

T.C.
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**GELİŞTİRİLEN YENİ BİR YAZILIM İLE
RÜZGAR VE GÜNEŞ ENERJİ SİSTEMLERİNİN ANALİZİ VE UYGULAMASI**

DOKTORA TEZİ
Telat TÜRKYILMAZ

TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Mehmet KURBAN

BİLECİK, 2020

10357670

T.R.
BILECIK SEYH EDEBALI UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF SCIENCES
DEPARTMENT OF ENERGY SYSTEMS ENGINEERING

**DEVELOPMENT OF A NOVEL SOFTWARE FOR ANALYSIS
AND APPLICATION IN WIND AND SOLAR ENERGY SYSTEMS**

DOCTORAL THESIS
Telat TÜRKYILMAZ

THESIS ADVISOR
Prof. Dr. Mehmet KURBAN

BILECIK, 2020

10357670

BEYAN

“GELİŞTİRİLEN YENİ BİR YAZILIM ile RÜZGAR VE GÜNEŞ ENERJİ SİSTEMLERİNİN ANALİZİ VE UYGULAMASI” adlı doktora tezimin yazımı sırasında bilimsel ahlak kurallarına uyduğumu, başkalarının eserlerinden yararlandığım bölümlerde bilimsel kurallara uygun olarak atıfta bulunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, tezin herhangi bir kısmının Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

Bu çalışmanın, Bilimsel Araştırmalar Projeleri (BAP), TÜBİTAK veya benzeri kuruluşlarca desteklenmesi durumunda; projenin ve destekleyen kurumun adı proje numarası ile birlikte beyan edilmelidir.			
DESTEK ALINMIŞTIR	<input type="checkbox"/>	DESTEK ALINMAMIŞTIR	<input checked="" type="checkbox"/>
Destek alındı ise;			
Destekleyen Kurum:			
Desteğin Türü		Proje Numarası	
1- BAP (Bilimsel Araştırma Projesi)	<input type="checkbox"/>		
2- TÜBİTAK	<input type="checkbox"/>		
3- Diğer;	<input type="checkbox"/>		
	<input type="checkbox"/>		

Telat TÜRKYILMAZ

5/8/2020

İmza

ÖN SÖZ

Doktora eğitimim süresince ve tez çalışmamda değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, sınırsız desteğini ve hoşgörüsünü esirgemeyen saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. Mehmet KURBAN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmamın hazırlanması sürecinde her aşamada yanımda olarak bana moral veren eşim Doç. Dr. Serpil TÜRKİYILMAZ'a sabır ve anlayışından dolayı minnettarım.

Doktora eğitimim süresince yanımda olan her türlü bilgi ve tecrübeleriyle maddi manevi desteğini esirgemeyen öncelikle Öğr. Gör. Ali Rıza GÜN ve Dr. Öğr. Üyesi Emrah DOKUR olmak üzere tüm arkadaşlarıma ve meslektaşlarıma teşekkür ederim.

Ayrıca manevi destekleri ile her zaman yanımda olan tüm aileme ve yakınlarıma da sevgi ve saygılarımı sunarım.

Sevgili Annem ve Babamın anısına...

Telat TÜRKİYILMAZ

5/08/2020

ÖZET

GELİŞTİRİLEN YENİ BİR YAZILIM İLE RÜZGAR VE GÜNEŞ ENERJİ SİSTEMLERİNİN ANALİZİ VE UYGULAMASI

Enerji üretiminde fosil yakıtlar yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yakıtların kullanımı ile birlikte çevre kirliliği, iklim değişiklikleri, oksijen azalması, asit yağmurları, ozon tabakası delinmesi ve petrol savaşları gibi birçok olumsuz sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Fosil yakıt rezervlerinin sınırlı olması ve azalması maliyetleri de yükseltmektedir. Bu nedenle rüzgar ve güneş gibi çevre dostu yenilenebilir enerji kaynaklarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu tür enerji kaynaklarından yararlanabilmek için verimli enerji yatırımlarının yapılması gerekmektedir. Enerji potansiyelinin yeterli ve düzenli olmadığı bölgelerde yapılan yatırımlar para ve zaman kaybına yol açmaktadır.

Bu çalışmada, rüzgar ve fotovoltaik güneş enerji sistemleriyle üretilebilecek yıllık ve dönemsel enerji potansiyelini ve gelirlerini hesaplayarak enerji sistemleri kurulumuna destek olması beklenen yeni bir yazılım geliştirilmiştir. Geliştirilen yazılım ile; kurulan bir sistemin mevcut verilere göre ürettiği ve yapılan öngörü hesaplamaları ile üretebileceği enerji potansiyeli tahmin edilebilecektir. Sistem kurulumunun maliyeti oluşturulan yazılım veri tabanından seçilen elemanlar kullanılarak hesaplanabilecektir. Program, sistem veri tabanında bulunmayan özel maliyet çeşitlerinin veri tabanına eklenmesini sağlayabilecek nitelikte geliştirilmiştir.

Geliştirilen bu yeni yazılımla Bilecik ilinin Pazaryeri ilçesinde 2 MW kapasiteli rüzgar ve fotovoltaik güneş enerjisi sistemlerinin yatırım hesaplamaları yapılmıştır. Bu hesaplamalar sonucunda 2 MW kapasiteli Vestas V80 marka rüzgar türbini ile elde edilebilecek yıllık enerji miktarı 1.439.581,50 kWh olarak bulunmuştur. 8000 adet ASW250 fotovoltaik panel kullanılarak elde edilen 2 MW kapasiteli güneş enerjisi sisteminden elde edilebilecek yıllık enerji miktarı 2.560.482,56 kWh olarak bulunmuştur. Rüzgar ve fotovoltaik güneş enerji sistemleri toplamda 2 MW kapasitede hibrit olarak kullanıldığında ise 2.000.032,03 kWh enerji üretilbildiği hesaplanmıştır. Yazılım bulgularına göre; çalışmada ele alınan güç değerleri baz alındığında seçilen bölge için fotovoltaik güneş enerji sisteminin bağımsız kullanılmasının daha verimli olabileceği görülmüştür.

Rüzgar ve fotovoltaik güneş enerji sistemleri için hesaplanan enerji üretimlerinin birbirine yakın miktarlarda olması durumunda bu sistemlerin birlikte kullanılması süreklilik ve verimlilik yönünden daha faydalı olabilmektedir. Bu amaçla; geliştirilen yazılımın rüzgar ve

fotovoltaik güneş enerji kaynaklarının birlikte veya bağımsız kullanım tercihlerinin yapılmasına ve verimli enerji modeli seçilmesine destek olması beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler

Rüzgar-Güneş Enerji Hesaplama Yazılımı; Rüzgar enerjisi, Güneş enerjisi, Hibrit Enerji.



ABSTRACT

DEVELOPMENT OF A NOVEL SOFTWARE FOR ANALYSIS AND APPLICATION IN WIND AND SOLAR ENERGY SYSTEMS

Fossil fuels are widely used in energy production. With the use of these fuels, there are many negative consequences such as environmental pollution, climate changes, oxygen depletion, acid rain, ozone depletion and oil wars. The limited and decreasing fossil fuel reserves also increase costs. Therefore, environmentally friendly inexhaustible energy sources such as wind and sun are needed. In order to benefit from such energy sources, efficient energy investments should be made. Investments made in regions where energy potential is not sufficient and regular cause money and time loss.

In this study, a new software is developed which is expected to support the installation of energy systems by calculating the annual and periodic energy potential and revenues that can be produced with wind and photovoltaic solar energy systems. With the developed software; the energy potential produced by an established system based on the available data and the forecasting calculations can be estimated. The cost of system installation can be calculated using the elements selected from the software database created. The program has been developed in such a way that special cost types not found in the system database can be added to the database.

With this new software developed, investment calculations of 2 MW wind and photovoltaic solar energy systems were made in Pazaryeri district of Bilecik province. As a result of these calculations, the annual energy amount that can be obtained with the Vestas V80 wind turbine with a capacity of 2 MW has been found as 1.439.581,50 kWh. The annual amount of energy that can be obtained from the 2 MW solar energy system obtained by using 8000 ASW250 photovoltaic panels has been found as 2.560.482,56 kWh. When wind and photovoltaic solar energy systems are used as hybrid with a total capacity of 2 MW, it is calculated that 2,000,032,03 kWh of energy can be produced. According to the software findings; based on the power values discussed in the study, it has been seen that it may be more efficient to use the photovoltaic solar energy system independently for the selected region.

In the case that the energy production calculated for wind and photovoltaic solar energy systems are close to each other, the use of these systems together may be more advantageous in terms of continuity and efficiency. For this purpose; the developed software is expected to

support the use of wind and photovoltaic solar energy sources together or independently and the selection of an efficient energy model.

Key Words

Wind-Solar Energy Calculation Software; Wind energy, Solar energy, Hybrid Energy.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖN SÖZ.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iv
İÇİNDEKİLER.....	vi
TABLolar LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	xvi
1. GİRİŞ.....	1
2. RÜZGAR, GÜNEŞ ve HİBRİT ENERJİ SİSTEMLERİ.....	18
2.1. Rüzgar Enerji Sistemleri.....	18
2.1.1. Rüzgar Enerjisinin Kısa Tarihçesi	18
2.1.2. Rüzgar Enerjisinin Faydalı ve Mahsurlu Yönleri	19
2.1.3. Türkiye'nin Rüzgar Enerjisi Potansiyeli	21
2.1.4. Rüzgar Enerjisi ve Rüzgar Türbinleri	27
2.2. Güneş Enerji Sistemleri	39
2.2.1. Güneş Enerjisinin Kısa Tarihçesi.....	39
2.2.2. Güneş Enerjisinin Faydalı ve Mahsurlu Yönleri	40
2.2.3. Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli.....	41
2.2.4. Güneş Enerjisi, Güneş Panelinin Yapısı ve Çalışma Sistemi	45
2.2.5. Güneş Hücresi Malzemeleri ve Karşılaştırma.....	48
2.3. Hibrit Enerji Sistemleri.....	49
2.3.1. Rüzgar-Güneş Hibrit Enerji Sistemleri Tarihçesi	51
2.3.2. Rüzgar-Güneş Hibrit Sistemlerinin Faydalı ve Mahsurlu Yönleri.....	52
2.3.3. Rüzgar-Güneş Hibrit Sistem Tasarımı	53

3. RÜZGAR, GÜNEŞ VE HİBRİT ENERJİ SİSTEMLERİNİN ANALİZİ İÇİN GELİŞTİRİLEN PAKET YAZILIM	55
3.1. Yazılım Geliştirme Ortamı	55
3.2. Rüzgar Enerji Sistemlerinin Analizi için Geliştirilen Paket Yazılım	56
3.3. Test Amaçlı Rüzgar Verileri Üretme.....	58
3.4. Rüzgar Verilerinin Kontrol Edilmesi	59
3.5. Rüzgar Verileri Sıklığı	61
3.6. Weibull Grafiği	63
3.7. Arazi Modelleme Yazılımı	64
3.8. Eş Yükselti Eğrilerini Renklendirme.....	64
3.9. Rüzgar Türbinleri.....	65
3.10. MGM Verileri Düzenleme ve Hesaplama Yazılımı	66
3.11. Meteoroloji Genel Müdürlüğü İstasyonları	68
3.12. Arazi Yazılımı	69
3.13. Yazılım Bilgi Sistemi	71
3.14. Hellman Eşitliği ile Muhtemel Rüzgar Hızı Hesaplama	72
3.15. Logaritmik Formül ile Muhtemel Rüzgar Hızı Hesaplama	72
3.16. Kredi Maliyetleri Hesaplama Yazılımı.....	73
3.17. Hedef Yükseklikte Hız Tahmini.....	74
3.17.1. Hedef Yükseklikte Hız Hesaplama	74
3.18. Yön Bilgili Rüzgar Verileri ve Rüzgar Gülü.....	75
3.19. Rüzgar Türbinleri Performans Hesaplama	81
3.20. Aylık Verilerle Rüzgar Çiftliği Hesaplama Yazılımı.....	83
3.21. Saatlik Verilerle Rüzgar Çiftliği Hesaplama Yazılımı.....	86
3.22. Weibull Grafiği Hazırlama Yazılımı.....	90
3.23. Weibull Dağılımı Eklemeli Olasılık Fonksiyonu.....	92

3.24. Fotovoltaik Paneller Veri Tabanı Yazılımı	93
3.25. PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System).....	94
3.26. Saatlik Verilerle PV Enerjisi Hesaplama Yazılımı.....	97
3.27. Güneşlenme Saatlerini Hesaplama Yazılımı.....	101
3.28. Hibrit Değerlendirme Yazılımı.....	105
4. GELİŞTİRİLEN YAZILIM KULLANILARAK GÜNEŞ VE RÜZGAR ENERJİSİ UYGULAMASI	111
4.1. Güneş Enerjisi Gelirlerinin Hesaplanması.....	113
4.2. Rüzgar Enerjisi Gelirlerinin Hesaplanması.....	117
4.3. Güneş ve Rüzgar Enerjisi Potansiyellerini Değerlendirilmesi	122
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	123
KAYNAKÇA	126
EKLER.....	136
EK-1 MGM Veri Okuma ve Rüzgar Parametreleri Hesaplama Yazılımı	137
EK-2 MGM Verilerini Süzme ve Rüzgar Parametreleri Hesaplama Yazılımı	138
EK-3 Türkçe/İngilizce Dil Desteği.....	139
EK-4 YBS Çizim Fonksiyonu Örneği	140
EK-5 Eş Yükselti Renklerini Hazırlama	141
EK-6 Güç Halkaları.....	142
EK-7 Rüzgar Gülü Çizimi	143
EK-8 Rüzgar Hızları Aylık Ortalama Hesaplama	144
EK-9 Rüzgar Enerjisi ve Gelirleri Hesaplama	145
Ek-10 PV Güneş Enerjisi ve Gelirleri Hesaplama.....	146
ÖZGEÇMİŞ	147

TABLolar LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 1.1. Türkiye’de Enerji Kaynakları (Kurulu Güç ve Üretim-2002 Yılı)	6
Tablo 1.2. Türkiye’de Enerji Kaynakları (Kurulu Güç ve Üretim-2017 Yılı)	7
Tablo 1.3. Türkiye’nin Birincil Kaynaklara Göre Kurulu Güç Dağılımı	11
Tablo 2.1. Türkiye’de 2019 yılında illere göre devrede olan rüzgar enerjisi kapasiteleri.....	22
Tablo 2.2. Türkiye’de bölgelere göre rüzgar enerji sistemleri (RES) sayıları.....	25
Tablo 2.3. Pürüzlülük Katsayısı (α).....	35
Tablo 2.4. Pürüzlülük uzunluğu değerleri (Z_0).....	36
Tablo 2.5. Güneş açılarının isimleri	46
Tablo 2.6. Farklı PV Modüllerinin Karşılaştırılması.....	49
Tablo 3.1. MGM Rüzgar verileri yapısı	67
Tablo 4.1. Bilecik ili rüzgar parametreleri hesaplamaları	113
Tablo 4.2. 17701-Pazaryeri rüzgar parametreleri hesabı yazılımı.....	117

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 1.1. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması.....	3
Şekil 1.2. Dünya Enerji Tüketimi, Katrilyon BTU.....	4
Şekil 1.3. 2018 Yılı için Birincil Enerji Büyümesi Katkısı (%)	4
Şekil 1.4. 2018 Yılı için Enerji Kaynaklarına Göre Küresel Enerji Tüketimi.....	5
Şekil 1.5. 2002 Yılı İtibariyle Türkiye Enerji Kaynakları Kurulu Güç Payı (%)	7
Şekil 1.6. 2017 Yılı İtibariyle Türkiye Enerji Kaynakları Kurulu Güç Payı (%)	8
Şekil 1.7. 2002 Yılı itibariyle Türkiye'nin Toplam Kurulu Gücü(31,846 MW) ve Rüzgar Gücü(17 MW) Haritası.....	8
Şekil 1.8. 2013 Yılı itibariyle Türkiye'nin Toplam Kurulu Gücü (64,007 MW) ve Rüzgar Gücü(2,760 MW) Haritası.....	9
Şekil 1.9. Türkiye'nin 2023 Yılı itibariyle Planlanan Kurulu Güç ve Enerji Dağılımı	9
Şekil 1.10. Türkiye'nin yıllara göre enerji kurulu gücü dağılımı (MW)	10
Şekil 1.11. Türkiye'de Birincil Kaynaklara Göre Toplam Kurulu Gücün Dağılımı (%)	11
Şekil 2.1. Türkiye geneli 50 metre yükseklikteki ortalama yıllık rüzgar hızları dağılımı	22
Şekil 2.2. Türkiye geneli 50 metre yükseklikteki ortalama güç yoğunluğu dağılımı	23
Şekil 2.3. 2012-2019 Temmuz İtibariyle Toplam Kurulu Rüzgar Gücü (MWm).....	23
Şekil 2.4. Türkiye'deki 2008-2019 Rüzgar Enerjisi Santrallerinin Kümülatif Kurulumu.....	24
Şekil 2.5. Türkiye'deki Enerji Santralleri için Yıllık Kurulum (2008-2019 Temmuz)	24
Şekil 2.6. Türkiye'de Bölgelere Göre Rüzgar Enerji Sistemleri (RES) Dağılımı (%)	25
Şekil 2.7. İnşa Halindeki RES'lerin İllere Göre Dağılımı	26
Şekil 2.8. 2019 Yılı İtibariyle Türkiye'de Rüzgar Enerjisi Santrallerinin Elektrik Üretimindeki Payı(%).....	27
Şekil 2.9. Rüzgar Türbini Çeşitleri	28
Şekil 2.10. Rüzgar türbini çalışma prensibi	28
Şekil 2.11. Rüzgar türbini temel bileşenleri.....	29

Şekil 2.12. Farklı Rotor Ölçülerine Göre Elde Edilen Enerji Miktarları	31
Şekil 2.13. Süpürme Alanı	32
Şekil 2.14. Rüzgar hızının güç ile ilişkisi	33
Şekil 2.15. Rayleigh Dağılımı.....	38
Şekil 2.16. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası.....	42
Şekil 2.17. Türkiye Global Radyasyon Değerleri ve Güneşlenme Süreleri.....	43
Şekil 2.18. Türkiye PV Tipi-Alan-Üretilebilecek Enerji (kWh-Yıl)	44
Şekil 2.19. Türkiye bölgesel güneş haritası	44
Şekil 2.20. Güneş açıları	46
Şekil 2.21. Fotovoltaik panellerde güneş radyasyonu ile değişen akım/gerilim grafiği	47
Şekil 2.22. Fotovoltaik panellerde Güç/Akım/Gerilim ilişkisi	47
Şekil 2.23. Fotovoltaik hücre malzemeleri	48
Şekil 2.24. Hibrit enerji sistemi (HES)	50
Şekil 2.25. Hibrit yenilenebilir sistemlerinin tercih sebepleri.....	52
Şekil 2.26. Fotovoltaik-Rüzgar enerjisi hibrit sistem modeli	54
Şekil 3.1. Microsoft Visual Stüdyo Program Yazım Ortamı	56
Şekil 3.2. Rüzgar enerjisi analizi için geliştirilen yazılımlar ekranı	56
Şekil 3.3. Fotovoltaik güneş enerjisi için geliştirilen yazılımlar.....	57
Şekil 3.4. Hibrid hesaplamalar menüsü	57
Şekil 3.5. Rüzgar enerjisi analizi için geliştirilen yazılımlar ekranı İngilizce görünümü	58
Şekil 3.6. Rüzgar Enerjisi Test Verileri Hazırlama Yazılımı.....	58
Şekil 3.7. Rüzgar verilerinin kontrol yazılımı.....	59
Şekil 3.8. Veri tarihlerini oluşturma.....	60
Şekil 3.9. Eksik verilerin bulunması	60
Şekil 3.10. Bartın ili rüzgar verileri sıklığı az olan hızlar.....	61
Şekil 3.11. Bartın ili rüzgar verileri sıklığı yoğun hızlar	62

Şekil 3.12. Rüzgar parametreleri hesaplama yazılımı.....	62
Şekil 3.13. Bartın rüzgar verileri Weibull grafiği	63
Şekil 3.14. Arazi noktaları oluşturma yazılımı	64
Şekil 3.15. Eş yükselti eğrilerini renklendirme yazılımı.....	65
Şekil 3.16. Rüzgar Türbinleri veri tabanı.....	66
Şekil 3.17. MGM Verileri Düzenleme ve Hesaplama Yazılımı	66
Şekil 3.18. Veri karakterlerinin otomatik olarak düzeltilmesi	67
Şekil 3.19. Rüzgar verileri parametrelerini dosyalardan hesaplama.....	68
Şekil 3.20. Rüzgar verileri parametrelerini tek dosyadan hesaplama	68
Şekil 3.21. MGM İstasyonları veri tabanı.....	69
Şekil 3.22. 17018 Karadeniz Ereğli Ölçüm İstasyonu	69
Şekil 3.23. Arazi modelleme ve izleme yazılımı	70
Şekil 3.24. Renkli arazi modelinin Google Earth programında görüntülenmesi yazılımı	71
Şekil 3.25. Yazılım Bilgi Sistemi.....	71
Şekil 3.26. Hellman formülü ile rüzgar hızı hesaplama yazılımı.....	72
Şekil 3.27. Logaritmik formül ile rüzgar hızı hesaplama yazılımı	73
Şekil 3.28. Faiz Hesaplama Yazılımı.....	73
Şekil 3.29. Hedef yükseklikte hız hesaplama yazılımı	74
Şekil 3.30. Hedef yükseklikte rüzgar parametrelerini hesaplama yazılımı.....	74
Şekil 3.31. Aylık parametre hesaplama yazılımı	75
Şekil 3.32. Yıllık parametre hesaplama yazılımı	75
Şekil 3.33. Tüm veriler ile hesaplama.....	76
Şekil 3.34. Yıllık parametre hesaplama	76
Şekil 3.35. Aylık ortalamaları alarak hesaplama yazılımı	77
Şekil 3.36. Aylık ayrıntılı hesaplamalar yazılımı	77
Şekil 3.37. Günlük ayrıntılı hesaplama.....	78

Şekil 3.38. Yönlere göre hesaplama yazılımı	78
Şekil 3.39. Yön hesaplamalarında 45 derecelik dilimleri kullanma yazılımı	79
Şekil 3.40. Yönlerin yıllarla gruplanması yazılımı	79
Şekil 3.41. Yönlerin aylık gruplanarak hesaplanması yazılımı	80
Şekil 3.42. Raporlar yazılımı	80
Şekil 3.43. Rüzgar türbinleri grubu seçimi yazılımı	81
Şekil 3.44. Rüzgar verileri seçimi ve hazırlama yazılımı	82
Şekil 3.45. Rüzgar türbinleri gelirler toplamı yazılımı	82
Şekil 3.46. Rüzgar türbini dönemsel hesaplama yazılımı	83
Şekil 3.47. Rüzgar türbini seçimi	84
Şekil 3.48. Kullanılan rüzgar türbinleri yazılımı	84
Şekil 3.49. Kullanılan anemometre yazılımı	84
Şekil 3.50. Rüzgar verisi seçimi ve aylık ortalama hesaplama yazılımı	85
Şekil 3.51. Yıllık ve dönemsel hesaplamalar yazılımı	85
Şekil 3.52. Toplam enerji raporu yazılımı	86
Şekil 3.53. Saatlik rüzgar verileriyle rüzgar çiftliği değerlendirme yazılımı akış şeması	87
Şekil 3.54. Rüzgar türbini seçimi yazılımı	87
Şekil 3.55. Enerji üretimi yapan rüzgar türbinleri yazılımı	88
Şekil 3.56. Anemometre bilgileri yazılımı	88
Şekil 3.57. Bir yıllık saatlik rüzgar verisi hazırlama yazılımı	88
Şekil 3.58. Rüzgar enerjisi hesaplamaları	89
Şekil 3.59. Toplam enerji raporları yazılımı	89
Şekil 3.60. Weibull dağılımı grafiği (k=1)	90
Şekil 3.61. Weibull dağılımı grafiği (k=2, Rayleigh dağılımı)	91
Şekil 3.62. Weibull dağılımı grafiği (k=3)	91
Şekil 3.63. Weibull dağılımı kümülatif olasılık fonksiyonu grafiği	92

Şekil 3.64. Güneş açıları bilgi sayfası (1/2)	92
Şekil 3.65. Güneş açıları bilgi sayfası (2/2)	93
Şekil 3.66. Fotovoltaik paneller veri tabanı yazılımı	93
Şekil 3.67. PVGIS veri tabanından veri indirme ve yazılım veri seçimi sayfası yazılımı	94
Şekil 3.68. Fotovoltaik panel seçim ekranı yazılımı	95
Şekil 3.69. PV hesaplama	95
Şekil 3.70. Rüzgar türbini seçimi yazılımı	96
Şekil 3.71. Rüzgar enerjisi ve gelirlerinin hesaplanması yazılımı	96
Şekil 3.72. PV enerji ve gelir hesaplama yazılımı akış şeması	97
Şekil 3.73. Fotovoltaik panel cinsi ve sayısının belirlenmesi yazılımı	98
Şekil 3.74. Sistemde kullanılan paneller ve miktarları	98
Şekil 3.75. Enerji verilerinin yüklenmesi yazılımı	99
Şekil 3.76. Bir yıllık saatlik referans veriler yazılımı	99
Şekil 3.77. Yıllık kurulu sistem enerji üretimi	100
Şekil 3.78. Dönemsel enerji üretimi yazılımı	100
Şekil 3.79. PV akım gerilim grafiği	101
Şekil 3.80. Güneş açıları hesaplama yazılımı	101
Şekil 3.81. Dünyanın eğim hareketleri yazılımı	102
Şekil 3.82. Güneş açıları	102
Şekil 3.83. Dünya eğim hareketleri yazılımı	103
Şekil 3.84. Panel eğim grafiği yazılımı	103
Şekil 3.85. Günlük güneşlenme saatleri yazılımı	104
Şekil 3.86. Aylık güneşlenme süreleri yazılımı	104
Şekil 3.87. Panel yerleştirme aralığı hesaplama	105
Şekil 3.88. Hibrit değerlendirme KAYNAK menüsü yazılımı	105
Şekil 3.89. Günlük1 enerji değerlendirme yazılımı	106

Şekil 3.90. Aylık1 enerji değerlendirme yazılımı	106
Şekil 3.91. Yıllık1 enerji değerlendirme yazılımı.....	107
Şekil 3.92. Günlük2 enerji değerlendirme yazılımı	107
Şekil 3.93. Aylık2 enerji değerlendirme yazılımı	108
Şekil 3.94. Yıllık2 enerji değerlendirme yazılımı.....	108
Şekil 3.95. Günlük3 enerji değerlendirme yazılımı	109
Şekil 3.96. Aylık3 enerji değerlendirme yazılımı	109
Şekil 3.97. Yıllık3 enerji değerlendirme yazılımı.....	110
Şekil 3.98. Ton eşdeğer petrol hesaplama yazılımı	110
Şekil 4.1.Fotovoltaik panel seçimi ve kapasite belirlenmesi yazılımı.....	114
Şekil 4.2. Seçilen güneş panelleri listesi yazılımı.....	114
Şekil 4.3. Kaynak güneş verilerinin yazılıma yüklenmesi yazılımı.....	115
Şekil 4.4. Hesaplama için yıllık veri seçimi yazılımı	115
Şekil 4.5. 2 MW PV sistem için yıllık referans verileri yazılımı.....	116
Şekil 4.6. Dönemsel enerji hesaplama	116
Şekil 4.7. 17701-Pazaryeri ilçesi rüzgar esme yönleri incelemesi yazılımı.....	117
Şekil 4.8. Rüzgar Türbini seçimi yazılımı	118
Şekil 4.9. Rüzgar türbini bilgileri yazılımı	118
Şekil 4.10. Anemometre bilgileri yazılımı.....	118
Şekil 4.11.Yıllık ortalama rüzgar verilerinin hazırlanması yazılımı.....	119
Şekil 4.12. Rüzgar enerjisi hesaplamaları yazılımı.....	119
Şekil 4.13.Toplam enerji raporu yazılımı	120
Şekil 4.14. Eş yükselti eğrileri ve 3D Rüzgar türbinleri gösterimi yazılımı	120
Şekil 4.15. Renkli eşyükselti rakımları (metre) yazılımı	121
Şekil 4.16. Arazi görüntüleme yazılımı	122

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

Simgeler

c : Ölçek parametresi

k : Şekil parametresi

kWh : Kilo Watt saat

MW : MegaWatt

Va : Anemometre rüzgar hızı

Vort : Ortalama Rüzgar Hızı

Vt : Rüzgar türbini göbek yüksekliğindeki rüzgar hızı

W : Watt

Z₀ : Pürüzlülük Uzunluğu

Za : Ölçüm Yüksekliği

Zt : Rüzgar türbini göbek yüksekliği

A : Alan

Γ : Gama

α : Pürüzlülük Katsayısı

ρ : Havanın Yoğunluğu

ζ : Yer parametresi

Kısaltmalar

EİR	: Enerji Sektörü Raporu
EİGM	: Enerji İşleri Genel Müdürlüğü
EPDK	: Enerji piyasası Düzeleme Kurulu
GEPA	: Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası
HES	: Hibrit Enerji Sistemi
HRES	: Hibrit Yenilenebilir Enerji Sistemi
IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
OECD	: Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı
PV	: Fotovoltaik
PVGIS	: Photovoltaic Geographical Information System
TCCYOES	: T.C. Cumhurbaşkanlığı Yatırım Ofisi Enerji Sektörü
TCCYOESR	: T.C. Cumhurbaşkanlığı Yatırım Ofisi Enerji Sektörü Raporu
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim A.Ş.
TİREPA	: Türkiye illeri rüzgar enerjisi potansiyel atlası
TÜREB	: Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği
WAsP	: Rüzgar Atlası Analiz ve Uygulama Programı

1. GİRİŞ

Son yıllarda dünya nüfusundaki hızlı artış ile birlikte gelirdeki yükseliş, teknolojik araç ve gereçlerin insan yaşamında etkin biçimde yer alması ve sanayi alanındaki büyük gelişmeler, enerji tüketiminin hızlı bir şekilde artmasına yol açmaktadır. Enerji sosyal ve ekonomik anlamda değerlendirildiğinde yaşam standartları açısından ve ülkelerin gelişimi için en önemli faktörlerden birisidir.

Evlere kullanılan elektronik araçlar, fabrikalar, atölyeler, aydınlatmalar, demiryolu taşımacılığı, ısınma gibi birçok alanda enerjinin temel girdi niteliği kazanması, enerji tüketimini her yıl ortalama %4-5 oranında yükseltmektedir (Kaya vd., 2018:220; Koç vd., 2018:87). Ülkelerin enerji açısından bağımlılıklarının en aza indirgenmesi için sürdürülebilir enerji kaynaklarının çeşitliliğinin ve kullanımının sağlanması, çevreye verilen zararların en az düzeye indirilmesi gibi açılardan yenilenebilir enerji oldukça önemli bir yere sahiptir. Uluslararası Enerji Ajansının (IEA), Yenilenebilir Enerji Çalışma Grubu tanımına göre yenilenebilir enerji; sürekli biçimde yenilenebilen doğal süreçlerle elde edilebilen enerjidir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemli özelliği, kirliliğe yol açan karbondioksit emisyonlarını düşürerek çevrenin korunmasını sağlamaktır. Ayrıca ülkelerin yerli kaynaklarından yararlandığı için enerjide dışa bağımlılığın minimuma indirilmesi ve istihdamın artırılmasına katkıda bulunmaları da yenilenebilir enerji kaynaklarının bir başka önemli özelliğidir. Kolay ulaşılabirlik, mevcudiyet ve kabul edilebilirlik avantajlarına sahip olmaları da yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimin önemli sebeplerindendir.

Yenilenebilir enerji kaynakları genel olarak, rüzgar, güneş, hidro, jeotermal, odun, bitki artıkları, biyokütle, dalga ve gel-git olarak kabul edilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları doğada farklı şekillerde bulunabilmektedir. Söz konusu kaynaklar doğrudan veya dolaylı şekilde güneş enerjisi biçiminde veya yer kabuğunun derinliklerindeki varolan ısı ile elde edilebilmektedirler.

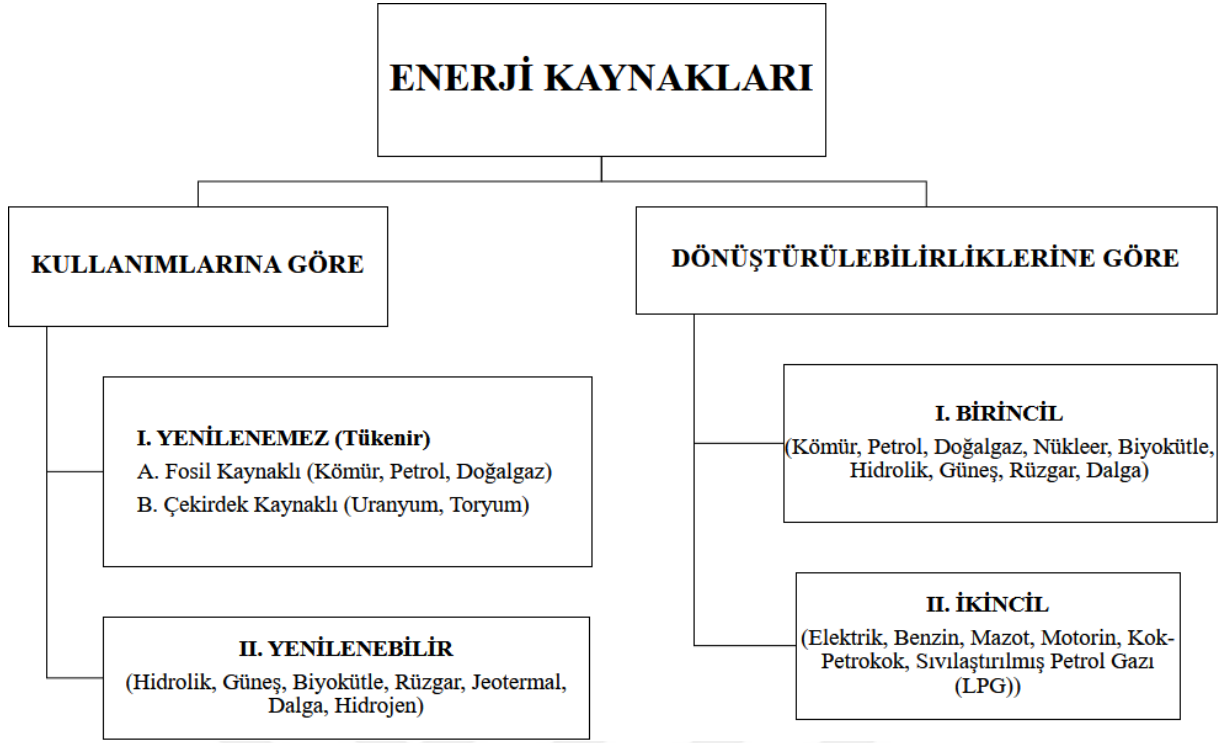
İlk çağlardan itibaren yenilenebilir enerji kaynaklarından su pompalanması ve ısıtılması, tahıl öğütme, ürünlerin kurutulması gibi işlemlerde yararlanılmakta ayrıca bu kaynaklar yelkenli gemilerde de kullanılmaktadır. Sanayileşme ile birlikte buharlı makinelerin keşfi döneminde Avrupa ve Amerika'da yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı azalmaya başlamıştır. 1950-1973 yılları arasında durağan petrol fiyatları sebebiyle, enerji talebi genellikle petrole bağımlı olarak devam etmiştir. Buna karşılık 1972'de varili 2,5 dolar olan petrol; 1980'de 30 dolara kadar yükselmiş ve siyasi bir baskı unsuru olarak da kullanılmıştır.

Söz konusu gelişmeler; ülke ekonomileri üzerinde önemli etkilere sebep olmuştur. Petrol ve kömüre dayalı bu enerji çağı bir süre devam etmiş fakat 1973’de meydana gelen dünya petrol krizi ile ilk kez enerji kaynakları açısından bir güven sorunu oluşmuştur. Enerji kaynaklarına olan bu güvensizlik tüm dünya ülkelerinin uygun ve yenilenebilir enerji kaynaklarına ilgisini arttırarak bir arayışa sebep olmuştur. 1980’li yılların ortalarında petrol fiyatlarındaki düşüşler yenilenebilir enerji kaynaklarına ilgiyi azaltmış fakat 1973 petrol krizi ile gündeme gelen “enerji güvenliği” kavramı önemini korumaya devam etmiştir(Altuntaşoğlu, 2005:250; Seydioğulları, 2013:20).

Bu sebeple enerji kaynakları açısından çeşitlilik konusu ülkelerin enerji politikalarının önemli öğelerinden biri olarak gündemini korumaktadır. Fosil kaynaklardan elde edilen enerji üretimi ve tüketimi; yerel, bölgesel ve küresel düzeyde çevre ve doğal kaynaklar üzerinde doğrudan ve/veya dolaylı olarak olumsuz etkilere yol açmaktadır. 1990’lı yıllarda bu anlamda çevre bilincinin artması, atmosfere kirliliğe sebep olacak emisyon vermeyen çevre dostu, temiz yenilenebilir enerji kaynaklarına ilginin yeniden gündeme gelmesine yol açmıştır (Seydioğulları, 2013:20).

Günümüzde dünya geneline bakıldığında tüketilen enerjinin yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen kısmı yaklaşık yüzde 20’dir. Yıllar itibarıyla çevre dostu yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranları, fosil yakıtlara olan bağımlılığın yüksek seviyelerine rağmen giderek artmaktadır(Karagöl ve Kavaz, 2017:7).

Şekil 1.1’de belirtildiği gibi enerji kaynakları kullanımlarına göre yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları olarak ikiye ayrılırken; dönüştürülebilirlik özelliklerine göre de birincil ve ikincil enerji kaynakları şeklinde sınıflandırılabilirler (Kaya vd., 2018:220).



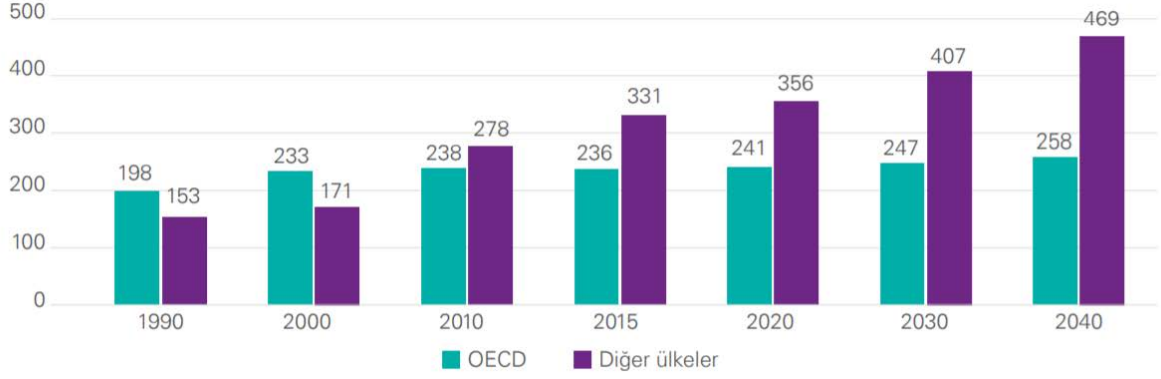
Şekil 1.1. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması

Dünyadaki tüm enerji kaynakları güneş enerjisi ile var olmakta ve yenilenebilir enerji kaynaklarının pek çoğu enerjisini doğrudan veya dolaylı biçimde güneşten sağlayabilmektedir. Bu nedenle enerji kaynakları sürekli olarak yenilendikleri için tükenmeleri söz konusu değildir. Kömür, gaz, petrol gibi fosil kaynaklı yakıtlar ve nükleer enerji gibi çekirdek kaynaklı yakıtlar ise tükenmekte ve yenilenemez enerji kaynağı olarak tanımlanmaktadır.

Literatürde enerji kaynakları ile ilgili olarak ticari ve ticari olmayan enerji kaynakları şeklinde bir sınıflama da yapılmaktadır. Ticari enerji kaynakları; ulusal/ uluslararası piyasası bulunan modern bir endüstriyel ekonomi ihtiyacını karşılayan enerji formlarını içeren enerji kaynakları olarak tanımlanırken, ticari olmayan enerji kaynakları ise geleneksel ekonomi sektörünün yararlandığı enerji olarak ifade edilmektedir (Bilginoğlu, 1991:123). Petrol, doğal gaz, nükleer enerji, su gücü vb. ticari enerji kaynaklarına, havyan artıkları, tarımsal artıklar vb. ticari olmayan enerji kaynaklarına örnek olarak verilebilmektedir.

Fosil yakıt rezervlerinin sınırlı olması, sürdürülebilir kalkınmada enerjinin rolünü de giderek arttırmaktadır. 2040 lı yıllara kadar küresel enerji tüketiminde ortalama yüzde 28 artışın söz konusu olacağı öngörülmekte ve bu artışın önemli bir bölümünün OECD (Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı) üyesi olmayan gelişmekte olan ülkelere kaynaklanacağı da varsayılmaktadır. Yüksek ekonomik büyüme oranları gelişmekte olan

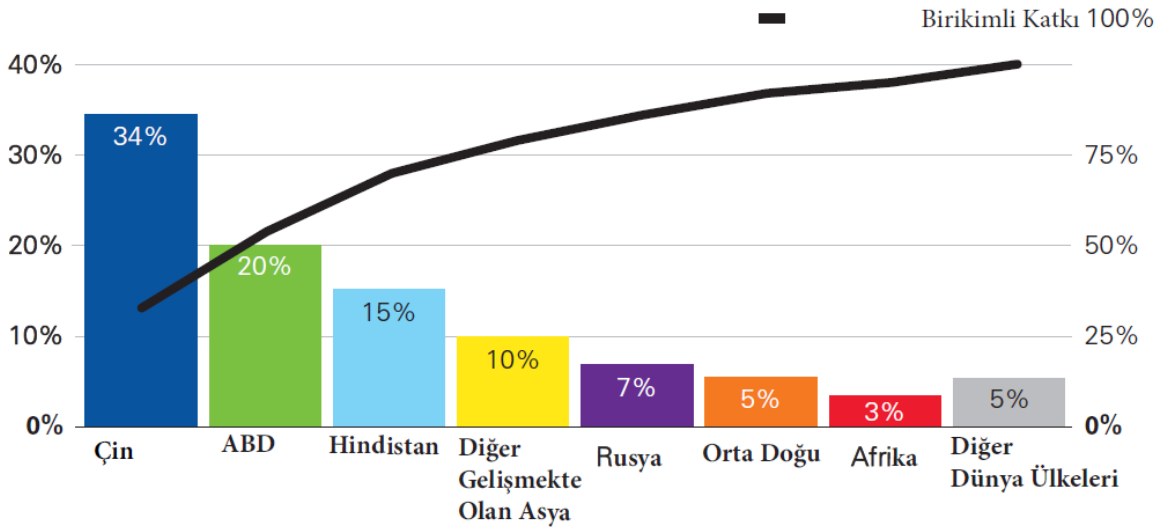
ülkelerin enerji tüketimlerini artış yönünde etkilemektedir. Özellikle Çin ve Hindistan başta olmak üzere, OECD üyesi olmayan ülkelerin enerji tüketimleri, OECD üyesi ülkelere göre oldukça yüksektir. Şekil 1.2.'de görüldüğü üzere bu farkın önümüzdeki yıllarda da artarak devam edeceğini söylemek mümkündür.



Şekil 1.2. Dünya Enerji Tüketimi, Katrilyon BTU.

Kaynak: (KPMG, 2018:3)

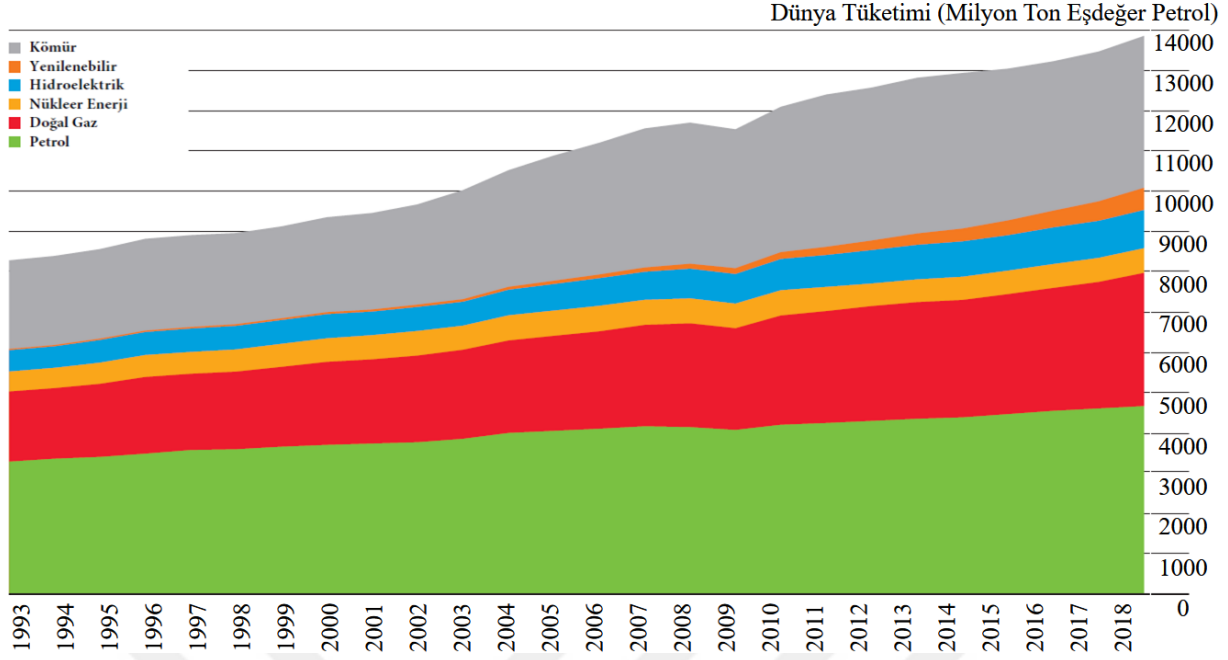
Şekil 1.3'de Dünyada ülkelerin birincil enerji büyümesine katkıları verilmiştir.



Şekil 1.3. 2018 Yılı için Birincil Enerji Büyümesi Katkısı (%)

Kaynak: (BPSRWE, 2019:3)

Şekil 1.3 incelendiğinde 2018 yılı için dünya birincil enerji kaynakları büyümesine %34'lük pay ile Çin en yüksek katkıyı sağlamaktadır. Sırasıyla ABD %20'lik payla ikinci sırada, Hindistan %15'lik payla üçüncü sıradadır. Afrika ülkeleri ise %3 ile en düşük paya sahiptir. Şekil 1.4'de 2018 yılı için enerji türüne göre küresel enerji tüketimi grafiği verilmiştir.



Şekil 1.4. 2018 Yılı için Enerji Kaynaklarına Göre Küresel Enerji Tüketimi

Kaynak: (BPSRWE, 2019:10)

BPSRWE (2019)'a göre küresel enerji tüketimi 2018'de % 2,9 artmıştır. 2018 yılı için rapora göre, büyüme 2010'dan bu yana 10 yıllık ortalamayı neredeyse ikiye katlayacak seviyelere ulaşmıştır. Tüm enerji türlerine olan talep artmış ancak büyüme özellikle doğal gaz (168 mtoe, küresel artışın % 43'ünü oluşturuyor) ve yenilenebilir enerji kaynaklarında (71 mtoe, küresel artışın % 18'i) daha fazla olmuştur(BPSRWE, 2019:10).

Dünya Enerji Konseyi'nin 2018 Küresel Yenilenebilir Enerji Raporu'na göre; yenilenebilir enerji açısından yenilenebilir güç kapasitesinde en yüksek artışın yaşanması, maliyetlerde azalma, teknolojiye olanak sağlayan gelişmelerin yaşanması ve artan yatırımlar gibi sebeplerle 2017 yılı önemli bir yıl olmuştur. Ulaşımın elektrifikasyonuna önem verilmesi, dijitalleşmedeki yükselişler, dünya çapında gerçekleşen enerji ihalelerinde yenilenebilir enerji kaynakları için en düşük tekliflerin sunulması, kömür ve petrole bağımlılığı azaltmayı vaat eden yeni politikalar, karbon fiyatlandırmalarına ilişkin ortaklıklar ve bu gibi konularda ülkeler bazında belirlenen yeni politikalar, girişimler, hedefler, yenilenebilir enerji kaynaklarının tercihini ve kullanımını oldukça etkilemektedir (DEK, 2018:1).

Ülkemizde ise enerji ihtiyacı artan nüfusuna, refah düzeyine ve sanayileşmedeki hızına bağlı olarak yükselmektedir. 2023 yılına kadar dünyanın en büyük 10 ekonomisinden biri olma hedefi ile hareket eden Türkiye'nin enerji konusundaki politikaları, bu hedefine ulaşmada üzerinde önemle durulması gereken konuların başında gelmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları açısından Türkiye'nin enerji konusunda izlediği politikalar ise sıkça

tartışılmaktadır mevcut yenilenebilir enerji kaynaklarının yeterince kullanılmıyor olması, enerji ihtiyacının ithalat yoluyla ve çevreye ciddi zararlar veren fosil kaynaklarla sağlanıyor olmasındandır.

Enerji kaynakları açısından geniş bir yerel piyasaya sahip olan ülkemiz, birçok büyük enerji tüketicisi ve tedarikçisi arasında önemli bir konuma sahiptir. Enerji Sektörü Raporu (TCCYOES, 2020)'ye göre; Türkiye son yıllarda enerji sektöründe özel sektör şirketlerinin de yer almasını teşvik ederek rekabetçi bir enerji piyasası oluşturmuştur. Yatırım desteği için özel sektöre yönelik daha fazla gerekli koşulun oluşturulması ile elektrik üretim sektöründeki bu özel şirketlerin 2002 yılında %40 olan payları hızla artarak 2018 yılında %80'lere kadar ulaşmıştır. Ayrıca rekabetçi bir enerji piyasası oluşturmak için enerji ve petrol ürünlerini de içeren enerji piyasalarının işletilmesi ve yönetilmesinden sorumlu olan EPIAŞ'ın (Enerji Piyasaları İşletme Anonim Şirketi) kurulması da atılan bir diğer adım olmuştur.

Türkiye'de, su, rüzgar, güneş, jeotermal enerji türleri gibi birçok yenilenebilir enerji türüne yönelik üretim fırsatı bulunmaktadır. Ülkenin toplam kurulu gücündeki yenilenebilir enerji kaynakları payının %30 gibi önemli bir seviyeye çıkartılması da 2023 yılı hedefleri arasındadır. Bu amaçla enerji verimliliği konusundaki kararlılık çerçevesinde bireysel ve kurumsal düzeyde enerji tasarrufunu destekleyici ilkeleri belirleyen yasalar yürürlüğe konmakta ve enerji verimliliği yatırımlarına olan teşvikler desteklenmektedir. Bu düzenlemeler içerisinde atık yönetimi teknolojilerinin kullanımının teşvik edilmesi, karbon salınımlarının azaltılması ve üretim/aktarım verimliliğinin artırılması gibi konular da önem arz etmektedir(TCCYODTR, 2020:1-25)

Tablo 1.1'de Türkiye'nin 2002 yılı itibariyle enerji kaynakları dağılımı kurulu güç ve üretim payı olarak verilmiştir.

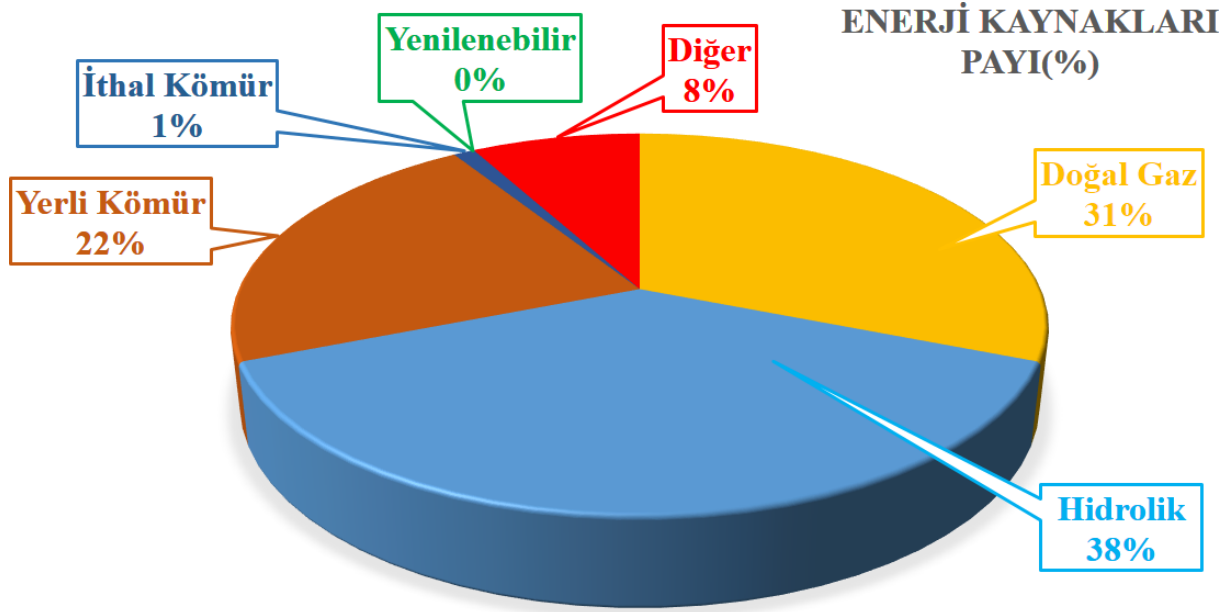
Tablo 1.1. Türkiye'de Enerji Kaynakları (Kurulu Güç ve Üretim-2002 Yılı)

Kaynaklar	Kurulu Güç MW)	Pay (%)	Üretim(TWh)	Üretim Payı(%)
Doğal Gaz	9,702	31	52.50	41
Hidrolik	12,241	38	33.50	26
Yerli Kömür	6,959	22	28.00	22
İthal Kömür	480	1	4.1	3
Yenilenebilir	34	0	2	0
Diğer	2,761	8	10.90	8
Toplam	31,846	100	129.40	100

Kaynak: (TCCYOESR, 2017:11)

Tablo 1.1 incelendiğinde 2002 yılı itibariyle Toplam kurulu güç 31,846 MW'dır. Bu kurulu gücün 12,241MW'ını hidrolik enerji kaynakları oluştururken yenilenebilir enerji

kaynakları ise sadece 34MW'lık bir paya sahiptir. Şekil 1.5'de 2002 yılı itibariyle enerji kaynaklarının Kurulu Güç Pay(%) grafiği verilmektedir.



Şekil 1.5. 2002 Yılı İtibariyle Türkiye Enerji Kaynakları Kurulu Güç Payı (%)

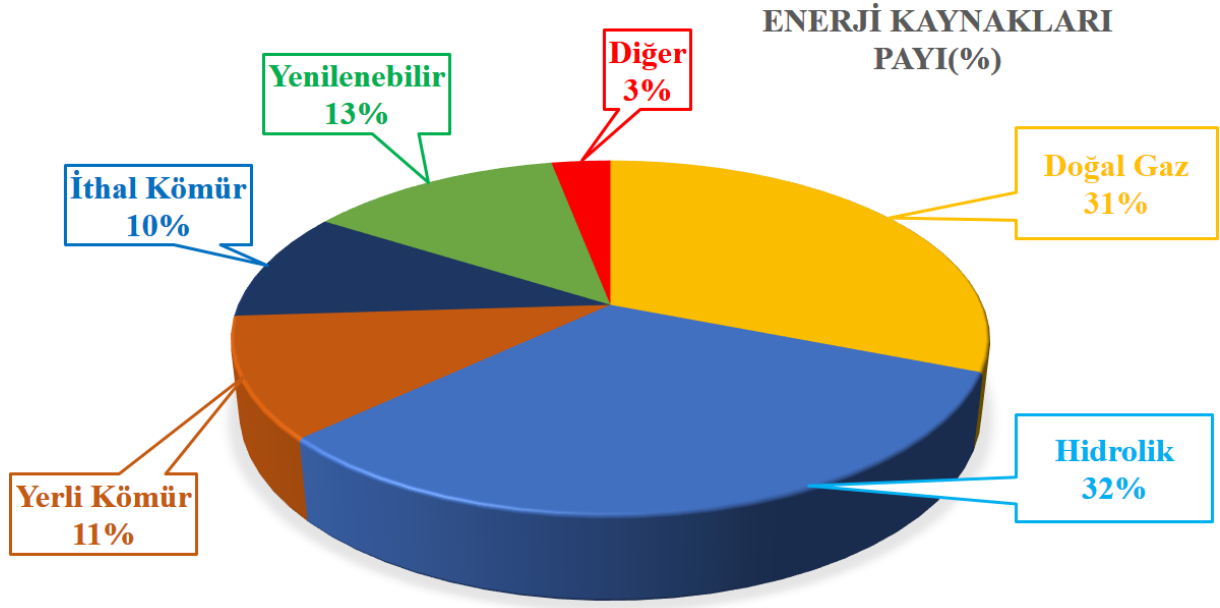
Şekil 1.5 incelendiğinde; 2002 yılı itibariyle Kurulu Güç olarak enerji kaynaklarından Hidrolik %38'lik pay ile birinci sıradadır. Sırasıyla Doğal Gaz %31, Yerli Kömür %22, Diğer %8, İthal Kömür %1'lik paylara sahiptirler. Şekil 1.5'den görüldüğü üzere Yenilenebilir Enerji kaynaklarının kurulu güç payı %0'dır. Benzer şekilde Tablo 1.2 ve Şekil 1.6 Türkiye'nin 2017 yılı itibariyle enerji kaynakları dağılımını göstermektedir.

Tablo 1.2. Türkiye'de Enerji Kaynakları (Kurulu Güç ve Üretim-2017 Yılı)




Kaynaklar	Kurulu Güç (MW)	Pay (%)	Üretim(TWh)	Üretim Payı(%)
Doğal Gaz	26,638	31	108.1	37
Hidrolik	27,273	32	58.3	20
Yerli Kömür	9,872	11	44	15
İthal Kömür	8,794	10	51.1	17
Yenilenebilir	11,000	13	26.5	10
Diğer	1,623	3	7.5	1
Toplam	85,200	100	295.5	100

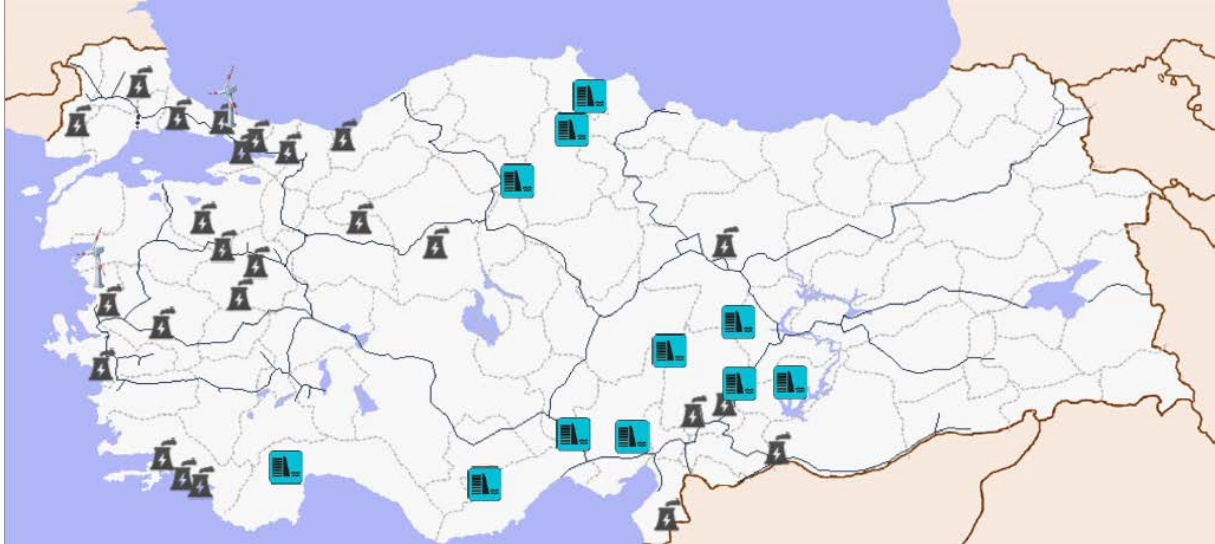
Kaynak: (TCCYOESR, 2017:11)

Tablo 1.2 incelendiğinde 2017 yılı için Türkiye'nin Toplam Kurulu Gücü 85,200 MW iken Toplam Üretimi ise 295,5 TWh'a ulaşmıştır. Yaklaşık 15 yıllık dönem içerisinde Yenilenebilir Enerji kaynaklarının toplam kurulu güç içerisindeki payı %13'e yükselmiştir. 2002 yılı itibariyle üretimdeki payı %0 iken %10'a ulaşmıştır. Şekil 1.6'da 2017 itibariyle enerji kaynaklarının kurulu güç payları (%) gösterilmektedir.



Şekil 1.6. 2017 Yılı İtibariyle Türkiye Enerji Kaynakları Kurulu Güç Payı (%)

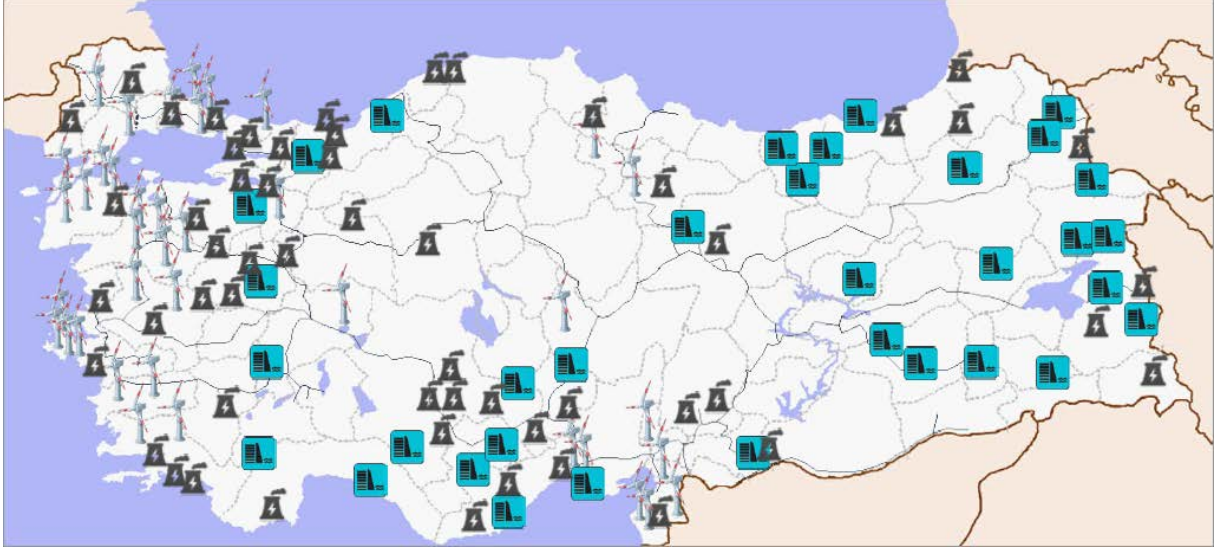
Şekil 1.7-Şekil 1.9'da Türkiye'de 2002, 2017 yılları itibariyle ve 2023 hedefi kurulu güç ve rüzgar gücü haritası verilmektedir. Haritalardaki semboller  (Hidrolik),  (Termik) ve  (Rüzgar) santrallerini göstermektedir.



Şekil 1.7. 2002 Yılı itibariyle Türkiye'nin Toplam Kurulu Gücü(31,846 MW) ve Rüzgar Gücü(17 MW) Haritası

Kaynak: (TCCYOESR, 2017:15)

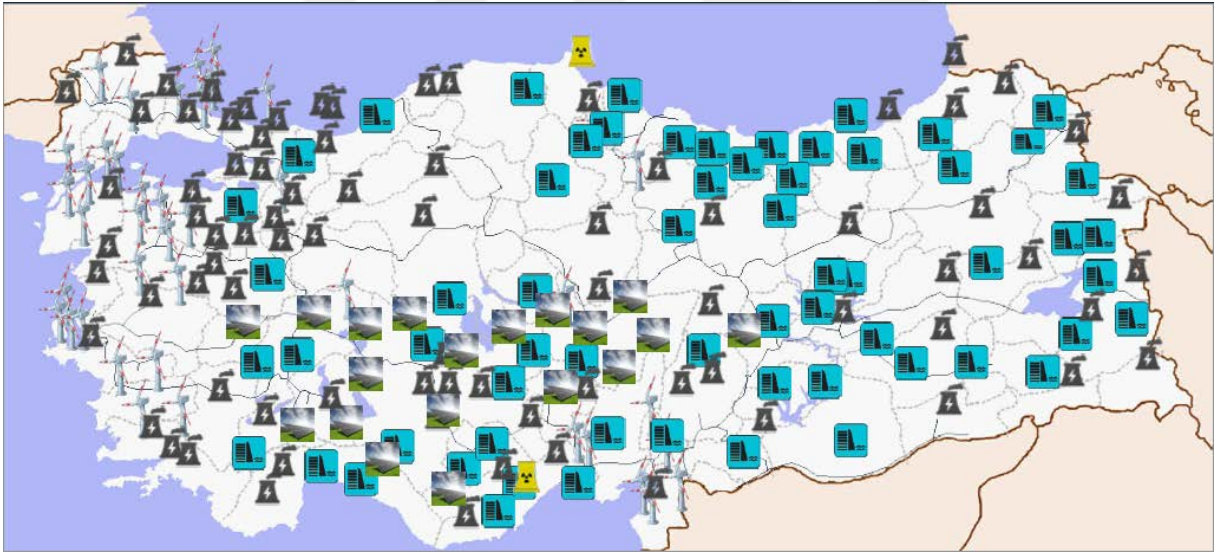
Şekil 1.7 incelendiğinde, Tablo 1.1'de verilen 2002 yılına ait toplam kurulu gücün dağılımı görülmektedir.



Şekil 1.8. 2013 Yılı itibariyle Türkiye'nin Toplam Kurulu Gücü (64,007 MW) ve Rüzgar Gücü(2,760 MW) Haritası

Kaynak: (TCCYOESR, 2017:16)






Şekil 1.8'de Türkiye'nin 2013 yılına ait toplam kurulu gücü ve rüzgar gücü dağılımı gösterilmektedir.



Şekil 1.9. Türkiye'nin 2023 Yılı itibariyle Planlanan Kurulu Güç ve Enerji Dağılımı

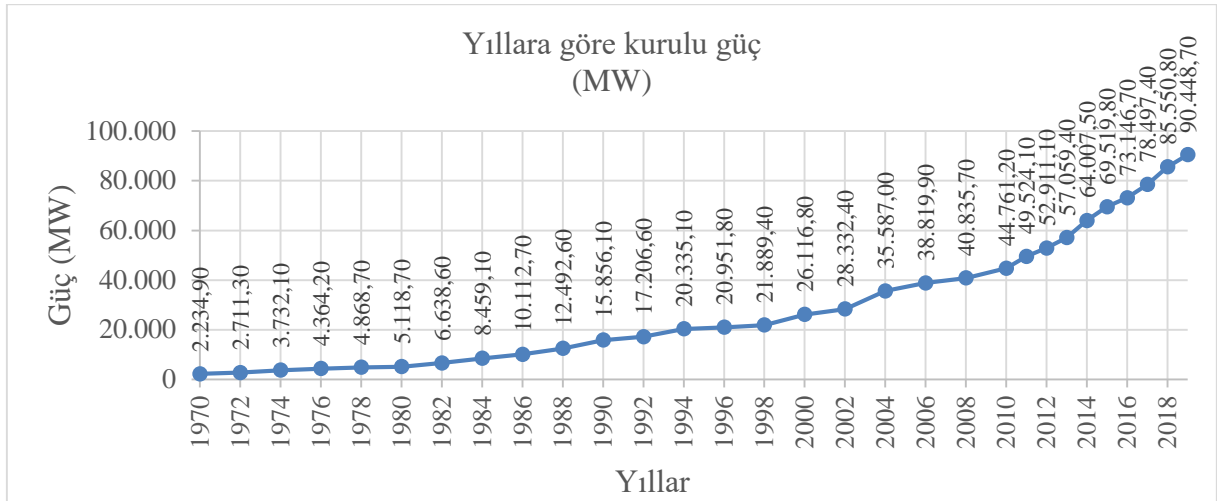
Kaynak: (TCCYOESR, 2017:17)

Şekil 1.9'da TCCYOESR (2017:17) Raporu'na göre 2023 yılı itibariyle planlanan

 (Hidrolik)
  (Termik)
  (Rüzgar)
  (Nükleer)
  (Güneş)
 enerjileri için toplam kurulu güç 120 GW iken kurulu gücün 20 GW'ı rüzgar enerjisi, 10 GW'lık ise 2 adet (Mersin-Sinop) nükleer enerji santrali dağılımını göstermektedir.

Enerji Sektörü Raporu ESR(2018:2)'e göre ise Türkiye’de artan enerji talebinin karşılanmasına yönelik önemli yatırımlar gerçekleştirilmiştir. Elektrik kurulu gücü 2007 sonunda 41 bin MW iken bu değer 2017 yılında 85 bin 200 MW’a kadar yükselmiştir. Buna göre Türkiye’nin kurulu gücünde 10 yıllık dönem içerisindeki artışın %108 oranında olduğunu söylemek mümkündür. 2016 yılında toplam 5 bin 900 MW’lık, 2017 yılında ise ilk dokuz ayında toplamda 3 bin 600 MW’lık kurulu gücünde yeni santral devreye girmiştir. 2017 yılı toplam kurulu güç içerisinde en yüksek kurulum artışının güneş enerjisi olarak gerçekleştiği yıldır. Rapora göre; güneş enerjisi kurulu gücü 2017 yılı sonunda bir önceki yıla göre üç kattan fazla artarak 2 bin 642 MW’a ulaşmıştır. Bu toplam kurulu gücün 6 bin 516 MW’ını rüzgar, 7 bin 497 MW’ını akarsular, 19 bin 776 MW’ını barajlar oluştururken 8 bin 794 MW’ı ithal kömür, 9 bin 773 MW’ı linyit ve 28 bin 637 MW’ı ise doğal gazdan oluşmaktadır.

Enerji sektörü raporuna göre; Türkiye’nin 2023 enerji planlamasında ülkenin kurulu gücünün 100 bin MW seviyelerine ulaşması ve yaklaşık 20 bin MW’lık rüzgar, 5 bin MW’lık güneş enerjisi kaynaklı üretim gerçekleşmesi öngörülmektedir. Planlanan bu seviyelere ulaşılabilmesi için rüzgarda bugünkü kurulu gücün yaklaşık 3,5 kat güneşte ise 5 kat artırılması gerektiği de tahmin edilmektedir. Rapora göre; mevcut görünümde kurulu güç içerisinde yenilenebilir enerjinin payı %43 civarında seyrederken, bu değer önümüzdeki dönemde %50’ye ulaşması beklenmektedir (ESR, 2018:6).



Şekil 1.10. Türkiye’nin yıllara göre enerji kurulu gücü dağılımı (MW)

Kaynak: (TEİAŞSR, Temmuz 2019: 1).

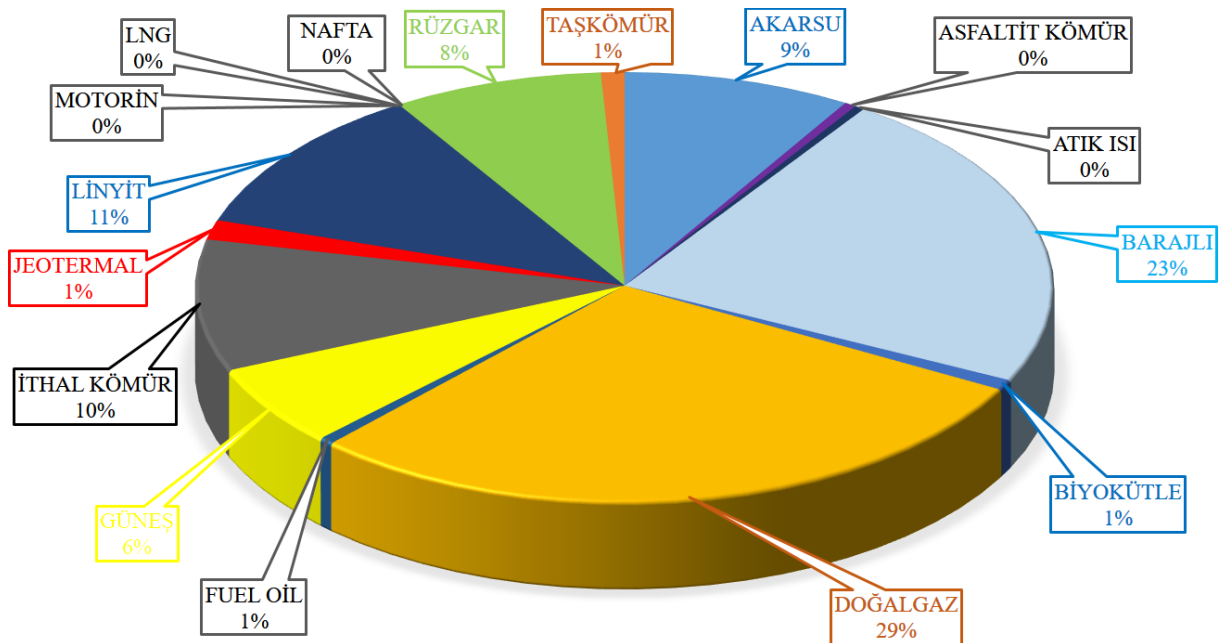
Şekil 1.10'da Türkiye'nin 1970-2019 tarihleri arasında yıllara göre enerji kurulu gücü dağılımı gösterilmektedir. 2019 Temmuz ayı itibariyle toplam kurulu gücün (90.448, 7MW) birincil kaynaklara ve santral sayılarına göre dağılımı ise Tablo 1.3'de verilmektedir.

Tablo 1.3. Türkiye'nin Birincil Kaynaklara Göre Kurulu Güç Dağılımı

BİRİNCİL KAYNAKLARA GÖRE SANTRAL ADETLERİ VE KURULU GÜÇ		
BİRİNCİL KAYNAK	SANTRAL ADEDİ	KURULU GÜÇ (MW)
AKARSU	543	7.842,10
ASFALTİT KÖMÜR	1	405
ATIK ISI	75	339,2
BARAJLI	122	20.582,40
BİYOKÜTLE	157	698,5
DOĞALGAZ	326	26.163,10
FUEL OİL	15	487,2
GÜNEŞ	6.410	5.513,30
İTHAL KÖMÜR	14	8.938,90
JEOTERMAL	48	1.335,50
LİNYİT	48	10.097,00
LNG	1	2
MOTORİN	1	1
NAFTA	1	4,7
RÜZGAR	257	7.228,00
TAŞKÖMÜR	4	810,8
TOPLAM	8.023	90.448,70

Kaynak: (TEİAŞSR, Temmuz 2019: 1)

Şekil 1.11'de ve Tablo 1.3'de verilen toplam kurulu gücün birincil kaynaklara göre dağılımı (%) gösterilmektedir.



Şekil 1.11. Türkiye'de Birincil Kaynaklara Göre Toplam Kurulu Gücün Dağılımı (%)

Şekil 1.11 incelendiğinde, Enerji kurulu gücünün %29'unu doğalgaz, %23'ünü barajlar, %11'ini linyit ve %10'unu ise ithal kömür oluşturmaktadır. Akarsu, rüzgar ve jeotermalin toplam kurulu güç içerisindeki payı ise %18 civarındadır. TEİAŞ verilerine göre Türkiye'de 2019 yılında toplam santral sayısı 8023'e ulaşmıştır (TEİAŞ, 2019: 1). Santral sayılarının dağılımı Tablo 1.3'de verilmektedir.

Son yıllarda enerji üretiminde fosil kaynaklara dayalı devam edebilme olasılığının oldukça azaldığı görülmekte ve fosil kaynakların yerine çevre dostu yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasının artırılması gereği ortaya çıkmaktadır. Bu anlamda günümüzde yenilenebilir enerji kaynaklarının desteklenmesine yönelik çalışmalar hızla artmaktadır. Benzer biçimde enerji literatüründe de söz konusu çalışmalara destek verilmesi önem arz etmektedir.

Literatürde yenilenebilir enerji kaynakları, rüzgar enerjisi sistemleri, fotovoltaik güneş enerji sistemleri ve hibrid enerji sistemleri ile ilgili yapılmış pek çok çalışma mevcuttur. Bu çalışmaların bir kısmı aşağıda özet olarak verilmektedir.

Akkaş (2001) çalışmasında, örnek bir bölgedeki yıllık enerji üretimini belirleyen rüzgar özelliklerini teknik olarak inceleyerek performans ve verimliliğini değerlendirmiştir. Akkaş bu çalışmasında ayrıca rüzgar sistemlerinin ürettiği elektrik gücündeki değişimlere değinerek, tek bir rüzgar türbini ile bir rüzgar çiftliğinden elde edilen elektrik gücünü karşılaştırmıştır.

Fingersh vd. (2006) çalışmalarında kara ve deniz rüzgar türbinlerinden elde edilen elektrik için maliyeti tahmin etmek üzere bir model geliştirmişlerdir. Model aynı zamanda Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYİH) ve Üretici Fiyat Endeksi (ÜFE) gibi ekonomik göstergelerdeki değişikliklerden de maliyet üzerindeki etkisini tahmin edebilecek biçimde tasarlanmıştır. Maliyet tahminleri türbin derecesi, rotor çapı, göbek yüksekliği ve diğer anahtar türbin tanımlayıcıları esas alınarak tahmin edilmektedir. Çalışmada yıllık enerji üretimi, rüzgarın Weibull olasılık dağılımına, türbinin fiziksel tanımına, fiziksel sabitlere dayanılarak aerodinamik ve mühendislik ilkelerinden elde edilen tahminlere dayanılarak elde edilmiştir.

Ata ve Çetin (2008) çalışmaları ile Celal Bayar Üniversitesi, Kırkağaç MYO Yerleşkesi'ne, 3kWh enerji kapasiteli otonom (şebeke bağlantısız), değişken hızlı, üç kanatlı olup kule yüksekliği 15 metre olan bir rüzgar türbini kurulmuştur. Bu çalışmada türbin üzerinde gerekli ölçümler yapılarak $C_p-\lambda$ eğrisi çizdirilmiş ve yıllık bazda elde edilebilecek

enerji miktarı, kurulan rüzgar türbinine en yakın ölçüm lokasyonu olan Akhisar (10m) ölçümleri baz alınarak hesaplanmıştır.

Özkaya vd. (2008) çalışmalarında, yenilenebilir enerji kaynaklarından olan rüzgar enerjisiyle elektrik üretim sistemlerini incelemişler ve Kayseri ili için çevresel etkilerinin değerlendirilmesini yapmışlardır.

Ertuğrul ve Kurt (2009) çalışmalarında Rüzgar Enerjisi, Güneş Enerjisi, Jeotermal Enerjisi, HES ve Küçük Ölçekli Hidro Elektrik Santrali (KÖHES) gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının maliyet analizlerini yaparak, sürdürülebilir enerji yatırımlarıyla ilgili teorik bilgiler sunmuşlardır.

Hafez ve Bhattacharya (2012)'nin çalışmalarında, çevresel emisyonları ve kullanım ömrü maliyetini en aza indirgeyerek bir hibrid sistemin optimum tasarımı, planlanması, boyutlandırılması ve işletilmesi üzerinde durulmaktadır.

Keleş vd. (2013)'nin çalışmalarında, bir rüzgar türbini hesaplamaları, modellenmesi ve imalatı gerçekleştirilmiştir.

Koç ve Şenel (2013) çalışmalarında Türkiye'deki birincil enerji kaynakları başta olmak üzere enerji kaynaklarının rezerv, üretim-tüketim durumlarını inceleyerek sektörel bazda ve kişi başına enerji kullanımı gibi konuları analiz etmişlerdir.

Elibüyük ve Üçgül (2014) çalışmalarında rüzgar türbinleri, çeşitleri ve rüzgar enerjisi depolama yöntemleri hakkında bilgi vermişlerdir.

Şengül vd. (2014) ise çalışmalarında Gökçeada bölgesi için rüzgar, güneş, hidrolik ve biyoyakıt açısından yenilenebilir enerji potansiyeli ve kapasitesi analizini yapmışlardır. Bulgularına göre Gökçeada bölgesinde yenilenebilir enerji sistemlerinin desteklenmesi gerektiği sonucuna ulaşmışlardır.

Arıkan vd. (2015)'in çalışmalarında ise Elmadağ bölgesindeki rüzgar enerjisi potansiyeli, 2012-2013 yılları arasında saatlik olarak ölçülen rüzgar hızı verileri kullanılarak istatistiksel olarak analiz edilmiş ve bölgedeki rüzgar yatırımlarının ekonomik analizi yapılmıştır.

Kaya ve Koç (2015)'un çalışmalarında Türkiye'de enerji üretimi amacıyla kullanılan santrallerin durumu ile Türkiye'nin enerji üretim potansiyeli belirlenmiştir ve genel olarak santralin kuruluş maliyeti, işletme-bakım maliyeti gibi enerji maliyetine etki eden faktörler araştırılarak karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Şanlı ve Günöz (2018) ise Mersin'in Mut ve Gülnar ilçeleri için RETScreen programını kullandıkları çalışmalarında farklı güçlerde (0,8, 4 ve 8 MW) kurulacak olan rüzgar enerji santrali (RES) yatırımlarının karşılaştırmalı fizibilite analizini yapmışlardır.

Fotovoltaik güneş enerjisi sistemleri ile ilgili dünyada ve ülkemizde yapılmış olan çalışmalardan bazıları aşağıda verilmektedir:

Salmanoğlu ve Çetin (2013) çalışmalarında rüzgar ve fotovoltaik otonom hibrid sistemlerinin optimum maliyet ve boyut tasarımı için bir paket yazılım geliştirmişlerdir. Hazırladıkları paket yazılımla Türkiye'de ki 81 il ve bu illere ait toplam 921 ilçe merkezi için, enerji ihtiyacına göre rüzgar enerjisi sistemi, fotovoltaik sistem ve rüzgar-fotovoltaik hibrid sistemlerin optimum maliyet ve boyutları tasarlanabilmektedir.

Chel vd. (2009)'nin çalışmalarında dünyada mevcut güneşli saatlerin sayısına dayalı bağımsız bir fotovoltaik güç sistemi (SAPV) için büyüklük ve maliyet metodolojisi araştırmışlardır. Çalışmada PV sisteminin 3,65 kWh / gün elektrik yükü için boyutlandırılması ve maliyeti dünyanın farklı kıtaları için incelenmiştir.

Dinçer (2011) çalışmasında ülkemizin güneş enerjisi potansiyeli dikkate alınarak Avrupa Birliği ülkeleri ile karşılaştırmalı bir analiz yapılmıştır. Ayrıca çalışmada güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimi maliyet analizleri de elde edilmiştir.

Öztürk ve Dursun (2011)'in çalışmalarında alternatif enerji kaynaklarından biri olan fotovoltaik sistem (PV) analizi yapılmıştır. Analiz sonuçları, PV'in ekipmanlarını, seçimini ve bir PV'deki gerekli tüm hesaplamaları ele içermektedir.

Genç ve Seyitoğlu (2011) çalışmalarında 2000-2007 yılları arasında için Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMİ)'nden aldıkları saatlik güneşlenme verilerini kullanarak Kayseri iline ait güneş enerjisi potansiyel ve maliyet analizi yapmışlardır.

Gielen (2012) ise çalışmasında uluslararası yenilenebilir enerji ajansı (IRENA) üyesi ülkelere yönelik yenilenebilir enerji teknolojisi seçeneklerinin mevcut maliyetlerini ele alan güneş, rüzgâr, biyokütle, hidroelektrik ve yoğunlaştırılmış güneş enerjisi mevcut dağıtım durumu, mevcut teknolojilerin türleri ile maliyet ve performanslarına ilişkin bilgiler vermiştir.

Korfiati vd. (2016) çalışmalarında küresel güneş enerjisinin etkin bir web haritasını çıkarmak için açık veri kullanmışlardır. Teknik olarak mevcut küresel güneş enerjisi potansiyeli yaklaşık 613 PWh/y olarak tahmin edilmiştir ve fotovoltaik üretimin maliyeti

hesaplanmıştır. Bulgularına göre bu maliyet 0.03 - 0.2 \$ / kWh gibi oldukça düşük değerleri göstermiştir.

Buyuksalih vd. (2017) ise çalışmalarında İstanbul için bu güneş enerji tahmin projesi geliştirmişler ve uygulamalarında CityGML LoD2-LoD3'ü kullanmışlardır. Model ve analizlerini, çeşitli özelleştirilmiş araçlar ve işlevler geliştirerek 3D Oyun motoru kullanarak gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonuçları, günde, haftada, ayda ve yılda, tüm alan için alınan potansiyel güneş enerjisi tahminlerini de elde ederek güneş paneli kurulumuna karar vermede yardımcı olmaktadır.

Taktak ve Ilı (2018) çalışmalarında, Uşak ilinin Güneş Enerji Santrali Projesi için arazi seçimini, konum analizlerini, Güneş Enerji Sistemi kurulum aşamalarını ve maliyet modelini incelemiştir. Çalışmada ayrıca bir SWOT analizi de yapılmıştır.

Hibrid enerji sistemleri ile ilgili yapılan çalışmalardan bazıları ise aşağıdaki gibidir:

Deb vd. (2012) çalışmalarında PSCAD yazılımı kullanılarak rüzgar enerjisi ve hidrolik güç kaynağı kullanılarak bir hibrid sistem dizayn edilmiştir.

Goel ve Ali (2014)'nin çalışmalarında Hindistan'daki Odisha'daki Kendrapara bölgesinin bir ada köyünde bulunan uzak alan telekom kulesine güç sağlamak için çeşitli hibrit sistem modellerinin maliyet analizi yapılmıştır. Çalışma modeli Model, HOMER yazılımı kullanılarak optimize edilmiştir.

Sıddique vd. (2015)'in çalışmalarında Pakistan, Taxila'da bir rüzgar-güneş sisteminin, mevcut bir dizel enerji santraline entegre edilebilmesi için uygun maliyetli bir çözüm üretilmeye çalışılmış ve HOMER yazılımı kullanılmıştır.

Kaurav ve Yadav (2016) çalışmalarında rüzgar ve güneş enerji sistemlerini kullanarak doğanın dengesine zarar vermeden uygun maliyetle elektrik üretimini sağlayacak hibrid sistemler hakkında bilgi vermişlerdir.

Khare vd. (2016)'da, Hibrid yenilenebilir enerji sistemlerinin fizibilite analizi, optimum boyutlandırma, modelleme, kontrol ve güvenilirlik konuları gibi çeşitli yönlerinin kapsamlı bir incelemesi sunulmuştur.

Sawle vd. (2016) çalışmalarında hibrid sistem konfigürasyonu, modellemesi, yenilenebilir enerji kaynakları, hibrid sistem kriterleri, sistemin optimizasyonu, kontrol stratejileri ve optimum boyutlandırma için kullanılan yazılımlar ile ilgili bilgiler vermişlerdir. Ayrıca çalışmada karşılaştırmalı çeşitli bağımsız hibrid kombinasyonlarının örnek çalışması

olarak Hindistan, Barwani bölgesi için FV-rüzgar –Akü-DG hibrid sisteminin tüm çeşitli hibrid sistem kombinasyonları arasında maliyet ve emisyon açısından en uygun hibrid çözüm olduğu bulunmuştur.

Arıkan ve Çam (2017) çalışmalarında rüzgar ve güneş enerjisi sistemlerinin potansiyel, enerji üretimi ve ekonomik analizlerini gerçekleştirmek için web tabanlı bir yazılım geliştirmişlerdir. Yazılımın örnek uygulaması Amasra bölgesi için yapılmış ve Rayleigh istatistiksel dağılımı kullanılarak saatlik rüzgar hızları incelenmiştir.

Karadöl vd. (2017)'de sıfır karbon emisyonu olan elektrik üretmek için Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Avşar kampüsünde, güneş ve rüzgar enerjili hibrid bir sistem tasarımı yapılmıştır. Hibrid sistemden elde edilen değerler veri kaydedicisi ile anlık olarak kaydedilerek, güneş panelinden ve rüzgar türbininden günün farklı kısımlarında akım ve gerilim değerleri alınmıştır. Çalışma bulgularına göre elde edilen elektrik enerjisinin bir ev için günlük ihtiyaç duyulan enerji ihtiyacını karşılayabileceği önerisinde bulunulmuştur.

Abd-El Mageed (2018)'in çalışması Mısır'daki El-Şeyh Zayd kentindeki elektrik yükleri için yenilenebilir enerji hibrid sisteminin optimizasyonunun boyutlandırılması ve ekonomik analizine dayalıdır. Çalışmada HOMER yazılımı hibrid FV / dizel enerji sisteminin ekonomik fizibilitesini gerçekleştirmek için kullanılmıştır.

Grigoriev vd. (2018) ise çalışmalarında fotovoltaik paneller, rüzgar türbini ve elektrokimyasal enerji depolama ve kuzey bölgelerindeki güç kaynağı için üretim sistemlerine dayalı hibrid enerji santrali tasarımı sunmuşlardır.

Aziz vd. (2019)'çalışmalarında ise HOMER yazılımını kullanarak Fotovoltaik, Dizel, Akü hibrid sistemi için teknolojik, ekonomik ve çevresel açıdan performansı için bir optimizasyon analizi yapmışlardır.

Bu tez çalışmasında; kurulması düşünülen (rüzgar ve güneş gibi) hibrid enerji sisteminin potansiyelini ve verimliliğini değerlendirmek ve gelecekteki enerji potansiyelini öngörmek üzere bir paket program geliştirilmiştir. Rüzgar ve güneş enerjisi sistemlerinin sürekli ve yeterli güçlerde enerji sunumu yapması her zaman mümkün olmamaktadır. Bu sistemlerin birlikte kullanımları ihtiyaç duyulan enerji üretimlerini sağlayabilir. Geliştirilen yazılım güneş ve rüzgar verilerini kullanarak enerji hesaplamaları yapabilmektedir. Yıllık ve dönemsel olarak yapılan hesaplamalarla kurulması planlanan sistemlerin enerji performansları bulunarak en uygun enerji sistemi modelinin seçiminin yapılabilmesine destek olması beklenmektedir. Yapılan hesaplama sonuçlarının kurulacak sistem tasarımlarında rüzgar

enerjisi ve fotovoltaik güneş enerjisi sistemlerinin bağımsız veya birlikte kullanılmalarının verimli olduğunu gösterebilmektedir. Hesaplamalar desteği ile yapılacak yatırım tercihlerinin verimli yatırımları desteklemesi öngörülmektedir.

Gelir hesaplamalarında kullanılan birim maliyetler gerektiğinde veri tabanından güncellenebilecektir. Yazılım ile muhtemel üretilebilecek enerji ve gelirleri hesaplanabilecektir. Rüzgar türbinlerinin ve fotovoltaik güneş enerjisi sistemlerinin tahmini ömürleri 25-30 yıl kabul edildiğine göre 5-8 yıl veya daha azı sürelerde kurulum maliyetleri karşılanabilen sistemler verimli kabul edilerek buna göre sistem kurulumu değerlendirilerek tavsiye edilebilecektir. Geliştirilen paket program desteği ile potansiyel analizi hesaplama sonuçlarına bağımlı olarak rüzgar veya fotovoltaik güneş enerjisi sistemlerinin birlikte veya bağımsız kurulumlarının uygunluğuna karar verilmesine destek olması beklenmektedir.

Türkiye'nin rüzgar enerjisi potansiyeli ve güneş enerjisi potansiyeli hakkında giriş bölümünde kısa bilgi verilerek tez çalışmasının ikinci bölümünde rüzgar enerji sistemlerinden bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde güneş enerji sistemleri, dördüncü bölümde ise hibrit enerji sistemleri tanıtılmıştır. Rüzgar, güneş ve hibrit enerji sistemlerinin analizi için geliştirilen paket yazılım başlıklı beşinci bölümde ise yazılım geliştirme ortamı tanıtılarak yazılım çalışmaları hakkında ayrıntılı bilgi verilmiştir. Tez çalışmasının altıncı bölümü ise geliştirilen yazılım ile Bilecik ili Pazaryeri ilçesinde güneş ve rüzgar enerjisi potansiyeli hesaplamalarını içermektedir. Sonuç ve önerilerin yer aldığı yedinci bölümde ise tez çalışması hakkında kısa bilgi verilerek elde edilen bulguların değerlendirilmesi yapılmıştır.

2. RÜZGAR, GÜNEŞ ve HİBRİT ENERJİ SİSTEMLERİ

Rüzgar ve güneş enerjisi sistemleri yenilenebilir ve çevre dostu enerji kaynaklarıdır. Fosil yakıtlarının yerine kullanılmaya aday olmaktadır. Sözü geçen enerji kaynaklarında süreklilik ve enerji potansiyeli yetersizliği söz konusudur. Bu tür olumsuzlukları ortadan kaldırmak veya azaltabilmek amacıyla farklı yenilenebilir enerji sistemlerinin birlikte kullanılması ile hibrit enerji sistemleri fikri ortaya çıkmıştır. Bu bölümde rüzgar, güneş ve hibrit enerji sistemleri hakkında genel anlamda kısaca bilgi sunulmaktadır.

2.1. Rüzgar Enerji Sistemleri

Bu bölümde sırasıyla rüzgar enerjisinin tarihçesi, rüzgar enerjisinin faydalı ve mahsurlu yönleri ve rüzgar türbinleri hakkında kısa bilgiler verilmektedir.

2.1.1. Rüzgar Enerjisinin Kısa Tarihçesi

Rüzgar enerjisi ilk çağlardan itibaren denizcilik, sulama, suyun pompalanması vb. amacıyla kullanılmaktadır. M.Ö. 5000'li yıllarda Nil Nehri boyunca tekneleri yürütebilmek ve M.Ö. 200'lerde ise Çin'de rüzgarla çalışan basit su pompalarını çalıştırabilmek için rüzgardan yararlanmışlardır. Yaklaşık M.S. 7. yüzyılda Pers(bugünkü İran) ve Orta Doğu'da da yel değirmenleri tahıl öğütmek amacıyla kullanılmıştır. M.S. 12. yy.'da ise yel değirmenlerinden Avrupa ülkelerinde yararlanılmaya başlanmıştır. İlk yel değirmenlerinin kanatları yatay konumdayken Avrupa'da kullanıldığı dönemlerde Hollanda ve Birleşik Krallık değirmenlerin kanatlarını dikey konuma getirerek yararlanmışlardır. 18. yy.'ın ortalarında bir İngiliz mühendis yel değirmenlerinin rüzgar yönüne göre hareket etmesini sağlayacak biçimde kuyruk fanı icat edilmiştir (Gültutan, 2013:55; WTYM, 2020).

Günümüzde modern yel değirmenleri rüzgar türbini adı ile elektrik enerjisi üretiminde kullanılmaktadır. Demirden bir kule üzerinde 17 m. çapında kanatları olan ilk rüzgar türbinini 1887 yılında ABD'li bilim adamı Charles F. Brush elektrik üretmek üzere icat etmiştir(HWT, 2020). 1899 yılında Danimarkalı bilim adamı Poul La Cour, Brush'un rüzgar türbinini kavisli kanatlar kullanarak geliştirmiştir. Böylece 1918 yılında ilk olarak Danimarka'nın elektrik enerjisinin %3'ü rüzgar türbinleri ile üretilmiştir(Özel, 2016: 2). 1979'lu yıllarda pek çok rüzgar türbininin kurulması ile Danimarka'da modern biçimde rüzgar enerjisinden yararlanılmaya başlanmıştır. 1930'lu yıllarda icat edilen küçük rüzgar makinaları ile türbin pilleri şarj edilmeye başlanmış ve rüzgar türbinleri gelişen teknolojiyle birlikte çeşitlilik göstermişlerdir. 1960'larda Almanya'da Profesör Ulrich Huger tarafından tasarlanan rüzgar

türbinleri iki kanatlı ve fiberglas, plastik maddelerden geliştirilmiştir. Rüzgar enerjisinden elektrik üretiminde 1960'lı yıllardan sonra ekonomik sebeplerden dolayı azalma meydana gelmiştir. Rüzgar enerjisi bir duraklama dönemine girerek daha ucuz olan fosil yakıt kullanımı ile termik santraller popüler olmaya başlamıştır. 1980'lerde farklı türbin şekilleri geliştirilerek düşey yatay eksenli türbin modelleri üretilmiştir (Leung ve Yang, 2012: 4). Bu tarihlerde türbinlerde kanat sayısı da 3'e yükselmiştir; (Elibüyük ve Üçgül, 2014: 5). Rüzgar enerjisi tarihteki gelişimi ile 2000'li yılların başlangıcından günümüze kadar yenilenebilir enerji kaynakları içinde önemli bir enerji kaynağı olarak yerini korumaktadır. Rüzgar enerjisinin bir çok faydalı ve mahsurlu yönleri vardır. İzleyen bölümde yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgar enerjisinin faydaları ve mahsurlarından bahsedilmektedir.

2.1.2. Rüzgar Enerjisinin Faydalı ve Mahsurlu Yönleri

Rüzgar enerjisinden yararlanmanın pek çok faydaları söz konusudur (Wilburn, 2011: 6).

1. Rüzgar Enerjisi tükenmez sınırsız bir enerji kaynağıdır.
2. Doğrudan mekanik enerji olarak kullanılabilir.
3. Büyük miktarda enerji üretme konusunda muazzam bir potansiyele sahip bir enerji kaynağıdır.
4. Çevreyi kirletmeden rüzgar enerjisinden yararlanılabilir.
5. Rüzgar türbinleri asit yağmuru veya sera etkisi yaratabilecek emisyon gazı yaymamaktadır.
6. Rüzgar enerjisi güneş enerjisi ve hidroelektrik gibi doğal bir fiziksel kaynakla elde edilmektedir.
7. Güvenilir sürekli bir elektrik üretimi sağlamak amacıyla güneş enerjisi ile birlikte kullanılabilir.
8. Rüzgar yerel bir enerji kaynağı olarak enerji üretilebilen türbin grupları ile dünya genelinde iş imkanları yaratmaktadır.
9. Genel olarak rüzgar enerjisi santralleri için kullanılan türbinlerin her biri en fazla 100 m²'lik bir alan kaplamaktadırlar. Kanat çapına ve rüzgar rejimine bağlı olarak her bir türbinin birbirlerinden uzaklıkları ise 50 ile 200 m. arasında olabilmektedir. Bu uzaklıklardan dolayı boş arazilerin tarım gibi diğer başka faaliyetler için kullanılması da mümkündür.

10. Rüzgar türbinleri modüler oldukları için herhangi bir büyüklükte imal edilmeleri ve sökülüp başka bir yere istenildiğinde sorunsuz olarak parçalar halinde taşınabilmeleri mümkündür. Türbinler tek olarak ya da gruplar halinde kullanılabilirler. Ömrünü tamamlamış olan rüzgar türbinlerinin ek söküm maliyetleri mevcut değildir ve sökülen türbinlerin hurda değeri söküm işlemleri maliyetlerini karşılayabilmektedir. Ayrıca kullanılan alan/arazi santrallerin ömürlerini tamamlamasından sonra ilk haline kolayca getirilebilmektedir.

11. Fosil yakıt kaynakları sınırlı olup yapılan araştırmalar 2030 yılında bu rezervlerin tükeneceğini öngörmektedir. Dünya enerji kaynaklarının ömürleri incelendiğinde sonsuz bir enerji kaynağı olan rüzgar enerjisi en verimli kabul edilmektedir.

Rüzgar enerjisinin faydalı yönleri yanında bazı mahsurları da bulunmaktadır(Göktaş, 2018: 58).

1. Rüzgar enerjisi, yoğun üretim süresinde yüksek bir depolama maliyeti gerektirmektedir.

2. Rüzgar enerjisi çiftlikleri kurmak için geniş elverişli arazilere ihtiyaç duyulmaktadır.

3. Rüzgar gibi doğa olaylarının belirsizliği ve öngörülememesi rüzgar enerjisini güvenilir olmayan bir enerji kaynağı haline getirmektedir.

4. Rüzgar türbinlerinin kurulduğu bölge üzerinde görsel ve estetik bir etkisi söz konusudur.

5. Rüzgar türbinleri gürültü kirliliği yaratabilmektedir.

6. Rüzgar enerjisi rüzgarın yeterince kuvvetli olduğu bölgelerde ve dönemde kullanılabilir.

7. Genellikle rüzgar türbinlerinin kurulduğu bölgeler, elektrik talebinin bulunduğu yerleşim bölgelerinden uzakta olduğundan aktarım maliyetini arttırmaktadır.

8. Rüzgar türbininin ortalama verimliliği, fosil yakıtlara göre daha azdır. Bu nedenle benzer miktarda enerji ihtiyacı için bir çok rüzgar türbinine ihtiyaç duyulmaktadır.

9. Rüzgar türbinleri yaban hayatı için bir tehdit oluşturabilmektedir. Kuş ölümlerine neden olabilirken, radyo ve TV alıcılarında parazitlenme yapabilmektedir. (Türbinlerin haberleşme sistemlerinde parazit oluşturması ise 2-3 km lik alanla sınırlı kalmaktadır.)

10. Bir başka mahsurlu yön ise, iyi derecede rüzgar alan bölgelerde arazilerin elde edilmesindeki güçlükler veya sit alanı olarak görülmesinden dolayı karşılaşılan problemlerdir.

11. Ülkemizi de ilgilendiren bir başka durum ise bu tip rüzgar santrallerini kurmak için gerekli malzemelerin bir çoğunun ithal edilmesi ve bu sebeple maliyetlerinin yüksek olmasıdır. Bu sorun yerli sanayinin kullanımı ile büyük ölçüde ortadan kalkabilecektir.

12. Rüzgar türbinlerinin zaman içinde yıpranan mekanik parçalara sahip oldukları için bakım maliyetleri de yüksektir.

Rüzgar enerjisi ile ilgili bu tür kısıtlamalara rağmen rüzgar enerjisi sistemlerinin kullanımına verilen önem hala yerini korumaktadır.

2.1.3. Türkiye'nin Rüzgar Enerjisi Potansiyeli

Ülkelerin kalkınmalarının sürekliliği için kullanılan enerji kaynaklarının, sürekli, kaliteli, ekonomik ve çevreyle uyumlu olması gereklidir. Teknolojik açıdan ve kullanımı en hızlı gelişme göstermekte olan ve ekonomik açıdan diğer önemli enerji kaynakları ile rekabet edebilir konuma gelen en önemli yenilenebilir enerji kaynaklarından birisi rüzgar enerjisidir. Rüzgar enerjisi dünyanın en büyük sorunlarından çevre kirliliğine de çözüm olabilecek potansiyeli en yüksek alternatif enerji üretimi yöntemidir. Rüzgar enerjisi aynı zamanda Türkiye için en önemli yenilenebilir enerji kaynaklarından birisidir. Türkiye'nin toplam enerji potansiyeli Rüzgar Enerjisi Potansiyeli Atlası'na (REPA) göre yaklaşık 48000 MW'tır. Elektrik üreten rüzgar santrallerinin toplam kurulu güç içerisindeki payı sırasıyla 2010 ve 2016 yılları itibarıyla yaklaşık % 2,67 ve % 7,3'tür (Cetin ve Alpkaya, 2019: 1). Yaklaşık altı yıllık bir dönemde rüzgar enerji santrallerinin toplam kurulu güç içindeki payı dikkate değer bir artışla % 5 oranına ulaşmıştır. Türkiye'nin rüzgar enerjisi potansiyelinin birçok ülkeye göre yüksek olması Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarının başında gelen rüzgar enerjisi kullanım çalışmalarını arttırmaktadır. Tablo 2.1'de rüzgar enerjisi yatırımı yapılan illerimiz ve yatırım kapasiteleri en büyükten en aza doğru sıralı biçimde verilmektedir.

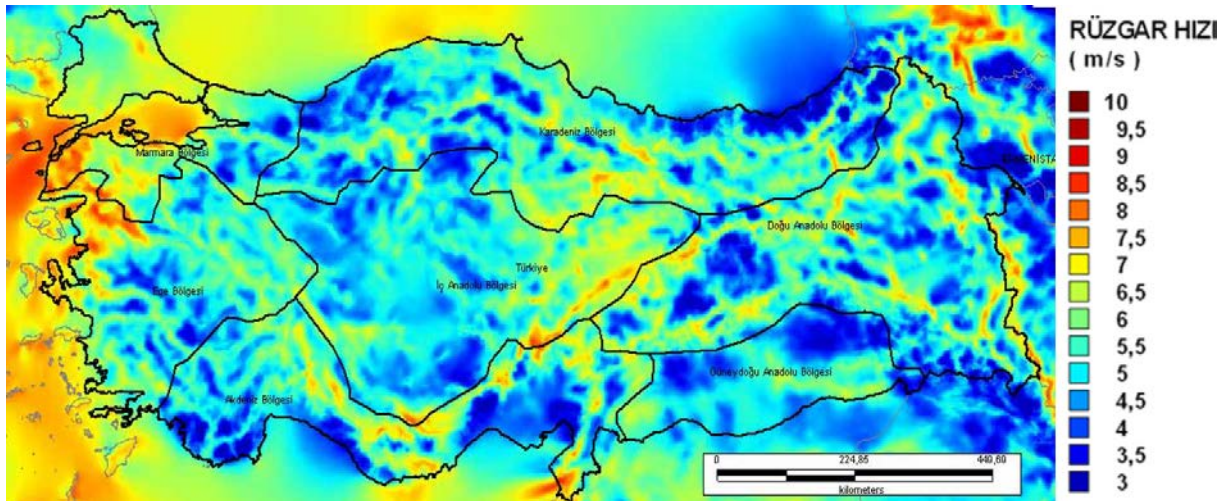
Tablo 2.1. Türkiye’de 2019 yılında illere göre devrede olan rüzgar enerjisi kapasiteleri

S	İl	Devrede (MW)	S	İl	Devrede (MW)
1	İzmir	1.462,20	16	Tekirdağ	155,80
2	Balıkesir	1.135,00	17	Sivas	155,30
3	Manisa	669,95	18	Tokat	140,70
4	Çanakkale	505,60	19	Amasya	139,00
5	Hatay	364,50	20	Bursa	128,40
6	Kayseri	275,10	21	Kahramanmaraş	86,40
7	Afyon	268,45	22	Yalova	86,40
8	Osmaniye	265,30	23	Edirne	85,60
9	İstanbul	256,90	24	Gaziantep	65,55
10	Aydın	237,20	25	İsparta	61,20
11	Mersin	218,70	26	Uşak	54,00
12	Kırklareli	199,60	27	Bilecik	40,00
13	Muğla	197,25	28	Adıyaman	27,50
14	Kırşehir	168,00	29	Malatya	11,70
15	Konya	164,90	30	Kocaeli	10,20

Kaynak: (TREİR, Temmuz 2019:12)

Tablo 2.1’den görüldüğü üzere Türkiye’de devrede olan illere göre rüzgar enerjisi kapasiteleri açısından İzmir 1.462,20 (MW) ile birinci sırada iken sırasıyla Balıkesir 1.135,00 (MW) ikinci ve Manisa 669,95 (MW) ile üçüncü sırada yer almaktadır. Tablo 2.1’de yer alan otuz il içerisinde Kocaeli ve Malatya en düşük rüzgar enerjisi kapasitesine sahip illerdir.

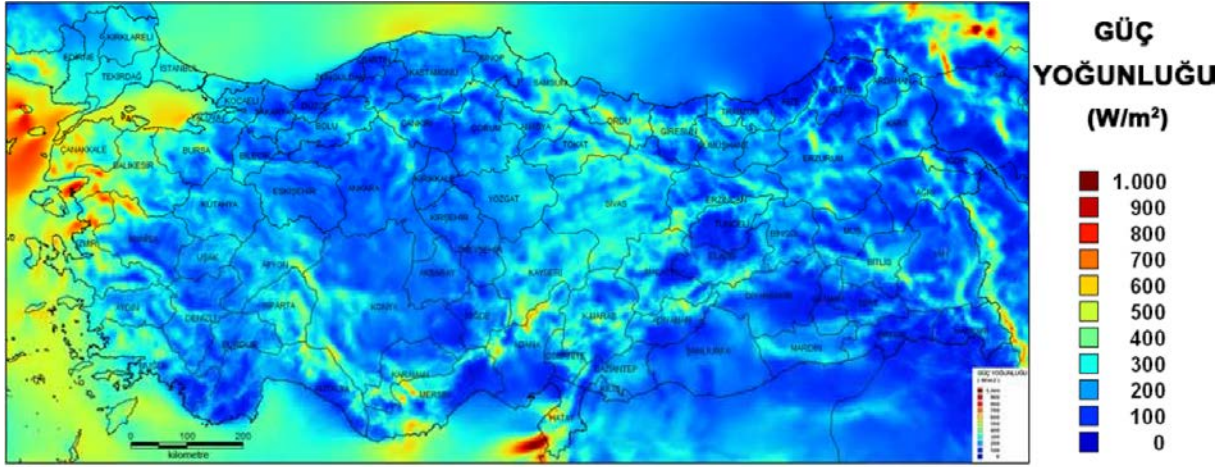
Şekil 2.1’de Türkiye rüzgar hız haritası görülmektedir. Bu haritaya göre 7 m/s üzerinde yıllık hız ortalaması olan bölgeler rüzgar enerjisi açısından en verimli bölgeler olarak kabul edilmektedir. Rüzgar hızları il bazlı formatta Enerji İşleri Genel Müdürlüğü web sitesinden temin edilebilmektedir (TİREPA, 2020).



Şekil 2.1. Türkiye geneli 50 metre yükseklikteki ortalama yıllık rüzgar hızları dağılımı

Kaynak: (Çalışkan, 2011: 12; TİREPA, 2020)

Şekil 2.1'e göre; ölçüm istasyonlarından elde edilen ortalama rüzgar hızları açısından bu bölgelerin bir çoğunun rüzgar enerjisi uygulamaları için elverişli olduğunu söylemek mümkündür. Şekil 2.2'de ise Türkiye'de rüzgar güç yoğunluğu haritası verilmiştir.

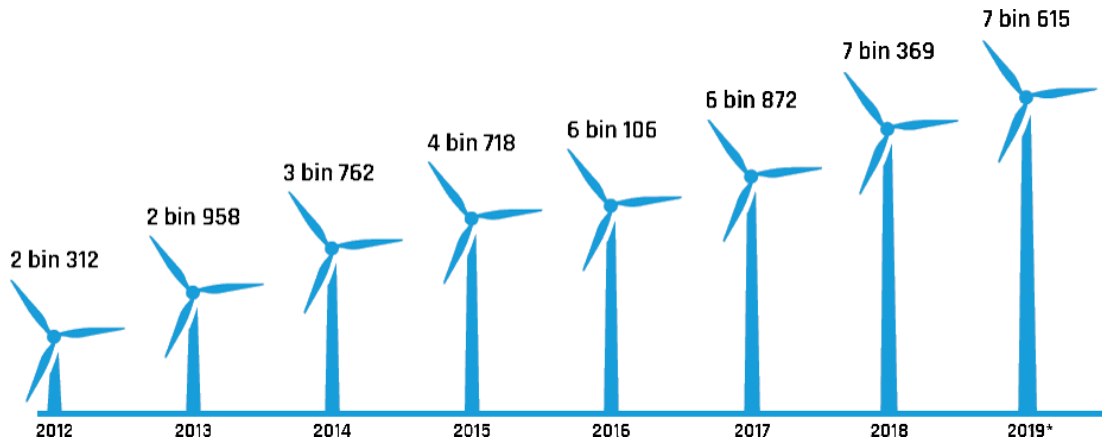


Şekil 2.2. Türkiye geneli 50 metre yükseklikteki ortalama güç yoğunluğu dağılımı

Kaynak: (Çalışkan, 2011: 13)

Şekil 2.2'ye göre verimli enerji yatırımları yapılabilecek bölgeler 0-1000 (W/m^3) güç yoğunluğuna göre renklendirilmiş biçimde haritada görülebilmektedir. Enerji potansiyeli iyi olan bölgelerde çevre dostu ve temiz olan rüzgar enerjisinin, zararlı faktörleri belirlenmiş diğer enerji türlerine göre tercih edilmesi gerekmektedir.

Türkiye rüzgar enerjisi istatistik raporu'na göre, 2019 yılı itibariyle rüzgar enerji santrallerinden üretilen elektrik ile toplam elektrik ihtiyacımızın %7.40'ı karşılanmakta ve toplam kurulu rüzgar gücü 7615 MWm, kurulu türbin sayısı 3155, inşa halindeki rüzgar enerji sistemi 17 adettir(TREİR, 2019: 5).



Şekil 2.3. 2012-2019 Temmuz İtibariyle Toplam Kurulu Rüzgar Gücü (MWm)

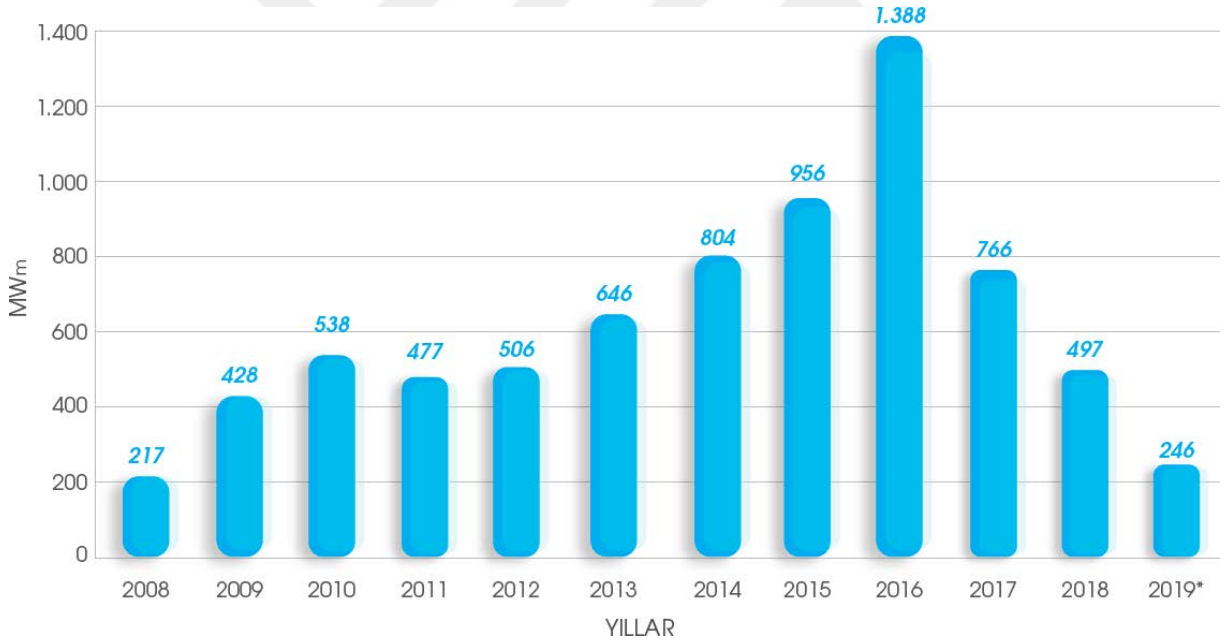
Kaynak: (TREİR, 2019: 5)

Şekil 2.3 ve Şekil 2.4'den görüldüğü üzere Türkiye'nin 2012 yılında 2312 MWm olan rüzgar kurulu gücü 2019'da 7615 MWm'a ulaşmıştır.



Şekil 2.4. Türkiye'deki 2008-2019 Rüzgar Enerjisi Santrallerinin Kümülatif Kurulumu

Kaynak: (TREİR, Temmuz 2019: 5)



Şekil 2.5. Türkiye'deki Enerji Santralleri için Yıllık Kurulum (2008-2019 Temmuz)

Kaynak: (TREİR, Temmuz 2019: 6)

Şekil 2.4 ve Şekil 2.5'de verilen Türkiye'de rüzgar enerjisi santrallerinin kümülatif kurulum grafiği ve yıllık rüzgar enerjisi kurulum sayıları incelendiğinde 2009'da kurulan rüzgar enerji santrali sayısı 2008'e göre %117,65 artarken 2015-2016 yılları için söz konusu artış oranı %29,41 olmuştur. 2019 temmuz ayı itibariyle bir önceki yıla göre 246 rüzgar

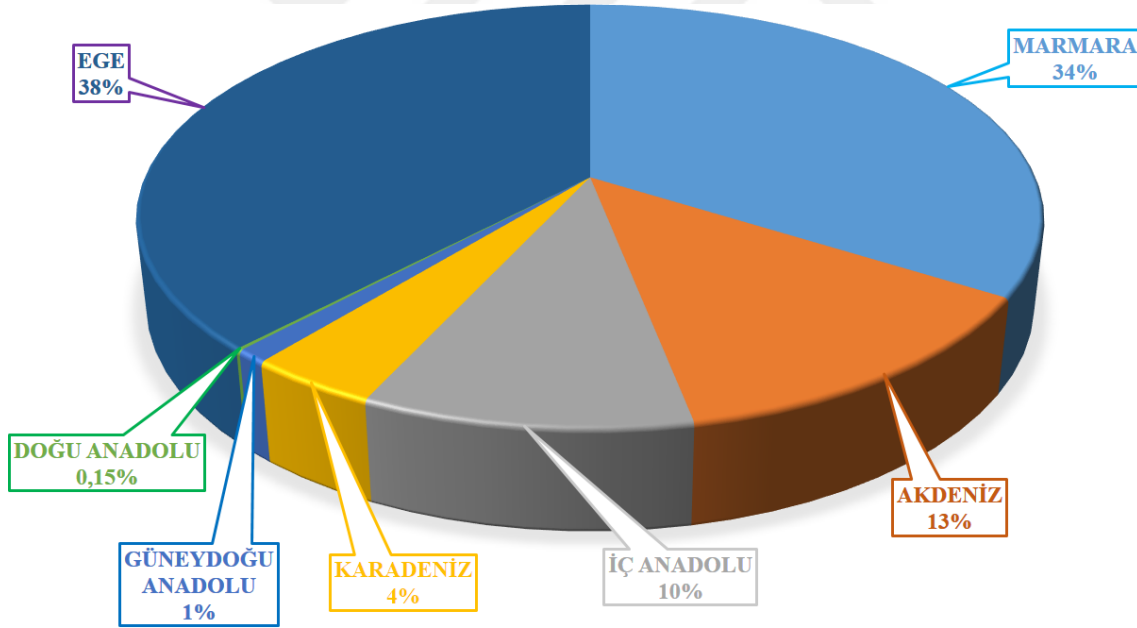
enerjisi santrali kurulmuştur ve kurulum artışı %3,34'dür. En fazla rüzgar enerjisi santrali 1388 adet olarak 2016 yılında kurulmuştur.

Tablo 2.2. Türkiye’de bölgelere göre rüzgar enerji sistemleri (RES) sayıları

BÖLGELER	RES SAYISI
EGE	2868,05
MARMARA	2603,50
AKDENİZ	996,10
İÇ ANADOLU	763,30
KARADENİZ	279,70
GÜNEYDOĞU ANADOLU	93,05
DOĞU ANADOLU	11,70

Kaynak: (TREİR, Temmuz 2019: 11).

2019 yılı temmuz ayı itibariyle Türkiye’nin 7615 olan toplam rüzgar enerji sistemlerinin (RES) bölgelerine göre dağılımı Tablo 2.2’de görülmektedir. En fazla RES’e sahip bölge EGE (2868,05) iken Doğu Anadolu Bölgesi (11,70) ile en düşük sayıda RES’e sahip bölgedir.

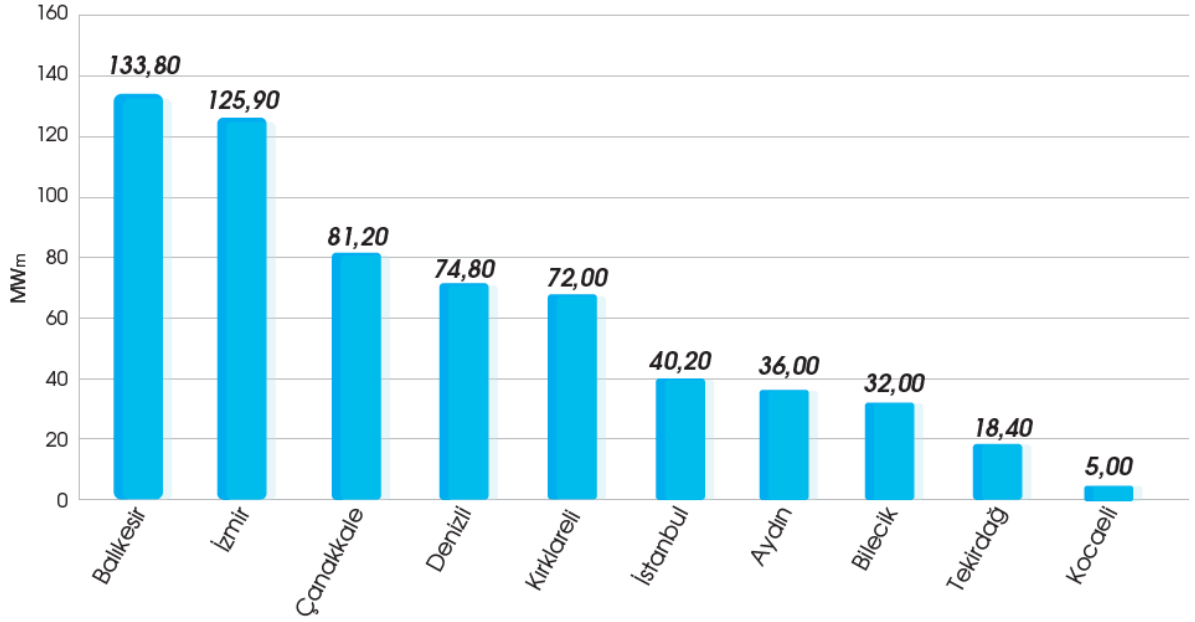


Şekil 2.6. Türkiye’de Bölgelere Göre Rüzgar Enerji Sistemleri (RES) Dağılımı (%)

Kaynak: (TREİR, Temmuz 2019: 11)

Tablo 2.2’deki veriler kullanılarak hazırlanan Şekil 2.6’daki bölgelere göre RES(%) dağılım grafiğine göre ise Ege bölgesinin toplam RES içerisindeki payı yaklaşık %38 iken sırasıyla Marmara bölgesi %34, Akdeniz bölgesi %13, İç Anadolu bölgesi %10, Karadeniz

bölgesi %4, Güneydoğu Anadolu bölgesi ise yaklaşık %1'lik bir paya sahiptir. İnşa halindeki RES'lerin illere göre dağılımı ise Şekil 2.7'de verilmektedir.

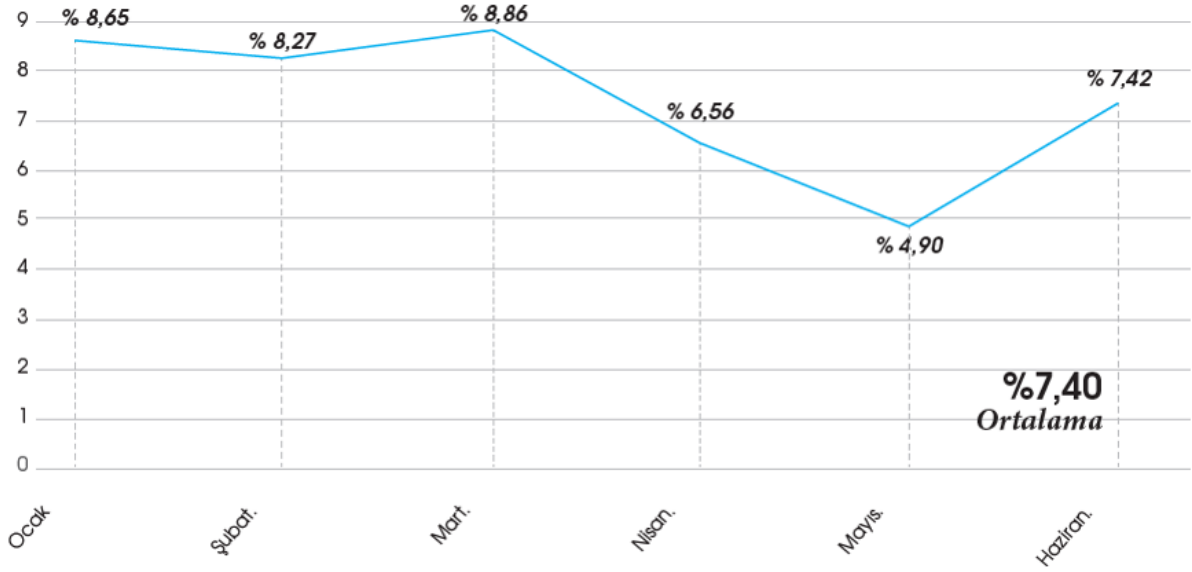


Şekil 2.7. İnşa Halindeki RES'lerin İllere Göre Dağılımı

Kaynak: (TREİR, Temmuz 2019: 17)

Şekil 2.7'den Temmuz 2019 itibariyle Türkiye'de inşa halinde bulunan rüzgar enerji sistemlerinin illere göre dağılımı görülmektedir. Kurulum aşamasında Balıkesir'de 133,80 MWm, İzmir'de 125,80 MWm ve Çanakkale'de 81,20 MWm kapasiteli RES'leri bulunmaktadır. Diğer illerle karşılaştırıldığında daha küçük yüzölçümüne sahip Bilecik ilinin inşa halindeki 32 MWm RES ile dikkate değer bir sıralamaya sahip olduğunu söylemek mümkündür.

Yüzde



2019 yılı ilk altı ay

Şekil 2.8. 2019 Yılı İtibariyle Türkiye’de Rüzgar Enerjisi Santrallerinin Elektrik Üretimindeki Payı(%)

Kaynak: (TREİR, 2019: 5)

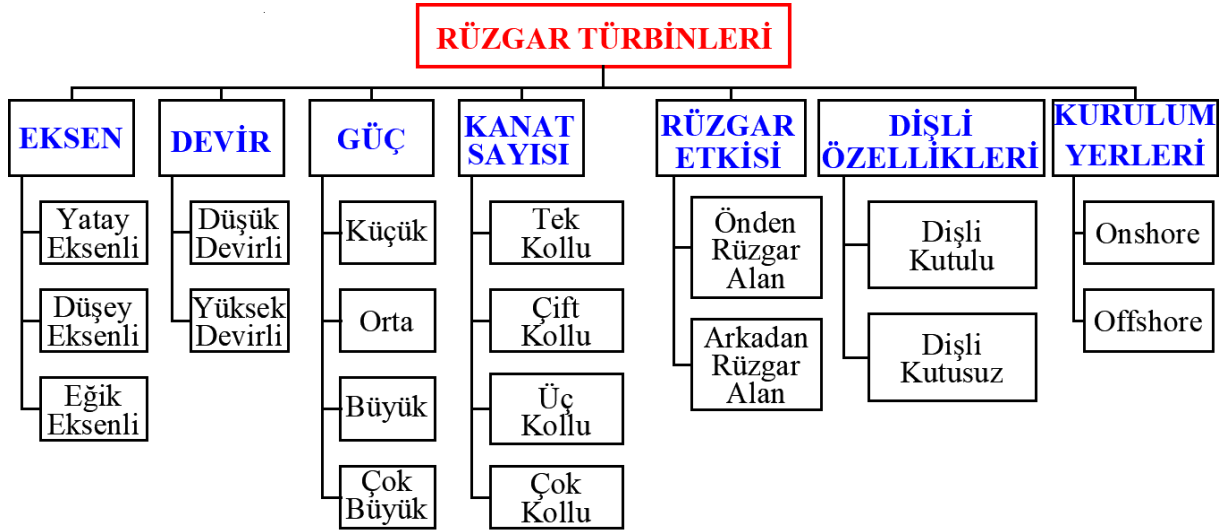
Şekil 2.8’de Türkiye’de rüzgar enerjisi santrallerinin 2019 yılı ilk altı ayı için elektrik üretimine katkısı (%) görülmektedir. Söz konusu altı ay için rüzgar enerjisi sistemlerinin toplam üretime katkısı %7,4’tür. Özellikle Ocak-Şubat-Mart aylarında bu katkının daha yüksek olduğu görülmektedir.

İzleyen bölümde Türkiye’nin güneş enerjisi potansiyeli hakkında kısa teorik bilgi verilecektir.

2.1.4. Rüzgar Enerjisi ve Rüzgar Türbinleri

Rüzgar tanımı ve oluşumu ile ilgili farklı anlatımlar söz konusudur. Atmosferde ısı potansiyel farklara sahip olan hava kütlelerinin, daha soğuk ve yüksek basınç alanlarından daha sıcak ve alçak basınç alanlarına hareket etmesiyle birlikte ısı enerjisinin kinetik enerjiye dönüştüğü doğa olayındaki hava kütlesi hareketine, rüzgar adı verilmektedir(Özgener, 2002: 3).

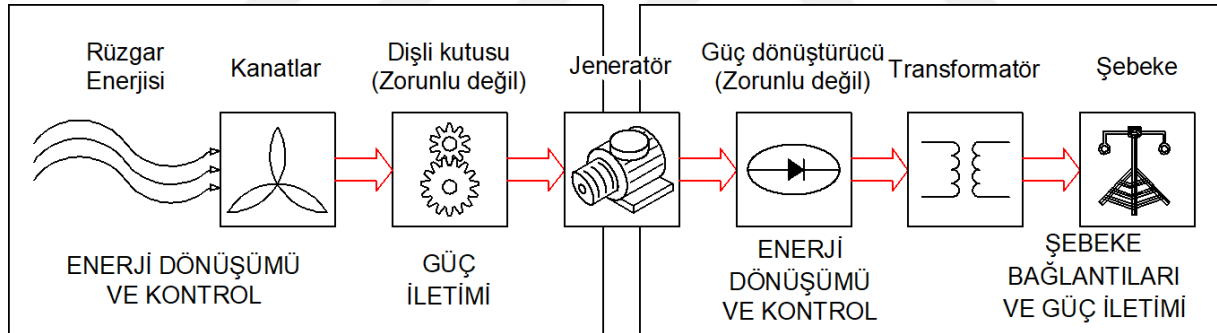
Rüzgar türbinleri dönme eksenlerine, devirlerine, güçlerine, kanat sayılarına, rüzgar etkisine, dişli özelliklerine ve kurulum yerlerine göre Şekil 2.9’daki gibi sınıflandırılmaktadır .



Şekil 2.9. Rüzgar Türbini Çeşitleri

Kaynak: (Elibüyük ve Üçgül, 2014: 3).

Bir rüzgar türbinin türü çıkış gücü veya torku türbin hızı, rotor kanat eğimi, rotor kanadının eğim açısı, türbinin boyutu ve şekli, türbin alanı, rotor geometrisi, eğik eksenli veya düşey eksenli olması ve rüzgar hızı gibi çeşitli faktörler tarafından belirlenebilmektedir. Şekil 2.10'da bir rüzgar türbininin çalışma prensibi verilmektedir.

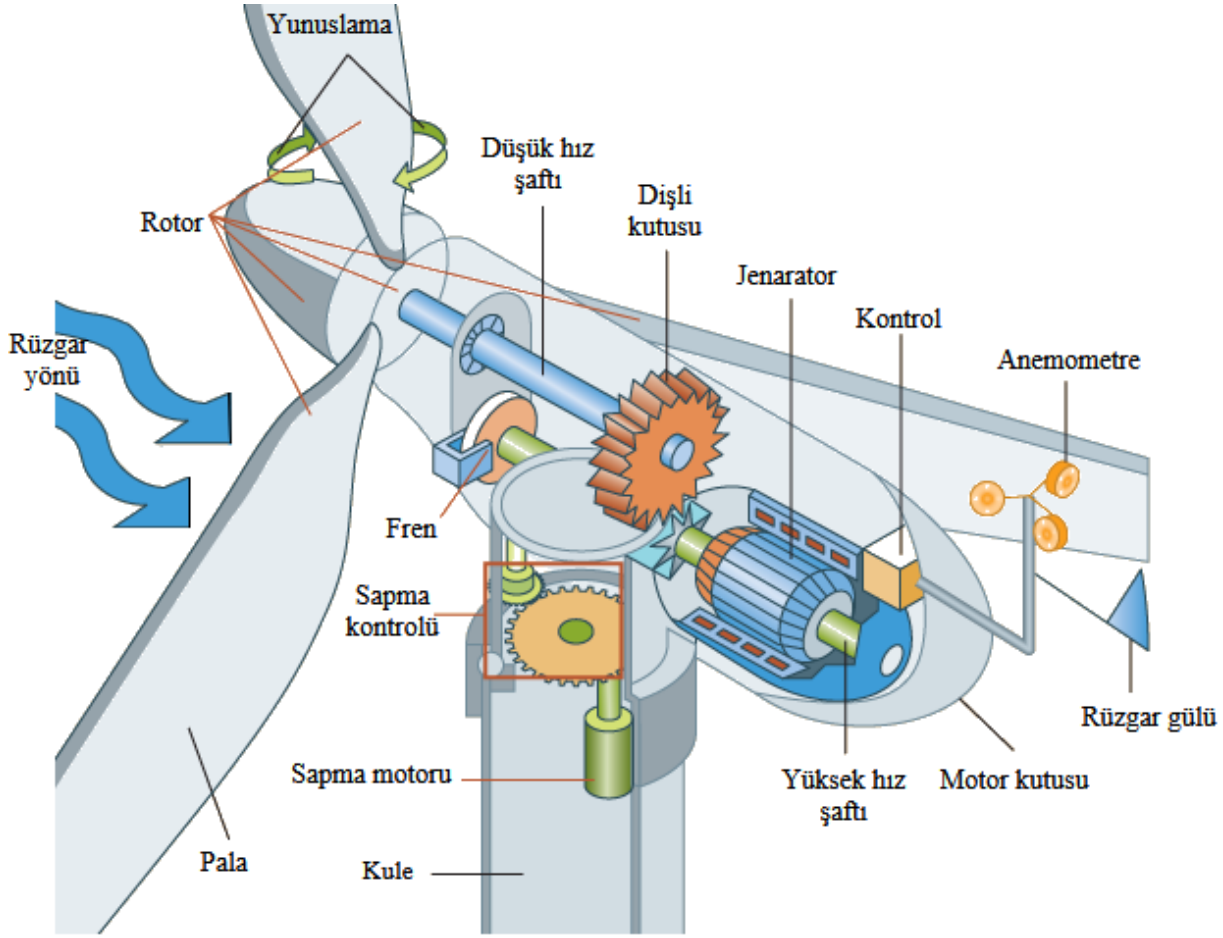


Şekil 2.10. Rüzgar türbini çalışma prensibi

Kaynak: (Kelsoy ve Soysal 2015: 11)

Bir rüzgar türbini rotora monte edilmiş motor yeri, bir kule ve bir kaç kanadın mekanik olarak jeneratöre bağlanmasıyla oluşmaktadır. Rüzgar gücünün kinetik enerjisi rotor vasıtasıyla mekanik enerjiye dönüştürülmektedir. Bir rüzgar türbini enerjisi, rüzgarın türbinin rotora bağlı olan kanatlarını uyarması ile ve bu kanatları döndürmesi ile elde edilmektedir. Rüzgar enerjisinin türbine iletilmesi ile elde edilen mekanik enerji öncelikle rüzgarın hızına, kanatların süpürdüğü rotor alanına ve hava yoğunluğuna bağlı olarak değişmektedir. Mekanik montajdaki dişli kutusu, rüzgar türbininin dönme hızlarını jeneratörde daha yüksek devir

sayılarına çevirmektedir. Jeneratör ile elde edilen elektrik enerjisi akülerde depolanmakta ya da doğrudan şebekeye de iletilmektedir.



Şekil 2.11. Rüzgar türbini temel bileşenleri

Kaynak: (Özaktürk, 2007: 42).

Rüzgar türbinlerini oluşturan 4 temel kısım vardır. Bu kısımlar pervane, jeneratör, kule ve elektronik bölümlerdir. Şekil 2.11'den görüldüğü üzere rüzgar türbinini meydana getiren tüm bileşenler ise aşağıdaki gibidir (WETO);

1. Rotor: Rüzgar türbini pervaneleri (kanatlar) ile dişli kutusunun bulunduğu dönen kısımdır.
2. Pervane (Rotor Kanatları): Rotor miline bağlı, rüzgarın kinetik enerjisini mekanik enerjiye çeviren kısımdır. Pervaneler polyester veya fiber-glass gibi çok hafif ve dayanıklı malzemelerden üretilmektedir.
3. Dişli Kutusu: Rüzgar enerjisi ile rotorun dönme hızını arttıran dişli kutusudur. Bu dişli kutusu, rüzgarın döndürme hızını daha da arttırarak jeneratör için gerekli hıza ulaştırmaktadır.

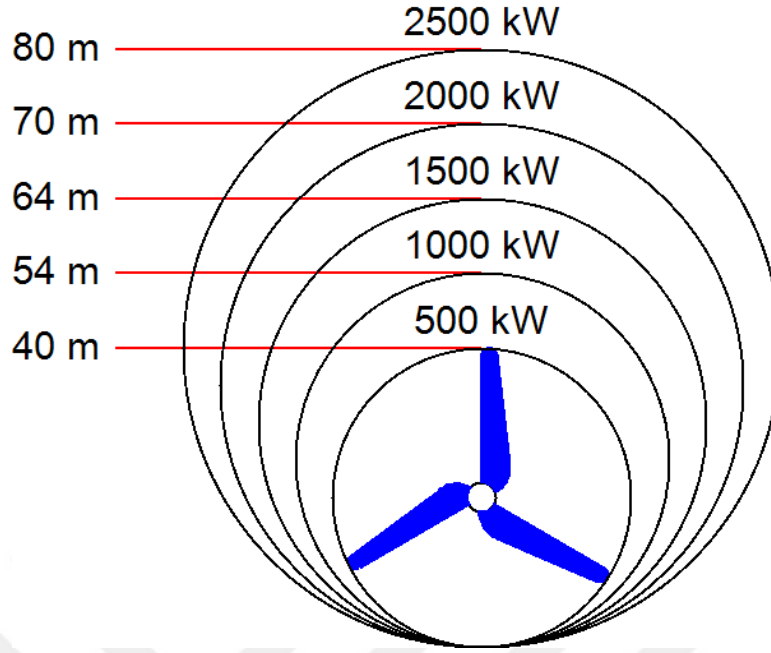
4. Anemometre: Rüzgarın hızını ölçen cihazdır. Anemometre ile rüzgarın hızı ölçülerek, rüzgar enerjisi sisteminin elektronik kısmına rüzgar hızı iletilir ve olası bir aksiliğin önüne geçilmektedir.
5. Rüzgar Vanası: Rüzgar yönünü belirleyerek rüzgarın değişimine göre sapma motoru ile rüzgar türbininin yönünü değiştiren mekanizmadır.
6. Jeneratör: Mekanik enerjiyi elektrik enerjisine çeviren kısımdır. Rüzgar türbinlerinde senkron, indüksiyon ve doğru akım şönt olmak üzere 3 çeşit jeneratör kullanılmaktadır.
7. Fren: Acil durumlarda rotoru yavaşlatarak durduran parçadır. Rüzgar türbinlerin de frenler genelde mekanik,elektriksel veya hidrolik olarak kullanılmaktadır.
8. Yönetici: Rüzgar türbinlerini, rüzgarın yönüne çeviren kısımdır.
9. Transformator: Jeneratörde üretilen elektrik enerjisinin voltajını şebekeye vermek için uygun voltaj seviyesine yükselten kısımdır.
10. Kule: Rüzgar türbinini taşıyan kısımdır. Rüzgar türbinlerini taşıyan kuleler genelde silindirik olarak üretilir. Bunun amacı da, teknik personelin rüzgar türbinlerine ulaşması için daha güvenilir bir ortam sağlamasıdır.
11. Şebeke Bağlantı Sistemleri: Rüzgar enerjisi ile rüzgar santrallerinde üretilen elektrik enerjisini mevcut şebekeye aktaran sistemlerin tümüdür.

Bir rüzgar türbininden elde edilecek enerji miktarı hava yoğunluğu, rüzgar hızı ve rotor süpürme alanından doğrudan etkilenmektedir.

Türbinden elde edilecek enerji miktarı, havanın ağırlığı arttıkça artmaktadır. Normal atmosfer basıncında (deniz seviyesinde) ve 15°'de havanın ağırlığı her m³ için 1.225 kg. dır. Havanın yoğunluğu nemin artması ile yumuşak bir şekilde azalmaktadır. Ayrıca hava soğuk ve ılık iken yoğun, yüksek irtifalarda (dağlarda) ise hava basıncı azalmakta ve bundan dolayı da hava yoğunluğu düşmektedir.

1 MW'lık bir rüzgar türbininde rotor çapı 54m'dir. Rotor süpürme alanı ise türbinin rüzgardan ne kadar enerji elde edebileceğini belirlemektedir. Rotor çapının artırılması ile süpürme alanının artması sağlanmaktadır.

ROTOR ÇAPI GÜÇ İLİŞKİSİ



Şekil 2.12. Farklı Rotor Ölçülerine Göre Elde Edilen Enerji Miktarları

Kaynak: (Wagner & Mathur, 2009: 29)

Şekil 2.12'den rüzgar türbinlerinin rotor ölçülerine göre elde edilen enerji miktarları hakkında fikir edinilebilmektedir. Rotor çapı arttırılabilmektedir. Türbin üreten firmalar bölgesel rüzgar şartları için ürünlerini optimize edebilmektedirler. Büyük güçlü bir jeneratör daha güçlü bir rüzgar ile kullanılabilir bundan dolayı eğer düşük rüzgar gücüne sahip bir bölgeye kurulum yapılacaksa düşük güçlü jeneratör seçilmesi uygun olmaktadır.

Hareket halinde olan hava akışındaki güç, birim zamanda akan kinetik enerji akışı olduğundan Enerji = Güç x Zaman eşitliğinden birim zamandaki enerji akışı;

$$E_{\text{kinetik}} = P \times t = P \times 1 \text{ dir.}$$

Bu durumda birim zamanda akan hava kütlesi için $E = P$ olacaktır. $P_A = A$ alanı boyunca akan güç olarak alınırsa;

$$P_A = \frac{1}{2} \frac{\text{Kütle}}{\text{Zaman}} v^2 = \frac{1}{2} M V^2 \quad (1)$$

şeklinde yazılabilmektedir. Hava kütlesini hesaplamak için hava yoğunluğu (ρ) ve hacmi (V) çarpılmaktadır.

$$M = \rho V \quad (2)$$

Hava kütlesi M , A alanı boyunca V hızı ile birim zamanda hareket ederse birim hava kütlesi M' ;

$$M' = \rho AV \quad (3)$$

biçiminde yazılabilir. M' güç eşitliğinde (1) yerine konulursa;

$$P_A = \frac{1}{2} M' V^2 = \frac{1}{2} (\rho AV) V^2 = \frac{1}{2} \rho AV^3 \quad (4)$$

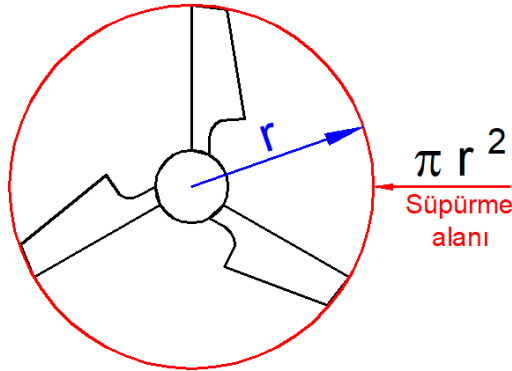
olur. Burada (4) nolu eşitlik genel anlamda A alanı boyunca oluşan rüzgar gücü açısından tekrar;

$$P_W = \frac{1}{2} \rho AV^3 \quad (5)$$

biçiminde yazılabilmektedir. (5) nolu eşitlikte P_W rüzgar hava akışındaki mekaniksel güç [watt], ρ hava yoğunluğu [kg/m^3]’dür. (5) nolu eşitlik incelendiğinde, rüzgar enerjisinin bir bileşeni olan rüzgar hızı ile 3. mertebeden ilişkisi olduğu görülmektedir. Bu nedenle, rüzgar hızında meydana gelebilecek değişikliklerin, enerji üretimi için önemli farklılıklar yaratacağını söylemek mümkündür.

Türbinde Şekil 2.13’de gösterilen süpürülen alan aşağıdaki formül yardımıyla türbin kanat uzunluğu kullanılarak hesaplanabilmektedir.

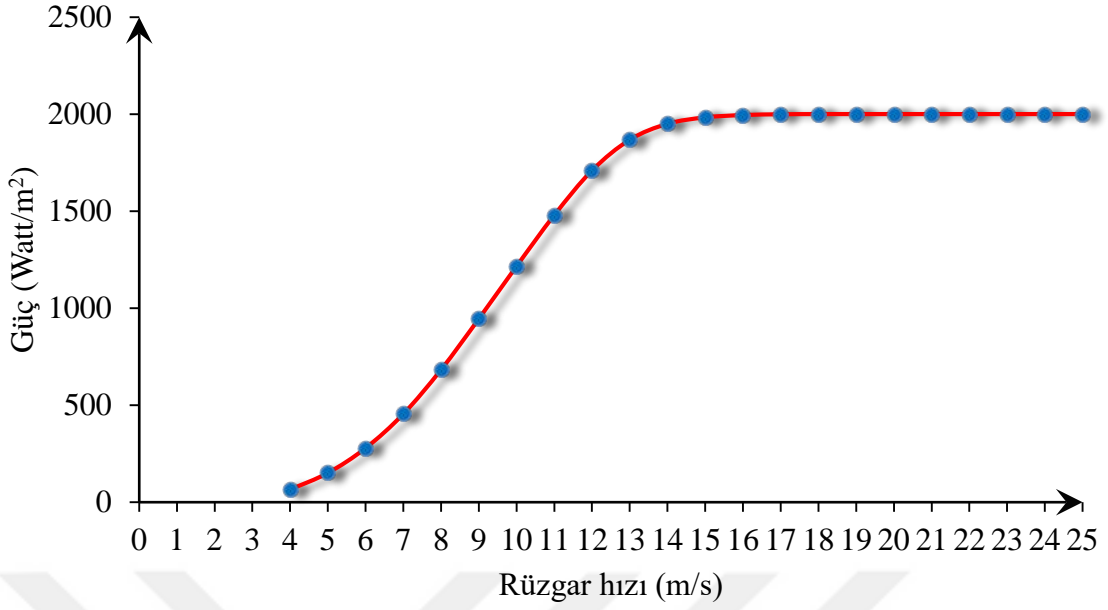
$$A = \pi r^2 \quad (6)$$



Şekil 2.13. Süpürme Alanı

Kaynak: (Tosun, 2017: 71)

Hava yoğunluğu nem ve sıcaklık ile değişmektedir. Sıcaklık ve yoğunluk arasındaki ilişki terstir, bu nedenle sıcaklık arttığında yoğunluk azalmaktadır. Kinetik enerji de hıza bağlıdır. Rüzgar enerjisi, Şekil 2.14’de gösterildiği gibi ortalama rüzgar hızıyla birlikte değişmektedir.



Şekil 2.14. Rüzgar hızının güç ile ilişkisi

Kaynak: (Wagner & Mathur, 2009: 66)

Burada verilen güç, birim m² başına karşılık gelen güç olup, bu büyüklük bir bölgenin özel gücü olarak veya güç yoğunluğu olarak adlandırılmaktadır. Dolayısıyla bir bölgenin özel gücü $\frac{P_w}{A} = \frac{1}{2} \rho v^3$ olup birimi watt/m²'dir.

Rüzgar türbin sistemlerinin en ideal olduğu durumlarda dahi rüzgar enerjisinden elde edilebilecek güç miktarının bir ölçütü söz konusudur. Betz limiti adı verilen bu ölçüt literatürde rüzgar türbini güç katsayısı olarak da kullanılmaktadır. Betz yasasına göre rüzgardan elde edilebilecek maksimum verim değeri yaklaşık 0.593'tür (Wagner & Mathur, 2009: 32).

Günümüzde ise rüzgar türbinleri için güç katsayısı (Betz limiti) yaklaşık 0.35–0.40 aralığında değişmektedir. Bir rüzgar türbininin üretebileceği teorik gücün hesabı için aşağıdaki formülden yararlanılmaktadır.

$$P_t = \frac{1}{2} \rho A v_r^3 C_p \quad (7)$$

Denklem (7) deki P_t rüzgar türbininin üretebileceği teorik güç miktarı ve C_p güç katsayısı değeridir.

Birim alana düşen güç miktarı, türbinin sahip olduğu güç yoğunluğunu göstermektedir. Rüzgar türbininin sahip olduğu güç yoğunluğu (8) nolu eşitlikle elde edilmektedir.

$$P_y = \frac{1}{2} \rho A v_r^3 C_p \quad (8)$$

P_y , rüzgar türbininin W/m^2 cinsinden güç yoğunluğunu ifade etmektedir.

Toplam enerji yoğunluğunu elde edebilmek için ölçüm yapılan bölgenin tüm hız frekans esme saatleri ile hesaplanmak istenilen tüm hız aralıklarının güç yoğunluğu değerlerinin çarpılması gereklidir. Bir rüzgar türbini için toplam enerji yoğunluğu (9)'da verilmiştir(Çakmakçı, 2019: 56).

$$\sum E_y = \sum P_y f = \sum \left(\frac{1}{2} \rho C_p f \right) \quad (9)$$

$\sum E_y$, rüzgar türbinin üretebileceği toplam enerji yoğunluğu miktarı ($Wh/m^2yıl$), f ise yıllık esme saat sayısını (saat/yıl) ifade etmektedir.

Belirli bir zaman dilimi içerisinde bir rüzgar enerjisi santralının ürettiği enerji miktarının, tam kapasitede üretebileceği enerji miktarına oranı türbinin kapasite faktörü olarak tanımlanmaktadır. Söz konusu kapasite faktörü (10)'da verilmiştir.

$$C_f = \frac{\sum E_y}{P_n T} \quad (10)$$

C_f rüzgar türbininin kapasite faktörü, P_n rüzgar türbinin nominal gücü ve T ise rüzgar türbinin çalışma saatidir.

Rüzgar enerjisi potansiyel hesaplamalarındaki en temel girdi yükseklik ve arazi yapısı ile doğrudan ilişkili olan rüzgar hızıdır. Yükseklik ise rüzgarın hızını etkileyen önemli faktörlerden birisidir.

Toprak seviyesinde mevcut olan engeller rüzgar akışının dağılmasına sebep olduğu için, rüzgar hızı yüksekliğe bağlı olarak artış göstermektedir. Rüzgar türbinleri için 100 metre ve üstündeki yükseklikler; daha yüksek ve kararlı rüzgar hızları, düşük türbülans gibi olumlu etkiler sebebiyle en ideal koşulları sağlamaktadır. Arazi yapısının rüzgar üzerindeki üç önemli etkisi ise pürüzlülük, orografik (tünel, tepe etkisi) ve perdeleme etkisi şeklindedir(Çakmakçı, 2019: 77).

Genellikle rüzgar hızı ölçümleri 10 metre referans alınarak yapılmaktadır. En ideal ölçüm yüksekliği rüzgar enerjisi için kullanılacak türbininin göbek yüksekliğinde olması ile sağlanmaktadır. Rüzgar türbinlerinin kapasiteleri değişirken göbek yüksekliklerinin de farklı olması her zaman bunu mümkün kılmamaktadır. Belirli bir yükseklikte yapılan ölçümlerin

farklı yüksekliklerdeki muhtemel yeni değerlerini bulmak için (11) numaralı hellman formülünden yararlanılmaktadır(Yılmaz, 2007: 24).

$$V_t = V_a \left(\frac{Z_t}{Z_a} \right)^\alpha \quad (11)$$

Burada Z_a (m) ölçüm yüksekliği, V_a (m/s) Z_a yüksekliğinde ölçüm hızı, Z_t (m) hızı tahmin edilecek yükseklik, V_t (m/s) Z_t yüksekliği için hesaplanan hız, α pürüzlülük katsayısı olarak tanımlanmaktadır.

Tablo 2.3. Pürüzlülük Katsayısı (α)

Durum	α (Hellmann Katsayısı)
Açık deniz, kıyı şeridi	0,10 - 0,13
Yeşil ve ekili alan	0,13 - 0,20
Ağaçlık alan	0,20 - 0,27
Yüksek bina ve kentsel alan	0,27 - 0,40

Kaynak: (Altuner, 2008: 32)

Tablo 2.3'de verilen pürüzlülük katsayısı (α) arazi incelenerek kullanılmaktadır. Pürüzlülük katsayısı seçimi hesaplama sonuçlarını etkilediğinden seçimi önem arz etmektedir.

Hellman formülünün alternatifi olarak rüzgar hızının düşey değişimi (logaritmik) de kullanılmaktadır. Ölçüm yapılan yükseklikteki rüzgar hızları kullanılarak hedef yükseklikteki rüzgar hızları tahmin edilebilmektedir. Hesaplama formülü aşağıdaki gibidir(Yılmaz, 2007: 24).

$$V_t = V_a \left[\frac{\ln\left(\frac{Z_t}{Z_0}\right)}{\ln\left(\frac{Z_a}{Z_0}\right)} \right] \quad (12)$$

Burada Z_a (m) ölçüm yüksekliği, V_a (m/s) Z_a yüksekliğinde ölçüm hızı, Z_t (m) hızı tahmin edilecek yükseklik ve Z_0 pürüzlülük uzunluğunu ifade etmektedir.

Tablo 2.4. Pürüzlülük uzunluğu değerleri (Z_0)

Z_0 (m)	Yüzey yapısı
0,50	Büyük şehirlerin varoşları, taşra kentleri
0,30	Siper kuşakları, orman, küçük binalı şehir
0,20	Birçok ağaç ve/veya çalılar, tek yada iki katlı seyrek binalar
0,10	Kapalı görünümlü çiftlik arazisi, seyrek ağaçlık
0,05	Açık görünümlü çiftlik arazisi, seyrek ağaçlık
0,03	Çok seyrek bina ve ağaçlı çiftlik arazisi
0,02	Havaalanları (binaları ve ağaçları ile birlikte)
0,01	Havaalanı pisteri
0,007	Biçilmiş çim
0,005	Pürüzsüz çıplak toprak
0,001	Pürüzsüz kar yüzeyleri
0,0003	Pürüzsüz kum yüzeyleri
0,0001	Su yüzeyleri (göller, fiyortlar, denizler)

Kaynak: (Altuner, 2008: 31)

Tablo 2.4'de verilen pürüzlülük uzunluğu değerlerinin (Z_0) hesaplama sonuçlarını etkilediği için arazi incelenerek belirlenmesi önem arz etmektedir(Altuner, 2008).

Bölgesel rüzgar enerjisi potansiyelinin önceden tahmin edilebilmesi için çeşitli istatistiksel yöntemlerden yararlanılmaktadır. İstatistiksel yöntemler yardımı ile; rüzgar enerjisi potansiyeli için bölgenin ortalama rüzgar hızı değerleri, standart sapma değerleri, enerji ve güç yoğunluğu değerleri tahminleri elde edilebilmektedir.

İstatistiksel dağılımlardan Weibull dağılımı, Rayleigh dağılımı ve Gamma dağılımı dünyadaki farklı bölgelerin rüzgar verilerinin dağılımları için sıklıkla kullanılmaktadır. Rüzgar verilerine uygun olmaları, parametrelerinin azlığı ve elde edilmesindeki kolaylık gibi özelliklerden dolayı Weibull ve Rayleigh dağılımları tercih edilen dağılımlardır ve Gamma dağılımı ise düşük rüzgar hızları için diğer dağılımlara göre modellemede daha başarılı kabul edilmektedir (Jaramillo ve Borja, 2004: 1620; Sarkar vd., 2011: 101; Yong vd., 2012: 2). İki parametrelili Weibull dağılımının k şekil parametresinin 2 olduğu durumda Rayleigh dağılımı söz konusudur ve yüksek rüzgar profiline sahip bölgelerde literatürde en yaygın kullanılan dağılımlardan birisidir. Rayleigh dağılımı tek parametrelili olduğu için Weibull dağılımına göre daha az değişkenlik göstermektedir ve rüzgar hızının yıllık ortalamasının 4.5 m/s' den fazla olduğu durumlarda, rüzgar hızı potansiyel tahmini için Rayleigh dağılımına yaklaştığı kabul edilmektedir(Çakmakçı, 2019: 93).

Rüzgar hızı için uygun dağılımlardan iki parametrelili Weibull dağılımının olasılık yoğunluk fonksiyonu (13) nolu eşitlikle ifade edilmektedir (Kurban vd., 2007: 106; Jaramillo ve Borja, 2004: 1619; Ramírez ve Carta, 2006: 2568):

$$f_w(v) = \left(\frac{k}{c}\right) \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right] \quad (13)$$

(13)'deki eşitlikte c Weibull dağılımının ölçek parametresi olup referans bir değere sahiptir. Dağılımın şekil parametresi k 'nın genellikle 1.5 ile 3 arasında değer alması beklenmektedir.

Weibull birikimli dağılım fonksiyonu $F_w(v)$ ise (14) nolu eşitlikte verilmektedir (Shata ve Hanitsch, 2006).

$$F_w(v) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right] \quad (14)$$

Weibull birikimli dağılım fonksiyonu rüzgar hızının belirli bir v değerinden küçük yada eşit gerçekleşme olasılığını vermektedir.

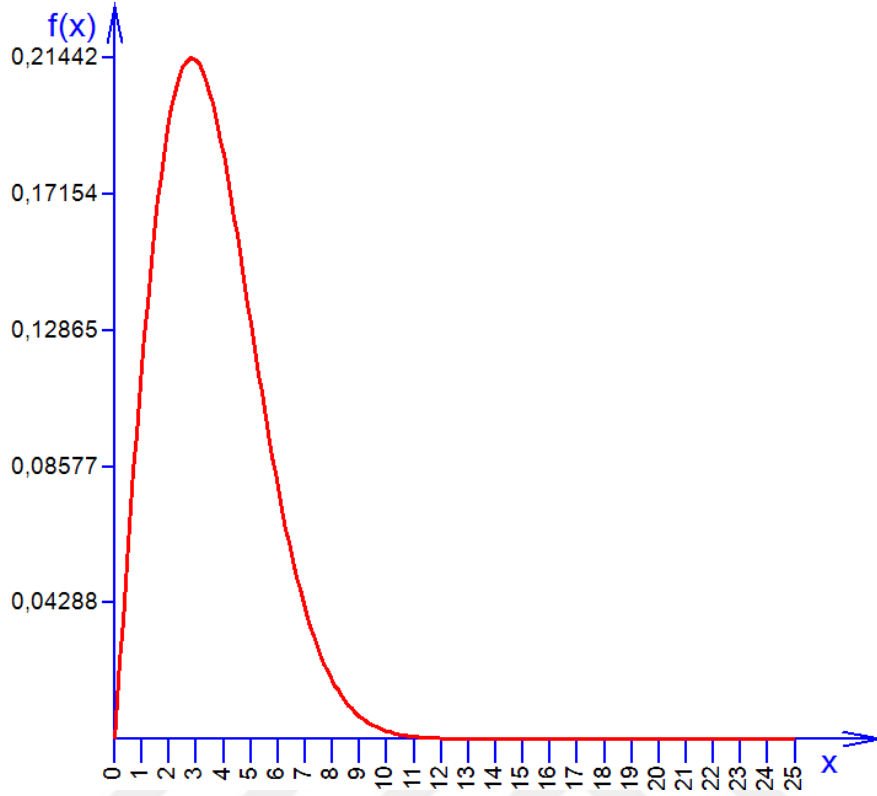
Üç parametrelili Weibull dağılımının olasılık yoğunluk fonksiyonu ise (15)'de verilmektedir.

Dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu x rastgele bir değişken olmak üzere, üç parametrelili (ζ , c , k) 'dir (Oral F., 2010: 99).

$$f(x) = \frac{k}{c} \left(\frac{x-\zeta}{c}\right)^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{x-\zeta}{c}\right)^k\right], \quad X \geq \zeta \quad (15)$$

Burada ζ (zeta) yer parametresi, c ölçek parametresi ve k şekil parametresi'dir.

Şekil 2.15'de Weibull dağılımının grafiği $k=2$, $c=4$ ve $\zeta=0$ parametreleri için geliştirilen yazılımla hazırlanmıştır.



Şekil 2.15. Rayleigh Dağılımı

Weibull dağılımı $k=2$, $c=4$, $\zeta=0$ için Rayleigh dağılımı adını almaktadır ve grafiği Şekil 2.15'de görülmektedir. Weibull dağılımının ölçek (c) parametresinin hesaplanmasında gama (Γ) fonksiyonu kullanılmaktadır. Γ (Gama) fonksiyonu matematikte faktöriyel fonksiyonunun karmaşık sayılar ve tam sayı olmayan reel sayılar için genellemesi olan bir fonksiyondur. Fonksiyon (16) nolu eşitlikle verilmektedir.

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} e^{-x} x^{\alpha-1} dx \quad (16)$$

Ölçek (c) parametresinin elde edilmesi için;

$$c = \frac{V_{ort}}{\Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right)} \quad (17)$$

(17) nolu eşitlik kullanılmaktadır (Monahan, 2006 :500; Jaramillo ve Borja, 2004: 1620; Ramírez ve Carta, 2006: 2568). Burada c ölçek parametresi, V_{ort} (m/s) ortalama rüzgar hızı, Γ Gama fonksiyonu ve k şekil parametresi'dir. Şekil parametresi (k)'nın hesabı için (Monahan, 2006: 498);

$$k = \left(\frac{\sigma}{V_{ort}}\right)^{-1,086} \quad 1 \leq k \leq 10 \quad (18)$$

formülü kullanılmaktadır. Burada σ standart sapma, V_{ort} ortalama rüzgar hızı'dır.

2.2. Güneş Enerji Sistemleri

Bu bölümde güneş enerjisinin tarihçesi hakkında kısa bilgi verilerek, güneş panelinin çalışma sistemi, devre modelleri ve özellikleri tanıtılacaktır.

2.2.1. Güneş Enerjisinin Kısa Tarihçesi

Güneş enerjisinden yararlanabilmek için yapılan çalışmalar çok eski tarihlere kadar dayanmaktadır. Literatüre göre M.Ö. 400'lerde ilk olarak Sokrat'ın evlerin güney yönlerine daha fazla pencere yerleştirilerek güneş ışığından daha fazla yararlanılması önerilmiştir. Benzer şekilde literatürde; M.Ö. 250'lerde ise Arşimet'in içbükey aynalar kullanılarak güneş ışınımının odaklanabileceğini bulması ile Sirakuza'yı kuşatan gemilerin bu yöntemle yakıldığından bahsedilmektedir. Güneş ışığından yararlanma ile ilgili çalışmalar 1600'lü yıllarda Galile'nin merceği keşfi ile gelişme göstermektedir. İlk örnek olarak 1725 yılında güneş enerjisi ile çalışan bir su pompası geliştirilmiştir.

Fransız bilim adamı Mohuchok tarafından 1860'larda parabolik aynalar yardımı ile güneş ışınımını odaklama üzerinde güneş pompaları ve güneş ocakları ile ilgili çalışmalar yürütülmüş ve küçük bir buhar makinesi üzerinde denemeler yapılmıştır. Tarihi yapılarda da güneş enerjisinden daha fazla yararlanma düşüncesi ile farklı tasarımlar göze çarpmaktadır. Bu amaçla özellikle eski saray duvarlarında oldukça fazla ayna kullanıldığı bilinmektedir. Petrolün birinci dünya savaşı sırasında önem kazanması ile güneş enerjisi ile ilgili çalışmalar da azalmaktadır. 1930 yılından itibaren bu tür çalışmalara ilgi gösterilmişse de çok fazla uygulama alanı bulamamıştır. Ancak 1960'lı yıllarda petrol krizinin ortaya çıkması alternatif enerji kaynakları konusundaki çalışmaları temiz ve masrafsız enerji kaynakları olan güneş enerjisi üzerine tekrar yoğunlaştırmıştır (Kaplukan, 2014: 115; Akova, 2003: 48; Altuntop ve Erdemir, 2013: 69).

Fotovoltaik etkinin saptanması ise ilk olarak 1839 yılında Fransız fizikçi Becquerel tarafından bulunmuştur. Elektrolit içerisine daldırılan elektrotlar arasındaki gerilimin elektrolit üzerine yansıyan ışığa bağımlı olduğu gözlemlenmiştir. Benzer bir yaklaşım 1877 yılında G.W. Adams ve R.E. Day katı maddelerin de fotovoltaik etki oluşturabileceğini keşfetmiş ve selenyum kristalleri üzerinde denenmiştir. Fotovoltaik ile ilgili çalışmalar izleyen yıllarda yaygın olarak fotoğrafçılık alanında bakır oksit ve selenyuma dayalı fotodiyotların, ışık metrelerinde kullanılması ile yaygınlaşmıştır. 1946'da Russell Ohl modern

fotovoltaik güneş panelinin patentini alan ilk kişi olarak tarihe geçmiştir. Fotovoltaik güç sistemleri için dönüm noktası olarak kabul edilen 1954 yılında ise Bell laboratuvarlarında Chapin tarafından %6 verimli fotovoltaik diyotlar (güneş pilleri) yapılmıştır. 1958 yılında ilk kez Vanguard-I isimli uzay aracında fotovoltaik hücreler kullanılmaya başlanmıştır. Fotovoltaik güç sistemleri 1960'ların başlarından beri uzay çalışmalarında yaygın biçimde kullanımını sürdürmektedir. Dünya petrol krizi ile birlikte alternatif enerji kaynakları arayışındaki artış fotovoltaik hücrelere olan ilgiyi de arttırmıştır. Bu tarihten itibaren fotovoltaik hücrelerin üretimi hızlanarak bu alanda yürütülen Ar-Ge çalışmalarına önem vermeye başlanmıştır(BTEP, 2020).

2.2.2. Güneş Enerjisinin Faydalı ve Mahsurlu Yönleri

Güneş enerjisinden yararlanmanın pek çok faydalı yönleri vardır;

1. Güneş enerjisi yenilenebilir enerji kaynağıdır. Tükenmesi söz konusu değildir,
2. Güneş enerjisi temiz ve kullanımında çevre kirliliğine sebep olmaz,
2. Elektrik enerjisi maliyetlerini azaltır,
3. Güneş enerjisinden elde edilen elektrik enerjisi farklı sektörlerde kullanılabilir,
4. Güneş enerjisi sistemleri düşük bakım maliyeti gerektirir
5. Teknoloji gelişimi ile yüksek performanslı düşük maliyetli panel imalatları söz konusu olmaktadır,
6. Güneş enerjisi sistemleri uzun ömürlü olması sistem kurulum maliyetlerini geri kazandırabilmektedir,
7. İşletme masrafları azdır,
8. Gerekğinde sistemler demonte edilerek ihtiyaç duyulan bölgelere transfer edilebilir,
9. İhtiyaç duyulan enerji kadar sistem kurulumu yapılabilir,
11. Elektrik şebekesinin olmadığı yerlere elektrik enerjisi ihtiyaçlarının uygun maliyetlerde karşılanabilmesini sağlar,
12. Güneş enerjisi sistemlerinde çalışan parçalarının olmaması sessiz ve uzun ömürlü olmalarını sağlar,
13. Enerjinin depolanabilmesi gerektiğinde kullanılabilmesini sağlar,

14. Enerji iletim masrafları tüketim yerlerine yakın olmalarından dolayı azdır.

Güneş enerjisi kullanımının olumlu yönleri yanında bazı mahsurlu yönleri de vardır;

1. Sistem kurulumları pahalıdır,
2. Enerji üretimi hava koşullarından etkilenir,
3. Enerji depolama pahalı ve depolama ömrü sınırlıdır,
4. Kurulu olduğu yerlerde alan kullanımı ve maliyeti fazladır,
5. Güneş enerjisi sistemlerinin imalatında oluşan atıklar çevreyi kirletmektedir,
7. Yüksek enerji taleplerinde yeterli olmayabilirler,
8. Enerji sürekliliği problemi vardır,
9. Enerji talebinin az olması durumunda sistemler düşük performansta çalışır,
10. Sıcaklık ve tozlardan olumsuz etkilenirler.

2.2.3. Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli

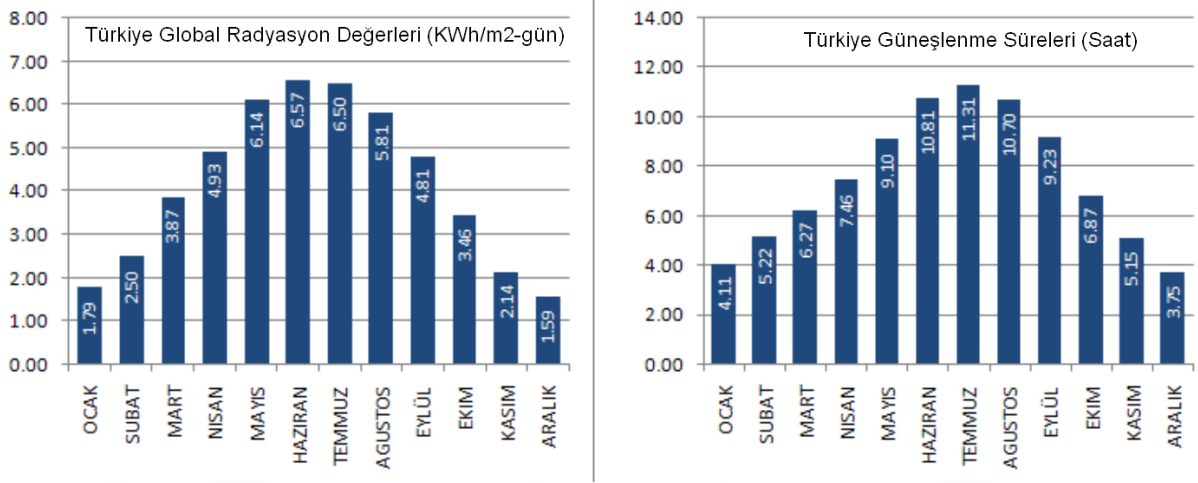
Güneş enerjisi, dünyanın ısıtma, soğutma, aydınlatma ve elektrik gibi enerji ihtiyacının büyük çoğunluğunun karşılanmasında potansiyel olarak çok önemli bir rol oynamaktadır.

Güneş enerjisi, güneş ışığından zararlı gaz emisyonları olmaksızın doğrudan elde edilen temiz bir enerji kaynağıdır. Güneşteki reaksiyonların ürettiği enerjinin bir kısmı radyasyondur. Dünyaya ulaşan bu radyasyonun paneller tarafından elektrik enerjisine dönüştürülme işlemi “Güneş Enerjisi Sistemi” olarak tanımlanmaktadır (Erdin ve Özkaya, 2019: 1-23).

Güneş enerjisinden Elektrik ve Termal Enerji Üretimi olarak iki biçimde enerji üretimi gerçekleştirilmektedir. Bu amaçla, fotovoltaik (PV) sistemler güneş ışığını kristal silikon veya çeşitli ince yarı iletken film malzemeler yardımıyla doğrudan elektrığe dönüştürebilen sistemlerdir. Güneş termal teknolojileri ise güneşten ısıyı toplayarak doğrudan su ısıtma amaçlı kullanılmaktadırlar. Bu sayede ısı motorları, geleneksel buhar çevrimleri veya diğer üretim teknolojileri ile güneş enerjisini elektrığe dönüştürebilmektedirler (Çetin vd., 2019: 2).

Coğrafi olarak Kuzey Yarım Küre’de bulunan ve 36-42° kuzey enlemleri ile 26- 45° doğu boylamları arasında yer alan Türkiye, mükemmel coğrafi konumu sebebiyle önemli bir

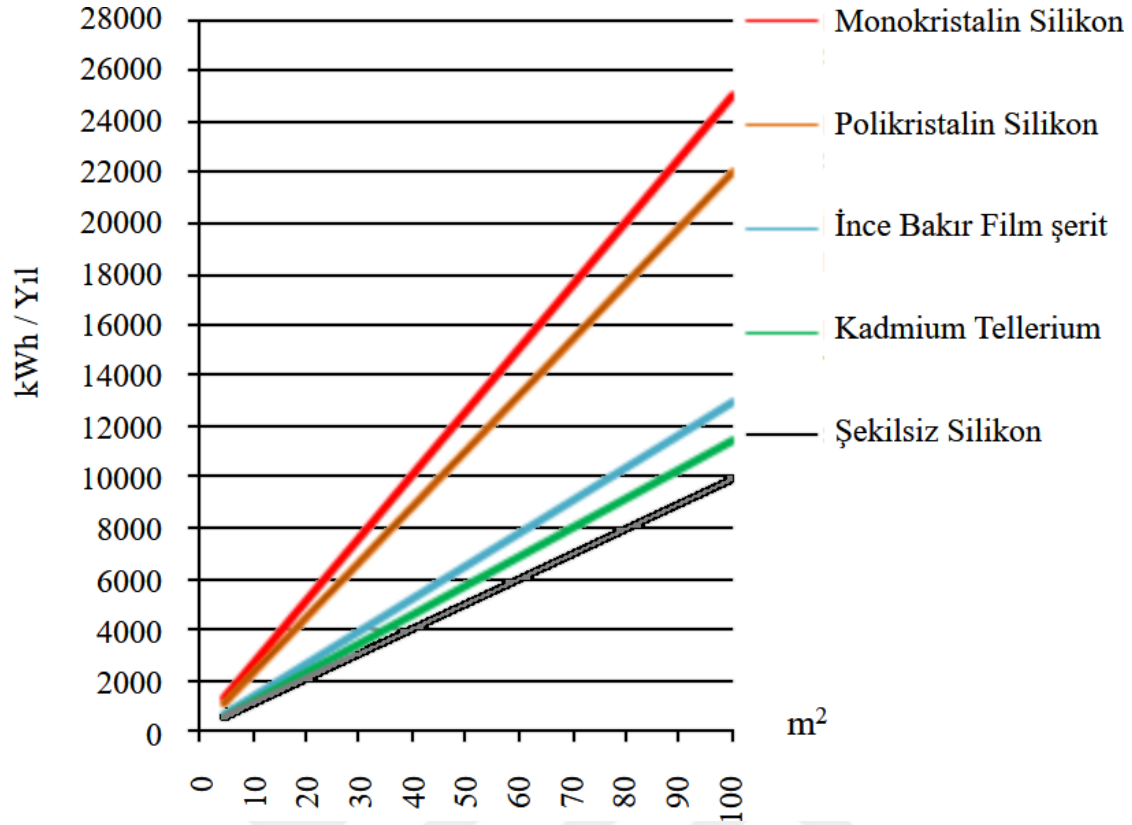
olduğu bu bölgeler güneş enerjisi yatırımları için daha elverişli ve diğer bölgelere göre yatırım maliyetlerinin geri dönüş süresinin daha az olduğu bölgelerdir.



Şekil 2.17. Türkiye Global Radyasyon Değerleri ve Güneşlenme Süreleri

Kaynak: (GEPA)

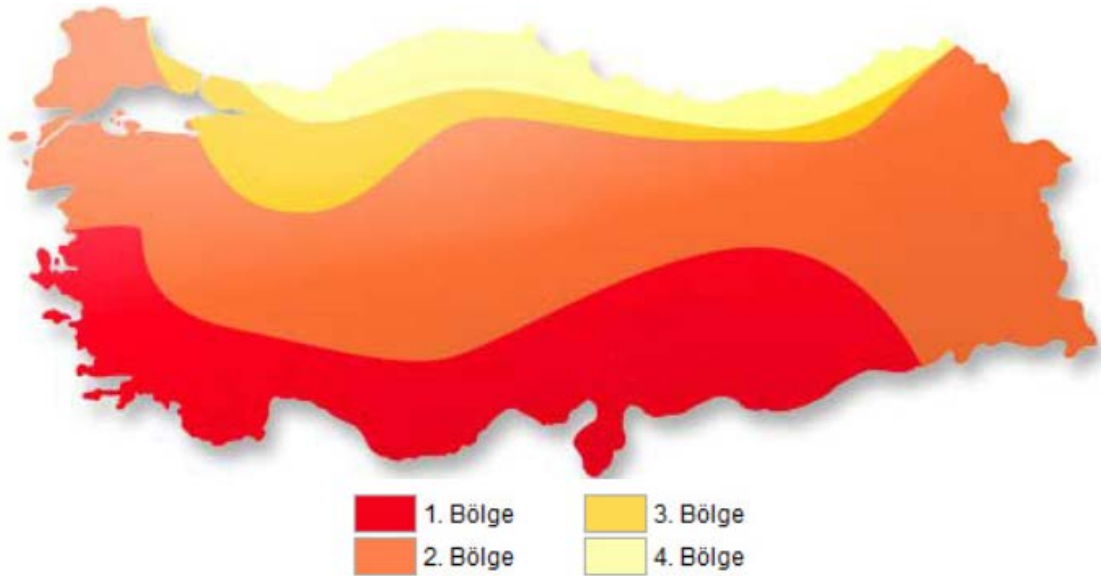
Şekil 2.17'deki Türkiye'nin aylara göre radyasyon değerleri ve güneşlenme süreleri incelenirse güneşlenme sürelerinin ve radyasyon değerlerinin aylara göre farklılık gösterdiği görülmektedir. Haziran, Temmuz, Ağustos ayları en yüksek güneşlenme sürelerine sahip olup bu aylarda ortalama güneşlenme süresi ortalama (10,94) yaklaşık 11 saattir. Radyasyon değerlerinin en yüksek olduğu aylar da yine Mayıs, Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarıdır. Ortalama bu aylardaki radyasyon değerinin ise $6,26 \text{ kWh-m}^2/\text{gün}$ olduğunu söylemek mümkündür.



Şekil 2.18. Türkiye PV Tipi-Alan-Üretilebilecek Enerji (kWh-Yıl)

Kaynak: (GEPA)

Şekil 2.18’de alanları 0 ile 100’ m^2 arası olan farklı tiplerdeki PV panellerin yıllık enerji üretim miktarları verilmektedir.



Şekil 2.19. Türkiye bölgesel güneş haritası

Kaynak: (Özgür, 2018: 352;TBGH)

Şekil 2.19'da verilen Türkiye güneş haritası incelenirse güneş ışı nım değerlerine göre 4 bölgeye ayrılmaktadır. Türkiye için güneşlenme açısından en verimli bölgenin 1. bölge, en verimsiz bölgenin de 4. bölge olduğu görülmektedir.

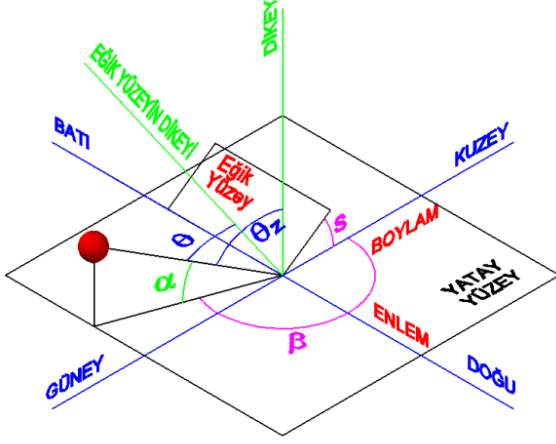
Ancak yapılan bilimsel araştırmalar bölgeler arasında güneşlenme açısından önemli bir farklılık olmadığını desteklemektedir. Örneğin güneş enerjisinden yararlanma konusunda öncü ülkelerden olan Almanya için en fazla ışı nım değeri yıllık 1200 kWh/m² iken bu değ er Türkiye'nin en az ışı nım alan bölgesi olan 4. Bölgesi Karadeniz Bölgesi'nin ışı nım değeri (1120 kWh/m²) ye çok yakındır (Özgür, 2018: 352). Bu anlamda Türkiye'nin güneşlenme potansiyelinin oldukça yüksek olması güneş enerjisi sistemlerinden yararlanılmasının uygun olduğunu göstermektedir.

2.2.4. Güneş Enerjisi, Güneş Panelinin Yapısı ve Çalışma Sistemi

Güneşte enerji Hidrojen çekirdeklerinden füzyon olayı ile Helyum çekirdeklerinin oluşması sonucunda ortaya çıkmaktadır. Bu enerji güneş ışınları vasıtasıyla dünyaya ulaşmaktadır. Dünyaya gelen güneş enerjisi dünyadaki enerji ihtiyacından çok fazladır.

Güneş enerjisini elektrik enerjisine çevirmek için Fotovoltaik sistemler (FS) kullanılmaktadır. Bu sistemler doğru akım üretirler. Elde edilen doğru akım enerjisinin şebekeye verilebilmesi veya evlerde kullanılabilmesi için inverter kullanılarak alternatif akıma çevrilmektedir. Şebekelerden uzak bölgelerde üretilen enerji bataryalara depolanarak gün boyunca enerji ihtiyacı karşılanmaya çalışılmaktadır.

Dünyaya ulaşmadan önceki güneş enerjisi potansiyeli 1370 Watt/m² civarındadır. Füzyon ile güneşte oluşan bu enerji dünya atmosferindeki engellerden geçerek yeryüzüne ulaştığında enerji potansiyeli 0 ile 1100 Watt/m² seviyelerinde değişmektedir(Akar, 2016: 1).



- (α) YÜKSEKLİK AÇISI
Güneş ışınımı ile yatay yüzey arasındaki açıdır.
- (\ominus) GÜNEŞ GELİŞ AÇISI
Eğik yüzeyin dikeyi ile ışın arasındaki açıdır.
- (β) Güneş azimut açısı
Güneş ışınlarının kuzeye göre, saat dönüş yönünde sapmasını gösteren açıdır.
Örneğin saat 12.00 de 180° dir.
- (θ_z) Zenit açısı
Yatay yüzeyin normali ile güneş ışınları arasında oluşan açıdır
- (s) Eğim açısı
Yatay yüzey ile eğik yüzey arasında kalan açıdır.
Ekvatora yönelen yüzey için artı değer alır.

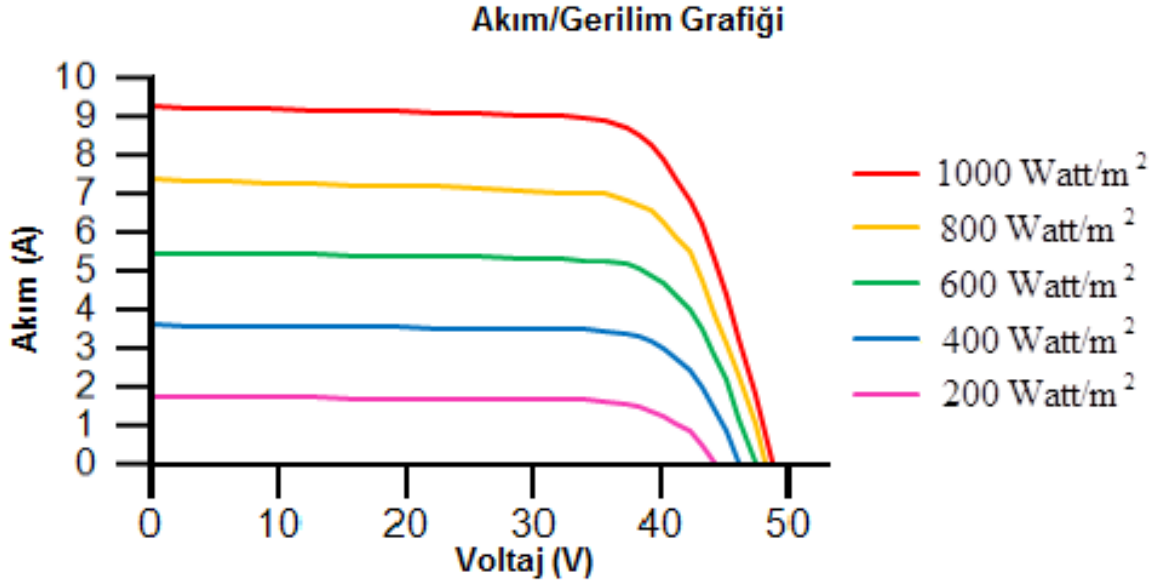
Şekil 2.20. Güneş açıları

Kaynak: (Deriş, 1979: 24; Öztürk, 2012: 12)

Şekil 2.20'de güneş açıları verilmiştir. Fotovoltaik panellerin uygun açı ve eğimde yerleştirilebilmesi için güneş açılarından faydalanılır. Sabit yerleştirilen panellerde eğim açısı (s) ve güneş azimut açısı (β) kullanılmaktadır. Tablo 2.5'de açılar hakkında bilgi verilmektedir.

Tablo 2.5. Güneş açılarının isimleri

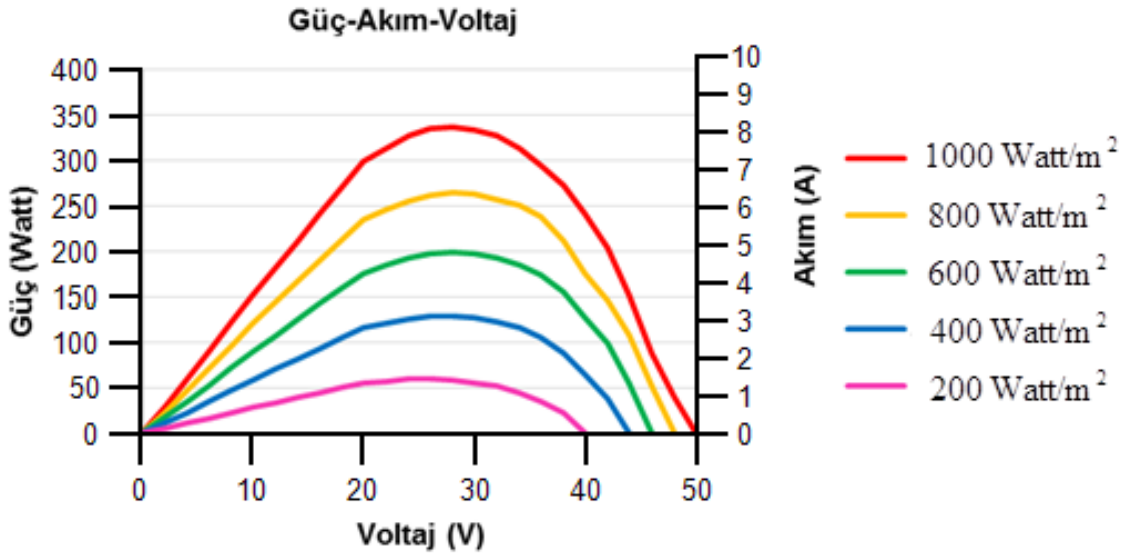
Simge	Açı adı	Açıklama
α	Yükseklik açısı	Güneş ışınımı ile yatay yüzey arasındaki açı
\ominus	Güneş geliş açısı	Eğik yüzeyin dikeyi ile ışın arasındaki açı
β	Güneş azimut açısı	Güneş ışınlarının kuzeye göre, saat dönüş yönünde sapmasını gösteren açı Değeri saat 12.00 de 180° dir.
θ_z	Zenit açısı	Yatay yüzeyin normali ile güneş ışınları arasında oluşan açı
s	Eğim açısı	Yatay yüzey ile eğik yüzey arasında kalan açı Ekvatora yönelen yüzey için artı değer alır.



Şekil 2.21. Fotovoltaik panellerde güneş radyasyonu ile değişen akım/gerilim grafiği

Kaynak: (Spenerji, 2019)

Şekil 2.21'de farklı güneş radyasyonlarında tipik bir fotovoltaik panelin akım-gerilim çizelgesi verilmiştir. FS sistem üretici firmaları 25 °C derecede ve 1 m² yüzey alana sahip panellerin farklı radyasyon şiddetlerinde sunabildikleri akım ve voltaj değerlerini ürün kataloglarında bulundururlar.



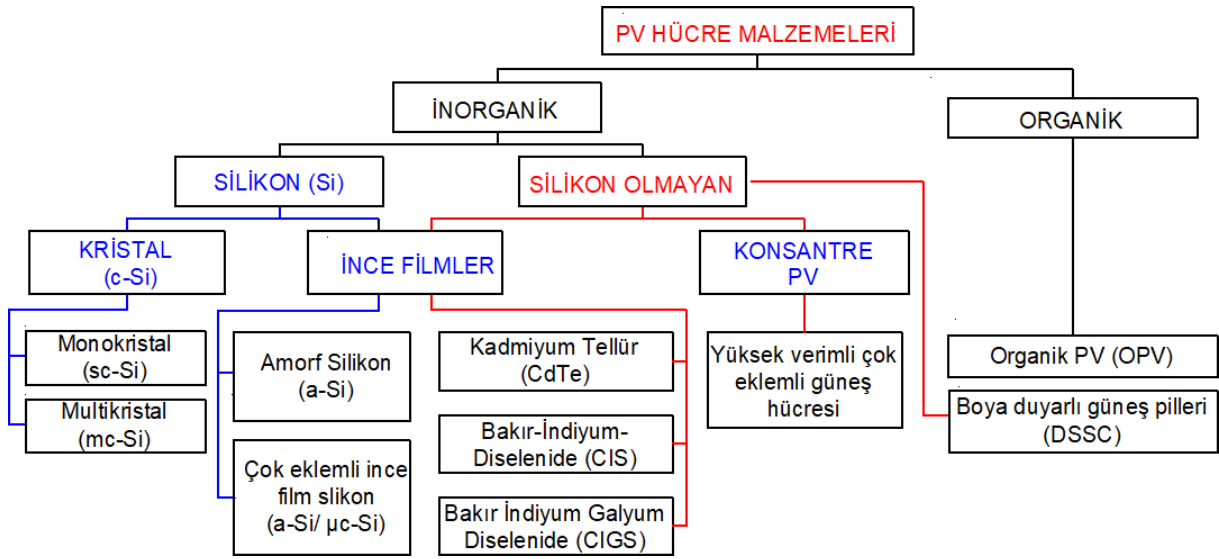
Şekil 2.22. Fotovoltaik panellerde Güç/Akım/Gerilim ilişkisi

Kaynak: (Spenerji, 2019)

Şekil 2.22’de verilen güneş panelinde 1000 Watt/m² güneş radyasyonunda yaklaşık 29 volt ve 8,5 amper geçebilmektedir. Bu panelin maksimum gücü yaklaşık 331,5 Watt civarındadır.

2.2.5. Güneş Hücresi Malzemeleri ve Karşılaştırma

Güneş enerjisinden elektrik enerjisi elde etmek için ışığa duyarlı yarı iletken malzemelerden üretilmiş fotovoltaik hücreler kullanılmaktadır. Fotovoltaik hücre malzemeleri Şekil 2.23’de verilmektedir. Kristal silikon hücreler tek veya çoklu yapıda üretilmektedir. Teknolojinin ilerlemesi ile ince film güneş hücreleri bulunmuştur. İnce film güneş hücreleri daha az malzeme kullanılarak esnek yapıda ve daha hafif imal edilebilmektedirler.



Şekil 2.23. Fotovoltaik hücre malzemeleri

Kaynak: (SBC, 2013: 12)

Tablo 2.6’da farklı PV modüllerinin karşılaştırılması verilmektedir. 1 kWp güç için gerekli yüzey alanları hücre malzemeleri ve kalitelerine göre değişim göstermektedir. Hücre malzemesi Monokristal Silikon olan PV modülleri %80 pazar payına sahip en verimli PV modülleri çeşididir. Monokristal ve Multikristal PV hücreler birinci nesil PV teknolojileri grubuna girmektedir (EL-Shimy ve Abdo, 2015: 1398). İkinci nesil PV hücrelerin imalatı verimlilik ve ömürden ödün verilmeden daha düşük maliyetle yapılabilmektedir. İnce film panelleri esnek hafif ve daha az malzeme ile üretilebilmektedir. Bu yüzden verimlilikleri kristal panellerden daha az olmaktadır. Sıcaklığa dayanma ve esnek yapıda olmaları sayesinde %15-20 kadar pazar payları bulunmaktadır. Üçüncü nesil PV teknolojileri araştırma aşamasında ve ticari payı olmayan PV hücre çeşitleridir. Bu grupta yüksek verimli az alanda yüksek enerji üretebilen organik güneş hücreleri ile çalışmalar söz konusudur.

Tablo 2.6. Farklı PV Modüllerinin Karşılaştırılması

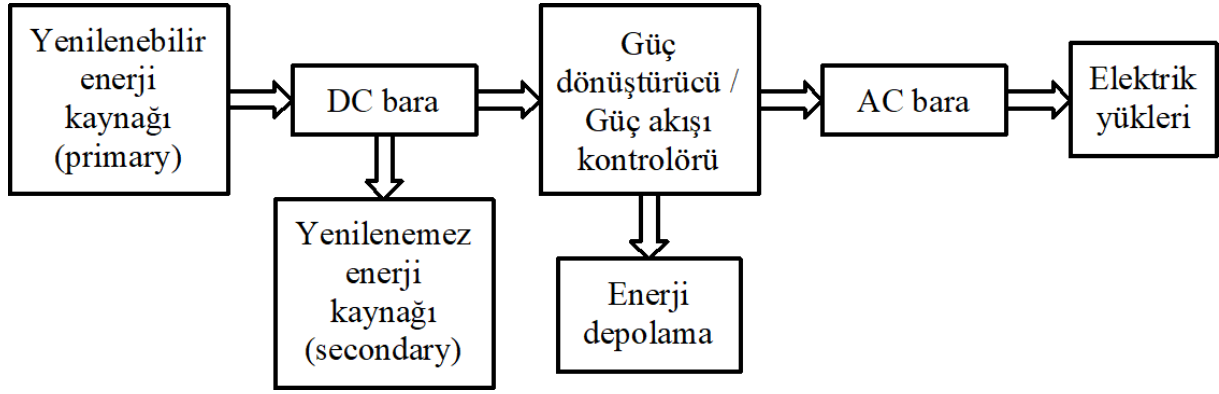
Hücre malzemesi	Modül verimliliği	1 kWp için gerekli yüzey alanı	Faydalı yönler	Mahsurlu yönler
Monokristal silikon	15-18 %	7-9 m ²	- En verimli pv modülleri - Piyasada kolayca bulunabilir - Son derece standartlaştırılmış	- En pahalı - Üretim sürecinde silikon atığı
Polikristal silikon	13-16 %	8-9 m ²	- Üretim için monokristalin hücrelerden daha az enerji ve zaman gerekir (= daha düşük maliyetler) - Piyasada kolayca bulunabilir - Son derece standartlaştırılmış	- Monokristal silikon modüllerden biraz daha az verimli
Micromorph tandem (aı-Si)	6-9 %	9-12 m ²		- Aynı çıktı için daha fazla alan gerekir
İnce film: Copper indium diselenide (CIS)	10-12 %	9-11 m ²	- Yüksek sıcaklıklar ve gölgelendirme performans üzerinde daha az etkiye sahiptir - Daha düşük üretim maliyetleri	- Aynı çıktı için daha fazla alan gerekir
İnce film: Cadmium telluride (CdTe)	9-11 %	11-13 m ²	- Yüksek sıcaklıklar ve gölgelendirme performans üzerinde daha az etkiye sahiptir - En yüksek maliyet düşürme potansiyeli	- Aynı çıktı için daha fazla alan gerekir
İnce film: Amorphus silicon (a-Si)	6-8 %	13-20 m ²	- Yüksek sıcaklıklar ve gölgelendirme performans üzerinde daha az etkiye sahiptir - Üretim için daha az silikon gerekir	- Aynı çıktı için daha fazla alan gerekir

Kaynak: (PVT) PV Modül Türleri

2.3. Hibrit Enerji Sistemleri

Ülkeler enerji ihtiyaçlarının çoğunluğunu kömür, petrol, doğalgaz gibi fosil yakıtlarla sağlamaya çalışmaktadırlar(Lawan & Abidin, 2020: 1-2). Fosil yakıtların kullanılması çevre kirliliğine yol açarken sınırlı rezervlerin azalması da birim maliyetlerini yükseltmektedir. Bu durum yeni enerji seçeneklerinin araştırılması ihtiyacını ortaya çıkarmıştır.

Bir hibrit enerji sistemi (HES), genellikle yenilenemez bir ikincil modül ve depolama birimleriyle paralel olarak çalışan bir birincil yenilenebilir kaynaktan oluşur(Khan & Iqbal, 2005: 837).



Şekil 2.24. Hibrit enerji sistemi (HES)

Kaynak: (Khan & Iqbal, 2005: 837; Nema vd., 2009: 2097)

Şekil 2.24’de Yenilenebilir enerji kaynaklarının yenilenemez enerji kaynakları desteğiyle kullanımı verilmektedir.

Rüzgar, güneş ve hidrolik enerji gibi çevreyi kirletmeyen tükenme riski bulunmayan enerji kaynakları araştırılmaya ve kullanılmaya başlanmıştır. Bu tip kaynakların enerji üretiminde bağımsız olarak tercih edilmeleri kapasite ve süreklilik sorunlarını ortaya çıkarmaktadır.

Değişen doğa koşullarında farklı yük taleplerini karşılayabilmek için, çeşitli yenilenebilir enerji kaynakları ve dönüştürücülerinin birbirleriyle entegre edilmesi gerektiği fikri ortaya çıkmıştır.

Fosil enerji kaynaklarının rezerv, maliyet ve çevre problemleri yüzünden Hibrit enerji sistemi yerine, Hibrit yenilenebilir enerji sistemleri’nin (HRES) kullanımları gelişen teknolojiler desteğiyle tercih edilmeye ve yaygınlaşmaya başlamıştır(Nema, vd., 2009: 2099).

Yenilenebilir enerji teknolojisinin en umut verici uygulamalarından biri, şebekenin genişletilmesinin maliyetli olduğu ve konumun uzaklığıyla birlikte yakıt maliyetinin büyük ölçüde arttığı uzak alanlara hibrit yenilenebilir enerji sistemlerinin (HRES) kurulmasıdır(Nema vd., 2009: 2096).

Hibrit yenilenebilir enerji sistemlerinin birçok durumda bağımsız güç kaynaklarının toplam yaşam döngüsü maliyetini önemli ölçüde azalttığı ve aynı zamanda enerji kaynaklarının kombinasyonu yoluyla daha güvenilir bir elektrik kaynağı sağladığı kanıtlanmıştır.

2.3.1. Rüzgar-Güneş Hibrit Enerji Sistemleri Tarihçesi

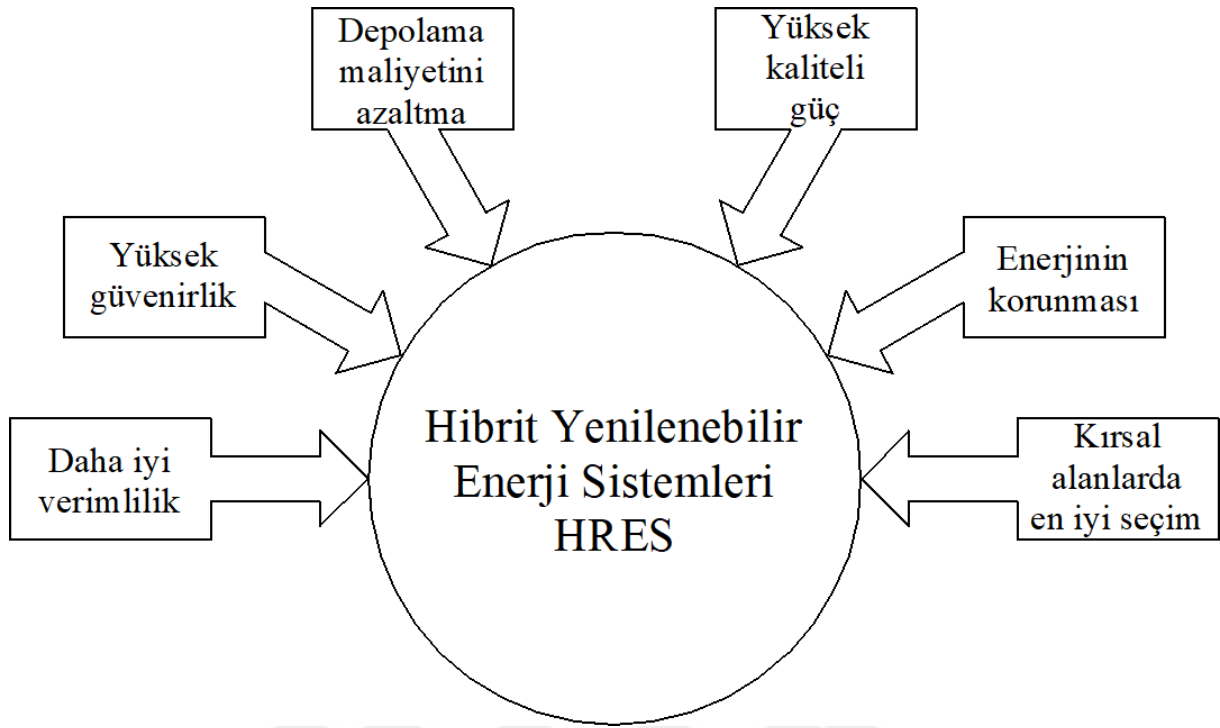
Son zamanlarda yenilenebilir enerji kullanımları artmıştır. Fosil yakıtlardan alınan performans bağımsız yenilenebilir enerji sistemlerinden her zaman elde edilemediğinden yenilenebilir enerji sistemlerinin birlikte kullanılmaları araştırılmaya başlanmıştır. Yatırım bölgeleri verileri ile yapılan hesaplama ve değerlendirmelerle hibrit sistemlerin kullanılmalarında süreklilik ve performans sağlanabilmesi beklenmektedir.

(Khan & Iqbal, 2005: 837), Newfoundland/Kanada'da yaptıkları çalışmalarında Hybrid Optimization Model for Electric Renewables(HOMER) programını kullanarak bir ön fizibilite çalışması yapmışlardır. Çalışmalarında rüzgar hız verileri, güneş radyasyon seviyesi, mazot ve fueloil fiyatlarını kullanmışlardır. Rüzgar-dizel-batarya hibrit sistemi 2005 yılı koşullarında en ekonomik çözüm olduğunu hesaplamışlardır. Bununla birlikte, yakıt hücresi maliyetinin mevcut değerinin % 15'ine düşürülmesi durumunda rüzgar-yakıt hücresi sisteminin daha ekonomik olabileceğini vurgulamışlardır.

(Lawan & Abidin, 2020: 15) çalışmalarında genetik algoritma kullanarak rüzgar ve PV güneş enerjisi sistemleri modellemesi ve maliyet ve optimizasyonu yapmışlardır. Hibrit sistem kurulumunun bağımsız enerji sistemlerinden daha düşük maliyetli olduğunu bulmuşlardır.

Türkiye'de yapılan akademik hibrit enerji çalışmaları hakkında genel bir araştırma yapılmıştır(Terzioğlu, vd., 2019: 247-268), Bu çalışmada hibrit yaklaşımla yapılan bazı çalışmalar incelenmiş HES verimliliğinin yatırım bölgesi özelliklerine ve kullanılan elemanların kalitesi ile ilişkili olduğu saptanmıştır.

2.3.2. Rüzgar-Güneş Hibrit Sistemlerinin Faydalı ve Mahsurlu Yönleri



Şekil 2.25. Hibrit yenilenebilir sistemlerinin tercih sebepleri

Kaynak: (Hassas & Pourhossein, 2017: 132)

Şekil 2.25’de hibrit yenilenebilir enerji sistemlerinin tercih edilme sebepleri verilmektedir. Rüzgar ve PV güneş enerjisi gibi sistemlerin birlikte kullanılmalarının faydalı ve mahsurlu yönleri vardır(Terzioğlu, vd., 2019: 247; Bhikabhai, 2005: 28).

Faydalı yönler;

Rüzgar enerjisi üretimi rüzgar esintisi varsa gündüz ve gece gün boyunca yapılabilir. Rüzgar esmediği zamanlarda ise gece veya gündüz enerji üretimi yapılamaz. PV güneş enerjisi sistemleri ile açık havalarda gündüz güvenilir ve düzenli enerji üretimi sağlanabilirken gece enerji üretimi mümkün değildir. Rüzgar ve PV güneş enerjisi sistemlerinin birlikte kullanılması gündüz ve gece enerji üretimi süreklilik ve güvenilirlik elde edilebilecektir.

Büyük çaplı rüzgar türbinlerinde az alan kullanımı ile yüksek güçler elde edilebilir. PV enerji sistemleri yüksek güçler için yüksek alana ihtiyaç duyarlar. Birlikte kullanımları ihtiyaç duyulan güç için gerekli alan ihtiyacını azaltılmasını sağlayabilir.

Kapalı havalarda PV enerji sistemlerinden verimli enerji üretimi yapılamazken rüzgar esintisinin yüksek olması söz konusu olabilir.

Açık havalarda PV enerji sistemleri verimli çalışırken rüzgar esintilerinin azalması rüzgar sistemlerinin verimsiz olmasına yol açmaktadır.

Gece rüzgar enerjisi sistemlerinden yararlanabilmek mümkünken PV enerji sistemlerinden yararlanılamaz.

Enerji sistemlerinin birlikte kullanılması sayesinde farklı enerji sistemlerinin birbirlerinin eksik yönlerini tamamlayarak enerjide süreklilik ve verimli üretim sağlanabilecektir.

Mahsurlar;

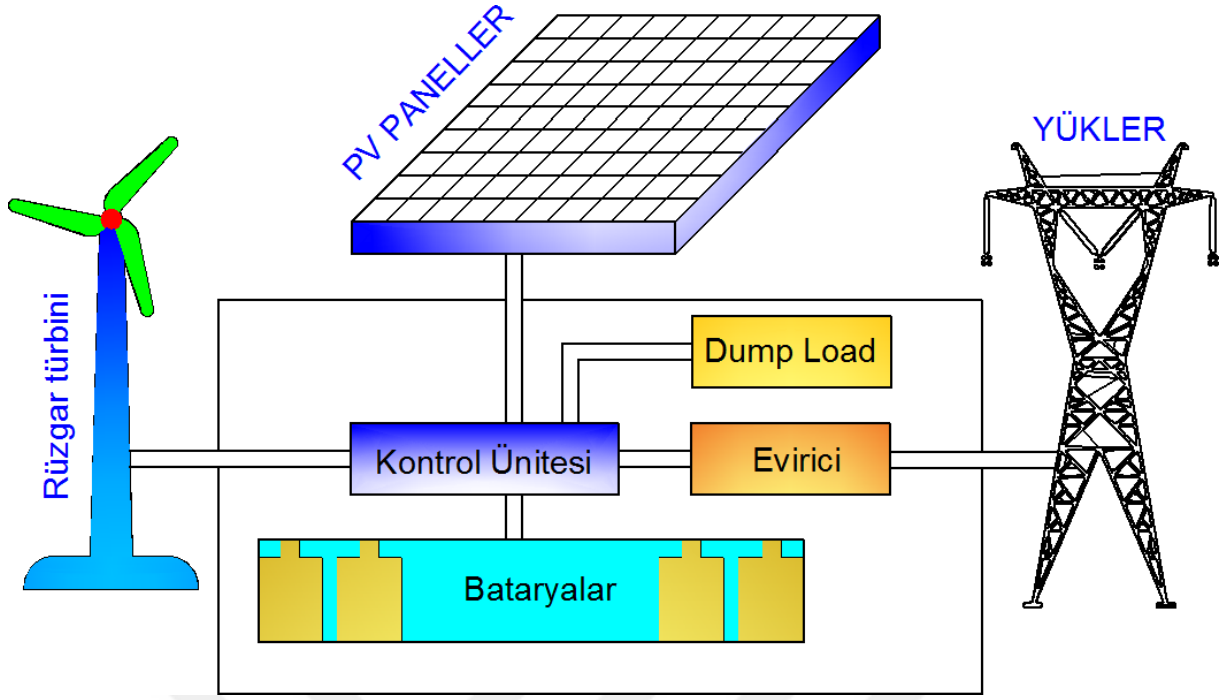
Enerji yatırımı yapılacak bölgede rüzgar enerjisi veya güneş enerjisi potansiyeli çok düşük olabilir. Bu durumda performansı düşük enerji modeli ile yapılan hibrit yatırım toplamda sistem verimliliğini azaltacaktır.

Kuzey veya güneye yakın enlemlerde güneş varlığı düşük veya yüksek olmaktadır. Bu durumda PV güneş enerjisi ile yapılan yatırımlar yüksek verimli veya düşük verimli olabilecektir. Bağımsız enerji sistemlerinin hibrit sistemlerden daha verimli olması hibrit sistem yatırımlarını verimsiz kılmaktadır.

Farklı enerji sistemlerinin kurulum maliyetleri aynı olamaz. Hibrit sistem tasarımlarında maliyetleri az veya yüksek olan sistemlerin birlikte kullanılmaları yatırım maliyetlerini arttıracaktır.

2.3.3. Rüzgar-Güneş Hibrit Sistem Tasarımı

Rüzgar ve güneş enerjisi sistemleri farklı veya eş zamanlı olarak enerji üretebilmektedirler. Bu enerji türleri birlikte kullanılarak üretilen enerjinin sürekliliği ve potansiyelinin artırılması sağlanabilmektedir. Enerji türlerinden birinin potansiyelinin çok düşük olması birlikte kullanmasını mümkün kılmamaktadır. Enerji verilerinin incelenmesi ve değerlendirilmesi sonucunda kurulacak sistemin hibrit veya potansiyeli iyi olan sistem tercihi şeklinde olması karlı verimli enerji sistemlerinin kurulmasına destek olabilmektedir.



Şekil 2.26. Fotovoltaik-Rüzgar enerjisi hibrit sistem modeli

Kaynak: (Ai vd., 2003: 1495; Bourennani vd, 2013: 1-18; Türkyılmaz ve Kurban, 2019b: 122)

Şekil 2.26’da rüzgar ve güneş enerjisini birlikte kullanan bir sistem modeli verilmiştir(HRES). Güneş ve rüzgar enerjisi kaynakları birlikte kullanılarak enerji sürekliliği ve potansiyel verimliliği elde edilmeye çalışılmaktadır.

Hibrit yenilenebilir enerji sistemlerinde kullanılan elemanların tanıtımı(Bhikabhai, 2005: 9);

Rüzgar türbinlerinde güç üretimi rotor çapına, rüzgar hızına türbin imalat sistemine bağlıdır. Rüzgar türbinleri 50W- 5 MW kapasitelerinde imal edilirler.

Enerji depolama sistemleri elektrik enerjisinin depolanması için kullanılır. Enerji üretimi olmadığında güç sunumunun devamını sağlarlar. Kırsal bölgelerde güç kaynağı sistemleri için nikel-kadmiyum veya kapalı kurşun asit piller kullanılır. Yetersiz olduğu zamanlarda destek jenaratörleri kullanılır.

Eviriciler doğru akımdan şebekeye ve yüklere uyumlu alternatif akım elde etmek için kullanılırlar.

Yükler doğru akım veya alternatif akım olabilir. Doğru akımda çalışan yükler için evirici kullanımı gerekmez.

Sistem boyutlandırılması enerji talebi göz önünde bulundurularak yapılmalıdır. Hatalı seçimler yatırım maliyetlerini ve geri kazanım zamanlarını arttırmaktadır

3. RÜZGAR, GÜNEŞ VE HİBRİT ENERJİ SİSTEMLERİNİN ANALİZİ İÇİN GELİŞTİRİLEN PAKET YAZILIM

Bu bölümde sırasıyla rüzgar, güneş ve hibrit enerji sistemlerinin analizi için geliştirilen paket yazılım tanıtılmaktadır. Geliştirilen yazılım Türkçe ve İngilizce dilini desteklemektedir. Birden fazla dil desteği ile çalışmanın uluslararası alanda kullanılabilmesi ve özellikle rüzgar enerjisi ve PV güneş enerjisi alanlarında yatırım kurulumlara destek vermesi beklenmektedir.

Rüzgar enerjisi hesaplamalarında MGM genel müdürlüğünden alınan veya temin rüzgar hızı ölçümleri yazılımda kullanılmaktadır. PV güneş enerjisi hesaplamalarında PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) verileri kullanılmakta yıllık ve dönemsel enerji miktarları ve gelirleri hesaplanmaktadır.

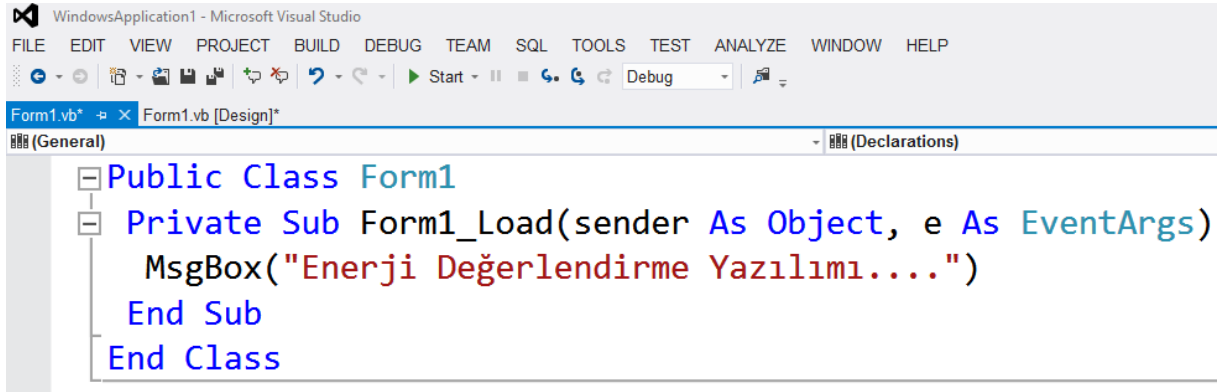
Hesaplamalar ile elde edilen enerji potansiyelleri kWh cinsinden dosyalara kaydedilmektedir. Hesaplama için seçilen çalışma bölgesine ait bir klasörde toplanan enerji hesaplamaları geliştirilen yazılım ile bağımsız veya birleştirilerek okunmakta hesaplamalar ve grafikler çizilmektedir. Bağımsız ve hibrit yapılan hesaplamaların karşılaştırılması sayesinde en uygun hibrit veya bağımsız sistem modeli bulunmaya çalışılmaktadır.

Yazılım enerji dosyalarını okuduktan sonra SQL (Structured Query Language) sorgulama dilini kullanarak bölge bazlı veri seçimlerini yapmaktadır. Visual Basic altında dosyalarda SQL sorgulama dili kullanılarak seçilen veriler ile rüzgar enerjisi ve PV güneş enerjisi hesaplamaları otomatik olarak yapılmaktadır.

İlk olarak rüzgar enerjisi sistemleri için geliştirilen yazılım kullanımı hakkında bilgi verilmektedir.

3.1. Yazılım Geliştirme Ortamı

Microsoft Visual Stüdyo altında bulunan Şekil 3.1'de gösterilen Visual Basic programlama dili kullanılarak hibrit değerlendirme yapabilen bir enerji programı geliştirmiştir. Geliştirilen yazılım ile gerektiğinde internet verilerine erişim sağlanabilmektedir. Bu sayede enerji hesaplamaları için gerekli veriler internette yazılım desteği ile indirilebilmektedir.



```
Public Class Form1
    Private Sub Form1_Load(sender As Object, e As EventArgs)
        MsgBox("Enerji Değerlendirme Yazılımı....")
    End Sub
End Class
```

Şekil 3.1. Microsoft Visual Stüdyo Program Yazım Ortamı

Yazılım ekranında resimler, haritalar, formüller ve hesaplama bilgileri gösterilebilmektedir. Farklı kaynaklardan gelen enerji verileri kullanılarak yazılım desteği ile hesaplanan enerji potansiyelleri dosyalara kayıt edilebilmektedir. Yazılım desteği ile dosyalardan okunan enerji potansiyelleri farklı enerji kaynaklarının birlikte değerlendirilebilmesini sağlamaktadır.

Hesaplama sonuçları kullanılarak enerji kaynaklarının bağımsız veya hibrit kullanılması ile sağlanabilecek potansiyeller elde edilebilmektedir. Geliştirilen yazılımın, planlanan enerji yatırımlarında doğru seçim ve enerji tercihlerine destek olarak karlı yatırımların yapılmasını sağlaması beklenmektedir.

3.2. Rüzgar Enerji Sistemlerinin Analizi için Geliştirilen Paket Yazılım



ANAMENU	
DESTEK GÖZAT DİL SEÇİMİ	
RÜZGAR GÜNEŞ (PV) HESAPLAMALAR	
TEST AMAÇLI RÜZGAR VERİLERİ OLUŞTURMA	YAZILIM BİLGİ SİSTEMİ (YBS)
RÜZGAR VERİLERİNİN KONTROL EDİLMESİ	RÜZGAR HIZI HESAPLAMA (HELLMANN)
RÜZGAR VERİLERİ SIKLIĞI	RÜZGAR HIZI HESAPLAMA (IN)
WEIBULL (K, C) -YÖN BİLGİSİ OLMAYAN VERİLER	FAİZ HESAPLAMA
WEIBULL DAĞILIMI GRAFİĞİ	HEDEF YÜKSEKLİKTE HIZ TAHMİNİ (YÖNSÜZ)
ARAZİ NOKTALARI OLUŞTURMA (E,B,Z,R,X,Y)	WEIBULL (K, C) -YÖN BİLGİSİ OLAN VERİLER
EŞ YÜKSELTİ EĞRİLERİ RENKLENDİRME	AYLIK VERİLERLE GELİR HESAPLAMA (HELLMANN)
RÜZGAR TÜRBİNLERİ	AYLIK VERİLERLE RÜZGAR ÇİFTLİĞİ (HELLMANN)
MGM-VERİLER	SAATLİK VERİLERLE RÜZGAR ÇİFTLİĞİ (HELLMANN)
MGM-İSTASYONLAR	WD OLASILIK YOĞUNLUK FONKSİYONU
HARİTA(RÜZGAR)	WD EKLEMELİ (KÜMÜLATİF) OLASILIK FONKSİYONU

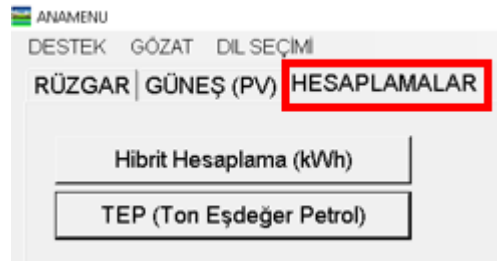
Şekil 3.2. Rüzgar enerjisi analizi için geliştirilen yazılımlar ekranı

Şekil 3.2'de Rüzgar enerjisi hesaplamaları ve analizi için geliştirilen program RÜZGAR sekmesi görünmektedir. Bu sekmede yer alan programlar takip eden bölümlerde tanıtılacaktır.



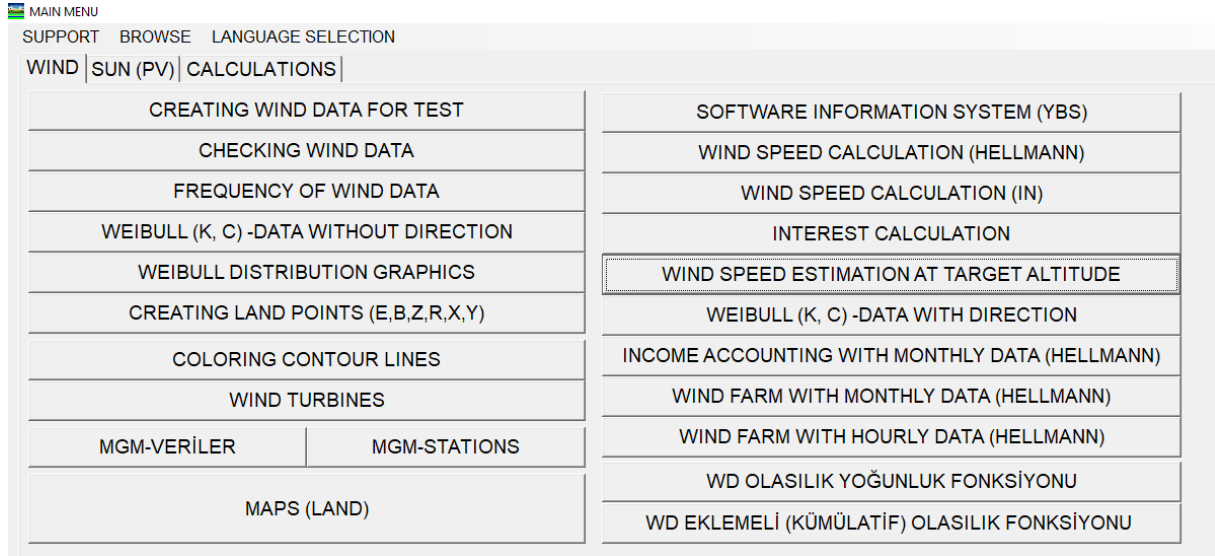
Şekil 3.3. Fotovoltaik güneş enerjisi için geliştirilen yazılımlar

Program ana menüsü GÜNEŞ(PV) adlı ikinci sayfasında fotovoltaik enerji yazılımları bulunmaktadır. Şekil 3.3'de GÜNEŞ(PV) adı altındaki programlar takip eden bölümlerde tanıtılacaktır.



Şekil 3.4. Hibrid hesaplamalar menüsü

Program HESAPLAMALAR adlı üçüncü sekmesi Şekil 3.4'de görülmektedir. Bu bölümde Hibrit Hesaplama ve Ton Eşdeğer Petrol enerji denklikleri hesaplama yazılımları bulunmaktadır.



Şekil 3.5. Rüzgar enerjisi analizi için geliştirilen yazılımlar ekranı İngilizce görünümü

Geliştirilen program Türkçe ve İngilizce dillerini desteklemektedir. Programın İngilizce görünümü ise Şekil 3.5'te verilmektedir. Yazılımda rüzgar ve güneş hesaplamaları yapıldıktan sonra hibrit değerlendirilmeler elde edilebilmektedir. Hesaplama sonuçları ve değerlendirme grafikleri yazılım tarafından otomatik olarak hesaplanabilmektedir.

3.3. Test Amaçlı Rüzgar Verileri Üretme

Rüzgar enerjisinin hesaplanmasında rüzgar hız verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu verilerin tamlik kontrolü yapılabilmekte ve enerji potansiyelleri geliştirilen yazılımla hesaplanabilmektedir. Şekil 3.6'da verilen program ekranında başlangıç ve bitiş tarihleri tanımlanan dönemler için rasgele veriler üretilmektedir. Bu veriler enerji potansiyeli ve veri tamlığı kontrol yazılımlarının geliştirilmesinde kullanılmaktadır.

SANAL RÜZGAR VERİLERİ OLUŞTURMA PROGRAMI

BAŞLANGIÇ: 1 Ocak 2019 Salı
İLK SAAT: 00

BİTİŞ: 31 Aralık 2019 Salı
SON SAAT: 23

BASKIN YÖN: 250
BASKIN HIZ: 12
EN YÜKSEK HIZ: 12
ORTALAMA: 7,5

VERİLERİ OLUŞTUR
KAYDET (HIZ)
KAYDET (TARİH, HIZ)
KAYDET (TARİH, HIZ, YÖN)
RESET

SIRA	TARİH	RÜZGAR HIZI	YÖN
1	2019010100	7,5	306,4
2	2019010101	10,6	149,3
3	2019010102	7,5	330,7
4	2019010103	7,5	126,9
5	2019010104	4,1	55,9
6	2019010105	7,5	77,0
7	2019010106	2,8	117,3
8	2019010107	6,9	22,8
9	2019010108	7,5	294,5
10	2019010109	3,2	32,2
11	2019010110	11,8	127,8
12	2019010111	0,3	92,2

Şekil 3.6. Rüzgar Enerjisi Test Verileri Hazırlama Yazılımı

Şekil 3.6'da rüzgar enerjisi test verileri hazırlama yazılımı ekranı görülmektedir. Bu yazılım ekranı kullanılarak iki tarih arasında rastgele saatlik veriler üretilmektedir. Saatlik periyotlarda ölçülen gerçek verilerin tamlığı bu ekranda üretilen verilerle kontrol edilebilmektedir. Elde edilen sanal saatlik veriler kullanılarak rüzgar enerjisi yazılımları geliştirilmiştir ve gerçek verilerle enerji hesaplamaları yapabilen enerji yazılımlarının hazırlanmasında kullanılmıştır.

3.4. Rüzgar Verilerinin Kontrol Edilmesi

Rüzgar verilerinin ölçülmesi ve veri tabanlarına kaydedilmesi sırasında elektrik kesilmesi, disk hataları veya sinyal bozuklukları gibi sorunlar sebebiyle veri kayıpları oluşabilmektedir. Eksik ve hatalı rüzgar verileri nedeniyle enerji hesaplamalarının yapılması mümkün olmamaktadır. Binlerce verinin kontrol edilerek eksik verilerin tespiti ve dönemsel diğer veriler ile tamamlanması zaman ve emek gerektirmektedir.

RÜZGAR VERİLERİNİN KONTROL EDİLMESİ

KONTROL EDİLECEK VERİ SEÇİMİ VERİ TARİHLERİNİ OLUŞTURMA VERİLERİN KONTROL EDİLMESİ

Rüzgar Verisi Seçimi (M/S) Gözet BAŞLANGIÇ 1 Ocak 2013 Salı İLK SAAT 01

17020_BARTIN.TXT

SIRA	TARİH-SAAT	V (M/S)	YÖN
42893	2017123100	0,5	261
42894	2017123101	1,8	253
42895	2017123102	1,2	244
42896	2017123103	0,7	246
42897	2017123104	1,0	220
42898	2017123105	1,5	212
42899	2017123106	1,4	209
42900	2017123107	1,9	203
42901	2017123108	1,6	204
42902	2017123109	2,7	212
42903	2017123110	3,1	251
42904	2017123111	2,8	272
42905	2017123112	2,7	272
42906	2017123113	3,3	259
42907	2017123114	1,9	266
42908	2017123115	1,9	263
42909	2017123116	1,7	234
42910	2017123117	0,6	290
42911	2017123118	0,5	239
42912	2017123119	0,5	94
42913	2017123121	0,3	76
42914	2017123122	0,4	78

VERİ TARİHLERİNİ DEĞİŞTİR(TARİH VE SAAT BİLGİSİ YOKSA)

İLK VE SON TARİHİ AKTAR

KAYDET

Şekil 3.7. Rüzgar verilerinin kontrol yazılımı

Şekil 3.7'de rüzgar verilerinin kontrol yazılımı görülmektedir. Program ilk sayfasında kontrol edilecek veriler seçilir.

RÜZGAR VERİLERİNİN KONTROL EDİLMESİ

KONTROL EDİLECEK VERİ SEÇİMİ | VERİ TARİHLERİNİ OLUŞTURMA | VERİLERİN KONTROL EDİLMESİ

BAŞLANGIÇ 1 Ocak 2013 Salı

İLK SAAT 00

BİTİŞ 31 Aralık 2017 Pazar

SON SAAT 22

KONTROL VERİ TARİHLERİNİ OLUŞTUR

SIRA	TARİH
43796	2017123019
43797	2017123020
43798	2017123021
43799	2017123022
43800	2017123023
43801	2017123100
43802	2017123101
43803	2017123102
43804	2017123103
43805	2017123104
43806	2017123105
43807	2017123106
43808	2017123107
43809	2017123108
43810	2017123109
43811	2017123110
43812	2017123111
43813	2017123112
43814	2017123113
43815	2017123114
43816	2017123115
43817	2017123116
43818	2017123117
43819	2017123118
43820	2017123119
43821	2017123120
43822	2017123121
43823	2017123122

Şekil 3.8. Veri tarihlerini oluşturma

Şekil 3.8’de verilen program ekranında verilerden ilk ve son tarih alınarak kontrol listesi oluşturulmaktadır. Kontrol listesinin 43823 adet hesaplanması ve bu sayının kaynak veri sayısından fazla olması veri ölçümlerinin eksik olduğunu göstermektedir.

RÜZGAR VERİLERİNİN KONTROL EDİLMESİ

KONTROL EDİLECEK VERİ SEÇİMİ | VERİ TARİHLERİNİ OLUŞTURMA | VERİLERİN KONTROL EDİLMESİ

VERİ KONTROLÜNÜ BAŞLAT

RESET

EKSİK VERİLER(REFERANS LİSTESİNDE KALANLAR)

C1	C2
889	2017122123
890	2017122204
891	2017122220
892	2017122222
893	2017122223
894	2017122323
895	2017122423
896	2017122502
897	2017122505
898	2017122520
899	2017122523
900	2017122605
901	2017122623
902	2017122720
903	2017122723
904	2017122823
905	2017122923
906	2017123002
907	2017123020
908	2017123023
909	2017123120

Şekil 3.9. Eksik verilerin bulunması

Şekil 3.9'da gösterilen yazılım ekranında VERİ KONTROLÜNÜ BAŞLAT komutu çalıştırıldığında eksik veriler hesaplanır. MGM'den temin edilen Bartın bölgesi 5 yıllık saatlik rüzgar verilerinin 909 adet eksik olduğu bulunmuş, eksik tarih ve saatler yazılım ekranında gösterilmiştir.

3.5. Rüzgar Verileri Sıklığı

Rüzgar enerjisi potansiyeli analizlerinde rüzgar hızları ve frekanslarının değerlendirilmesi gerekmektedir. Düşük hızlarda yinelenen rüzgar hızları düşük enerji performansı göstermektedir. Rüzgar hızlarının verimli hızlarda daha fazla tekrarlaması verimli enerji yapısını göstermektedir. Şekil 3.10'da verilen yazılım ekranında Bartın bölgesi verileri kullanılmıştır.

RÜZGAR VERİLERİ SIKLIĞI

17020_BARTIN.TXT

Rüzgar Verisi Seçimi (M/S)				Gözet	RÜZGAR SIKLIĞI TABLOSUNU OLUŞTUR		
SIRA	TARİH-SAAT	V (M/S)	YÖN		SIRA	RÜZGAR HIZI	SIKLIK
42.893	2017123100	0,50	261		47	4,60	53
42.894	2017123101	1,80	253		48	4,70	39
42.895	2017123102	1,20	244		49	4,80	36
42.896	2017123103	0,70	246		50	4,90	22
42.897	2017123104	1,00	220		51	5,00	22
42.898	2017123105	1,50	212		52	5,10	21
42.899	2017123106	1,40	209		53	5,20	15
42.900	2017123107	1,90	203		54	5,30	12
42.901	2017123108	1,60	204		55	5,40	12
42.902	2017123109	2,70	212		56	5,50	12
42.903	2017123110	3,10	251		57	5,60	7
42.904	2017123111	2,80	272		58	5,70	9
42.905	2017123112	2,70	272		59	5,80	2
42.906	2017123113	3,30	259		60	5,90	7
42.907	2017123114	1,90	266		61	6,00	3
42.908	2017123115	1,90	263		62	6,10	5
42.909	2017123116	1,70	234		63	6,20	1
42.910	2017123117	0,60	290		64	6,30	3
42.911	2017123118	0,50	239		65	6,40	3
42.912	2017123119	0,50	94		66	6,50	1
42.913	2017123121	0,30	76		67	6,70	1
42.914	2017123122	0,40	78		68	7,00	1

Şekil 3.10. Bartın ili rüzgar verileri sıklığı az olan hızlar

17020_BARTIN.TXT

Rüzgar Verisi Seçimi (M/S)				Gözet	RÜZGAR SIKLIĞI TABLOSUNU OLUŞTUR		
SIRA	TARİH-SAAT	V (M/S)	YÖN		SIRA	RÜZGAR HIZI	SIKLIK
42.893	2017123100	0,50	261		1	0,00	1.758
42.894	2017123101	1,80	253		2	0,10	429
42.895	2017123102	1,20	244		3	0,20	991
42.896	2017123103	0,70	246		4	0,30	2.150
42.897	2017123104	1,00	220		5	0,40	3.682
42.898	2017123105	1,50	212		6	0,50	5.417
42.899	2017123106	1,40	209		7	0,60	3.851
42.900	2017123107	1,90	203		8	0,70	3.235
42.901	2017123108	1,60	204		9	0,80	2.371
42.902	2017123109	2,70	212		10	0,90	1.941
42.903	2017123110	3,10	251		11	1,00	1.887
42.904	2017123111	2,80	272		12	1,10	1.372
42.905	2017123112	2,70	272		13	1,20	1.114
42.906	2017123113	3,30	259		14	1,30	949
42.907	2017123114	1,90	266		15	1,40	806
42.908	2017123115	1,90	263		16	1,50	916
42.909	2017123116	1,70	234		17	1,60	745
42.910	2017123117	0,60	290		18	1,70	659
42.911	2017123118	0,50	239		19	1,80	617
42.912	2017123119	0,50	94		20	1,90	593
42.913	2017123121	0,30	76		21	2,00	568
42.914	2017123122	0,40	78		22	2,10	690
					23	2,20	547

Şekil 3.11. Bartın ili rüzgar verileri sıklığı yoğun hızlar

Rüzgar türbinleri genel olarak 4 m/s ve daha fazlası olan hızlarda verimli enerji üretebilmektedir. Rüzgar hızları frekanslarının 3 ve daha düşük hızlarda tekrarlaması yetersiz enerji potansiyelinin göstergesidir. Rüzgar hızları tekrarlama sayıları Şekil 3.10'da yüksek hızlar için az sayıda olduğu görülmektedir. Şekil 3.11'de ise düşük rüzgar hızları tekrarlama sayılarının fazla olduğu görülmektedir.

17020_BARTIN.TXT

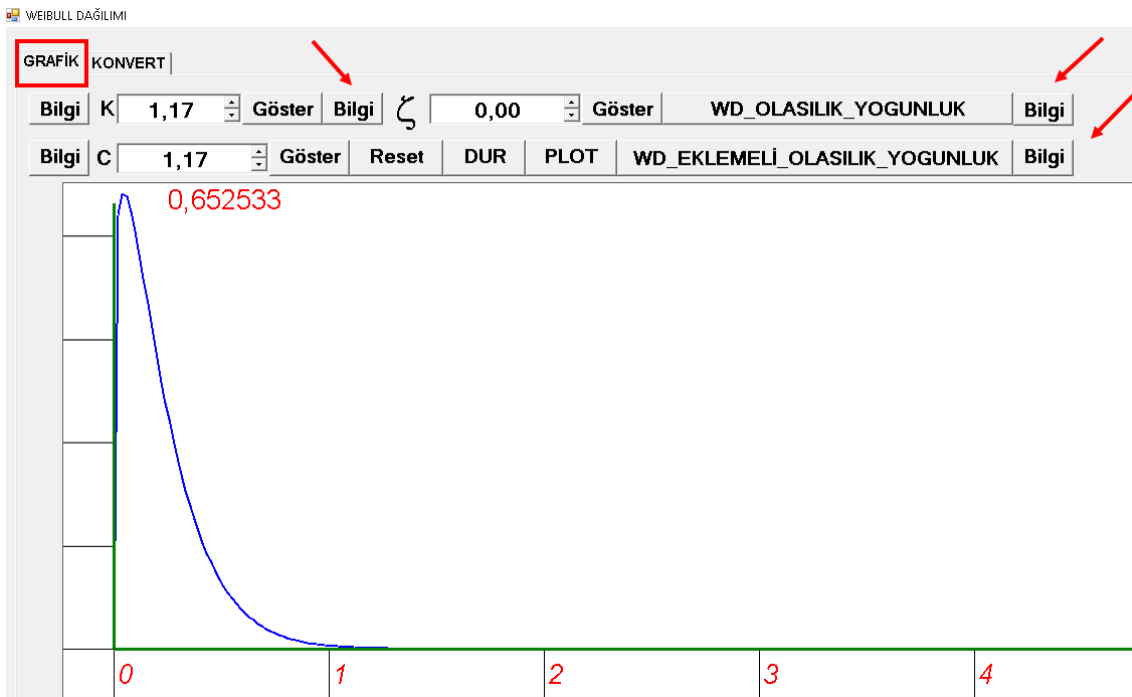
Rüzgar Verisi Seçimi (M/S)				Gözet	Parametreleri Hesapla	Grafik Çizimi	SIFIRLA
SIRA	TARİH-SAAT	V (M/S)	YÖN				
42890	2017123019	0,4	351		ORTALAMA 1,11237591461994		
42891	2017123021	1,5	148		STANDARD SAPMA 0,962342612149512		
42892	2017123022	0,5	279		Bilgi	K	1,1703968391636
42893	2017123100	0,5	261		Bilgi	C	1,17468494065836
42894	2017123101	1,8	253				
42895	2017123102	1,2	244				
42896	2017123103	0,7	246				
42897	2017123104	1,0	220				
42898	2017123105	1,5	212				
42899	2017123106	1,4	209				
42900	2017123107	1,9	203				
42901	2017123108	1,6	204				
42902	2017123109	2,7	212				
42903	2017123110	3,1	251				
42904	2017123111	2,8	272				
42905	2017123112	2,7	272				
42906	2017123113	3,3	259				
42907	2017123114	1,9	266				
42908	2017123115	1,9	263				
42909	2017123116	1,7	234				
42910	2017123117	0,6	290				
42911	2017123118	0,5	239				
42912	2017123119	0,5	94				
42913	2017123121	0,3	76				
42914	2017123122	0,4	78				

Şekil 3.12. Rüzgar parametreleri hesaplama yazılımı

Seçilen bölgenin rüzgar enerjisi karakteristiğini incelemek amacıyla Weibull Dağılımı kullanılmaktadır. Bartın ili verileri kullanılarak Şekil 3.12’de gösterilen yazılım ekranında ortalama rüzgar hızı 1,112 m/s, standard sapma 0,9623, Weibull k parametresi 1,17 ve Weibull c parametresi 1,174 olarak geliştirilen program ile otomatik olarak hesaplanmıştır.

3.6. Weibull Grafiği

Rüzgar enerjisi potansiyeli değerlendirilmesinde kullanılan weibull grafiği geliştirilen yazılım ile çizdirilebilmektedir. Yazılım ekranı Şekil 3.13’de verilmektedir.



Şekil 3.13. Bartın rüzgar verileri Weibull grafiği

Bartın bölgesi için k ve c parametreleri 1,17 olarak hesaplanmıştır. Şekil 3.12’de gösterilen program ekranındaki k ve c parametreleri değiştirildiğinde verilerin ait olduğu bölgenin Weibull grafiği yazılım tarafından otomatik olarak çizilmektedir. Bu bölgenin grafiği ve geliştirilen yazılım Şekil 3.13’te gösterilmektedir. Yazılım GÖSTER komutları ile Weibull parametreleri değişimlerinin grafikteki etkilerini görsel olarak sunabilmektedir. BİLGİ komutları ile yazılım bilgi sistemi sayfalarındaki açıklamaları ekrana getirebilmektedir.

3.7. Arazi Modelleme Yazılımı

Rüzgar ve güneş enerjisi proje tasarımlarında arazi modellemeye ihtiyaç duyulmaktadır. Arazi modeli oluşturulduktan sonra rüzgar enerjisi hesaplamalarında rüzgar hızları analizi yapılarak kullanılacak rüzgar türbini çeşidi ve sayısına karar verilmektedir. Fotovoltaik enerji yatırımlarında arazi, çevre şartları, gölgeleme, eğim ve alan gibi faktörler değerlendirilerek panel sayıları ve yerleştirme konumları ve durumları belirlenmektedir. Arazi modelleme için eş yükselti eğrileri tercih edilmiştir. Şekil 3.14'de verilmekte olan geliştirilen yazılım arazi modelinde kullanılmak üzere noktalar üretmektedir.

ARAZI NOKTALARI OLUŞTURMA

AÇ	KAYDET	NOKTA OLUŞTUR	BÖLGELER	WEB	AUTOCAD	GÖZAT	DİL
Yapıştır	399	29,877051	40	KOPYA	GİT	ULUPINAR-1000-ESY.NKT	
Yapıştır	40,130925	29,874393	40	KOPYA	GİT	HESAPLA(BÖLGE, X, Y)	KAYDET (XYZ) XYZ.LSP
UZAKLIK HESAPLA		936,537590815952	http://www.gpsvisualizer.com/elevation		Button1		
	ENLEM	BOYLAM	RAKIM	BOLGE	X	Y	
378	40,127521	29,870476	967,149780273438	967,15	744584,089091248	4445861,39362344	
379	40,129337	29,872261	954,088928222656	954,09	744729,685777616	4446067,91692366	
380	40,130514	29,874526	977,072509765625	977,07	744918,472956285	4446204,82749587	
381	40,130936	29,877051	964,025695800781	964,03	745132,124074314	4446258,64317975	
382	40,130555	29,879589	944,27001953125	944,27	745349,770576346	4446223,35454169	
383	40,129406	29,881891	948,584716796875	948,58	745550,075013069	4446102,15867814	
384	40,127597	29,883731	925,409301757813	925,41	745713,39399825	4445906,41850119	
385	40,125302	29,884924	964,288757324219	964,29	745823,335193418	4445654,93644395	
386	40,122744	29,885351	919,368347167969	919,37	745868,948985645	4445372,13767593	
387	40,120173	29,884965	881,551330566406	881,55	745845,321230329	4445085,64544768	
388	40,11784	29,8838	890,021911621094	890,02	745754,437447896	4444823,4199929	
389	40,115977	29,881967	918,702514648438	918,7	745604,917518937	4444611,52669719	
390	40,114768	29,879642	941,601623535156	941,6	745411,099613339	4444470,88228951	
391	40,114337	29,877051	964,569213867188	964,57	745191,804949276	4444415,87976264	
392	40,114727	29,874446	968,252685546875	968,25	744968,365580461	4444451,98956333	
393	40,115907	29,872084	1005,17633056641	1005,18	744762,805754388	4444576,47826921	
394	40,117764	29,870197	1029,86328125	1029,86	744595,310054015	4444777,4381224	
395	40,120119	29,868973	1025,22937011719	1025,23	744482,544258016	4445035,51206862	
396	40,122744	29,868536	1006,13287353516	1006,13	744435,889690297	4445325,72736514	
397	40,125382	29,868932	1002,73455810547	1002,73	744460,18051483	4445619,67853209	
398	40,127775	29,870127	963,081298828125	963,08	744553,436527686	4445888,63075388	
399	40,129685	29,872008	950,322631835938	950,32	744706,876745651	4446105,8535306	
400	40,130925	29,874393	976,875793457031	976,88	744905,662712	4446250,08853359	

Şekil 3.14. Arazi noktaları oluşturma yazılımı

Yüzlerce noktanın x, y bilgilerinin yazılım ile otomatik olarak üretilmesi zaman ve emek bakımından büyük faydalar sağlamaktadır. Üretilen noktaların rakım değerleri internet veri tabanlarından sorgulanmaktadır. X, Y, Z formatında elde edilen arazi noktaları kullanılarak eş yükselti eğrilerinin hazırlanması gerekmektedir. Sorgulama çözünürlüğünün 30 metre veya daha düşük olması arazi eş yükselti eğrileri modelinin kalitesi ve doğruluğunu arttırmaktadır. Noktalardan eş yükselti eğrilerinin elde edilebilmesi için Autocad Civil 3D, Surfer gibi programlar kullanılabilir.

3.8. Eş Yükselti Eğrilerini Renklendirme

Eş yükselti eğrileri Autocad ortamına transfer edilebilmektedir. Autocad ortamına alınan eğrilerin bilgileri okunabilmekte ve düzenlenebilmektedir. Yükseklik ilişkili

renklendirme arazi modelinin incelenmesi ve anlaşılması bakımından büyük faydalar sağlamaktadır. Yüzlerce eşyüksekti eğrilerinin yükseklik ilişkili yazılım desteksiz renklendirilmesi çok zaman ve emek gerektirmektedir. Arazi modeli değiştikçe renklendirme işlemleri tekrarlanmaktadır. Farklı arazi modellerinde yükseklik renkleri en düşük ve en yüksek rakımla ilişkili olarak değişmektedir.

EŞ YÜKSELTİ RENKLENDİRME

DOSYA

100 RENK EKLE

100 KOPYALA (LSP) KAYDET (LSP)

COLOR	RED	GREEN	BLUE
0	0	0	0
1	255	0	0
2	255	255	0
3	0	255	0
4	0	255	255
5	0	0	255
6	255	0	255
7	255	255	255
8	65	65	65
9	128	128	128
10	255	0	0
11	255	170	170
12	189	0	0
13	189	126	126
14	129	0	0
15	129	86	86
16	104	0	0
17	104	69	69

RENK Değiştir

COLOR	RED	GREEN	BLUE	RMIN	RMAX	HEX
1	242	189	0	46	1200	99999
2	1	255	0	0	1130	1200
3	230	255	0	127	1060	1130
4	220	255	0	191	990	1060
5	241	255	170	191	920	990
6	32	189	94	0	850	920
7	30	255	127	0	780	850
8	31	255	212	170	710	780
9	58	79	79	0	640	710
10	62	141	189	0	570	640
11	60	191	255	0	500	570
12	2	255	255	0	430	500
13	202	141	0	189	360	430
14	200	191	0	255	290	360
15	201	234	170	255	220	290
16	154	0	64	129	150	220
17	152	0	94	189	80	150
18	150	0	127	255	0	80

RENK UYGULA

TABLO KOPYALA

RAKIM ARTTIR

RAKIM AZALT

1200

10

R-MIN R-MAX

800 1200

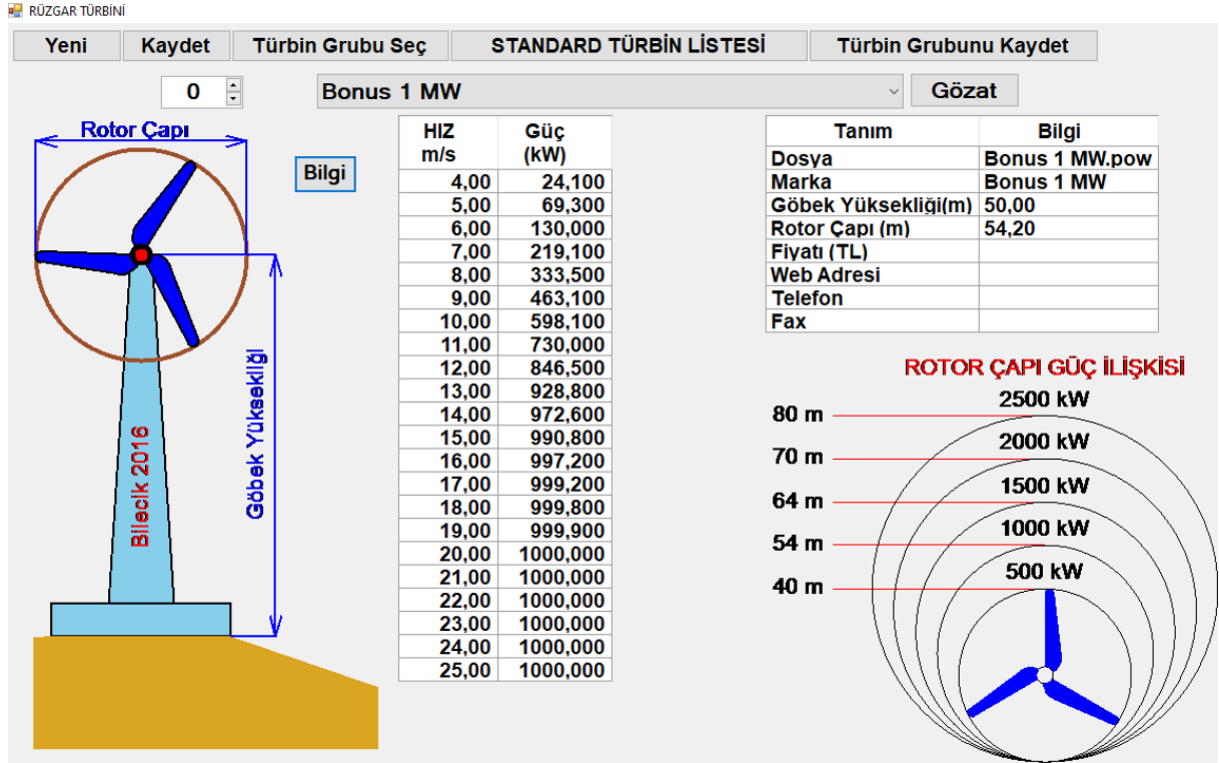
40 15

Şekil 3.15. Eş yüksekti eğrilerini renklendirme yazılımı

Bu işlemleri Autocad ortamında otomatik olarak yapan Autolisp programını farklı arazi modelleri için yeniden yazan bir yazılım geliştirilmiştir. Şekil 3.15'de bu yazılımın ekranı verilmiştir.

3.9. Rüzgar Türbinleri

Rüzgar enerjisi hesaplamalarında rüzgar türbinleri parametreleri kullanılmaktadır. Rüzgar hızı ilişkili güç bilgileri, rotor çapı ve göbek yüksekliği gibi bilgiler yazılım veri tabanına kaydedilebilmektedir. Şekil 3.16'da rüzgar türbini tanıtım ve seçim yazılım ekranı verilmektedir.



Şekil 3.16. Rüzgar Türbinleri veri tabanı

Rüzgar çiftliği tasarımlarında rotor çapına bağlı olarak yerleştirme konumları belirlenmektedir(Türkyılmaz ve Kurban, 2019a). Rotor çapı büyüdükçe güç artmakta ve göbek yüksekliği büyümektedir. Yükseklik arttıkça hava yoğunluğu azalmakta ve üretilebilecek maksimum güç değişmektedir.

3.10. MGM Verileri Düzenleme ve Hesaplama Yazılımı

Rüzgar enerjisi potansiyelinin değerlendirilebilmesi için rüzgar verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Enerji hesaplaması yapılabilmesi için ilgili bölgeden 3-5 yıllık saatlik rüzgar verileri ölçümleri elde edilmesi gerekmektedir.

MGM_VERİLER

MGM VERİLER DÜZELTME RÜZGAR: DOSYALARDAN HESAPLA (ORT, K, C) RÜZGAR: DOSYADAN HESAPLA (ORT, K, C)

İstasyon No - İstasyon_Adi LİSTELE D:\1-AAI01-DOKTORA\WEIBULL4\WEIBULL220\WEIBULL\bin\Debug\VERILER\VEF

Sıra	İstasyon No	İstasyon Adı	Yıl	Av	Gün	Saat	Yön	V (m/s)
462.268	18380	İNHIŞAR	2017	12	31	20	357	0,7
462.269	18380	İNHIŞAR	2017	12	31	21	7	1,2
462.270	18380	İNHIŞAR	2017	12	31	22	44	1,7
462.271	18381	BİLECİK/YENİPAZAR	2013	11	19	14	182	2,3
462.272	18381	BİLECİK/YENİPAZAR	2013	11	19	15	215	1,1
462.273	18381	BİLECİK/YENİPAZAR	2013	11	19	16	186	0,4
462.274	18381	BİLECİK/YENİPAZAR	2013	11	19	17	219	1,0
462.275	18381	BİLECİK/YENİPAZAR	2013	11	19	18	221	0,4

Şekil 3.17. MGM Verileri Düzenleme ve Hesaplama Yazılımı

Şekil 3.17’de görüldüğü gibi MGM’den rüzgar enerjisi ölçüm verileri temin edilebilmektedir. Ölçümler öncesi Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) verileri kullanılarak bölgenin rüzgar karakteristikleri hakkında ön bilgi hesaplanabilmektedir.

Tablo 3.1. MGM Rüzgar verileri yapısı

İSTASYON NO	İSTASYON ADI	YIL	AY	GUN	SAAT	RUZGAR_YONU	HIZI_M_SN
18381	BİLECİK YENİPAZAR	2013	11	20	2	293	0,4

Tablo 3.1’de MGM’nden alınan rüzgar verileri yapısı verilmiştir. Sütunlar “[” karakteri ile ayrılmış bulunmaktadır. 5 Yıllık saatlik ortalama rüzgar verileri 43.000 adetten fazla olmaktadır. Bölge sayısı arttıkça okunması ve düzenlenmesi gereken veri sayısı da artmaktadır. Bölgelere ait veriler MGM’den metin formatında tek dosyada gönderilmektedir. Talep edilen bölgeye ait verileri satırlarını seçerek ve sütun karakterlerini değerlendirerek veri tabanına aktarabilen bir yazılım geliştirilmiştir. Veri tabanına alınan verilerde hesaplama ve dönem seçme işlemleri daha hızlı ve doğru olarak yapılabilmektedir.

Farklı işletim sistemleri ile ölçülen verilerde karakter problemleri yaşanmaktadır. Standart olmayan hataların manuel olarak değiştirilmesi zaman ve emek gerektirmektedir. Hatalı karakterleri düzeltmek için geliştirilen program ekranı Şekil 3.18’de verilmiştir.



Şekil 3.18. Veri karakterlerinin otomatik olarak düzeltilmesi

Bu program ile veri düzeltme sözlükleri veri kaynakları esas alınarak hazırlanmakta çoklu otomatik bulma ve değiştirme işlemleri yapılabilmektedir. Geliştirilen programla tek seferde iki milyon satırdan fazla veri üzerinde karakter düzeltme işlemi yapılmıştır.

TARİH, HIZ ve YÖN formatında farklı dosyalarda bulunan rüzgar verilerini otomatik okuyarak enerji parametrelerini hesaplayan ve performans sıralaması yapan program ekranı Şekil 3.19’da verilmiştir.

MGM_VERILER

MGM VERİLER DÜZELTME RÜZGAR: DOSYALARDAN HESAPLA (ORT, K, C) RÜZGAR: DOSYADAN HESAPLA (ORT, K, C)

MGM VERİ SEÇİMİ VE PERFORMANS HESAPLAMAVERİLER TEK DOSYADA 8. SÜTUNDA D:\1-AAI01-DOKTORAWEIBULL4WEIBULL220WEIBULL\bin\Debug\VERILER\VERILER

KAYDET (DOC) ALT KLASÖRLER

Sıra	İstasvon No	İstasvon Adı	Ortalama	Standart Sapma	K	C	N
1	17430	GÖKÇEADA	5,89565197616776	3,53712152039798	1,741661	6,617887	21987
2	17433	GÖKÇEADA	4,63836492010413	3,44717007064744	1,380345	5,077581	13455
3	17602	AMASRA	4,37496773565147	2,82280941996776	1,60938	4,882247	41067
4	17110	GÖKÇEADA	3,95697452472455	2,64558413074642	1,548382	4,399121	39293
5	17701	PAZARYERİ	2,68786943436995	1,91020681323467	1,449052	2,964126	38877
6	18380	İNİSAR	2,67807191183855	1,84862883642193	1,495602	2,965529	33847
7	17703	SÖĞÜT	2,26243772753401	1,3567380713653	1,742527	2,539668	41752
8	17120	BİLECİK	1,79142239475579	1,00300108571072	1,877412	2,018003	43019
9	18086	GÖLPAZARI	1,77301841276092	1,43538950661449	1,257863	1,906339	40624
10	18381	BİLECİK YENİPAZAR	1,61600516493993	1,27055071808311	1,298475	1,749313	32527
11	17702	BOZÜYÜK	1,59876653041591	0,886893787122775	1,896365	1,801595	41590
12	18087	OSMANELİ	1,33707321145344	1,03827410460712	1,316102	1,451241	35937
13	17721	BARTINARIT	1,13106994410206	0,778414016320227	1,500496	1,252974	27908
14	17020	BARTIN	1,11237591461994	0,962342612149512	1,170397	1,174685	42914

Şekil 3.19. Rüzgar verileri parametrelerini dosyalardan hesaplama

Geliştirilen programla yapılan hesaplama sonuçlarının enerji yatırım bölgelerinin seçilmesinde katkıda bulunması beklenmektedir.

MGM_VERILER

MGM VERİLER DÜZELTME RÜZGAR: DOSYALARDAN HESAPLA (ORT, K, C) RÜZGAR: DOSYADAN HESAPLA (ORT, K, C)

MGM VERİ SEÇİMİ VE PERFORMANS HESAPLAMAVERİLER TEK DOSYADA 8. SÜTUNDA D:\1-AAI01-DOKTORAWEIBULL4WEIBULL220WEIBULL\bin\Debug\VERI

Sıra	İstasvon No	İstasvon Adı	Ortalama	Standart Sapma	K	C	N
1	17430	GÖKÇEADA KALEKÖY ANA MENDİREK FENERİ	5,89563398217212	3,53704209284	1,741698	6,617875	21988
2	17433	GÖKÇEADA UĞURLU LİMAN FENERİ	4,63831747919152	3,44704637033368	1,380384	5,077553	13456
3	17602	AMASRA	4,37496834518357	2,82277505495567	1,609401	4,882253	41068
4	18900	SİVRİHİSAR/KAYMAZ BELDESİ	4,24886930331312	2,38814548526446	1,869523	4,785543	40506
5	17110	GÖKÇEADA	3,95699343411213	2,64555312192404	1,54841	4,399151	39294
6	18174	BOLU/KARTALKAYA KAYAK MERKEZİ	3,93973897006678	2,82725392880446	1,433823	4,338183	35245
7	18089	MİHALIÇIK/ÇATAÇIK	3,7893461704268	2,22265944116247	1,784912	4,259326	34795
71	18158	MUDURNU	1,36316693560986	1,06605204754385	1,306029	1,477334	38422
72	17070	BOLU	1,35765449272624	0,783828600138808	1,815871	1,52731	42413
73	18419	KOCAALİ	1,3414817685625	1,05915468022644	1,292561	1,450793	30963
74	18087	OSMANELİ	1,33706661472542	1,03826041227245	1,316114	1,451236	35938
75	18105	HENDEK	1,32439588950501	1,05772318977917	1,276566	1,428584	39314
76	18247	MENGEN	1,30631891179296	1,15798942899426	1,139846	1,36903	33376
77	17721	BARTINARIT BELDESİ	1,13114407538788	0,778498578607566	1,500426	1,25305	27909
78	18106	SAPANCA	1,12382203078218	0,855181645527774	1,345371	1,224805	38074
79	17020	BARTIN	1,11236630548759	0,962333458680956	1,170398	1,174675	42915
80	17670	İNEGÖL OMG1	1,03305555555556	1,25422822538729	0,81003	0,919842	18000

Şekil 3.20. Rüzgar verileri parametrelerini tek dosyadan hesaplama

Bölgelere ait rüzgar verileri tek dosyada bulunmakta ve satır sayısı 2.863.378 adettir. Ekran görüntüsü Şekil 3.20'de verilen geliştirilen yazılım ile elde edilen hesaplama sonuçları 64 saniyede elde edilebilmektedir. MGM'den alınan 80 farklı bölgeye ait verilerle hesaplamalar yapılarak rüzgar enerjisi potansiyelleri bulunmakta ve otomatik sıralama yapılabilmektedir.

3.11. Meteoroloji Genel Müdürlüğü İstasyonları

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne ait 1169 adet ölçüm istasyonları ve konumları yazılım veri tabanına eklenmiştir. Enerji yatırımı için incelenmesi öngörülen bölge hakkında ön çalışmalar amacıyla istasyon verileri ve konumlarının incelenmesi öngörülmüştür.

AÇ (TXT)	KAYDET (TXT)	KAYDET (KML)	SIRALA(İL-İLÇE)		
	İLİ	İLÇESİ	İSTASYON	ENLEM	BOYLAM
1149	YOZGAT	AKDAĞMADENİ	18209	39.6603	35.8994
1150	YOZGAT	AYDINCIK	18472	40.1283	35.2797
1151	YOZGAT	BOĞAZLIYAN	17760	39.1897	35.2532
1152	YOZGAT	ÇANDIR	18473	39.2339	35.4969
1153	YOZGAT	ÇAYIRALAN	18474	39.3053	35.6747
1154	YOZGAT	ÇEKEREK	18208	40.0708	35.5094
1155	YOZGAT	KADIŞEHİRİ	18475	39.9828	35.7753
1156	YOZGAT	MERKEZ	17140	39.8243	34.8159
1157	YOZGAT	SARAYKENT	18476	39.6953	35.5250
1158	YOZGAT	SARIKAYA	18477	39.4864	35.3469
1159	YOZGAT	SORGUN	17712	39.8016	35.1805
1160	YOZGAT	ŞEFAATLİ	18478	39.5022	34.7431
1161	YOZGAT	YENİFAKILI	18479	39.2069	34.9986
1162	ZONGULDAK	ALAPLI	18265	41.1486	31.4133
1163	ZONGULDAK	ÇAYCUMA	17023	41.5066	32.0903
1164	ZONGULDAK	DEVREK	17613	41.2347	31.9689
1165	ZONGULDAK	GÖKÇEBEY	18267	41.3069	32.1514
1166	ZONGULDAK	KARADENİZ EREĞLİ	17018	41.1813	31.7985
1167	ZONGULDAK	KARADENİZ EREĞLİ	17611	41.2691	31.4328
1168	ZONGULDAK	MERKEZ	17022	41.4492	31.7779
1169	ZONGULDAK	MERKEZ	17453	41.4586	31.7792

Şekil 3.21. MGM İstasyonları veri tabanı

İstasyon konum ve görüntüleri Şekil 3.21’de gösterilen yazılım KML dosya formatı desteğiyle elde edilebilmektedir.



Şekil 3.22. 17018 Karadeniz Ereğli Ölçüm İstasyonu

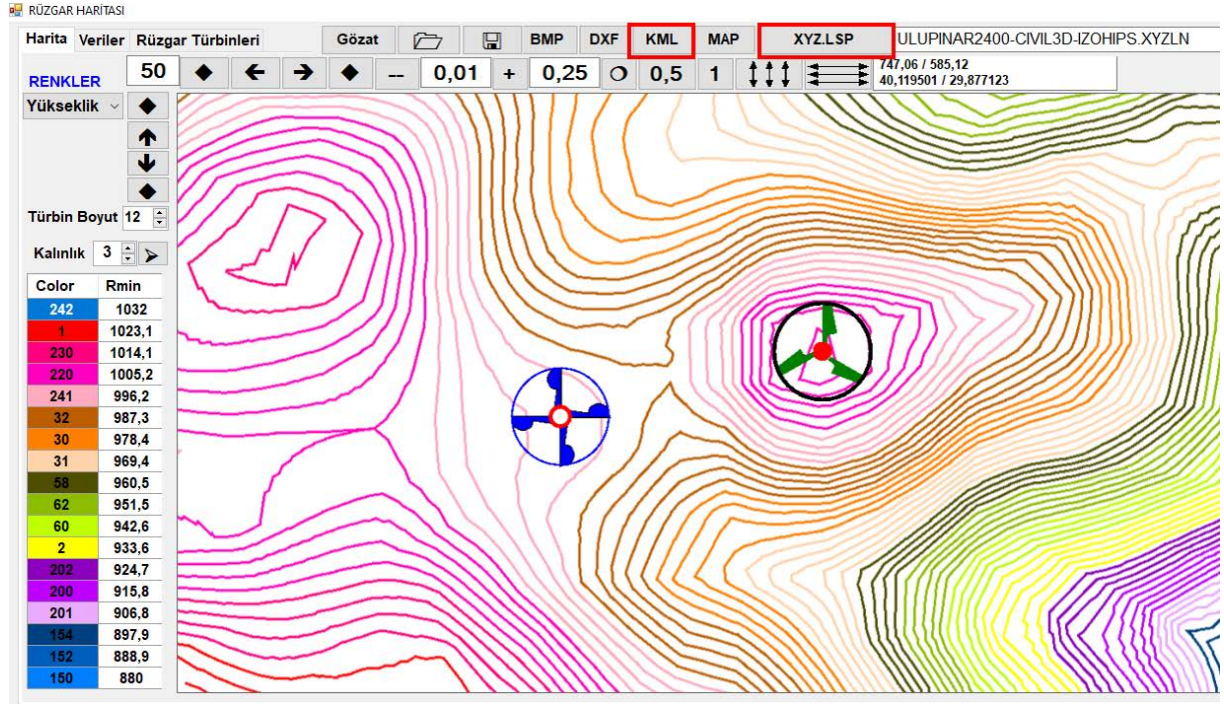
Şekil 3.22’de 17018 Karadeniz Ereğli MGM ölçüm istasyonunun Google Earth programı ile uydu görüntüsü verilmiştir.

3.12. Arazi Yazılımı

Yazılım ve internet destekli olarak tamamlanan arazi X, Y ve Z noktalarından eş yükselti eğrilerini elde etmek için Autocad Civil 3D veya Surfer gibi programlar kullanılmaktadır. XYZ arazi noktalarından Surfer ile elde edilen eşyükselti eğrileri DXF

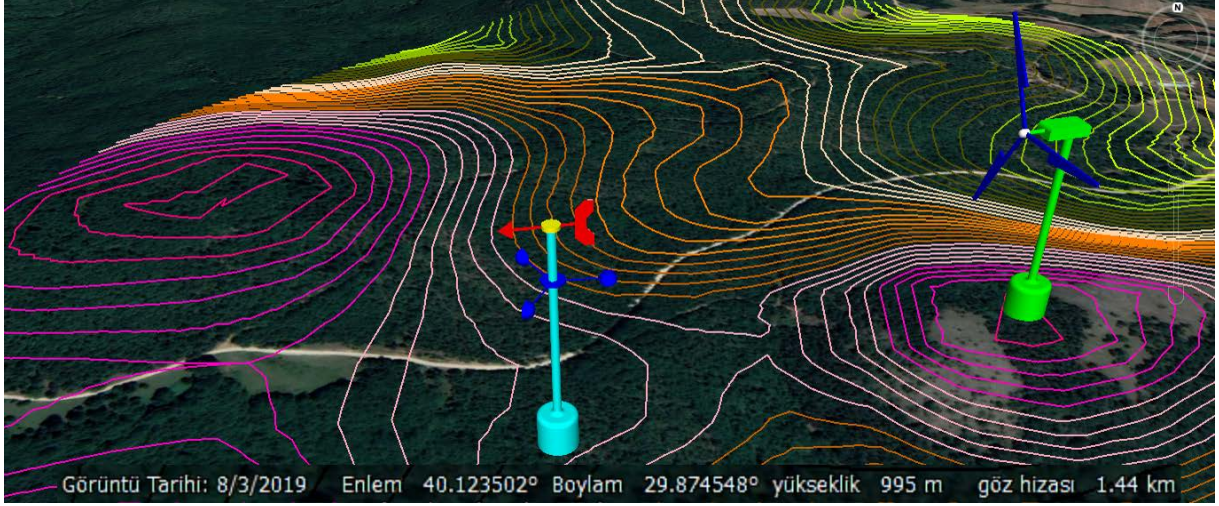
format desteği ile Autocad ortamına aktarılabilir. Eşyükselti eğrilerinin geliştirilen yazılımla açılabilmesi için *.XYZLN dosya formatında olması gerekmektedir. Bu formatta XYZ nokta bilgileri metre cinsinden Evrensel Enlem Merkatörü (UTM) formatında, L konumun bulunduğu katman ve N nokta sayısını ifade etmektedir.

Geliştirilen arazi yazılımının ekranı Şekil 3.23'te gösterilmektedir (Türkyılmaz ve Kurban, 2017).



Şekil 3.23. Arazi modelleme ve izleme yazılımı

Arazi dosyası yazılım tarafından yüklendiğinde eşyükselti eğrileri yükseklikle ilişkili olarak otomatik renklendirilir. Arazi modellerinde max-min noktaları değıştikçe yazılım renklendirmeleri yeni modele uygun olarak yeniden hesaplanmaktadır. Yazılımda elde edilen renkli eşyükselti eğrileri inceleme ve düzenleme amacıyla DXF formatı ile Autocad,'e, KML formatı ile GoogleEarth programına ve MAP formatı ile de Wasp rüzgar yazılımına aktarılabilir. Rüzgar türbini ve anemometreler yazılım ile açılan haritalara eklenebilmekte ve Şekil 3.24'de gösterildiği gibi 3D modeller GoogleEarth programından görüntülenebilmektedir (Türkyılmaz ve Kurban, 2017b).



Şekil 3.24. Renkli arazi modelinin Google Earth programında görüntülenmesi yazılımı

3.13. Yazılım Bilgi Sistemi

Geliştirilen yazılım paketine teknik bilgi ve destek amacıyla Yazılım Bilgi Sistemi (YBS) eklenmiştir. YBS Rich Text dosya formatını kullanmaktadır.

ζ	Zeta	Yer parametresi
c		Ölçek parametresi
k		Şekil parametresi

Şekil 3.25. Yazılım Bilgi Sistemi

Bu format biçimli metin, resim ve formülleri desteklemektedir. Bu sayede bilgi sisteminde kullanıcılara resimler, formüller ve zengin biçimli yardım bilgileri sunulabilmektedir. Şekil 3.25'de YBS sisteminin ekranı verilmektedir.

3.14. Hellman Eşitliği ile Muhtemel Rüzgar Hızı Hesaplama

Rüzgar hızı ölçümleri 10, 50 veya 80 metre gibi yüksekliklerde sınırlı sayıda kurulan anemometre sayıları kadar yapılabilmektedir. Rüzgar türbinleri göbek yükseklikleri ise 30, 50, 60 metre veya diğer yüksekliklerde imal edilmektedirler. İdeal rüzgar hızı ölçümlerinin rüzgar türbinleri göbek yüksekliklerinde yapılması gerekmektedir. Yapılan ölçümler çoğu zaman türbin göbek yüksekliğinde olmamaktadır.

RÜZGAR HIZININ DÜŞEY DEĞİŞİMİ (HELLMAN)

$$V_t = V_a \left(\frac{Z_t}{Z_a} \right)^\alpha$$

Z_a	m	Ölçüm Yüksekliği
V_a	m/s	Z _a Yüksekliğinde Ölçüm Hızı
Z_t	m	Hızı tahmin edilecek Yükseklik
V_t	m/s	Z _t yüksekliği için hesaplanan hız
α		Pürüzlülük Katsayısı

Durum	α (Hellmann Katsayısı)
Açık deniz, kıyı şeridi	0,10 - 0,13
Yeşil ve ekili alan	0,13 - 0,20
Ağaçlık alan	0,20 - 0,27
Yüksek bina ve kentsel alan	0,27 - 0,40

Yazılım ekranı: **Z_a** 10,00, **V_a** 7,00, **Z_t** 80,00, **α** 0,200, **V_t** 10,610016. **Bilgi** butonu.

Şekil 3.26. Hellman formülü ile rüzgar hızı hesaplama yazılımı

Ölçüm yüksekliği ve türbin göbek yüksekliğinin farklı olması durumunda türbin göbek yüksekliğindeki muhtemel rüzgar hızınının hesaplanması gerekmektedir. Hellman eşitliğini kullanarak muhtemel hedef yükseklikteki rüzgar hızlarını hesaplamak için geliştirilen program ekranı Şekil 3.26'da gösterilmektedir. Şekil 3.26'da anemometre yüksekliği 10 metre, ölçülen rüzgar hızı 7 m/s yüzey pürüzlülük katsayısı 0,2 ve hesaplanmak istenen rüzgar türbini göbek yüksekliği 80 metre olduğunda rüzgar hızı 10,610006 m/s bulunmaktadır.

3.15. Logaritmik Formül ile Muhtemel Rüzgar Hızı Hesaplama

Şekil 3.27'de rüzgar hızını logaritmik formül kullanarak hesaplamayan yazılım ekranı görülmektedir. Bu formülle aynı parametreler kullanılarak hesaplama yapıldığında 80 metre yükseklikteki rüzgar hızı 10,72086 m/s çıkmaktadır.

YÜZEY FARKLILIKLARININ RÜZGAR HIZINA ETKİSİ

Z ₀ (m)	Yüze yapısı
0,50	Büyük şehirlerin varoşları, taşra kentleri
0,30	Siper kuşakları, orman, küçük binalı şehir
0,20	Biçok ağaç ve/veya çalılar, tek yada iki katlı seyrek binalar
0,10	Kapalı görünümlü çifk arazisi, seyrek ağaçlık
0,05	Açık görünümlü çifk arazisi, seyrek ağaçlık
0,03	Çok seyrek bina ve ağaçlı çiftlik arazisi
0,02	Havaalanları (binaları ve ağaçları ile birlikte)
0,01	Havaalanı pisteri
0,007	Biçilmiş çim
0,005	Pürüzsüz çıplak toprak
0,001	Pürüzsüz kar yüzeyleri
0,0003	Pürüzsüz kum yüzeyleri
0,0001	Su yüzeyleri (göller, fiyora, denizler)

$$V_t = V_a \left(\frac{\ln\left(\frac{Z_t}{Z_0}\right)}{\ln\left(\frac{Z_a}{Z_0}\right)} \right)$$

Z _a	m/s	Ortalama Rüzgar Hızı
V _a	m/s	Z _a Yüksekliğinde Ölçüm Hızı
Z _t	m	Hızı tahmin edilecek Yükseklik
V _a	m	Ölçüm Yüksekliği
Z ₀		Pürüzlülük Uzunluğu

Z_a 10
V_a 7,00
Z_t 80
Z₀ 0,200

V_t 10,72086

Şekil 3.27. Logaritmik formül ile rüzgar hızı hesaplama yazılımı

3.16. Kredi Maliyetleri Hesaplama Yazılımı

Enerji yatırım maliyetlerini karşılamak için yeterli kaynak bulunamadığı durumlarda kaynaklar krediler ile temin edilebilmektedir. Yatırımlarda kredi kullanmak faiz maliyetlerine neden olacaktır.

	KİŞİSEL	TAŞIT	KONUT
► BSMV	VAR	VAR	YOK
KKDF	VAR	YOK	YOK

FAİZ: 1,23 BSMV: 0 KKDF: 0 TAKSİT: 12 BORÇ: 1 500 000 TARİH: 19.09.2019

	TAKSİT	ANA PARA	FAİZ	BSMV	KKDF	KALAN	TARİH
►						1.500.000,00 ₺	
1	125.562,03 ₺	107.112,03 ₺	18.450,00 ₺	0,00 ₺	0,00 ₺	1.392.887,97 ₺	19/10/2019
2	125.562,03 ₺	108.429,51 ₺	17.132,52 ₺	0,00 ₺	0,00 ₺	1.284.458,46 ₺	19/11/2019
3	125.562,03 ₺	109.763,19 ₺	15.798,84 ₺	0,00 ₺	0,00 ₺	1.174.695,28 ₺	19/12/2019
4	125.562,03 ₺	111.113,28 ₺	14.448,75 ₺	0,00 ₺	0,00 ₺	1.063.582,00 ₺	19/01/2020
5	125.562,03 ₺	112.479,97 ₺	13.082,06 ₺	0,00 ₺	0,00 ₺	951.102,03 ₺	19/02/2020
6	125.562,03 ₺	113.863,47 ₺	11.698,55 ₺	0,00 ₺	0,00 ₺	837.238,55 ₺	19/03/2020
7	125.562,03 ₺	115.263,99 ₺	10.298,03 ₺	0,00 ₺	0,00 ₺	721.974,56 ₺	19/04/2020
8	125.562,03 ₺	116.681,74 ₺	8.880,29 ₺	0,00 ₺	0,00 ₺	605.292,82 ₺	19/05/2020
9	125.562,03 ₺	118.116,93 ₺	7.445,10 ₺	0,00 ₺	0,00 ₺	487.175,89 ₺	19/06/2020
10	125.562,03 ₺	119.569,77 ₺	5.992,26 ₺	0,00 ₺	0,00 ₺	367.606,13 ₺	19/07/2020
11	125.562,03 ₺	121.040,47 ₺	4.521,56 ₺	0,00 ₺	0,00 ₺	246.565,65 ₺	19/08/2020
12	125.562,03 ₺	122.529,27 ₺	3.032,76 ₺	0,00 ₺	0,00 ₺	124.036,38 ₺	19/09/2020
TOP	1.632.306,37 ₺	1.500.000,00 ₺	132.306,37 ₺	0,00 ₺	0,00 ₺	0,00 ₺	19/10/2020

Şekil 3.28. Faiz Hesaplama Yazılımı

Yatırım maliyetlerinde kullanmak amacıyla Şekil 3.28'de gösterilen kredi maliyetlerini hesaplama yazılımı hazırlanarak geliştirilen yazılıma eklenmiştir.

3.17. Hedef Yükseklikte Hız Tahmini

Rüzgar hızları ölçüm yükseklikleri, kurulu anemometre sayıları ile sınırlı kalmaktadır. Enerji ihtiyacına bağlı olarak türbin kapasiteleri, rotor çapları ve göbek yükseklikleri değişim göstermektedir. Bilinen yüksekliklerde ölçülen rüzgar hızlarının rüzgar türbinleri göbek yüksekliklerindeki değerlerinin hesaplanarak tahmin edilmesi gerekmektedir. Bu bölümde hız hesaplamalarında Hellman ve logaritmik hız hesaplama formüllerini kullanarak rüzgar hızlarını bulmak için geliştirilen yazılım tanıtılmaktadır.

3.17.1. Hedef Yükseklikte Hız Hesaplama

Şekil 3.29'da gösterilen yazılım birinci sayfasında soldaki bulunan tabloda rüzgar verileri dosyadan yüklenmektedir.

S	TARİH SAAT	V (m/s)	YÖN
1	2013010100	4,4	181
2	2013010101	4,5	194
3	2013010102	3,5	163
4	2013010103	3,8	159
5	2013010104	4,7	151
6	2013010105	4,7	157
7	2013010106	5,3	152
8	2013010107	5,3	155
9	2013010108	6,0	145
10	2013010109	5,0	58

S	Tarih	Za	Va	Zt	alfa	Hellmann	Zo	Log
1	2013010100	10	4,4	80	0,2	6,6692	0,2	6,7388
2	2013010101	10	4,5	80	0,2	6,8207	0,2	6,892
3	2013010102	10	3,5	80	0,2	5,305	0,2	5,3604
4	2013010103	10	3,8	80	0,2	5,7597	0,2	5,8199
5	2013010104	10	4,7	80	0,2	7,1239	0,2	7,1983
6	2013010105	10	4,7	80	0,2	7,1239	0,2	7,1983
7	2013010106	10	5,3	80	0,2	8,0333	0,2	8,1172
8	2013010107	10	5,3	80	0,2	8,0333	0,2	8,1172
9	2013010108	10	6	80	0,2	9,0943	0,2	9,1893
10	2013010109	10	5	80	0,2	7,5786	0,2	7,6578

Şekil 3.29. Hedef yükseklikte hız hesaplama yazılımı

Program ekranında anemometre yüksekliği, türbin göbek yüksekliği ve pürüzlülük değerleri tanımlandıktan sonra HESAPLA(Vt) komutu çalıştırılır. Yazılım Helman ve Logaritmik formüllerle türbin göbek yüksekliğindeki hız değerlerini hesaplamaktadır. Logaritmik formülle hesaplanan hız değerleri yaklaşık 0,1m/s miktarında yüksek çıkmaktadır.

Yazılım ikinci sayfası Şekil 3.30'da verilmektedir.

S	Yükseklik (m)	ORTALAMA	STANDARD	K	C	AÇIKLAMA
1	10	4,374968	2,822809	1,60938	4,882247	Ölçülen
2	80	6,63121	4,27858	1,609379	7,4001	Hellmann
3	80	6,700488	4,323277	1,60938	7,477412	Logaritmik

Şekil 3.30. Hedef yükseklikte rüzgar parametrelerini hesaplama yazılımı

Bu sayfada verilere ait ortalama, standart sapma, k ve c rüzgar parametreleri tüm veriler kullanılarak hesaplanmaktadır.

Şekil 3.31’de verilen yazılım ekranında parametre hesaplamaları aylık yapılmaktadır.

HEDEF YÜKSEKLİKTE RÜZGAR HIZI TAHMİNİ

Hız Hesaplama	Parametre Hesaplama (Tümü)	Parametre Hesaplama (Aylık)	Parametre Hesaplama (Yıllık)				
Parametreleri Hesapla							
		K (Şekil Parametresi)	C (Ölçek Parametresi)				
Ölçülen Veriler	Hellmann	Logaritmik					
S	Tarih	Yükseklik (m)	ORTALAMA	STANDARD	K	C	AÇIKLAMA
1	201301	10	5,270565	2,84777	1,951392	5,94407	Ölçülen Veriler
2	201302	10	4,151637	2,78025	1,54565	4,614665	Ölçülen Veriler
3	201303	10	2,704839	1,640311	1,721454	3,034009	Ölçülen Veriler
4	201304	10	3,460139	2,137004	1,687668	3,876059	Ölçülen Veriler
5	201305	10	3,373387	2,316111	1,504358	3,738121	Ölçülen Veriler
6	201306	10	4,049444	2,573406	1,636136	4,525409	Ölçülen Veriler
7	201307	10	4,046102	2,826238	1,476486	4,473158	Ölçülen Veriler
8	201308	10	3,856855	2,26861	1,779484	4,334526	Ölçülen Veriler
9	201309	10	5,030972	2,794573	1,893631	5,668963	Ölçülen Veriler
10	201310	10	4,038306	2,961405	1,400509	4,431028	Ölçülen Veriler

Şekil 3.31. Aylık parametre hesaplama yazılımı

Hesaplamalar gerçek hızlar, Hellman ve Logaritmik formüller ile yapılmaktadır.

Şekil 3.32’de yıllık parametre hesaplamaları görülmektedir.

HEDEF YÜKSEKLİKTE RÜZGAR HIZI TAHMİNİ

Hız Hesaplama	Parametre Hesaplama (Tümü)	Parametre Hesaplama (Aylık)	Parametre Hesaplama (Yıllık)				
Parametreleri Hesapla							
		K (Şekil Parametresi)	C (Ölçek Parametresi)				
Ölçülen Veriler	Hellmann	Logaritmik					
S	Tarih	Yükseklik (m)	ORTALAMA	STANDARD	K	C	AÇIKLAMA
1	2013	10	4,078436	2,726131	1,548789	4,534281	Ölçülen Veriler
2	2014	10	4,259265	2,793374	1,581107	4,745271	Ölçülen Veriler
3	2015	10	4,36568	2,837066	1,596909	4,868425	Ölçülen Veriler
4	2016	10	4,847898	2,889794	1,753919	5,444005	Ölçülen Veriler
5	2017	10	4,361609	2,816433	1,607988	4,866961	Ölçülen Veriler

Şekil 3.32. Yıllık parametre hesaplama yazılımı

Hesaplamalar gerçek veriler, Hellman ve logaritmik formüller ile otomatik olarak yapılmaktadır.

3.18. Yön Bilgili Rüzgar Verileri ve Rüzgar Gülü

Yön bilgili rüzgar verileri ile dönemsel rüzgar parametrelerinin hesaplanması ve rüzgar gülü hazırlanması amacıyla geliştirilen program Şekil 3.33’te gösterilmektedir.

17602_AMASRA						
Rüzgar Verisi Seçimi (M/S)	Gözet	KAPAT	22,5	Sınırları Uygula	Bilgi	
SIRA	TARİH-SAAT	V (M/S)	YÖN	YÖN	>=ACI1	<=ACI2
41.060	2017123114	9,7	247	009	168,75	191,25
41.061	2017123115	8,3	244	010	191,25	213,75
41.062	2017123116	7,3	239	011	213,75	236,25
41.063	2017123117	4,0	211	012	236,25	258,75
41.064	2017123118	4,9	194	013	258,75	281,25
41.065	2017123120	3,6	211	014	281,25	303,75
41.066	2017123121	3,4	219	015	303,75	326,25
41.067	2017123122	3,9	202	016	326,25	348,75

TÜM VERİLER YILLAR AYLAR YILLAR-AYLAR GÜNLER YÖNLER YÖNLER-YILLAR YÖNLER-YILLAR-AYLAR RAPORLAR

HESAPLA KAYDET (TXT) KAYDET (HTML) GRAFİK KOPYALA KAYDET (DOC)

SIRA	YILLAR	ORTALAMA (m/s)	STANDARD SAPMA	K	C	N
1	2013010100	4,374968	2,822809	1,60938	4,882247	41...

Şekil 3.33. Tüm veriler ile hesaplama

Geliştirilen yazılım bir veya daha fazla yıllara ait rüzgar verileri ile çalışabilmektedir. Dönemsel veya yıllık rüzgar verileri Şekil 3.33'te verilen yazılıma yüklendikten sonra yazılım birinci sayfasında hesaplamalar tüm verileri kullanılarak yapılmaktadır. Ortalama, standart sapma, k ve c parametreleri hesaplanmaktadır. Rüzgar çiftliği kurulumlarında aktif rüzgar yönü büyük önem taşımaktadır.

Enerji kayıplarını önlemek için çalışılan bölgeye ait rüzgar gülü, yazılım ile hazırlanarak türbin yerleştirme pozisyonlarının seçilmesine destek olmaktadır. Yazılım ikinci sayfası Şekil 5.34'de verilmiştir.

17602_AMASRA.TXT						
Rüzgar Verisi Seçimi (M/S)	Gözet	KAPAT	22,5	Sınırları Uygula	Bilgi	
SIRA	TARİH-SAAT	V (M/S)	YÖN	YÖN	>=ACI1	<=ACI2
41.060	2017123114	9,7	247	009	168,75	191,25
41.061	2017123115	8,3	244	010	191,25	213,75
41.062	2017123116	7,3	239	011	213,75	236,25
41.063	2017123117	4,0	211	012	236,25	258,75
41.064	2017123118	4,9	194	013	258,75	281,25
41.065	2017123120	3,6	211	014	281,25	303,75
41.066	2017123121	3,4	219	015	303,75	326,25
41.067	2017123122	3,9	202	016	326,25	348,75

TÜM VERİLER YILLAR AYLAR YILLAR-AYLAR GÜNLER YÖNLER YÖNLER-YILLAR YÖNLER-YILLAR-AYLAR RAPORLAR

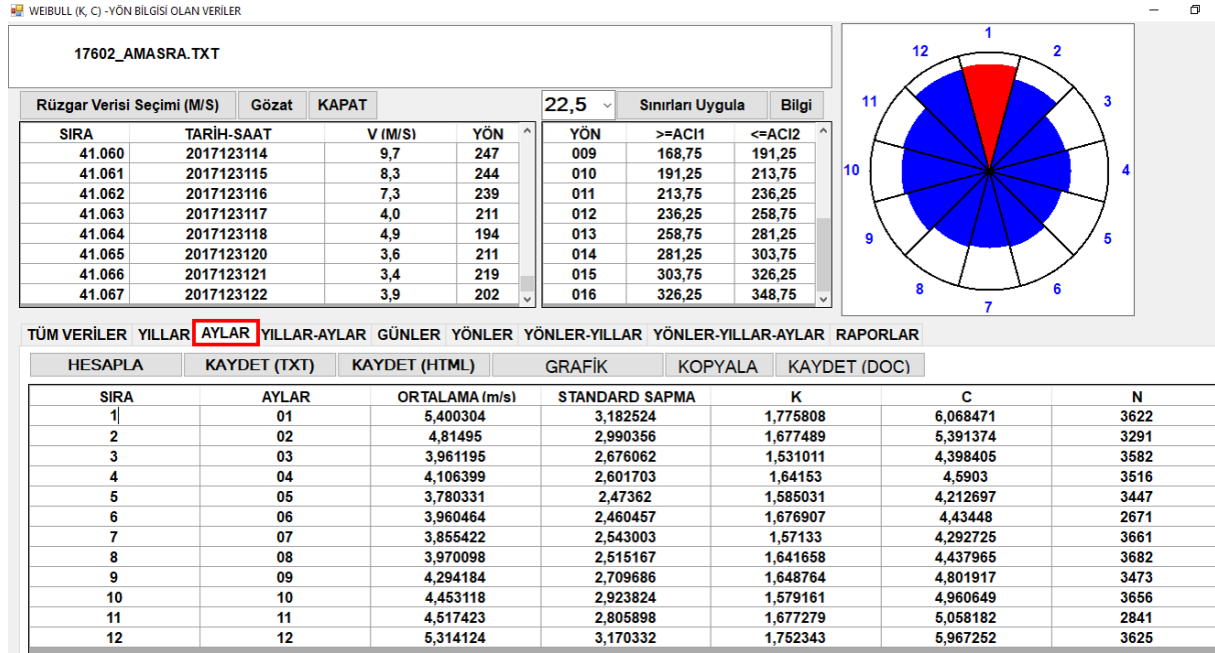
HESAPLA KAYDET (TXT) KAYDET (HTML) GRAFİK KOPYALA KAYDET (DOC)

SIRA	YILLAR	ORTALAMA (m/s)	STANDARD SAPMA	K	C	N
1	2013	4,078436	2,726131	1,548789	4,534281	8760
2	2014	4,259265	2,793374	1,581107	4,745272	8705
3	2015	4,36568	2,837066	1,596909	4,868426	8275
4	2016	4,847898	2,889794	1,753919	5,444005	7992
5	2017	4,361609	2,816433	1,607988	4,866961	7335

Şekil 3.34. Yıllık parametre hesaplama

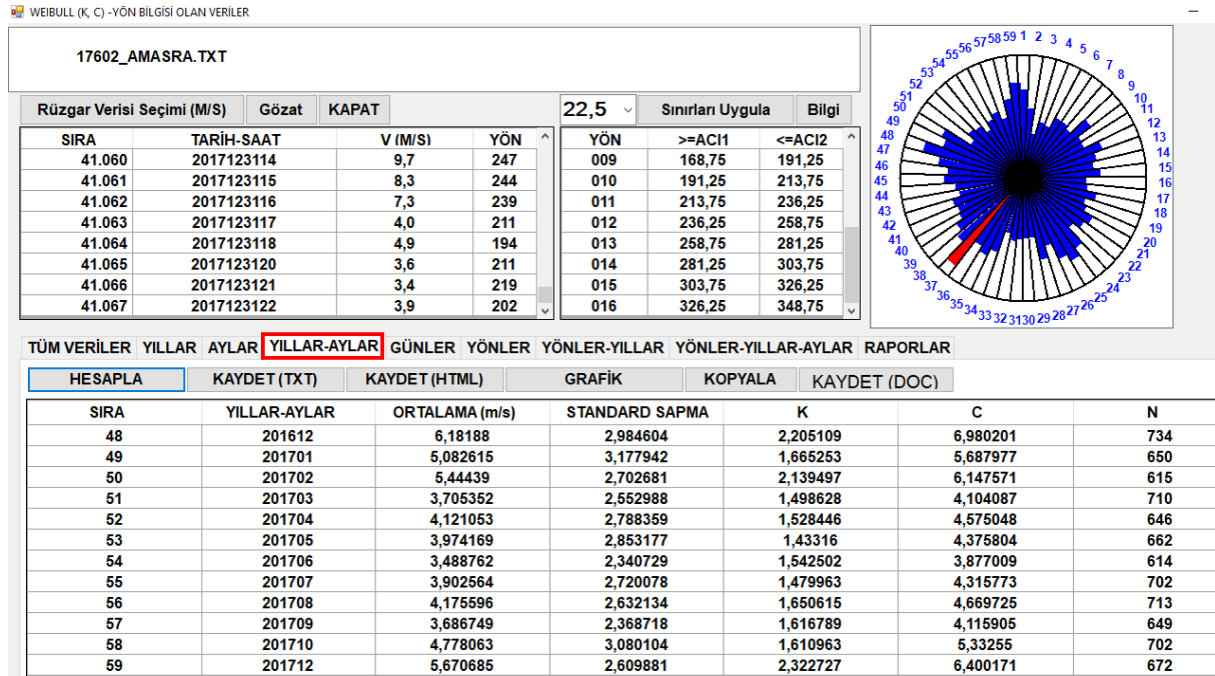
Şekil 3.34'e göre hesaplamalar yıllar esas alınarak yapılmakta rüzgar parametreleri hesaplanarak sonuçlar grafiksel olarak elde edilebilmektedir.

Şekil 3.35'te ise verilen yazılımın AYLAR olarak gösterilen üçüncü sayfasında tüm veriler aylık gruplanarak hesaplamalar yapılmaktadır. Sonuçlar grafikte gösterilmektedir.



Şekil 3.35. Aylık ortalamaları olarak hesaplama yazılımı

Şekil 3.36'da gösterilen yazılım ekranında hesaplamaların tüm aylar için ayrıntılı yapıldığı görülmektedir.



Şekil 3.36. Aylık ayrıntılı hesaplamalar yazılımı

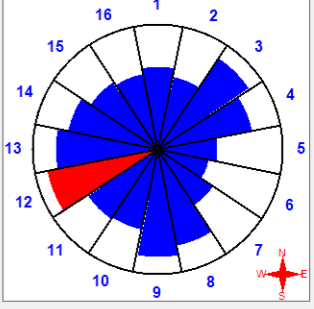
17602_AMASRA.TXT						
Rüzgar Verisi Seçimi (M/S)	Gözet	KAPAT	22,5	Sınırları Uygula	Bilgi	
SIRA	TARİH-SAAT	V (M/S)	YÖN	YÖN	>=ACI1	<=ACI2
41.060	2017123114	9,7	247	009	168,75	191,25
41.061	2017123115	8,3	244	010	191,25	213,75
41.062	2017123116	7,3	239	011	213,75	236,25
41.063	2017123117	4,0	211	012	236,25	258,75
41.064	2017123118	4,9	194	013	258,75	281,25
41.065	2017123120	3,6	211	014	281,25	303,75
41.066	2017123121	3,4	219	015	303,75	326,25
41.067	2017123122	3,9	202	016	326,25	348,75

TÜM VERİLER YILLAR AYLAR YILLAR-AYLAR GÜNLER YÖNLER YÖNLER-YILLAR YÖNLER-YILLAR-AYLAR RAPORLAR						
HESAPLA	KAYDET (TXT)	KAYDET (HTML)	GRAFİK	KOPYALA	KAYDET (DOC)	
SIRA	YILLAR-AYLAR-GÜNLEF	ORTALAMA (m/s)	STANDARD SAPMA	K	C	N
1749	20171220	5,231818	1,302231	4,527991	5,73098	22
1750	20171221	5,53	1,482936	4,176001	6,086037	20
1751	20171222	4,831818	1,949216	2,680132	5,434745	22
1752	20171223	4,928571	2,028873	2,621901	5,547476	21
1753	20171224	6,477273	1,323539	5,610038	7,008236	22
1754	20171225	6,95	1,598223	4,934524	7,575195	22
1755	20171226	4,227273	1,92783	2,34594	4,770412	22
1756	20171227	5,727273	2,692951	2,26936	6,465708	22
1757	20171228	6,104545	3,023315	2,144937	6,89303	22
1758	20171229	7,25	1,825763	4,470936	7,947562	22
1759	20171230	3,409091	2,284714	1,54438	3,788969	22
1760	20171231	7,2	2,851065	2,734799	8,092805	21

Şekil 3.37. Günlük ayrıntılı hesaplama

Şekil 3.37’de verilen yazılım GÜNLER adlı beşinci ekranında hesaplamalar günlük yapılmaktadır.

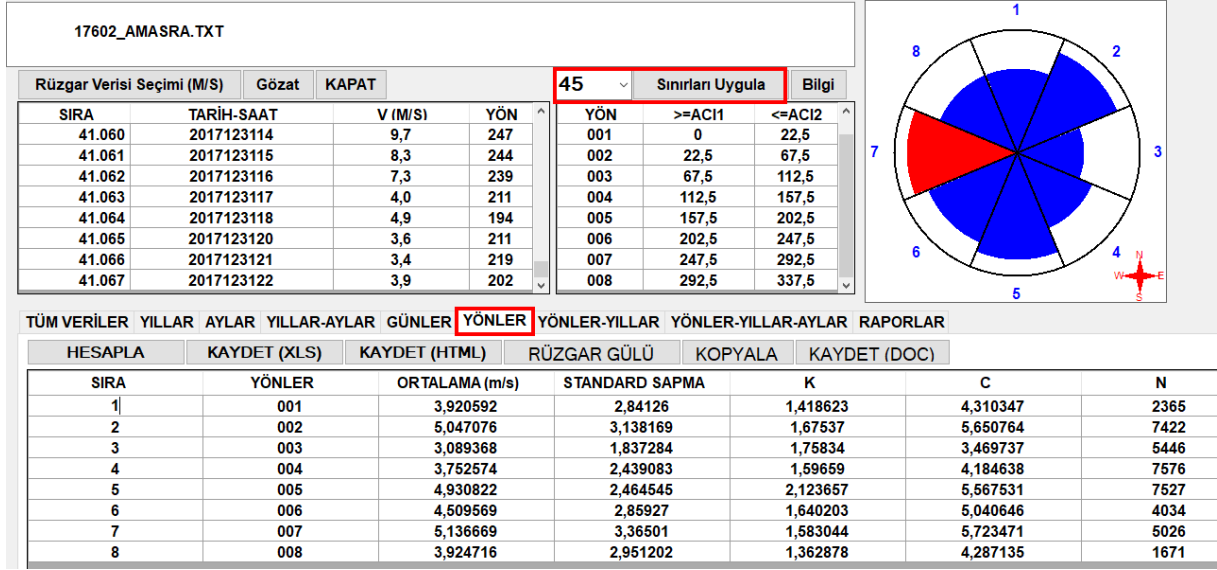
17602_AMASRA.TXT						
Rüzgar Verisi Seçimi (M/S)	Gözet	KAPAT	22,5	Sınırları Uygula	Bilgi	
SIRA	TARİH-SAAT	V (M/S)	YÖN	YÖN	>=ACI1	<=ACI2
41.060	2017123114	9,7	247	009	168,75	191,25
41.061	2017123115	8,3	244	010	191,25	213,75
41.062	2017123116	7,3	239	011	213,75	236,25
41.063	2017123117	4,0	211	012	236,25	258,75
41.064	2017123118	4,9	194	013	258,75	281,25
41.065	2017123120	3,6	211	014	281,25	303,75
41.066	2017123121	3,4	219	015	303,75	326,25
41.067	2017123122	3,9	202	016	326,25	348,75



TÜM VERİLER YILLAR AYLAR YILLAR-AYLAR GÜNLER YÖNLER YÖNLER-YILLAR YÖNLER-YILLAR-AYLAR RAPORLAR						
HESAPLA	KAYDET (XLS)	KAYDET (HTML)	RÜZGAR GÜLÜ	KOPYALA	KAYDET (DOC)	
SIRA	YÖNLER	ORTALAMA (m/s)	STANDARD SAPMA	K	C	N
5	005	2,849799	1,508437	1,995482	3,215523	2490
6	006	2,475932	1,189684	2,21657	2,795612	2522
7	007	3,179897	2,34902	1,389433	3,484736	2721
8	008	4,729091	2,46208	2,031676	5,33758	6741
9	009	5,187928	2,493749	2,215651	5,857777	3620
10	010	3,951773	2,192825	1,895771	4,453072	1551
11	011	4,034437	2,515552	1,670292	4,515985	1751
12	012	5,437891	3,268336	1,738276	6,103338	3642
13	013	4,922566	3,313359	1,537122	5,468294	2424
14	014	4,425292	3,470566	1,302022	4,792977	1028
15	015	3,926683	2,97493	1,351812	4,283175	802
16	016	3,733056	2,704987	1,418831	4,104258	841

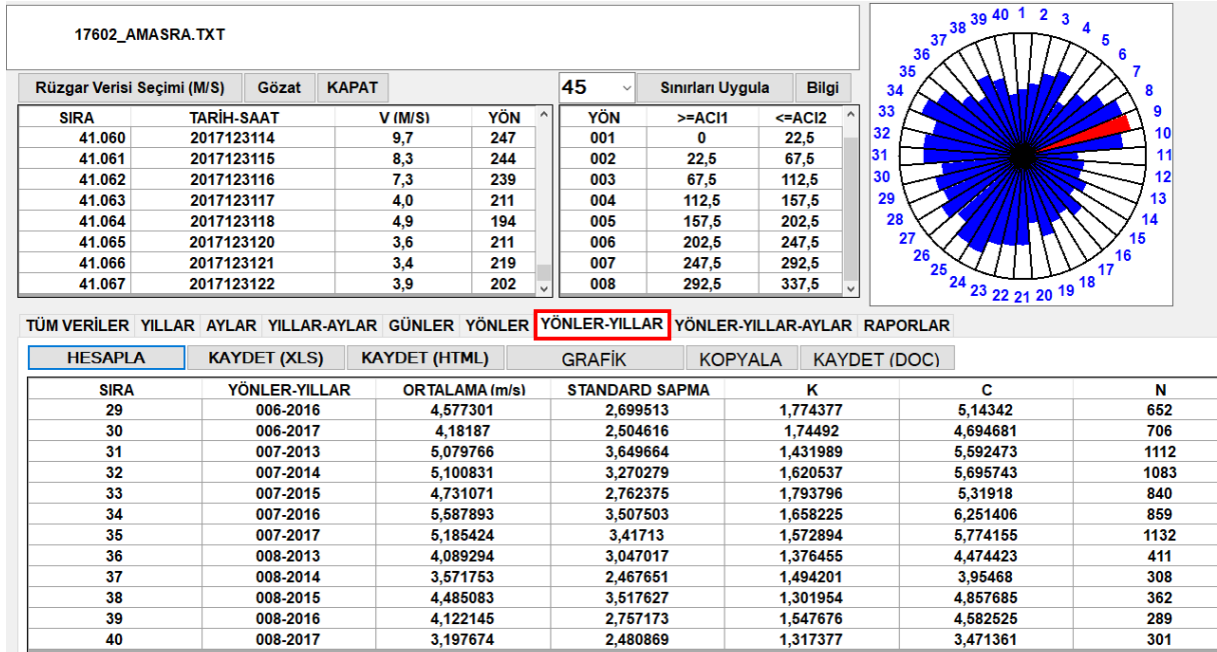
Şekil 3.38. Yönlere göre hesaplama yazılımı

Şekil 3.38’de verilen yazılım ekranında 22,5 derece ve 16 yön için hesaplama sonuçları görülmektedir.



Şekil 3.39. Yön hesaplamalarında 45 derecelik dilimleri kullanma yazılımı

Şekil 3.39'da ise 45 derecelik yön dilimleri ile hesaplama sonuçları gösterilmektedir. Geliştirilen yazılım farklı yön gruplarında hesaplamalar yapabilmektedir.



Şekil 3.40. Yönlerin yıllarla gruplanması yazılımı

Yön dilimlerinin yıllara göre gruplanarak hesaplanması Şekil 3.40'taki yazılım ekranında gösterilmektedir.

17602_AMASRA.TXT						
Rüzgar Verisi Seçimi (M/S)		Gözet	KAPAT	45	Sınırları Uygula	Bilgi
SIRA	TARİH-SAAT	V (M/S)	YÖN	YÖN	>=ACI1	<=ACI2
41.060	2017123114	9,7	247	001	0	22,5
41.061	2017123115	8,3	244	002	22,5	67,5
41.062	2017123116	7,3	239	003	67,5	112,5
41.063	2017123117	4,0	211	004	112,5	167,5
41.064	2017123118	4,9	194	005	157,5	202,5
41.065	2017123120	3,6	211	006	202,5	247,5
41.066	2017123121	3,4	219	007	247,5	292,5
41.067	2017123122	3,9	202	008	292,5	337,5

TÜM VERİLER YILLAR AYLAR YILLAR-AYLAR GÜNLER YÖNLER YÖNLER-YILLAR YÖNLER-YILLAR-AYLAR RAPORLAR						
HESAPLA	KAYDET (XLS)	KAYDET (HTML)	GRAFİK	KOPYALA	KAYDET (DOC)	
SIRA	YÖNLER-YILLAR-AYLAR	ORTALAMA (m/s)	STANDARD SAPMA	K	C	N
461	008-201612	5,322222	2,082081	2,771077	5,979325	9
462	008-201701	4,566667	2,349586	2,057919	5,155105	36
463	008-201702	5,944444	2,730532	2,327664	6,708957	9
464	008-201703	2,08	0,775629	2,919124	2,332016	25
465	008-201704	2,6	2,208135	1,194123	2,760513	29
466	008-201705	2,087097	1,754026	1,207814	2,222451	31
467	008-201706	1,68125	1,103528	1,579698	1,872928	16
468	008-201707	2,695652	2,233827	1,226403	2,88133	23
469	008-201708	3,328947	2,308441	1,488199	3,684003	38
470	008-201709	2,948148	2,287627	1,317159	3,200376	54
471	008-201710	3,228	2,144485	1,55914	3,591297	25
472	008-201712	6,48	3,436704	1,991224	7,311301	15

Şekil 3.41. Yönlerin aylık gruplanarak hesaplanması yazılımı

Yön dilimlerinin aylara göre gruplanarak hesaplanması Şekil 3.41'deki yazılım ekranında YÖNLER-YILLAR-AYLAR başlığı ile verilmektedir.

D:\1-AAI01-DOKTORAIWEIBULL4\WEIBULL221\WEIBULL\bin\Debug\VERİLER\VERİLER-MGMMGM-TALEPLER\MGM-TALEP1-RÜZGAR-TARİH-HIZ-YÖN\MGM_17602_AMASRA_(20180504FE1C-Saatlik_Rüzgar_Yönü(^)ve_Hızı_(m÷sn)_DÜZELTME).TXT						
Rüzgar Verisi Seçimi (M/S)		Gözet	KAPAT	22,5	Sınırları Uygula	Bilgi
SIRA	TARİH-SAAT	V (M/S)	YÖN	YÖN	>=ACI1	<=ACI2
41.060	2017123114	9,7	247	009	168,75	191,25
41.061	2017123115	8,3	244	010	191,25	213,75
41.062	2017123116	7,3	239	011	213,75	236,25
41.063	2017123117	4,0	211	012	236,25	258,75
41.064	2017123118	4,9	194	013	258,75	281,25
41.065	2017123120	3,6	211	014	281,25	303,75
41.066	2017123121	3,4	219	015	303,75	326,25
41.067	2017123122	3,9	202	016	326,25	348,75

TÜM VERİLER YILLAR AYLAR YILLAR-AYLAR GÜNLER YÖNLER YÖNLER-YILLAR YÖNLER-YILLAR-AYLAR RAPORLAR						
RAPOR (TÜM VERİLER)		RAPOR (YILLAR)		RAPOR (AYLAR)		
RAPOR (YILLAR-AYLAR)			RAPOR (YÖNLER)			
RAPORLAR						

Şekil 3.42. Raporlar yazılımı

Geliştirilen yazılım, bölgelere ait kaynak veri klasörü seçimi ile belirlenen hedef klasöre istenilen rapor tipini otomatik olarak word formatında oluşturabilmektedir. Şekil 3.42'de 5 adet farklı rapor komutu görülmektedir. Rapor komutları çalıştırıldığında kaynak ve

hedef dizin seçimi kullanıcıdan istenmekte ve kaynak klasörde bulunan rüzgar verilerinden otomatik hesaplamalar ve sonuçlar Word belgesi formatında hedef dizine kaydedilebilmektedir.

3.19. Rüzgar Türbinleri Performans Hesaplama

Şekil 3.43'te verilen yazılımın TÜRİN SEÇİMİ adlı birinci ekranında rüzgar türbini listesi klasör seçimi ile yapılabilmektedir.

RÜZGAR TÜRBİNLERİ PERFORMANS HESAPLAMA

GELİR AÇ GELİR KAYDET GÖZAT NEG-Micon 2750/92 (2750 kW)

TÜRİN SEÇİMİ RÜZGAR VERİLERİ TÜM TÜRBİNLER GELİR HESAPLAMA

TÜRİN SEÇ NEG-Micon 2750/92 (2750 kW) Bilgi

S	HIZ m/s	Güç (kW)
1	4,00	55,000
2	5,00	185,000
3	6,00	369,000
4	7,00	619,000
5	8,00	941,000
6	9,00	1326,000
7	10,00	1741,000
8	11,00	2133,000
9	12,00	2436,000
10	13,00	2617,000
11	14,00	2702,000
12	15,00	2734,000
13	16,00	2744,000
14	17,00	2747,000
15	18,00	2748,000
16	19,00	2748,000
17	20,00	2750,000
18	21,00	2750,000
19	22,00	2750,000
20	23,00	2750,000
21	24,00	2750,000
22	25,00	2750,000

SIRA	Tanım	Bilgi
1	Dosya	NEG-Micon NM 2750-92 (2750 kW).rt
2	Marka	NEG-Micon 2750/92 (2750 kW)
3	Göbek Yüksekliği(m)	70,00
4	Rotor Çapı (m)	92,00
5	Fiyatı (TL)	
6	Web Adresi	
7	Telefon	
8	Fax	

Şekil 3.43. Rüzgar türbinleri grubu seçimi yazılımı

Bir türbin markası veya tüm markalar listeye eklenebilmektedir.

RÜZGAR TÜRBİNLERİ PERFORMANS HESAPLAMA

GELİR AÇ GELİR KAYDET GÖZAT NEG-Micon 2750/92 (2750 kW)

TÜRBİN SEÇİMİ RÜZGAR VERİLERİ TÜM TÜRBİNLER GELİR HESAPLAMA

Rüzgar Verisi Seçimi (M/S) Ölçüm Yüksekliği 10 SEÇİLEN SATIRLARI SİL

Bölge 17602_AMASRA.TXT

SIRA	AYLIK	V (M/S)	N
41049	2017123103	7,7	245
41050	2017123104	6,6	234
41051	2017123105	5,3	234
41052	2017123106	4,2	218
41053	2017123107	4,5	197
41054	2017123108	5,7	204
41055	2017123109	6,8	247
41056	2017123110	10,6	251
41057	2017123111	11,4	245
41058	2017123112	9,3	249
41059	2017123113	10,4	250
41060	2017123114	9,7	247
41061	2017123115	8,3	244
41062	2017123116	7,3	239
41063	2017123117	4,0	211
41064	2017123118	4,9	194
41065	2017123120	3,6	211
41066	2017123121	3,4	219
41067	2017123122	3,9	202

AYLIK ORTALAMA UYGULA			
SIRA	AYLIK	V (M/S)	N
1	01	5,400304	3622
2	02	4,81495	3291
3	03	3,961195	3582
4	04	4,106399	3516
5	05	3,780331	3447
6	06	3,960464	2671
7	07	3,855422	3661
8	08	3,970098	3682
9	09	4,294184	3473
10	10	4,453118	3656
11	11	4,517423	2841
12	12	5,314124	3625

Şekil 3.44. Rüzgar verileri seçimi ve hazırlama yazılımı

Şekil 3.44'de verilen yazılımın RÜZGAR VERİLERİ ikinci ekranında yilaygünsaat/hız/yön formatında bulunan rüzgar verileri seçimi yapılmakta ve bu verilerden aylık ortalamalar elde edilmektedir.

RÜZGAR TÜRBİNLERİ PERFORMANS HESAPLAMA

GELİR AÇ GELİR KAYDET GÖZAT NEG-Micon 2750/92 (2750 kW)

TÜRBİN SEÇİMİ RÜZGAR VERİLERİ TÜM TÜRBİNLER GELİR HESAPLAMA

HESAPLA

SIRA	RÜZGAR TÜRBİN ADI	ROTOR ÇAPİ	GÖBEK YÜKSEKLİĞİ	DÖNEMSEL GELİR TOPLAMI	FİYATI
1	NEG-Micon 2750/92 (2750 kW)	70,00	92,00	1.965.204,00	0,00
2	NEG-Micon 1650/82 IECIII (1650 kW)	90,00	82,00	1.952.265,60	0,00
3	NEG-Micon 2750/80 (2750 kW)	90,00	80,00	1.847.844,00	0,00
4	NEG-Micon 1500/82 (1500 kW)	70,00	82,00	1.569.902,40	0,00
5	Vestas V80 (2MW, Offshore)	67,00	80,00	1.416.268,80	0,00
6	Vestas V80 (2,0 MW)	67,00	80,00	1.384.502,40	0,00
7	Vestas V80 (1,8 MW)	67,00	80,00	1.378.144,80	0,00
8	NEG-Micon 1650/72 IEC1 (1650 kW)	78,00	72,00	1.357.696,80	0,00
9	NEG-Micon 1500/72 50 Hz (1500 kW)	78,00	72,00	1.334.116,80	0,00
10	NEG-Micon 1500/72 60 Hz (1500 kW)	70,00	72,00	1.160.467,20	0,00
11	NEG-Micon 2000-500/72 (2000 kW)	68,00	72,00	1.133.438,40	0,00
12	Bonus 2 MW	60,00	76,00	1.133.244,00	0,00
13	NEG-Micon 1500/64C (1500 kW)	68,00	64,00	937.051,20	0,00
14	Vestas V66 (2,0 MW, offshore)	67,00	66,00	913.651,20	0,00
15	Vestas V66 (1,75 MW)	67,00	66,00	908.539,20	0,00
16	Vestas V66 (1650 kW)	67,00	66,00	896.450,40	0,00
17	NEG-Micon 1000/60 (1000 kW)	70,00	60,00	787.204,80	80.000,00

Şekil 3.45. Rüzgar türbinleri gelirler toplamı yazılımı

Şekil 3.45'te verilen yazılım TÜR TÜR BİNLER adlı üçüncü ekranında yazılım listesinde bulunan rüzgar türbinlerinin yıllık gelirleri bulunmakta ve otomatik olarak performans sıralaması yapılmaktadır.

RÜZGAR TÜRBİNLERİ PERFORMANS HESAPLAMA

GELİR AÇ GELİR KAYDET GÖZAT NEG-Micon 2750/92 (2750 kW)

TÜR BİN SEÇİMİ RÜZGAR VERİLERİ TÜR BİNLER GELİR HESAPLAMA

SİL HESAPLA

Ölçüm Yüksekliği 10 Yüzey Pürüzlülüğü 0,3
Türbin Yüksekliği (m) 70,00 Birim Fiyat (TL) 0,30
DÖNEMSEL GELİR(TL) 1 965 204,00

SIRA	AYLAR	Vref (m/s)	Vtürbin (m/s)	Güç (KW)	Aylık Saat	Enerji (KWH)	Gelir (TL)	TOPLAM
7	07	3,855422	6,912	369	744	274536	82360,8	1 055 959,20
8	08	3,970098	7,118	619	744	460536	138160,8	1 194 120,00
9	09	4,294184	7,699	619	720	445680	133704	1 327 824,00
10	10	4,453118	7,984	619	744	460536	138160,8	1 465 984,80
11	11	4,517423	8,099	941	720	677520	203256	1 669 240,80
12	12	5,314124	9,527	1326	744	986544	295963,2	1 965 204,00

AYLAR 24 İLK KAY 201910 AYLARI EKLE HESAPLA GELİR(TL) 3 937 183,20

SIRA	AYLAR	Vref (m/s)	Vtürbin (m/s)	Güç (KW)	Aylık Saat	Enerji (KWH)	Gelir (TL)	TOPLAM
18	202103	3,961195	7,102	619	744	460536	138160,8	3 233 188,80
19	202104	4,106399	7,362	619	720	445680	133704	3 366 892,80
20	202105	3,780331	6,777	369	744	274536	82360,8	3 449 253,60
21	202106	3,960464	7,1	619	720	445680	133704	3 582 957,60
22	202107	3,855422	6,912	369	744	274536	82360,8	3 665 318,40
23	202108	3,970098	7,118	619	744	460536	138160,8	3 803 479,20
24	202109	4,294184	7,699	619	720	445680	133704	3 937 183,20

Şekil 3.46. Rüzgar türbini dönemsel hesaplama yazılımı

Şekil 3.46'da verilen yazılım GELİR HESAPLAMA adlı dördüncü sayfasında seçilen türbin için dönemsel hesaplamalar yapılmaktadır.

3.20. Aylık Verilerle Rüzgar Çiftliği Hesaplama Yazılımı

Şekil 3.47'de verilen rüzgar çiftliği hesaplama yazılımının TÜR BİN LİSTESİ adlı birinci sayfasında rüzgar türbini seçimi yapılmaktadır. Yazılım sistemine bir veya birden çok rüzgar türbini eklenebilmektedir.

Proje Klasörü Seç

TÜRBİN LİSTESİ RÜZGAR TÜRBİNLERİ ANEMOMETRELER SAATLİK RÜZGAR VERİLERİ HESAPLAMALAR TOPLAM ENERJİ RAPORU

TÜRBİN LİSTESİ SEÇİMİ EKLE Vestas V80 (2MW, Offshore)

S	HIZ m/s	Güç (kW)	Ct
1	4,00	66,600	0,8180
2	5,00	154,000	0,8060
3	6,00	282,000	0,8040
4	7,00	460,000	0,8050
5	8,00	696,000	0,8060
6	9,00	996,000	0,8070
7	10,00	1341,000	0,7930
8	11,00	1661,000	0,7390
9	12,00	1866,000	0,7090
10	13,00	1958,000	0,4090
11	14,00	1988,000	0,3140
12	15,00	1997,000	0,2490
13	16,00	1999,000	0,2020
14	17,00	2000,000	0,1670
15	18,00	2000,000	0,1400
16	19,00	2000,000	0,1180
17	20,00	2000,000	0,1010
18	21,00	2000,000	0,0880
19	22,00	2000,000	0,0760
20	23,00	2000,000	0,0670
21	24,00	2000,000	0,0590
22	25,00	2000,000	0,0520

SIRA	Tanım	Bilgi
1	Dosya	Vestas V80 (2 MW offshore).rt
2	Marka	Vestas V80 (2MW, Offshore)
3	Göbek Yüksekliği(m)	67,00
4	Rotor Çapı (m)	80,00
5	Fiyatı (TL)	
6	Web Adresi	
7	Telefon	
8	Fax	

Şekil 3.47. Rüzgar türbini seçimi

Proje Klasörü Seç

RÜZGAR TÜRBİNLERİ ANEMOMETRELER SAATLİK RÜZGAR VERİLERİ HESAPLAMALAR TOPLAM ENERJİ RAPORU

TÜRBİN SEÇ SATIRLARI SİL HESAPLAMA İÇİN SEÇ

TÜRBİN ADI	ENLEM	BOYLAM	RAKIM	YÜKSEKLİK	ROTOR CAPI
Vestas V80 (2,0 MW)	40,188883	29,968952	573	67,00	80,00
Bonus 2 MW	40,188883	29,968952	573	60,0	76,0

Şekil 3.48. Kullanılan rüzgar türbinleri yazılımı

Şekil 3.48’de verilen yazılımın RÜZGAR TÜRBİNLERİ adlı ikinci sayfasında hesaplama için seçilen rüzgar türbinleri görülmektedir.

Proje Klasörü Seç

ANEMOMETRELER SAATLİK RÜZGAR VERİLERİ HESAPLAMALAR TOPLAM ENERJİ RAPORU

SATIRLARI SİL HESAPLAMA İÇİN SEÇ

ANEMOMETRE ADI	ENLEM	BOYLAM	RAKIM	YÜKSEKLİK
A1	40,188883	29,968952	573	10

Şekil 3.49. Kullanılan anemometre yazılımı

Şekil 3.49’da verilen yazılımın ANEMOMETRELER adlı üçüncü sayfasında anemometre bilgileri bulunmaktadır.

RÜZGAR TÜRBİNLERİ ÇİFTLİĞİ GELİR HESAPLAMA

Proje Klasörü Seç

TÜRBİN LİSTESİ RÜZGAR TÜRBİNLERİ ANEMOMETRELER SAATLİK RÜZGAR VERİLERİ HESAPLAMALAR TOPLAM ENERJİ RAPORU

MGM_17602_AMASRA.TXT

BİR YILLIK SAATLİK ORTALAMA HAZIRLA HESAPLA

SIRA	TARİH	Vort (m/s)	N	SIRA	TARİH	Vort (m/s)	N
41.047	2017123101	12,20	251	8740	123103	6,22	5
41.048	2017123102	11,40	248	8741	123104	5,76	5
41.049	2017123103	7,70	245	8742	123105	5,54	5
41.050	2017123104	6,60	234	8743	123106	5,44	5
41.051	2017123105	5,30	234	8744	123107	5,72	5
41.052	2017123106	4,20	218	8745	123108	6	5
41.053	2017123107	4,50	197	8746	123109	6,54	5
41.054	2017123108	5,70	204	8747	123110	6,86	5
41.055	2017123109	6,80	247	8748	123111	7,5	5
41.056	2017123110	10,60	251	8749	123112	7,48	5
41.057	2017123111	11,40	245	8750	123113	8,82	5
41.058	2017123112	9,30	249	8751	123114	9,02	5
41.059	2017123113	10,40	250	8752	123115	8,42	5
41.060	2017123114	9,70	247	8753	123116	7,64	5
41.061	2017123115	8,30	244	8754	123117	6,68	5
41.062	2017123116	7,30	239	8755	123118	6	5
41.063	2017123117	4,00	211	8756	123119	6,225	4
41.064	2017123118	4,90	194	8757	123120	7,24	5
41.065	2017123120	3,60	211	8758	123121	6,66	5
41.066	2017123121	3,40	219	8759	123122	5,8	5
41.067	2017123122	3,90	202	8760	123123	5,4	4

ACIKLAMA	DEGER
ORTALAMA	4,363
STANDARD_SAPMA	1,479
K	3,237
C	4,869
N	8.760,000

Şekil 3.50. Rüzgar verisi seçimi ve aylık ortalama hesaplama yazılımı

Şekil 3.50'de verilen yazılımın SAATLİK RÜZGAR VERİLERİ adlı dördüncü sayfasında rüzgar verileri sisteme tanıtılmaktadır. Yıllık veya tüm veriler seçilebilmektedir. Seçim sonucunda yazılım, saatlik ortalamaları ve rüzgar parametrelerini hesaplayabilmektedir.

RÜZGAR TÜRBİNLERİ ÇİFTLİĞİ GELİR HESAPLAMA

Proje Klasörü Seç

TÜRBİN LİSTESİ RÜZGAR TÜRBİNLERİ ANEMOMETRELER SAATLİK RÜZGAR VERİLERİ HESAPLAMALAR TOPLAM ENERJİ RAPORU

Vestas V80 (2,0 MW)

Göbek Yüksekliği (m) 67,00 Rotor Çapı(m) 40,18888 ENLEM 40,18888 BOYLAM 29,968952 RAKIM 573

ANEMOMETRE Ölçüm Yüksekliği 10 ENLEM 40,18888 BOYLAM 29,968952 RAKIM 573

Yüzey Pürüzlülüğü 0,3 Birim Fiyat 0,30 SİL HESAPLA GELİR(TL) 1.574.552,94 ₺

SIRA	Saatler	Vref (m/s)	Vtürbin (m/s)	Güç (kW)	Toplam Saat	Enerji (kWh)	Gelir (TL)	Toplam Enerji (kWh)	Toplam Gelir (TL)
8754	123117	6,68	11,82	1.480,00	1,00	1.480,00	444,00	5.240.459,80	1.572.137,94
8755	123118	6,00	10,62	1.217,00	1,00	1.217,00	365,10	5.241.676,80	1.572.503,04
8756	123119	6,23	11,01	1.480,00	1,00	1.480,00	444,00	5.243.156,80	1.572.947,04
8757	123120	7,24	12,81	1.710,00	1,00	1.710,00	513,00	5.244.866,80	1.573.460,04
8758	123121	6,66	11,78	1.480,00	1,00	1.480,00	444,00	5.246.346,80	1.573.904,04
8759	123122	5,80	10,26	1.217,00	1,00	1.217,00	365,10	5.247.563,80	1.574.269,14
8760	123123	5,40	9,56	946,00	1,00	946,00	283,80	5.248.509,80	1.574.552,94

İlk Gün 20191013 Süre(Gün) 1825 HESAPLA DÖNEMSEL GELİR(TL) 7.875.454,89 RT_AYLIK_RAPOR TÜMÜ

SIRA	Saatler	Vref (m/s)	Vtürbin (m/s)	Güç (kW)	Toplam Saat	Enerji (kWh)	Gelir (TL)	Toplam Enerji (kWh)	Toplam Gelir (TL)
43795	2024101018	2,24	3,96	0,00	1,00	0,00	0,00	26.251.099,10	7.875.329,73
43796	2024101019	2,30	4,07	66,30	1,00	66,30	19,89	26.251.165,40	7.875.349,62
43797	2024101020	2,74	4,85	66,30	1,00	66,30	19,89	26.251.231,70	7.875.369,51
43798	2024101021	2,72	4,81	66,30	1,00	66,30	19,89	26.251.298,00	7.875.389,40
43799	2024101022	2,50	4,42	66,30	1,00	66,30	19,89	26.251.364,30	7.875.409,29
43800	2024101023	2,94	5,20	152,00	1,00	152,00	45,60	26.251.516,30	7.875.454,89

Şekil 3.51. Yıllık ve dönemsel hesaplamalar yazılımı

Şekil 3.51'de gösterilen yazılım ekranında seçili rüzgar türbini enerji ve gelir hesaplamaları yıllık ve dönemsel olarak yapılabilmektedir. Dönemsel hesaplamalarda

başlangıç tarihi ve dönem uzunluğu belirlenebilmektedir. Ayrıca hesaplama sonuçları kWh uzantılı enerji dosyası olarak kaydedilebilmektedir.

RÜZGAR TÜRBİNLERİ ÇİFTLİĞİ GELİR HESAPLAMA

Proje Klasörü Seç

TÜRBİN LİSTESİ RÜZGAR TÜRBİNLERİ ANEMOMETRELER SAATLİK RÜZGAR VERİLERİ HESAPLAMALAR **TOPLAM ENERJİ RAPORU**

AYLIK AYRINTILI RAPOR KAYDET (YILGÜN SAAT-KW)

SIRA	Saatler	Türbin adı	Aylık Saat	Aylık Enerji (KWH)	Aylık Gelir (TL)	Toplam Enerji (kWh)	Toplam Gelir (TL)
100	202311	Bonus 2 MW	720,00	410.213,00	123.063,90	40.555.148,20	12.166.544,46
101	202312	Vestas V80 (2,0 MW)	744,00	688.721,60	206.616,48	41.243.869,80	12.373.160,94
102	202312	Bonus 2 MW	744,00	610.497,00	183.149,10	41.854.366,80	12.556.310,04
103	202401	Vestas V80 (2,0 MW)	744,00	712.378,20	213.713,46	42.566.745,00	12.770.023,50
104	202401	Bonus 2 MW	744,00	641.853,00	192.555,90	43.208.598,00	12.962.579,40
105	202402	Vestas V80 (2,0 MW)	696,00	503.898,30	151.169,49	43.712.496,30	13.113.748,89
106	202402	Bonus 2 MW	696,00	439.275,00	131.782,50	44.151.771,30	13.245.531,39
107	202403	Vestas V80 (2,0 MW)	744,00	330.222,40	99.066,72	44.481.993,70	13.344.598,11
108	202403	Bonus 2 MW	744,00	270.586,00	81.175,80	44.752.579,70	13.425.773,91
109	202404	Vestas V80 (2,0 MW)	720,00	362.856,00	108.856,80	45.115.435,70	13.534.630,71
110	202404	Bonus 2 MW	720,00	302.633,00	90.789,90	45.418.068,70	13.625.420,61
111	202405	Vestas V80 (2,0 MW)	744,00	319.034,50	95.710,35	45.737.103,20	13.721.130,96
112	202405	Bonus 2 MW	744,00	260.763,00	78.228,90	45.997.866,20	13.799.359,86
113	202406	Vestas V80 (2,0 MW)	720,00	328.751,40	98.625,42	46.326.617,60	13.897.985,28
114	202406	Bonus 2 MW	720,00	277.163,00	83.148,90	46.603.780,60	13.981.134,18
115	202407	Vestas V80 (2,0 MW)	744,00	325.644,80	97.693,44	46.929.425,40	14.078.827,62
116	202407	Bonus 2 MW	744,00	277.057,00	83.117,10	47.206.482,40	14.161.944,72
117	202408	Vestas V80 (2,0 MW)	744,00	354.937,00	106.481,10	47.561.419,40	14.268.425,82
118	202408	Bonus 2 MW	744,00	303.916,00	91.174,80	47.865.335,40	14.359.600,62
119	202409	Vestas V80 (2,0 MW)	720,00	409.305,30	122.791,59	48.274.640,70	14.482.392,21
120	202409	Bonus 2 MW	720,00	354.121,00	106.236,30	48.628.761,70	14.588.628,51
121	202410	Vestas V80 (2,0 MW)	240,00	160.321,60	48.096,48	48.789.083,30	14.636.724,99
122	202410	Bonus 2 MW	240,00	140.098,00	42.029,40	48.929.181,30	14.678.754,39

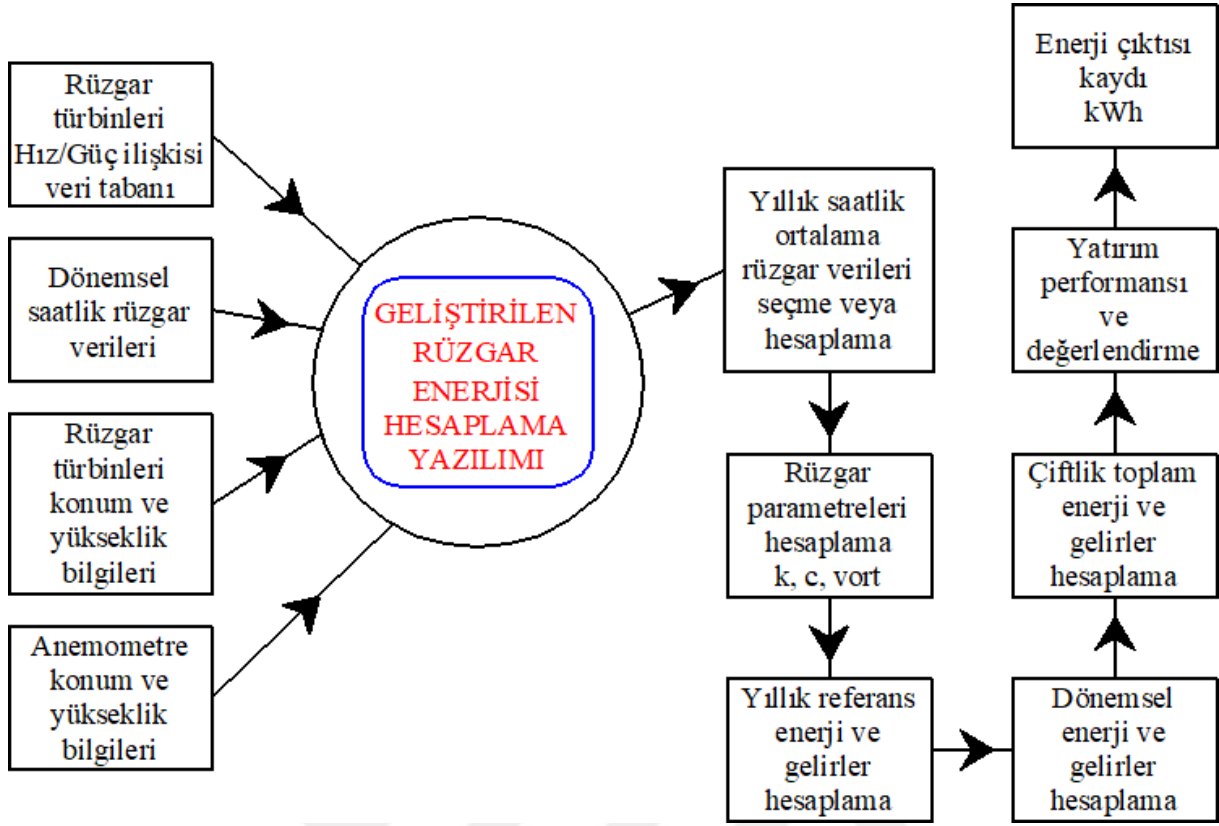
Şekil 3.52. Toplam enerji raporu yazılımı

Şekil 3.52'de verilen ekranda dönemsel enerji raporu görülmektedir. Şekil 3.51'deki hesaplamalar ekranında bulunan TÜRÜN komutu çalıştırıldığında yazılım, dönemsel hesaplamaları türbin hesaplamaları ile birleştirerek dönemsel toplam enerji raporunu vermektedir. Rapor kWh dosya formatında kaydedilebilmektedir.

3.21. Saatlik Verilerle Rüzgar Çiftliği Hesaplama Yazılımı

Geliştirilen rüzgar enerjisi hesaplama yazılımında önceden tanımlı rüzgar türbinleri ve enerji performans bilgileri bulunmaktadır. Bir veya birden fazla rüzgar türbini seçimi yapılabilmektedir. Yazılım dönemsel saatlik rüzgar verilerini kullanmaktadır. Ölçüm bilgileri yazılımda tanımlanmaktadır. Yazılım bu verilerle yıllık enerji ve gelir hesaplamaları yapabilmektedir. Ayrıca ilk ve son tarihi bilinen dönemler için enerji ve gelir hesaplamaları elde edilebilmekte ve sonuçlar kWh olarak kaydedilebilmektedir.

Şekil 3.53'de rüzgar enerjisi hesaplama yazılımının akış şeması görülmektedir.



Şekil 3.53. Saatlik rüzgar verileriyle rüzgar çiftliği değerlendirme yazılımı akış şeması

MGM saatlik rüzgar verileri kullanılarak rüzgar enerjisi hesaplamak için geliştirilen yazılım ekranı Şekil 3.54’de verilmektedir.

RÜZGAR TÜRBİNLERİ ÇİFTLİĞİ GELİR HESAPLAMA

TÜRBİN LİSTESİ RÜZGAR TÜRBİNLERİ ANEMOMETRELER SAATLİK RÜZGAR VERİLERİ HESAPLAMALAR TOPLAM ENERJİ RAPORU

TÜRBİN LİSTESİ			SEÇİMİ EKLE			Bonus 1 MW		
S	HIZ m/s	Güç (kW)	SIRA	Tanım	Bilgi			
1	4,00	24,100	1	Dosya	Bonus 1 MW.rt			
2	5,00	69,300	2	Marka	Bonus 1 MW			
3	6,00	130,000	3	Göbek Yüksekliği(m)	50,00			
4	7,00	219,100	4	Rotor Çapı (m)	54,20			
5	8,00	333,500	5	Fiyatı (TL)	50000			
6	9,00	463,100	6	Web Adresi				
7	10,00	598,100	7	Telefon				
8	11,00	730,000	8	Fax				
9	12,00	846,500						
10	13,00	928,800						
11	14,00	972,600						
12	15,00	990,800						
13	16,00	997,200						
14	17,00	999,200						
15	18,00	999,800						
16	19,00	999,900						
17	20,00	1000,000						
18	21,00	1000,000						
19	22,00	1000,000						
20	23,00	1000,000						
21	24,00	1000,000						
22	25,00	1000,000						

Şekil 3.54. Rüzgar türbini seçimi yazılımı

Yazılım TÜRİN LİSTESİ adlı birinci sayfasında enerji üretiminde kullanılacak rüzgar türbinleri, hesaplama sistemine eklenmektedir. Şekil 3.55’de rüzgar enerjisi üretiminde kullanılan rüzgar türbin listesi görülmektedir.

TÜRİN ADI	ENLEM	BOYLAM	RAKIM	YÜKSEKLİK	ROTOR CAPI
Bonus 1 MW	40,188883	29,968952	573	50,00	54,20

Şekil 3.55. Enerji üretimi yapan rüzgar türbinleri yazılımı

ANEMOMETRE ADI	ENLEM	BOYLAM	RAKIM	YÜKSEKLİK
A1	40,188883	29,968952	573	10

Şekil 3.56. Anemometre bilgileri yazılımı

Şekil 3.56’da rüzgar ölçümleri yapılan anemometre bilgileri yer almaktadır.

SIRA	TARİH	Vort (m/s)	N
41.046	2017123022	5,90	241
41.047	2017123101	12,20	251
41.048	2017123102	11,40	248
41.049	2017123103	7,70	245
41.050	2017123104	6,60	234
41.051	2017123105	5,30	234
41.052	2017123106	4,20	218
41.053	2017123107	4,50	197
41.054	2017123108	5,70	204
41.055	2017123109	6,80	247
41.056	2017123110	10,60	251
41.057	2017123111	11,40	245
41.058	2017123112	9,30	249
41.059	2017123113	10,40	250
41.060	2017123114	9,70	247
41.061	2017123115	8,30	244
41.062	2017123116	7,30	239
41.063	2017123117	4,00	211
41.064	2017123118	4,90	194
41.065	2017123120	3,60	211
41.066	2017123121	3,40	219
41.067	2017123122	3,90	202

SIRA	TARİH	Vort (m/s)	N
8739	123102	6,8	5
8740	123103	6,22	5
8741	123104	5,76	5
8742	123105	5,54	5
8743	123106	5,44	5
8744	123107	5,72	5
8745	123108	6	5
8746	123109	6,54	5
8747	123110	6,86	5
8748	123111	7,5	5
8749	123112	7,48	5
8750	123113	8,82	5
8751	123114	9,02	5
8752	123115	8,42	5
8753	123116	7,64	5
8754	123117	6,68	5
8755	123118	6	5
8756	123119	6,225	4
8757	123120	7,24	5
8758	123121	6,66	5
8759	123122	5,8	5
8760	123123	5,4	4

ACIKLAMA	DEĞER
ORTALAMA	4,363
STANDARD_SAPMA	1,479
K	3,237
C	4,869
N	8.760.000

Şekil 3.57. Bir yıllık saatlik rüzgar verisi hazırlama yazılımı

Yazılım SAATLİK RÜZGAR VERİLERİ ADLI beşinci ekranında kaynak rüzgar verileri kullanılarak bir yıllık saatlik rüzgar enerjisi hesaplamaları yapılmaktadır. Şekil 3.57’de yazılım tarafından hesaplanmakta olan yıllık referans verileri ve rüzgar enerjisi parametreleri görülmektedir.

TÜRBİN LİSTESİ RÜZGAR TÜRBİNLERİ ANEMOMETRELER SAATLİK RÜZGAR VERİLERİ HESAPLAMALAR TOPLAM ENERJİ RAPORU

Bonus 1 MW

Göbek Yüksekliği (m) 50,00 Rotor Çapı(m) 40,18888 ENLEM 40,18888 BOYLAM 29,968952 RAKIM 573

ANEMOMETRE Ölçüm Yüksekliği 10 ENLEM 40,18888 BOYLAM 29,968952 RAKIM 573

Yüzey Pürüzlülüğü 0,3 Birim Fiyat 0,30 SİL HESAPLA GELİR(TL) 605.915,37 ₺

SIRA	Saatler	Vref (m/s)	Vtürbin (m/s)	Güç (kW)	Toplam Saat	Enerji (kWh)	Gelir (TL)	Toplam Enerji (kWh)	Toplam Gelir (TL)
8754	123117	6,68	10,83	598,10	1,00	598,10	179,43	2.016.532,00	604.959,60
8755	123118	6,00	9,72	463,10	1,00	463,10	138,93	2.016.995,10	605.098,53
8756	123119	6,23	10,09	598,10	1,00	598,10	179,43	2.017.593,20	605.277,96
8757	123120	7,24	11,73	730,00	1,00	730,00	219,00	2.018.323,20	605.496,96
8758	123121	6,66	10,79	598,10	1,00	598,10	179,43	2.018.921,30	605.676,39
8759	123122	5,80	9,40	463,10	1,00	463,10	138,93	2.019.384,40	605.815,32
8760	123123	5,40	8,75	333,50	1,00	333,50	100,05	2.019.717,90	605.915,37

İlk Gün 20191117 Süre(Gün) 1825 HESAPLA DÖNEMSEL GELİR(TL) 3.029.643,09 RTAYLIK RAPOR TÜMÜ

SIRA	Saatler	Vref (m/s)	Vtürbin (m/s)	Güç (kW)	Toplam Saat	Enerji (kWh)	Gelir (TL)	Toplam Enerji (kWh)	Toplam Gelir (TL)
43793	2024111416	5,40	8,75	333,50	1,00	333,50	100,05	10.095.936,80	3.028.781,04
43794	2024111417	4,68	7,58	219,10	1,00	219,10	65,73	10.096.155,90	3.028.846,77
43795	2024111418	5,55	9,00	333,50	1,00	333,50	100,05	10.096.489,40	3.028.946,82
43796	2024111419	6,05	9,81	463,10	1,00	463,10	138,93	10.096.952,50	3.029.085,75
43797	2024111420	6,13	9,93	463,10	1,00	463,10	138,93	10.097.415,60	3.029.224,68
43798	2024111421	6,18	10,01	598,10	1,00	598,10	179,43	10.098.013,70	3.029.404,11
43799	2024111422	5,68	9,20	463,10	1,00	463,10	138,93	10.098.476,80	3.029.543,04
43800	2024111423	5,40	8,75	333,50	1,00	333,50	100,05	10.098.810,30	3.029.643,09

Şekil 3.58. Rüzgar enerjisi hesaplamaları

Şekil 3.58'de verilen HESAPLAMALAR adlı yazılım beşinci ekranında kullanılan rüzgar türbininin ölçülen verilerle üretebileceği enerji miktarı yıllık ve dönemsel olarak hesaplanmaktadır. Birden fazla rüzgar türbini kullanılması durumunda hesaplamalar ayrı ayrı yapılmakta ve toplam enerji miktarları üretim hareketleri raporları elde edilebilmektedir.

TÜRBİN LİSTESİ RÜZGAR TÜRBİNLERİ ANEMOMETRELER SAATLİK RÜZGAR VERİLERİ HESAPLAMALAR TOPLAM ENERJİ RAPORU

AYLIK AYRINTILI RAPOR KAYDET (YILGÜNSAAT-KW)

SIRA	Aylar	Türbin adı	Aylık Saat	Aylık Enerji (KWH)	Aylık Gelir (TL)	Toplam Enerji (kWh)	Toplam Gelir (TL)
53	202403	Bonus 1 MW	744,00	119.574,50	35.872,35	9.054.224,20	2.716.267,26
54	202404	Bonus 1 MW	720,00	134.102,10	40.230,63	9.188.326,30	2.756.497,89
55	202405	Bonus 1 MW	744,00	116.995,40	35.098,62	9.305.321,70	2.791.596,51
56	202406	Bonus 1 MW	720,00	123.453,30	37.035,99	9.428.775,00	2.828.632,50
57	202407	Bonus 1 MW	744,00	122.304,10	36.691,23	9.551.079,10	2.865.323,73
58	202408	Bonus 1 MW	744,00	134.323,00	40.296,90	9.685.402,10	2.905.620,63
59	202409	Bonus 1 MW	720,00	154.807,40	46.442,22	9.840.209,50	2.952.062,85
60	202410	Bonus 1 MW	744,00	175.139,90	52.541,97	10.015.349,40	3.004.604,82
61	202411	Bonus 1 MW	336,00	83.460,90	25.038,27	10.098.810,30	3.029.643,09

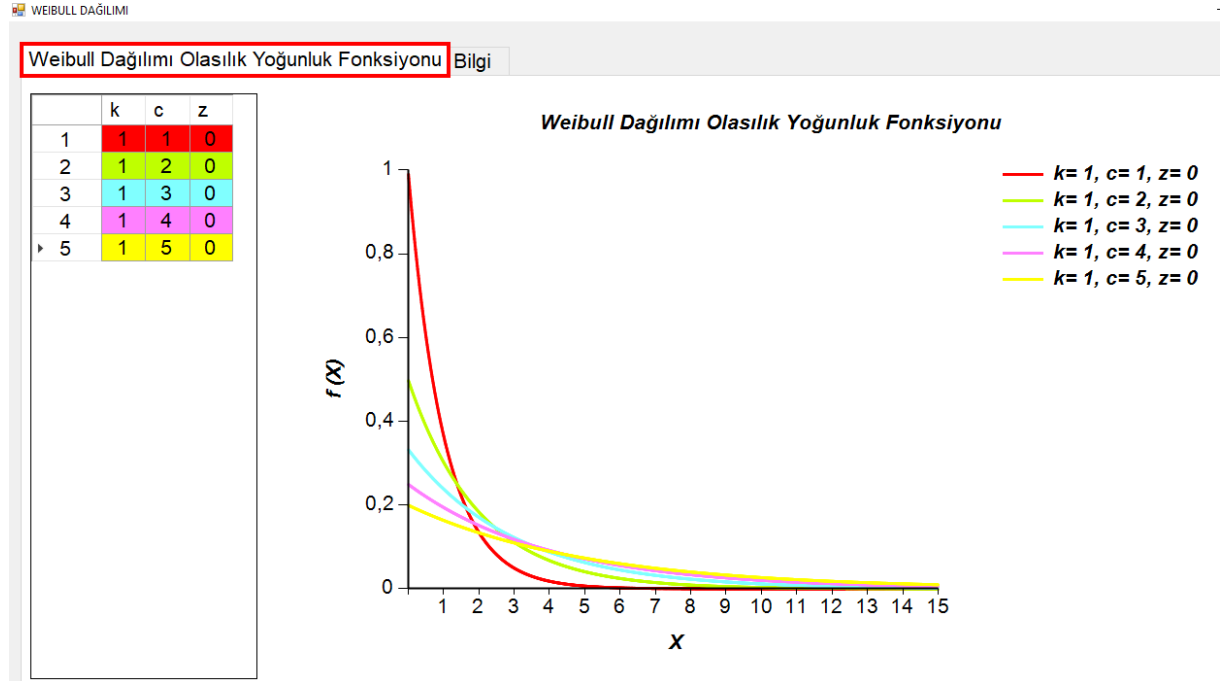
SIRA	Aylar	Aylık Enerji (KWH)	Aylık Gelir (TL)	Toplam Enerji (kWh)	Toplam Gelir (TL)
51	202401	289.451,00	86.835,30	8.736.458,30	2.620.937,49
52	202402	198.191,40	59.457,42	8.934.649,70	2.680.394,91
53	202403	119.574,50	35.872,35	9.054.224,20	2.716.267,26
54	202404	134.102,10	40.230,63	9.188.326,30	2.756.497,89
55	202405	116.995,40	35.098,62	9.305.321,70	2.791.596,51
56	202406	123.453,30	37.035,99	9.428.775,00	2.828.632,50
57	202407	122.304,10	36.691,23	9.551.079,10	2.865.323,73
58	202408	134.323,00	40.296,90	9.685.402,10	2.905.620,63
59	202409	154.807,40	46.442,22	9.840.209,50	2.952.062,85
60	202410	175.139,90	52.541,97	10.015.349,40	3.004.604,82
61	202411	83.460,90	25.038,27	10.098.810,30	3.029.643,09

Şekil 3.59. Toplam enerji raporları yazılımı

Şekil 3.59'da tahmin edilen aylık enerji miktarları görülmektedir. Dönemsel enerji üretiminde başlangıç ve bitiş tarihleri düzenlenerek yapılması öngörülen yatırımın geri kazanım süresi tahmin edilmeye çalışılmaktadır.

3.22. Weibull Grafiği Hazırlama Yazılımı

Rüzgar potansiyeli belirlemede kullanılan Weibull dağılımı grafikleri geliştirilen yazılımla elde edilebilmektedir.

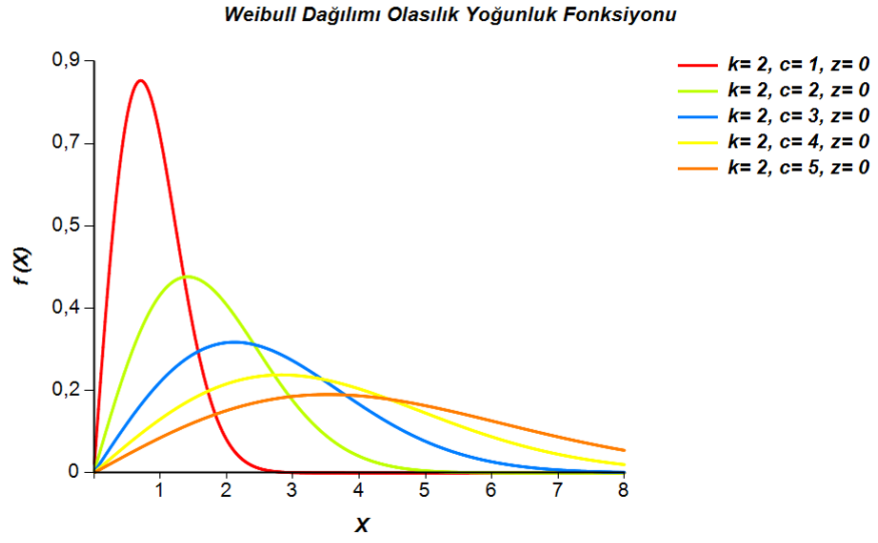


Şekil 3.60. Weibull dağılımı grafiği (k=1)

Şekil 3.60'da gösterilen Weibull Dağılımı grafiğinde k=1 için farklı c parametrelili grafik değişimi sunulmaktadır.

Weibull Dağılımı Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu Bilgi

	k	c	z
1	2	1	0
2	2	2	0
3	2	3	0
4	2	4	0
5	2	5	0

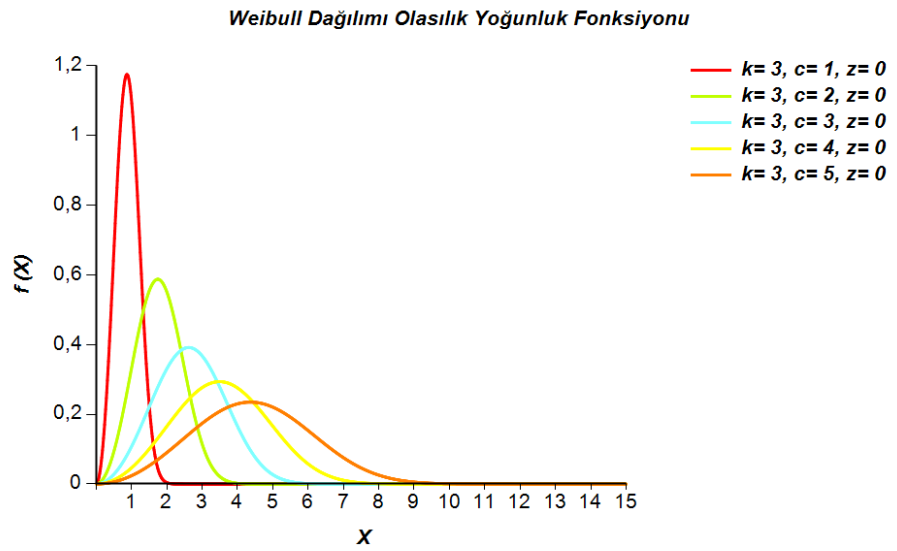


Şekil 3.61. Weibull dağılımı grafiği (k=2, Rayleigh dağılımı)

Şekil 3.61’de görüldüğü üzere Weibull dağılımı k=2 sabit ve farklı c parametreleri için Rayleigh dağılımı adını almaktadır.

Weibull Dağılımı Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu Bilgi

	k	c	z
1	3	1	0
2	3	2	0
3	3	3	0
4	3	4	0
5	3	5	0

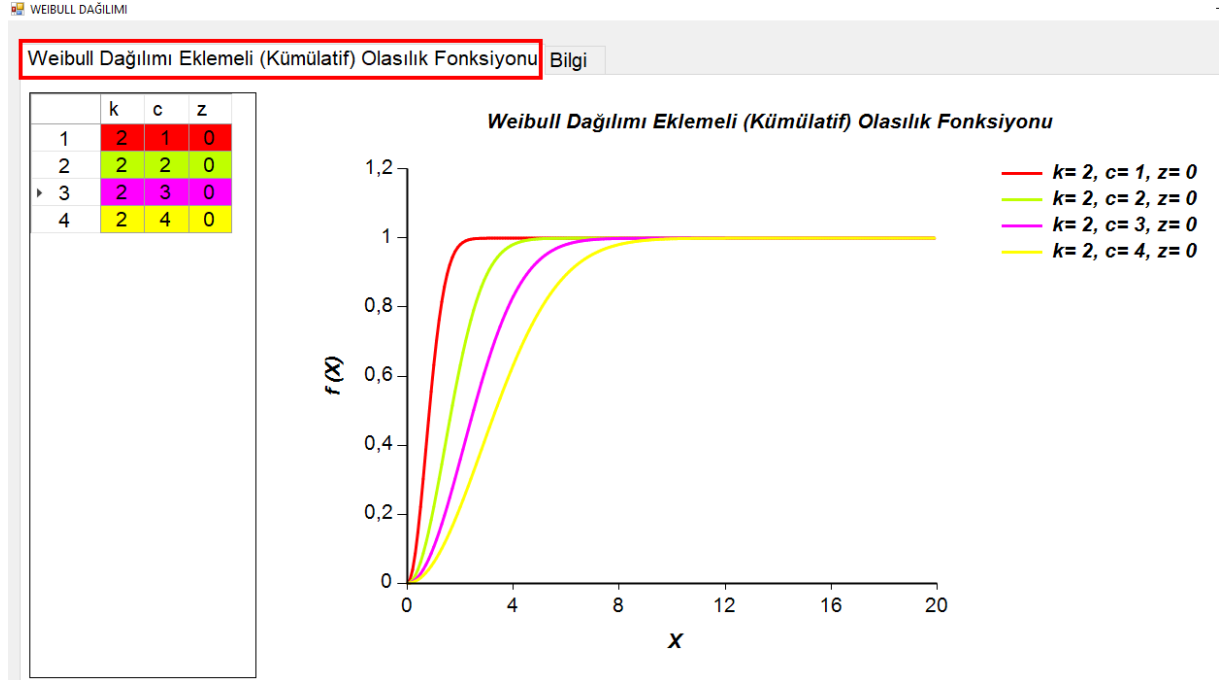


Şekil 3.62. Weibull dağılımı grafiği (k=3)

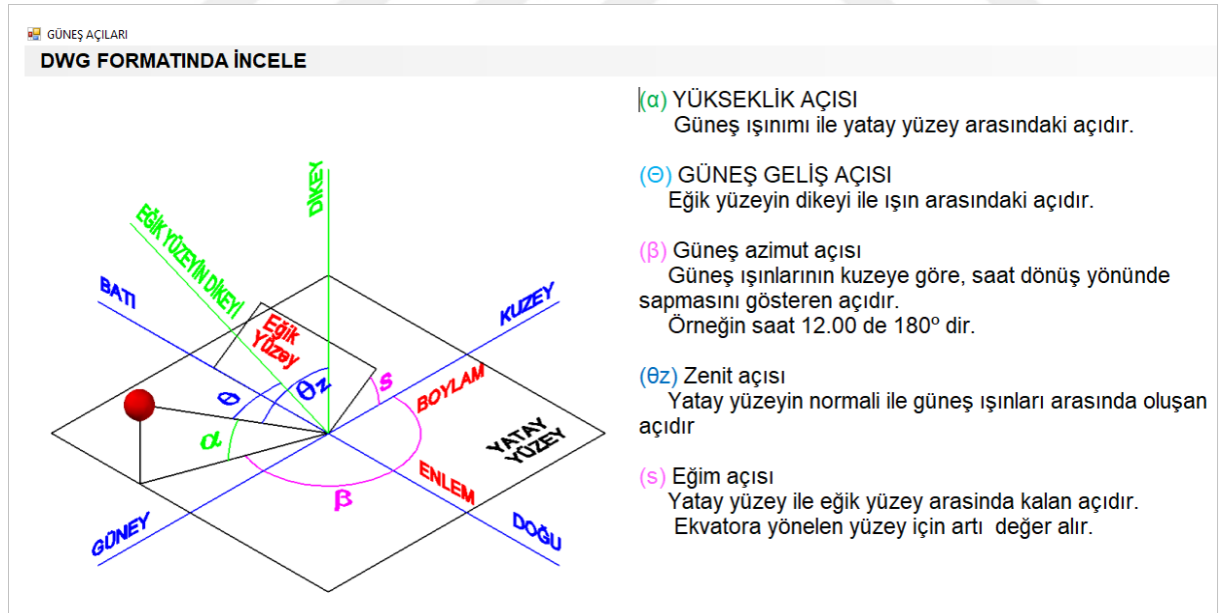
k=3 için Weibull dağılımı grafiği ise Şekil 3.62’de görülmektedir.

3.23. Weibull Dağılımı Eklemeli Olasılık Fonksiyonu

Şekil 3.63'de ise $k=2$ için Weibull dağılımı kümülatif olasılık fonksiyonu grafiği örnek olarak verilmektedir.



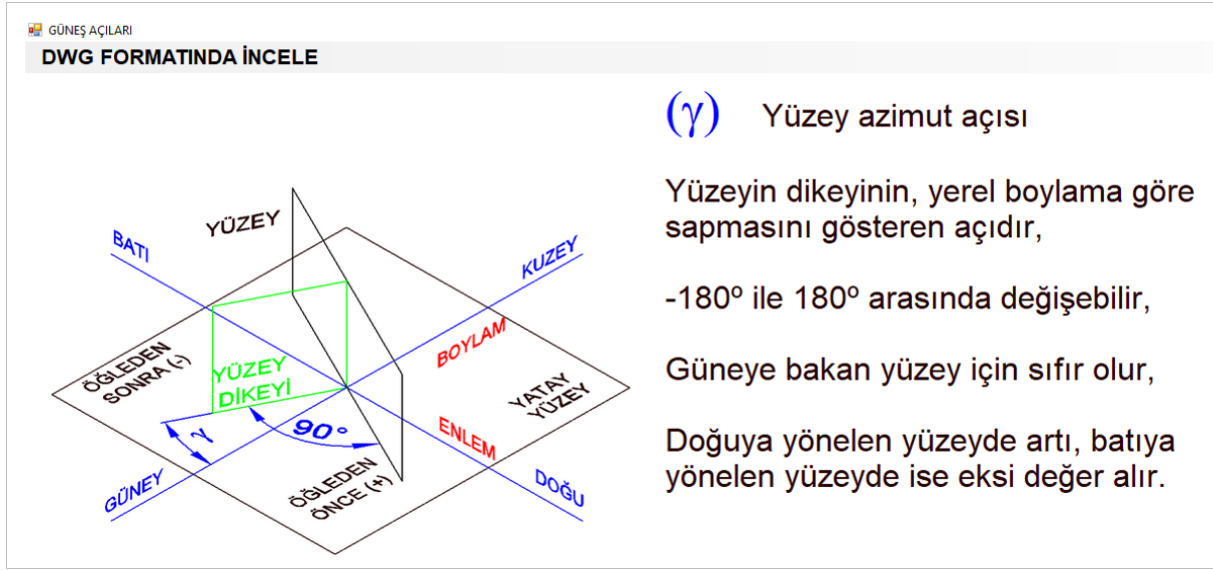
Şekil 3.63. Weibull dağılımı kümülatif olasılık fonksiyonu grafiği



Şekil 3.64. Güneş açıları bilgi sayfası (1/2)

Şekil 3.64 ve Şekil 3.65'de yazılım GÜNEŞ(PV) sekmesinde GÜNEŞ AÇILARI komutu ile sunulan program bilgi sayfalarında fotovoltaik panellerin montajında

kullanılmakta olan güneş açıları hakkında bilgi verilmektedir. Geliştirilen program 3D autocad formatında kayıt yaparak açıların ayrıntılı izlenmesini mümkün kılmaktadır.



Şekil 3.65. Güneş açıları bilgi sayfası (2/2)

3.24. Fotovoltaik Paneller Veri Tabanı Yazılımı

Şekil 3.66'da gösterilen yazılımın GÜNEŞ(PV) sekmesinde PV PANEL TANITIMI komutu fotovoltaik paneller veri tabanı yazılımını çalıştırmaktadır. Bu bölümde yeni fotovoltaik panel bilgileri veri tabanına eklenebilmekte, panel bilgileri dosyalara kaydedilerek gerektiğinde yazılım sistemine seçilerek yüklenebilmektedir.

PV LİSTESİ

Yeni	Kaydet	PV Grubu Seç	STANDARD PV LİSTESİ	PV Grubunu Kaydet	Gözet
ASW-240W					
MODEL	ASW-240W				
Maximum Power at STC (Pmax)	240W				
Optimum Operating Voltage (Vmp)	29.80 V				
Optimum Operating Current (Imp)	8.05 A				
Open-Circuit Voltage (Voc)	37.00 V				
Short-Circuit Current (Isc)	8.69 A				
Module Efficiency	14.6 %				
Cell Efficiency	16.9 %				
Solar Cell	Polycrystalline 156 x 156mm (6 inches)				
No. of Cells	60 (6 x 10)				
Dimensions	1640 x 992 x 40mm (65.0 x 39.0 x 1.57 inches)*				
Weight	19.0 kgs (41.9 lbs)				
Front Glass	3.2 mm (0.13 inches) tempered glass				
Frame	Anodized aluminum alloy				
Junction Box	IP67 rated				
Output Cables	4.0 mm2 (0.006 inches2), 1200mm (47.2 inches)				
Connectors	MC4 connectors				
Fire Rating	Class C				
Web	www.americansolarwholesale.com				

Şekil 3.66. Fotovoltaik paneller veri tabanı yazılımı

3.25. PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System)

PVGIS, “European Commission Joint Research Centre” tarafından geliştirilmiş web tabanlı bir enerji projesidir. Güneş ve rüzgar verileri PVGIS proje web adresinden alınabilmektedir.

PVGIS verilerini kullanarak PV ve Rüzgar enerjisi hesaplamaları yapan yazılımın VERİLER adlı birinci sayfası Şekil 3.67’de verilmektedir.

PV ENERJİ YAZILIMI

GÖZAT 18089_MİHALIÇCIK_Timeseries_39.968_31.132_CM__1kWp_crystSi_14_32deg_-10deg_2007_20

VERİLER PV PANEL SEÇİMİ PV HESAPLA RÜZGAR TÜRBİNİ SEÇİMİ RT HESAPLA

SİL AÇ (PVGIS) VERİLER (PVGIS (c) European Communities) 20070101 20161231

SIRA	Tarih	EPV	Bi	Di	Ri	As	Tamb	W10	Int
87.650	2016123101	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-6,43	0,92	0,00
87.651	2016123102	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-6,83	0,79	0,00
87.652	2016123103	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-7,22	0,65	0,00
87.653	2016123104	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-7,41	0,76	0,00
87.654	2016123105	1,54	0,00	8,63	0,14	5,27	-7,60	0,87	0,00
87.655	2016123106	19,31	0,00	33,38	0,55	13,85	-7,79	0,98	0,00
87.656	2016123107	3,32	0,00	11,77	0,19	20,70	-7,22	1,09	0,00
87.657	2016123108	5,66	0,00	15,47	0,25	25,23	-6,64	1,19	0,00
87.658	2016123109	6,61	0,00	16,90	0,28	26,92	-6,07	1,30	0,00
87.659	2016123110	5,82	0,00	15,74	0,26	25,55	-5,82	1,37	0,00
87.660	2016123111	24,82	0,00	40,31	0,66	21,30	-5,57	1,43	0,00
87.661	2016123112	34,73	0,00	51,90	0,86	14,67	-5,32	1,50	0,00
87.662	2016123113	70,56	45,73	49,87	0,89	6,25	-5,46	1,31	0,00
87.663	2016123114	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-5,59	1,13	0,00
87.664	2016123115	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-5,73	0,94	0,00
87.665	2016123116	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-6,21	1,08	0,00
87.666	2016123117	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-6,68	1,21	0,00
87.667	2016123118	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-7,16	1,35	0,00
87.668	2016123119	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-7,51	1,28	0,00
87.669	2016123120	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-7,86	1,20	0,00
87.670	2016123121	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-8,20	1,13	0,00
87.671	2016123122	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-8,20	1,13	0,00
87.672	2016123123	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-8,20	1,13	0,00

Şekil 3.67. PVGIS veri tabanından veri indirme ve yazılım veri seçimi sayfası yazılımı

Veriler CSV dosya formatında PVGIS adresinden indirilebilmekte ve yazılım veri ekranına yüklenebilmektedir.

GÖZAT 18089_MİHALIÇÇIK_Timeseries_39.968_31.132_CM_1kWp_crystSi_14_32deg_-10deg_2007_20

VERİLER PV PANEL SEÇİMİ PV HESAPLA RÜZGAR TÜRBİNİ SEÇİMİ RT HESAPLA

ASW-250W PANELADETİ 4000 TOPLAM GÜÇ(Watt) 1000000

MODEL	ASW-250W
Maximum Power at STC (Pmax)	250W
Optimum Operating Voltage (Vmp)	30.20 V
Optimum Operating Current (Imp)	8.29 A
Open-Circuit Voltage (Voc)	37.30 V
Short-Circuit Current (Isc)	8.84 A
Module Efficiency	15.3%
Cell Efficiency	17.2%
Solar Cell	Polycrystalline 156 x 156mm (6 inches)
No. of Cells	60 (6 x 10)
Dimensions	1640 x 992 x 40mm (65.0 x 39.0 x 1.57 inches)*
Weight	19.0 kgs (41.9 lbs)
Front Glass	3.2 mm (0.13 inches) tempered glass
Frame	Anodized aluminum alloy
Junction Box	IP67 rated
Output Cables	4.0 mm2 (0.006 inches2), 1200mm (47.2 inches)
Connectors	MC4 connectors
Fire Rating	Class C
Web	www.americansolarwholesale.com

Şekil 3.68. Fotovoltaik panel seçim ekranı yazılımı

Şekil 3.68'de verilen yazılım PV PANEL SEÇİMİ adlı ikinci ekranında PV panel seçimi yapılarak kullanılacak panel sayısı belirlenebilmektedir.

GÖZAT 18089_MİHALIÇÇIK_Timeseries_39.968_31.132_CM_1kWp_crystSi_14_32deg_-10deg_2007_20

VERİLER PV PANEL SEÇİMİ PV HESAPLA RÜZGAR TÜRBİNİ SEÇİMİ RT HESAPLA

SİL PV HESAPLA KAYDET 0,3 ASW-250W (KURULU GÜÇ= 1000000watt)

SIRA	DATE	Watt/m2	Wh	kWh	Toplam Enerji (kWh)	Toplam gelir (TL)
87673	2016123101	0,00	0,00	0,00	14.673.536,67	4.402.061,00
87673	2016123102	0,00	0,00	0,00	14.673.536,67	4.402.061,00
87673	2016123103	0,00	0,00	0,00	14.673.536,67	4.402.061,00
87673	2016123104	0,00	0,00	0,00	14.673.536,67	4.402.061,00
87673	2016123105	1,54	1.540,00	1,54	14.673.538,21	4.402.061,46
87673	2016123106	19,31	19.310,00	19,31	14.673.557,52	4.402.067,26
87673	2016123107	3,32	3.320,00	3,32	14.673.560,84	4.402.068,25
87673	2016123108	5,66	5.660,00	5,66	14.673.566,50	4.402.069,95
87673	2016123109	6,61	6.610,00	6,61	14.673.573,11	4.402.071,93
87673	2016123110	5,82	5.820,00	5,82	14.673.578,93	4.402.073,68
87673	2016123111	24,82	24.820,00	24,82	14.673.603,75	4.402.081,13
87673	2016123112	34,73	34.730,00	34,73	14.673.638,48	4.402.091,54
87673	2016123113	70,56	70.560,00	70,56	14.673.709,04	4.402.112,71
87673	2016123114	0,00	0,00	0,00	14.673.709,04	4.402.112,71
87673	2016123115	0,00	0,00	0,00	14.673.709,04	4.402.112,71
87673	2016123116	0,00	0,00	0,00	14.673.709,04	4.402.112,71
87673	2016123117	0,00	0,00	0,00	14.673.709,04	4.402.112,71
87673	2016123118	0,00	0,00	0,00	14.673.709,04	4.402.112,71
87673	2016123119	0,00	0,00	0,00	14.673.709,04	4.402.112,71
87673	2016123120	0,00	0,00	0,00	14.673.709,04	4.402.112,71
87673	2016123121	0,00	0,00	0,00	14.673.709,04	4.402.112,71
87673	2016123122	0,00	0,00	0,00	14.673.709,04	4.402.112,71
87673	2016123123	0,00	0,00	0,00	14.673.709,04	4.402.112,71

Şekil 3.69. PV hesaplama

Şekil 3.69'da verilmekte olan yazılım PV HESAPLA adlı ekranında elde edilen enerji hesaplamaları ve gelirleri görülmektedir.

GÖZAT ...

VERİLER PV PANEL SEÇİMİ PV HESAPLA **RÜZGAR TÜRBİNİ SEÇİMİ** RT HESAPLA

NEG-Micon 1000/60 (1000 kW)

HIZ m/s	Güç (kW)
4,00	32,000
5,00	85,000
6,00	149,000
7,00	246,000
8,00	382,000
9,00	531,000
10,00	670,000
11,00	788,000
12,00	883,000
13,00	962,000
14,00	1015,000
15,00	1039,000
16,00	1042,000
17,00	1031,000
18,00	1012,000
19,00	995,000
20,00	977,000

Tanım	Bilgi
Dosya	NEG-Micon NM 1000-60 (1000 kW).pow
Marka	NEG-Micon 1000/60 (1000 kW)
Göbek Yüksekliği(m)	70,00
Rotor Çapı (m)	60,00
Fiyatı (TL)	
Web Adresi	
Telefon	
Fax	

Anemometre Yüksekliği Rüzgar türbini rakımı

α

DURUM	HELLMANN KATSAYISI
Açık deniz, kıyı şeridi	0,10 - 0,13
Yeşil ve ekili alan	0,13 - 0,20
Ağaçlık alan	0,20 - 0,27
Yüksek bina ve kentsel alan	0,27 - 0,40

Şekil 3.70. Rüzgar türbini seçimi yazılımı

Yazılım RÜZGAR TÜRBİNİ SEÇİMİ adlı dördüncü sayfasında rüzgar türbini seçimi yapılmaktadır. Şekil 3.70'de 1 MW gücünde NEG-Micon adlı rüzgar türbini seçilerek hesaplamalar için yüzey pürüzlülüğü katsayısının 0,3 olarak alındığı görülmektedir.

GÖZAT 18089_MİHALIÇCIK_Timeseries_39.968_31.132_CM__1kWp_crystSi_14_32deg_-10deg_2007_20

VERİLER PV PANEL SEÇİMİ PV HESAPLA **RÜZGAR TÜRBİNİ SEÇİMİ** **RT HESAPLA**

SİL RT HESAPLA KAYDET kWh (TL) 0,3 NEG-Micon 1000/60 (1000 kW)

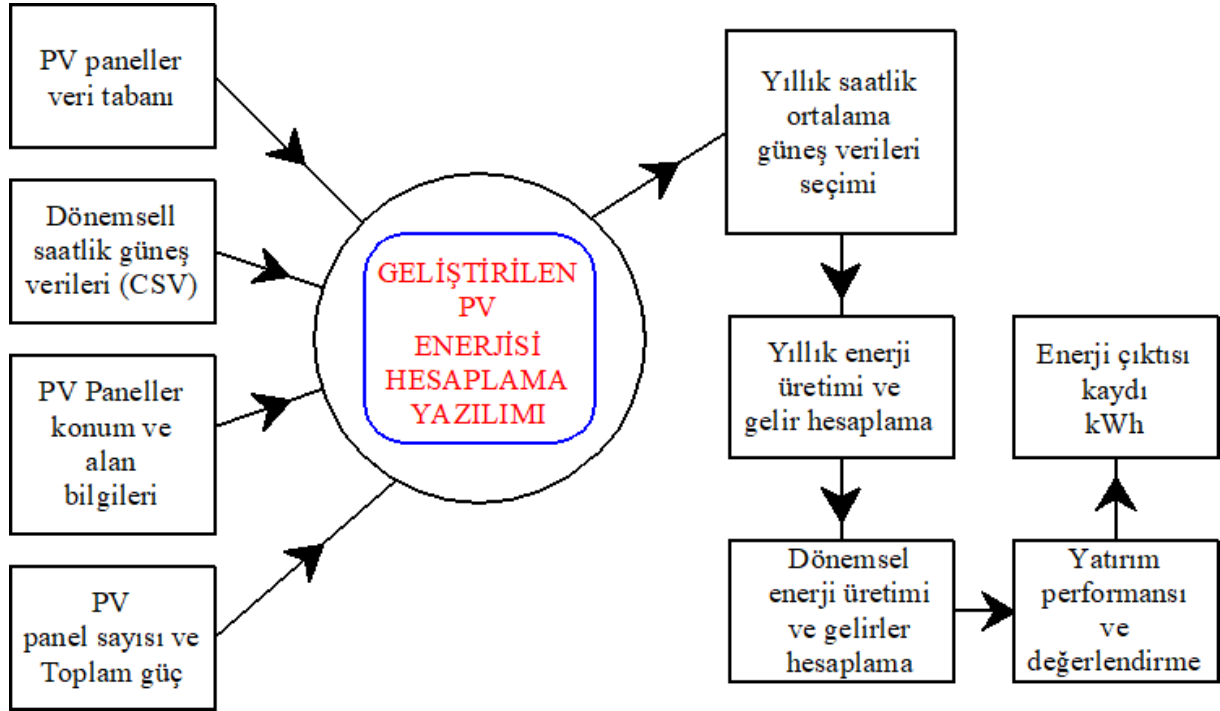
SIRA	DATE	V_ANM	V_RT	kWh	Toplam Enerji (kWh)	Toplam Gelir (TL)
87651	2016123102	0,79	1,42	0,00	6.406.904,00	1.922.071,20
87652	2016123103	0,65	1,17	0,00	6.406.904,00	1.922.071,20
87653	2016123104	0,76	1,36	0,00	6.406.904,00	1.922.071,20
87654	2016123105	0,87	1,56	0,00	6.406.904,00	1.922.071,20
87655	2016123106	0,98	1,76	0,00	6.406.904,00	1.922.071,20
87656	2016123107	1,09	1,95	0,00	6.406.904,00	1.922.071,20
87657	2016123108	1,19	2,13	0,00	6.406.904,00	1.922.071,20
87658	2016123109	1,30	2,33	0,00	6.406.904,00	1.922.071,20
87659	2016123110	1,37	2,46	0,00	6.406.904,00	1.922.071,20
87660	2016123111	1,43	2,56	0,00	6.406.904,00	1.922.071,20
87661	2016123112	1,50	2,69	0,00	6.406.904,00	1.922.071,20
87662	2016123113	1,31	2,35	0,00	6.406.904,00	1.922.071,20
87663	2016123114	1,13	2,03	0,00	6.406.904,00	1.922.071,20
87664	2016123115	0,94	1,69	0,00	6.406.904,00	1.922.071,20
87665	2016123116	1,08	1,94	0,00	6.406.904,00	1.922.071,20
87666	2016123117	1,21	2,17	0,00	6.406.904,00	1.922.071,20
87667	2016123118	1,35	2,42	0,00	6.406.904,00	1.922.071,20
87668	2016123119	1,28	2,29	0,00	6.406.904,00	1.922.071,20
87669	2016123120	1,20	2,15	0,00	6.406.904,00	1.922.071,20
87670	2016123121	1,13	2,03	0,00	6.406.904,00	1.922.071,20
87671	2016123122	1,13	2,03	0,00	6.406.904,00	1.922.071,20
87672	2016123123	1,13	2,03	0,00	6.406.904,00	1.922.071,20

Şekil 3.71. Rüzgar enerjisi ve gelirlerinin hesaplanması yazılımı

PVGIS veri tabanı verileri kullanılarak rüzgar enerjisi hesaplamaları yapan RT HESAPLA adlı yazılım ekranı Şekil 3.71’de gösterilmektedir.

3.26. Saatlik Verilerle PV Enerjisi Hesaplama Yazılımı

Geliştirilen PV enerjisi yazılımı, panel seçimi ve CSV formatında dönemsel saatlik enerji verilerini kullanarak yıllık ve dönemsel enerji ve gelirleri hesaplayabilmektedir. Yazılım akış şeması Şekil 3.72’de gösterilmektedir.



Şekil 3.72. PV enerji ve gelir hesaplama yazılımı akış şeması

Şekil 3.73'de gösterilmekte olan yazılım PVGIS verilerini kullanarak yıllık ve dönemsel PV enerji miktarlarını hesaplamaktadır.

PV LISTESİ

PV PANEL SEÇİMİ SEÇİLEN PV PANELLERİ TÜM VERİLER YILLIK SAATLİK VERİLER YILLIK PERFORMANS DÖNEMSEL PERFORMANS

Yeni Kaydet PV Grubu Seç STANDARD PV LİSTESİ PV Grubunu Kaydet Gözet

ASW-250W 8000 EKLE

MODEL	ASW-250W
Maximum Power at STC (Pmax)	250W
Optimum Operating Voltage (Vmp)	30.20 V
Optimum Operating Current (Imp)	8.29 A
Open-Circuit Voltage (Voc)	37.30 V
Short-Circuit Current (Isc)	8.84 A
Module Efficiency	15.3%
Cell Efficiency	17.2%
Solar Cell	Polycrystalline 156 x 156mm (6 inches)
No. of Cells	60 (6 x 10)
Dimensions	1640 x 992 x 40mm (65.0 x 39.0 x 1.57 inches)*
Weight	19.0 kgs (41.9 lbs)
Front Glass	3.2 mm (0.13 inches) tempered glass
Frame	Anodized aluminum alloy
Junction Box	IP67 rated
Output Cables	4.0 mm2 (0.006 inches2),1200mm (47.2 inches)
Connectors	MC4 connectors
Fire Rating	Class C
Web	www.americansolarwholesale.com

Şekil 3.73. Fotovoltaik panel cinsi ve sayısının belirlenmesi yazılımı

Şekil 3.73'de verilen yazılımın PV PANEL SEÇİMİ adlı birinci ekranında panel seçimi ve sayı belirlenmektedir. Bu ekranda bulunan fiziksel boyutlar kullanılarak arazi yerleştirme tasarımı yapılmaktadır.

PV LISTESİ

PV PANEL SEÇİMİ SEÇİLEN PV PANELLERİ TÜM VERİLER YILLIK SAATLİK VERİLER YILLIK PERFORMANS DÖNEMSEL PERFORMANS

SIRA	PV Adı	Eleman Gücü (watt)	Adet	Güç (Watt)	Toplam Güç (Watt)
1	ASW-250W	250,00	8000	2.000.000,00	2.000.000,00

Şekil 3.74. Sistemde kullanılan paneller ve miktarları

Şekil 3.74'de yazılımın SEÇİLEN PV PANELLERİ adlı kısmında enerji üretiminde kullanılan panel cinsi ve sayısı görülmektedir.

PV PANEL SEÇİMİ SEÇİLEN PV PANELLERİ **TÜM VERİLER** YILLIK SAATLİK VERİLER YILLIK PERFORMANS DÖNEMSEL PERFORMANS

18174_BOLU_MERKEZ_Timeseries_40.591_31.804_CM__1kWp_crystSi_14_32deg_-17deg_2007_2016.csv

SİL	AÇ (PVGIS)	VERİLER (PVGIS (c) European Communities)								
SIRA	Tarih	EPV	Bi	Di	Ri	As	Tamb	W10	Int	
87.652	2016123103	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-13,18	1,37	0,00	
87.653	2016123104	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-12,72	1,23	0,00	
87.654	2016123105	0,00	0,00	2,32	0,04	5,32	-12,25	1,10	0,00	
87.655	2016123106	35,16	0,00	51,13	0,87	13,74	-11,79	0,97	0,00	
87.656	2016123107	14,49	0,00	26,99	0,46	20,42	-11,81	0,80	0,00	
87.657	2016123108	9,94	0,00	21,14	0,36	24,77	-11,83	0,64	0,00	
87.658	2016123109	81,43	0,00	100,70	1,71	26,30	-11,85	0,48	0,00	
87.659	2016123110	81,84	0,00	101,12	1,72	24,82	-11,77	0,72	0,00	
87.660	2016123111	40,04	0,00	56,57	0,96	20,50	-11,68	0,96	0,00	
87.661	2016123112	35,59	0,00	51,64	0,88	13,86	-11,59	1,20	0,00	
87.662	2016123113	10,03	0,00	21,25	0,38	5,46	-11,67	0,99	0,00	
87.663	2016123114	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-11,74	0,79	0,00	
87.664	2016123115	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-11,82	0,58	0,00	
87.665	2016123116	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-11,83	0,99	0,00	
87.666	2016123117	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-11,84	1,41	0,00	
87.667	2016123118	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-11,85	1,82	0,00	
87.668	2016123119	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-11,41	1,83	0,00	
87.669	2016123120	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-10,96	1,84	0,00	
87.670	2016123121	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-10,51	1,85	0,00	
87.671	2016123122	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-10,51	1,85	0,00	
87.672	2016123123	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-10,51	1,85	0,00	

Şekil 3.75. Enerji verilerinin yüklenmesi yazılımı

Yazılımın TÜM VERİLER adlı üçüncü ekranında veri temini ve verilerin yazılıma yüklenmesi yapılmaktadır. Şekil 3.75'de geliştirilen yazılıma yüklenmekte olan enerji verileri görülmektedir.

PV PANEL SEÇİMİ SEÇİLEN PV PANELLERİ TÜM VERİLER **YILLIK SAATLİK VERİLER** YILLIK PERFORMANS DÖNEMSEL PERFORMANS

SIRA	Tarih	EPV	Bi	Di	Ri	As	Tamb	W10	Int
8.760	2016123023	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-10,80	1,97	0,00
8.761	2016123100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-11,73	1,96	0,00
8.762	2016123101	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-12,21	1,76	0,00
8.763	2016123102	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-12,70	1,56	0,00
8.764	2016123103	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-13,18	1,37	0,00
8.765	2016123104	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-12,72	1,23	0,00
8.766	2016123105	0,00	0,00	2,32	0,04	5,32	-12,25	1,10	0,00
8.767	2016123106	35,16	0,00	51,13	0,87	13,74	-11,79	0,97	0,00
8.768	2016123107	14,49	0,00	26,99	0,46	20,42	-11,81	0,80	0,00
8.769	2016123108	9,94	0,00	21,14	0,36	24,77	-11,83	0,64	0,00
8.770	2016123109	81,43	0,00	100,70	1,71	26,30	-11,85	0,48	0,00
8.771	2016123110	81,84	0,00	101,12	1,72	24,82	-11,77	0,72	0,00
8.772	2016123111	40,04	0,00	56,57	0,96	20,50	-11,68	0,96	0,00
8.773	2016123112	35,59	0,00	51,64	0,88	13,86	-11,59	1,20	0,00
8.774	2016123113	10,03	0,00	21,25	0,38	5,46	-11,67	0,99	0,00
8.775	2016123114	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-11,74	0,79	0,00
8.776	2016123115	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-11,82	0,58	0,00
8.777	2016123116	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-11,83	0,99	0,00
8.778	2016123117	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-11,84	1,41	0,00
8.779	2016123118	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-11,85	1,82	0,00
8.780	2016123119	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-11,41	1,83	0,00
8.781	2016123120	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-10,96	1,84	0,00
8.782	2016123121	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-10,51	1,85	0,00
8.783	2016123122	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-10,51	1,85	0,00
8.784	2016123123	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-10,51	1,85	0,00

Şekil 3.76. Bir yıllık saatlik referans veriler yazılımı

Şekil 3.76'da görülen yazılım YILLIK SAATLİK VERİLER adlı dördüncü ekranında enerji hesaplama amaçlı yıllık veri seçimi yapılmaktadır. Enerji hesaplamalarında kullanılan

yıllık veriler 1 kW kapasiteli PV sisteme ait olmakta ve dönemsel enerji hesaplamalarında kullanılmaktadır.

PV LİSTESİ

PV PANEL SEÇİMİ SEÇİLEN PV PANELLERİ TÜM VERİLER YILLIK SAATLİK VERİLER **YILLIK PERFORMANS** DÖNEMSEL PERFORMANS

SİL PV HESAPLA KAYDET 0,3

SIRA	Tarih	Watt/m2	Wh	kWh	Toplam Enerji (kWh)	Toplam gelir (TL)
8.762	123101	0,00	0,00	0,00	2.563.832,62	769.149,79
8.763	123102	0,00	0,00	0,00	2.563.832,62	769.149,79
8.764	123103	0,00	0,00	0,00	2.563.832,62	769.149,79
8.765	123104	0,00	0,00	0,00	2.563.832,62	769.149,79
8.766	123105	0,00	0,00	0,00	2.563.832,62	769.149,79
8.767	123106	35,16	70.320,00	70,32	2.563.902,94	769.170,88
8.768	123107	14,49	28.980,00	28,98	2.563.931,92	769.179,58
8.769	123108	9,94	19.880,00	19,88	2.563.951,80	769.185,54
8.770	123109	81,43	162.860,00	162,86	2.564.114,66	769.234,40
8.771	123110	81,84	163.680,00	163,68	2.564.278,34	769.283,50
8.772	123111	40,04	80.080,00	80,08	2.564.358,42	769.307,53
8.773	123112	35,59	71.180,00	71,18	2.564.429,60	769.328,88
8.774	123113	10,03	20.060,00	20,06	2.564.449,66	769.334,90
8.775	123114	0,00	0,00	0,00	2.564.449,66	769.334,90
8.776	123115	0,00	0,00	0,00	2.564.449,66	769.334,90
8.777	123116	0,00	0,00	0,00	2.564.449,66	769.334,90
8.778	123117	0,00	0,00	0,00	2.564.449,66	769.334,90
8.779	123118	0,00	0,00	0,00	2.564.449,66	769.334,90
8.780	123119	0,00	0,00	0,00	2.564.449,66	769.334,90
8.781	123120	0,00	0,00	0,00	2.564.449,66	769.334,90
8.782	123121	0,00	0,00	0,00	2.564.449,66	769.334,90
8.783	123122	0,00	0,00	0,00	2.564.449,66	769.334,90
8.784	123123	0,00	0,00	0,00	2.564.449,66	769.334,90

Şekil 3.77. Yıllık kurulu sistem enerji üretimi

Şekil 3.77'de görülen yazılımın YILLIK PERFORMANS adlı ekranında PVGIS verileri kullanılarak yıllık enerji ve gelirler toplamı hesaplanabilmektedir.

PV LİSTESİ

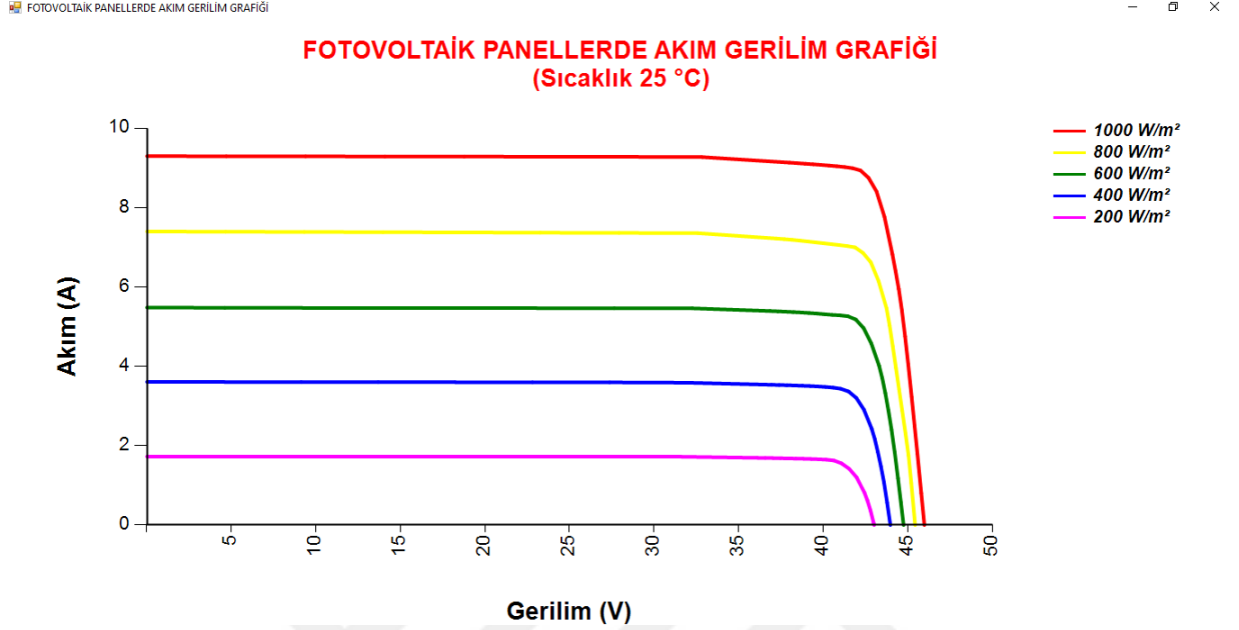
PV PANEL SEÇİMİ SEÇİLEN PV PANELLERİ TÜM VERİLER YILLIK SAATLİK VERİLER YILLIK PERFORMANS **DÖNEMSEL PERFORMANS**

İlk Gün 20191025 Süre(Gün) 1825 PV HESAPLA

SIRA	Tarih	Watt/m2	Wh	kWh	Toplam Enerji (kWh)	Toplam gelir (TL)
43.779	2024102202	0,00	0,00	0,00	12.774.027,82	3.832.208,35
43.780	2024102203	0,00	0,00	0,00	12.774.027,82	3.832.208,35
43.781	2024102204	159,10	318.200,00	318,20	12.774.346,02	3.832.303,81
43.782	2024102205	422,61	845.220,00	845,22	12.775.191,24	3.832.557,37
43.783	2024102206	607,29	1.214.580,00	1.214,58	12.776.405,82	3.832.921,75
43.784	2024102207	706,92	1.413.840,00	1.413,84	12.777.819,66	3.833.345,90
43.785	2024102208	738,76	1.477.520,00	1.477,52	12.779.297,18	3.833.789,15
43.786	2024102209	708,52	1.417.040,00	1.417,04	12.780.714,22	3.834.214,27
43.787	2024102210	627,85	1.255.700,00	1.255,70	12.781.969,92	3.834.590,98
43.788	2024102211	498,40	996.800,00	996,80	12.782.966,72	3.834.890,02
43.789	2024102212	315,31	630.620,00	630,62	12.783.597,34	3.835.079,20
43.790	2024102213	107,34	214.680,00	214,68	12.783.812,02	3.835.143,61
43.791	2024102214	0,00	0,00	0,00	12.783.812,02	3.835.143,61
43.792	2024102215	0,00	0,00	0,00	12.783.812,02	3.835.143,61
43.793	2024102216	0,00	0,00	0,00	12.783.812,02	3.835.143,61
43.794	2024102217	0,00	0,00	0,00	12.783.812,02	3.835.143,61
43.795	2024102218	0,00	0,00	0,00	12.783.812,02	3.835.143,61
43.796	2024102219	0,00	0,00	0,00	12.783.812,02	3.835.143,61
43.797	2024102220	0,00	0,00	0,00	12.783.812,02	3.835.143,61
43.798	2024102221	0,00	0,00	0,00	12.783.812,02	3.835.143,61
43.799	2024102222	0,00	0,00	0,00	12.783.812,02	3.835.143,61
43.800	2024102223	0,00	0,00	0,00	12.783.812,02	3.835.143,61

Şekil 3.78. Dönemsel enerji üretimi yazılımı

Şekil 3.78'de gösterilen DÖNEMSEL PERFORMANS adlı yazılım ekranında iki tarih arasında bulunan kurulu sisteme ait her bir saat için enerji üretim miktarları hesaplanmaktadır. Bu hesaplamalar yatırım maliyetlerinin geri kazanılma süresini bulmayı amaçlamaktadır.



Şekil 3.79. PV akım gerilim grafiği

Şekil 3.79'da tipik bir fotovoltaiik panelin 200 W/m²'den 1000 W/m²'ye kadar güneş radyasyonlarında gerçekleşen ortalama Akım/Gerilim karakteristiği grafiği verilmektedir.

3.27. Güneşlenme Saatlerini Hesaplama Yazılımı

Fotovoltaiik sistemlerde enerji değerlendirme ve tasarımı amacıyla geliştirilen yazılım sekiz adet ekran sayfasından oluşmaktadır.

GÜNEŞLENME SAATLERİ HESAPLAMA

Güneş Açılarını Hesaplama Bilgi Açılar Dünya Eğim Grafiği Panel Eğim Grafiği Toplam Güneş Saati Aylık Toplamlar Panel Aralığı

BİLECİK-MERKEZ-17120-40.1414-29.9772

GÜN SEÇİMİ ENLEM SAAT PANEL EĞİMİ (S) YÜZEY AZİMUT AÇISI (°)

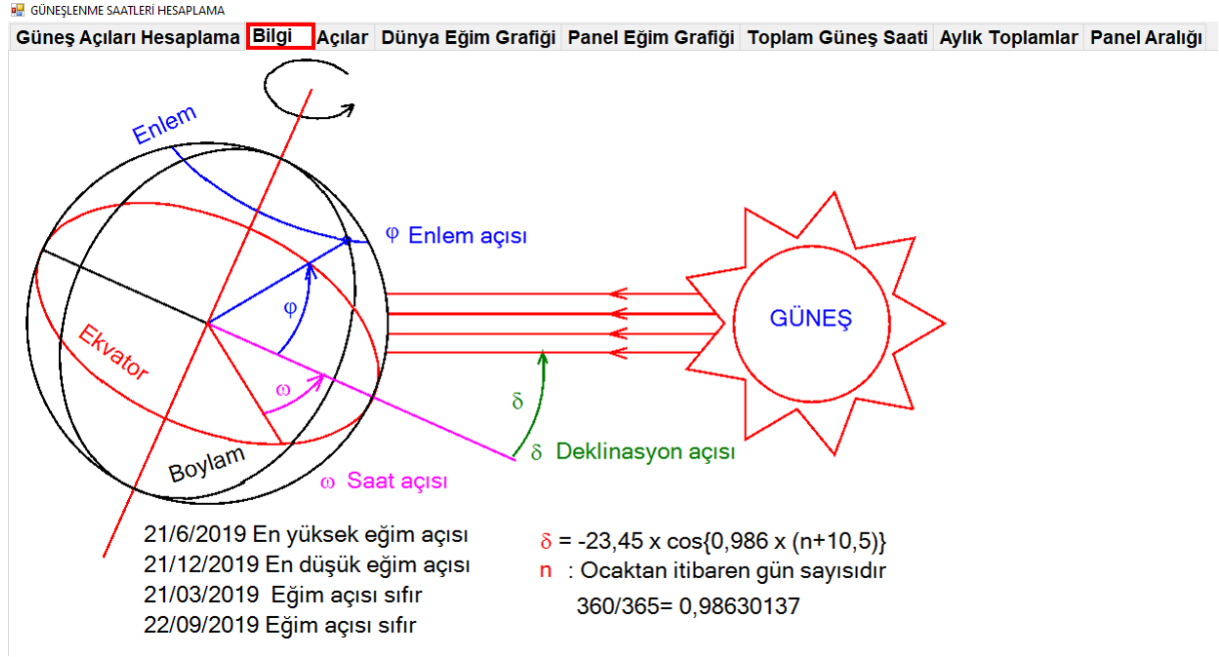
28 Ağustos 2020 Cuma 40,1414 12 36,12726 0

AÇIKLAMA	SİMGE	DEĞER	EK
DEKLINASYON_AÇISI	δ	8,792493	8 Derece 47,55 Dakika
SAAT AÇISI	w	0	
GÜNEŞ YÜKSEKLİK AÇISI	α	58,651093	58 Derece 39,07 Dakika
PANEL_EGİM_AÇISI	EA	31,348907	31 Derece 20,93 Dakika
ORTALAMA_PANEL_EGİM_AÇISI	EA_ORT	40,141400	40 Derece 8,48 Dakika
GÜNEŞ_AZİMUT_AÇISI	β	180	180 Derece 0 Dakika
BATIŞ_AÇISI	GB	97,494947	97 Derece 29,7 Dakika
BATIŞ_SAA TI	GBS	6,499663	6 Saat 29,98 Dakika
GUN_UZUNLUGU	GU	12,999326	12 Saat 59,96 Dakika
GELİŞ_AÇISI	θ	4,778353	4 Derece 46,7 Dakika

Şekil 3.80. Güneş açıları hesaplama yazılımı

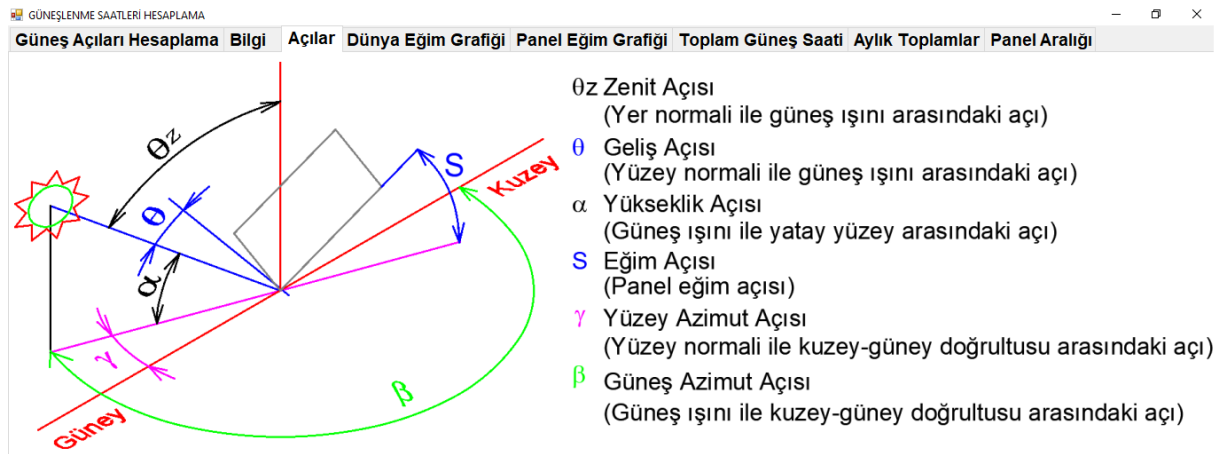
Şekil 3.80'de gösterilen yazılımın GÜNEŞ AÇILARI HESAPLAMA adlı birinci sayfasında seçilen bölgeye ait enlem, tarih ve saat kullanılarak hesaplamalar elde

edilmektedir. Fotovoltaik panellerin eğimleri ve yerleştirme düzenleri bu hesaplamalar dikkate alınarak yapılmaktadır. GÜN SEÇİMİ kısmında yılın en yüksek ve en düşük eğim günleri bulunmaktadır.



Şekil 3.81. Dünyanın eğim hareketleri yazılımı

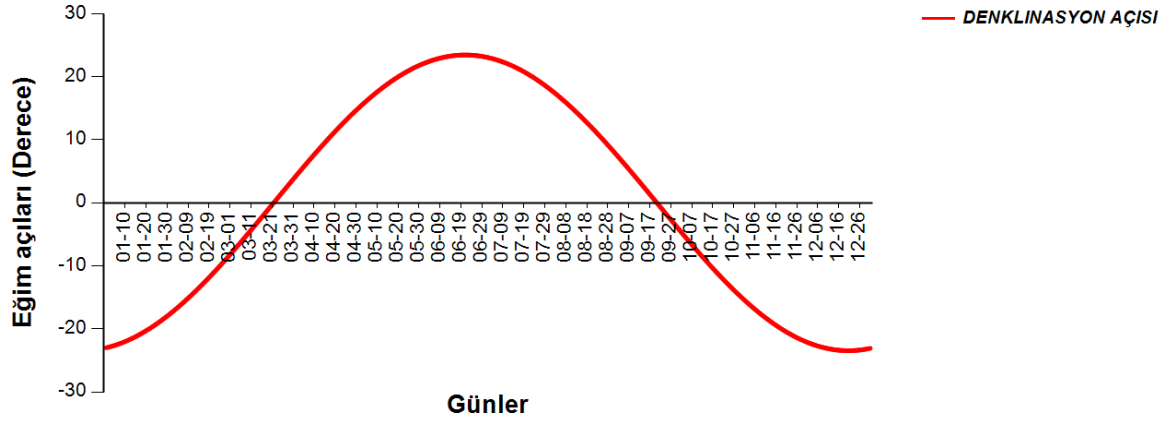
Şekil 3.81’de verilen yazılımın BİLGİ adlı ikinci ekranında dünyanın eğim hareketleri ile ilgili bilgi sayfası sunulmaktadır. En düşük ve en yüksek eğim değerleri fotovoltaik panellerin yerleştirme tasarımlarında dikkate alınmaktadır.



Şekil 3.82. Güneş açıları

Şekil 3.82’de gösterilmekte olan yazılımın AÇILAR adlı üçüncü ekranında güneş açıları ve adları hakkında bilgi verilmektedir.

Dünyanın Yıllık Eğim hareketleri

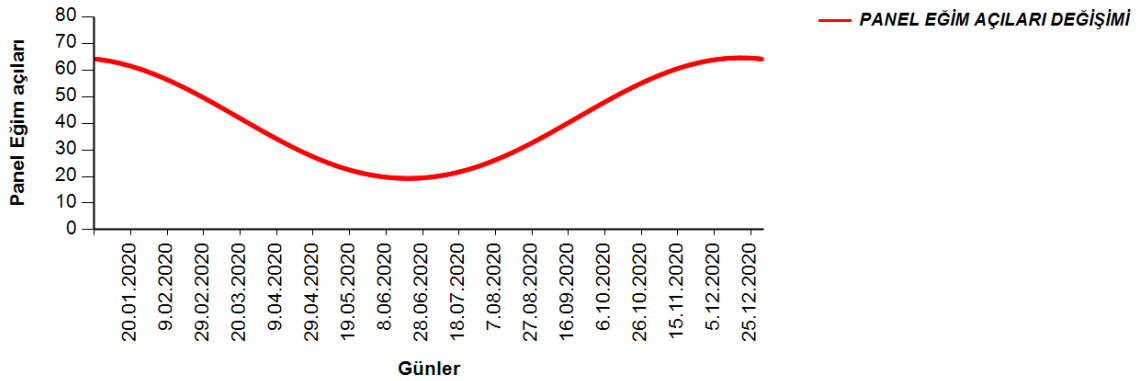


Şekil 3.83. Dünya eğim hareketleri yazılımı

Yazılımın DÜNYA EĞİM GRAFİĞİ adlı dördüncü ekranı Şekil 3.83'de gösterilmektedir. Seçilen bölgeye ait yıl boyunca gerçekleşen dünya eğim açıları hesaplanmakta ve eğim grafiği yazılım tarafından otomatik olarak çizilebilmektedir.

Yıllık Panel Eğim Açılımları Grafiği

(Enlem: 40 Derece 8,48 Dakika)



Şekil 3.84. Panel eğim grafiği yazılımı

Şekil 3.84'deki yazılımın PANEL EĞİM GRAFİĞİ adlı ekranında, seçilen bölgede kullanılacak hareketli güneş panelleri için yıllık ideal eğim açıları hesaplanarak eğim grafiği otomatik olarak çizilebilmektedir.

İLK TARİHİ

SON TARİH

40 Derece 8,48 Dakika

1 Ocak 2020 Çarşamba 31 Aralık 2020 Perşembe

HESAPLA

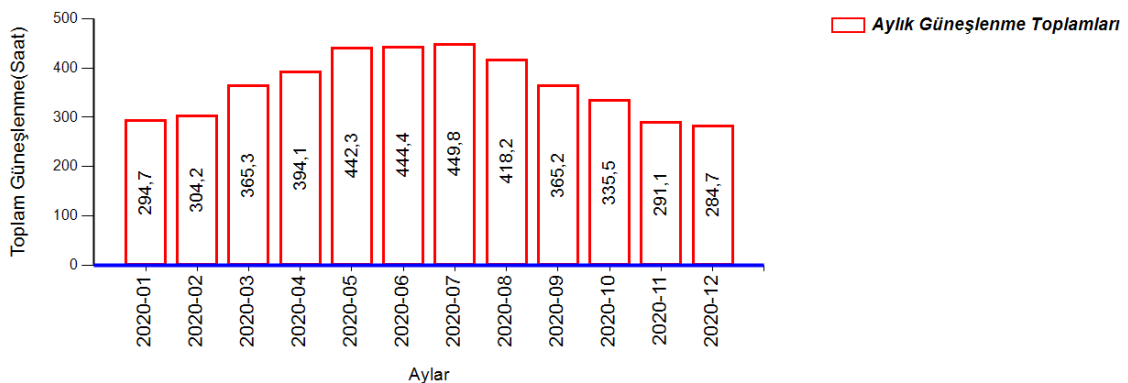
SIRA	TARİH	GÜN UZUNLUĞU (Saat)	GÜN UZUNLUĞU (Saat/Dakika)
343	08.12.2020	9,205654	9 Saat 12,34 Dakika
344	09.12.2020	9,194748	9 Saat 11,68 Dakika
345	10.12.2020	9,184798	9 Saat 11,09 Dakika
346	11.12.2020	9,175810	9 Saat 10,55 Dakika
347	12.12.2020	9,167792	9 Saat 10,07 Dakika
348	13.12.2020	9,160748	9 Saat 9,64 Dakika
349	14.12.2020	9,154684	9 Saat 9,28 Dakika
350	15.12.2020	9,149606	9 Saat 8,98 Dakika
351	16.12.2020	9,145516	9 Saat 8,73 Dakika
352	17.12.2020	9,142418	9 Saat 8,55 Dakika
353	18.12.2020	9,140314	9 Saat 8,42 Dakika
354	19.12.2020	9,139206	9 Saat 8,35 Dakika
355	20.12.2020	9,139095	9 Saat 8,35 Dakika
356	21.12.2020	9,139980	9 Saat 8,4 Dakika
357	22.12.2020	9,141862	9 Saat 8,51 Dakika
358	23.12.2020	9,144738	9 Saat 8,68 Dakika
359	24.12.2020	9,148607	9 Saat 8,92 Dakika
360	25.12.2020	9,153466	9 Saat 9,21 Dakika
361	26.12.2020	9,159310	9 Saat 9,56 Dakika
362	27.12.2020	9,166135	9 Saat 9,97 Dakika
363	28.12.2020	9,173937	9 Saat 10,44 Dakika
364	29.12.2020	9,182709	9 Saat 10,96 Dakika
365	30.12.2020	9,192445	9 Saat 11,55 Dakika
366	31.12.2020	9,203138	9 Saat 12,19 Dakika
367	TOPLAM SAAT	4.389,515709	4389 Saat 30,94 Dakika

Şekil 3.85. Günlük güneşlenme saatleri yazılımı

Şekil 3.85’de verilmekte olan yazılımın TOPLAM GÜNEŞ SAATİ adlı ekranında günlük güneşlenme süreleri hesaplanmakta ve yıllık güneşlenme süreleri elde edilebilmektedir.

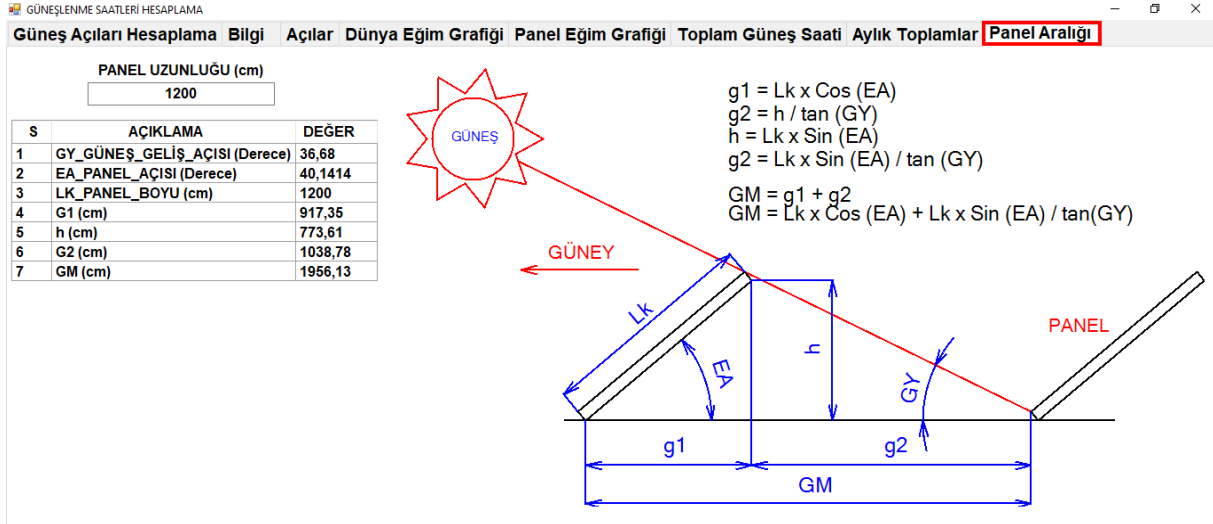
Aylık Güneşlenme Saatleri

(Enlem: 40 Derece 8,48 Dakika)



Şekil 3.86. Aylık güneşlenme süreleri yazılımı

Şekil 3.86’da gösterilen yazılımın AYLIK TOPLAMLAR adlı ekranında aylık güneşlenme saatleri hesaplanmaktadır. Bilecik ili için yapılan hesaplamalar sonucunda Temmuz ayının en uzun güneşlenme süresine sahip olduğu grafikten görülmektedir.



Şekil 3.87. Panel yerleştirme aralığı hesaplama

Eğimsiz arazilerde panel aralıklarının belirlenmesi için geliştirilen yazılımın PANEL ARALIĞI adlı ekranı Şekil 3.87’de görülmektedir. Güneş geliş açısının en düşük olduğu zaman dilimleri için belirlenen GM aralığı gölgeleme sorunlarını ortadan kaldıracaktır.

3.28. Hibrit Değerlendirme Yazılımı

Bu bölümde rüzgar veya PV gibi farklı kaynaklardan elde edilen kWh cinsinden veri dosyalarını okuyarak enerji gelirlerini birlikte değerlendirebilen ve değerlendirme sonuçlarını grafikler yardımı ile sunabilen yazılımın hibrit bölümü yer almaktadır.

Hibrit_kWh

KAYNAK GÜNLÜK1 AYLIK1 YILLIK1 GÜNLÜK2 AYLIK2 YILLIK2 GUNLUK3 AYLIK3 YILLIK3

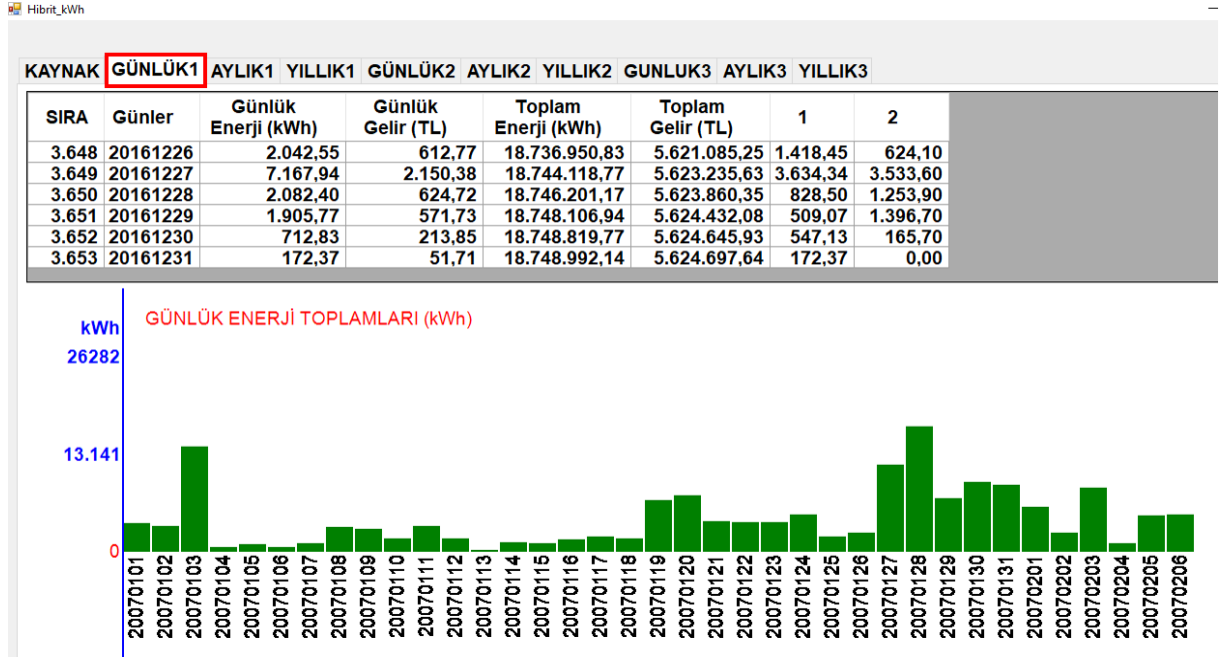
Birim Ücreti (kWh) 0,3

SIRA	DOSYALAR									
1	PV 18089 MIHALIÇCIK Timeseries	39.968	31.132	CM	1kWp	crystSi	14	32deg	-10deg	2007 2016.kWh
2	RT 18089 MIHALIÇCIK Timeseries	39.968	31.132	CM	1kWp	crystSi	14	32deg	-10deg	2007 2016.kWh

SIRA	Saatler	Saatlik Enerji (kWh)	Kaynak
175328	2016123115	0,00	2
175329	2016123116	0,00	1
175330	2016123116	0,00	2
175331	2016123117	0,00	1
175332	2016123117	0,00	2
175333	2016123118	0,00	1
175334	2016123118	0,00	2
175335	2016123119	0,00	1
175336	2016123119	0,00	2
175337	2016123120	0,00	1
175338	2016123120	0,00	2
175339	2016123121	0,00	1
175340	2016123121	0,00	2
175341	2016123122	0,00	1
175342	2016123122	0,00	2
175343	2016123123	0,00	1
175344	2016123123	0,00	2

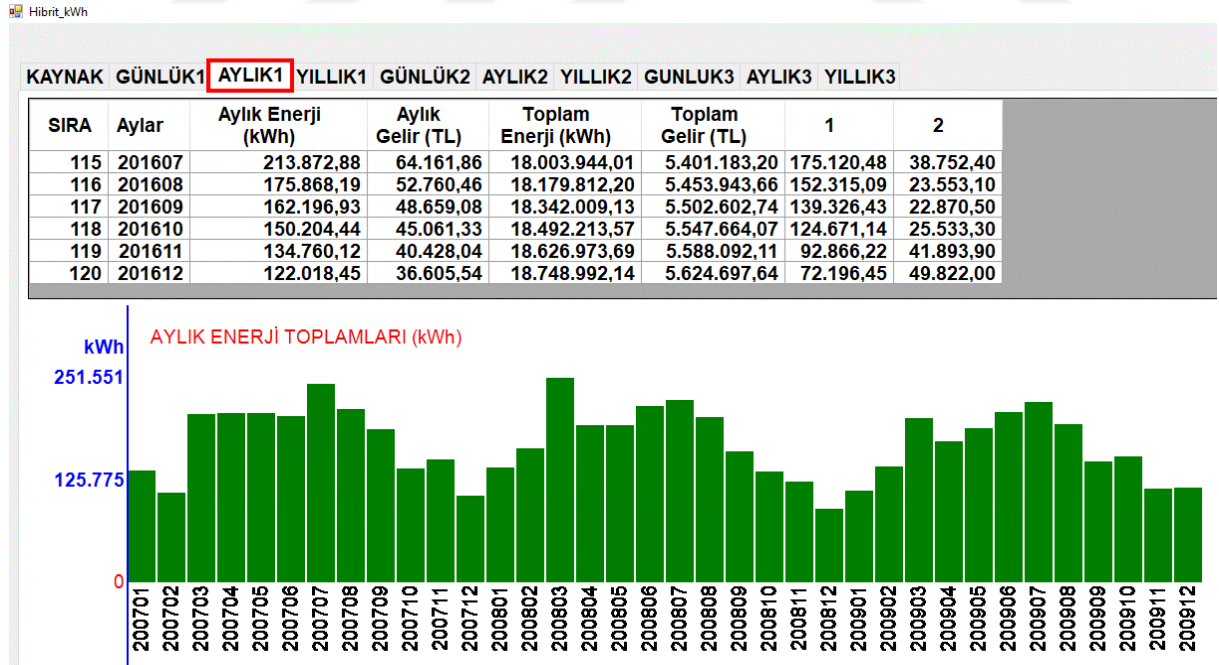
Şekil 3.88. Hibrit değerlendirme KAYNAK menüsü yazılımı

Şekil 3.88'de hibrit değerlendirme yazılımının KAYNAK menüsü görülmektedir. Yazılımın bu menüsü kullanılarak enerji dosya veya klasörleri sisteme eklenebilmektedir.



Şekil 3.89. Günlük enerji değerlendirme yazılımı

Şekil 3.89'da gösterilmekte olan yazılımın GÜNLÜK1 adlı ikinci sekmesinde günlük enerji değerlendirme ve grafikleri otomatik olarak hazırlanmaktadır.

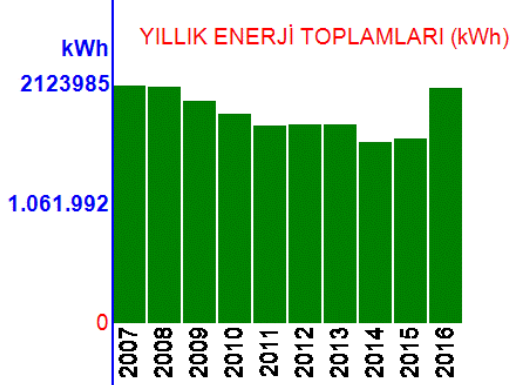


Şekil 3.90. Aylık enerji değerlendirme yazılımı

Şekil 3.90'da gösterilmekte olan yazılımın AYLİK1 adlı üçüncü sekmesinde aylık enerji değerlendirme ve grafikleri otomatik olarak hazırlanmaktadır.

KAYNAK GÜNLÜK1 AYLIK1 **YILLIK1** GÜNLÜK2 AYLIK2 YILLIK2 GUNLUK3 AYLIK3 YILLIK3

SIRA	Yıllar	Yıllık Enerji (kWh)	Yıllık Gelir (TL)	Toplam Enerji (kWh)	Toplam Gelir (TL)	1	2
5	2011	1.759.733,46	527.920,04	2.952.563,48	885.769,04	1.489.527,46	270.206,00
6	2012	1.776.321,69	532.896,51	3.485.459,99	1.045.638,00	1.484.716,09	291.605,60
7	2013	1.768.547,11	530.564,13	4.016.024,12	1.204.807,24	1.479.696,31	288.850,80
8	2014	1.615.366,90	484.610,07	4.500.634,19	1.350.190,26	1.422.473,80	192.893,10
9	2015	1.644.383,44	493.315,03	4.993.949,22	1.498.184,77	1.464.719,14	179.664,30
10	2016	2.102.494,74	630.748,42	5.624.697,64	1.687.409,29	1.467.868,04	634.626,70

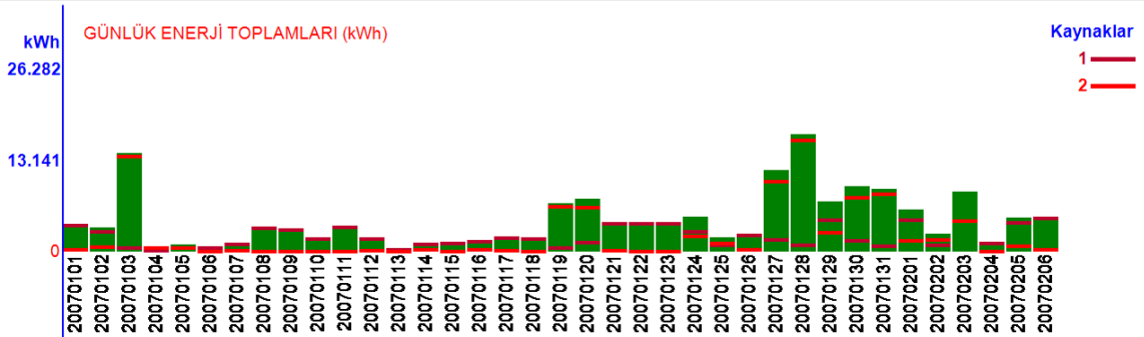


Şekil 3.91. Yıllık1 enerji değerlendirme yazılımı

Şekil 3.91’de gösterilmekte olan yazılımın YILLIK1 adlı dördüncü sekmesinde yıllık enerji değerlendirme ve grafikleri otomatik olarak hazırlanmaktadır.

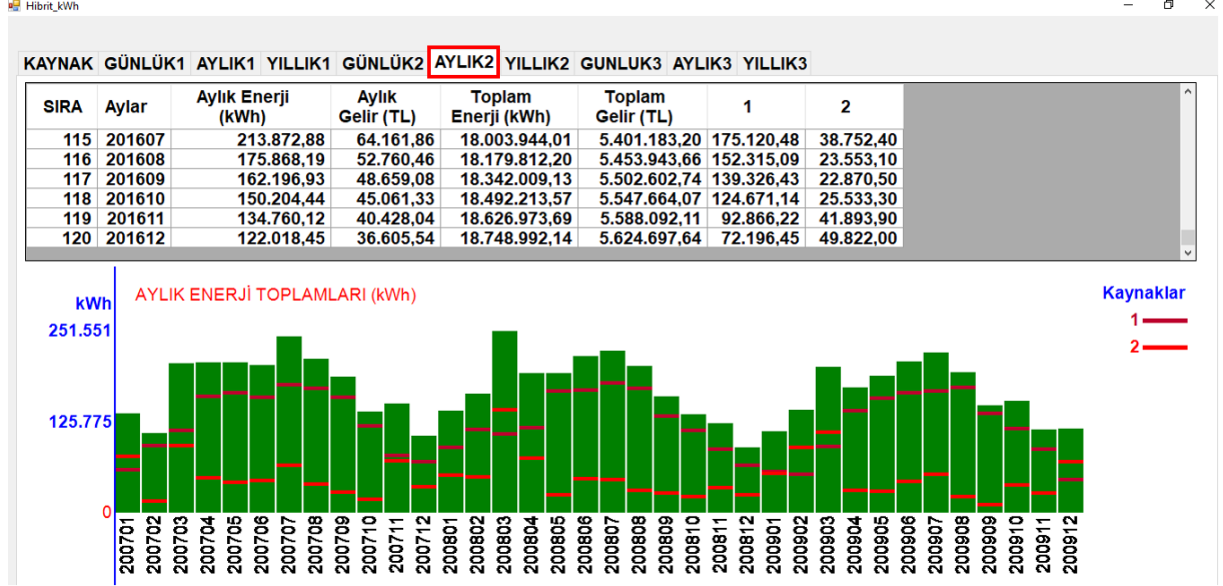
KAYNAK GÜNLÜK1 AYLIK1 YILLIK1 **GÜNLÜK2** AYLIK2 YILLIK2 GUNLUK3 AYLIK3 YILLIK3

SIRA	Günler	Günlük Enerji (kWh)	Günlük Gelir (TL)	Toplam Enerji (kWh)	Toplam Gelir (TL)	1	2
3.648	20161226	2.042,55	612,77	18.736.950,83	5.621.085,25	1.418,45	624,10
3.649	20161227	7.167,94	2.150,38	18.744.118,77	5.623.235,63	3.634,34	3.533,60
3.650	20161228	2.082,40	624,72	18.746.201,17	5.623.860,35	828,50	1.253,90
3.651	20161229	1.905,77	571,73	18.748.106,94	5.624.432,08	509,07	1.396,70
3.652	20161230	712,83	213,85	18.748.819,77	5.624.645,93	547,13	165,70
3.653	20161231	172,37	51,71	18.748.992,14	5.624.697,64	172,37	0,00



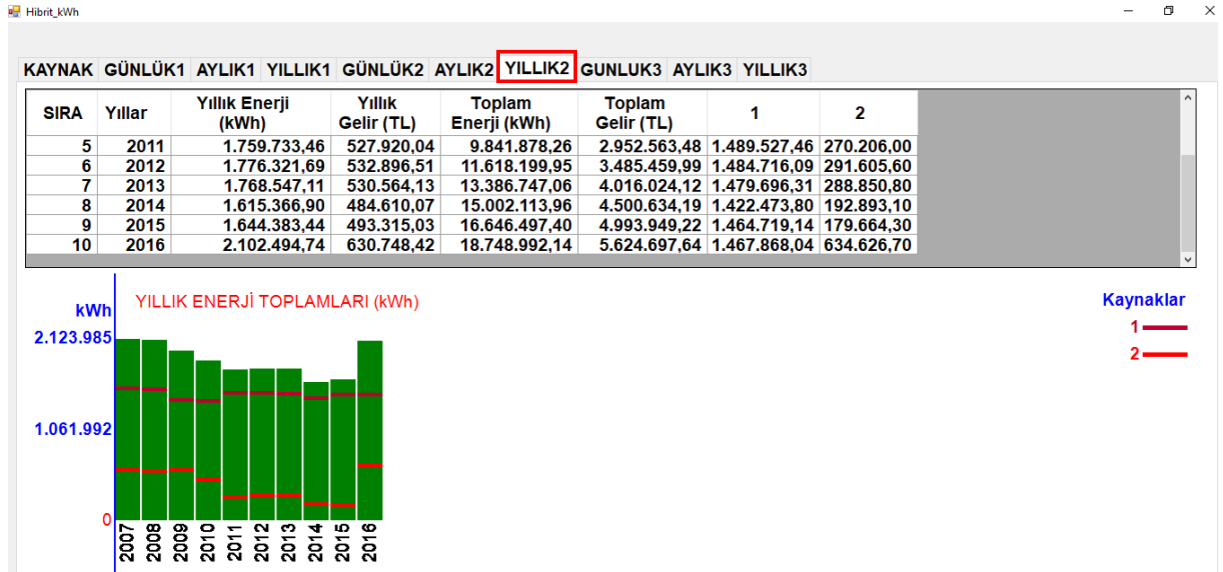
Şekil 3.92. Günlük2 enerji değerlendirme yazılımı

Şekil 3.92'de gösterilmekte olan yazılımın GÜNLÜK2 sekmesinde enerji değerlendirme ve grafikleri otomatik olarak hazırlanmaktadır. Grafiklerde kaynak enerji seviyeleri gösterilmektedir.



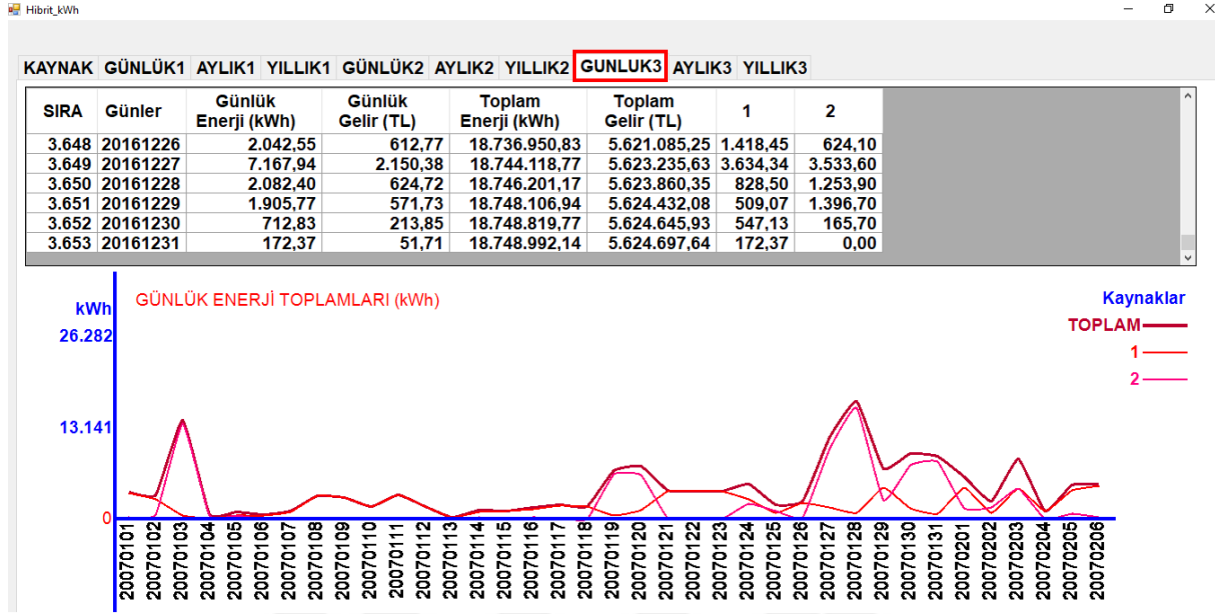
Şekil 3.93. Aylık2 enerji değerlendirme yazılımı

Şekil 3.93'de gösterilmekte olan yazılımın AYLIK2 adlı altıncı sekmesinde ise aylık enerji değerlendirme ve grafikleri otomatik olarak hazırlanmaktadır. Grafiklerde kaynak enerji seviyeleri gösterilmektedir.



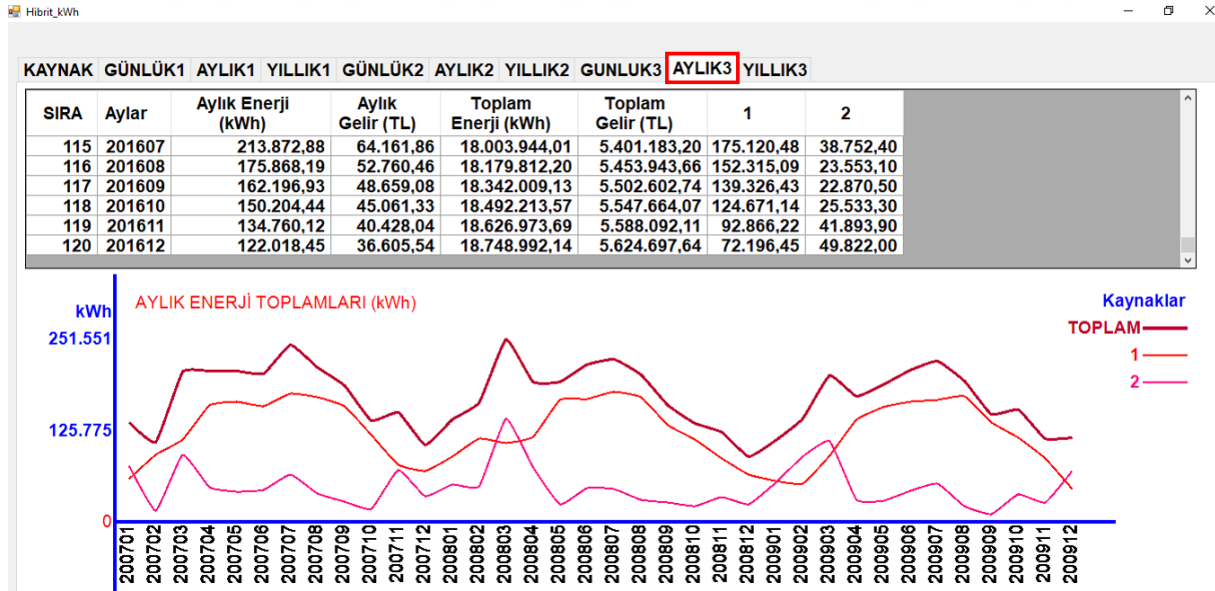
Şekil 3.94. Yıllık2 enerji değerlendirme yazılımı

Şekil 3.94'deki yazılımın YILLIK2 adlı yedinci sekmesinde yıllık enerji değerlendirme ve grafikleri otomatik olarak hazırlanmaktadır. Grafiklerde kaynak enerji seviyeleri farklı renklerde çizgilerle sunulmaktadır.



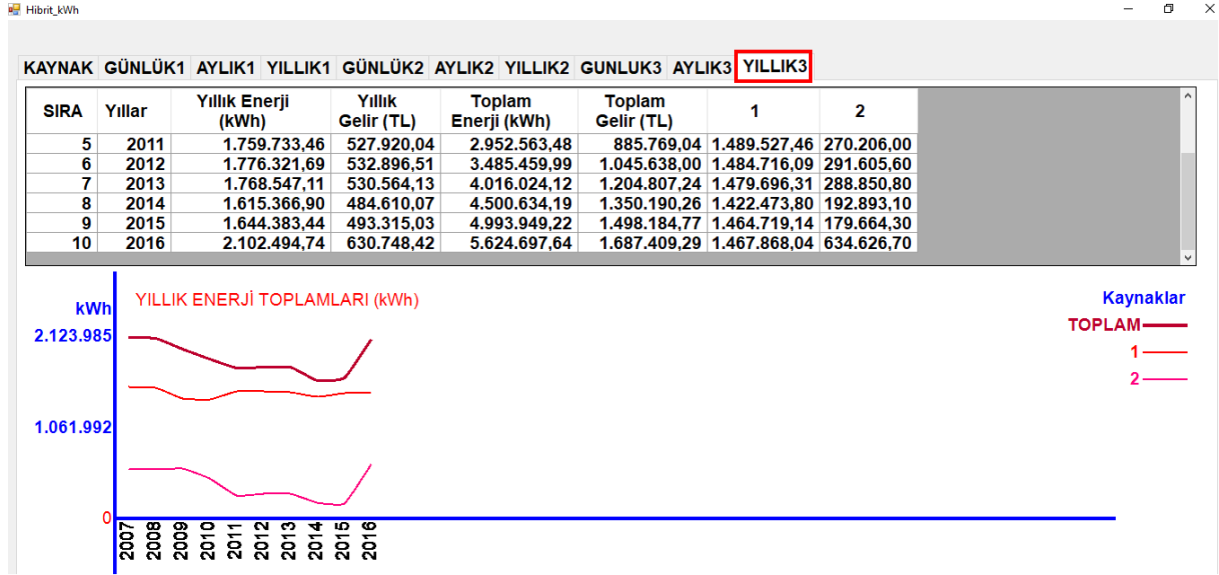
Şekil 3.95. Günlük3 enerji değerlendirme yazılımı

Şekil 3.95'de verilmekte olan yazılımın GÜNLÜK3 adlı dokuzuncu sekmesinde günlük enerji değerlendirme ve grafikleri çizgisel formatta otomatik olarak hazırlanmaktadır.



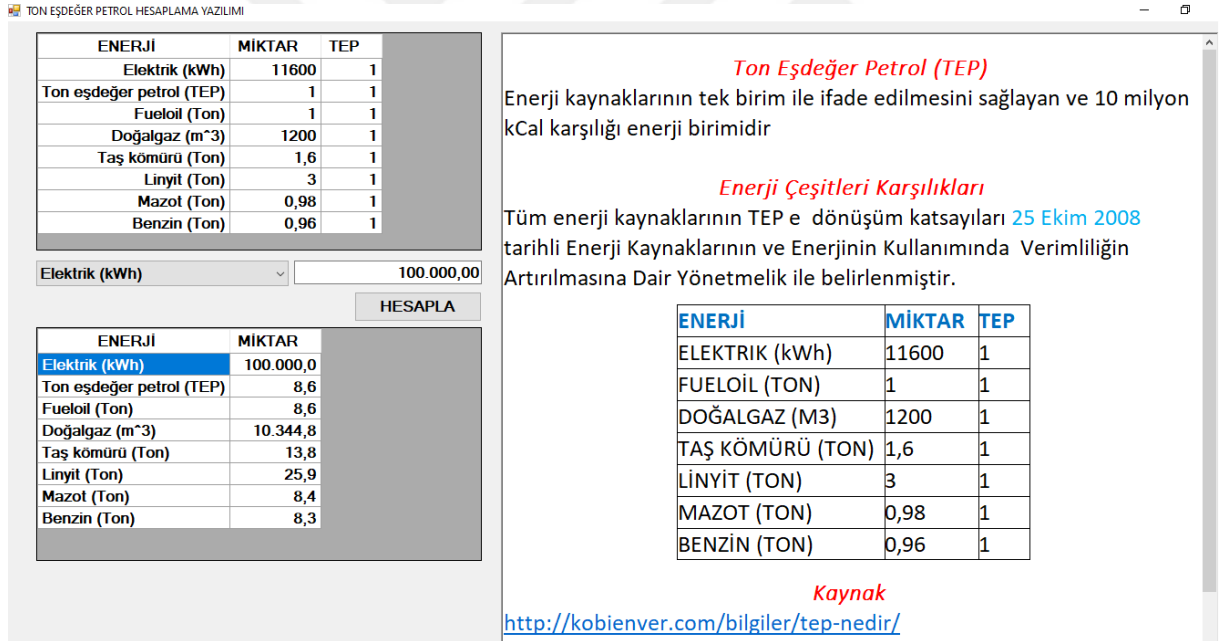
Şekil 3.96. Aylık3 enerji değerlendirme yazılımı

Şekil 3.96'da gösterilmekte olan yazılımın AYLIK3 adlı dokuzuncu sekmesinde aylık enerji değerlendirme ve grafikleri çizgisel formatta otomatik olarak hazırlanmaktadır.



Şekil 3.97. Yıllık3 enerji değerlendirme yazılımı

Şekil 3.97'de gösterilmekte olan yazılımın YILLIK3 adlı onuncu sekmesinde yıllık enerji değerlendirme ve grafikleri çizgisel formatta otomatik olarak hazırlanmaktadır.



Şekil 3.98. Ton eşdeğer petrol hesaplama yazılımı

Şekil 3.98'de gösterilmekte olan geliştirilen TON EŞDEĞER PETROL HESAPLAMA (TEP) yazılımında yenilenebilir enerji sistemleri ile elde edilen enerji miktarlarının fosil enerji türlerinden eşdeğerleri hesaplanarak çevre ve devlet ekonomilerine katkılarının değerlendirilebilmesi amaçlanmaktadır.

4. GELİŞTİRİLEN YAZILIM KULLANILARAK GÜNEŞ VE RÜZGAR ENERJİSİ UYGULAMASI

Bu tez çalışmasında rüzgar ve fotovoltaik güneş enerjisi sistemleri yatırımlarına ve kurulum tercihlerine destek olmak amacıyla enerji ve gelir hesaplamalarını yapan bir yazılım geliştirilmiştir. Çalışmanın amacı yazılım destekli kontroller, sunulan teknik bilgiler ve performans hesaplamaları ile rüzgar ve güneş enerjisi sistem yatırımlarının verimli ve kârlı olmasını sağlamaktır. Bu sayede daha temiz bir çevre ve ülke ekonomilerine destek olabilecek yenilenebilir enerji yatırımlarının yaygınlaşması beklenmektedir.

Bu bölümde geliştirilen yazılımda rüzgar ve fotovoltaik güneş enerjisi ile ilgili yapılan çalışmalar ve yenilikler tanıtılacaktır. Rüzgar enerjisi yazılımlarını geliştirmeye başlamadan önce rüzgar enerjisi değerlendirilmelerinde yaygın olarak kullanılan WAsP programı incelenmiştir. Program rüzgar, arazi ve engel bilgilerini kullanarak yıllık enerji performans haritalarını, rüzgar gülü ve rüzgar parametrelerini hesaplayabilmektedir.

Çalışmada geliştirilen rüzgar enerjisi yazılımlarında bulunan özellikler ve yenilikler;

- Hesaplama kullanılan rüzgar verilerinin istenen tarihler arasındaki eksik verilerinin bulunması,
- Dönemsel rüzgar verilerini kullanarak eksiksiz yıllık referans rüzgar verileri ortalama listesini oluşturmak,
- Seçilen rüzgar verilerinde rüzgar hızları sıklığı tablosu hazırlamak,
- Rüzgar parametrelerini hesaplamak ve grafiklerini çizmek,
- Weibull dağılımı simülasyonu ile parametrelerin grafik üzerindeki etkisini görüntülemek,
- İstenilen yön dilimlerinde rüzgar gülü hazırlamak,
- Rüzgar parametrelerini tüm veriler, yönlere bağlı, yıllık veya aylık dönemlerde hesaplamak,
- Arazi modelleri oluşturmak amacıyla arazi yüzey noktalarını hazırlamak ve rakımlarını internet veri tabanlarından almak,
- Arazi eş yükseltilerinin görüntülenmesi,
- Eş yükselti eğrilerini renklendirmek,
- Eş yükselti eğrilerini Autocad ve Google Earth programlarına renkli formatta transfer ederek görüntülemek,

- Rüzgar türbinleri veri tabanı ve yeni rüzgar türbini tanıtım ortamı,
- Google Earth programında rüzgar türbinleri ve anemometre konumlarını 3D formatında sunabilme,
- Türkiye MGM listesi ve istasyonlara Google Earth programı desteğiyle erişebilme yeteneği,
- MGM verilerini otomatik olarak düzenlemek ve hesaplamak,
- Hellman ve logaritmik rüzgar hızı eşitliklerinin karşılaştırmasını ve hesaplamalarını yapan yazılımlar,
- Faiz hesaplamaları ile maliyet hesaplamalarına katkı,
- Ölçüm yüksekliği bilinen rüzgar hızlarının hedef yükseklikteki değerlerinin Hellman ve logaritmik formüller ile hesaplanarak karşılaştırılması,
- Tüm rüzgar türbinleri için otomatik hesaplamalar yapan yazılım ile verimli türbin tayini,
- Saatlik verilerle yıllık ve dönemsel enerji ve gelir hesaplamaları yapabilme,
- Weibull parametrelerini karşılaştırma yazılımları.

Fotovoltaik güneş enerjisi yazılım çalışması hazırlık aşamasında farklı firmalara ait fotovoltaik paneller incelenmiş ve yazılımda kullanılmak üzere PV veri tabanı oluşturulmuştur. Geliştirilen fotovoltaik güneş enerjisi yazılımında bulunan özellikler ve yenilikler;

- Güneş açıları bilgileri ve Autocad ortamında 3D görüntüleme,
- Yüzey azimut açısı ve Autocad ortamında 3D görüntüleme,
- PV panelleri veri tabanı ve yeni panel tanıtım ortamı,
- PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) veri tabanından alınan CSV formatlı verileri okuyarak yıllık ve dönemsel enerji hesaplamaları,
- Saatlik verilerle yıllık ve dönemsel enerji ve gelirleri hesaplama,
- Fotovoltaik panel kurulumları için güneş açıları hesaplama yazılımı,
- Farklı konumlar için güneşlenme sürelerini hesaplayabilme,
- Panel açıları teknik bilgi desteği,
- Dünyanın eğim hareketlerinin hesaplanması,
- Yıllık panel eğim açılarının hesaplanması,
- Talep edilen konum ve iki tarih arasındaki güneşlenme süresinin hesaplanması,
- Talep edilen konumdaki aylık güneşlenme sürelerinin hesaplanması,

- En düşük güneş yüksekliğinde panel aralıklarının hesaplanması.

Ayrıca farklı kaynaklardan kWh cinsinden gelen enerji üretimlerini birlikte değerlendirmek amacıyla bir yazılım geliştirilmiştir. Yazılım enerji üretimlerini birleştirerek grafiklerini çizilebilmekte, toplam enerji miktarları ve gelirlerini günlük, aylık ve yıllık zaman dilimlerinde hesaplayabilmektedir.

Geliştirilen yazılımı tanıtmak amacıyla Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilen Bilecik ili rüzgar verileri kullanılarak rüzgar parametreleri hesaplanmasına ilişkin bir uygulama sunulmuştur. Bilecik ilinin Pazaryeri ilçesinde bulunan 17701 nolu istasyonun rüzgar potansiyeli için yapılan hesaplamalar bölgenin en verimli sonuçlarını vermektedir. Tablo 4.1'de elde edilen hesaplamalar gösterilmektedir.

Tablo 4.1. Bilecik ili rüzgar parametreleri hesaplamaları

S	İstasyon No	İstasyon Adı	Ortalama	Standart Sapma	K	C	N
1	17701	PAZARYERİ	2,6879	1,9102	1,4491	2,9641	38878
2	18380	İNHIŞAR	2,6780	1,8486	1,4956	2,9655	33848
3	17703	SÖĞÜT	2,2624	1,3567	1,7425	2,5396	41753
4	17120	BİLECİK	1,7914	1,0030	1,8774	2,0180	43020
5	18086	GÖLPAZARI	1,7730	1,4354	1,2579	1,9063	40625
6	18381	BİLECİK/YENİPAZAR	1,6160	1,2705	1,2985	1,7493	32528
7	17702	BOZÜYÜK	1,5988	0,8869	1,8964	1,8016	41591
8	18087	OSMANELİ	1,3371	1,0383	1,3161	1,4512	35938

Bilecik ilinin Pazaryeri ilçesinde bulunan 17701 nolu meteoroloji istasyonu enlemi 39.9938 ve boylamı 29.9114'dür.

Bu çalışmada rüzgar ve PV Enerji sistemlerinin 2 MW kapasitede olması öngörülmektedir. İzleyen bölümlerde aynı kapasitede olan PV ve rüzgar enerjisi sistemleri, yazılım sistemine tanıtılmakta ve enerji türlerinin dönemsel enerji üretimleri karşılaştırılabilmektedir.

4.1. Güneş Enerjisi Gelirlerinin Hesaplanması

Bu bölümde geliştirilen yazılımda fotovoltaik sistem tanıtımı ve dönemsel enerji hesaplamaları sunulmaktadır.

PV LISTESİ

PV PANEL SEÇİMİ SEÇİLEN PV PANELLERİ TÜM VERİLER YILLIK SAATLİK VERİLER YILLIK PERFORMANS DÖNEMSEL PERFORMANS

Yeni Kaydet PV Grubu Seç STANDARD PV LİSTESİ PV Grubunu Kaydet Gözet

ASW-250W 8000 EKLE

MODEL	ASW-250W
Maximum Power at STC (Pmax)	250W
Optimum Operating Voltage (Vmp)	30.20 V
Optimum Operating Current (Imp)	8.29 A
Open-Circuit Voltage (Voc)	37.30 V
Short-Circuit Current (Isc)	8.84 A
Module Efficiency	15.3%
Cell Efficiency	17.2%
Solar Cell	Polycrystalline 156 x 156mm (6 inches)
No. of Cells	60 (6 x 10)
Dimensions	1640 x 992 x 40mm (65.0 x 39.0 x 1.57 inches)*
Weight	19.0 kgs (41.9 lbs)
Front Glass	3.2 mm (0.13 inches) tempered glass
Frame	Anodized aluminum alloy
Junction Box	IP67 rated
Output Cables	4.0 mm2 (0.006 inches2),1200mm (47.2 inches)
Connectors	MC4 connectors
Fire Rating	Class C
Web	www.americansolarwholesale.com

Şekil 4.1.Fotovoltaik panel seçimi ve kapasite belirlenmesi yazılımı

Şekil 4.1'de verilen yazılımın PV PANEL SEÇİMİ adlı birinci sayfasında güneş paneli seçimi yapılmaktadır. Seçilen panel ASW-250W ve panel boyutları 1640x992x40 mm'dir.

PV LISTESİ

PV PANEL SEÇİMİ **SEÇİLEN PV PANELLERİ** TÜM VERİLER YILLIK SAATLİK VERİLER YILLIK PERFORMANS DÖNEMSEL PERFORMANS

SIRA	PV Adı	Eleman Gücü (watt)	Adet	Güç (Watt)	Toplam Güç (Watt)
1	ASW-250W	250,00	8000	2.000.000,00	2.000.000,00

Şekil 4.2. Seçilen güneş panelleri listesi yazılımı

Şekil 4.2'de verilen yazılımın SEÇİLEN PV PANELLERİ adlı ikinci sayfasında sistemde kullanılmakta olan güneş panelleri listesi görülmektedir. 250 Watt kapasiteli panelden 8000 adet kullanılmakta ve toplam kapasite 2 MW olmaktadır.

PV PANEL SEÇİMİ SEÇİLEN PV PANELLERİ **TÜM VERİLER** YILLIK SAATLİK VERİLER YILLIK PERFORMANS DÖNEMSEL PERFORMANS

17701_PAZARYERI_Timeseries_39.994_29.911_CM__1kWp_crystSi_14_32deg_-11deg_2007_2016.csv

SİL	AÇ (PVGIS)	VERİLER (PVGIS (c) European Communities)									
SIRA	Tarih	EPV	Bi	Di	Ri	As	Tamb	W10	Int		
87.652	2016123103	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-6,39	0,94	0,00	
87.653	2016123104	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-6,41	0,86	0,00	
87.654	2016123105	2,64	0,00	10,66	0,18	4,50	-6,44	0,79	0,00	0,00	
87.655	2016123106	24,47	0,00	39,80	0,64	13,19	-6,47	0,72	0,00	0,00	
87.656	2016123107	78,86	1,31	99,21	1,59	20,20	-5,54	0,60	0,00	0,00	
87.657	2016123108	97,98	0,79	120,70	1,93	24,93	-4,62	0,49	0,00	0,00	
87.658	2016123109	58,93	0,00	79,55	1,27	26,87	-3,70	0,37	0,00	0,00	
87.659	2016123110	92,25	0,18	115,85	1,85	25,75	-3,15	0,57	0,00	0,00	
87.660	2016123111	26,77	0,00	43,13	0,69	21,72	-2,59	0,76	0,00	0,00	
87.661	2016123112	22,87	0,00	38,50	0,62	15,27	-2,04	0,95	0,00	0,00	
87.662	2016123113	0,00	0,00	3,01	0,05	6,97	-3,25	0,98	0,00	0,00	
87.663	2016123114	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-4,46	1,02	0,00	0,00	
87.664	2016123115	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-5,67	1,05	0,00	0,00	
87.665	2016123116	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-6,28	1,12	0,00	0,00	
87.666	2016123117	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-6,89	1,19	0,00	0,00	
87.667	2016123118	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-7,50	1,26	0,00	0,00	
87.668	2016123119	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-7,83	1,31	0,00	0,00	
87.669	2016123120	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-8,15	1,37	0,00	0,00	
87.670	2016123121	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-8,48	1,42	0,00	0,00	
87.671	2016123122	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-8,48	1,42	0,00	0,00	
87.672	2016123123	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-8,48	1,42	0,00	0,00	

Şekil 4.3. Kaynak güneş verilerinin yazılıma yüklenmesi yazılımı

Şekil 4.3'de yazılımın TÜM VERİLER kısmında PVGIS veri tabanından alınan tüm verilerin yazılımda kullanılmak üzere yüklenmesi gösterilmektedir. Toplam veri sayısı 87.672 adettir.

PV PANEL SEÇİMİ SEÇİLEN PV PANELLERİ TÜM VERİLER **YILLIK SAATLİK VERİLER** YILLIK PERFORMANS DÖNEMSEL PERFORMANS

SIRA	Tarih	EPV	Bi	Di	Ri	As	Tamb	W10	Int		
8.760	2016123023	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-4,89	1,02	0,00	0,00	
8.761	2016123100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-5,00	1,01	0,00	0,00	
8.762	2016123101	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-5,46	0,98	0,00	0,00	
8.763	2016123102	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-5,92	0,96	0,00	0,00	
8.764	2016123103	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-6,39	0,94	0,00	0,00	
8.765	2016123104	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-6,41	0,86	0,00	0,00	
8.766	2016123105	2,64	0,00	10,66	0,18	4,50	-6,44	0,79	0,00	0,00	
8.767	2016123106	24,47	0,00	39,80	0,64	13,19	-6,47	0,72	0,00	0,00	
8.768	2016123107	78,86	1,31	99,21	1,59	20,20	-5,54	0,60	0,00	0,00	
8.769	2016123108	97,98	0,79	120,70	1,93	24,93	-4,62	0,49	0,00	0,00	
8.770	2016123109	58,93	0,00	79,55	1,27	26,87	-3,70	0,37	0,00	0,00	
8.771	2016123110	92,25	0,18	115,85	1,85	25,75	-3,15	0,57	0,00	0,00	
8.772	2016123111	26,77	0,00	43,13	0,69	21,72	-2,59	0,76	0,00	0,00	
8.773	2016123112	22,87	0,00	38,50	0,62	15,27	-2,04	0,95	0,00	0,00	
8.774	2016123113	0,00	0,00	3,01	0,05	6,97	-3,25	0,98	0,00	0,00	
8.775	2016123114	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-4,46	1,02	0,00	0,00	
8.776	2016123115	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-5,67	1,05	0,00	0,00	
8.777	2016123116	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-6,28	1,12	0,00	0,00	
8.778	2016123117	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-6,89	1,19	0,00	0,00	
8.779	2016123118	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-7,50	1,26	0,00	0,00	
8.780	2016123119	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-7,83	1,31	0,00	0,00	
8.781	2016123120	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-8,15	1,37	0,00	0,00	
8.782	2016123121	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-8,48	1,42	0,00	0,00	
8.783	2016123122	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-8,48	1,42	0,00	0,00	
8.784	2016123123	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-8,48	1,42	0,00	0,00	

Şekil 4.4. Hesaplama için yıllık veri seçimi yazılımı

Şekil 4.4'de 2016 yılı verilerinin referans verileri olarak seçildiği görülmektedir. Seçilen veri sayısı 8784 adettir. Veriler 1 kW gücündeki bir PV sistem enerji üretimini göstermektedir.

PV LİSTESİ

PV PANEL SEÇİMİ SEÇİLEN PV PANELLERİ TÜM VERİLER YILLIK SAATLİK VERİLER **YILLIK PERFORMANS** DÖNEMSSEL PERFORMANS

SİL PV HESAPLA KAYDET 0,3

SIRA	Tarih	Watt/m2	Wh	kWh	Toplam Enerji (kWh)	Toplam gelir (TL)
8.762	123101	0,00	0,00	0,00	2.559.673,02	767.901,91
8.763	123102	0,00	0,00	0,00	2.559.673,02	767.901,91
8.764	123103	0,00	0,00	0,00	2.559.673,02	767.901,91
8.765	123104	0,00	0,00	0,00	2.559.673,02	767.901,91
8.766	123105	2,64	5.280,00	5,28	2.559.678,30	767.903,49
8.767	123106	24,47	48.940,00	48,94	2.559.727,24	767.918,17
8.768	123107	78,86	157.720,00	157,72	2.559.884,96	767.965,49
8.769	123108	97,98	195.960,00	195,96	2.560.080,92	768.024,28
8.770	123109	58,93	117.860,00	117,86	2.560.198,78	768.059,63
8.771	123110	92,25	184.500,00	184,50	2.560.383,28	768.114,98
8.772	123111	26,77	53.540,00	53,54	2.560.436,82	768.131,05
8.773	123112	22,87	45.740,00	45,74	2.560.482,56	768.144,77
8.774	123113	0,00	0,00	0,00	2.560.482,56	768.144,77
8.775	123114	0,00	0,00	0,00	2.560.482,56	768.144,77
8.776	123115	0,00	0,00	0,00	2.560.482,56	768.144,77
8.777	123116	0,00	0,00	0,00	2.560.482,56	768.144,77
8.778	123117	0,00	0,00	0,00	2.560.482,56	768.144,77
8.779	123118	0,00	0,00	0,00	2.560.482,56	768.144,77
8.780	123119	0,00	0,00	0,00	2.560.482,56	768.144,77
8.781	123120	0,00	0,00	0,00	2.560.482,56	768.144,77
8.782	123121	0,00	0,00	0,00	2.560.482,56	768.144,77
8.783	123122	0,00	0,00	0,00	2.560.482,56	768.144,77
8.784	123123	0,00	0,00	0,00	2.560.482,56	768.144,77

Şekil 4.5. 2 MW PV sistem için yıllık referans verileri yazılımı

Şekil 4.5'de YILLIK PERFORMANS bölümünde ay/gün/saat formatında 2 MW kapasiteli PV sisteme ait hesaplama verileri görülmektedir. Bu veriler dönemsel enerji hesaplamalarında kullanılmaktadır.

PV LİSTESİ

PV PANEL SEÇİMİ SEÇİLEN PV PANELLERİ TÜM VERİLER YILLIK SAATLİK VERİLER **YILLIK PERFORMANS** DÖNEMSSEL PERFORMANS

İlk Gün 20191029 Süre(Gün) 1825 PV HESAPLA

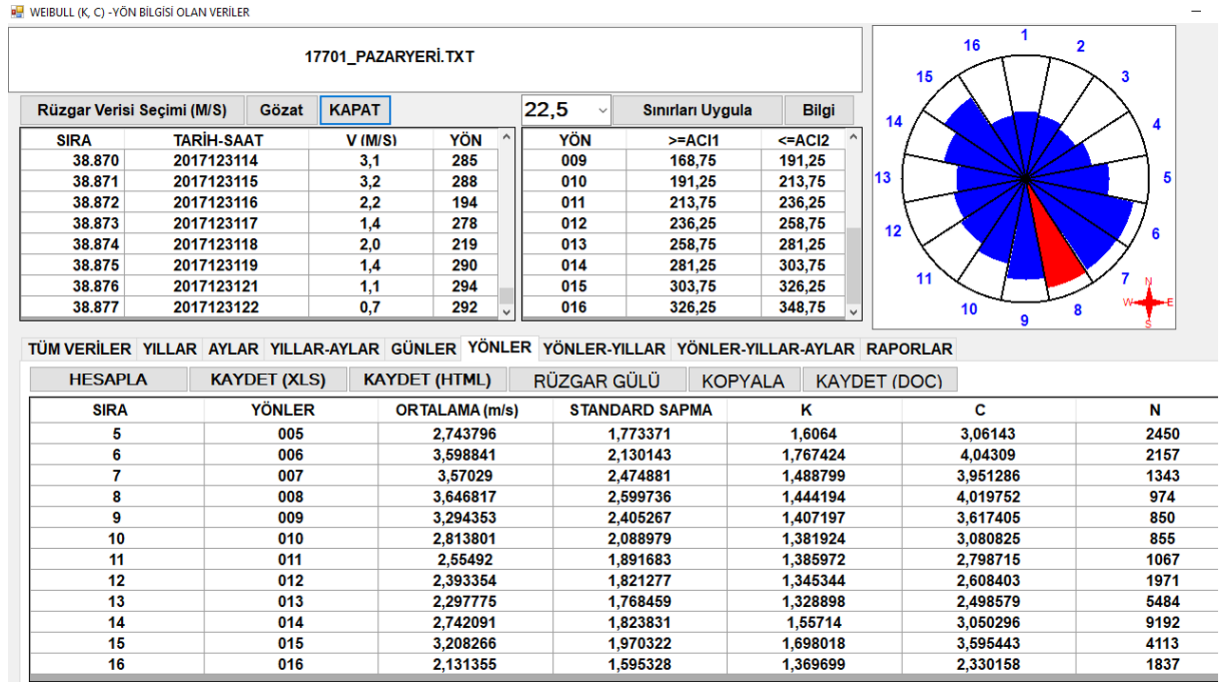
SIRA	Tarih	Watt/m2	Wh	kWh	Toplam Enerji (kWh)	Toplam gelir (TL)
43.779	2024102602	0,00	0,00	0,00	12.758.111,84	3.827.433,55
43.780	2024102603	0,00	0,00	0,00	12.758.111,84	3.827.433,55
43.781	2024102604	78,48	156.960,00	156,96	12.758.268,80	3.827.480,64
43.782	2024102605	56,01	112.020,00	112,02	12.758.380,82	3.827.514,25
43.783	2024102606	143,41	286.820,00	286,82	12.758.667,64	3.827.600,29
43.784	2024102607	551,53	1.103.060,00	1.103,06	12.759.770,70	3.827.931,21
43.785	2024102608	724,62	1.449.240,00	1.449,24	12.761.219,94	3.828.365,98
43.786	2024102609	723,47	1.446.940,00	1.446,94	12.762.666,88	3.828.800,06
43.787	2024102610	650,98	1.301.960,00	1.301,96	12.763.968,84	3.829.190,65
43.788	2024102611	471,21	942.420,00	942,42	12.764.911,26	3.829.473,38
43.789	2024102612	328,03	656.060,00	656,06	12.765.567,32	3.829.670,20
43.790	2024102613	123,57	247.140,00	247,14	12.765.814,46	3.829.744,34
43.791	2024102614	0,00	0,00	0,00	12.765.814,46	3.829.744,34
43.792	2024102615	0,00	0,00	0,00	12.765.814,46	3.829.744,34
43.793	2024102616	0,00	0,00	0,00	12.765.814,46	3.829.744,34
43.794	2024102617	0,00	0,00	0,00	12.765.814,46	3.829.744,34
43.795	2024102618	0,00	0,00	0,00	12.765.814,46	3.829.744,34
43.796	2024102619	0,00	0,00	0,00	12.765.814,46	3.829.744,34
43.797	2024102620	0,00	0,00	0,00	12.765.814,46	3.829.744,34
43.798	2024102621	0,00	0,00	0,00	12.765.814,46	3.829.744,34
43.799	2024102622	0,00	0,00	0,00	12.765.814,46	3.829.744,34
43.800	2024102623	0,00	0,00	0,00	12.765.814,46	3.829.744,34

Şekil 4.6. Dönemsel enerji hesaplama

Şekil 4.6'da DÖNEMSEL PERFORMANS adlı bölümde başlangıç tarihi 29/10/2019 olmak kaydıyla 5 yıllık enerji üretimi gösterilmektedir. Hesaplamalar eklemeli yapıldığından dönem içinde herhangi bir tarihte sistem tarafından üretilmesi beklenen enerji miktarları ve gelirleri okunabilmektedir.

4.2. Rüzgar Enerjisi Gelirlerinin Hesaplanması

Bu bölümde Bilecik ili Pazaryeri ilçesine ait rüzgar verileri kullanılarak rüzgar gülü elde edilmiştir.



Şekil 4.7. 17701-Pazaryeri ilçesi rüzgar esme yönleri incelemesi yazılımı

Şekil 4.7'de MGM 17701-Pazaryeri ilçesine ait rüzgar verileri kullanılarak geliştirilen yazılım ile hazırlanan rüzgar gülü ve hesaplamaları yapılmaktadır. Bölgede rüzgar baskın yönü güney-doğu olarak görülmektedir.

Tablo 4.2. 17701-Pazaryeri rüzgar parametreleri hesabı yazılımı

Bölge Adı	Ortalama (m/s)	Standard sapma	K	C	N
17701 Pazaryeri	2,687869	1,910207	1,449052	2,964126	38877

Tablo 4.2'de 17701-Pazaryeri bölgesine ait tüm yönler için hesaplama sonuçları verilmektedir. Bu sonuçlar dikkate alındığında bölgenin rüzgar hızları ortalamasında enerji üretimi yapabilmekte olan rüzgar türbini seçimi yapılması gerektiği görülmektedir.

TÜRBİN LİSTESİ				SEÇİMİ EKLE		
				Vestas V80 (2,0 MW)		
S	HIZ m/s	Güç (kW)	Ct	SIRA	Tanım	Bilgi
1	4,00	66,300	0,8180	1	Dosya	Vestas V80 (2000 kW).rt
2	5,00	152,000	0,8060	2	Marka	Vestas V80 (2,0 MW)
3	6,00	280,000	0,8040	3	Göbek Yüksekliği(m)	67,00
4	7,00	456,000	0,8050	4	Rotor Çapı (m)	80,00
5	8,00	684,000	0,8060	5	Fiyatı (TL)	
6	9,00	946,000	0,7800	6	Web Adresi	
7	10,00	1217,000	0,7370	7	Telefon	
8	11,00	1480,000	0,6490	8	Fax	
9	12,00	1710,000	0,5710			
10	13,00	1868,000	0,4100			
11	14,00	1950,000	0,3140			
12	15,00	1983,000	0,2490			
13	16,00	1995,000	0,2020			
14	17,00	1999,000	0,1670			
15	18,00	2000,000	0,1400			
16	19,00	2000,000	0,1180			
17	20,00	2000,000	0,1010			
18	21,00	2000,000	0,0880			
19	22,00	2000,000	0,0760			
20	23,00	2000,000	0,0670			
21	24,00	2000,000	0,0590			
22	25,00	2000,000	0,0520			

Şekil 4.8. Rüzgar Türbini seçimi yazılımı

Şekil 4.8'de yazılımın TÜRBİN LİSTESİ adlı birinci sayfasında bulunan rüzgar türbini seçim ekranı verilmektedir. Bu çalışmada Vestas V80 (2 MW) adlı rüzgar türbini seçilmiştir. Seçilen rüzgar türbini en düşük 4 m/s rüzgar hızında 66,3 kW ve 18 m/s rüzgar hızından itibaren 2 MW gücünde çalışmaktadır.

RÜZGAR TÜRBİNLERİ						
TÜRBİN ADI	ENLEM	BOYLAM	RAKIM	YÜKSEKLİK	ROTOR CAPI	
Vestas V80 (2,0 MW)	40.037037	29.926513	838	67,00	80,00	

Şekil 4.9. Rüzgar türbini bilgileri yazılımı

Şekil 4.9'da gösterilen yazılımın RÜZGAR TÜRBİNLERİ adlı ikinci sayfasında sistemde kullanılan rüzgar türbini ve bilgileri seçilmektedir. Bu sayfada rüzgar türbini konumu ve türbin göbek yüksekliği gibi bilgiler bulunmaktadır.

ANEMOMETRELER				
ANEMOMETRE ADI	ENLEM	BOYLAM	RAKIM	YÜKSEKLİK
BİLECİK PAZARYERİ 17701	39.9938	29.9114	826	10

Şekil 4.10. Anemometre bilgileri yazılımı

Şekil 4.10'da rüzgar verilerinin ölçümünü yapan Anemometre bilgileri görülmektedir.

TÜRBİN LİSTESİ RÜZGAR TÜRBİNLERİ ANEMOMETRELER SAATLİK RÜZGAR VERİLERİ HESAPLAMALAR TOPLAM ENERJİ RAPORU

MGM_17701_PAZARYERİ.TXT

BİR YILLIK SAATLİK ORTALAMA HAZIRLA HESAPLA

SIRA	TARİH	Vort (m/s)	N	SIRA	TARİH	Vort (m/s)	N
38.856	2017123022	2,10	288	8739	123102	2,26	5
38.857	2017123101	3,40	302	8740	123103	2,04	5
38.858	2017123102	3,30	301	8741	123104	2,14	5
38.859	2017123103	2,70	297	8742	123105	1,88	5
38.860	2017123104	3,30	295	8743	123106	2	5
38.861	2017123105	2,60	291	8744	123107	1,9	5
38.862	2017123106	2,10	283	8745	123108	1,76	5
38.863	2017123107	2,70	297	8746	123109	2,18	5
38.864	2017123108	1,80	305	8747	123110	2,02	5
38.865	2017123109	1,80	347	8748	123111	1,78	5
38.866	2017123110	1,50	56	8749	123112	2,48	5
38.867	2017123111	1,80	301	8750	123113	2,78	5
38.868	2017123112	3,60	298	8751	123114	2,48	5
38.869	2017123113	3,40	316	8752	123115	2,36	5
38.870	2017123114	3,10	285	8753	123116	2,36	5
38.871	2017123115	3,20	288	8754	123117	2,16	5
38.872	2017123116	2,20	194	8755	123118	2,54	5
38.873	2017123117	1,40	278	8756	123119	2,12	5
38.874	2017123118	2,00	219	8757	123120	2,175	4
38.875	2017123119	1,40	290	8758	123121	1,9	5
38.876	2017123121	1,10	294	8759	123122	1,82	5
38.877	2017123122	0,70	292	8760	123123	2,25	4

ACIKLAMA	DEĞER
ORTALAMA	2,729
STANDARD_SAPMA	1,118
K	2,636
C	3,071
N	8.760,000

Şekil 4.11.Yıllık ortalama rüzgar verilerinin hazırlanması yazılımı

Şekil 4.11'de gösterilmekte olan yazılımın SAATLİK RÜZGAR VERİLERİ adlı dördüncü sayfasında dönemsel rüzgar verilerinden bir yıllık saatlik ortalama rüzgar verileri elde edilmektedir. Yıllık verilerin ortalama, k ve c parametreleri yazılım tarafından otomatik olarak hesaplanmaktadır. Buna göre Pazaryeri bölgesi rüzgar ortalaması 2,79 m/s, k parametresi 2,63 ve c parametresi 3,07 olarak elde edilmiştir.

TÜRBİN LİSTESİ RÜZGAR TÜRBİNLERİ ANEMOMETRELER SAATLİK RÜZGAR VERİLERİ HESAPLAMALAR TOPLAM ENERJİ RAPORU

Vestas V80 (2,0 MW)

Göbek Yüksekliği (m) 67,00 Rotor Çapı(m) 40.03703 ENLEM 40.037037 BOYLAM 29.926513 RAKIM 838

ANEMOMETRE Ölçüm Yüksekliği 10 ENLEM 39.9938 BOYLAM 29.9114 RAKIM 826

Yüzey Pürüzlülüğü 0,3 Birim Fiyat 0,30 SİL HESAPLA GELİR(TL) 431.868,45 ₺

SIRA	Saatler	Vref (m/s)	Vtürbin (m/s)	Güç (kW)	Toplam Saat	Enerji (kWh)	Gelir (TL)	Toplam Enerji (kWh)	Toplam Gelir (TL)
8754	123117	2,16	3,82	0,00	1,00	0,00	0,00	1.439.495,20	431.848,56
8755	123118	2,54	4,49	66,30	1,00	66,30	19,89	1.439.561,50	431.868,45
8756	123119	2,12	3,75	0,00	1,00	0,00	0,00	1.439.561,50	431.868,45
8757	123120	2,18	3,85	0,00	1,00	0,00	0,00	1.439.561,50	431.868,45
8758	123121	1,90	3,36	0,00	1,00	0,00	0,00	1.439.561,50	431.868,45
8759	123122	1,82	3,22	0,00	1,00	0,00	0,00	1.439.561,50	431.868,45
8760	123123	2,25	3,98	0,00	1,00	0,00	0,00	1.439.561,50	431.868,45

İlk Gün 20191030 Süre(Gün) 1825 HESAPLA DÖNEMSEL GELİR(TL) 2.161.259,85 RTAYLIK RAPOR TÜRÜ

SIRA	Saatler	Vref (m/s)	Vtürbin (m/s)	Güç (kW)	Toplam Saat	Enerji (kWh)	Gelir (TL)	Toplam Enerji (kWh)	Toplam Gelir (TL)
43793	2024102716	2,14	3,79	0,00	1,00	0,00	0,00	7.204.133,20	2.161.239,96
43794	2024102717	1,82	3,22	0,00	1,00	0,00	0,00	7.204.133,20	2.161.239,96
43795	2024102718	2,38	4,21	66,30	1,00	66,30	19,89	7.204.199,50	2.161.259,85
43796	2024102719	2,04	3,61	0,00	1,00	0,00	0,00	7.204.199,50	2.161.259,85
43797	2024102720	1,78	3,15	0,00	1,00	0,00	0,00	7.204.199,50	2.161.259,85
43798	2024102721	1,70	3,01	0,00	1,00	0,00	0,00	7.204.199,50	2.161.259,85
43799	2024102722	1,46	2,58	0,00	1,00	0,00	0,00	7.204.199,50	2.161.259,85
43800	2024102723	1,46	2,58	0,00	1,00	0,00	0,00	7.204.199,50	2.161.259,85

Şekil 4.12. Rüzgar enerjisi hesaplamaları yazılımı

Şekil 4.12'de gösterilen yazılımın HESAPLAMALAR adlı altıncı ekranında bir yıllık rüzgar enerjisi 1.439.581,50 kWh enerji ile gelir 431.866,45 TL olarak elde edilmektedir. Beş yıllık dönem seçimi kullanılarak dönemsel rüzgar enerjisi 7.204.199,50 kWh ve gelir 2.161.259,85 TL bulunmaktadır.

RÜZGAR TÜRBİNLERİ ÇİFTLİĞİ GELİR HESAPLAMA

TÜRBİN LİSTESİ RÜZGAR TÜRBİNLERİ ANEMOMETRELER SAATLİK RÜZGAR VERİLERİ HESAPLAMALAR **TOPLAM ENERJİ RAPORU**

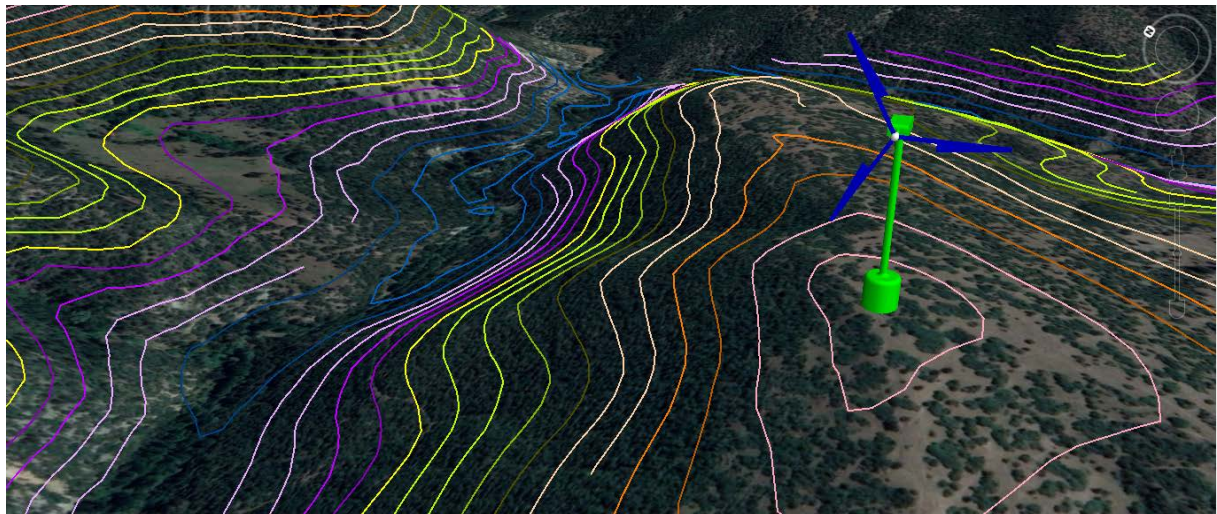
AYLIK AYRINTILI RAPOR KAYDET (YILGÜNSAAT-KW)

SIRA	Aylar	Türbin adı	Aylık Saat	Aylık Enerji (KWH)	Aylık Gelir (TL)	Toplam Enerji (kWh)	Toplam Gelir (TL)
53	202402	Vestas V80 (2,0 MW)	696,00	127.744,40	38.323,32	6.198.058,10	1.859.417,43
54	202403	Vestas V80 (2,0 MW)	744,00	128.082,50	38.424,75	6.326.140,60	1.897.842,18
55	202404	Vestas V80 (2,0 MW)	720,00	128.788,60	38.636,58	6.454.929,20	1.936.478,76
56	202405	Vestas V80 (2,0 MW)	744,00	282.902,60	84.870,78	6.737.831,80	2.021.349,54
57	202406	Vestas V80 (2,0 MW)	720,00	231.966,70	69.590,01	6.969.798,50	2.090.939,55
58	202407	Vestas V80 (2,0 MW)	744,00	89.080,30	26.724,09	7.058.878,80	2.117.663,64
59	202408	Vestas V80 (2,0 MW)	744,00	69.728,00	20.918,40	7.128.606,80	2.138.582,04
60	202409	Vestas V80 (2,0 MW)	720,00	50.378,00	15.113,40	7.178.984,80	2.153.695,44
61	202410	Vestas V80 (2,0 MW)	648,00	25.214,70	7.564,41	7.204.199,50	2.161.259,85

SIRA	Aylar	Aylık Enerji (KWH)	Aylık Gelir (TL)	Toplam Enerji (kWh)	Toplam Gelir (TL)
51	202312	80.139,10	24.041,73	5.894.119,70	1.768.235,91
52	202401	176.194,00	52.858,20	6.070.313,70	1.821.094,11
53	202402	127.744,40	38.323,32	6.198.058,10	1.859.417,43
54	202403	128.082,50	38.424,75	6.326.140,60	1.897.842,18
55	202404	128.788,60	38.636,58	6.454.929,20	1.936.478,76
56	202405	282.902,60	84.870,78	6.737.831,80	2.021.349,54
57	202406	231.966,70	69.590,01	6.969.798,50	2.090.939,55
58	202407	89.080,30	26.724,09	7.058.878,80	2.117.663,64
59	202408	69.728,00	20.918,40	7.128.606,80	2.138.582,04
60	202409	50.378,00	15.113,40	7.178.984,80	2.153.695,44
61	202410	25.214,70	7.564,41	7.204.199,50	2.161.259,85

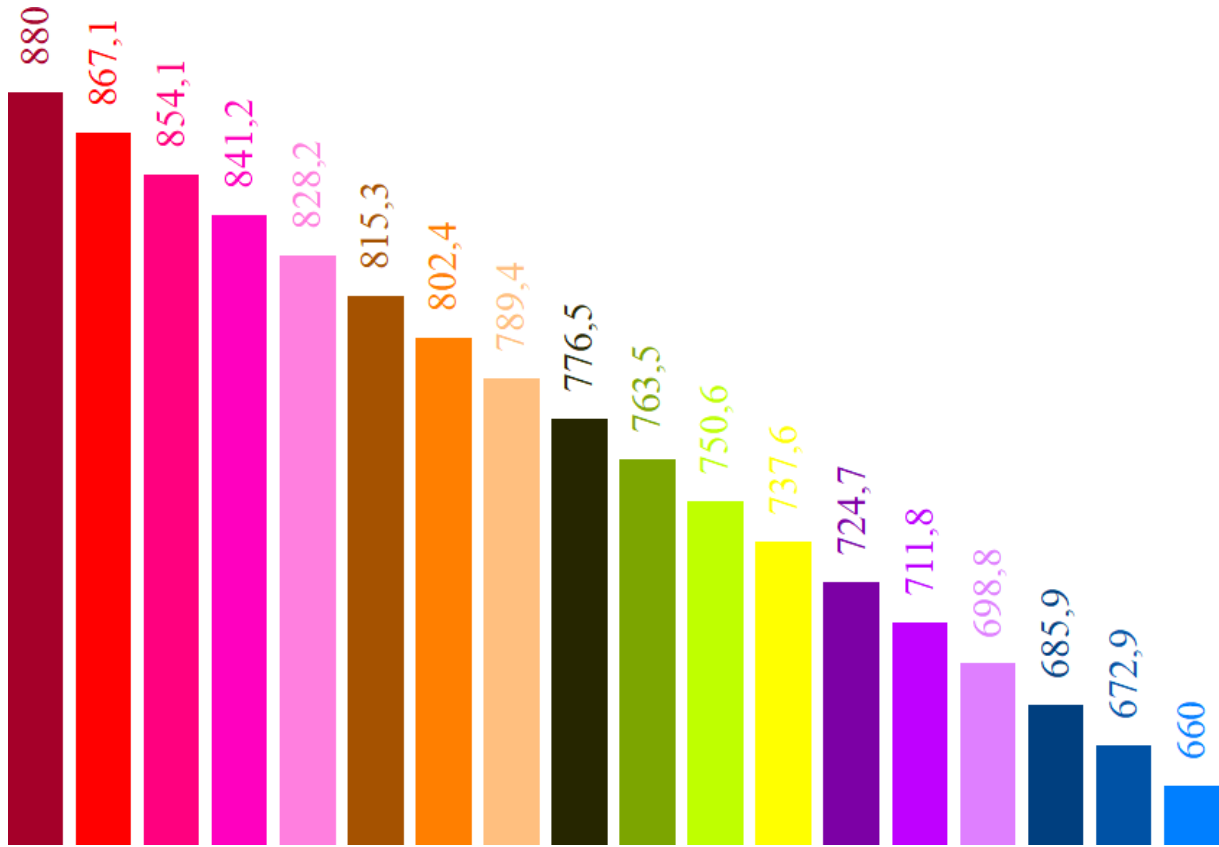
Şekil 4.13. Toplam enerji raporu yazılımı

Şekil 4.13'de verilen yazılımın TOPLAM ENERJİ RAPORU ekranında hesaplamalar aylık toplamlara dönüştürülmektedir. Hesaplamalar sonucunda yatırım maliyetlerinin geri kazanıldığı tarih bulunarak yatırım performansı verimliliğinin bulunması amaçlanmaktadır.



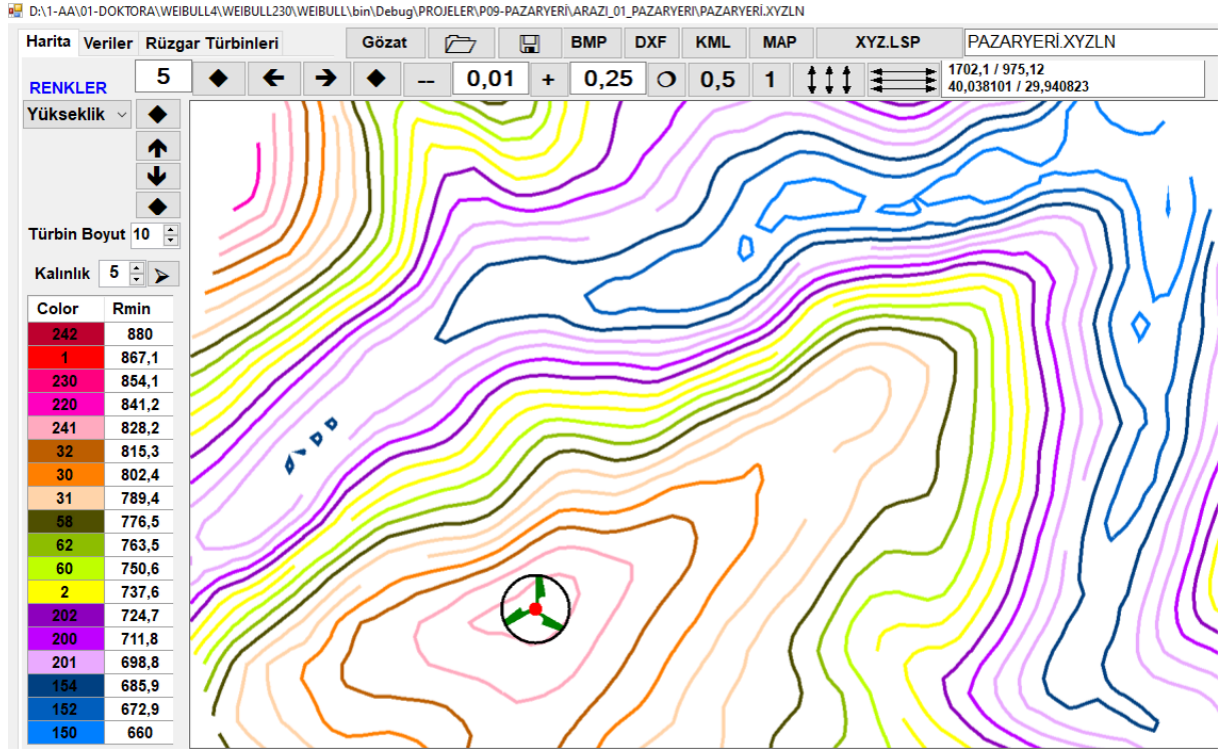
Şekil 4.14. Eş yükselti eğrileri ve 3D Rüzgar türbinleri gösterimi yazılımı

Hesaplamalar için seçilen rüzgar türbininin 40.037037 enlem ve 29.926513 boylamın bulunduğu var sayılmaktadır. Bilecik ilinin Pazaryeri ilçesinde arazi renkli eş yükselti eğrilerinin elde edilmesinde geliştirilen yazılım ile enlem boylam noktaları otomatik üretilmekte ve rakımlar internetten sorgulanmaktadır. Eş yükselti eğrileri Surfer programında oluşturulmaktadır. Bu eğriler DXF dosya formatında kayıt edilmektedir. DXF formatındaki dosya Autocad ortamında açılmakta ve Autolisp programlama dili kullanılarak eş yükselti verileri oluşturulmaktadır. Geliştirilen yazılım desteği ile bu eş yükselti verilerinden KML dosya formatı elde edilmektedir. Google Earth programında açılan KML dosya görüntüsü Şekil 4.14'de verilmektedir. Yazılım Şekil 4.15'de görüldüğü gibi değişen arazi modelleri için eş yükselti eğrileri renkleri ve yüksekliklerini otomatik olarak hazırlamaktadır.



Şekil 4.15. Renkli eşyükselti rakımları (metre) yazılımı

Şekil 4.15'de gösterilen renkli eşyükselti rakımlarına göre Pazaryeri ilçesindeki arazi modelinde en yüksek rakım 880 ve en düşük rakım 660 metredir.



Şekil 4.16. Arazi görüntüleme yazılımı

Şekil 4.16'da Pazaryeri ilçesinde bulunan arazi eş yükselti bilgileri görüntülenmektedir. Geliştirilen yazılım renkli eş yükselti eğrilerini DXF formatı aracılığıyla Autocad'de ve KML formatı ile de Google Earth programında görüntülenmesini sağlamaktadır. Arazi modeli WASP programı MAP formatında kayıt edilebilmektedir (Türkyılmaz ve Kurban, 2017a).

Tez çalışmasının izleyen bölümünde güneş ve rüzgar enerjisi potansiyellerinin karşılaştırılması yapılmıştır.

4.3. Güneş ve Rüzgar Enerjisi Potansiyellerini Değerlendirilmesi

Fotovoltaik enerji hesaplamalarında PVGIS verileri kullanılmaktadır. Geliştirilen yazılım ile yapılan hesaplamalara göre Bilecik ili Pazaryeri ilçesinde toplam 2 MW kapasitesinde güneş panelleri kullanılarak yıllık 2.560.482,56 kWh enerji ve 768.144,77 TL gelir elde edilmesi beklenmektedir.

Rüzgar enerjisi hesaplamalarında MGM Pazaryeri istasyon verileri kullanılmaktadır. Yapılan hesaplamalar 2 MW kapasiteli rüzgar türbini kullanılarak 1.439.581,50 kWh enerji ve gelir 431.866,45 TL gelir elde edilebileceğini göstermektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkeler enerji ihtiyaçlarının büyük bir kısmını fosil yakıtlardan karşılamaktadırlar. Bu yakıt türlerinin kaynaklarının sınırlı olmaları, maliyetlerinin artmakta oluşu ve çevreye verdikleri büyük zararlar yeni enerji kaynakları arayışlarına yol açmaktadır. Rüzgar ve güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynakları sınırsız ve çevre dostu olmalarına rağmen kullanımları durumunda süreklilik ve kapasite bakımından sorunlar ortaya çıkmaktadır. Rüzgar veya güneş enerjisi potansiyelleri iyi olan bölgelerde çevre dostu verimli yatırımlar yapılabilmektedir. Sağlıklı bir değerlendirme ile planlanan yatırımlar para ve zaman kaybına ve verimli yenilenebilir enerji yatırımlarından vazgeçilmesine yol açabilmektedir.

Bu tez çalışmasının amacı; güneş ve rüzgar verilerini kullanarak rüzgar ve fotovoltaik sistemler için enerji hesaplamaları yapan yeni bir yazılım geliştirmektir. Yazılım programlama dili olarak Visual Studio içinde Visual Basic programlama dili kullanılmıştır. Geliştirilen yazılım internet veri tabanlarına erişim yeteneğine sahiptir. Ayrıca yazılıma rüzgar enerjisi ve güneş enerjisi hesaplamalarına destek olarak bilgi dokümanları da eklenmiştir. Bu dokümanlarda çizimler, resimler, formüller ve biçimli metinler bulundurulabilmektedir. Geliştirilen bu yeni yazılım rüzgar, fotovoltaik ve hibrit enerji potansiyel hesaplamalarını yapabilme yeteneğine sahiptir ve değerlendirme grafikleri de sunabilmektedir.

Yazılımın rüzgar enerjisi ile ilgili kısmının özellikleri maddeler halinde kısaca aşağıda verilmektedir;

- Rüzgar enerjisi hakkında teknik bilgi yardım dokümanları sunmaktadır,
- Rüzgar türbinleri veri tabanı sistemi bulunmaktadır,
- MGM ve PVGIS verilerini yeniden derleyerek okuyabilmekte ve hesaplamalarında kullanabilmektedir,
- Okunan verilerin tamlık kontrolü yapılabilmektedir,
- Rüzgar verileri enerji parametreleri çoklu verilerde otomatik hesaplanabilmektedir,
- Weibull dağılımı parametreleri hesaplanarak grafiği çizdirilebilmekte ve parametre değişimleri grafikte gösterilebilmektedir,
- Yazılım ile rüzgar gücü 15, 22.5, 30, 45 ve 60 derece gibi dilimlerde hazırlanabilmektedir,

- Geliştirilen yazılım arazi eş yükselti modellerinin elde edilmesinde bölge noktalarının x, y değerlerini spiral ve dikdörtgensel yaklaşımla ürettikten sonra internet veri tabanlarından sorgulama ve sağlama yeteneğine sahiptir,

- Autocad Civil 3d veya Surfer programları desteğiyle noktalardan üretilen arazi eşyüksekti modellerini MAP, DXF, KML ve BMP formatlarına dönüştürülebilmektedir.

- Arazi eş yükselti eğrileri geliştirilen yazılımla harita modülünde renklendirilerek Autocad ve Google Earth programında görüntülenebilmektedir.

- Rüzgar türbinleri performans karşılaştırılması yazılımla yapılabilmektedir,

- Yazılımda saatlik ve aylık verilerle rüzgar enerjisi hesaplamaları yıllık veya dönemsel olarak yapılabilmekte ve elde edilebilecek enerji gelirleri hesaplanabilmektedir.

Geliştirilen yazılımın fotovoltaik hesaplamalar ile ilgili kısmının özellikleri ise aşağıdaki gibidir;

- Fotovoltaik paneller veri tabanı sistemi bulunmaktadır,

- Güneş açıları ile ilgili bilgi sayfası içermektedir,

- Yüzey azimut açısı bilgi sayfası yer almaktadır,

- PVGIS saatlik verilerle yıllık ve dönemlik fotovoltaik enerji hesaplamaları yapılabilmektedir,

- Fotovoltaik panellerde akım gerilim grafiği sayfası bulunmaktadır,

- Güneş açıları hesaplama sayfası hazırlanabilmektedir,

- Dünya eğim açıları, dünya eğim grafiği, paneller eğim grafiği bilgi sayfaları bulunmaktadır,

- İki tarih arası güneşlenme saatleri hesaplanabilmektedir,

- Aylık güneşlenme saat toplamalarına göre grafik elde edilebilmektedir,

- Panel yerleştirme aralığı hesaplamaları yapılabilmektedir,

- Hibrit enerji grafikleri çizdirilebilmektedir,

- Ton Eşdeğer Petrol dönüşüm hesaplamaları bulunabilmektedir.

Geliştirilen yazılım yeni enerji türleri ve programlarının tarafımızdan eklenmesine uygun formatta hazırlanmıştır. Tez çalışmasında Bilecik ili Pazaryeri ilçesi için PV ve rüzgar enerjisi potansiyelini hesaplama uygulaması da yer almaktadır.

Bu uygulamada, MGM rüzgar verileri ve PVGIS güneş verileri kullanılarak Bilecik ili Pazaryeri ilçesi için 2 MW kapasiteli rüzgar ve fotovoltaik sistem enerji hesaplamaları yapılmıştır.

Bilecik ili Pazaryeri ilçesi için fotovoltaik enerji hesaplamalarında ASW250 adlı panelden 8000 adet kullanılarak 2 MW kapasiteli fotovoltaik panellerle elde edilebilecek yıllık enerji 2.560.482,56 kWh enerji olarak bulunmuştur. Aynı bölgenin rüzgar enerjisi hesaplamalarında ise 2 MW kapasiteli Vestas V80 marka rüzgar türbini ile elde edilebilecek yıllık enerji 1.439.581,50 kWh olarak elde edilmiştir. Görüldüğü üzere fotovoltaik sistem için elde edilen enerji miktarı rüzgar enerji sistemine göre daha yüksek bulunmuştur. Rüzgar ve fotovoltaik güneş enerjisi sisteminin Pazaryeri bölgesi için hibrit olarak kullanımı ise fotovoltaik güneş enerjisi sistemiyle elde edilen enerji miktarını geçmemektedir. Bu nedenle söz konusu bölge için yapılan hesaplamalar fotovoltaik sistemlerin bağımsız olarak kullanılmasının daha verimli olacağı yönünde bulgular sunmaktadır.

Tez çalışmasında geliştirilen yazılımla farklı bölgelere ait veriler kullanılarak rüzgar enerjisi ve fotovoltaik güneş enerjisi hesaplamaları yapılabilmekte, bağımsız ve hibrit hesaplama sonuçları elde edilebilmektedir. Bu sayede hesaplama yapılan herhangi bir bölge için rüzgar ve fotovoltaik güneş enerjisi sistemlerinin verimliliği birlikte veya bağımsız olarak değerlendirilebilmektedir. Geliştirilen yazılımın yenilenebilir enerji alanında çalışma yapanlar için bir öneri niteliğinde katkı sunması beklenmektedir.

KAYNAKÇA

- Abd-El Mageed, H. S.** (2018). Cost Analysis and Optimal Sizing of PV-Diesel Hybrid Energy Systems. *American Journal of Renewable and Sustainable Energy*. 4(3), 47-55.
- Ai, B., Yang, H., Shen, H., & Liao, X.** (2003). Computer-aided design of PV/wind hybrid system. *Renewable energy*, 28(10), 1491-1512.
- Akar, A.** (2016). Bir güneş enerji santralinin kurulumu ve performansının analizi. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Akkaş, A.A.,** (2001). Rüzgar Enerjisi Sistemlerinin Performans Değerlendirmesi. *Rüzgar Enerjisi Sempozyumu*. 5-7 Nisan 2001, 75-84.
- Akova, İ.** (2003). Dünya Enerji Sorunu ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı. *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Dergisi*. 11, 47-73.
- Altuner, S.** (2008). *Rüzgar enerjisi potansiyeli ölçümü*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas.
- Altuntaşoğlu, Z.T.,** (2005). Yenilenebilir Enerji Avrupa Birliği ve Türkiye Müktesebatı. *TMMOB Türkiye V. Enerji Sempozyumu*. 21-23.Aralık 2005, Ankara, 249-261.
- Altuntop, N. ve Erdemir, D.** (2013). Dünyada ve Türkiye’de Güneş Enerjisi ile İlgili Gelişmeler. *Mühendis ve Makine*. 54 (639), 69-77.
- Arıkan, Y. ve Çam, E.** (2017). Rüzgar ve Güneş Enerjisi Sistemlerinin Fizibilite Analizlerinin Web Tabanında Gerçekleştirilmesi. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*. 9(1), 1-10.
- Arıkan, Y., Arslan, Ö.P., & Çam, E.,** (2015). The Analysis of Wind Data with Rayleigh Distribution and Optimum Turbine and Cost Analysis in Elmadağ, Turkey. *IU-JEEE*. 15(1), 1907-1912.
- Ata, R. ve Çetin, N. S.,** (2008). 3 kW Otonom Bir Rüzgar Türbini Kurulumu ve Enerji Eldesi. *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.* 23(1), 41-47.
- Aziz, A.S. , Faridun, M., Tajuddin, N., Adzman, M.R., Ramli, M.A.M. & Mekhilef, S.** (2019). Energy Management and Optimization of a PV/Diesel/Battery Hybrid Energy System Using a Combined Dispatch Strategy. *Sustainability*. 11(683), 1-26.

- Beş Temiz Enerji Portalı (BTEP)** (2020). Güneş Panelleri Teknolojisinin Tarihçesi [Erişim: 15.03.2020, <https://www.enerjibes.com/gunes-panelleri-teknolojisi-ve-tarihcesi/>]
- Bilginoğlu, M. A.** (1991). Gelişmekte Olan Ülkelerde Enerji Sorunu ve Alternatif Enerji Politikaları. *Erciyes Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*. 9,122-147.
- Bhikabhai, Y.** (2005). Hybrid Power systems and their potential in the pacific islands. *SOPAC Miscellaneous, Report*, 406.
- Bourennani, F., Rahnamayan, S. & Naterer, G.** (2013). Optimal Design Methods for Hybrid Renewable Energy Systems. *International Journal of Green Energy*. 1-40.
- BP Statistical Review of World Energy (BPSRWE)**, (2019). [Erişim: 06.08.2020, <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-full-report.pdf>].
- Buyuksalih, G., Bayburta, S., Baskaracaa, A.P., Karimb, H. & Rahmanb, A. A.** (2017). Calculating Solar Energy Potential of Buildings and Visualization within Unity 3D Game Engine. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. XLII-4(W5), 39-44.
- Cetin, B. & Alpkaya, M. D.,** (2019). Parametric Analysis of Electrical Energy Production by Wind Energy for Bozcaada. *Journal of Thermal Engineering*. 5(4), 271-276.
- Chel, A., Tiwari, G.N., & Chandra, A.** (2009). Sizing and cost estimation methodology for stand-alone residential PV power system. *Int. J. Agile Systems and Management*. 4(1/2), 21-40.
- Çakmakçı, B.A.,** (2019). *Kırklareli Üniversitesi Kayalı Kampüsünün Rüzgar Enerjisi Potansiyeli'nin Belirlenmesi*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Kırklareli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Enerji Sistemler Mühendisliği Anabilim Dalı, Kırklareli, 1-180.
- Çalışkan, M.** (2011). Türkiye rüzgar enerjisi potansiyeli ve mevcut yatırımlar. *Rüzgar enerjisi ve santralleri semineri*. [Erişim: 08.08.2020, <https://www.tucsa.org/images/yayinlar/sunumlar/MUSTAFA-CALISKAN.pdf>]
- Çetin, S., Turan, E. ve Bayrakdar, E.** (2019). Türkiye'nin Güneş Enerjisi Politikaları. *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi*. 54(2), 949-968.
- Deb, G., Paul, R., & Das, S.** (2012). Hybrid Power Generation System. *International Journal of Computer and Electrical Engineering*, 4(2), 141-144.

Deriş, N. (1979). *Güneş enerjisi: sıcak su ile ısıtma tekniği*. Sermet Matbaası.

Dinçer, F. (2011). Türkiye’de Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi Potansiyeli - Ekonomik Analizi ve AB Ülkeleri ile Karşılaştırmalı Değerlendirme. *KSU Mühendislik Dergisi*. 14(1), 8-10.

Dünya Enerji Konseyi (DEK) (2018). *Yenilenebilir Enerjiler 2018 Küresel Durum Raporu*. [Erişim: 07.07.2019, <https://www.dunyaenerji.org.tr/yenilenebilir-enerjiler-2018-kuresel-durum-raporu>].

Energy Industry Report (EIR) (2017). , 1-57. [Erişim: 06.08.2020, <https://www.invest.gov.tr/tr/library/publications/lists/investpublications/enerji-sektoru-raporu.pdf>].

Elibüyük, U. ve Üçgül, İ. (2014). Rüzgar Türbinleri, Çeşitleri ve Rüzgar Enerjisi Depolama Yöntemleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi YEKARUM e-DERGI*. 2(3), 1-14.

EL-Shimy, M. & Abdo, Taha. (2015). PV technologies: History, technological advances, and characterization. *Encyclopedia of Energy Engineering and Technology*, Second Edition - Four Volume Set (Print), Edition: 2, Taylor and Francis & CRC Press, (Ed. Sohail Anwar), 1397-1424.

Enerji Sektörü Raporu (ESR) (2018). *Ekonomik Araştırmalar Departmanı*. [Erişim: 10.08.2019, https://www.atbank.com.tr/documents/ENERJI%20SEKTORU_SUBAT%202018.PDF]

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB). *Bilgi Merkezi: Güneş*. [Erişim: 19.09.2019, <https://www.enerji.gov.tr/gunes>]

Erdin, C. & Ozkaya, G. (2019). Turkey’s 2023 Energy Strategies and Investment Opportunities for Renewable Energy Sources: Site Selection Based on ELECTRE. *Sustainability*. 11(2136), 1-23.

Ertuğrul, Ö.F. ve Kurt, M.B., (2009). Yenilenebilir Enerji Kaynakları Maliyet Analizi ve Sürdürülebilir YEK Uygulamaları. *V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, YEKSEM 09*. Haziran 2009, Diyarbakır, 37-41.

Fingersh, L. Hand, L. M. and Laxson, A. (2006). Wind Turbine Design Cost and Scaling Model. *National Renewable Energy Laboratory-Technical Report*. 1-43.

Genç, M.S. ve Seyitoğlu, S.S. (2011). Kayseri Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Maliyet Analizi. *ULIBTK’11 18. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniđi Kongresi*. 07-10 Eylül 2011, Zonguldak, 772-773.

- Gielen, D.** (2012). Renewable Energy Technologies: Cost Analysis Series-Solar Photovoltaics. *IRENA Working Paper. 1(4/5)*, 1-52.
- Goel, S. & Ali, S.M.** (2014). Cost Analysis of Solar/Wind/Diesel Hybrid Energy Systems for Telecom Tower by Using HOMER. *International Journal of Renewable Energy Research. 4(2)*, 305-311.
- Göktaş H.** (2018). *Türkiye İçin Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santrallerin Önemi Ve Durum Analizi*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Kırklareli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırklareli.
- Grigoriev, A.S., Skorlygin, V.V., Grigoriev, S.A., Melnik, D.A., & Filimonov, M.N.** (2018). A Hybrid Power Plant Based on Renewables and Electrochemical Energy Storage and Generation Systems for Decentralized Electricity Supply of the Northern Territories. *International Journal of Electrochemical Science. 13*, 1822 – 1830.
- Gültutan, S.** (2013). Rüzgar Enerjisi ve Gaziantep Koşullarında (500 kW Altı) Eysel İhtiyaçları Giderecek Rüzgâr Türbin Tasarımı. *Tesisat Mühendisliği. 133*, 53-58.
- Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA)** (2019). [Erişim: 12.11.2019.<http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/>]
- Hafez, O. ve Bhattacharya, K.,** (2012). Optimal planning and design of a renewable energy based supply system for microgrids. *Renewable Energy. 45*, 7-15.
- Hassas, M. A., & Pourhossein, K.** (2017). Control and management of hybrid renewable energy systems: review and comparison of methods. *Journal of Operation and Automation in Power Engineering, 5(2)*, 131-138.
- Hayli, S.** (2001). Rüzgâr enerjisinin önemi, dünya’da ve Türkiye’deki durumu. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 11(1)*, 1-26.
- History of Wind Turbines (HWT)** (2020). [Erişim: 31.01.2020. <http://xn--drmstrre-64ad.dk/wp-content/wind/miller/windpower%20web/en/pictures/index.htm>]
- Jaramillo O. A ve Borja M. A.** (2004). Wind speed analysis in La Ventosa, Mexico: a bimodal probability distribution case. *Renewable Energy. 29(10)*, 1613-1630.
- Kapluhan, E.** (2014). Enerji Coğrafyası Açısından Bir İnceleme: Güneş Enerjisinin Dünya’daki ve Türkiye’deki Kullanım Durumu. *Coğrafya Dergisi. 29*, 70-98.

Karadöl, İ., Keçecioğlu, Ö.F., Açıkgöz, H., ve Şekkeli, M. (2017). Kahramanmaraş Bölgesi İçin Güneş ve Rüzgâr Enerjisi Hibrit Sisteminin İncelenmesi. *KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi*. 20(2), 89-96.

Karagöl, E.T. ve Kavaz, İ. (2017). Dünyada ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji. *Analiz*, 197, 1-28.

Kaurav, S. ve Yadav, P. (2016). Hybrid Power System Using Wind Energy and Solar Energy. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*. 5(1), 54-58.

Kaya, K. ve Koç, E., (2015). Enerji Üretim Santralleri Maliyet Analizi. *Mühendis ve Makine*. 56(660), 61-68.

Kaya, K., Şenel, M.C. ve Koç, E., (2018). Dünyada ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Durumu-Genel Değerlendirme. *Technological Applied Sciences (NWSATAS)*, 2A0152, 13(3): 219-234.

Keleş, D., Ayhan, V., Parlak, A., Cesur, İ., Boru, B. ve Koç, T.(2013). Bir Rüzgar Türbini Tasarımı ve Geliştirilmesi. *SAÜ. Fen Bil. Der.* 17(2), 207-216.

Kelsoy, M. E. & Soysal, M. A. (2015). *Rüzgar Enerjisi ve Rüzgar Türbinleri*. [Erişim: 12.06.2018, <https://kontrolotomasyon.files.wordpress.com/2015/09/rucc88zgar-tribucc88nleri.pdf>].

Khare, V., Nema, S. & Baredar, P. (2016). Solar–wind hybrid renewable energy system: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 58, 23-33.

Koç, A., Yağlı, H., Koç, Y., & Uğurlu, İ. (2018). Dünyada ve Türkiye’de Enerji Görünümünün Genel Değerlendirilmesi. *Engineer and Machinery*, 59(692), 86-114.

Koç, E. ve Şenel, M.C. (2013). Türkiye Enerji Potansiyeli ve Yatırım-Üretim Maliyet Analizi, *Termodinamik*. 72-84.

Korfiati, A., Gkonos, C., Veronesi, F., Gaki, A., Grassi, S., Schenkel, R., Volkwein, S., Raubal, M. & Hurni, L. (2016). Estimation of the Global Solar Energy Potential and Photovoltaic Cost with the use of Open Data. *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management*. 09, 17-30.

Klynveld Peat Marwick Goerdeler (KPMG) (2018). Enerji, *Sektörel Bakış*, 1-25. <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/tr/pdf/2018/02/sektorel-bakis-2018-enerji.pdf> (08.07.2019).

- Kurban, M., Hocaoglu, F.O.& Kantar, Y.M.** (2007). Rüzgar Enerjisi Potansiyelinin Tahmininde Kullanılan İki Farklı İstatistiksel Dağılımın Karşılaştırmalı Analizi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi*. 13(1), 103-109.
- Muhammad Lawan, S., & Azlan Wan Zainal Abidin, W.** (2020). A Review of Hybrid Renewable Energy Systems Based on Wind and Solar Energy: Modeling, Design and Optimization. *Wind Solar Hybrid Renewable Energy System*. 1-23.
- Leung, D.Y.C. and Yang, Y.**(2012). Wind energy development and its environmental impact: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 16, 1031–1039.
- Manyonge, A. W., Ochieng, R. M., Onyango, F. N., Shichika, J. M.** (2012). Mathematical Modelling of Wind Turbine in a Wind Energy Conversion System: Power Coefficient Analysis, *Applied Mathematical Sciences*, Vol. 6, No. 91, 4527-4536.
- Monahan, A.H.** (2006). The Probability Distribution of Sea Surface Wind Speeds. Part I: Theory and Sea Winds Observations. *Journal of Climate*. 19, 497-519.
- Nema, P., Nema, R. K., & Rangnekar, S.** (2009). A current and future state of art development of hybrid energy system using wind and PV-solar: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(8), 2096-2103.
- Oral F.** (2010). *Sakarya-Esentepe yöresi rüzgar enerjisi potansiyelinin yeni bir yaklaşımla belirlenmesi.* (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Özaktürk M.** (2007). Rüzgâr enerjisinin güç kalitesi açısından incelenmesi. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adapazarı.
- Özel, S.** (2016). *Alternatif akım mikro şebekelerde sezgisel yöntemlerle yük frekans optimizasyonu.* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Özgener, Ö.** (2002). Türkiye’de ve Dünya’da Rüzgar Enerjisi Kullanımı. *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*. 4(3), 159-173.
- Özgür, E.** (2018). Türkiye’nin Enerji Görünümü: Türkiye’de Güneş Enerjisi. *Makina Mühendisleri Odası Raporu*. MMO/691, 351-371.

Özkaya, M.G., Variyenli, H.İ. ve Uçar, S. (2008). Rüzgar Enerjisinden Elektrik Enerjisi Üretimi ve Kayseri İli İçin Çevresel Etkilerinin Değerlendirilmesi. *C.Ü. Fen-Edebiyat Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi* 29(1), 1-20.

Öztürk, A. ve Dursun, M. (2011). 2, 10 ve 20 KVA'lık Fotovoltaik Sistem Tasarımı. *6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11)*. 16-18 May 2011, Elazığ, Turkey, 1-10.

Öztürk, H. (2012). *Güneş Enerjisi ve Uygulamaları*. Birsen Yayınevi. İstanbul.

PV Modül Türleri (PVT). [Erişim: 06.08.2020, https://energypedia.info/wiki/Solar_Cells_and_Modules].

Ramírez P., Carta J A. (2006). The use of wind probability distributions derived from the maximum entropy principle in the analysis of wind energy. A case study. *Energy Conversion and Management*. 47, 2564-2577

Sağlam, H. (2017). *Rüzgar Enerjisinin Tarihsel Gelişimi*. Enerji Sistemleri Mühendisliği. <https://muhendislikler.net/ruzgar-enerjisinin-tarihsel-gelisimi/> (22.09.2019).

Salmanoğlu, F. & Çetin, N. S. (2013). The Software Package for Design Optimization of the Wind/Photovoltaic Autonomous Hybrid Power System: A Case Study for Ankara City. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 35(20), 1946-1955.

Sarkar, A., Singh, S., Mitra, D. (2011). Wind climate modeling using Weibull and extreme value distribution. *International Journal of Engineering Science and Technology*. 3(5), 100-106.

Sawle, Y., Gupta, S.C., and Bohre, A.K. (2016). PV-wind hybrid system: A review with case study. *Cogent Engineering*. 3(1189305), 1-31.

SBC Energy Institute (SBC) (2013), *Leading the Energy Transition: Solar Photovoltaic*, [Erişim: 15.02.2020, https://energypedia.info/images/4/41/SBC_Energy_Institute_Solar_PV_FactBook.pdf].

Seydioğulları, H.S. (2013). Sürdürülebilir Kalkınma için Yenilenebilir Enerji. *Planlama*, 23(1):19-25.

Shata A.A. S.& Hanitsch R. (2006). Evaluation of wind energy potential and electricity generation on the coast of Mediterranean Sea in Egypt. *Renewable Energy*. 31, 1183–1202.

Siddique, M.N., Ahmad, A., Nawaz, M.K. & Bukhari, S.B.A. (2015). Optimal integration of hybrid (wind{solar) system with diesel power plant using HOMER. *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*. 23, 1547-1557.

Spenerji (2020). [Erişim: 06.08.2020, <http://www.spenerji.com.tr/upload/2019/08/sp-300m60-sp-305m60-sp-310m60-sp-315m60-sp-315m60-01-08-2019dq-web.pdf>].

Sürücü, B. ve Sazak, H. (2009). Robust Control Charts to Monitoring Reliability for a three-Parameter Weibull Distribution. *Reliability Engineering&System Safety*. 94(2), 503-508.

Şanlı, B.G. ve Günöz, A. (2018). Mersin İlinin Farklı İlçelerinde Kurulabilecek Rüzgar Enerjisi Santrallerinin RETScreen Programı ile Fizibilite Analizleri ve Karşılaştırılmaları. *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 11(3), 478-487.

Şenel, M.C. ve Koç, E.(2015). Dünyada ve Türkiye’de Rüzgar Enerjisi Durumu-Genel Değerlendirme. *Mühendis ve Makina*. 56(663), 46-56.

Şengül, Ü., Tan, S., Atak, Ş. ve Şengül, A.B. (2014). Türkiye Gökçeada’da Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Potansiyeli. *International Conference on Eurasian Economies*, 1-9.

T.C. Cumhurbaşkanlığı Yatırım Ofisi Devlet Teşvikleri Rehberi (TCCYODTR). [Erişim: 07.08.2020, <https://www.invest.gov.tr/tr/library/publications/lists/investpublications/turkiyede-yatirimlar-icin-devlet-tesvikleri-rehberi.pdf>]

T.C. Cumhurbaşkanlığı Yatırım Ofisi Enerji Sektörü (TCCYOES). [Erişim: 07.08.2020, <https://www.invest.gov.tr/tr/sectors/sayfalar/energy.aspx>]

T.C. Cumhurbaşkanlığı Yatırım Ofisi Enerji Sektörü Raporu (TCCYOESR) (2017). [Erişim: 07.08.2020, <https://www.invest.gov.tr/tr/library/publications/lists/investpublications/enerji-sektoru-raporu.pdf>]

Taktak, F. ve Ilı, M. (2018). Güneş Enerji Santrali (GES) Geliştirme: Uşak Örneği. *Geomatik Dergisi* 3(1), 1-21.

Tosun, O. (2017). *Bilgisayar destekli 1 kw’lık rüzgâr türbini tasarımı ve prototip üretimi*. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). İstanbul Aydın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Terzioğlu, Hakan & Arslan, Murat & Demirok, Havvanur. (2019). Yenilenebilir enerji sistemlerinde hibrit güç sisteminin ekonomik analizi ve performansına genel bir bakış. *Mühendislik Alanında Araştırma Makaleleri*.

Türkiye illeri rüzgar enerjisi potansiyel atlası (TİREPA) (2020). [Erişim: 08.08.2020, <https://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/REPA>]

Türkiye Rüzgar Enerjisi İstatistik Raporu (TREİR) (2019). Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği, 1-27. [Erişim: 17.09.2019, <https://tureb.com.tr/lib/uploads/4e77501b714739a9.pdf>].

Türkiye Bölgesel Güneş Haritası (TBGH). *İndeks A.Ş.* [Erişim: 19.09.2019, <http://www.ındeks.com.tr/gunes-enerjisi/turkiye-gunes-haritasi>].

Türkiye elektrik iletim A.Ş. Sektör Raporları (TEİAŞSR) (2019). [Erişim: 10.09.2019, <https://webapi.teias.gov.tr/file/8d0f6d31-c183-4de6-a462-9ff13e52ad7f?download>].

Türkyılmaz, T. & Kurban, M. (2017b). A New Land Modeling and Application that can be Used in Wind Energy Potential Determination. *International Journal of Energy Engineering*. 7(2), 51-54.

Türkyılmaz, T. ve Kurban, M. (2017a). Dikdörtgensel Arazi Yaklaşımı Kullanılarak Öngörülse Bir Rüzgar Haritası Oluşturulması. *II. International Academic Research Congress (INES2017)*, 18-21 Ekim, Antalya, 1228-1234.

Türkyılmaz, T. ve Kurban, M. (2019a). Rüzgar Enerjisi Sistemlerinin Sivrihisar Bölgesi için Analizi ve Uygulaması. *International Congress Of Energy Economy And Security*, 6-7 Nisan, İstanbul, 78-98.

Türkyılmaz, T. ve Kurban, M. (2019b). İnhisar / Bilecik Bölgesi için Rüzgar-Fotovoltaik Hibrit Enerji Sisteminin Modellemesi ve Karşılaştırmalı Analizi. *International Congress of Energy Economy and Security*, 6-7 Nisan, İstanbul, 117-130.

Wagner, H.-J., & Mathur, J. (2009). Introduction to Wind Energy Systems. *Green Energy and Technology*. doi:10.1007/978-3-642-02023-0.

Wilburn, D.R. (2011). Wind Energy in the United States and Materials Required for the Land-Based Wind Turbine Industry From 2010 Through 2030. *Scientific Investigations Report 2011–5036*, 1-21.

Wind Energy Technologies Office (WETO). *The Inside of a Wind Turbine*, [Erişim: 17.09.2019, <https://www.energy.gov/eere/wind/inside-wind-turbine>]

Wind Turbine Yaw Mechanism (WTYM) (2020). [Erişim: 31.01.2020. <http://xn--drmsttre-64ad.dk/wp-content/wind/miller/windpower%20web/en/tour/wtrb/yaw.htm>]

Yılmaz, Ş. (2007). *Doğu Anadolu bölgesi illerinin iklim verileri, rüzgar ve güneş enerjisi potansiyelinin belirlenmesi*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.

Yong, H. O. U., Yidong, P. E., Johnson, A. L. & Jing, S. H. (2012). Empirical Analysis of wind Power Potential at Multiple Heights for North Dakota Wind Observation Sites. *Energy Science & Technology*. 4(1), 1-9.





EKLER

EK-1 MGM Veri Okuma ve Rüzgar Parametreleri Hesaplama Yazılımı

Sekiz sütunlu iki milyondan fazla satırlı MGM verilerini hesaplamaya hazırlayan yazılımın bir kısmı aşağıda verilmiştir:

```
Sub DG1_MGM_RUZGAR_OKU()  
    Static DOSYA = Application.StartupPath & "\\VERILER\  
    OpenFileDialog1.InitialDirectory = Path.GetDirectoryName(DOSYA)  
    OpenFileDialog1.Filter = "txt|*.txt|*.*|*.*"  
    OpenFileDialog1.FileName = ""  
    If OpenFileDialog1.ShowDialog() <> Windows.Forms.DialogResult.OK Then Exit Sub  
    DOSYA = OpenFileDialog1.FileName  
    Cursor = Cursors.WaitCursor  
    TB01_DOSYA.Text = OpenFileDialog1.FileName  
  
    Dim D1 As New Collection  
    Dim S1() As String  
    Dim DN_TABLE_MGM As DataTable  
    Dim D2 As New Collection  
  
    For Each line As String In System.IO.File.ReadAllLines(DOSYA)  
        line = line.Replace(Chr(63) & Chr(32), Chr(9))  
        line = line.Replace(".", ",")  
        line = line.Replace("|", Chr(9))  
*  
*  
*  
*  
*  
  
    DN_TABLE_MGM = New DataTable  
    For C = 0 To DG1_MGM_RUZGAR.ColumnCount - 1  
        DN_TABLE_MGM.Columns.Add(DG1_MGM_RUZGAR.Columns(C).HeaderText, GetType(String))  
        If Mid(DG1_MGM_RUZGAR.Columns(C).DefaultCellStyle.Format(), 1, 1) = "N" Then  
            DN_TABLE_MGM.Columns(C).DataType = GetType(Double)  
        End If  
    Next  
    DN_TABLE_MGM.Rows.Clear() : D1.Remove(1) : Dim S2 As New ArrayList  
    For Each S() As String In D1  
        S2 = New ArrayList : S2.AddRange({DN_TABLE_MGM.Rows.Count + 1}) : S2.AddRange(S)  
        Do While S2.Count > DN_TABLE_MGM.Columns.Count : S2.RemoveAt(S2.Count - 1) : Loop  
        DN_TABLE_MGM.Rows.Add(S2.ToArray)  
    Next  
    REM *** VERİLERİ GÖSTER***  
    DG1_MGM_RUZGAR.AutoGenerateColumns = True  
    DG1_MGM_RUZGAR.Columns.Clear() : DG1_MGM_RUZGAR.DataSource = DN_TABLE_MGM  
    DG1_MGM_RUZGAR.AutoGenerateColumns = False  
    REM *** BİÇİMLERİ UYGULA***  
    For C = 0 To BICIMLER.Count - 1 : DG1_MGM_RUZGAR.Columns(C).DefaultCellStyle =  
    BICIMLER(C) : Next C  
    For C = 0 To GENISLIKLER.Count - 1 : DG1_MGM_RUZGAR.Columns(C).Width =  
    GENISLIKLER(C) : Next C  
    DG1_MGM_RUZGAR.FirstDisplayedScrollingRowIndex = DN_TABLE_MGM.Rows.Count - 1  
    Cursor = Cursors.Default  
End Sub
```

EK-2 MGM Verilerini Süzme ve Rüzgar Parametreleri Hesaplama Yazılımı

MGM verileri bölge bazında süzülerek rüzgar parametrelerini hesaplayan yazılımın bir kısmı aşağıda verilmiştir:

```
Private Sub DG3_PERFORMANS_SEC_HESAPLA_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
DG3_PERFORMANS_SEC_HESAPLA.Click
    Static DOSYA = Application.StartupPath & "\\VERILER\"
    OpenFileDialog1.InitialDirectory = Path.GetDirectoryName(DOSYA)
    OpenFileDialog1.ValidateNames = False
    OpenFileDialog1.CheckFileExists = False
    OpenFileDialog1.CheckPathExists = True
    OpenFileDialog1.Filter = "txt|*.txt|*.*|*.*"
    OpenFileDialog1.FileName = "DİZİN SEÇİNİZ..."
    OpenFileDialog1.Title = "VERİLER DİZİNİNİ SEÇİNİZ..."
    If OpenFileDialog1.ShowDialog() <> Windows.Forms.DialogResult.OK Then Exit Sub
    DOSYA = OpenFileDialog1.FileName

    TB03_DOSYA.Text = Path.GetDirectoryName(DOSYA) & "\"
    Cursor = Cursors.WaitCursor
    Dim DIZIN = IO.Path.GetDirectoryName(DOSYA) & "\"

    Dim DOSYALAR As New ArrayList
    For Each D As String In Directory.GetFiles(DIZIN, "*.TXT", CheckBox1.CheckState)
        If UCase(Path.GetExtension(D)) = ".TXT" Then DOSYALAR.Add(D)
    Next

*
*
*
*
*

    Dim TEMPK As ArrayList
    For K = 0 To SONUCLAR.Count - 2
        For L = K + 1 To SONUCLAR.Count - 1
            If SONUCLAR(L)(3) > SONUCLAR(K)(3) Then
                TEMPK = SONUCLAR(K) : SONUCLAR(K) = SONUCLAR(L) : SONUCLAR(L) = TEMPK
            End If
        Next L
    Next K
    REM SIRALAMA
    For K = 0 To SONUCLAR.Count - 1 : SONUCLAR(K)(0) = K + 1 : Next
    DG3_MGM_PERFORMANS.Rows.Clear()
    For Each R As ArrayList In SONUCLAR : DG3_MGM_PERFORMANS.Rows.Add(R.ToArray) : Next

    If DG3_MGM_PERFORMANS.Rows.Count > 0 Then _
    DG3_MGM_PERFORMANS.FirstDisplayedScrollingRowIndex = DG3_MGM_PERFORMANS.Rows.Count -
1
    DG3_MGM_PERFORMANS.AutoSizeColumns()

    Cursor = Cursors.Default

    MsgBox(FN_DİL("PERFORMANS HESAPLAMA TAMAMLANDI..."))
End Sub
```

EK-3 Türkçe/İngilizce Dil Desteği

Yazılım İngilizce ve Türkçe dillerini desteklemektedir. Dil destek yazılımının bir kısmı aşağıda verilmiştir:

```
Sub DİL_AYARLA()  
  DİL = New Collection : If DİL_SEÇİM = -1 Then Exit Sub  
  DİL.Add({"RÜZGAR VE GÜNEŞ ENERJİ SİSTEMLERİNİN ANALİZİ VE UYGULAMASI", "ANALYSIS AND  
APPLICATION OF WIND AND SOLAR ENERGY SYSTEMS"})  
  DİL.Add({"DESTEK", "SUPPORT"})  
  DİL.Add({"RTF HAZIRLAMA", "RTF HAZIRLAMA"})  
  DİL.Add({"DİL HAZIRLAMA", "LANGUAGE PREPARATION"})  
  DİL.Add({"FORMÜLLER", "FORMULAS"})  
  DİL.Add({"DOSYA-BYTE", "FILE-BYTE"})  
  DİL.Add({"RT", "RT"})  
  DİL.Add({"GÖZAT", "BROWSE"})  
  DİL.Add({"DİL SEÇİMİ", "LANGUAGE SELECTION"})  
  DİL.Add({"DİL YOK", "NO LANGUAGE"})  
  DİL.Add({"TÜRKÇE", "TURKISH"})  
  DİL.Add({"İNGİLİZCE", "ENGLISH"})  
  DİL.Add({"RÜZGAR", "WIND"})  
  DİL.Add({"TEST AMAÇLI RÜZGAR VERİLERİ OLUŞTURMA", "CREATING WIND DATA FOR TEST"})  
  DİL.Add({"EŞ YÜKSELTİ EĞRİLERİ RENKLENDİRME", "COLORING CONTOUR LINES"})  
  DİL.Add({"RÜZVAR VERİLERİ SIKLIĞI", "FREQUENCY OF WIND DATA"})  
  DİL.Add({"FAİZ HESAPLAMA", "INTEREST CALCULATION"})  
  DİL.Add({"WEIBULL (K, C) -YÖN BİLGİSİ OLMAYAN VERİLER", "WEIBULL (K, C) -DATA  
WITHOUT DIRECTION"})  
  DİL.Add({"RÜZGAR HIZI HESAPLAMA (IN)", "WIND SPEED CALCULATION (IN)"})  
  DİL.Add({"WEIBULL (K, C) -YÖN BİLGİSİ OLAN VERİLER", "WEIBULL (K, C) -DATA WITH  
DIRECTION"})  
  DİL.Add({"RÜZGAR HIZI HESAPLAMA (HELLMANN)", "WIND SPEED CALCULATION (HELLMANN)"})  
  DİL.Add({"AYLIK VERİLERLE GELİR HESAPLAMA (HELLMANN)", "INCOME ACCOUNTING WITH  
MONTHLY DATA (HELLMANN)"})  
  DİL.Add({"YAZILIM BİLGİ SİSTEMİ (YBS)", "SOFTWARE INFORMATION SYSTEM (YBS)"})  
  DİL.Add({"WD EKLEMELİ (KÜMÜLATİF) OLASILIK FONKSİYONU ", "WD EKLEMELİ (KÜMÜLATİF)  
OLASILIK FONKSİYONU "})  
  DİL.Add({"WD OLASILIK YOĞUNLUK FONKSİYONU", "WD PROBABILITY DENSITY FUNCTION"})  
  DİL.Add({"SAATLİK VERİLERLE RÜZGAR ÇİFTLİĞİ (HELLMANN)", "WIND FARM WITH HOURLY DATA  
(HELLMANN)"})  
  DİL.Add({"AYLIK VERİLERLE RÜZGAR ÇİFTLİĞİ (HELLMANN)", "WIND FARM WITH MONTHLY DATA  
(HELLMANN)"})  
  DİL.Add({"MGM-VERİLER", "MGM-VERİLER"})  
  DİL.Add({"MGM-İSTASYONLAR", "MGM-STATIONS"})  
  DİL.Add({"WEIBULL DAĞILIMI GRAFİĞİ", "WEIBULL DISTRIBUTION GRAPHICS"})  
  DİL.Add({"HARİTA(RÜZGAR)", "MAPS (LAND)"})  
  B05.Text = FN_DİL("HEDEF YÜKSEKLİKTE HIZ TAHMİNİ (YÖNSÜZ)")  
  A03.Text = FN_DİL("RÜZVAR VERİLERİ SIKLIĞI")  
  B04.Text = FN_DİL("FAİZ HESAPLAMA")  
  A04.Text = FN_DİL("WEIBULL (K, C) -YÖN BİLGİSİ OLMAYAN VERİLER")  
  B03.Text = FN_DİL("RÜZGAR HIZI HESAPLAMA (IN)")  
  B06.Text = FN_DİL("WEIBULL (K, C) -YÖN BİLGİSİ OLAN VERİLER")  
  B02.Text = FN_DİL("RÜZGAR HIZI HESAPLAMA (HELLMANN)")  
  B07.Text = FN_DİL("AYLIK VERİLERLE GELİR HESAPLAMA (HELLMANN)")  
  B01.Text = FN_DİL("YAZILIM BİLGİ SİSTEMİ (YBS)")  
  Button3.Text = FN_DİL("WD EKLEMELİ (KÜMÜLATİF) OLASILIK FONKSİYONU ")  
  Button2.Text = FN_DİL("WD OLASILIK YOĞUNLUK FONKSİYONU")  
  B09.Text = FN_DİL("SAATLİK VERİLERLE RÜZGAR ÇİFTLİĞİ (HELLMANN)")  
  B08.Text = FN_DİL("AYLIK VERİLERLE RÜZGAR ÇİFTLİĞİ (HELLMANN)")  
  Button4.Text = FN_DİL("GÜNEŞLENME SAATİ HESAPLAMA")  
  C06_PV_AKIM_GERİLİM.Text = FN_DİL("PV AKIM/GERİLİM GRAFİĞİ")
```

EK-4 YBS Çizim Fonksiyonu Örneği

Yazılım bilgi sisteminde kullanılan kodun bir kısmı aşağıda verilmektedir.

```
Function YON12(Optional kx = 1, Optional ky = 1) As Bitmap
    Dim RESIM As New Bitmap(900, 550)
    Dim CIZ As Graphics = Graphics.FromImage(RESIM)
    Dim POL3 As List(Of Point)

    CIZ.TranslateTransform(0, 0)
    CIZ.ScaleTransform(kx, ky)
    CIZ.Clear(Color.White)

    CIZ.DrawLine(New Pen(Color.Black, 2), 253, 319, 322, 199)
    CIZ.DrawLine(New Pen(Color.Black, 2), 253, 319, 372, 250)
    CIZ.DrawLine(New Pen(Color.Black, 2), 253, 319, 391, 319)
    CIZ.DrawLine(New Pen(Color.Black, 2), 253, 319, 372, 388)
*
*
*
    CIZ_DRAWSTRING(CIZ, "NNW", 644, 503, 0, Brushes.Black, New Font("CALIBRI.TTF", 21),
StringAlignment.Center)
    CIZ_DRAWSTRING(CIZ, "12", 556, 503, 0, Brushes.Black, New Font("CALIBRI.TTF", 21),
StringAlignment.Center)
    CIZ_DRAWSTRING(CIZ, "315", 819, 468, 0, Brushes.Black, New Font("CALIBRI.TTF", 21),
StringAlignment.Center)
    CIZ_DRAWSTRING(CIZ, "285", 731, 468, 0, Brushes.Black, New Font("CALIBRI.TTF", 21),
StringAlignment.Center)
    CIZ_DRAWSTRING(CIZ, "NW", 644, 468, 0, Brushes.Black, New Font("CALIBRI.TTF", 21),
StringAlignment.Center)
    CIZ_DRAWSTRING(CIZ, "11", 556, 468, 0, Brushes.Black, New Font("CALIBRI.TTF", 21),
StringAlignment.Center)
    CIZ_DRAWSTRING(CIZ, "285", 819, 433, 0, Brushes.Black, New Font("CALIBRI.TTF", 21),
StringAlignment.Center)
    CIZ_DRAWSTRING(CIZ, "255", 731, 433, 0, Brushes.Black, New Font("CALIBRI.TTF", 21),
StringAlignment.Center)
    CIZ_DRAWSTRING(CIZ, "W", 644, 433, 0, Brushes.Black, New Font("CALIBRI.TTF", 21),
StringAlignment.Center)
    CIZ_DRAWSTRING(CIZ, "0", 570, 433, 0, Brushes.Black, New Font("CALIBRI.TTF", 21),
StringAlignment.Center)
    CIZ_DRAWSTRING(CIZ, "1", 556, 433, 0, Brushes.Black, New Font("CALIBRI.TTF", 21),
StringAlignment.Center)
    CIZ_DRAWSTRING(CIZ, "W", 76, 319, 0, Brushes.Black, New Font("arial", 18),
StringAlignment.Center)
    CIZ_DRAWSTRING(CIZ, "NW", 100, 231, 0, Brushes.Black, New Font("arial", 18),
StringAlignment.Center)
    CIZ_DRAWSTRING(CIZ, "NNW", 164, 166, 0, Brushes.Black, New Font("arial", 18),
StringAlignment.Center)
    CIZ_DRAWSTRING(CIZ, "N", 253, 142, 0, Brushes.Black, New Font("arial", 18),
StringAlignment.Center)
    CIZ_DRAWSTRING(CIZ, "RÜZGAR YÖNLERİ VE DERECELERİ (30 DERECE) ", 430, 42, 0,
Brushes.Blue, New Font("CALIBRIB.TTF", 23), StringAlignment.Center)
    Return RESIM
End Function
```

EK-5 Eş Yükselti Renklerini Hazırlama

Eş yükselti eğrileri renklendirme yazılımının bir kısmı aşağıda verilmektedir.

```
Private Sub Button13_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button13.Click
    ContextMenuStrip1.Visible = False
    Dim P1 As New Collection
    P1.Add({"{\rtf1\ansi\deff0"})
    P1.Add({"{\colortbl ;"}
    For r = 0 To DG2.Rows.Count - 1
        P1.Add({"\red" & DG2(1, r).Value & _
                "\green" & DG2(2, r).Value & _
                "\blue" & DG2(3, r).Value & ";"})
    Next
    P1.Add({"})")
    P1.Add({"\trowd \trautofit1"})
    P1.Add({"\cellx500"})
    P1.Add({"\cellx1600"})
    P1.Add({"\intbl \qc " & "Renkler" & "\cell"})
    P1.Add({"\qc " & "Yükseklik" & "\cell"})
    P1.Add({"\row"})
    For r = 0 To DG2.Rows.Count - 1
        P1.Add({"\trowd"})
        P1.Add({"\clcbpat" & Trim(r + 1) & "\cellx500"})
        P1.Add({"\cellx1600"})
        P1.Add({"\intbl \qc " & "" & "\cell"})
        P1.Add({"\qc " & DG2(4, r).Value & "\cell"})
        P1.Add({"\row"})
    Next r
    P1.Add({"})")

    Dim RTF As String
    For L = 1 To P1.Count
        RTF &= P1(L)(0) & vbCrLf
    Next
    Clipboard.SetText(RTF, TextDataFormat.Rtf)
End Sub
```

EK-6 Güç Halkaları

Rüzgar türbinlerinde rotor çapı güç ilişkisi bilgi sayfasını gösteren yazılımın bir kısmı aşağıda verilmektedir.

```
Function GUC_HALKALARI2(Optional kx = 0.7, Optional ky = 0.7) As Bitmap

Dim RESIM As New Bitmap(450, 400)
Dim CIZ As Graphics = Graphics.FromImage(RESIM)
Dim POL3 As List(Of Point)

CIZ.TranslateTransform(0, 0)
CIZ.ScaleTransform(kx, ky)
'CIZ.Clear(Color.White)

CIZ.DrawEllipse(New Pen(Color.Black, 2), 366, 429, 23, 23)
POL3 = New List(Of Point)
POL3.Add(New Point(474, 496))
POL3.Add(New Point(474, 496))
POL3.Add(New Point(475, 497))
POL3.Add(New Point(475, 497))
POL3.Add(New Point(476, 498))
POL3.Add(New Point(476, 498))
POL3.Add(New Point(477, 499))
POL3.Add(New Point(477, 499))
POL3.Add(New Point(477, 500))
POL3.Add(New Point(477, 501))
POL3.Add(New Point(475, 505))
POL3.Add(New Point(475, 506))
POL3.Add(New Point(474, 506))
POL3.Add(New Point(473, 507))
POL3.Add(New Point(473, 507))
POL3.Add(New Point(472, 507))
POL3.Add(New Point(471, 507))
*
*
*
*
*
CIZ_DRAWSTRING(CIZ, "80 m", 45, 90, 0, Brushes.Black, New Font("arial", 23),
StringAlignment.Center)
CIZ_DRAWSTRING(CIZ, "70 m", 45, 148, 0, Brushes.Black, New Font("arial", 23),
StringAlignment.Center)
CIZ_DRAWSTRING(CIZ, "64 m", 45, 207, 0, Brushes.Black, New Font("arial", 23),
StringAlignment.Center)
CIZ_DRAWSTRING(CIZ, "54 m", 45, 265, 0, Brushes.Black, New Font("arial", 23),
StringAlignment.Center)
CIZ_DRAWSTRING(CIZ, "40 m", 45, 324, 0, Brushes.Black, New Font("arial", 23),
StringAlignment.Center)
Return RESIM
End Function
```

EK-7 Rüzgar Gülü Çizimi

Rüzgar hızı ve yönü verilerini kullanarak rüzgar güünü çizen bir kısmı aşağıda verilmektedir.

```
Sub CM_DG1_WIND_ROSE()  
  If DG1_TUM_VERILER.Rows.Count = 0 Then  
    PictureBox1.Image = Nothing  
    Exit Sub  
  End If  
  Dim D1 As Integer = PictureBox1.Width  
  Dim PUSULA As Boolean = False  
  Dim YONLER As New Collection  
  For R = 0 To DG1_TUM_VERILER.Rows.Count - 1  
    YONLER.Add({DG1_TUM_VERILER(0, R).Value, Val(Replace(DG1_TUM_VERILER(2, R).Value,  
",", "."))})  
  Next  
  Dim YONACI As Double = 360 / YONLER.Count  
  
  Dim YONMAX = {1, YONLER(1)(1)}  
  For Y = 2 To YONLER.Count  
    If YONMAX(1) < YONLER(Y)(1) Then YONMAX = {Y, YONLER(Y)(1)}  
  Next  
  *  
  *  
  *  
  *  
  *  
  *  
  
  Dim RX As Integer, RY As Integer, ACI0 As Double, ACI1 As Double, ACI2 As Double  
  Dim D2 As Integer = D1 - 60 : Dim R2 As Integer = D2 / 2  
  Dim R3 As Integer = R2 + 20  
  If YONLER.Count = 0 Then Exit Sub  
  
  Dim YMAX As Double = 0  
  For Y = 1 To YONLER.Count  
    If YONLER(Y)(1) > YMAX Then YMAX = YONLER(Y)(1)  
  Next  
  Dim CARPAN = D2 / YMAX  
  
  CIZ.DrawLines(New Pen(Brushes.Red, 2), POL3.ToArray)  
  CIZ.FillPolygon(Brushes.Red, POL3.ToArray)  
  CIZ_DRAWSTRING(CIZ, "E", 53, 30, 0, Brushes.Red, New Font("arial", 8,  
  FontStyle.Bold),  
  StringAlignment.Center)  
  CIZ_DRAWSTRING(CIZ, "S", 30, 53, 0, Brushes.Red, New Font("arial", 8,  
  FontStyle.Regular),  
  StringAlignment.Center)  
  CIZ_DRAWSTRING(CIZ, "W", 8, 30, 0, Brushes.Red, New Font("arial", 8,  
  FontStyle.Regular),  
  StringAlignment.Center)  
  CIZ_DRAWSTRING(CIZ, "N", 30, 8, 0, Brushes.Red, New Font("arial", 8,  
  FontStyle.Regular),  
  StringAlignment.Center)  
  End If  
  PictureBox1.Image = RESIM  
End Sub
```

EK-8 Rüzgar Hızları Aylık Ortalama Hesaplama

Dönemsel rüzgar hızı verilerini kullanarak aylık ortalama rüzgar hızı ortalama hesaplamalarını yapan yazılımın bir kısmı aşağıda verilmektedir.

```
Sub DG6_RUZGAR_TARİH_HIZ_AYLIK_ORT_HESAPLA()
    Dim DG1 As DataGridView = DG6_RUZGAR_SAAAT_ORT
    DG1.DataSource = Nothing : DG1.Columns.Clear() : DG1.Refresh()
    For Each r As DataGridViewRow In DG_WEIBULL.Rows : r.Cells(1).Value = "" : Next :
    DG_WEIBULL.Refresh()

    If DG5_RUZGAR_SAAAT.DataSource Is Nothing Then Exit Sub
    Cursor = Cursors.WaitCursor
    Dim dt1 As DataTable = DG5_RUZGAR_SAAAT.DataSource
    Dim dt2 As DataTable = dt1.Copy
    For Each R As DataRow In dt2.Rows : R(1) = Mid(R(1), 5, 6) : Next

    Dim R1 As DataTable, SONUC As New ArrayList, ORT As Double, N As Long
    Dim TRH As DataTable = dt2.DefaultView.ToTable(True, dt2.Columns(1).ColumnName)
    For Each R As DataRow In TRH.Rows
        R1 = dt2.Select("[ " & dt2.Columns(1).ColumnName & "]" & "=" & R(0)).CopyToDataTable
        ORT = R1.Compute("AVG([ " & R1.Columns(2).ColumnName & "])", "")
        N = R1.Rows.Count
        SONUC.Add(New String() {SONUC.Count + 1, R1(0)(1), ORT, N})
    Next
    *
    *
    *
    *
    dt2.Rows.Clear() : For Each R As String() In SONUC : dt2.Rows.Add(R) : Next
    dt2.DefaultView.Sort = dt2.Columns(1).Caption & " ASC"
    DG1.DataSource = dt2
    DG1.FirstDisplayedScrollingRowIndex = DG1.Rows.Count - 1
    For Each C As DataGridViewColumn In DG1.Columns
        C.DefaultCellStyle.Alignment = DataGridViewContentAlignment.MiddleCenter
    Next

    FN_WEIBULL_HESAPLAMA(DG6_RUZGAR_SAAAT_ORT)
    Cursor = Cursors.Default
End Sub
```

EK-9 Rüzgar Enerjisi ve Gelirleri Hesaplama

Rüzgar enerjisi ve gelirlerini hesaplayan yazılımın bir kısmı aşağıda verilmiştir:

```
Private Sub DG7_REFERANS_GELİR_HESAPLA_12_AYLIK1()
    On Error Resume Next

    If DG6_RUZGAR_SAAT_ORT.Rows.Count <= 0 Then
        MsgBox(FN_DİL("Saatlik verilerin hesaplanması gerekmektedir"))
        TabControl1.SelectedIndex = 3
        Exit Sub
    End If
    Dim DN_RT_H As Double = TB02_RT_H.Text
    Dim DN_RT_V As Double
    Dim DN_ANE_H As Double = TB07_ANEM_H.Text
    Dim DN_ANE_V As Double = TB07_ANEM_H.Text
    Dim DN_YUZEY_PURUZ As Double = TB11_YUZEY_PRUZ.Text
    Dim TL_UCRET As Decimal = TB12_BIRIM_TL.Text
    Dim DN_RT_WATT As Double
    Dim CARPIM_4_5 As Double
    Dim TL_GELIR As Double
    Dim TOPLAM_kWh As Double
    Dim TOPLAM_TL As Double
    REM ***HESAPLAMA HAZIRLA***
    Dim D1, S1 As New ArrayList
    For Each R As DataGridViewRow In DG6_RUZGAR_SAAT_ORT.Rows
        S1 = New ArrayList({D1.Count + 1, R.Cells(1).Value, R.Cells(2).Value})

        DN_RT_V = FN_V_TURBIN(DN_RT_H, DN_ANE_H, DN_YUZEY_PURUZ, R.Cells(2).Value) :
    S1.Add(DN_RT_V)
        DN_RT_WATT = FN_RT_HIZ_GUC(TB01_TURBIN_ADI.Text, DN_RT_V) : S1.Add(DN_RT_WATT) :
    S1.Add(1)
        CARPIM_4_5 = DN_RT_WATT * S1(S1.Count - 1) : S1.Add(CARPIM_4_5)
        TL_GELIR = TL_UCRET * CARPIM_4_5 : S1.Add(TL_GELIR)
        TOPLAM_kWh += S1(6) : S1.Add(TOPLAM_kWh)

*
*
*
*
        For Each C As DataGridViewColumn In DG1.Columns
            If Mid(C.DefaultCellStyle.Format, 1, 1) = "N" Then DT1.Columns(C.Index).DataType =
GetType(Double)
        Next
        For Each r As ArrayList In D1 : DT1.Rows.Add(r.ToArray()) : Next
        DG1.Columns.Clear() : DG1.DataSource = DT1
        For Each C As DataColumn In DT1.Columns
            If C.DataType = GetType(Double) Then :
DG1.Columns(DT1.Columns.IndexOf(C)).DefaultCellStyle.Format = "N2" : End If
        Next
        DG1.FirstDisplayedScrollingRowIndex = DG1.Rows.Count - 1
        REM ***D1 ARRAYLIST ----> DG1 DATAGRIDVIEW GÖRÜNTÜLEME***
        TB14_TOPLAM_GELIR1.Text =
FormatCurrency(DG7_RT_GELIR_12AY(DG7_RT_GELIR_12AY.ColumnCount - 1,
DG7_RT_GELIR_12AY.Rows.Count - 1).Value)

    End Sub
```

Ek-10 PV Güneş Enerjisi ve Gelirleri Hesaplama

PV güneş enerjisi ve gelirlerini hesaplayan yazılımın bir kısmı aşağıda verilmiştir:

```
Private Sub CM_DG3_PV_HESAPLA()  
    'On Error Resume Next  
    Cursor = Cursors.WaitCursor  
    TB03_PV_RAPOR.Text = CB01_SECILEN_PV.Text & " (KURULU GÜÇ= " &  
    TB02_PV_TOPLAM_GUC_W.Text & "watt)"  
    REM *** DATATABLE HAZIRLA***  
    Dim DN_TABLE_PV = New DataTable  
    For C = 0 To DG3_PV_HESAPLA.ColumnCount - 1  
        DN_TABLE_PV.Columns.Add(DG3_PV_HESAPLA.Columns(C).HeaderText, GetType(Double))  
        If Mid(DG3_PV_HESAPLA.Columns(C).DefaultCellStyle.Format(), 1, 1) = "N" Then  
            DN_TABLE_PV.Columns(C).DataType = GetType(Double)  
        End If  
    Next  
    REM ***HESAPLA TABLO DOLDUR***  
    Dim PV_TOPLAM_GUC As Double = TEXT_2_DOUBLE(TB02_PV_TOPLAM_GUC_W.Text)  
    Dim GUC_SAAATLIK As Double, GUC_SISTEM_WH As Double, GUC_SISTEM_KWH As Double  
    Dim GUC_SISTEM_KWH_TOPLAM As Double = 0, GUC_SISTEM_TL_TOPLAM As Double = 0  
    Dim TL_kwh As Double = TB02_KWH_TL_DEGER.Text  
    DN_TABLE_PV.Rows.Clear()  
    For Each R As DataRow In DN_TABLE_PV.Rows  
        GUC_SAAATLIK = R(2)  
        GUC_SISTEM_WH = GUC_SAAATLIK * PV_TOPLAM_GUC / 1000  
        GUC_SISTEM_KWH = GUC_SISTEM_WH / 1000  
        GUC_SISTEM_KWH_TOPLAM += GUC_SISTEM_KWH  
        GUC_SISTEM_TL_TOPLAM = GUC_SISTEM_KWH_TOPLAM * TL_kwh  
        DN_TABLE_PV.Rows.Add( _  
            DN_TABLE_PV.Rows.Count + 1,  
            R(1),  
            GUC_SAAATLIK,  
            GUC_SISTEM_WH,  
            GUC_SISTEM_KWH,  
            GUC_SISTEM_KWH_TOPLAM,  
            GUC_SISTEM_TL_TOPLAM)  
    Next  
    REM***BİÇİMLERİ YEDEKLE***  
    Dim BICIMLER As New ArrayList  
    For C = 0 To DG3_PV_HESAPLA.ColumnCount - 1 :  
        BICIMLER.Add(DG3_PV_HESAPLA.Columns(C).DefaultCellStyle) : Next  
    Dim GENISLIKLER As New ArrayList : For C = 0 To DG3_PV_HESAPLA.ColumnCount - 1 :  
        GENISLIKLER.Add(DG3_PV_HESAPLA.Columns(C).Width)  
    Next  
    REM***VERILERİ GÖSTER**  
    DG3_PV_HESAPLA.AutoGenerateColumns = True  
    DG3_PV_HESAPLA.Columns.Clear() : DG3_PV_HESAPLA.DataSource = DN_TABLE_PV  
    DG3_PV_HESAPLA.AutoGenerateColumns = True  
    REM ***FORMATLARI UYGULA***  
    For C = 0 To BICIMLER.Count - 1 : DG3_PV_HESAPLA.Columns(C).DefaultCellStyle =  
        BICIMLER(C) : Next  
    For C = 0 To GENISLIKLER.Count - 1 : DG3_PV_HESAPLA.Columns(C).Width =  
        GENISLIKLER(C) : Next  
    If DG3_PV_HESAPLA.Rows.Count > 0 Then DG3_PV_HESAPLA.FirstDisplayedScrollingRowIndex  
    = DG3_PV_HESAPLA.Rows.Count - 1  
    Cursor = Cursors.Default  
End Sub
```

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Telat TÜRKYILMAZ
Doğum Yeri ve Tarihi : Çaycuma/Zonguldak - 05.05.1965



Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü
Talaşlı Üretim Anabilim dalı
Yüksek Lisans Öğrenimi : Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Bölümü
Talaşlı Üretim Anabilim dalı
Bildiği Yabancı Diller : İngilizce (ÜDS: 70)
Bilimsel Faaliyetleri :

İş Deneyimi

Stajlar

Projeler - YÖK/Dünya Bankası, 1994, II. Endüstriyel Eğitim Projesi, İngiltere, Bursiyer.
- TÜBİTAK (4004) Mühendislik Bilim Okulu, Görevi: Rehber, Yürütücü Kurum: Bilecik Üniversitesi, Etkinlik Tarihi: 7-15/09/2012, Proje No:112B111, Proje Bütçesi: 63.132,63 TL.
- BAP, 2014, İnsansız Hava Aracı Test Düzenineğinin Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi, Yürütücü Kurum: Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Görevi: Araştırmacı, Proje No: 02.BİL.03-01, Proje Bütçesi: 12.524,88 TL.

Çalıştığı Kurumlar

-Teknik Öğretmen (1986-1992), Milli Eğitim Bakanlığı Yapı Meslek Lisesi İş Makinaları Bölümü
-Öğretim Görevlisi (1992-2007), Anadolu Üniversitesi Meslek Yüksekokulu Makine Programı
-Öğretim Görevlisi (2007-), Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Meslek Yüksekokulu Makine Programı

İletişim

Adres Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Meslek Yüksekokulu Makine Programı
Gülümbe kampüsü/BİLECİK

E-Posta Adresi telat.turkyilmaz@bilecik.edu.tr

Akademik Çalışmaları

Uluslararası Hakemli Dergilerde Yayımlanan Makaleler:

- **Türkyılmaz Telat, Kurban Mehmet** (2017). A New Land Modeling and Application that can be used in Wind Energy Potential Determination. *International Journal of Energy Engineering*, 7(2), 51-54. (Yayın No: 3739198)

Uluslararası Bilimsel Toplantılarda Sunulan Ve Bildiri Kitaplarında (Proceedings) Basılan Bildiriler:

- **Türkyılmaz Telat, Kurban Mehmet** (2019). Rüzgar Enerjisi Sistemlerinin Sivrihisar Bölgesi için Analizi ve Uygulaması. *ENSCON'xx19 International Congress of Energy Economy and Security* (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:5556751)
- **Türkyılmaz Telat, Kurban Mehmet** (2019). İnhisar / Bilecik Bölgesi için Rüzgâr-Fotovoltaik Hibrit Enerji Sisteminin Modellemesi ve Karşılaştırmalı Analizi. *ENSCON'xx19 International Congress of Energy Economy and Security* (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:5556758)
- **Türkyılmaz Telat** (2018). Introduction by Developed Software of Spur Gear Calculations and Manufacturing. *5th International Conference on Social Sciences and Education Research-ICSER2018* (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:4252666)
- **Türkyılmaz Telat, Türkyılmaz Serpil** (2017). Soru Bankası ve Çoktan Seçmeli Sınav Grupları Hazırlama Yazılımı. *II. International Academic Research Congress-INES2017* (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:3739276)
- **Türkyılmaz Telat, Kurban Mehmet** (2017). Dikdörtgensel Arazi Yaklaşımı Kullanarak Öngörülse Bir Rüzgar Haritası Oluşturma. *II. International Academic Research Congress-INES2017* (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:3739317)

Yazılan Ulusal/Uluslararası Kitaplar veya Kitaplardaki Bölümler

- **Türkyılmaz Telat, Türkyılmaz Serpil** (2018). Soru Bankası ve Çoktan Seçmeli Sınav Grupları Hazırlama Yazılımı. Prof. Dr. Hasan BABACAN, Prof. Dr. Tanja SOLDATOVIC (Ed.), *Mühendislik Alanında Akademik Araştırmalar-Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği Çalışmaları*, 978-605-288-390-7, Gece Kitaplığı, Ankara, s. 25-36.

Ulusal Hakemli Dergilerde Yayımlanan Makaleler

- **Yüzgeç, Uğur & Ökten, Irfan & Üçgün, Hakan & Gün, Ali Rıza & Türkyılmaz, Telat & Kesler, Metin & Karakuzu, Cihan & Ucar, Gokhan.** (2016). Development Of The Test Platform For Rotary Wing Unmanned Air Vehicle. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*. 3. 18-24.

Ulusal Bilimsel Toplantılarda Sunulan Ve Bildiri Kitaplarında Basılan Bildiriler

- **Türkyılmaz Telat, Kurban Mehmet** (2018). Güneş ve Rüzgar Enerjisi Potansiyel Analizi için Geliştirilen Bilgisayar Yazılımı. UGHEK2018-VI. *Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)*(Yayın No:4269905)
- **Türkyılmaz Telat, Kurban Mehmet** (2018). PV Sistemlerin Seçiminde Kullanılan Parametreler ve Performans Analizleri. UGHEK2018-VI. *Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi (/Poster)*(Yayın No:4269906)

Üniversite Dışı Deneyim

- 1986-1992 Teknik Öğretmen Milli Eğitim Bakanlığı, Yapı Meslek Lisesi İş Makinaları Bölümü