma sınavında da tezi kabul edilmeyen öğrencinin enstitü ile ilişkisi kesilir. (Beykent Lisansüstü eğitim ve Öğretim Yönetmeliği-Madde30-4)

³ İleride doğabilecek aksaklıkların engellenmesi için tezin başlığını yazılması gerekmektedir.

TEŐEKKÖR

BaŐta űzerimde bűyűk emeĐi olan, bilgi ve zamanını benden esirgemeyen deĐerli danıŐman hocam Yrd. DoĐ.Dr. Turhan KARAGÖLER, deĐerli bűlűm baŐkanım Yrd. DoĐ.Dr. Ediz ŐAYKOL, çok deĐerli arkadaŐım, kadim dostum Őmer MOLLARECEP ve hayatım boyunca her an maddi manevi desteklerini yanımda hissettiĐim çok kıymetli babam İlyas YILDIRIM, validem Nejla YILDIRIM canımdan çok sevdiĐim ablam Elif BAŐARAN ve bu kutlu yolda her daim yanımda yűrűyen çok kıymetli eŐim Emine YILDIRIM'a teŐekkűrlerimi sunarım.

Adı ve Soyadı : Hakan YILDIRIM
Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Turhan KARAGÜLER
Türü ve Tarihi : Yüksek Lisans 2015
Alanı : Bilgisayar Mühendisliği Bilim Dalı
Anahtar Kelimeler : İnsansız Hava Aracı, İnsansız Hava Aracı Sistemleri,
Fotovoltaik Sistemler

ÖZ

BİLGİSAYAR YARDIMIYLA İNSANSIZ HAVA ARAÇLARINDA GÜNEŞ ENERJİSİ KULLANARAK YAKIT PERFORMANSINI YÜKSELTME MODELİ

İnsansız hava araçları günümüzde keşif, arama kurtarma, hasar tespiti gibi alanların yanında insanlar için bulunulması tehlikeli ortamlarda yapılacak görevlerde kullanılabilir. Bu çalışmada TAN100 İHA modeli için, insansız hava araçlarındaki en temel sorun olarak görünen yakıt performansının güneş pilleri ile artırılması hedeflenmiştir. Mevcut tasarımla birlikte güneş enerjisinin elektrik enerjisine çevrilmesi için Visual Studio 'da hazırlanan UAV Solar Sistem Simülatörü kullanılacaktır.

First and last name : Hakan YILDIRIM

Supervisor : Assistant Professor Turhan KARAGÜLER

Degree and date : Master's degree 2015

Major : Computer Engineering Department

Keywords : Unmanned Aerial Vehicle, Unmanned Aerial Vehicle Systems,
Photovoltaic Systems

ABSTRACT

INCREASING FUEL PERFORMANCE BY USING COMPUTER AIDED SOLAR SYSTEM

Today Unmanned Air Vehicles (UAV) are used for wide range of purposes like reconnaissance, search and rescue, also for dangerous areas for humans. Fuel performance is considered as the main problem about UAVs. The aim of this work is to improve the fuel performance by using solar cells on TAN100 UAV added to existing design, by using UAV Solar Sistem Simulation which is coded in visual studio enviroment program, for converting solar energy to electrical energy.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZ

ABSTRACT

TABLolar LİSTESİ.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vi
KISALTMALAR	vii

1. GİRİŞ	1
2. İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI VE SINIFLANDIRILMASI.....	2
2.1 İHA Tanımı	2
2.2 İHA Tarihçesi	3
2.3 İHA Sınıflandırması	5
2.4 Türkiye’de Savunma Sanayii ve İHA Tarihçesi	9
2.4.1 Türkiye’de Savunma Sanayii Kısa Tarihçesi.....	9
2.4.2 Türkiye İHA Envanter Durumu	13
3. FOTOVOLTAİK (SOLAR) SİSTEMLER	15
3.2 Güneş Enerjisi	15
3.3 Güneş Pili.....	15
3.4 Güneş Pillerinin Yapısı	16
3.5 FV Güneş Pili nin Eşdeğer Devre Modelleri	18
3.6 Güneş Pillerinin Çalışma İlkesi.....	19
3.7 Türkiye Güneş Enerjisi Verimliliği Atlası	21
3.7.1 Güneş Enerjisi Hesaplama Yöntemi	23

4. TAN100 İHA MODELİ.....	25
4.1 TAN100 İHA Modeli Teknik Özellikleri.....	25
5. DENEY ANALİZ VE SONUÇLARI	29
5.1 TAN100 İHA Modeli Teknik Uçuş Bilgisi.....	30
5.2 Bölgesel ve Dönemsel Güneş Enerjisi Uygulaması	31
6. SONUÇ	36
KAYNAKÇA	37
ÖZGEÇMİŞ	

TABLULAR LİSTESİ

	Sayfa No.
Tablo 1. Genel İHA Sınıflandırılması	6
Tablo 2. Temel İHA Sınıflandırması	7
Tablo 3. Askeri İHA Sınıf Atlası	7
Tablo 4. İHA Tasnif Tablosu	8
Tablo 5. Türkiye’de İHA ve Üretimi	14
Tablo 6. Türkiye Güneşlenme Verimliliği Tablosu (kWh/m ² -Yıl) - (Saat-Yıl)	22
Tablo 7. TAN100 İHA Modeli Teknik Özellikleri	25

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 1. Fotovoltaik Modül ve Panel Uygulamaları	17
Şekil 2. FV Güneş Pilinin Genel Statik Eşdeğer Devresi	18
Şekil 3. Güneş Pili, Modül ve Panele Ait Görünüm	19
Şekil 4. Güneş Pili Çalışma Prensibi	21
Şekil 5. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA)	21
Şekil 6. Türkiye Aylık Güneşlenme Süreleri (Saat)	22
Şekil 7. Türkiye Global Radyasyon Değerleri (KWh-m ² /Gün)	22
Şekil 8. Güneşlenme Süreleri (Saat)	23
Şekil 9. Doğu Anadolu Global Radyasyon Değerleri (KWh/m ² -gün)	23
Şekil 10. Tan100 İHA Modeli Yan Kesit	26
Şekil 11. Tan100 İHA Modeli Arka Kesit	26
Şekil 12. Tan100 İHA Modeli Bataryaları	27
Şekil 13. Güneş Pili	28
Şekil 14. UAV Solar Panel Simulasyonu (A)	32
Şekil 15. UAV Solar Sistem Simulasyonu (B)	33
Şekil 16. Doğu Anadolu Bölgesi Temmuz Ayı Enerji Kazanımı (Watt)	34
Şekil 17. Doğu Anadolu Bölgesi Aralık Ayı Enerji Kazanımı (Watt)	34
Şekil 18. Doğu Anadolu Bölgesi Aylara Göre Enerji Kazanımı (Watt)	35

KISALTMALAR

İHA	: İnsansız Hava Aracı
İHAS	: İnsansız Hava Aracı Sistemleri
SİHA	: Silahlı İnsansız Hava Aracı
YKİ	: Yer Kontrol İstasyonu
YVT	: Yer Veri Terminali
DECOY	: Maket Tipi (Sahte) İHA
IAI	: Israel Aerospace Industries
PV	: Fotovoltaik Sistemler
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
NATO	: Kuzey Atlantik Antlaşması Örgütü
AGL	: Zemin seviyesi (Above Ground Level)
TOMTAŞ	: Tayyare Otomobil Türk Anonim Şirketi
SSM	: Savunma Sanayii Müsteşarlığı
FV	: Fotovoltaik
DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
YEGM	: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
TEYDEB	: Teknoloji ve Yenilik Destek Programları Başkanlığı
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
GEPA	: Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası
STC	: Standart Test Condition

1. GİRİŞ

Bilişim alanındaki teknolojik yenilikler, yapay zekâ ve robotik mühendislik konusunda son yıllarda içindeki hızlı gelişmeler, insansız sistemleri bir bilim kurgu konusu olmaktan çıkarmış ve bu araçları 21.yüzyılın muharebe alanına sokmuştur, ancak bu alandaki en büyük sorun havada kalma sürelerinin düşük olması, yakıt performansının hala istenilen seviyelerde olmaması, fosil yakıt kullanımı gibi çevreye zarar veren vb. birbirine bağlı temel sorunlar havada olası yakıt ikmal kazalarını da beraberinde getirmektedir.

Tezin birinci bölümünde İnsansız Hava Aracı Sistemlerinin varlığını oluşturan kullanım alanları, nedenleri, kullandığı teknolojik alt yapı, çeşitleri ve tarih içindeki süreci ile beraber genel yapısı irdelenecektir.

Tezin ikinci bölümünde yakın zamanda kullanılabilirlik açısından pozitif yönde bir ivme ile artış gösteren, fotovoltaik sistemlerin gelişimi, yapısı, çeşitleri ve kullanım alanları irdelenecektir.

Tezin üçüncü ve son bölümü olan “Deney Analiz ve Sonuçları“ bölümünde İnsansız hava araçlarında Fotovoltaik sistemlerin kullanılması ve Tan 100 İHA modeli için UAV Solar Sistem Simülatörü ile yakıt performansını artırıcı bir çalışma hedeflenmiştir. İHA’lar da güneş paneli kullanılarak yakıt performansını yükseltme model’inin incelenmesi amaçlanmıştır.

2. İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI VE SINIFLANDIRILMASI

İnsansız Hava Araçları 20. Yüzyılın başlarında geliştirilmeye başlanmış son teknoloji harikası cihazlardır. Birçok kullanım alanının yanı sıra özellikle askeri alandaki kullanımı ile beklentilerin çok üzerine çıkmıştır.

2.1 İHA Tanımı

Kendi güç sistemi olan, ölümcül olan ve olmayan faydalı yük taşıyan, otomatik olarak veya uzaktan komuta sistemi ile uçurulan pilotsuz hava araçlarına İnsansız Hava Aracı (İHA) denmektedir. Balistik ve yarı balistik füzeler, seyrüsefer füzeleri ve toplarla fırlatılan mühimmatlar İHA olarak kabul edilmemektedir. Teknolojisinde ABD'nin öncülüğü bulunan İHA'lar "Drones", "Robot Uçak", "Pilotsuz Uçak", "Uzaktan Pilotlu Uçak" gibi kavramlarla da adlandırılmaktadır. İHA'lara bu araçların uçuşunu ve görevini mümkün kılan Yer Kontrol İstasyonu (YKİ), Yer Veri Terminali (YVT) ve diğer teçhizatların eklenmesi ile oluşan sisteme ise İnsansız Hava Aracı Sistemleri (İHAS) adı verilmektedir [1]. T.C Savunma Sanayii Müsteşarlığına göre İHA, kendisini kullanan insanı taşımayan, kaldırma kuvveti oluşturmak için aerodinamik güç kuvvetleri kullanan, kendi başına uçabilen veya uzaktan kumanda edilebilen, sarf edilebilir veya yeniden kullanılabilir ve öldürücü veya öldürücü olmayan faydalı yük taşıyabilen hava aracıdır [2]. ABD Savunma Bakanlığına göre İHA, aracı kaldırmak için aerodinamik güç kullanan otonom ya da uzaktan bir pilotla kumanda edilerek uçabilen, geliştirilebilen ve iyileştirilebilen, ölümcül veya ölümcül olmayan yük taşıyabilen ve insan operatörü içermeyen hava taşıtı olarak tanımlanmıştır [3]. Kuzey Atlantik Antlaşması Örgütü'ne göre (NATO) İHA tanımı içerisinde insan olamayan uzaktan kumanda ile yönlendirilen veya otonom olarak kendisini yönlendiren motorlu itki gücü olan, silah veya faydalı yükleri ana gövdesine yüklenip çıkarabilen, görev sonu geri dönerek iniş yapabilen veya hedefte silah olarak kendini imha edebilen araçlar olarak tanımlanmıştır [3].

İHA'larla ilgili temelde birbirine benzer birçok tanım bulunmaktadır, ancak bu tanımlar zaman içinde İHA'ların yüklenecekleri görevlere yeni teknolojilere ve kullanım şekillerine göre değişiklikler olabileceğini söylemek mümkündür.

2.2 İHA Tarihçesi

İnsansız Hava Araçları, bilhassa insan veriminin düşeceği uzun mesafeli görevlerde veya riskli ortamlarda, insan faktörü tehdit ortamından yalıtılmak üzere 1900'lü yıllardan bu yana kullanılmaktadır. İHA sistemlerinin tarihçesi uzun yıllar öncesine uzanmaktadır. 1883 yılında İngiliz Archibald, bir uçurtmaya anemometre ilâştirip meteorolojik ölçümler yapmıştır. Amerikan Hispanik savaşlarında, yine uçurtmaya yerleştirilmiş fotoğraf makineleriyle, ilkel İHA istihbarat uygulamaları gerçekleştirilmiştir ancak gerçek anlamdaki ilk uygulama; 1916'da Elmer Sperry'nin, ABD Deniz Kuvvetlerine ait bir Curtiss uçağının gyrostabil özellikli uçuşunu göstermesi ile başlamıştır. Sonraları yine ABD Carless Kettering tarafından geliştirilmiş olan, kumandaları önceden ayarlayan ve kanatları hedef üzerine bırakıp dalışa geçen "Ketting Bug" lakaplı uçağın, 1918'deki uçuşuyla ilk "otonomi" ve nihayet, Elmer Sperry'nin oğlu Lawrence Sperry tarafından 1920'de radyo dalgaları ile kumanda edilebilen Messenger uçuşu ile ilk "uzaktan kumanda" kavramlarının temelleri atılmış oldu. 1930 yılların başında hızla silahlanmaya başlayan Almanya, bölgede önemli bir tehdit unsuru haline gelmiştir. Bu tehdit karşısında diğer Avrupa ülkeleri de kendilerini Nazilere karşı savunmak için çareler aramaya başlamışlardır. 1930'lu yıllarda Nazi tehdidine ve Alman keşif uçaklarına karşı İngilizler, düşman radarlarının karıştıran, keşif uçaklarının şaşırtabilen maket tipi (Decoy) İHA sistemlerini geliştirmiştir. Özellikle 2. Dünya Savaşından sonra elektronik sistemlerde yaşanan baş döndürücü gelişmeler İHA sistemlerinin de gelişmesini sağlamış ve özellikle gözetleme ve keşif amaçlı kullanılan İHA çalışmaları hız kazanmıştır. Keşif ve gözetleme yapılacak bölgelerin fiziksel yapısı, görev sürelerinin uzunluğu ve düşman tehdidi gibi riskler bu sistemlerin devamlı olarak geliştirilmelerine neden olmuştur. Havacılıkta jet teknolojisinin geliştiği, teknolojiye ses bariyerinin aşıldığı ve soğuk savaşın şiddetini arttırdığı 60'lı yıllarda, ABD görünmez bir insansız hava aracı geliştirmek üzere ciddi çalışmalar başlatmıştır. Jet itkili paraşütle iniş yapabilen, ilk yarı-görünmez Q-2C Firebee isimli uçak, bugünkü İHA'ların bu açıdan atası sayılmaktadır. Q-2C Firebee'ler Japonya, Vietnam ve Tayland'da hem gece hem de gündüz 34000 göreve çıkmış, sadece gözlem ve keşif için değil, propaganda amaçlı mektupların dağıtımını ve karadan

havaya füze yerlerinin tespiti gibi başarılı görevleri de yerine getirmişlerdir. Bu durum İHA'ların operasyonel öneminin anlaşılmasına büyük katkıda bulunmuştur

Yine 1960'lı yıllarda yeni bir kavram olarak, hedef tipi İHA'lar üretilmeye başlanmıştır. Önceleri savaş pilotlarının eğitiminde kullanılan bu İHA'lar, daha sonraları düşman radarlarının şaşırtılması amacıyla, savaş uçaklarının yanında kullanılmış ve hedef saptırması amaçlanmıştır.

Günümüz tanımlarına uyan İHA'lar ilk olarak 1970'li yıllarda İsrail tarafından kullanılmaya başlanılmıştır. İsrail bu dönemde, Arap dünyası ile yaşamış olduğu sorunlar ve savaşlar nedeniyle sürekli keşif ve gözetleme yapma ihtiyacı duymuştur. Bu iş için ilk gerçek zamanlı gözetleme ve keşif yapan, yaptığı görev sonucu elde ettiği bilgiyi, yer istasyonuna aktaran ve bu istasyondan aldığı elektronik sinyaller vasıtasıyla uçuşuna ve gözetlemesine devam eden İHA'ların üretmiştir.

İsrail 1980'lerde mini İHA'ların babası kabul edilen Scout'u üretmiştir. İsrail Aerospace Industries Ltd. Şti. (IAI) üretimi olan Scout, 3,96 m kanat açıklığı ve Fiberglas gövdesi ile hem radara yakalanmamayı başarmış, ve küçük boyutlu olması nedeniyle vurulması neredeyse imkânsız olmuştur. Döner bir mekanizma üzerine monte edilen TV kamerası sayesinde, ilk gerçek zamanlı görüntü aktarımı yapan İHA olarak tarihe geçmiştir. 1982 yıllarındaki Beka Vadisi anlaşmazlıklarında, bu uçaklar ile Suriye hava sahasında gözetleme ve keşif faaliyetleri gerçekleştirilmiştir. Scout ile küçük İHA'ların ne kadar avantajlı olduğunu gören İsrail, yeni mini İHA olarak Pioneer'i geliştirilmiştir. Pioneer uzaktaki gemilere inmeyi başaran ilk İHA olarak tarihe geçmiştir.

Yakın tarihimizdeki Körfez Savaş sırasında ABD Pioneer ve Pointer adlı iki değişik İHA sistemi kullanmıştır. Bu savaşa İHA'lar gerçek zamanlı istihbarat sağlamış ve hasar tespit görevlerinde kullanılmıştır. Yine Bosna-Hersek krizi ve Kosova harekâtlarında başta ABD olmak üzere, Almanya, Fransa ve İngiltere tarafından İHA'lar kullanılmıştır. Özellikle bu son iki harekâta, ABD üretimi Predator adı verilen İHA'lar sıkça kullanılmıştır.

ABD tarafından 2005 yılı içerisinde Afganistan ve Irak'ta, taktik İHA sistemleri ile 100,000 saat üzerinde uçuş gerçekleştirildiği ve bu surenin her yıl 3'e katlanarak devam ettiği belirtilmektedir. Ayrıca askeri alanda çok yaygın olarak kullanılan İHA sistemlerinin, sivil amaçlı kullanımında da son yıllarda önemli gelişmeler yaşanmaktadır. Son dönemlerde azda olsa sivil amaçlı emniyet ve asayiş sınır güvenliği, meteorolojik araştırmalar, haberleşme sistemlerine alt yapı sağlamak, orman yangınları ve kaçakçılık ile mücadelede, çevre kirliliğinin tespiti, ekim ve hasat gözlemleri, balıkçılık, 3 boyutlu haritalama, boru hatlarının güvenliği gibi faaliyetlerde İHA kullanımına başlanmıştır.

Günümüz İHA Sistemleri konusunda ilk çalışmalar İsrail tarafından başlatılmış olsa da, bugün birçok konuda olduğu gibi, ABD bu konuda da söz gelimi değişik tip ve özelliklere sahip İHA'ların tasarımını ve üretimini yapmaya başlamıştır. ABD'de İHA'ların haberleşme sistemleri ile ilgili alternatif çalışmalar yapılmakta, bu amaçla uydu sistemlerinden de yararlanılmaktadır. Ülkemizde ise bu konuda çok önemli çalışma yapılmakta olup, yapılan çalışmalarla ilgili sonraki bölümlerde tamamlanacaktır [4].

2.3 İHA Sınıflandırması

İHA'lar sadece askeri amaçlar için değil, sınır kontrolü, kaçakçılık, çevre ve yapılaşmanın kontrolü gibi pek çok sivil alanda da etkin olarak kullanılmaktadır. İHA'lar da halen mevcut olan veya yakın zamanda kazandırılması öngörülen askeri amaçlara dönük yetenekler şu şekilde sıralanabilir;

Keşif, Taktik Keşif ve Gözetleme
Bomba veya Füzeli Hava Atakları
Endirekt (Görmeyerek) Atışlar İçin İleri Gözetleyicilik
Özel Operasyonlar ve Psikolojik Harekât
Sınırların Kontrolü ve Korunması
Mayın Arama ve İmha
Sağlık ve Askeri Malzeme Bütünleme İkmali
Kaçakçılık ile Mücadele
Kimyasal, Biyolojik ve Radyolojik Tarama
Denizcilikte Gemi Tanıma ve Tecrit
Muharebe Arama ve Kurtarma
Hava Radyolink ve Role Görevi
Noktadan Noktaya Kargo Teslimi
Hava Durumu Veri Toplama

Tablo 1.Genel İHA Sınıflandırılması

İHA sistemlerinin görevleri ile ilgili başarılı bir tanımlama ve tasnif çalışmasına Savunma Sanayi Müsteşarlığı (SSM) tarafından hazırlanan 2011-2030 İHA Sistemleri Yol Haritası dokümanında belirtilmektedir [2].

Keşif / Gözetleme Desteği	Taktik Saha Keşif / Gözetleme Stratejik Keşif / Gözetleme
Taarruz	İç Güvenlik Yakın Hava Desteği Hava Savunma Sistemlerinin imhası Hava Sahası Savunma
Elektronik Harp	Sinyal İstihbaratı Radar Elektronik Harp Muhabere Elektronik Harp Önleyici Elektronik Harp
Hedef Benzetimi (Target Simulation)	Hedef Uçak (Target Drene) Sahte Uçak (Decoy)
Özel / Spesifik Görevler	Haberleşme Desteği Mayın / Patlayıcı Tespit Kimyasal, Biyolojik, Radyoaktif, Nükleer Tespit Kentsel Harp Çoklu İHA Görevi - Kol uçuşu Deniz Karakol / Denizaltı Savunma Harbi Kargo Taşıma Arama-Kurtarma/Lojistik

Tablo 2. Temel İHA Sınıflandırması

Askeri amaçlı İHA'larla ilgili farklı sınıflamalar mevcuttur. Bu sınıflama türlerine göre bir İHA modeli birden fazla sınıflama modeli içinde bulunabildiği gibi aynı sınıflama modelinde birden fazla kategoriye ait özellikleri de taşıyabilmektedir. Bu sınıflamalar kısaca aşağıda ki şekilde özetlenebilir [5].

Büüklük	İrtifa		Uçuş Süresi	Faydalı Yük Kapasitesi		
Faydalı Yük	Silahlı İHA'lar			Silahsız İHA'lar		
Uçuş Yönetimine	Sabit Kanatlı			Döner Kanatlı		
Komuta Biçimine	Otomatik Pilotlu			Uzaktan Komutalı		
Kullanım Amacına	Sahte / Hedef		Keşif / Gözetleme	Atak / Saldırı		Lojistik / Destek
Kalkış Ve İniş Yönetimine	Rampadan Kalkan / Fırlatılan	Pistten Kalkan	Uçaktan Bırakılan	Gövde Üzerine İniş Yapan	Paraşütle İniş Yapan	Elle Bırakılan
Yakıt Türü	İçten Yanmalı			Elektrik Motorlu		

Tablo 3. Askeri İHA Sınıf Atlası

İHA'lar büyüklüklerine ve diğer temel özelliklerine göre üç sınıfta altı farklı grupta (mikro - mini - küçük - taktik - operatif - stratejik) tasnif edilmektedir. Söz konusu tasnif metoduna göre temel ayırt edici özellikler ve her bir gruba giren başlıca modeller aşağıda tablo olarak verilmiştir [5].

Türkiye'de İHA sınıflamasında temel ölçüt 'irtifa' iken NATO ve AB ülkelerinde 'ağırlık' temel alınmaktadır. Askeri amaçlı İHA'larla ilgili farklı sınıflamalar mevcuttur. Bu sınıflama türlerine göre bir İHA modeli birden fazla sınıflama modeli içinde bulunabildiği gibi aynı sınıflama modelinde birden fazla kategoriye ait özellikleri de taşıyabilmektedir.

Sınıf	Kategori	Operasyon İrtifası (feet)	Menzil Yarıçapı (km)	Havada Kalma Süresi (saat)	Örnek Sistemler
Sınıf 1 (< 150 kg)	Mikro <2 kg	AGL* + 200	5	1	Black Widow, MicroStar, Microbat, FanCopter, QuattroCopter, M05quito, Homet, Mite, Arı
	Mini 2-20 kg	AGL + 3000	25	<2	ScanEagle, Skylark, DH3, Mikado, Aladin, Tracker, DragonEye, Raven, Pointer II,Carolo C40/P50, Skorpion, R-Max and R-50, RoboCopter, YH- 3005L, Bayraktar, Efe, Gözcü
	Küçük >20 kg	AGL + 5000	50	3 - 6	Hermes 90, Scorpi 6/30, Luna, SilverFox, EyeView, Firebird, R-Max Agri/ Photo, Homet,Raven, phantom, GoldenEye 100, Flyrt,Neptune
Sınıf 2 (150-600kg)	Taktik	AGL + 10000	200	6 - 10	Sperwer, İview 250, Watchkeeper, Hunter B, Mücke, Aerostar, Sniper, Falco, Armor X7, Smart UAV, UCAR, Eagle Eye, Alice, Extender, Shadow 200/400 , Taktik (ODTÜ), Çaldıran, Karayel
Sınıf 3 (> 600kg)	Operatif (MALE)	AGL + 45000	Sınırsız	24 - 48	Reaper, Hermes 900, Skyforce, Hermes 1500, Heron TP, MQ-1 Predator, Predator-IT, Eagler, Darkstar, E-Hunter, Dominator, Anka
	Stratejik (HALE)	AGL + 65000	Sınırsız	24 - 48	Global Hawk, Raptor, Condor, Theseus, Hellos, Predator B/C, Libellule, EuroHawk, Mercator, SensorCraft, Global Observer, Pathfinder Plus,
	Taarruz - Atak	AGL + 65000	Sınırsız	>48	Pegasus
*AGL: Zemin seviyesi (Above Ground Level)					

Tablo 4. İHA Tasnif Tablosu

Dünyada farklı ülkeler tarafından üretilen başlıca İHA modelleri yukarıdaki tabloda verilmiştir. Üretilen ve ülkelerin envanterinde yer alan İHA'ların çoğunluğu keşif ve gözetleme amaçlı kullanılan silahsız modellerdir. Örnek olarak; ABD silahlı kuvvetlerinin sahip olduğu 7 bin 448 İHA içindeki silahlı İHA sayısı sadece 241 adettir ve bu sayı toplam içinde %3 düzeyinde bir orana denk gelmektedir. Bu istatistikler ABD ordusunun sahip olduğu İHA'ların yaklaşık %97'sinin silahsız olduğunu ve sayıları 241 olan silahlı İHA'ların %90'ının hava kuvvetleri envanterin de bulunduğunu göstermektedir [6].

2.4 Türkiye'de Savunma Sanayii ve İHA Tarihçesi

Türkiye Cumhuriyeti Devleti 21.yüzyıl başlarında İHA'lara gereken hassasiyeti göstererek silahsız HA'larda başı çeken ülkeler kategorisine girmeyi başarmıştır. Silahlı İHA'ların üretimi konusunda da çalışmaların yapıldığı bilinmektedir.

2.4.1 Türkiye'de Savunma Sanayii Kısa Tarihçesi

Uzun süren savaşlar, kapitülasyonların etkisi, teknolojik gelişmelerden geri kalınması ve sermaye yetersizliği gibi nedenlerle Osmanlı İmparatorluğunun son döneminde sanayi gelişmemiştir. Bu olumsuzluk tabii olarak Cumhuriyet dönemine ve bu dönemdeki savunma sanayine de yansımıştır. Cumhuriyet dönemi savunma politikalarında temel iki dönem ve anlayış belirleyici olmuştur. İlk dönem öz kaynaklarla devlet destekli bir milli savunma sanayi yaratmayı, denge politikaları ve ekonomik ilişkiler çerçevesinde ülkeyi savaştan uzakta tutmayı amaçlayan 'özgün savunma politikaları dönemidir. Diğer dönem ise, İkinci Dünya Savaşı esnasında şekillenmeye başlayan Truman Doktrini ve Marshall Planı çerçevesinde olgunlaşan NATO ile resmileşen 'ABD güdümlü yarı bağımsız politikalar dönemidir [7]. Atatürk dönemi kalkınma planları çerçevesinde gerçekleşen sanayi hamlesi savunma sanayinde de önemli adımların atılmasını sağlamıştır. Bu dönemde, bütçenin büyük bölümü modern bir ordu oluşturmak için harcanmıştır. Avrupa'da oluşan denge durumu ve iki savaş arası dönemdeki barış ortamı, Atatürk ve arkadaşları tarafından iyi anlaşılmiş ve aktif bir dış politika siyaseti izlenilmiştir. Bu politika çerçevesinde Almanya ile işbirliği kurularak savunma sanayinin temelleri atılmıştır.

Bu dönem; ‘Havacılıkta bir ilk olarak 1925 yılında Vecihi Hürkuş hava kuvvetlerindeki görevindeyken kendi yaptığı ve VECİHİ K-VI olarak tanımladığı uçakla uçmuştur [8]. Alman Junkers firması ile Türkiye’de tayyare üretmek amacıyla ilk devlet teşebbüsleri olarak 1926 yılında Kayseri’de Tayyare Otomobil Türk Anonim Şirketi (TOMTAŞ), Eskişehir’de Tayyare Onarım Fabrikası kurulmuştur [9].

Havacılık sanayinde ilk özel girişim olan Nuri Demirağ Uçak Fabrikası ise 1936’da İstanbul’da kurulmuştur [9]. Aynı dönemde Askeri Fabrikalar Umum Müdürlüğü de kurulmuştur. Merkezi Ankara’da olan bu kurum, yurdun birçok köşesinde yer alan kuruluşlarla, Cumhuriyet yönetiminin sanayi yapılanmasının temel taşlarından biri olmuştur [11].

1964 Kıbrıs bunalımı sırasında, müttefik ülkelerden alınan savunma teçhizatının Türkiye’nin ulusal çıkarları doğrultusunda kullanılmasının gündeme gelmesi ve bu nedenle başta ABD olmak üzere bazı müttefik ülkelere ortaya çıkarılan engeller, savunma ihtiyaçlarının karşılanmasında diğer ülkelere mutlak bağımlı hale gelmesinin sakıncalarını ortaya koymuştur. Yaşanan bu problem, kendi kendine yeterli bir savunma sanayi altyapısının tesis edilmesine yönelik düşüncelerin ve politikaların temelini teşkil etmiştir [12]. Kıbrıs bunalımı göstermiştir ki, milli bir savunma sanayine sahip olmadan bağımsız dış politika izlemek mümkün değildir. 1964 baharında harekâtı engelleyen ve ağır ifadeler içeren ‘Johnson Mektubu’ Türk dış politika tarihine başarısızlık olarak geçmiştir. Bu dönemde milli savunma sanayinin önemi anlaşılmış, dış alım ya da hibe yoluyla tedarik edilen savunma sistemlerine bağımlılığın sonuçları siyasetçiler ve kamuoyu tarafından çok net görülmüştür. Bu deneyim sonrasında halktan para toplanmaya başlanmış ve 11 Mart 1972’de Türk Donanma Vakfı, 16 Temmuz 1970’de Türk Havacılığını Güçlendirme Vakfı, 27 Ağustos 1974’de ise Türk Kara Kuvvetlerini Güçlendirme Vakfı kurulmuştur. Bu dönemde toplanan yardımlarla kuvvet komutanlıklarına önemli miktarda yardım yapılmış ve bu yardımların da katkısıyla 1973 yılında TUSAŞ kurulmuştur. Müteakiben 1975 yılında ASELSAN, 1982 yılında HAVELSAN kurulmuştur [13]. 1990’lı yılların genel tedarik stratejisi, doğrudan dış alım yerine ortak projelerle teknoloji transferine yönelik politikalar çerçevesinde oluşturulmuştur. 3238 sayılı kanun çerçevesinde; savunma sanayinin geliştirilmesi için uygulanan yeni

model, lisans ile alınan teknolojinin yeni gelişmeleri takip etmek konusunda yarattığı zorluklar göz önünde tutularak, yabancı üreticilerin yatırıma iştirak ve yerli ortakları ile birlikte üretimin her aşamasında sorumlu oldukları “ortak yatırım şirketi” modeli ile üretim tercih edilmiştir. 3238 sayılı kanun sayesinde, savunma sanayi yerli ve yabancı özel sektör yatırımlarına açılmak suretiyle bu sektöre önemli bir yenilik getirilmiştir [14]. Bu dönem yabancı sermayeye açık, deneme öğrenme süreci yaşanmıştır. Savunma Sanayii Müsteşarlığı tarafından 1980’li yılların sonunda imzalanan sözleşmeleri müteakip 1995 yılından itibaren Deniz Platformları ve Alçak İrtifa Hava Savunma Sistemlerinin milli imkânlarla geliştirilmesine yönelik projeler ile Havadan Erken İhbar Kontrol Uçağı, Uzun Ufuk, Operatif İnsansız Hava Aracı gibi döneminin yüksek teknoloji sistemlerinin tedariki sürecine başlanmıştır [15].

2004 Mayıs ayında alınan Savunma Sanayi İcra Komitesi kararları ile tedarik stratejileri değişmiş, yıllardır doğrudan alım ya da ortak projeler ile bir sonuç alınamayan ATAK Helikopteri, ANKA insansız hava aracı ve Milli Tank Projesi ve benzer projeler için yurtiçi çözümler üretmeye imkân verecek kararlar alınmıştır. 2004 kararları savunma sanayi için bir dönüm noktası niteliğindedir. Bu kararlar sonucunda; 2004 yılında 1,3 Milyar dolar olan savunma sanayii cirosu 2010 yılında 2,7 Milyar dolara, 196 Milyon dolar olan ihracat 853 Milyon dolara, %25 olan TSK ihtiyaçlarının yurtiçinden karşılanma oranı ise %52’ye yükselmiştir [10]. 2004 sonrası Savunma Sanayi Müsteşarlığının yürüttüğü proje sayısında önemli bir artış olmuştur. 2004 yılında 62 olan proje sayısı 2011 yılında 288’e yükselmiştir. Projelerin toplam değeri ise 2004 yılında yaklaşık 8 milyar dolar iken 2011 yılında bu rakam 27 milyar dolara yükselmiştir. Savunma sanayi 1 milyar dolara yaklaşan ihracatı ile önemli bir sektör haline gelmiştir [16]. İnsansız hava aracı ANKA, Milli Tank Projesi ALTAY, Milli Gemi Projesi MİLGEM, Taarruz Helikopteri ATAK, A-400M Nakliye Uçağı, Savunma Sanayi Müsteşarlığı’nın yürütmüş olduğu önemli projeler arasındadır. Bu projelerle üretilecek silah sistemlerinin önümüzdeki yıllarda envantere katılmasıyla Türk Silahlı Kuvvetlerinin gücü ve caydırıcılığı yükselecektir. Türk Silahlı Kuvvetleri ihtiyaçlarının yurt içinde karşılanma oranını artırmak amacıyla, SSM tarafından yürütülmekte olan tedarik projelerinde temel strateji “özgün geliştirme modeli” olmak üzere aşağıda ayrıntıları verilen üç ana yaklaşım ve öncelikte ele alınmaktadır [17].

- I. **Özgün Geliştirme Modeli:** Savunma sanayinin kabiliyet alanlarında öncelikle özgün geliştirme modellerinin uygulanması ve savunma sanayi ürün portföyünün zenginleştirilmesi,
- II. **Ortak Geliştirme ve Konsorsiyum Modeli:** Ulusal Pazar için geliştirmenin maliyet etkin olmadığı durumlarda ortak geliştirme veya konsorsiyumlara ortak olma ve tasarım ve risk ortağı olma potansiyelinin geliştirilmesi.
- III. **Hazır Alım ve Ortak İmalat Modeli:** Yukarıda bahsedilen önceliklerin sağlanamaması durumunda hazır alım yoluna gitme ve bu tür projelerde ortak imalat ve offset yoluyla ulusal sanayiye iş imkânları yaratılması.

Bu genel yaklaşım temelinde Savunma Sanayi Müsteşarlığınca yürütülen İHA projelerine bakıldığında, yukarıda verilen öncelik ve tedarik politikalarının ancak 2004 yılı ve sonrasında sağlıklı uygulanabildiği görülmektedir. “Türkiye’de İHA sistemlerine duyulan ihtiyaç 2000’li yıllardan önce ağırlıklı yurt dışı tedarik yöntemi ile karşılanmakta iken söz konusu stratejik amaç doğrultusunda İHA Sistemleri tedarikinde yurt içi çözümlere yönelmiştir. Özellikle İHA Sistemlerinde yurt dışına bağımlılığın getirdiği çeşitli sıkıntılar (ülkeler arası/küresel krizler, çeşitli kısıtlamalara tabi alt sistemlerin teminlerinde yaşanan sorunlar, bakım/işletmede bağımlılık, kritik alt sistem/yazılımlara hâkimiyet, vb.) sebebiyle Türk Silahlı Kuvvetleri’nin ihtiyaç duyduğu İHA sistemleri’ nin en kısa sürede ve en düşük maliyetle tedarik edilebilmesi amacıyla yurt içi özgün sistem geliştirme çalışmalarına hız verilmiştir” [17]. SSM tarafından Yayınlanan 2007-2011, 2012- 2016 stratejik planları özel sektörün güvenini arttırmış ve üretime dönük tesislerin kurulmasını sağlamıştır. Özellikle 2004 kararları ile millileştirilen önemli projeler, sektörün lokomotifleri olmuştur.

Çalışma özelinde değerlendirilecek olursa; gelişen savunma sanayimiz içinde, diğer ana projelerle birlikte, Türkiye’nin İnsansız Hava Araçları teknolojisine sahip olması ve bu araçları milli kaynaklarla üretebiliyor olması, bölgesel güç olma hedefini güden Türkiye için vazgeçilmez öneme sahip bir yetenek durumundadır. Geç kalınmış olmasına rağmen, keşif, gözetleme ve saldırı amaçlı kullanılacak silahlı ve silahsız İHA ve SİHA sistemlerine sahip olmak, ordu ve muharebe yeteneği için vazgeçilmez bir ihtiyaçtır [17].

2.4.2 Türkiye İHA Envanter Durumu

Türkiye’de üretilen veya tedarik edilen İHA’larla ilgili genel envanter durumu aşağıda tablo olarak verilmiştir [24]. Belli modeller yapılacak çalışmalarla fotovoltaiik sistemler için uygun hale getirilebilir. Fotovoltaiik enerji kazanımı havada kalma sürelerinin yanı sıra olası kazalarda yer belirlemek için de kullanılabilir.

Model		Sınıf	Envanter Sayısı	Açıklamalar
Yabancı	GNAT 750	Operatif	18	1990’lı yıllarda satın alınan GNAT ve I-GNAT modellerinin modernizasyonları düşünülmemiş ve bu İHA’lar büyük oranda devre dışı kalmıştır.
	I-GNAT	Operatif	6	
	Heron	Operatif	10	Heron İHA’ların teslimi üç yılı geçen gecikmeyle ancak 2010 yılı içinde tamamlanabilmiştir. Bu araçların hepsinin faal olduğu bilinmektedir
	MQ-9 Reaper	Stratejik	4	2009 yılında ABD’den talep edilmiş ancak 2012 yılı itibarıyla temin edilememiştir.
	MQ-1 Predator	Stratejik	2	
	Aerostar	Taktik	3	2008 yılında Heron’ların teslimatının gecikmesi üzerine İsraili bir firmadan alınmış, bir tanesi kaza kırım sonrası kaybedilmiştir.
	Banshee			1989 yılında envantere girmiştir. Sayısı, özellikleri ve faal olma durumu bilinmemektedir.
	Harpy-1	Hedef Uçak Sistemi	108	1989 yılında envantere girmiştir. Sayısı, özellikleri ve faal olma durumu bilinmemektedir.
Yerli (Envanterde Olan)	Bayraktar	Mini	164	2007 yılında envantere girmeye başlamıştır. Faal olarak kullanılmaktadır.
	Malazgirt	MiniRotorlu	4	2008 yılında envantere girmiştir. Sayısı bilinmemektedir
	Turna	Hedef Uçak Sistemi		1995 yılında TAI Ar-ge projesi olarak başlamıştır. Aktif envanter sayısı bilinmemektedir.
	Turna / G	Hedef Uçak Sistemi		2004 yılında TAI Ar-ge projesi olarak başlamıştır. Aktif envanter sayısı bilinmemektedir
	Keklik	Hedef Uçak Sistemi		1995 yılında TAI Ar-ge projesi olarak başlamıştır. Aktif envanter sayısı bilinmemektedir
Yerli (Envanterde)	Gözcü	Mini		2006 yılında KaleKalıp/Baykar tarafından geliştirilmiştir. Aktif envanter sayısı bilinmemektedir
	Efe	Mini		Vestel Savunma tarafından 2005 yılında başlayan proje ile geliştirilmiştir. Prototip üretimi yapılmıştır.
	TAI ANKA	Operatif		2004 yılında proje başladı. Henüz TSK envanterine girmemiştir.
	Karayel	Taktik		Vestel Savunma tarafından 2010 yılında başlayan proje ile geliştirilmiştir. Bir adet Karayel Taktik İHA Sistemi siparişi verilmiştir
	Çaldıran	Taktik		KaleKalıp / Baykar tarafından geliştirilmiştir. 2011 yılında 2 adet

			Çaldıran Taktik İHA Sistemi siparişi verilmiştir.
Şimşek	Hedef Uçak		2009 yılında proje başlamıştır
Pelikan			2003 yılında proje başladı. Ar-Ge projesi ürünü.
Baykuş			2003 yılında proje başladı. Ar-Ge projesi ürünü.
CL-89			1994 yılında proje başladı. Envanterden çıkarıldı
UAV-X1	Mikro		1990 yılında proje başladı. Ar-Ge projesi ürünü.
Arı			2005 yılında proje başladı. Prototip üretimi yapıldı.
Taktik (ODTÜ)	Taktik		2005 yılında proje başladı. Prototip üretimi yapıldı.
Martı			2004 yılında proje başladı. Ar-Ge projesi ürünü.
Globiha			2006 yılında proje başladı. Sivil kullanım
Rİha-1	Rotorlu		2007 yılında proje başladı. Geliştirme aşamasında
Riha-2	Rotorlu		2009 yılında proje başladı. Geliştirme aşamasında.
GİHA			Deniz Kuvvetleri için gemiye konuşlu ve dikey iniş-kalkış yapabilecek İHA modeli için 2013 yılında sözleşme imzalanması planlanmaktadır.

Tablo 5. Türkiye’de İHA ve Üretimi

3. FOTOVOLTAİK (SOLAR) SİSTEMLER

Tüm enerji kaynaklarının, fosil yakıtlar dâhil, temelinde güneş vardır. Nükleer enerji ve fosil yakıtların pahalılığı, güvenlik problemleri, çevreye verdiği zarar ve diğer sebeplerden dolayı yenilenebilir enerji kaynaklarından başta güneşten enerji elde etmek gelecek yıllarda kaçınılmaz olacaktır. Bunun yanında bir yılda Güneş tarafından Dünya'ya taşınan Güneş enerjisi Dünya'daki tüm fosil yakıtlarının toplam rezervinden onlarca kat fazladır. Güneş enerjisinin kaynağının da masrafsız ve sürekli olduğu düşünülürse bu kaynaktan daha fazla faydalanılması gerektiği açıkça ortaya çıkmaktadır.

3.2 Güneş Enerjisi

Yaşamın kaynağı olan Güneş, doğal sistem enerjisinin büyük bir bölümünü sağlar. Çapı yaklaşık 1,4 milyon kilometre olup, iç çevresinde çok yoğun gazlar bulunur. Yeryüzünden yaklaşık 151.106 milyon km uzaklıktadır.

Doğal ve sürekli bir füzyon reaktörü olan güneşin enerji kaynağı 4 Hidrojen atomunun 1 Helyum atomuna dönüşmesinde gizlidir. 4 hidrojen atomu 4,032 birim ağırlıkta, hâlbuki 1 Helyum atomu 4,003 birim ağırlıktadır. Bu olay sonucu 0,029 birim ağırlık Einstein'ın madde-enerji bağıntısı sonucu enerjiye dönüşmektedir. Yani güneşte her saniyede 564 milyon ton hidrojen, 560 milyon ton helyuma dönüşmekte ve kaybolan 4 milyon ton kütle karşılığı $3,86 \times 10^{26}$ J enerji açığa çıkmakta ve bu enerji ışınım şeklinde uzaya yayılmaktadır. Toplam enerji rezervi $1,785 \times 10^{47}$ J olan bu yıldız daha milyonlarca yıl ışınmasını sürdüreceğinden Dünya için sonsuz bir enerji kaynağıdır. Dünyanın çapına eşit bir dairesel alan üzerine çarpan güneş gücü, 178 trilyon kW düzeyindedir. Güneş enerjisi uzaya ve gezegenlere elektromanyetik ışınım (radyasyon) biçiminde yayılır Dünya'ya güneşten gelen enerji, Dünya'da bir yılda kullanılan enerjinin 20 bin katıdır [18, 19, 20].

3.3 Güneş Pili

Güneş pilleri (fotovoltaik piller), yüzeylerine gelen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren yarı iletken maddelerdir. Yüzeyleri kare, dikdörtgen, daire şeklinde biçimlendirilen güneş pillerinin alanları genellikle 100 cm^2 civarında,

kalınlıkları ise 0,2-0,4 mm arasındadır. Güneş pilleri fotovoltaik ilkeye dayalı olarak çalışırlar, yani üzerlerine ışık düştüğü zaman uçlarında elektrik gerilimi oluşur.

Pilin verdiği elektrik enerjisinin kaynağı, yüzeyine gelen güneş enerjisidir. Güneş enerjisi, güneş pilinin yapısına bağlı olarak % 5 ile % 20 arasında bir verimle elektrik enerjisine çevrilebilir. Güç çıkışını artırmak amacıyla çok sayıda güneş pili birbirine paralel ya da seri bağlanarak bir yüzey üzerine monte edilir, bu yapıya güneş pili modülü ya da fotovoltaik modül adı verilir. Güç talebine bağlı olarak modüller birbirlerine seri ya da paralel bağlanarak bir kaç Watt'tan Megavatlara kadar sistem oluşturulabilir.

3.4 Güneş Pillerinin Yapısı

Güneş pili en basit anlamda eskiden beri kullandığımız hesap makinaları içerisinde bulunan ve güneşten aldığı enerjiyi elektrik enerjisine çeviren pillerdir. Düşük ve yüksek voltajlı birçok uygulama için farklı güneş pilleri elektrik ihtiyacı bulunan her alanda kullanılabilme özelliğine sahiptir. Güneş ışığındaki fotonlar, elektronları yarı iletken metalik bir yonga plakasının bir katmanından bir diğer katmanına hareket ettiren enerjiyi sağlar. Elektronların bu hareketi bir akım yaratır.

Güneş pilleri pek çok farklı maddeden yararlanarak üretilebilir. Günümüzde en çok kullanılan maddeler şunlardır, ancak temelde “Silikon” ve “Gallium Arsenid” kullanılır, Uydular Gallium Arsenid’i kullanırlarken Silikonlar ise genellikle yerküredeki uygulamalarda kullanılmaktadır.

Kristal Silisyum: Önce büyütülüp daha sonra 200 mikron kalınlıkta ince tabakalar halinde dilimlenen Tek kristal Silisyum bloklardan üretilen güneş pillerinde laboratuvar şartlarında %24, ticari modüller de ise %15'in üzerinde verim elde edilmektedir. Dökme silisyum bloklardan dilimlenerek elde edilen Çok kristal Silisyum güneş pilleri ise daha ucuza üretilmekte, ancak verim de daha düşük olmaktadır. Verim, laboratuvar şartlarında %18, ticari modüller de ise %14 civarındadır.

Galyum Arsenit (GaAs): Bu malzemeyle laboratuvar şartlarında %25 ve %28 (optik yoğunlaştırıcı) verim elde edilmektedir. Diğer yarıiletkenlerle birlikte oluşturulan çok eklemli GaAs pillerde %30 verim elde edilmiştir. GaAs güneş pilleri uzay uygulamalarında ve optik yoğunlaştırıcı sistemlerde kullanılmaktadır.

Amorf Silisyum: Kristal yapı özelliği göstermeyen bu Si pillerden elde edilen verim %10 dolayında, ticari modüller de ise %5-7 mertebesindedir. Günümüzde daha çok küçük elektronik cihazların güç kaynağı olarak kullanılan amorf silisyum güneş pilinin bir başka önemli uygulama sahasının, binalara entegre yarısaydam cam yüzeyler olarak, bina dış koruyucusu ve enerji üretici olarak kullanılabileceği tahmin edilmektedir.

Kadmiyum Tellürid (CdTe): Çok kristal yapıda bir malzeme olan CdTe ile güneş pili maliyetinin çok aşağılara çekileceği tahmin edilmektedir. Laboratuvar tipi küçük hücrelerde %16, ticari tip modüller de ise %7 civarında verim elde edilmektedir.

Bakır İndiyum Diselenid (CuInSe₂): Bu çok kristal pilde laboratuvar şartlarında %17,7 ve enerji üretimi amaçlı geliştirilmiş olan prototip bir modülde ise %10,2 verim elde edilmiştir.

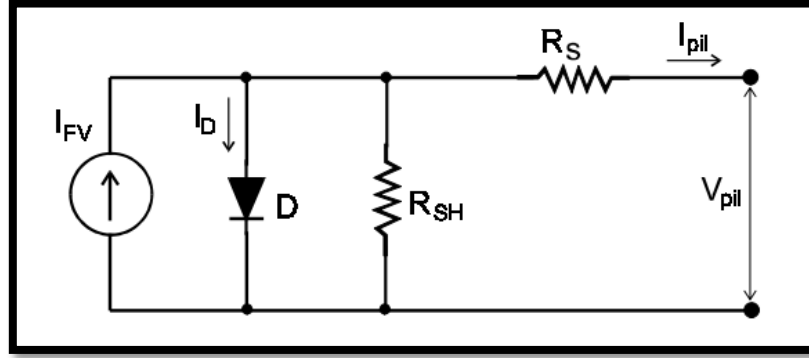
Optik Yoğunlaştırıcı Hücreler: Gelen ışığı 10-500 kat oranlarda yoğunlaştıran mercekli veya yansıtıcı araçlarla modül verimi %17'nin, pil verimi ise %30'un üzerine çıkılabilmektedir. Yoğunlaştırıcılar basit ve ucuz plastik malzemeden yapılmaktadır.



Şekil 1. Fotovoltaik Modül ve Panel Uygulamaları

3.5 FV Güneş Piline Eşdeğer Devre Modelleri

Şekil 2 de verilen devre modeli, FV güneş pilinin genel statik eşdeğer devresidir. Bu modeldeki parametreler ışık şiddeti ve sıcaklığa bağlıdır. Dolayısıyla hesaplanacak her çıkış değeri için ışık ve sıcaklık seviyelerinin bilinmesi gerekir. Bu şekilde verilen devre modeli, matematiksel olarak Denklem (1) ile temsil edilebilir.



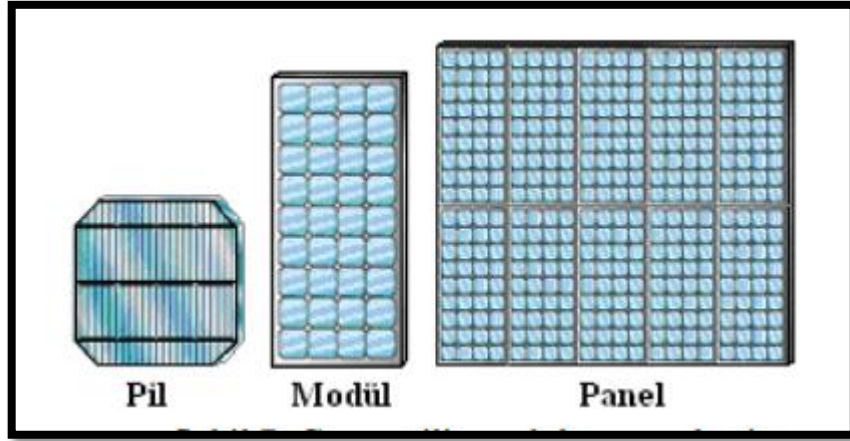
Şekil 2. FV Güneş Piline Genel Statik Eşdeğer Devresi

$$I_{PIL} = I_{FV} - I_0 \left[\exp \left(\frac{e}{kT_{pil}} (V_{pil} + R_s * I_{pil}) \right) - 1 \right] - \frac{V_{pil} + R_s * I_{pil}}{R_{SH}} \quad (1)$$

Burada;

- I_{PIL} : FV pilin çıkış akımı (A)
- I_{FV} : Işık seviyesi ve p-n birleşim noktası sıcaklığının fonksiyonu.
- I_0 : D diyotunun ters doyma akımı (A)
- V_{PIL} : FV pilin çıkış gerilimi (V)
- R_s : Eşdeğer devrenin seri direnci (Ohm)
- R_{SH} : Eşdeğer devrenin paralel direnci (Ohm)
- e : Elektron yükü ($1.6021917 \times 10^{-19}$ C)
- k : Boltzmann sabiti (1.380622×10^{-23} J/o K)
- T_{pil} : Referans çalışma sıcaklığı (oK).

Boltzman sabiti k ve referans çalışma sıcaklığı T_{pil} aynı sıcaklık birimine sahip olmalıdırlar. Yani her ikisi de ya Derece ya da Kelvin olarak hesaba katılmalıdır. Boltzman sabiti k genelde Kelvin olarak verildiği için, T_{pil} sıcaklığını Kelvin'e dönüştürerek kullanmak daha uygun olacaktır [21].



Şekil 3. Güneş Pili, Modül ve Panel Ait Görünüm

3.6 Güneş Pillerinin Çalışma İlkesi

Günümüz elektronik ürünlerinde kullanılan transistörler, doğrultucu diyotlar gibi güneş pilleri de, yarı-iletken maddelerden yapılırlar. Yarı-iletken özellik gösteren birçok madde arasında güneş pili yapmak için en elverişli olanlar, silisyum, galyum arsenit, kadmiyum tellür gibi maddelerdir.

Yarı-iletken maddelerin güneş pili olarak kullanılabilmesi için n ya da p tipi katkılanmaları gereklidir. Katkılama, saf yarı iletken eriyik içerisine istenilen katkı maddelerinin kontrollü olarak eklenmesiyle yapılır. Elde edilen yarı-iletkenin n ya da p tipi olması katkı maddesine bağlıdır. En yaygın güneş pili maddesi olarak kullanılan silisyumdan n tipi silisyum elde etmek için silisyum eriyiğine periyodik cetvelin 5. grubundan bir element, örneğin fosfor eklenir. Silisyum'un dış yörüngesinde 4, fosforun dış yörüngesinde 5 elektron olduğu için, fosforun fazla olan tek elektronu kristal yapıya bir elektron verir. Bu nedenle V. grup elementlerine "verici" ya da "n tipi" katkı maddesi denir. p tipi silisyum elde etmek için ise, eriyiğe 3. gruptan bir element (alüminyum, indiyum, bor gibi) eklenir. Bu elementlerin son yörüngesinde 3 elektron olduğu için kristalde bir elektron eksikliği oluşur, bu elektron yokluğuna hol

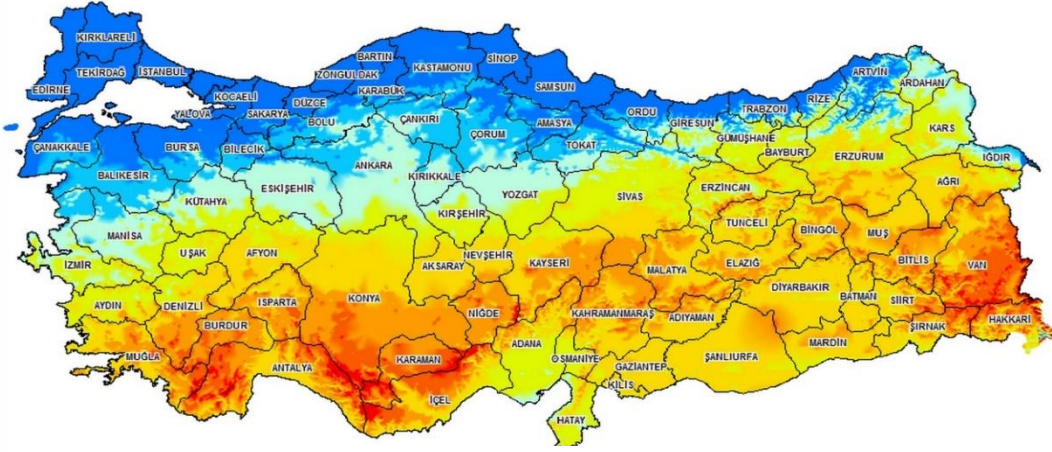
ya da boşluk denir ve pozitif yük taşıdığı varsayılır. Bu tür maddelere de "p tipi" ya da "alıcı" katkı maddeleri denir.

p-tipi ya da n-tipi ana malzemenin içerisine gerekli katkı maddelerinin katılması ile yarı iletken eklemler oluşturulur. n tipi yarı iletkende elektronlar, p tipi yarı iletkende holler çoğunluk taşıyıcısıdır. p ve n tipi yarı iletkenler bir araya gelmeden önce, her iki madde de elektriksel bakımdan nötr 'dür. Yani p tipinde negatif enerji seviyeleri ile hol sayıları eşit, n tipinde pozitif enerji seviyeleri ile elektron sayıları eşittir. pn eklem oluştuğunda, n tipindeki çoğunluk taşıyıcısı olan elektronlar, p tipine doğru akım oluştururlar. Bu olay her iki tarafta da yük dengesi oluşana kadar devam eder. pn tipi maddenin ara yüzeyinde, yani eklem bölgesinde, p bölgesi tarafında negatif, n bölgesi tarafında pozitif yük birikir. Bu eklem bölgesine "geçiş bölgesi" ya da "yükten arındırılmış bölge" denir. Bu bölgede oluşan elektrik alan "yapısal elektrik alan" olarak adlandırılır. Yarı iletken eklemine güneş pili olarak çalışması için eklem bölgesinde fotovoltaik dönüşümün sağlanması gerekir. Bu dönüşüm iki aşamada olur, ilk olarak, eklem bölgesine ışık düşürülerek elektron-hol çiftleri oluşturulur, ikinci olarak ise, bunlar bölgedeki elektrik alan yardımıyla birbirlerinden ayrılır.

Yarı iletkenler, bir yasak enerji aralığı tarafından ayrılan iki enerji bandından oluşur. Bu bantlar valans bandı ve iletkenlik bandı adını alırlar. Bu yasak enerji aralığına eşit veya daha büyük enerjili bir foton, yarı iletken tarafından soğurulduğu zaman, enerjisini valans banttaki bir elektrona vererek, elektronun iletkenlik bandına çıkmasını sağlar. Böylece, elektron-hol çifti oluşur. Bu olay, pn eklem güneş pilinin ara yüzeyinde meydana gelmiş ise elektron-hol çiftleri buradaki elektrik alan tarafından birbirlerinden ayrılır. Bu şekilde güneş pili, elektronları n bölgesine, holleri de p bölgesine iten bir pompa gibi çalışır. Birbirlerinden ayrılan elektron-hol çiftleri, güneş pilinin uçlarında yararlı bir güç çıkışı oluştururlar. Bu süreç yeniden bir fotonun pil yüzeyine çarpmasıyla aynı şekilde devam eder, bu da beraberinde akımı oluşturur [22].

3.7 Türkiye Güneş Enerjisi Verimliliği Atlası

Ülkemiz, coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre şanslı durumdadır. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünde (DMİ) mevcut bulunan 1966-1982 yıllarında ölçülen güneşlenme süresi ve ışınım şiddeti verilerinden yararlanarak Yenilenebilir enerji Genel Müdürlüğü (EİE-YEGM) tarafından yapılan çalışmaya göre Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ışınım şiddeti 1311 kWh/m²-yıl (günlük toplam 3,6 kWh/m²) olduğu tespit edilmiştir [23]. Güneye doğru inildikçe güneşlenme sürelerinin arttığını görmek mümkündür, buna göre Doğu Anadolu bölgesi ve Akdeniz bölgesi güneşlenme süreleri en yüksek



Şekil 4. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA)

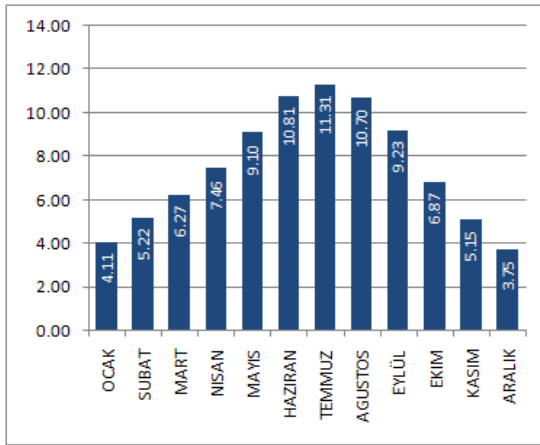
olan bölgelerdir. Karadeniz bölgesi ve Marmara Bölgesi ise güneşlenme süreleri en düşük bölgeler arasındadır.



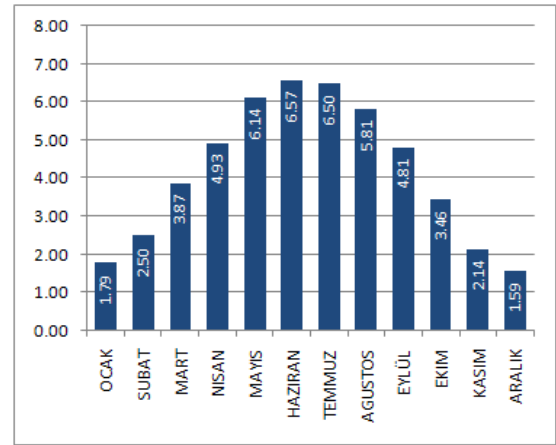
Şekil 5. Güneş Pili Çalışma Prensibi

Bölge	Toplam Güneş Enerjisi (kWh/m ² -Yıl)	Güneşlenme Süresi (Saat-Yıl)
Güney Doğu Anadolu	1460	2993
Akdeniz	1390	2956
Doğu Anadolu	1365	2664
İç Anadolu	1314	2628
Karadeniz	1120	1971
Marmara	1168	2409
Ege	1304	2738

Tablo 6. Türkiye Güneşlenme Verimliliği Tablosu (kWh/m²-Yıl) - (Saat-Yıl)



Şekil 6. Türkiye Aylık Güneşlenme Süreleri (Saat)



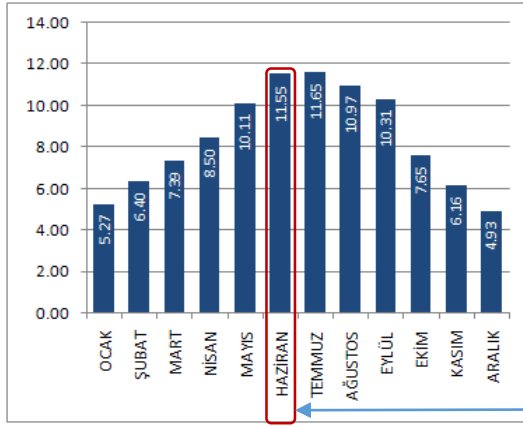
Şekil 7. Türkiye Global Radyasyon Değerleri (kWh-m²/Gün)

3.7.1 Güneş Enerjisi Hesaplama Yöntemi

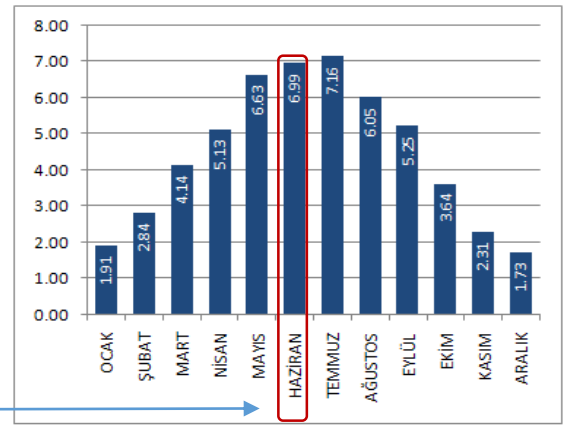
Belirli bir bölgede 1 m² alana t saate düşen enerji miktarı formülü

$$W_c = \frac{\text{Global Güneş Radyasyonu}}{t} \times \text{Güneşlenme Süresi}$$

olarak bilinir.



Şekil 8. Güneşlenme Süreleri (Saat)



Şekil 9. Doğu Anadolu Global Radyasyon Değerleri (KWh/m²-gün)

Örnek olarak Doğu Anadolu Bölgesi'nde haziran ayında 1 m² alana 1 saat içinde düşen güneş enerjisi miktarını Doğu Anadolu Bölgesi global radyasyon değerleri ve güneşlenme süresi yardımıyla bulabiliriz.

$$W_c = \left(\frac{GR}{t} \times Gt \right) \quad \frac{6,99}{24} \times 11,55$$

Gt = Güneşlenme süresi.

GR= Global Güneş Radyasyonu

Global radyasyon değerinin, bir günlük yani 24 saatlik zaman zarfına bölünmesinin nedeni global radyasyonun 1 saatlik süre zarfında ne kadarlık bir enerji açığa çıkaracak olmasıdır ve diğer bir yandan Doğu Anadolu Bölgesi'nde haziran ayındaki gneşlenmesi süresi çarpımıyla haziran ayında doğu Anadolu bölgesine 1 saatlik süre boyunca düşecek olan enerji miktarı bulunabilir, İlerleyen bölümlerde simülasyon yardımıyla daha net sonuçlara ulaşmamız mümkün olacaktır.

4. TAN100 İHA MODELİ

TAN100 İHA Modeli Ankara Bilkent Cyberpark Teknoloji Bölgesinde faaliyet gösteren TK3-Teknik firması tarafından TÜBİTAK TEYDEB'den aldığı destek ile üretilen güneş enerjisine dayalı, alçak irtifalı, kısa menzilli ve otomatik uçuş ve kontrol kabiliyetine sahip ilk insansız hava aracıdır. Üniversite sanayi işbirliğiyle geliştirilen TAN100 İHA modelinin teknik açıdan da birçok üstünlüğe sahiptir.

4.1 TAN100 İHA Modeli Teknik Özellikleri

TAN100 İHA Modeli güneş enerjisine dayalı kısa menzil dâhilinde otomatik uçuş kontrol yeteneğine sahip, ileri kompozit malzemeden yapılmıştır ve teknik özellikleri şöyledir.

Azami Kalkış Ağırlığı	18 kg
Boş Ağırlık	15 kg
Faydalı Yük	1,5 kg
Kanat Açıklığı	5 metre
Kanat En Açıklığı	40 cm
Uzunluk	3 metre
Gövde Genişliği	0,35
Uçuş Hızı	72 km/S
Azami Uçuş İrtifası	1000 metre
Motor	1,8 kW Elektrik Motoru

Tablo 7. TAN100 İHA Modeli Teknik Özellikleri



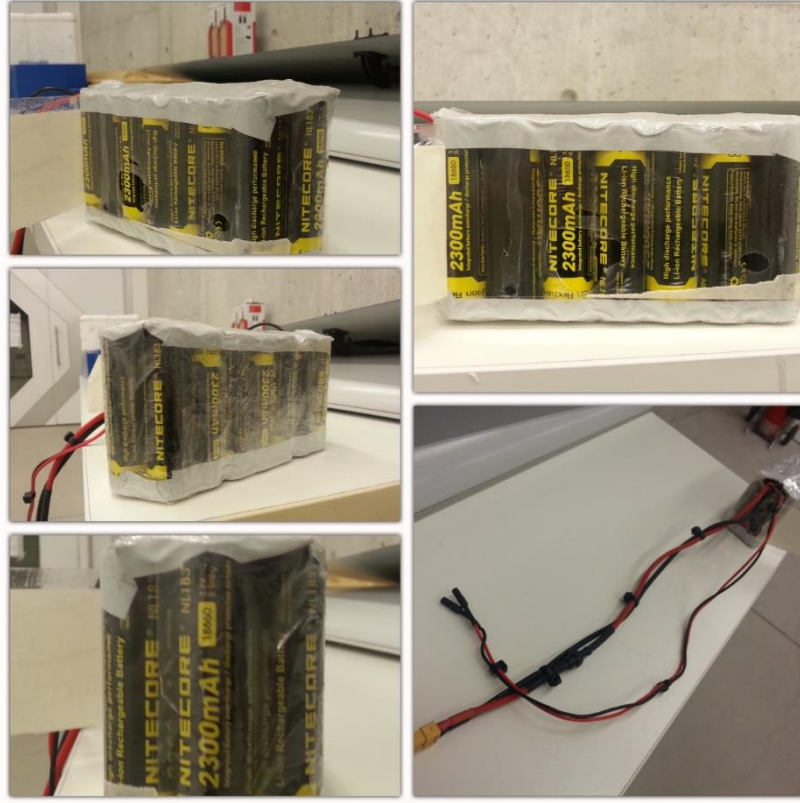
Şekil 10. Tan100 İHA Modeli Yan Kesit



Şekil 11. Tan100 İHA Modeli Arka Kesit

TAN100 İHA modeli 25 ila 40 km gidebilen ve geri dönebilen kısa menzilde otomatik uçuş kontrol sistemine sahiptir, Google Eart kullanarak kendisi için çizilen rotayı takip ederek kendisine yüklenen görevleri başarı ile sonuçlandırmaktadır.

TAN100 İHA modeli 1,8 kW' lik elektrik motoru ile çalışmaktadır. TAN 100 İHA modeli 1,8 kW' lik Elektrik motoru için yaklaşık olarak 6 adet batarya paketi kullanmaktadır, Piller standart Li-ion yeniden şarj edilebilir pillerden olup her bir batarya paketi 21 adet 2300 maH'lik pil kullanarak uçuş için gerekli olan enerjiyi sağlamaktadır [24].

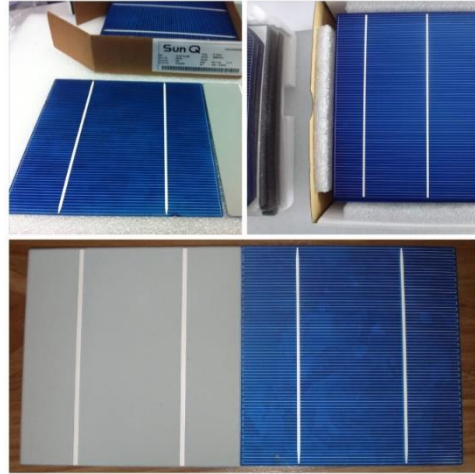


Şekil 12. Tan100 İHA Modeli Bataryaları

TAN100 İHA modelinde motor tam kapasite sadece kalkış sırasında çalıştığından TAN100 İHA modeli seyir için mevcut gücün çok daha azı ile seyrine devam edebilmektedir. Yapılan testlerde 1,8 Elektrik Motoru ile yani 1800 W'lık bir enerji ile normal şartlar altında 60 ila 90 dakika uçuş süresine sahiptir, Ancak yine normal şartlar altında motorun seyir sırasında tam kapasite çalışmadığı, çalışmasına gerek duyulmadığı bilinmektedir zira seyir uçuşu için gerekli olan enerji miktarı 1,8 kW 'lık bir motorda 350 W olarak hesaplamıştır [24].

Seyir için gerekli olan 350 W'lık enerjinin yaklaşık olarak 50 ila 100 watt'lık kısmı bulunulan bölgeye göre hava şartları vs. durumuna göre güneş panelleri ile üretebilmektedir. TAN100 İHA modelinde Güneş Panelleri 156*156 mm büyüklüğünde %17 hassasiyeti bulunan standart panellerden oluşmaktadır. Ancak laboratuvar testlerinde %17 hassasiyet maalesef yakalanamamıştır, zira güneş pilleri standart test koşullarına göre bu hassasiyeti vermektedir, uçuş sırasında bu hassasiyet

hava, ortam vs. gibi nedenlerle ayrıca ařađıya dűřmektedir. Paneller ilgili bűlűmlerde belirtilen malzemelerden űretilmiř olup esnek deđillerdir, gűneř pillerinde esneklik kay sayısı arttıka verimlilikleri bu gűn gelinen teknolojiye maalesef dűřmektedir, bu sebeple esnek panellerden kaçınmak daha akıllıca olacaktır. Tan 100 İHA modelinde esnek paneller kullanılmamasından dolayı 5 metre uzunluđu 40 cm geniřliđi bulunan kanat yapısının 2 m² olan toplam alanının sadece 1,06 m²'si kullanılmıřtır. İlerleyen teknoloji sayesinde ileriki zamanlarda esnek gűneř pillerinin esnek olmayanlar karřısındaki verimlilik performansının artmasıyla uçađın birçok bűlgesinde gűneř panelleri kullanmak hatta uçađ gűvdesinin tamamına yakınının gűneř kaplanması ile daha fazla enerji űretmeye imkân tanıyacaktır. Gűneř panellerinin hassasiyetleri deđiřkenlik gűstermektedir, Tan 100 İHA modelinde %17 hassasiyete sahip gűneř panelleri kullanılmasına rađmen laboratuvar testleri ve gercek ortamlardaki testlerde bu hassasiyetin % 12-14 seviyelerinde olduđu gűzlemlenmiřtir.



řekil 13. Gűneř Pili

5. DENEY ANALİZ VE SONUÇLARI

TAN100 İHA Modeli güneş enerjisine dayalı kısa menzil dâhilinde otomatik uçuş kontrol yeteneğine sahip, ileri kompozit malzemedan yapılmış Türkiye'deki ilk insansız hava aracıdır. Tan 100 İHA modeli Güneş pilleri aracılığıyla güneşten elde ettiği enerjiyi, uçak havadayken uçuş açısından dolayı panellerin ürettiği elektrik miktarındaki dalgalanmayı sabit voltaja çevirmeye yarayan MPPT Şarj regülatörü sistemini de kullanmaktadır. Bu, sistemin dalgalanmayı önleyici bir gaz ayarı gibi düşünülebilir.

Güneş panellerinin verimliliklerinin mevcut sisteme entegrasyonu sırasında sürprizlerle karşılaşılabilir bu sebeple bulunulan bölgenin güneş radyasyonu hesabı yapıp ayrıca gerçek zamanlı testler yapmakta gerekebilir, zira her güneş paneli Standart Test Koşullarına (STC) göre test edilir. Buradaki test ortamı m^2 'ye 1000 watt'lık bir güneş radyasyonunun düşmesi anlamına gelir ve bu güç belli bölge ve koşullarda doğal hayatta görülebilirken belli bölgeler içinde ulaşılması pek mümkün olmayan seviyelerdir. Testlerin daha makul gerçeklik payı arttırılmış ortam ve programlarda yapılması daha net sonuçlara ulaşmamızı sağlayacaktır. Bu bağlamda Microsoft Visual Studio 2013 'te hazırlanan UAV Solar Sistem Simülatöründen yararlanılmaktadır.

UAV Solar Sistem Simülatörü TAN100 İHA modeli için geliştirilmiş olup aynı tür ve klasmandaki başka İHA modelleri içinde kullanılabilir.

UAV Solar Sitem Simülatörü iki ana bölüm ve alt bölümlerde oluşmaktadır; "Simülatör" ve "Grafik Analiz" olarak iki ana bölüm ve "TAN100 İHA Modeli Teknik Uçuş Bilgisi" ve "Bölgesel ve Dönemsel Güneş Enerjisi Uygulaması" olarak iki alt bölümden oluşmaktadır.

5.1 TAN100 İHA Modeli Teknik Uçuş Bilgisi

TAN100 İHA Modeli teknik özelliklerinin yer aldığı bölümdür;

Azami Kalkış Ağırlığı (MTOW): Havacılıkta kısaca MTOW olarak bilinir, Maximum Takeoff Weight baş harflerinden oluşur ve havacılık açısından çok önemli bir rakamdır. Bir hava taşıtının azami, yakıt, yük, yolcu ve teçhizatı dâhil kalkışı için özel teknik ve yazılı olan ağırlığıdır.

Boş Ağırlık (Dry Weight): Hava taşıtının belirlenen şekilde uçuşması için gerekli olan teçhizat dâhil ağırlığı.

Faydalı Yük (Usefull Load): Hava taşıtının belirlenen şekilde uçuşması için gerekli olan teçhizat dâhil ağırlığının dışında kalan hava taşıtının maksimum taşıma kapasitesi.

Kanat Açıklığı (SPAN): Bir uçak kanadına (iki kanat bir arada) üstten bakıldığında yanlamasına doğrultuda bir uçtan diğer bir uca olan uzaklığı.

Veter Uzunluğu (Chord Length): Kanadın gövde simetri düzlemine paralel olarak alınmış uzunluğu.

Panel Alanı: Kanat üzerinde güneş paneli kurulması öngörülen alan.

Toplam Kanat Alanı: Hava taşıtının kanat açıklığı ve veter uzunluğunun çarpımı.

Uzunluk: Hava taşıtının uzunluk bilgisi.

Gövde Genişliği: Hava taşıtının gövde büyüklüğü.

Uçuş Hızı: Hava taşıtının maksimum uçuş hızı.

Azami Uçuş İrtifası: Hava taşıtının maksimum uçuş yüksekliği.

Motor: Hava taşıtı motor bilgisi.

Seyir Halinde Gerekli Olan Enerji: Hava taşıtının iniş ve kalkış dışında kalan stabil uçuşu sırasında kullandığı enerji miktarı.

5.2 Bölgesel ve Dönemsel Güneş Enerjisi Uygulaması

Bölgesel ve dönemsel güneş enerjisi uygulaması güneş pillerinin enerji verimliliklerini belli bir bölgede ve belli aylardaki enerji kazanımlarını TAN100 İHA modeli için uygun alanda, en verimli cell sayısı ve faydalı yük kapasitesi oranı ile en stabil ağırlıkta güneş enerji kazanımı ile yakıt performansını gözlemek amacı taşımaktadır.

Türkiye Cumhuriyeti Devleti 7 bölgesi üzerine yapılan çalışmada x bir bölge t zamanda 1 m² düşen güneş radyasyonu değerleri ile güneşlenme süreleri hesaplanarak güneş pillerinin cell başına düşen maksimum güç ve üzerinden geçen akım ile üretebileceği ek enerji kazanımı gösterilmiştir. Aşağıdaki formül kullanılarak cell başına düşen enerji bulunabilir.

$$E = ((\text{Maksimum Güç}(V_{mp}) \times \text{Akım}(I_{mp})) \times (\frac{GR}{t} \times Gt))$$

UAV solar sistem simülatörü ayrıca belirtilen TAN100 İHA modeli veya aynı tür ve klasmandaki bir başka bir hava taşıtı için belirtilecek uygun kanat alanı dâhilinde cell en-boy bilgisi girilerek yine belirtilen alana en uygun cell sayısını ve cell sayısına bağlı olarak kazanılacak enerjinin faydalı yüke oranla verimli olup olamayacağı vb. ek bilgileri de beraber hesaplayabilmektedir.

UAV SOLAR PANEL SIMULATION

Simulator Grafik Analiz

Tan100 İHA Modeli Solar Simulasyonu

Azami Kalkış Ağırlığı	18	
Boş Ağırlık	14	
Faydalı Yük	4	
Kanat Açıklığı	5	
Kanat En Açıklığı	40	
Panel İçin Kullanılan Alan	1	Alan Hesapla
Toplam Kanat Alanı	2	
Uzunluk	3	
Gövde Genişliği	0,35	
Uçuş Hızı	72	
Azami Uçuş İrtifası	1000	
Motor	1,8	
Seyir İçin Gerekli Olan Enerji Miktarı	350	

İç Anadolu Bölgesi

Haziran

Maksimum Güç (Maximum Power Voltage) **4**

Akım (Current at Maximum Power) **0,2**

Yıllık Güneş Radyasyonu **2,701**

Cell En **15,6** cm Cell Boy **15,6** cm Ağırlık **0,01**

Toplam Cell Sayısı **41** Adet

Cell'lerin Toplam Alanı **0,997776** m²

Cell'lerin Toplam Ağırlığı **0,41** Kg

Panel Verimliliği **14**

Güneş Enerjisi

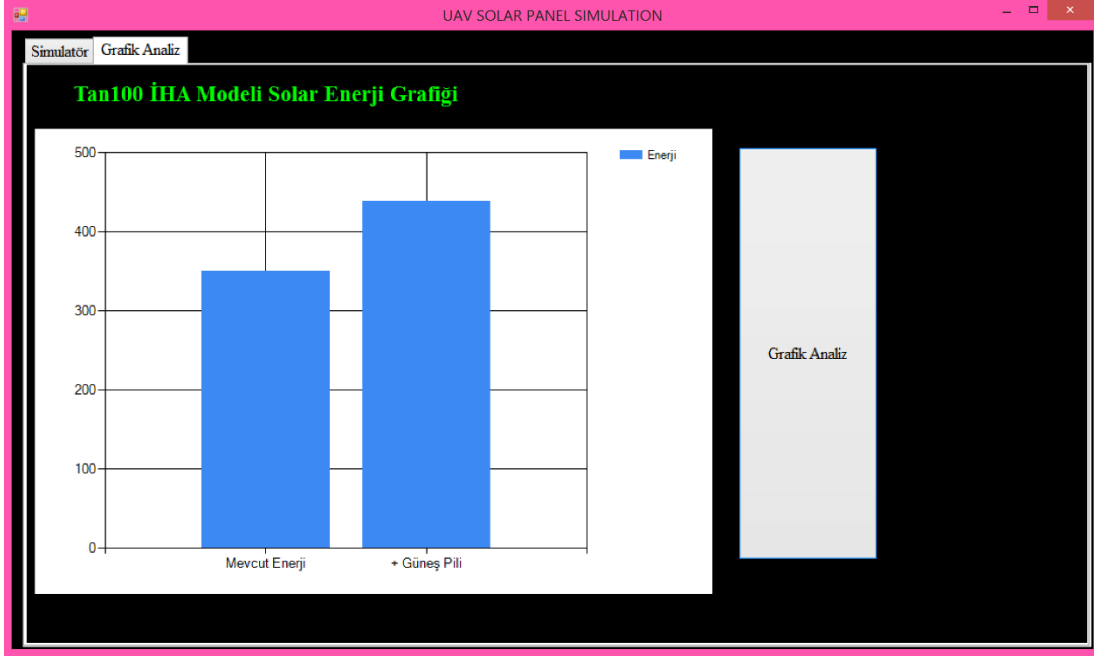
Cell	Toplam Enerji	Yüzdelik Kazanım
2,16 W	88,56 W	25,3 %

Hesapla

Şekil 14. UAV Solar Panel Simulasyonu (A)

Şekil 14’de TAN100 İHA modeli teknik uçuş bilgisi belirtilen şekildedir, Combobox1’den yapılan seçimde herhangi 7 bölgeden biri olan doğu Anadolu bölgesinin seçilmesi durumunda Doğu Anadolu bölgesinin 12 aylık güneş radyasyonu miktarı combobox2’ye düşmektedir, yapılan seçim sonrası “Yıllık Güneş Radyasyonu” miktarı olarak karşımıza çıkacaktır, ayrıca bu veriyi manuel olarak yapılan ölçümler içinde elle yazabilmemiz de mümkündür.

Simule edeceğimiz Cellerin “Maksimum Güç” “Akım”, “Cell En(cm)”, “Cell Boy(cm)” ve “Cell Ağırlık(gr)” bölümlerindeki veri girişini yapıldığında belirtilen algoritma üzerine “Toplam Cell Sayısı” “Cell’lerin Toplam Alanı” ve “Cell’lerin Toplam Ağırlığı” TAN100 İHA modeli için girilen teknik uçuş bilgisini temel olarak simule etmemiz mümkün olacaktır ve çıktı olarak Cell başına düşen enerji kazanımı ve toplamda kazanılması hedeflenen enerji miktarı belirtilen konuma göre hesaplanacaktır.



Şekil 15. UAV Solar Sistem Simulasyonu (B)

Şekil 15’de mevcut enerji ve kazanımı hedeflenen enerji miktarını grafiğini görmek mümkündür.

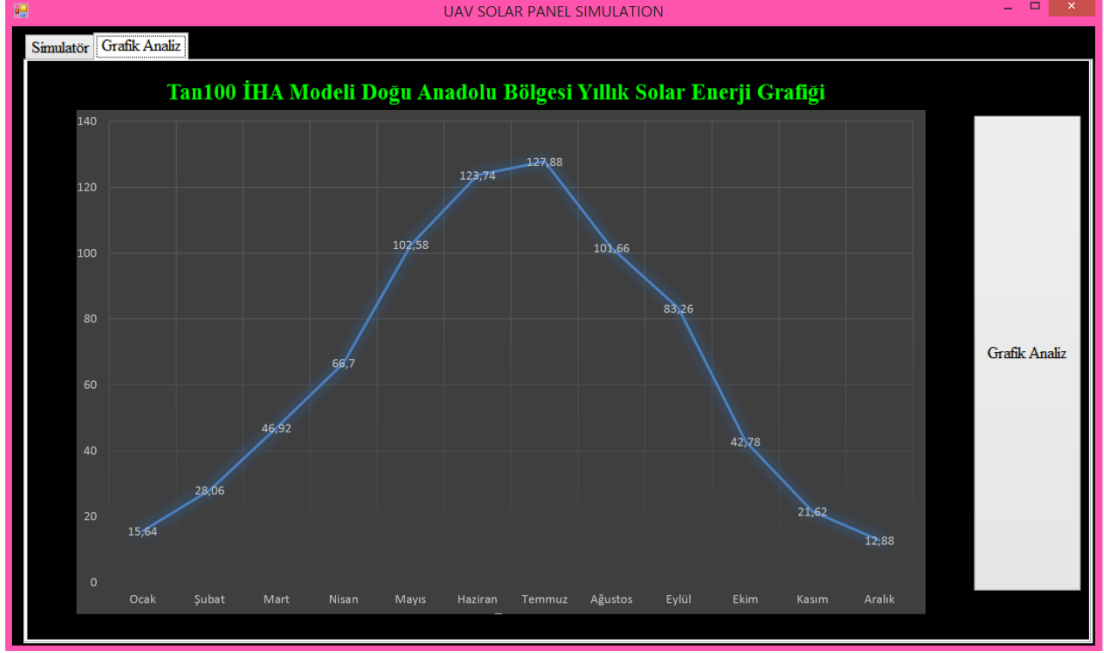
UAV Solar Sistem Simulatörünü kullanarak TAN100 İHA modeli için Doğu Anadolu Bölgesi için güneş enerjisi kullanarak yakıt performansını inceleyelim.

The screenshot shows the 'UAV SOLAR PANEL SIMULATION' software interface. The title bar includes 'Simulator' and 'Graphical Analysis' tabs. The main window is titled 'Tan100 İHA Modeli Solar Simulasyonu'. On the left, there is a list of aircraft parameters: Azami Kalkış Ağırlığı (18), Boş Ağırlık (14), Faydalı Yük (4), Kanat Açıklığı (5), Kanat En Açıklığı (40), Panel İçin Kullanılan Alan (1), Toplam Kanat Alanı (2), Uzunluk (3), Gövde Genişliği (0,35), Uçuş Hızı (72), Azami Uçuş İrtifası (1000), Motor (1,8), and Seyir İçin Gerekli Olan Enerji Miktarı (350). A 'Alan Hesapla' button is next to the panel area. The right side of the interface is divided into several sections. At the top, there are dropdown menus for 'Doğu Anadolu Bölgesi' and 'Temmuz'. Below this, there are input fields for 'Maksimum Güç (Maximum Power Voltage)' (4), 'Akım (Current at Maximum Power)' (0,2), and 'Yıllık Güneş Radyasyonu' (3,476). A 'Panel Verimliliği' field is set to 14. Below these are fields for 'Cell En' (15,6 cm), 'Cell Boy' (15,6 cm), and 'Ağırlık' (0,01). Further down, there are fields for 'Toplam Cell Sayısı' (41 Adet), 'Cell'lerin Toplam Alanı' (0,997776 m2), and 'Cell'lerin Toplam Ağırlığı' (0,41 Kg). At the bottom, there are three large boxes showing 'Güneş Enerjisi' results: 'Cell' (2,78 W), 'Toplam Enerji' (113,98 W), and 'Yüzdellik Kazanım' (32,6 %). A 'Hesapla' button is located at the bottom right.

Şekil 16. Doğu Anadolu Bölgesi Temmuz Ayı Enerji Kazanımı (Watt)

The screenshot shows the 'UAV SOLAR PANEL SIMULATION' software interface. The title bar includes 'Simulator' and 'Graphical Analysis' tabs. The main window is titled 'Tan100 İHA Modeli Solar Simulasyonu'. On the left, there is a list of aircraft parameters: Azami Kalkış Ağırlığı (18), Boş Ağırlık (14), Faydalı Yük (4), Kanat Açıklığı (5), Kanat En Açıklığı (40), Panel İçin Kullanılan Alan (1), Toplam Kanat Alanı (2), Uzunluk (3), Gövde Genişliği (0,35), Uçuş Hızı (72), Azami Uçuş İrtifası (1000), Motor (1,8), and Seyir İçin Gerekli Olan Enerji Miktarı (350). A 'Alan Hesapla' button is next to the panel area. The right side of the interface is divided into several sections. At the top, there are dropdown menus for 'Doğu Anadolu Bölgesi' and 'Aralık'. Below this, there are input fields for 'Maksimum Güç (Maximum Power Voltage)' (4), 'Akım (Current at Maximum Power)' (0,2), and 'Yıllık Güneş Radyasyonu' (0,355). A 'Panel Verimliliği' field is set to 14. Below these are fields for 'Cell En' (15,6 cm), 'Cell Boy' (15,6 cm), and 'Ağırlık' (0,01). Further down, there are fields for 'Toplam Cell Sayısı' (41 Adet), 'Cell'lerin Toplam Alanı' (0,997776 m2), and 'Cell'lerin Toplam Ağırlığı' (0,41 Kg). At the bottom, there are three large boxes showing 'Güneş Enerjisi' results: 'Cell' (0,28 W), 'Toplam Enerji' (11,48 W), and 'Yüzdellik Kazanım' (3,3 %). A 'Hesapla' button is located at the bottom right.

Şekil 17. Doğu Anadolu Bölgesi Aralık Ayı Enerji Kazanımı (Watt)



Şekil 18.Doğu Anadolu Bölgesi Aylara Göre Enerji Kazanımı (Watt)

Şekil 18’de Doğu Anadolu bölgesine ait 12 aylık muhtemel enerji kazanımı grafiği ile aylık yakıt performansını görebiliriz.

6. SONUÇ

İnsansız Hava Araçları ve İnsansız Hava Sistemleri 100 yılı aşkın bir süredir kullanımda olmakla beraber, son 10 yıldaki bazı kullanım alanları dışında genel olarak askeri alanda vazifenin kritik ve tehdidin yoğun olduğu görev ve bölgelerde insan kaybı riskinin bulunmaması ve insansız hava araçlarının insani zaafllara yer vermemesi nedeniyle birçok yönden üstün avantajlara sahiptirler, ancak genel olarak askeri amaçlı kullanılmaları nedeniyle pek bilinen teknolojilerde değildir. Bu tez çalışmasında amaçlanan, son yıllarda dünyada ve özellikle ülkemizde hızla gelişmekte olan İnsansız Hava Araçlarının en hayati sorunlarından biride havada kalma sürelerinin çok sınırlı olmasıdır, bu sınırlı ve hayati ihtiyacın güneş enerjisi kullanılarak artırılmasıdır.

Yapılan çalışmada Türkiye Cumhuriyeti sınırları dâhilinde güneş enerjisi verimi bölgesel ve dönemsel olarak bilgisayar yardımıyla incelenmiştir, bu inceleme neticesinde mevcut güneş pilleri verimliliklerinin %5 - %20'lerde olmasına bağlı olarak TAN100 İHA modeli ve/veya aynı tür ve klasmandaki bir başka in İHA modeli için yakıt performansının güneş enerjisine bağlı olarak arttığı gözlemlenmiştir. Bu artışın Doğu Anadolu Bölgesi için en düşük ayda % 4.5 , en yüksek ayda ise % 36.5 seviyelerinde olduğu gözlemlenmiştir. Bir başka bölge olan ve güneş enerjisi bakımından en fakir bölgemiz Karadeniz bölgesinde ise en düşük seviyede % 1,8 en yüksek seviyede ise % 20,1 bandında olduğu gözlemlenmiştir.

İnsansız hava araçlarında % 1'lik değerlerin dahi hayati önem taşıdığı belirlenen görevin başarılı veya başarısızlıkla sonuçlanabileceğini unutmamalıyız. Bu bağlamda gelişen teknoloji ile güneş pili verimlilikleri her geçen gün daha da artmakta olup bugünün teknolojisiyle dahi insansız hava araçlarında yakıt performansının bölgelere ve dönemlere göre artış gösterebildiğini söylemek mümkündür.

Yapılan çalışmada rüzgâr, yağmur, güneş vurma açısı, sis, ani iklim değişiklikleri vb. tüm dış faktörler ihmal edilmiş olup sonraki çalışmalarda irdelenecektir.

KAYNAKÇA

- [1] Chris Cole, Mary Dobbing, Any Hailwood, “Convenient Killing: Armed Drones and the Playstation Mentality”, Report, p.4, September 2010, Erişim 25 Eylül 2012, <http://dronewarsuk.files.wordpress.com/2010/10/conv-killing-final.pdf>
- [2] Savunma Sanayi Müsteşarlığı, “Türkiye İnsansız Hava Aracı Sistemleri Yol Haritası (2011-2030)”, 2011, Erişim 01 Kasım 2012, s.26, http://www.ssm.gov.tr/_layouts/images/iha_ekatalog_web/index.html
- [3] ABD 2005-2030 İHA Sistemleri Yol Haritası,2005 (2005-2030 UAV Road Map).
- [4] Jeremiah Gertler, “U.S. Unmanned Aerial System”, Congressional Research Service (CRS) Report for Congress,
- [5] Ministry of Defence, “Current Terminology, Doctrine, and Classification”, Joint Doctrine Note 2/11 The UK Approach to Unmanned Aircraft Systems (2011):2-7, accessed October 23, 2012, <http://www.mod.uk/DefenceInternet/MicroSite/DCDC/OurPublications/JDNP/Jdn211TheUkApproachToUnmannedAircraftSystems>.
- [6] Jeremiah Gertler, “U.S. Unmanned Aerial System”, Congressional Research Service (CRS) Report for Congress, January 3, 2012, s.7, Erişim 11 Ekim 2012, <http://www.fas.org/sgp/crs/natsec/R42136.pdf>
- [7] Levent Kalyon, “Türkiye’nin Savunma Politikaları Üzerine: Kırmızı Kim?”, Nobel yayımları, Ankara 2010,s.298.
- [8] Tansel Zeynep Akalın, Nadir Bıyıkoglu, “Türk Savunma Sanayii Tarihi: Başarıya Giden Yolu Kendi Pusulası ile Bulmuş Bir Endüstrinin Gelişimi - The History of Turkish Defence Industry: Development of An Industry that Found the Way of Success with Its Compass”, Milsoft yayımları, Ankara, 2010, s.84.
- [9] Türk Hava Kuvvetleri Komutanlığı, “Havacılık Sanayi”, Erişim 21.10.2012, <http://www.hvkk.tsk.tr/TR/IcerikDetay.aspx?ID=120>

- [10] Sedat İ. Güldoğan, ‘Geri Dönüşü Olmayan Yol... Savunma Sanayii Neden Önemlidir?’ 2011 s.13, Erişim 23.10.2012 <http://www.ostimsavunma.org/Files/Attachments/OtherFiles/savunma-sanayigundemi-05012012170149.pdf>
- [11] Savunma Sanayi Müsteşarlığı, “2007-2011 Stratejik Plan” Erişim 09.10.2012, <http://www.ssm.gov.tr/anasayfa/kurumsal/Documents/SP/cumhuriyet.html>
- [12] Savunma ve Havacılık Sanayi İmalatçılar Derneği (SASAD), “ Türk Savunma Sanayisi Tarihçesi”, Erişim 09.10.2012, http://www.sasad.org.tr/turk_savunma_sanayisi_tarihcesi.html
- [13] Esra Şenel , “1975-1978 Yılları arasında Türkiye’ye uygulanan ambargonun Türk savunma sanayine ve teknoloji yönetimine etkisinin analizi”, 2010.
- [14] Savunma Sanayi Müsteşarlığı, Savunma Sanayi Gündemi, 2010 s.32, Erişim 22 Ekim 2012, http://www.ssm.gov.tr/anasayfa/kurumsal/SSM%20Dergisi/SSM_13_2010.pdf
- [15] Savunma Sanayi Müsteşarlığı, “Savunma Sanayi Gündemi” (2010) s.37.
- [16] Savunma Sanayi Müsteşarlığı, ‘2012-2016 Savunma Sanayi Stratejik Planı’, 2011 s.17, Erişim, 01.11.2012 http://www.ssm.gov.tr/anasayfa/kurumsal/Documents/SP/Sp2012_2016/index.html
- [17] Savunma Sanayi Müsteşarlığı, “Türkiye İnsansız Hava Aracı Sistemleri Yol Haritası (2011-2030)”, 2011,s.7
- [18] Varınca, K. B., Varank, G., “Güneş Kaynaklı Farklı Enerji Üretim Sistemlerinde Çevresel Etkilerin Kıyaslanması ve Çözüm Önerileri”, Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi, İçel, 24–25 Haziran 2005.
- [19] Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), “Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Elektrik Enerjisi Özel İhtisas Komisyonu Raporu”, DPT: 2569 – ÖİK: 585, Ankara, 2001.

[20] Yıldız Teknik Üniversitesi Güneş Enerjili Sistemler Kulübü, “Güneş Enerjisi”, www.gesk.yildiz.edu.tr, erişim: Nisan 2006.

[21] İsmail H. ALTAŞ Fotovoltaik Güneş Pilleri “Eşdeğer Devre Modelleri ve Güneş ile Sıcaklığın Etkileri”

[23] Yenilebilir Enerji Genel Müdürlüğü, 2015

[24] Bu tablo, Savunma Sanayi Müsteşarlığının, “Türkiye İnsansız Hava Aracı Sistemleri Yol Haritası (2011-2030)”, adlı yayınında yer alan tablo diğer kaynaklarla geliştirilerek oluşturulmuştur. Erişim 01 Kasım 2012, s.19, http://www.ssm.gov.tr/_layouts/images/iha_ekatalog_web/index.html

ÖZGEÇMİŞ

5 Ocak 1984 İstanbul doğumluyum. İlk ve orta öğrenimimi yine İstanbul'da tamamladıktan sonra Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti Yakın Doğu Üniversitesi Bilgisayar ve Enformasyon Sistemleri ve Yakın Doğu Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği bölümlerinden mezun oldum. 2012 yılında Beykent Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladım. Hali hazırda yazılım ve yazılım eğitmenliği ile iştiğal durumdayım.

Özel ilgi alanlarım siyaset başta olmak üzere tarih ve yeni teknolojilerdir. Yabancı dilim İngilizce olup temel düzeyde Çince bilmekteyim.

Hakan YILDIRIM