



T. C.

**ORDU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ FİZİBİLİTE
ANALİZİ**

HARUN SİNAN KETENCİ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
YENİLENEBİLİR ENERJİ ANABİLİM DALI**

ORDU 2019

T.C.
ORDU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YENİLENEBİLİR ENERJİ ANABİLİM DALI

**YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ FİZİBİLİTE
ANALİZİ**

HARUN SİNAN KETENCİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ORDU 2019

TEZ ONAY

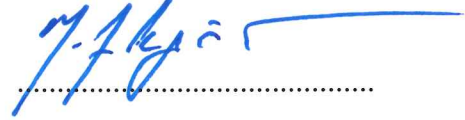
Harun Sinan KETENCİ tarafından hazırlanan “YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ FİZİBİLİTE ANALİZİ” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 19.08.2019 tarihinde yapılmış ve jüri tarafından oy birliği ile Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü YENİLENEBİLİR ENERJİ ANABİLİM DALI YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman
Dr.Öğr.Üyesi Mithat AKGÜN

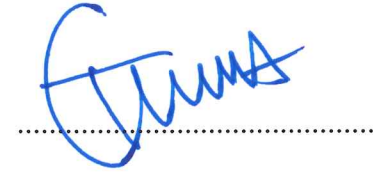
Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Mithat AKGÜN
Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü,
TBMYO, Ordu Üniversitesi



Üye
Prof. Dr. Tahsin TONKAZ
Biyosistem Mühendisliği, Ziraat Fakültesi,
Ordu Üniversitesi



Üye
Dr. Öğr. Üyesi Cemalettin AYGÜN
Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü,
Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi,
Gümüşhane Üniversitesi



05/09/2019 tarihinde enstitüye teslim edilen bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulu'nun 06/09/2019 tarih ve 2019/573 sayılı kararı ile onaylanmıştır.



Enstitü Müdürü
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Sami GÜLER



TEZ BİLDİRİMİ

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan ve kullanılan intihal tespit programının sonuçlarına göre; bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.



HARUN SİNAN KETENCİ

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ FİZİBİLİTE ANALİZİ

HARUN SİNAN KETENCİ

ORDU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YENİLENEBİLİR ENERJİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ, 76 SAYFA

TEZ DANIŞMANI: Dr. Öğr. Üyesi Mithat AKGÜN

Ülkelerin, ekonomik ve sosyal olarak kalkınmasında enerji son derece önemli bir rol oynamaktadır. Her geçen gün nüfusun artması, teknolojiye ilerleme, sanayileşme gibi unsurlar enerji ihtiyacını arttırmaktadır. Bu enerji çoğunlukla fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. Fosil yakıtların hızla tükenmesi ve çevreye olan zararlarından dolayı temiz ve sürekliliği olan enerji kaynaklarının araştırılmasını ve kullanımını zorunlu kılmıştır.

Yenilenebilir enerji, ülkelerin kendi enerji ihtiyaçlarını yerli kaynaklarla karşılayarak dışa bağımlılıklarının azaltılması açısından oldukça önemlidir. Ayrıca kaynakları çeşitlendirerek sürdürülebilir enerji kullanımının sağlanması ve çevreye verilen zararların en aza indirilmesi açılarından son derece önemli bir yere sahiptir.

Ülkemiz bulunduğu coğrafi konumu ve jeopolitik yapısı nedeniyle bütün yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanma imkanına sahiptir. AB ülkeleri ile karşılaştırıldığında ülkemizin, özellikle hidrolik, jeotermal, rüzgâr ve güneş enerjisi potansiyelleri bakımından, son derece elverişli bir konuma sahip olduğu görülmektedir.

Ülkemizde de yenilenebilir enerji alanında önemli ilerlemeler kaydedilmektedir. 2018 yıl sonu itibarıyla Türkiye'nin yenilenebilir enerji toplam kurulu gücü yaklaşık 42.45 GW olarak hesaplanırken, toplam elektrik üretiminin ise %47.94'ü yenilenebilir kaynaklar tarafından karşılanmaktadır.

Türkiye gelecek planlamaları kapsamında yenilenebilir enerji konusuna ayrı bir önem vermekte ve ülkemizde bu kaynakların kullanımına yönelik yatırımcılara hem fizibilite hem de teşvikler verilmektedir.

Bu tez çalışması ile ülkemizde önemli potansiyele sahip olan; özelde güneş ve rüzgâr enerjisinin fizibilite analizini yapacak, genelde ise eklenecek modüller yardımıyla tüm yenilenebilir enerji kaynaklarının fizibilite analizinin yapılabileceği bir yazılım programı geliştirilmiştir.

Bu yazılım yardımıyla yenilenebilir enerji alanında yatırım yapılması istenen il seçilerek otomatik olarak program tarafından fizibilite analizi yapılması sağlanmış, bu sayede planlanan yatırımın verimli olup olmadığı ve yatırım geri dönüş süresi belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji, Enerji Fizibilitesi, Fizibilite Programı

ABSTRACT

FEASIBILITY ANALYSIS OF RENEWABLE ENERGY SOURCES

HARUN SİNAN KETENCİ

**ORDU UNIVERSITY INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED
SCIENCES**

RENEWABLE ENERGY

MASTER THESIS, 76 PAGES

SUPERVISOR: Dr.Öğr.Üyesi Mithat AKGÜN

Energy plays an extremely important role in the economic and social development of countries. Increasing the population every day, progress in technology, industrialization, such elements increase the need for energy. This energy is mostly from fossil fuels meets. It mandated the exploration and use of clean and sustainable energy sources due to the rapid depletion of fossil fuels and their damage to the environment.

Renewable energy is very important in terms of reducing the external dependence of countries by meeting their own energy needs with domestic resources. In addition, it has an important place in terms of ensuring sustainable energy use by diversifying resources and minimizing the damage to the environment.

Our country has the opportunity to benefit from all renewable energy sources due to its geographical location and geopolitical structure. In comparison with EU countries, our country has a very favorable position, especially in terms of hydraulic, geothermal, wind and solar energy potentials.

In our country, significant progress is being made in the field of renewable energy. As of the end of 2018, Turkey's total installed power of renewable energy is approximately 42.45 GW, while 47.94% of total electricity generation is covered by renewables.

In the context of future planning, Turkey gives a separate importance to renewable energy and in our country, both feasibility and incentives are given to investors for the use of these resources.

In this thesis, a software program has been developed in which all renewable energy sources can be analyzed with the help of modules that will be added to make a feasibility analysis of solar and wind energy in particular, which has significant potential in our country.

With the help of the software prepared, the province requested to be invested in the renewable energy field was selected and the feasibility analysis for the target province was made automatically by the program, thus determining whether the planned investment is annuity and the investment return period.

Keywords: Renewable Energy, Energy Feasibility , Feasibility Software.

TEŞEKKÜR

Tez konumun belirlenmesi, çalışmanın yürütülmesi ve yazımı esnasında göstermiş olduğu destek ve liderliğinden dolayı danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Mithat AKGÜN'e teşekkür ederim.

Aynı zamanda, manevi desteklerini her an üzerimde hissettiğim aileme de teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
TEZ BİLDİRİMİ.....	I
ÖZET.....	II
ABSTRACT.....	IV
TEŞEKKÜR.....	VI
İÇİNDEKİLER.....	VII
ŞEKİL LİSTESİ.....	VIII
ÇİZELGE LİSTESİ.....	X
SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ.....	XI
EKLER LİSTESİ.....	XII
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	4
2.1 Enerji Kaynakları.....	4
2.2 Enerji İhtiyacı.....	6
2.3 Yenilenebilir Enerji Durumu.....	8
2.4 Yenilenebilir Enerji Kaynakları.....	10
2.4.1 Güneş Enerjisi.....	11
2.4.2 Rüzgâr Enerjisi.....	14
2.4.3 Jeotermal Enerji.....	17
2.4.4 Biyokütle Enerjisi.....	18
2.4.5 Hidrolik Enerji.....	21
2.4.6 Hidrojen Enerjisi.....	23
2.4.7 Dalga Enerjisi.....	25
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	26
4. BULGULAR.....	31
4.1 Program Kurulumu.....	31
4.2 Programın Kullanımı.....	31
4.2.1 Güneş Enerjisi Fizibilite Analizi.....	32
4.2.2 Rüzgâr Enerjisi Fizibilite Analizi.....	42
4.2.3 Diğer Enerjiler Fizibilite Analizi.....	49
4.3 Ordu İli İçin Fizibilite Çalışması.....	52
4.3.1 Ordu İli Güneş Enerjisi Fizibilitesi.....	52
4.3.2 Ordu İli Rüzgâr Enerjisi Fizibilitesi.....	61
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	68
6. KAYNAKLAR.....	69
EKLER.....	72
ÖZGEÇMİŞ.....	76

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 (A) Dünya Ekonomisi ve Birincil Enerji Tüketimi Arasındaki İlişki, (B) Yakıt Türlerine Göre Birincil Enerji Tüketimleri (Anonim, 2017).	6
Şekil 2.2 Küresel Elektrik Üretimindeki Yenilenebilir Enerji Oranı.....	8
Şekil 2.3 Türkiye Yenilenebilir Enerji Oranı (Anonim, 2018).....	10
Şekil 2.4 Güneş Enerji Santali (GES) Çalışma Prensibi.....	12
Şekil 2.5 Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA)	13
Şekil 2.6 Türkiye Global Radyasyon Değeri (KWh/m ² -gün)	13
Şekil 2.7 Türkiye Güneşlenme Süresi (saat).....	13
Şekil 2.8 Türkiye Rüzgâr Güç Yoğunluğu Haritası (50 metre Yükseklik).....	15
Şekil 2.9 Türkiye Rüzgâr Güç Yoğunluğu Haritası (100 metre Yükseklik).....	15
Şekil 2.10 Türkiye Rüzgâr Hızı Haritası (50 metre Yükseklik)	16
Şekil 2.11 Türkiye Rüzgâr Hızı Haritası (100 metre Yükseklik)	16
Şekil 2.12 Rüzgâr Enerji Santrali (RES) Çalışma Prensibi	17
Şekil 2.13 Türkiye Jeotermal Kaynaklar Haritası.....	18
Şekil 2.14 Jeotermal Sistem	18
Şekil 2.15 Biyokütle Enerji Santrali Çalışma Prensibi	20
Şekil 2.16 Türkiye Hidroelektrik Santralleri Haritası.....	22
Şekil 2.17 Türkiye Hidroelektrik Santralleri Haritası (Kurulu Gücü >100MW)	23
Şekil 2.18 Hidroelektrik Santrali Çalışma Prensibi	23
Şekil 2.19 Hidrojen Enerji Döngüsü.....	24
Şekil 2.20 Dalga Enerji Santralleri Kurulum Yerleri.....	25
Şekil 4.1 Yenilenebilir Enerji Kaynakları Program Kurulumu.....	31
Şekil 4.2 Yenilenebilir Enerji Kaynakları Yatırım Maliyeti Hesaplama Aracı	31
Şekil 4.3 Güneş Enerjisi Yatırım Hesaplama Döviz Kuru Bilgi Ekranı.....	32
Şekil 4.4 Güneş Enerjisi Yatırım Hesaplama Şehir Seçim Ekranı	33
Şekil 4.5 Seçili İle Ait Harita ve Grafikler	33
Şekil 4.6 Güneş Enerjisi İçin İstenen Sistem Gücü	34
Şekil 4.7 Güneş Enerjisi İl Seçimi Genel Ekran Görüntüsü	35
Şekil 4.8 Ortalama Işınım ve Elektrik Üretim Ekranı.....	35
Şekil 4.9 Sabit Açılı Güneş Paneli Sisteminden Aylık Enerji Eldesi Ekranı.....	36
Şekil 4.10 Sabit Açıda Aylık Alınan Işınım Ekranı.....	37
Şekil 4.11 Güneşin İzlediği Yol ve Ufuk Hattı Ekranı	37
Şekil 4.12 Güneş Enerjisi Maliyet Ekranı Varsayılan Giderleri Ekleme Ekranı	38
Şekil 4.13 Güneş Enerjisi Maliyet Ekranı.....	39
Şekil 4.14 Güneş Enerjisi Maliyet Detay Ekranı	40
Şekil 4.15 Güneş Enerjisi Diğer Parametreler Giriş Ekranı	41
Şekil 4.16 Güneş Enerjisi Yatırım Geri Dönüş Ekranı	42
Şekil 4.17 Rüzgâr Enerjisi Yatırım Hesaplama Döviz Kuru Bilgi Ekranı	43
Şekil 4.18 Rüzgâr Enerjisi Yatırım Hesaplama Şehir Seçim Ekranı	43
Şekil 4.19 İl Bazında Rüzgâr Kaynak Bilgileri Haritaları	44
Şekil 4.20 Rüzgâr Enerjisi İl Seçimi Genel Ekran Görüntüsü.....	45
Şekil 4.21 Rüzgâr Enerjisi Yatırım Hesaplama Maliyet Giriş Ekranı	46
Şekil 4.22 Rüzgâr Enerjisi Maliyet Detay Ekranı.....	46
Şekil 4.23 Rüzgâr Enerjisi Diğer Parametrelerin Giriş Ekranı	47

Şekil 4.24 Rüzgâr Enerjisi Yatırım Geri Dönüş Süresi Ekranı.....	48
Şekil 4.25 Diğer Enerji Yatırım Hesaplama Döviz Kuru Bilgi Ekranı.....	49
Şekil 4.26 Diğer Enerji Maliyet Giriş Ekranı	50
Şekil 4.27 Diğer Enerji Maliyet Detayı Tanımlama Ekranı	50
Şekil 4.28 Diğer Parametrelerin Giriş Ekranı	51
Şekil 4.29 Geri Enerji Dönüş Süresi Ekranı	52
Şekil 4.30 Güneş Enerjisi Kur Bilgisi Giriş Ekranı	53
Şekil 4.31 Güneş Enerjisi Ordu İli Seçim Ekranı	53
Şekil 4.32 Ordu İline Ait Güneş Enerjisi Harita ve Grafikler.....	54
Şekil 4.33 Güneş Enerjisi Ordu İli Genel Ekran Görüntüsü.....	55
Şekil 4.34 Ordu İli İçin GES Sistem Güç Seçimi	55
Şekil 4.35 Ordu İli Ortalama Işınım ve Elektrik Üretimi	56
Şekil 4.36 Ordu İli Aylık Enerji Eldesi Grafiği	57
Şekil 4.37 Ordu İli Aylık Alınan Işınım Grafiği.....	57
Şekil 4.38 Ordu İli Güneşin İzlediği Yol ve Ufuk Hattı Grafiği	58
Şekil 4.39 Güneş Enerjisi Maliyet Kalemleri Giriş Ekranı	59
Şekil 4.40 Güneş Enerjisi Diğer Parametrelerin Giriş Ekranı	60
Şekil 4.41 Ordu İli Güneş Enerjisi Yatırım Geri Dönüş Tablosu.....	61
Şekil 4.42 Rüzgâr Enerjisi Kur Bilgisi Giriş Ekranı.....	62
Şekil 4.43 Rüzgâr Enerjisi Ordu İli Seçim Ekranı.....	62
Şekil 4.44 Ordu İli Rüzgâr Hız Dağılımı	63
Şekil 4.45 Ordu İli Kapasite Faktör Dağılımı.....	64
Şekil 4.46 Ordu İli RES Kurulabilir Alanlar	64
Şekil 4.47 Ordu İli Trafo Merkezleri ve Enerji Nakil Hatları.....	65
Şekil 4.48 Rüzgar Enerjisi Maliyet Giriş Ekranı	65
Şekil 4.49 Ordu İli İçin Diğer Parametreler.....	66
Şekil 4.50 Ordu İli Rüzgâr Enerjisi Yatırım Geri Dönüş Tablosu.....	67

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 Enerji Kaynakları (Koç ve Şenel, 2013).....	4
Çizelge 2.2 Dünya Birincil Enerji Tüketimi Sıralaması	7
Çizelge 2.3 Ülkelerin 2017 Yenilenebilir Elektrik Kurulu Güç Kapasitesi (GW) (Koç ve ark., 2018).....	9
Çizelge 2.4 Ülkemizde Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kurulu Gücü (GW).....	9
Çizelge 2.5 Yenilenebilir Enerji Çeşitleri ve Kaynakları	11
Çizelge 2.6 Biyokütleden Elde Edilen Biyoyakıtlar	19
Çizelge 2.7 Türkiye Biyokütle Genel Analiz.....	20
Çizelge 2.8 Hidroelektrik Enerji Santrallerinin Sınıflandırılması	22

SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ

GEPA	: Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası
TEP	: Ton Eşdeğer Petrol
GW	: Gigawatt
GWh	: Gigawatt Saat
HES	: Hidroelektrik Santrali
kW	: Kilowatt
kWh	: Kilowatt Saat
kV	: Kilovolt
MW	: Megawatt
MWh	: Megawatt Saat
RES	: Rüzgâr Enerji Santrali
TEDAŞ	: Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
YEGM	: Yenilenebilir Enerjisi Genel Müdürlüğü
REPA	: Rüzgâr Enerji Potansiyeli Atlası
HES	: Hidroelektrik Santrali
GES	: Güneş Enerji Santrali
MTEP	: Milyon Ton Eşdeğer Petrol
GAZBİR	: Türkiye Doğal Gaz Dağıtıcıları Birliği
ETKB	: Enerji Tabii Kaynaklar Bakanlığı
TENVA	: Türkiye Enerji Vakfı
TCMB	: Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası
USD	: ABD Doları

EKLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
EK 1: Ordu İli Dönemsel Elektrik Üretimi ve İşınım Değerleri.....	72
EK 2: Ordu İli Rüzgâr Hız Dağılımı	73
EK 3: Ordu İli Rüzgâr Kapasite Faktörü Dağılımı	73
EK 4: Ordu İli Rüzgâr Enerjisi Santrali Kurulabilir Alanlar	73
EK 5: Ordu İli Trafo Merkezleri ve Enerji Nakil Hatları.....	74
EK 6: Ordu İli Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası.....	74
EK 7: Ordu İli Güneşlenme Süresi (saat).....	74
EK 8: Ordu İli Global Radyasyon Değerleri ($kWh/m^2 gün$).....	75

1. GİRİŞ

Ülkelerin, ekonomik ve sosyal olarak kalkınmasında enerji son derece önemli bir rol oynamaktadır ve her geçen gün artan nüfus ile birlikte teknolojiye ilerleme ile sanayileşme gibi unsurlar enerji ihtiyacını arttırmaktadır (Aksoy, 2019). Bu artan enerji ihtiyacının karşılanması için kullanılan başlıca kaynaklar fosil kökenli (tükenbilir), nükleer ve yenilenebilir (alternatif) olmak üzere üç ana gruba ayrılmaktadır (Erdin ve Ozkaya, 2019). Fosil yakıtlarını oluşturan kömür, petrol ve doğalgaz enerji üretim hammaddeleri arasında en yaygın kullanım alanına sahiptir. Dünyada hala yaklaşık 1.5 milyar insanın elektriğe erişimi yoktur ve tüm dünyadan üretilen elektriğin çoğu çevre dostu olmayan fosil yakıtlarından üretilmektedir (Kalıncı ve ark., 2015). Günümüzde hala fosil kaynaklı yakıtlar çoğunlukla kullanılmakta olup, günümüzde dünyada çeşitli enerji kaynakları kullanılırken, bu kaynakların yaklaşık %90'ını doğalgaz, petrol ve kömür gibi fosil yakıtları oluşturmaktadır (Aksoy, 2019). Dünyada kullanılan fosil yakıtlarının enerji tüketimindeki payı incelendiğinde ilk sırada %33.3 ile petrol, ikinci sırada %28.1 ile kömür, üçüncü sırada %24.1 ile doğalgaz ve bunları hidrolik enerji (%6.9), nükleer enerji (%4.5) ve son olarak %3.2 ile de diğer yenilenebilir enerji kaynakları oluştururken ülkemizde petrol ilk sırayı alırken doğalgaz ikinci ve kömür üçüncü sırada yer almaktadır (Koç ve ark., 2018).

Ülkemizin enerji üretimi incelendiğinde kaynaklar bazındaki dağılımında en yüksek payı kömür %41 oranla ilk sırada yer alırken ardından hidrolik %27, rüzgâr %8, jeotermal %7, petrol %7 ve güneş %3 ile takip ederken, ithal enerji kaynaklarının %45'ini petrol, %34'ünü doğalgaz, %21'ini ithal kömür oluşturmaktadır (Koç ve ark., 2018). Bu durum enerji talebinin artmasının yanı sıra iklim değişikliği, küresel ısınma, ve hava-su kirliliği gibi önemli çevresel problemlerin ortaya çıkmasına sebep olmuştur (Arı ve Yılmaz, 2019; Çetin ve Alpkaya, 2019; Temiz Dinç ve Akdoğan, 2019). Bununla birlikte artan bu enerji talebinin karşılanması için özellikle petrol ve doğalgaz gibi kaynakların aşırı kullanımı dünyada bu kaynakların rezervlerinin de hızla tükenmesine yol açmaktadır. Dünyadaki mevcut tüketim durumuna göre yapılan tahminlere göre, 2030 yılı itibarıyla kömürün %25'i, doğalgazın %65'i ve petrol rezervlerinin %85'inin tükeneceği belirtilmektedir (Agaçbiçer, 2010). Başka

bir ifade ile ise 2017 yılı itibariyle kömür rezervlerinin 114 yıl, doğalgaz rezervlerinin 53 yıl ve petrol rezervlerinin ise 51 yıl içerisinde tükeneceği belirtilmektedir (Koç ve ark., 2018). Bununla birlikte bu rezerv kaygılarının yanı sıra 2030 yılı itibariyle dünyada enerji tüketiminin %60, ülkemizde ise %100 oranında artacağı tahmin edilmektedir (Aksoy, 2019). Bu nedenle fosil yakıtları yerine alternatif enerji kaynakları olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı gerek ortaya çıkan çevresel sorunların gerekse enerji ihtiyacının karşılanması açısından büyük önem arz etmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları giderek artan küresel nüfusun talep ettiği enerji tüketiminin karşılanması ve fosil yakıtlarının azaltılması için en iyi çözümlerden birisi olarak görülmektedir.

Fosil yakıtlarının kullanımı yanma reaksiyonunun bir sonucu olarak ekolojik dengenin bozulmasına ve zararlı yan ürünlerin ekosisteme salınmasına neden olarak ciddi çevresel sorunlara yol açmaktadır. Fosil yakıtların yoğun bir şekilde yakılması sonucunda karbondioksit başat olmak üzere, karbon monoksit, hidrokarbonlar ve klorofloro karbonlar sayılabilir (Korkmaz, 2007). Hidrokarbon içeren yakıtların yanması neticesinde atmosfere salınan kükürtdioksit (SO₂), CO_x ve NO_x gibi zararlı gazların etkisiyle güneş ışınlarının yeryüzünden yansarak geri uzaya dönmesi engellenerek ısının atmosferde hapsolmesine neden olarak küresel ısınma dediğimiz çevre felaketi meydana gelir (Erdin ve Ozkaya, 2019). Fosil yakıtlarının kullanımı CO₂ emisyonunun %90'ını oluşturmaktadır. Bu çevresel sorunların yanı sıra kömür ve doğal gaz santrallerinin neden olduğu hava ve su kirliliği insanlarda solunum problemleri, nörolojik hasarlar, kalp krizi ve kanser gibi hastalıklar ile de doğrudan ilişkilidir (Fazelpour ve Soltani, 2017).

Yenilenebilir enerji kaynaklarının önemli bir kısmını oluşturan rüzgâr, güneş ve hidroelektrik sistemler çevre kirliliği emisyonları olmayan temiz enerji üretim sistemleridir. Yenilenebilir enerji, doğal çevreden sürekli veya tekrarlamalı olarak ulaşılan kaynaklardan elde edilen enerjidir. Doğada kendiliğinden var olan kaynaklardan elde edilmektedir. Bunlar, fosil enerji kaynaklarının tersine zamanla tükenmez ve kömür, benzin, doğalgaz gibi yenilenemeyen enerjilere alternatifirler. Yenilenebilir enerji, ülkelerin kendi enerji ihtiyaçlarını yerli kaynaklarla karşılayarak dışa bağımlılıklarının azaltılması açısından oldukça önemlidir. Ayrıca kaynakları

çeşitlendirerek sürdürülebilir enerji kullanımının sağlanması ve çevreye verilen zararların en aza indirilmesi açılarından son derece önemli bir yere sahiptir. Fosil yakıtlara olan bağımlılık mevcut durumda yüksek düzeyde olmasına rağmen yıllar itibarıyla yenilenebilir enerjinin kullanım oranları giderek artmaktadır (Kanlı ve Kaplan, 2018).

Rüzgâr ve güneş gibi yenilenebilir enerji çeşitleri olarak tanımlanan kaynakların oranları yıllar içerisinde artmasına rağmen henüz tatmin edici seviyelerde değildir. Ülkemiz bulunduğu coğrafi konumu ve jeopolitik yapısı nedeniyle bütün yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanma imkanına sahiptir. AB ülkeleri ile karşılaştırıldığında ülkemizin, özellikle hidrolik, jeotermal, rüzgâr ve güneş enerjisi potansiyelleri bakımından, son derece elverişli bir konuma sahip olduğu görülmektedir.

Ülkemiz, hidrolik enerji, rüzgâr enerjisi, dalga enerjisi, biokütle enerjisi, jeotermal enerji ve hidrojen enerjisi gibi kendi doğal kaynaklarından faydalanarak üretebileceği temiz ve sürekli enerji sistemlerine doğru yönelmiştir. Son yıllarda, ülkemizde de yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretimini teşvik eden ve düzenleyen kanunlar çıkarılmış ve önemli desteklemeler verilmiştir. Ülkemizde yenilenebilir enerji kaynaklarının en etkili şekilde kullanılabilmesi için maliyet analizlerinin çıkarılması büyük önem taşımaktadır.

Bu tez çalışmasında, yenilenebilir enerji çeşitleri, potansiyelleri incelenmiş, yenilenebilir enerji konusunda yatırım yapılması planlanan il de fizibilite analizi yapılmasını sağlayan bir yazılım geliştirilmiştir. Bu yazılımla ülkemizde ön plana çıkan yenilenebilir enerji kaynaklarından Güneş enerjisi ile rüzgâr enerjisinin fizibilitesi sağlanmıştır. Ayrıca geliştirilen bu yazılıma eklenecek modüllerle istenirse tüm enerji kaynaklarının fizibilite analizi yapılabilecektir.

Örnek teşkil etmesi adına bu tezde içerisinde, Ordu ili için rüzgâr ve güneş enerjisi fizibilite çalışması verilmiştir. Ayrıca, yenilenebilir enerji çeşitleri, potansiyelleri incelenmiş, bu çalışmayla, yenilenebilir enerji konusunda yatırım yapılması planlanan ilde yatırım fizibilite analizi yapılmasını sağlayan bir yazılım hazırlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Enerji Kaynakları

Farklı yöntemlerle ekonomik anlamda enerji elde edilen kaynaklar, farklı şekilde sınıflandırılmakta ve enerji kaynakları olarak adlandırılmaktadır. Yenilenemez ve yenilenebilir enerji kaynakları olarak kullanışlarına göre ikiye ayrılır. (Koç ve Şenel, 2013). Dönüştürülebilirliklerine göre ise birincil ve ikincil kaynaklar olarak incelenir (Çizelge 2.1). Yakın bir gelecekte biteceği öngörülen yenilenemez enerji kaynakları çekirdek ve fosil kaynaklılar olarak iki şekilde sınıflandırılmaktadır.

Çizelge 2.1 Enerji Kaynakları (Koç ve Şenel, 2013).

Dönüştürülebilirliklerine Göre Enerji Kaynakları	Kullanışlarına Göre Enerji Kaynakları
1. Birincil	1. Yenilenebilir
- Doğalgaz	- Hidrolik
- Güneş	- Hidrojen
- Rüzgâr	- Jeotermal
- Biyokütle	- Dalga
- Petrol	- Güneş
- Kömür	- Rüzgâr
- Nükleer	- Biyokütle
- Dalga	
- Hidrolik	
2. İkincil	2. Yenilenemez
- Hava gazı	- Kömür (Fosil Kaynaklı)
- LPG	- Petrol (Fosil Kaynaklı)
- İkincil kömür	- Doğalgaz (Fosil Kaynaklı)
- Mazot,	- Toryum (Çekirdek kaynaklı)
- Motorin,	- Uranyum (Çekirdek Kaynaklı)
- Benzin	
- Elektrik	
- Kok, petrokok	

Uzun bir gelecekte tükenmeden kalabilecek, kendisini yenileyebilen kaynaklar ise yenilenebilir kaynakları ifade etmektedir. Dönüşüm veya değişime uğramış bir enerji şekli, birincil enerji olarak ifade edilir. Kömür, doğalgaz, nükleer, petrol, biyokütle, hidrolik, güneş, rüzgâr ve dalga birincil enerji kaynaklarıdır.

İkincil enerji ise birincil enerjilerin dönüştürülmesi sonucu elde edilir. Benzin, mazot, kok kömürü, motorin, elektrik, ikincil kömür, havagazı, petrokok, LPG ikincil enerji kaynaklarıdır. (Koç ve Şenel, 2013).

Son on yıllık süreçte toplam birincil enerji tüketimi 10 940 MTEP'den 13147.3 M MTEP'e yükselirken Dünya Enerji Konseyinin (WEC) 2016 yılında yayınladığı "Dünya Enerji Kaynakları" raporunda konuyla ilgili olarak 2005-2015 yılları arasında fosil yakıtlarına dayalı enerji kaynaklarındaki oranların aynı seviyede kalması veya düşmesine karşın, yenilenebilir enerji kaynaklarında ciddi bir artış olduğu gözlemlenmiştir (Yıldırım ve Nuri, 2018).

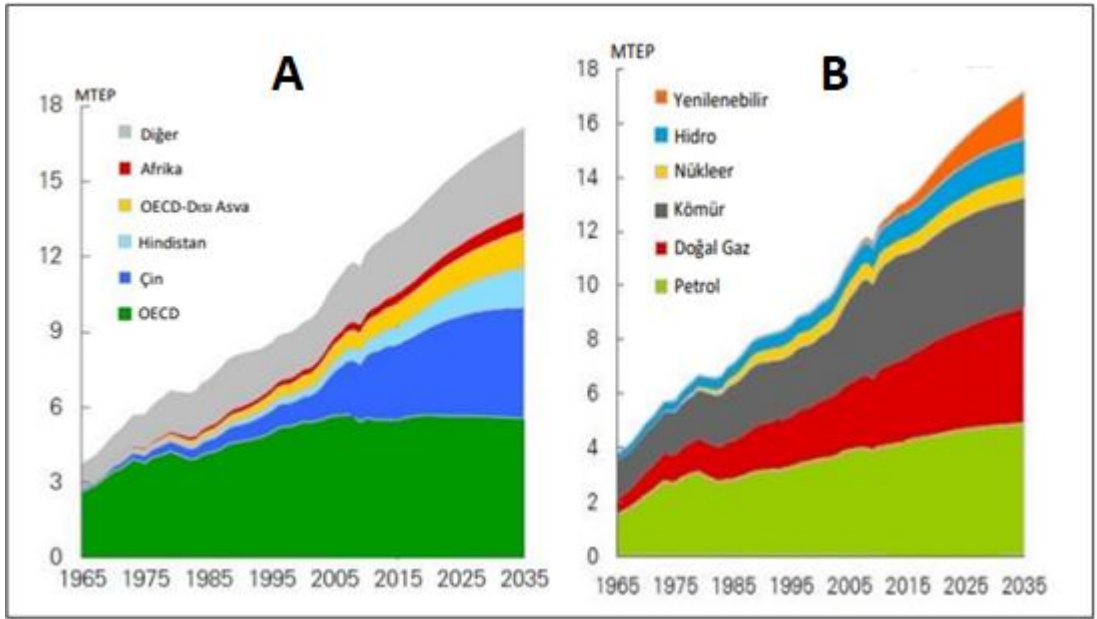
Uluslararası Enerji Ajansının verilerine göre ülkemizde 1990 yılında güneş ve rüzgâr enerjisinden enerji üretilmezken 80 GWh jeotermal, 23148 GWh hidrolik enerjisi üretilmiş, 2016 yılına gelindiğinde ise 4819 GWh jeotermal, 67231 GWh hidrolik, 1043 GWh güneş ve 15527 GWh rüzgâr enerjisi üretilmiş (Anonim, 2016) ve 2017 yılında ise hidrolik enerjide bir azalma gözükürken diğer tüm yenilenebilir kaynaklarda artış olmuştur (Anonim, 2018). Son yıllarda, ülkemiz de dünyayla paralel olarak yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretilmesi yönünde gelişim göstermektedir.

Türkiye'de 1990 yıllarındaki enerji üretim miktarları incelendiğinde yenilenebilir kaynakların payı %0.2 iken 2017 yılına gelindiğinde bu payın %10 seviyelerine yükseldiği görülmektedir (Anonim, 2016). Bu artışın da özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımının yaygınlaştırılması, bu kaynakların güvenilir, ekonomik ve kaliteli biçimde ekonomiye kazandırılması, kaynak çeşitliliğinin artırılması, sera gazı emisyonlarının azaltılması, atıkların değerlendirilmesi, çevrenin korunması ve bu amaçların gerçekleştirilmesinde ihtiyaç duyulan imalat sektörünün geliştirilmesi amacıyla 2005 yılında çıkarılan 5346 Sayılı ve 2010 yılındaki kanun değişiklikleri ile yenilenebilir enerjiye özel çıkarılan yasalar doğrultusunda yenilenebilir enerjiye dayalı elektrik üretim santrallerine alım

garantisi veren, asgari fiyat belirleyen ve bu ödemelerin hızlı bir şekilde yapılmasını sağlayan YEK Destekleme Mekanizması (YEKDEM) hayata geçirilmesiyle ilişkili olduğu belirtilmiştir (Kızıl ve Voyvoda, 2019).

2.2 Enerji İhtiyacı

Sanayileşme, kentsel gelişim ve nüfus artışıyla dünyada enerji tüketimi gün geçtikçe artmaktadır. 2040 yılına ulaşıldığında dünya nüfusunun 9 milyar seviyesine ulaşması beklenmektedir. Bu nedenle daha fazla enerji üretilmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır. Gelecek 20 yıllık süreçte dünya ekonomisinde yaklaşık %3'lük büyüme öngörülmektedir. Şekil 2.1' (A) dünya ekonomisi ve birincil enerji tüketimi, Şekil 2.1'de (B) yakıt türlerine göre birincil enerji tüketimleri görülmektedir (Anonim, 2017).



Şekil 2.1 (A) Dünya Ekonomisi ve Birincil Enerji Tüketimi Arasındaki İlişki, (B) Yakıt Türlerine Göre Birincil Enerji Tüketimleri (Anonim, 2017).

Uluslararası Enerji Ajansı'nın yaptığı çalışmalara göre şu anda 14 milyar ton eşdeğer petrol (TEP) olan dünya birincil enerji talebi (eğer mevcut enerji tüketim hızı ve politikaları devam ederse) önümüzdeki 20 yıl içerisinde %45 oranında bir artış ile 20.3 Milyar TEP seviyelerine ulaşacaktır. En fazla enerji tüketen ülkeler arasında ilk sırayı Çin almaktadır.

Türkiye ise 2015 yılı sonu itibariyle 129.3 MTEP birincil enerji tüketimi ile 19. sırada kendisine yer bulmaktadır. Çizelge 2.2’de birincil enerji tüketimi değerleri ve ülke sıralamaları görülmektedir. (Anonim, 2017)

Çizelge 2.2 Dünya Birincil Enerji Tüketimi Sıralaması

Ülkeler	2013	2014	2015	Dünya Toplamındaki Payı (%)	Sıra
ÇİN	2903.9	2970.3	3014.0	22.9%	1
ABD	2271.7	2300.5	2280.6	17.3%	2
HİNDİSTAN	626.0	666.2	700.5	5.3%	3
RUSYA	688.0	689.8	666.8	5.1%	4
JAPONYA	465.8	453.9	448.5	3.4%	5
KANADA	335.0	335.5	329.9	2.5%	6
ALMANYA	325.8	311.9	320.6	2.4%	7
BREZİLYA	290.0	297.6	292.8	2.2%	8
GÜNEY KORE	270.9	273.1	276.9	2.1%	9
İRAN	247.6	260.8	267.2	2.0%	10
SUUDİ ARABİSTAN	237.4	252.4	264.0	2.0%	11
FRANSA	247.4	237.5	239.0	1.8%	12
ENDONEZYA	175.0	188.3	195.6	1.5%	13
BİRLEŞİK KRALLIK	201.4	188.9	191.2	1.5%	14
MEKSİKA	188.9	190.0	185.0	1.4%	15
İTALYA	155.7	146.8	151.7	1.2%	16
İSPANYA	134.2	132.1	134.4	1.0%	17
AVUSTRALYA	130.7	129.9	131.4	1.0%	18
TÜRKİYE	120.3	123.9	129.3	1.0%	19
TAYLAND	120.3	123.4	124.9	0.9%	20
GÜNEY AFRİKA	124.6	128.0	124.2	0.9%	21
TAYVAN	109.9	111.4	110.7	0.8%	22
BAE	97.2	99.0	103.9	0.8%	23
POLONYA	96.0	92.4	95.0	0.7%	24
UKRAYNA	114.7	101.0	85.1	0.6%	25

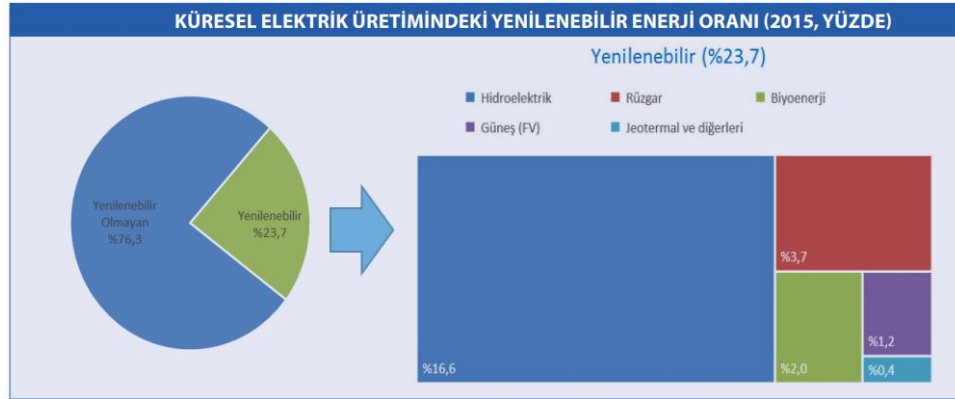
Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı kapsamında Türkiye’nin 2023 yılı için toplam enerji tüketimi 1.2 trilyon MWh olarak tahmin edilmektedir (“2017 yılı Bütçe Sunumu”, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı, 8 Aralık 2016).

2.3 Yenilenebilir Enerji Durumu

Dünya genelinde hızlı bir şekilde yıllar itibarıyla yenilenebilir enerji kullanımının arttığı görülmektedir. Yenilenebilir enerjinin, enerji tüketimi içerisindeki artış oranları yeterince tatmin edici düzeyde değildir. Yenilenebilir enerji kaynakları ile elde edilen enerjinin fosil yakıtlarla fiyatlandırma açısından rekabet edebilmesi mevcut durumda pek mümkün görünmemektedir. Bu bakımdan yenilenebilir enerjinin payının artması zaman alacaktır.

Yenilenebilir enerji aslında doğal kaynaklardan üretilen rüzgâr, güneş, hidrolik, biyokütle, jeotermal ve okyanus enerjisi gibi dünyada giderek artan bir öneme sahip olan ısınma, elektrik üretimi ve ulaşım gibi günümüz yaşam standartlarımızı önemli düzeyde etkileyen yenilenemeyen enerji kaynaklarının yerini alma yolunda ilerlemektedir (Yıldırım ve Nuri, 2018).

Dünya elektrik üretiminde yenilenebilir enerji önemli bir yere sahiptir. Toplam küresel elektrik üretiminin %23.7'si yenilenebilir kaynaklardan elde edilmektedir. Bu oranın %16.6'lık kısmı hidroelektrik santralleri, %3.7'si rüzgâr, %2'lik kısmı biyoenerji, %1'i fotovoltaik güneş sistemleri ve %0.4'ü ise jeotermal ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmaktadır (Şekil2.2) (Karagöl, 2017).



Şekil 2.2 Küresel Elektrik Üretimindeki Yenilenebilir Enerji Oranı

Dünyadaki bazı ülkelerin 2017 yılsonu yenilenebilir elektrik kurulu güç kapasitelerine bakınca hidrolik enerjinin birçok ülkede birinci sırada olduğu görülmektedir (Çizelge 2.3).

Çizelge 2.3 Ülkelerin 2017 Yenilenebilir Elektrik Kurulu Güç Kapasitesi (GW) (Koç ve ark., 2018)

Ülkeler	Çin	ABD	Hindistan	Almanya	Türkiye	Avrupa Birliği	Dünya
Hidrolik	313	80	47	5,6	27.2	127	1114
Rüzgâr	188	89	33	56	6.8	169	539
Biyoenerji	15	16.7	9.5	8	0.63	40	122
Güneş PV	131	51	18.3	42	3.42	108	442
Jeotermal	0	3.6	0	0	1.06	0.9	13.5

Yeni pazarlar, teknolojik ve finansal gelişmeler, yenilenebilir enerji kaynaklarını özellikle rüzgâr ve güneş başta olmak üzere kullanarak elektrik üretimi ile ilgili maliyetleri azaltıcı etki yapmaktadır. Özellikle kıyı bölgelerindeki rüzgâr ve güneş enerjisi kullanımı, fosil yakıtlar ile maliyetler açısından rekabet edebilir hale gelmektedir. Halihazırda tüketilen enerjinin büyük bir bölümünü dışarıdan temin eden ülkemizde son dönemlerde yenilenebilir enerjide ciddi gelişmeler yaşanmaktadır. T.C Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı verilerine göre 2018 yılı sonu itibariyle yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücü ve aynı zamanda 2023 yılında hedeflenen yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücü değerleri Çizelge 2.4’de verilmiştir.

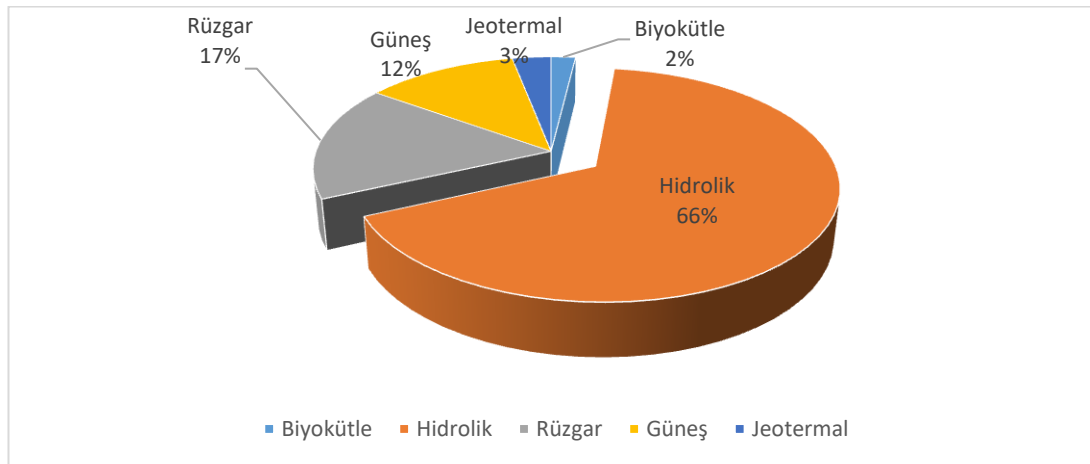
Çizelge 2.4 Ülkemizde Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kurulu Gücü (GW)

Yenilenebilir Enerji Kaynağı	2018 (GW)	2023 (GW)
Hidrolik	20.6	32.2
Rüzgâr	7	13.1
Biyoenerji	0.65	1.14
Güneş	5.1	11.6
Jeotermal	1.26	1.8

Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı kapsamında Türkiye’nin 2023 yılı için toplam enerji tüketimi 1.2 trilyon MWh olarak tahmin edilmekte ve bu tüketimin 252 milyar MWh’lık kısmının yenilenebilir kaynaklardan karşılanması öngörülmektedir. (“2017 yılı Bütçe Sunumu”, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı, 8 Aralık 2016) %70 civarında enerjide dışa bağımlı olan Türkiye, ilerideki ihtiyaçları da göz önüne alındığında bu oranın artmaması için yenilenebilir

ve yerli enerji kaynaklarına yönelmek zorundadır. Dışarıdan enerji satın alınan Türkiye gibi bir ülkenin enerjiyi verimli bir şekilde kullanması neredeyse zorunludur. Ana hedefi dışa bağımlılığı azaltmak olan enerjiyle ilgili olarak bir çok kanuni düzenlemeler yapılmakta ve yerli kaynaklarla üretim desteklenmektedir. Özellikle elektrik üretiminde kullanılan fosil kaynaklı yakıt maliyetlerinin azaltılması hedeflenmektedir.

Türkiye’de elektrik enerjisi üretiminde çoğunlukla doğalgaz ve kömür kaynakları kullanılmaktadır. Ardından barajlar ve hidroelektrik santralleri gelmektedir. Rüzgâr, güneş, jeotermal ve diğer enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimindeki payları ise %10 seviyelerindedir (Koç ve ark., 2018). Şekil 2.3’de verildiği gibi 2018 yılı sonu Türkiye’nin yenilenebilir enerji toplam kurulu güç üretiminin büyük bir kısmını hidrolik enerji oluşturmaktadır (Koç ve ark., 2018).



Şekil 2.3 Türkiye Yenilenebilir Enerji Oranı (Anonim, 2018)

2.4 Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Doğal çevreden tekrarlamalı veya sürekli olarak ulaşılabilen kaynaklardan elde edilen enerji, yenilenebilir enerji olarak adlandırılır. Yenilenebilir enerji doğada kendiliğinden var olan doğal kaynaklardan elde edilir. Kaynağın kendini tükenme hızından daha çabuk yenileyen ya da alınan enerjiye eşit oranda olan enerjidir. Bu kaynaklar, fosil enerji kaynaklarının tersine zamanla tükenmez ve kömür, benzin, doğalgaz gibi yenilenemeyen enerjilere alternatiflerdir. Yenilenebilir enerji kaynakları, güneş, rüzgâr, jeotermal, hidrolik, biyokütle, dalga ve hidrojen enerjileri

olarak gruplandırılmaktadır. Bu enerji çeşitlerinin büyük bir bölümünün ana kaynağının güneş olduğu ve bunlara dolaylı veya dolaysız etkisinin bulunduğu söylenebilmektedir. Bundan dolayı güneş dünyanın en önemli enerji kaynağı olarak tanımlanabilir. Yenilenebilir enerji çeşitleri ve bu yenilenebilir enerjilerin kaynakları Çizelge 2.5’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.5 Yenilenebilir Enerji Çeşitleri ve Kaynakları

	Yenilenebilir Enerji Çeşitleri	Enerjinin Kaynağı
1	Güneş Enerjisi	Güneş
2	Rüzgâr Enerjisi	Rüzgâr
3	Jeotermal Enerji	Yer Altı Suları
4	Biyokütle Enerjisi	Biyolojik Atıklar
5	Hidrolik Enerji	Nehir ve Akarsular
6	Hidrojen Enerjisi	Su ve Hidroksitler
7	Dalga Enerjisi	Okyanus ve Denizler

2.4.1 Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde yer alan hidrojen gazının helyuma dönüşmesi (füzyon) süreci ile açığa çıkan ışıma enerjisidir. Güneş enerjisinin şiddeti dünya atmosferinin dışında, yaklaşık olarak 1370 W/m^2 değerindedir, atmosferden dolayı yeryüzüne ulaşan miktarı $0-1100 \text{ W/m}^2$ değerleri arasındadır.

Bu enerjinin dünyaya gelen küçük bir kısmı bile, dünyanın mevcut enerji tüketiminden kat ve kat fazladır. Canlılar için vazgeçilmez bir enerji olan güneş, dünya için temel bir enerji kaynağıdır.

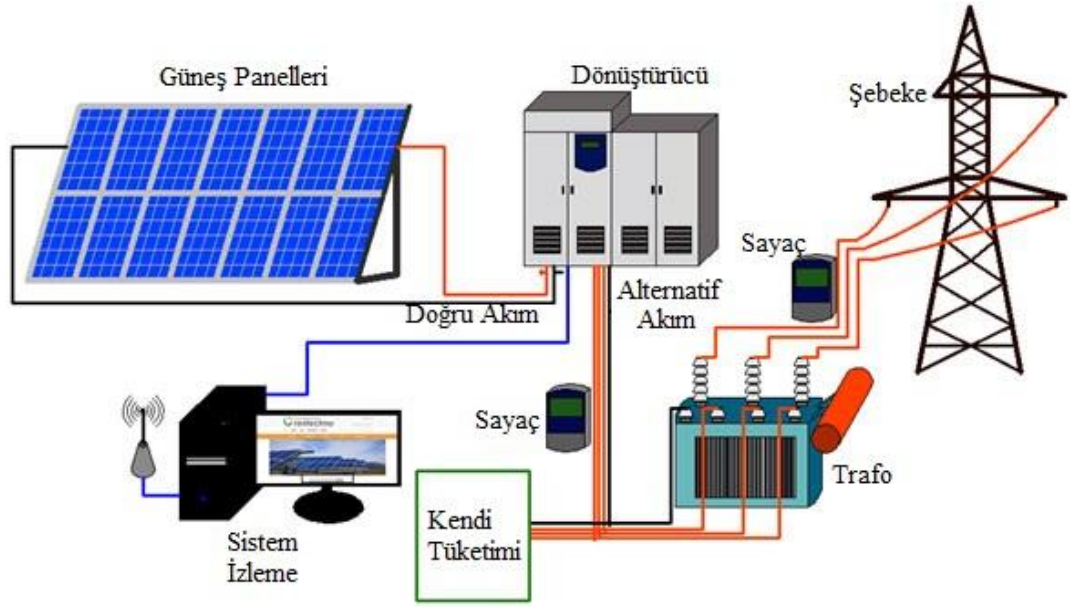
Enerji kaynaklarının büyük bir çoğunluğu güneş kaynaklıdır. Dünyamızdan 330bin kat daha büyük olan güneş tükenmeyen bir enerji kaynağı ve füzyon reaktörüdür. Güneş enerjisi kaynaklı teknolojiler çok çeşitlilik göstermekte ancak genel olarak fotovoltaik ve ısı güneş teknolojileri olarak değerlendirilmektedir. Isıl güneş sisteminde güneş enerjisi tarafından ısı elde edilir.

Bu ısı doğrudan kullanılabilirdiği gibi aynı zamanda elektrik üretiminde de kullanılmaktadır. Yarı iletken malzemeler olan fotovoltaik hücreler güneş ışığını direct elektriğe çevirmektedirler. Üzerlerine ışık düştüğü zaman uçlarında elektrik gerilimi oluşur. Hücrenin verdiği elektrik enerjisinin kaynağı, yüzeyine gelen güneş

enerjisidir. Fotovoltaik hücreninin yapısına göre elektrik enerjisine %5-%30 arasında bir verimle dönüştürülebilir.

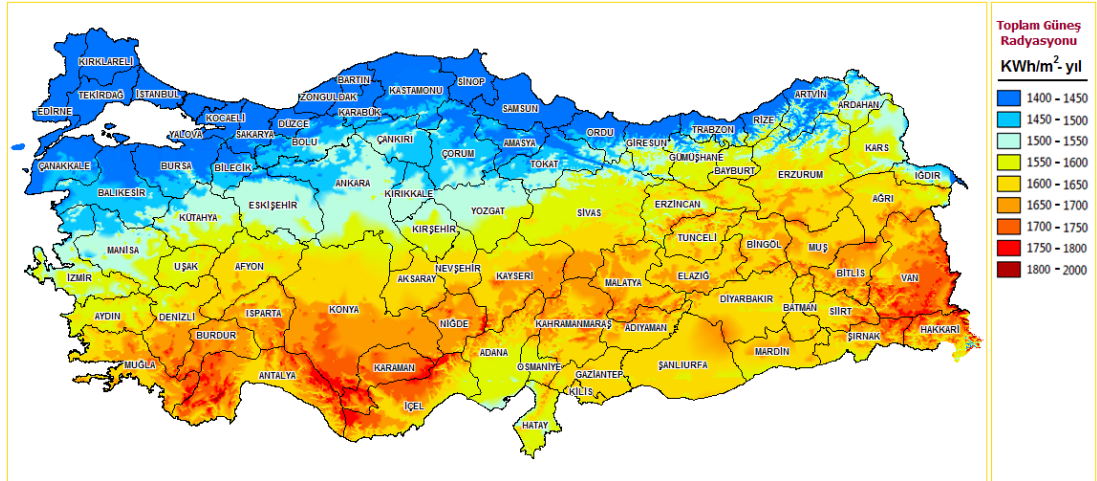
Hücrelerin birbirine seri ya da paralel bağlanmasıyla güç çıkışı artırılabilir. Bir yüzey üzerine monte edilen yapıya fotovoltaik ya da güneş hücresi modülü adı verilir. Watt'tan MEGAWatt'a kadar talebe göre modüller oluşturulabilir.

Güneş Enerji Santali (GES) füzyon süreciyle güneşten açığa çıkan ışıma enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürülen üretim tesisidir. Güneş Enerji Santali (GES) çalışma prensibi Şekil 2.4'de gösterilmiştir.

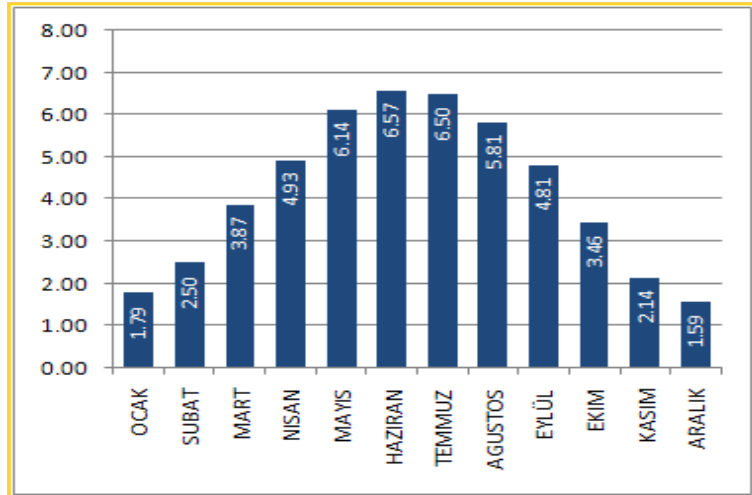


Şekil 2.4 Güneş Enerji Santali (GES) Çalışma Prensibi

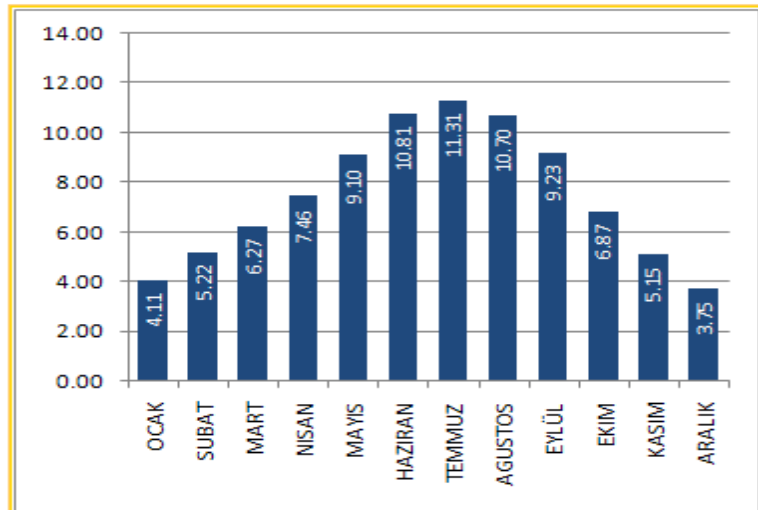
Coğrafi konumu nedeniyle Türkiye güneşlenme bakımından ciddi bir potansiyele sahiptir. Güneş enerjisi potansiyel atlası (GEPA) Şekil 2.5 de verilmiştir. (Anonim, 2019) Yıl boyunca güneşlenme süresi ve global radyasyon değerleri farklılıklar göstermektedir. Global radyasyon değerleri Şekil 2.6'da, güneşlenme süresi Şekil 2.7'de gösterilmiştir (Anonim, 2019).



Şekil 2.5 Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA)



Şekil 2.6 Türkiye Global Radyasyon Değeri (KWh/m²-gün)



Şekil 2.7 Türkiye Güneşlenme Süresi (saat)

2.4.2 Rüzgâr Enerjisi

Güneş ışınımının yer yüzeyini farklı ısıtması rüzgâr oluşumunun başlıca kaynağıdır. Ayrıca nem, hava basıncı ve hava sıcaklığının birbirlerine göre çeşitlenmesiyle havanın hareketlenmesi meydana gelmektedir. Hava hareketinin yüksek basınçtan alçak basınca doğru olmasıyla rüzgâr oluşmaktadır.

Kirlenici gazların salınmaması, güneş, dünya ve atmosfer varolduğu sürece kaynağın tükenmemesi, kurulum ve işletmesinin diğer tesislere göre daha kolay olması, enerji üretim maliyetinin düşük olması bu enerji kaynağının avantajları olarak görülmektedir.

Rüzgâr türbinlerinin büyük alan kaplaması, gürültü kirliliği yaratması, rüzgârın sürekliliğinin olmamasından dolayı enerji üretim değerinin değişken olması, yatırım maliyetinin yüksek olması, fosil ve nükleer yakıtlardan elde edilen enerjiye oranla enerji üretiminin düşük olması, fazla hareketli parça barındırmasından dolayı işletme riskinin fazla olması rüzgâr enerjisinin sakıncaları olarak görülebilir.

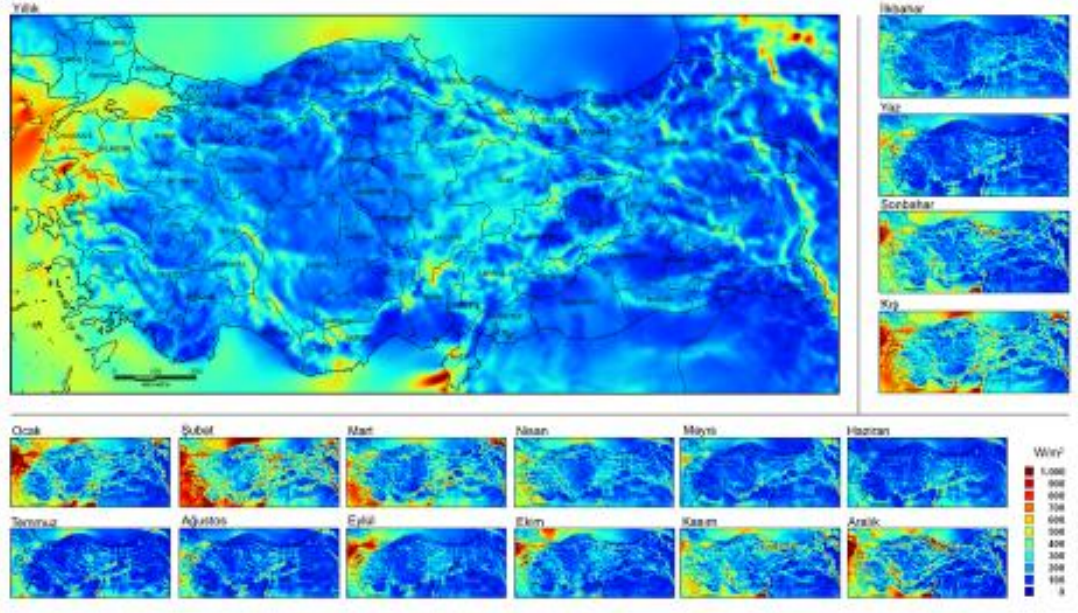
Rüzgâr türbinleri sayesinde rüzgâr enerjisinden elektrik enerjisi üretilmektedir. Havanın hareketiyle rüzgâr türbininin kanatlarının dönmesiyle kinetik enerji oluşur. Bir jeneratör bu dönme enerjisini elektriğe çevirmektedir.

Coğrafi farklılıklar ve farklı yeryüzü ısınmalarına bağlı olarak rüzgârın özellikleri de zaman ve bölgesel değişiklikler gösterir.

Rüzgâr, yön ve hız olarak iki parametreyle ifade edilir. Rüzgârın yönü, günlük hava şartlarına ve iklim özelliklerine bağlı olarak değişmektedir.

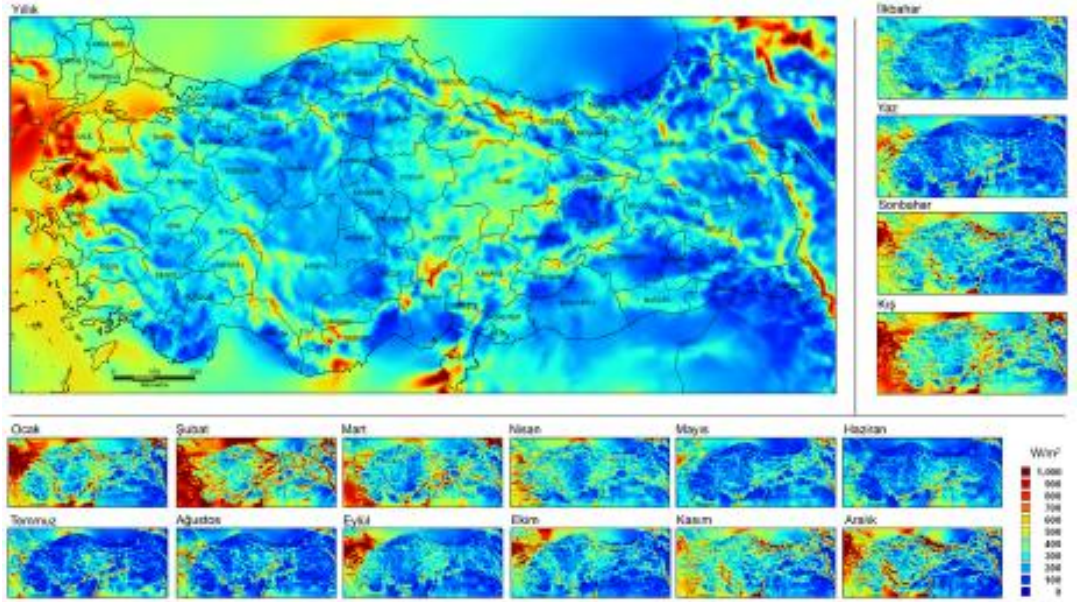
Rüzgârın hızı yükseklikle, gücü ise hızının küpü ile orantılı biçimde artar.

Rüzgâr Enerji Potansiyeli Atlası (REPA) da rüzgâr hız ve güç yoğunlukları görülmektedir. 50 m yükseklikte Türkiye rüzgâr güç yoğunluğu Şekil 2.8'da gösterilmiştir (Anonim, 2019).



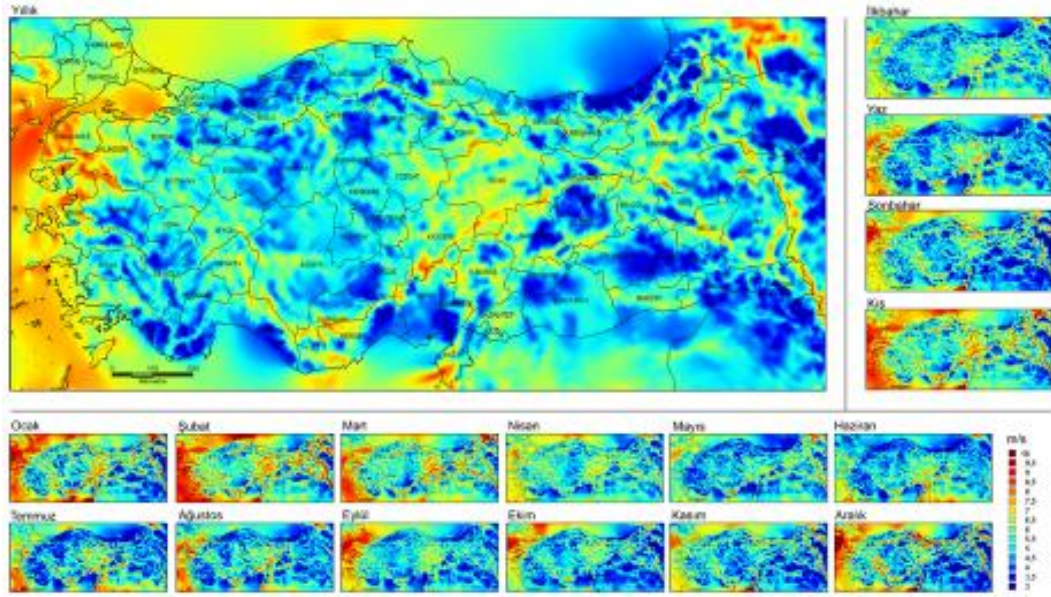
Şekil 2.8 Türkiye Rüzgâr Güç Yoğunluğu Haritası (50 metre Yükseklik)

100 m yükseklikte Türkiye rüzgâr güç yoğunluğu Şekil 2.9’da harita üzerinde gösterilmiştir.

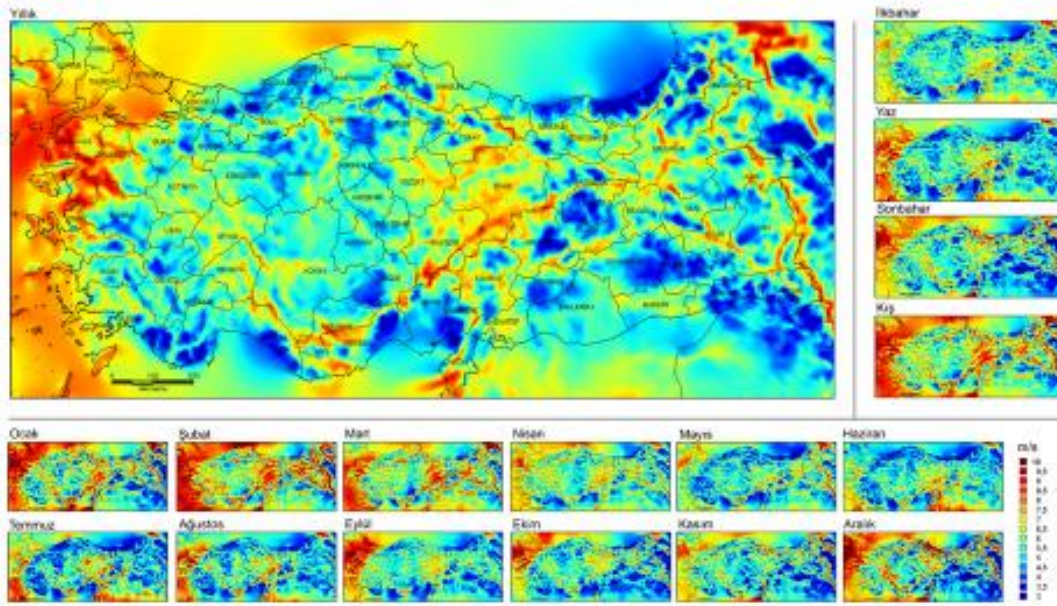


Şekil 2.9 Türkiye Rüzgâr Güç Yoğunluğu Haritası (100 metre Yükseklik)

50 m yükseklikte Türkiye rüzgâr hızı Şekil 2.10’da haritada gösterilmiştir. 100 m yükseklikte Türkiye rüzgâr hızı ise Şekil 2.11’de verilmiştir..

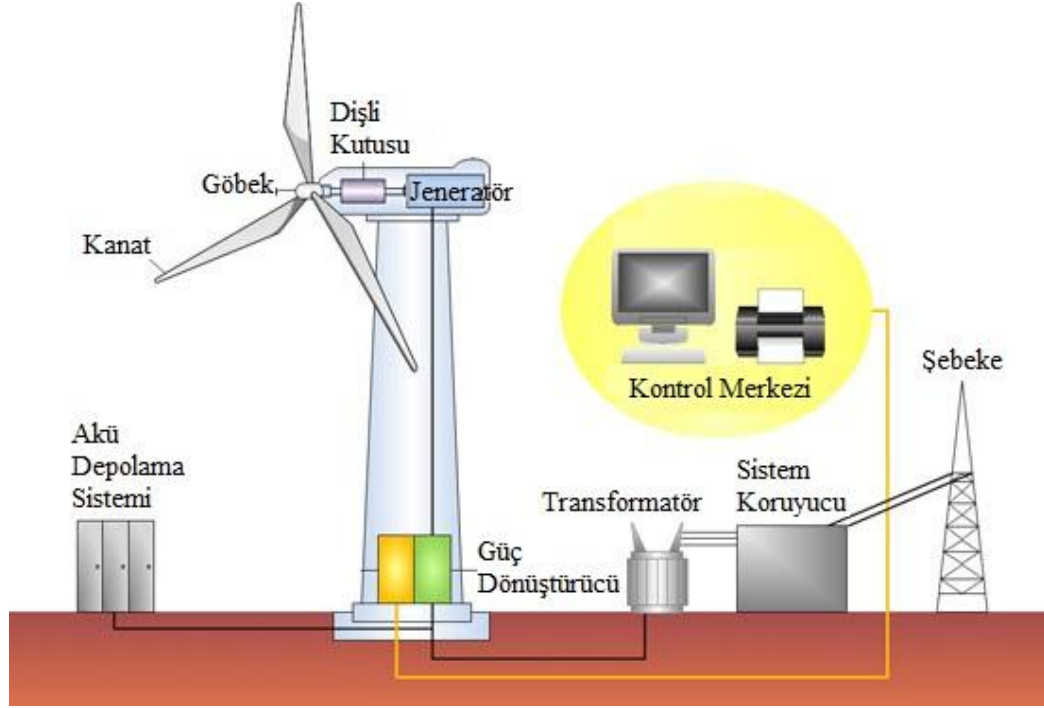


Şekil 2.10 Türkiye Rüzgâr Hızı Haritası (50 metre Yükseklik)



Şekil 2.11 Türkiye Rüzgâr Hızı Haritası (100 metre Yükseklik)

Ülkemizde rüzgâr enerji santralleri (RES) kurulu güç oranı her geçen gün artmaktadır. Türkiye'deki rüzgâr enerji potansiyeline bakıldığında Ege Bölgesi en yüksek rüzgâr potansiyeline sahip bölgedir. Rüzgâr Enerji Santrali (RES) kinetik enerjiye sahip rüzgâr gücünün türbinler vasıtası ile elektrik enerjisine dönüştürüldüğü üretim tesisidir. Rüzgâr Enerji Santrali (RES) çalışma prensibi Şekil 2.12'de gösterilmiştir.



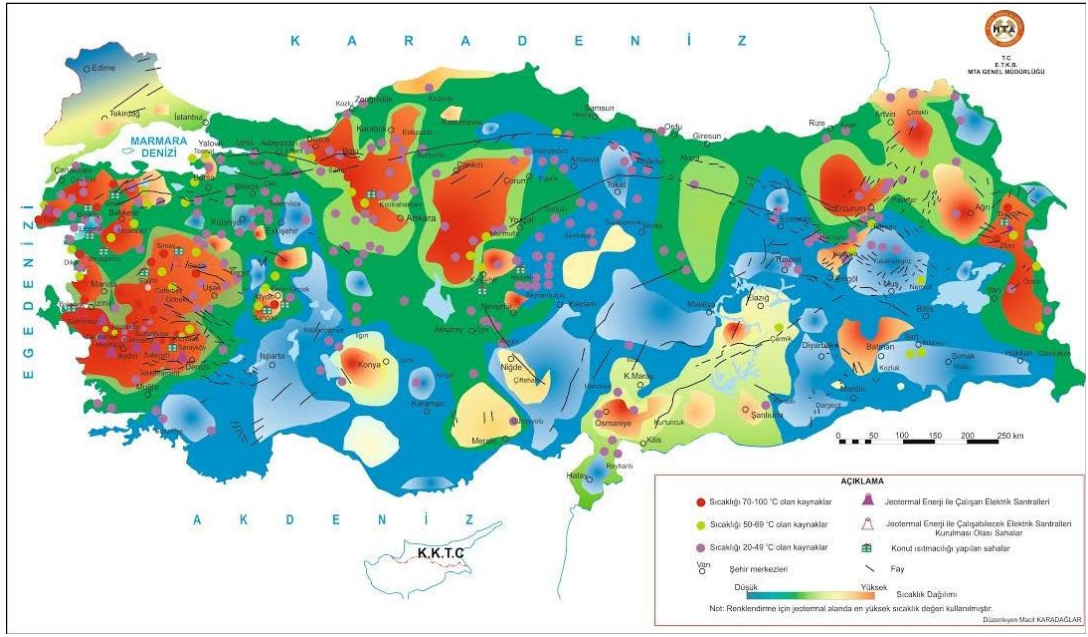
Şekil 2.12 Rüzgâr Enerji Santrali (RES) Çalışma Prensibi

2.4.3 Jeotermal Enerji

Yer kabuğunun derinliklerindeki ısının ısıttığı su kullanılarak elde edilen enerji jeotermal enerjidir. Yanma sonucu herhangi bir buhar elde edilmediğinden ve doğal olduğundan dolayı elektrik enerjisi üretimi için temiz bir kaynaktır.

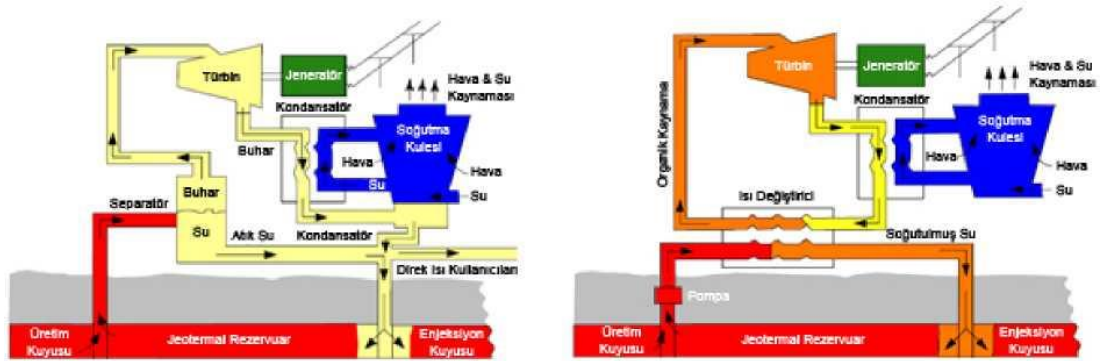
Yer kabuğundaki çatlaklardan sızan sular, magmanın ısıttığı kayalara temas eder. Kayalara temas sonucu sular ısınır. Isınan bu sular dünyanın değişik bölgelerinde gayzerler şeklinde yeryüzüne çıkar. Suyun yeryüzüne çıkışı genelde 150 °C civarındadır.

Buhar türbinleri kullanılarak yeryüzüne çıkan bu sıcak su elektrik enerjisine dönüştürülmektedir. Jeotermal açıdan Türkiye, coğrafik ve jeolojik konumundan dolayı aktif bir kuşak üzerinde yer almaktadır. Bu nedenle dünya ülkeleri arasında da önemli bir konumdadır.



Şekil 2.13 Türkiye Jeotermal Kaynaklar Haritası

Türkiye’de çeşitli bölgelerde yaklaşık 1000 adet doğal çıkışlı ve değişik sıcaklıklarda jeotermal kaynaklar mevcuttur. (ETKB, 2019) Türkiye’nin jeotermal kaynaklar haritası Şekil 2.13’de verilmiştir. Jeotermal sistem örneği Şekil 2.14’de verilmiştir.



Şekil 2.14 Jeotermal Sistem

2.4.4 Biyokütle Enerjisi

Organik maddelerden farklı yollarla elde edilen enerji biyokütle enerjisidir. Bitkilerin, fotosentezle güneşten aldıkları enerjiyi kimyasal enerjiye dönüştürmeleri sonucu açığa çıkan enerjidir. Farklı sistemler aracılığıyla biyokütleden elde edilen enerji, biyoenerji olarak adlandırılır.

Yosunlar, bitkiler (şeker kamışı, şeker pancarı mısır gibi), gübre, özel yetiştirilen otlar, meyve sebze atıkları, algler ve sanayi atıkları gibi her türlü organik atıklardan elde edilen enerjidir. Bitkilerin, toprak altında milyonlarca yıl kalmasıyla fosil yakıtlar oluşur.

Yeraltında sıcaklık ve basınçla fosiller değişime uğradıklarından bu fosiller yakıldıklarında birçok zararlı maddeyi havaya salgırlar. Bu durum havanın karbondioksit dengesinin bozulmasına ve küresel ısınmaya sebep olur.

Fotosentez yoluyla karbondioksit tüketen organik maddeler, canlıların ihtiyaç duyduğu oksijeni atmosfere verirler.

Bu şekilde çevre kirliliği oluşmamış olur. Biyokütle ve fosil yakıtları ile arasındaki fark da budur. İşlemler sonucu katı, sıvı ve gaz yakıtlara dönüştürülebilirler. Biyokütleden elde edilen biyoyakıtlar Çizelge 2.6'da gösterilmiştir.

Biyodizel, biyoetanol gibi ürünlerle birlikte gübre, hidrojen gibi yan ürünler de oluşturulmaktadır. Kağıt, yalıtım malzemezi, mobilya gibi farklı alanlarda kullanılmaktadır.

Çizelge 2.6 Biyokütleden Elde Edilen Biyoyakıtlar

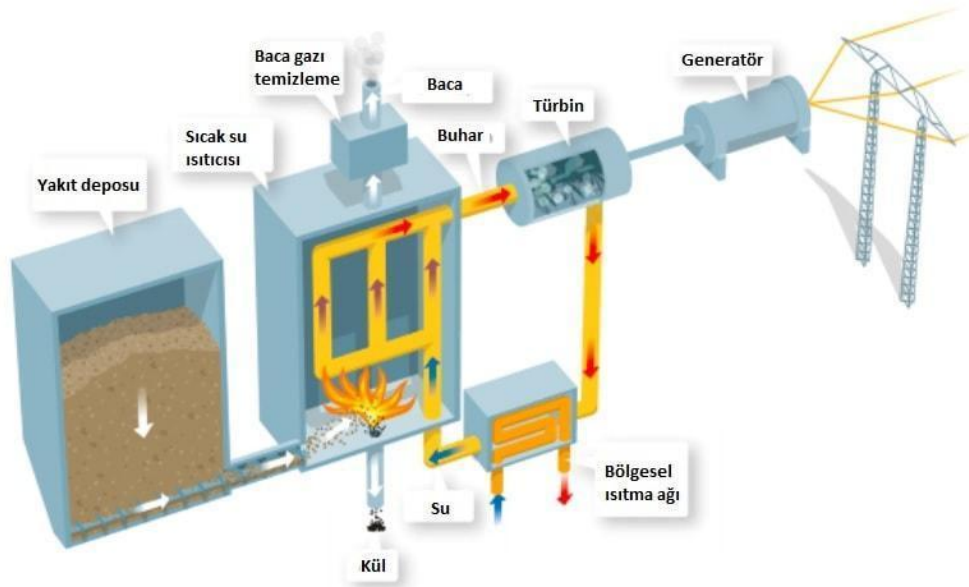
Katı Biyoyakıtlar	Sıvı Biyoyakıtlar	Gaz Biyoyakıtlar
Peletler	Biyooethanol	Biyosentez
	Biyodizel	Biyogaz
		Biyohidrojen

T.C Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü verilerine göre Türkiye biyokütle genel analiz değerleri Çizelge 2.7'de verilmiştir (Anonim, 2019).

Çizelge 2.7 Türkiye Biyokütle Genel Analiz

Başlıklar	Değerler
Nüfus	79.814.871
Toplam Hayvan Sayısı (adet)	389.405.328
Hayvansal Atık Miktarı (ton/yıl)	163.297.308
Hayvansal Atıkların Enerji Değeri (TEP/yıl)	1.176.198
Bitkisel Üretim Miktarı (ton/yıl)	176.313.301
Bitkisel Atık Miktarı (ton/yıl)	96.451.594
Bitkisel Atıkların Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)	39.877.285
Kentsel Katı Atık Miktarı (ton/yıl)	31.331.836
Kentsel Organik Atıkların Enerji Değerleri (TEP/yıl)	2.315.414
Orman Atıklarının Enerji Değeri (TEP/yıl)	859.899
Atıkların Toplam Enerji Değeri (TEP/yıl)	44.228.795
Biyodizel İşleme Lisansı Sahibi Firmalar	11
Biyoetanol İşleme Lisansı Sahibi Firmalar	3
Biyokütle Kaynaklı Elektrik Üretim Santral Sayısı	128

Biyokütle enerji santrali çalışma prensibi Şekil 2.15’da gösterilmiştir.



Şekil 2.15 Biyokütle Enerji Santrali Çalışma Prensibi

2.4.5 Hidrolik Enerji

Kaynağı su olan en eski enerji kaynaklarından hidrolik enerji, suyun akış ya da düşme hızıyla kazandığı gücün elektrik enerjisine dönüşmesiyle elde edilir. Hidrolik enerji santralleri bir su kaynağı üzerinde olmalıdırlar.

Hidroelektrik santraller akmakta olan suyun gücünü elektriğe dönüştürürler. Enerjinin miktarını suyun akışı ya da düşme hızı belirler. Nehir ne kadar büyük ise akmakta olan su o kadar büyük bir miktarda enerji taşımaktadır.

Akmakta olan su ne kadar çok yüksekten düşüyorsa o kadar yüksek miktarda enerji elde edilmektedir. Her iki şekilde de borularla taşınan su, türbinlere doğru akıtılır ve pervane şeklinde kollara sahip olan türbinlerin dönmesi sağlanarak elektrik üretimi gerçekleşir. Jenaratörlere bağlı bir şekilde olan türbinler, mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürür.

Hidroelektrik santralleri barajlar inşa edilerek yapılmaktadır. Bu inşalar sonrasında baraj çevresinde ve bulunduğu bölgede iklim değişikliği de dahil bazı değişiklikler oluşmaktadır. Bu nedenle inşa öncesi bu olası değişiklikler değerlendirilmeli ve oluşabilecek değişimler için gerekli tedbirler alınmalıdır.

İnşa edilen barajların büyüklüğüne göre; ekolojik denge değişebilir, tarihi ve kültürel varlıklar su altında kalabilir, iklimsel değişimler yaşanabilir, tarım arazileri su altında kalabilir, nehirde yaşayan balıkların geçişleri engellenebilir.

Bunlara karşılık HES'ler; hava kirliliğine neden olmaz, istihdam sağlar, enerji alanında dışa bağımlılığın azalmasında rol oynarlar.

Hidroelektrik enerji santralleri, santral binasının kurulum yeri ve konuma, ulusal elektrik enerjisi yükünü karşılamasına, barajların gövde tiplerine, kurulu güçlerine, düşülerine ve depolama şekillerine göre santraller olarak farklı şekillerde sınıflandırılmaktadır.

Hidroelektrik enerji santrallerinin sınıflandırılması Çizelge 2.8' de verilmiştir.

Çizelge 2.8 Hidroelektrik Enerji Santrallerinin Sınıflandırılması

Düşülerine Göre	Depolama Şekillerine Göre	Ulusal Elektrik Enerjisi Yükünü Karşılmasına Göre	Kurulu Güçlerine Göre	Santral Binasının Konumuna Göre	Baraj Gövde Tipine Göre
-Alçak Düşülü (H<10m)	-Depolamalı (Rezervuarlı)	-Baz Yük	-Mikro Kapasiteli (<100kW)	-Yer Üstü	-Kaya Dolgu Gövdeli
-Orta Düşülü (H=10-50m)	-Nehir Tipi (Regülatör)	-Puant Yük	-Küçük Kapasiteli (100-1000 kW)	-Yer Altı	-Ağırlıklı Beton Gövdeli
-Yüksek Düşülü (H>50m)		-Hem Baz Hem Puant Yük	-Orta Kapasiteli (1000-10000 kW)	-Yer Gömülü	-Beton Kemer Gövdeli
			-Büyük Kapasiteli (>10000 kW)		-Toprak Dolgulu Gövdeli

2018 Haziran ayı sonu itibariyle, işletmede bulunan 27912 MW'lık kurulu güce sahip 636 adet HES Türkiye toplam kurulu gücünün %32'sine karşılık gelmektedir. (ETKB, 2019) Şekil 2.16'da Türkiye hidroelektrik santralleri gösterilmiştir. Şekil 2.18'de ise kurulu gücü 100MW'dan fazla olan hidroelektrik santralleri görülmektedir. (http://cografyaharita.com/turkiye_enerji_haritalari.html)

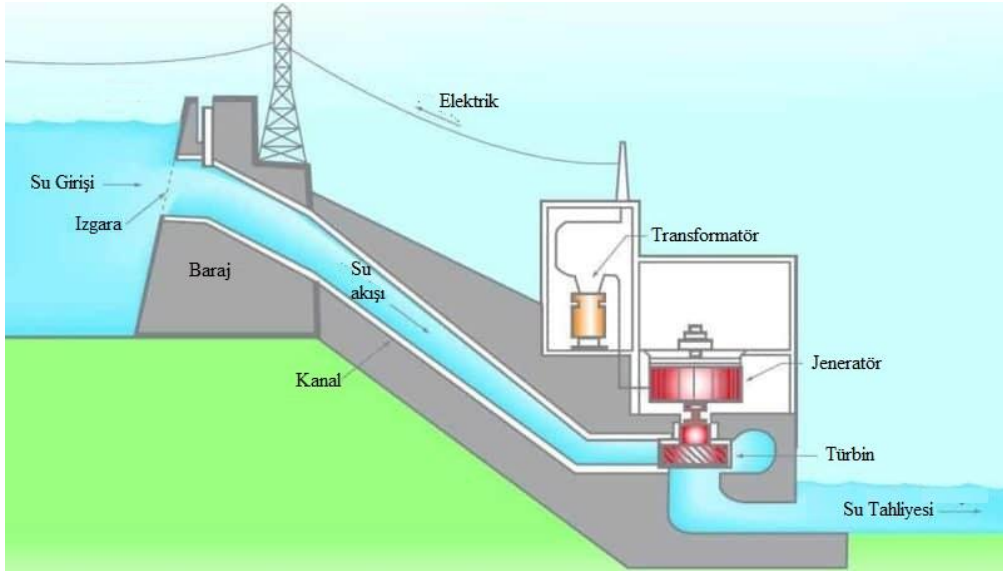


Şekil 2.16 Türkiye Hidroelektrik Santralleri Haritası



Şekil 2.17 Türkiye Hidroelektrik Santralleri Haritası (Kurulu Gücü >100MW)

Bir hidroelektrik santralinin çalışma prensibi Şekil 2.18’da gösterilmiştir.



Şekil 2.18 Hidroelektrik Santrali Çalışma Prensibi

2.4.6 Hidrojen Enerjisi

Evrendeki en basit element ve en fazla bulunan gaz olan hidrojen, yakıt hücreleri üzerinde çalışır. Tatsız, saydam, kokusuz, zehirsiz ve renksiz bir elementtir. Bu element havadan 14.4 kat daha hafif olan doğadaki en hafif elementtir. Hidrojen en küçük atomdur ve periyodik tablodaki ilk elementtir. Canlılarda, fosil maddelerde ve su molekülünde bulunur.

Yıldızların ve güneşin termonükleer tepkimeye vermiş olduğu ısının yakıtı hidrojendir. Bu hidrojen evrenin temel enerji kaynağıdır. Kimyasal olarak oldukça aktif olan doğada oldukça fazla bulunan ancak hidrojenin serbest bir şekilde bulunamamasından dolayı doğal bir enerji kaynağı değildir. Doğada bileşikler halinde bulunan hidrojen gazının işlenmesi ve dönüştürülmesiyle meydana gelen enerji kaynağı hidrojen enerjisidir. Doğaya zarar verici hiçbir negatif özelliğe sahip değildir. Hidrojenin yakıt olarak kullanıldığı sistemlerde atmosfere atılan sadece su veya su buharı olmaktadır. Bu enerji elde edilirken su buharı dışında sera etkisi yaratıcı hiçbir zararlı kimyasal madde açığa çıkmaz. Hidrojen üretim teknolojileri arasında buhar iyileştirme, foto süreçler, termokimyasal süreçler, atık gazların saflaştırılması, radyoliz gibi alternatifler mevcuttur. Birim kütle başına en yüksek enerji içeriğine sahip olan hidrojendir. 1 kg hidrojen 2.1 kg doğalgaz veya 2.8 kg petrolün sahip olduğu enerjiye sahiptir. Ancak birim enerji başına hacmi yüksektir.

Hidrojen petrol yakıtlarına göre ortalama %33 daha verimli bir yakıttır. (ETKB, 2019) Araştırmalar, mevcut koşullarda hidrojenin diğer yakıtlardan yaklaşık üç kat pahalı olduğunu ve yaygın bir enerji kaynağı olarak kullanımının hidrojen üretiminde maliyet düşürücü teknolojik gelişmelere bağlı olacağını göstermektedir. (ETKB, 2019) Hidrojen enerji döngüsü Şekil 2.19’da gösterilmiştir.



Şekil 2.19 Hidrojen Enerji Döngüsü

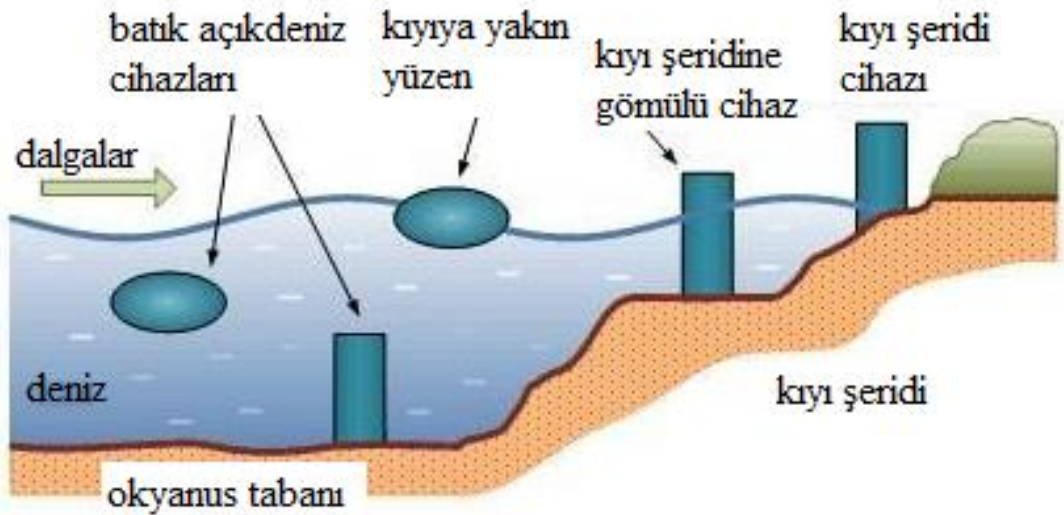
2.4.7 Dalga Enerjisi

Rüzgârlar, gel-git olayları ve denizlerde depremlerin meydana gelmesiyle deniz ve okyanuslarda dalgalar oluşmaktadır. Enerji üretimine üzgarların sebep olduğu dalgalar imkan vermektedir. Bu dalgalar kullanılarak deniz ve okyanuslardan enerji elde edilebilmektedir.

Bir çok bölgede rüzgârlar sürekli dalgalar oluşturacak kadar sürekli ve düzenli olarak eserler. Okyanus ve deniz dalgalarındaki bu büyük enerjiyle dalga enerjisi makineleri dalgaların yüzey hareketlerinden veya basınçlarından direkt olarak elektrik üretir.

Dalga enerjisi ile elektrik üretmenin bir standard yoktur. Rüzgâr basınçları, fiziksel koşullar, deniz veya okyanusun koşulları her santralde farklı olabilir. Dalga enerjisi santrallerinde diğer enerji santralleri gibi üretim şeklinin bir kuralı yoktur. Dalga gücünün türbine nasıl yönlendirileceği çok farklılık içerir.

Kıyıya çarpan dalga gücünün kullanılması, santralin su yüzeyinde yüzdürülmesi, derinlerdeki akıntının kullanılması ya da dalganın bir haznede toplanarak basınçlandırılması seçenekler arasındadır. Dalga enerji santralleri kurulum yerleri Şekil 2.20’de verilmiştir.



Şekil 2.20 Dalga Enerji Santralleri Kurulum Yerleri

Kıyı şeridi uygulamalarında kıyı şeridi cihazları kıyı şeridine gömülü veya sabitlenmiş cihazlardır. Bu cihazlar suyun dışında ve içindedir. Yakın kıyı uygulamalarında cihazlar, dalga gücünü doğrudan kesici alandan ve 20 m su derinliğinde almak için kullanılır. Açık deniz uygulamalarında ise cihazlar uzak yerde ve derin su dalgalarındaki mevcut olan yüksek enerjiyi kullanırlar. Açık deniz olmasından dolayı karasal cihazlarda olduğu gibi kıyı yüzeyi çalışmalarına ihtiyaç duyulmamaktadır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Özellikle ülkemiz için son derece önem arz eden yenilenebilir enerji kaynaklarına devlet destekleriyle birlikte yatırımlar her geçen gün artmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım yapmayı düşünen yatırımcılar için doğru karar vermek ve yatırımlarının sonuçlarını öngörebilmeleri adına hızlı bir şekilde fizibilitenin yapılması kaçınılmazdır.

Bu tezde, araştırmacı ve yatırımcılar için özelde güneş enerjisi ve rüzgâr enerjisinin, ayrıca veri girişleriyle diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının yatırım fizibilitesinin yapılabileceği bir program hazırlanmıştır.

Yenilenebilir enerji yatırım fizibilitesini hesaplamak için hazırlanan bu programda veri tabanı olarak Microsoft Access, kodlama dili olarak ise Visual Studio ortamında C# kullanılmıştır.

Hazırlanan bu program yardımıyla yenilenebilir enerji alanında yatırım yapılması istenen şehir, listeden seçilerek programda varsayılan olarak atanan değerlere göre otomatik olarak program tarafından fizibilite analizi yapılmaktadır. İhtiyaç halinde programda bulunan varsayılan değerler değiştirilebilir veya ilaveler yapılabilir bir esnekliğe sahiptir.

Her ilin rüzgâr enerji potansiyeli ve güneş ışınım değerleri farklı olduğundan bu değerler araştırılmış ve her il için ayrı ayrı programa girilmiştir. İllere göre değişken olan enerji verileri hazırlanan programın veri tabanına işlenmiş ve bu sayede il seçimi yapılarak verilerin hesaplamalarda kullanılması, otomatik işlenmesi ve ayrıca grafiksel görselliği sağlanmıştır. Elektrik birim satış fiyatı ile karşılaştırılarak söz konusu belirlenmiş olan il için analizin yapılacağı bilgisayar programının verileri oluşturulmuştur. Her il için o şehre ait güneş ve rüzgâr değerleri aylık ve yıllık

olarak üretilebilecek toplam elektrik enerjisi hesaplanmıştır. İstendiğinde değiştirilebilir yatırım kalemleri ve tutarları belirlenmiştir. Bu sayede yatırım maliyeti oluşması sağlanmıştır. Ayrıca kur bilgileri kullanılarak güncel kurlara göre yenilenebilir enerji yatırımının güncel hesaplamaları yapılabilmektedir. Bu sayede planlanan yatırımın verimli olup olmadığı ve yatırım geri dönüş süresi belirlenmektedir.

Güneş enerjisi hesabı:

Güneş enerjisi ile ilgili hesaplamada kullanılan kabuller fizibilite programda seçili ekranlarda kullanıcılara sunulmaktadır.

Güneş Enerjisi Hesabı için gerekli veriler:

- Kur Bilgisi,
- İl Seçimi,
- Aylık ışınlam değerlerinin tablodan seçimi,
- Maliyet kalemlerinin seçimi ve fiyatlandırılması,
 - Güneş Paneli (Fotovoltaik Modüller),
 - Solar Inverter (Eviriciler),
 - Solar Konstrüksiyon Maliyeti,
 - Çift ve Tek Yönlü Sayaç Maliyeti,
 - Güneş Panelleri için Kablo Kanalı Maliyeti,
 - Solar Kablo (Fotovoltaik Kablo) Maliyeti,
 - Paratoner (Yıldırımdan Koruma) Maliyeti,
 - Enerji Nakil Hattı ve Trafo Tesisi Maliyeti,
 - Tel Çit ve Dikenli Tellerin Maliyeti,
 - CCTV (Güvenlik Kamera Sistemi) Maliyeti,
 - İdari Bina (Kontrol Binası),
 - Saha İnşaat İşleri için Maliyet,
 - Güneş Enerji Santrali için Saha Aydınlatması Maliyeti,
 - Diğer Giderler Maliyeti,
 - Proje ve Arazi Maliyetleri,
- Enerji Satış Bedeli,
- İşletme Bakım Gideri Yüzdesi,

$$\left(\begin{array}{c} \text{Yıllık İşletme} \\ \text{Bakım Gideri} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{Yatırım} \\ \text{Bedeli} \end{array} \right) \times \left(\begin{array}{c} \text{İşletme Bakım} \\ \text{Gideri} \end{array} \right) \quad (3.1)$$

Bu verileri kullanarak yazılan program, Güneş enerjisi fizibiitesi için aşağıdaki verileri tablo halinde oluşturmaktadır.

- Enerji Üretimi (kWh/yıl)
- Yıllık Gelir (TL)
- Yatırım Bedeli (TL)
- İşletme ve Diğer Giderler (TL)

Rüzgâr Enerjisi Hesabı:

Rüzgâr enerjisi ile ilgili hesaplamalarda aşağıdaki denklemler ve kabuller yapılarak programda veriler kullanılmıştır.

Türbin göbek yüksekliği 50 m olarak alınmıştır. 50 m yükseklikteki kapasite faktörü her il için database işlenmiş ve şehir seçimiyle otomatik olarak ekrana gelmesi ve fizibilite analizi için kullanılması sağlanmıştır. Her il göre değişiklik gösteren kapasite faktörü (L_p) ve baz alınan güce (N_e) göre seçili ilde yıllık elektrik üretimi (E_e) tespit edilir.

Bu sayede satışı yapılabilecek elektrik miktarı, fizibilite analizininin yapılmasını mümkün kılar.

N_e	: Baz alınan güç (kW),
L_p	: Kapasite faktörü (%),
E_e	: Yıllık elektrik üretimi (kWh)

Türbin kanatlarının rüzgâr gücüyle dönmesi jeneratörü döndürür ve bu şekilde jeneratör de elektrik üretir. Hareket eden bir nesne bir kinetik enerjiye sahiptir.

Kinetik enerji;

$$E_K = \frac{1}{2} mV^2 \quad (3.2)$$

olarak ifade edilir. Belirli bir hızla, bir bölgeden belirli bir hava yoğunluğu ile geçen rüzgârın enerjisi;

$$E_R = \frac{1}{2} \rho AV^3 \quad (3.3)$$

Rüzgâr enerjisinin tamamı rüzgâr türbinleri tarafından kullanılamaz. Elde edilebilecek net enerji, türbine giren ve türbinden çıkan rüzgâr enerjilerinin farkına eşittir. Enerji ve kütlenin korunması kanunlarına göre rüzgârdan elde edilebilecek maksimum enerji, toplam rüzgâr enerjisinin %59.3'üne denk gelir. Bu durum, Betz Kanunu olarak bilinir.

Elde edilebilecek maksimum rüzgâr enerjisi;

$$E_{Rmax} = 0.59 \frac{1}{2} \rho AV^3 \quad (3.4)$$

E_K	: Kinetik enerji (j)
E_R	: Rüzgâr enerji
E_{Rmax}	: Elde edilebilecek maksimum rüzgâr enerjisi
A	: Alan (m^2),
V	: Hız (m/s),
ρ	: Hava yoğunluğu (kg/m^3),
m	: Kütle (kg)

Hızı sürekli olarak değişen rüzgâr güvenilir bir kaynak değildir. Bu nedenle, rüzgâr türbini her zaman düzenli bir şekilde elektrik üretimi yapamaz. Türkiye'de ortalama kapasite faktörü %33 olarak alınabilir. Bu ise, üretilen elektrik miktarının toplam kurulu kapasitenin %33'üne denk gelmektedir (TENVA, 2017). Yazdığımız programda kapasite faktörü değeri il bazındaki değerleri kullanılarak seçilen il için yıllık elektrik üretim miktarı hesaplanmıştır.

Rüzgâr Enerjisi Hesabı için gerekli veriler:

- Kur Bilgisi,
- İl Seçimi,
- İnşaat Kalemlerinin Fiyatlandırılması,
 - Kule Temelleri Maliyeti
 - Ünite Trafo Binaları Maliyeti
 - Servis Yolları ve Harfiyat Maliyeti
 - Kablo Kanal İnşaatı Maliyeti
 - Şantiye ve Diğer İnşaat Maliyetleri
- Elektromekanik Kalemlerinin Fiyatlandırılması,
 - Türbin Maliyeti
 - Yedek Parça Maliyeti

- Transformatör Maliyeti
- Topraklama Maliyeti
- Kablo Maliyeti
- Ölçüm Hücreleri Maliyeti
- Diğer Elektromekanik Maliyetler Maliyeti
- Elektrokonnekte Kalemlerinin Fiyatlandırılması
- Resmi Giderler,
 - Etüd Maliyeti,
 - Proje Maliyeti,
 - Onay Maliyeti,
 - İzin Maliyetleri
- İşletme Maliyetleri
 - İşçilik Maliyeti,
 - Genel Giderler,
 - Türbin Arazi Maliyeti,
 - Sigorta Maliyeti
- İşletme Süresi
- İşletme Bakım Gideri,

$$(Amortisman) = \left(\frac{Yatırım}{Bedeli} \right) - \left(\frac{Yıllık İşletme}{Gideri} \right) - \left(\frac{Yıllık İşletme}{Bakım Gideri} \right) \quad (3.5)$$

$$\left(\frac{Yıllık İşletme}{Bakım Gideri} \right) = \left(\frac{Yatırım}{Bedeli} \right) \times \left(\frac{İşletme Bakım}{Gideri} \right) \quad (3.6)$$

$$\left(\frac{Yatırım}{Bedeli} \right) = \left(\frac{İnşaat}{Maliyetleri} \right) + \left(\frac{Elektromekanik}{Techizat} \right) + \left(\frac{Hat}{Giderleri} \right) + \left(\frac{Etüd,Proje,İzin}{Onay Giderleri} \right) + \left(\frac{İşletme}{Giderleri} \right) + \left(\frac{Diğer}{Giderler} \right) \quad (3.7)$$

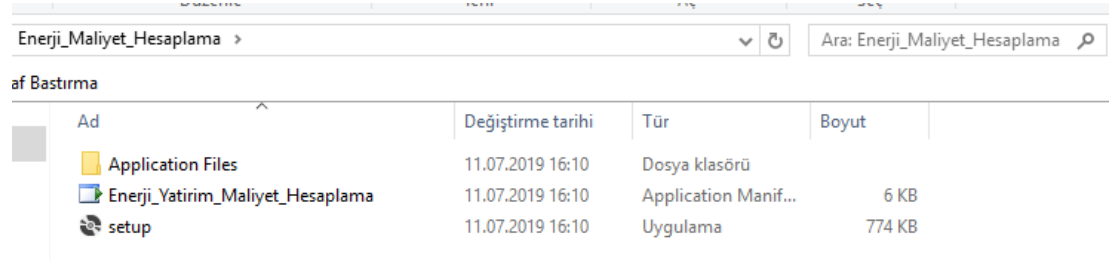
Bu verileri kullanarak yazılan program, Güneş enerjisi fizibiitesi için aşağıdaki verileri tablo halinde oluşturmaktadır.

- Enerji Üretimi (kWh/yıl),
- Yıllık Gelir (TL)
- Yatırım Bedeli (TL)
- Yıllık İşletme ve Diğer Giderler (TL)
- Yıllık Bakım Gideri (TL)
- Amortisman (TL)

4. BULGULAR

4.1 Program Kurulumu

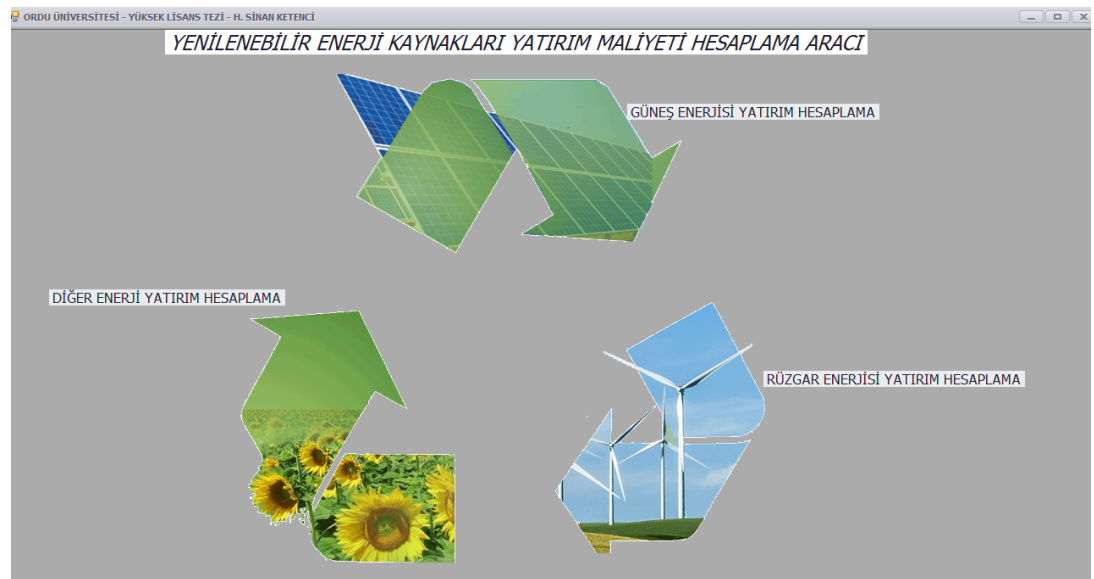
Hazırlanmış olan programın öncelikle kullanılacak bilgisayara kurulumu yapılır. Ekte verilmiş olan CD içerisinde yer alan “Enerji_Yatirim_Hesaplama_Programı” klasöründeki Şekil 4.1’de görüldüğü üzere “setup” dosyası çalıştırılarak kurulum için gerekli izinler verilip bilgisayara kurulum gerçekleştirilir.



Şekil 4.1 Yenilenebilir Enerji Kaynakları Program Kurulumu

4.2 Programın Kullanımı

Fizibilite analizi yapılması istenen yenilenebilir enerji çeşidinin seçilebileceği şekilde programın ana sayfası mevcuttur. Yenilenebilir enerji kaynağı yatırım fizibilite program ana ekranı Şekil 4.2’de gösterildiği gibidir. Hesaplama yapılması istenen yenilenebilir enerji kaynağı ana ekrandan seçilir. Rüzgâr enerjisi, Güneş enerjisi veya diğer enerji kaynaklarından biri seçilerek program başlatılır.



Şekil 4.2 Yenilenebilir Enerji Kaynakları Yatırım Maliyeti Hesaplama Aracı

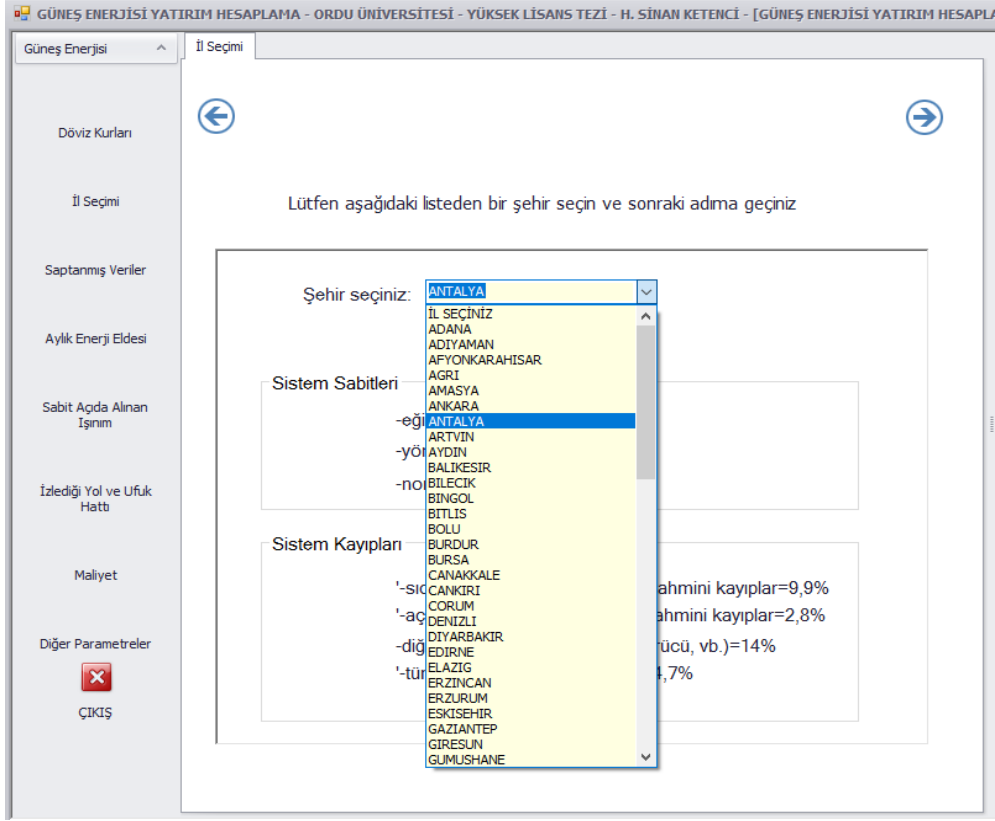
4.2.1 Güneş Enerjisi Fizibilite Analizi

Fizibilite analizi yapılması istenen yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisi seçilmesi durumunda karşımıza hesaplamalarda kullanılacak olan döviz kur bilgileri ekranı gelecektir. Güneş enerjisi yatırım hesaplama döviz kuru bilgi ekranı Şekil 4.3'de gösterilmiştir. Döviz kur bilgileri, Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası (TCMB) kapanış kuru olarak güncellenebilmektedir.

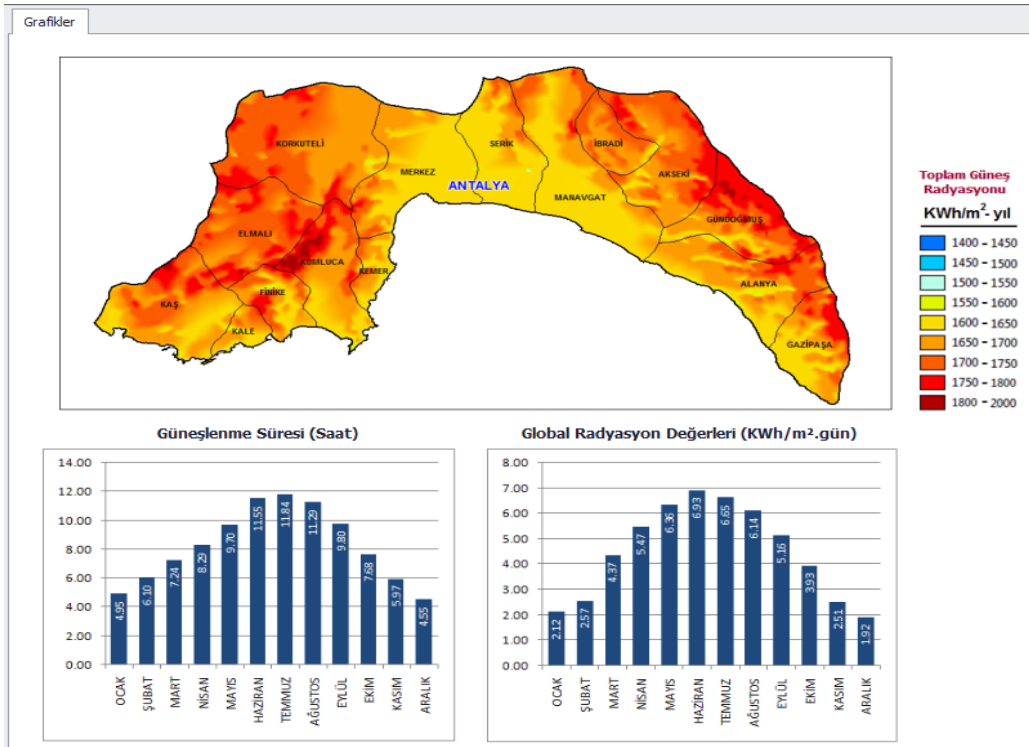


Şekil 4.3 Güneş Enerjisi Yatırım Hesaplama Döviz Kuru Bilgi Ekranı

Kur bilgileri güncellemelerinden sonra sağ üstte yer alan sağ yönü gösteren ok işareti butonuna basılarak bir sonraki aşamaya geçilir. Sonraki aşamada karşımıza çıkan ekrandan şehir seçimi yapılır. Şekil 4.4'de güneş enerjisi yatırım hesaplama şehir seçim ekranı gösterilmiştir.



Şekil 4.4 Güneş Enerjisi Yatırım Hesaplama Şehir Seçim Ekranı



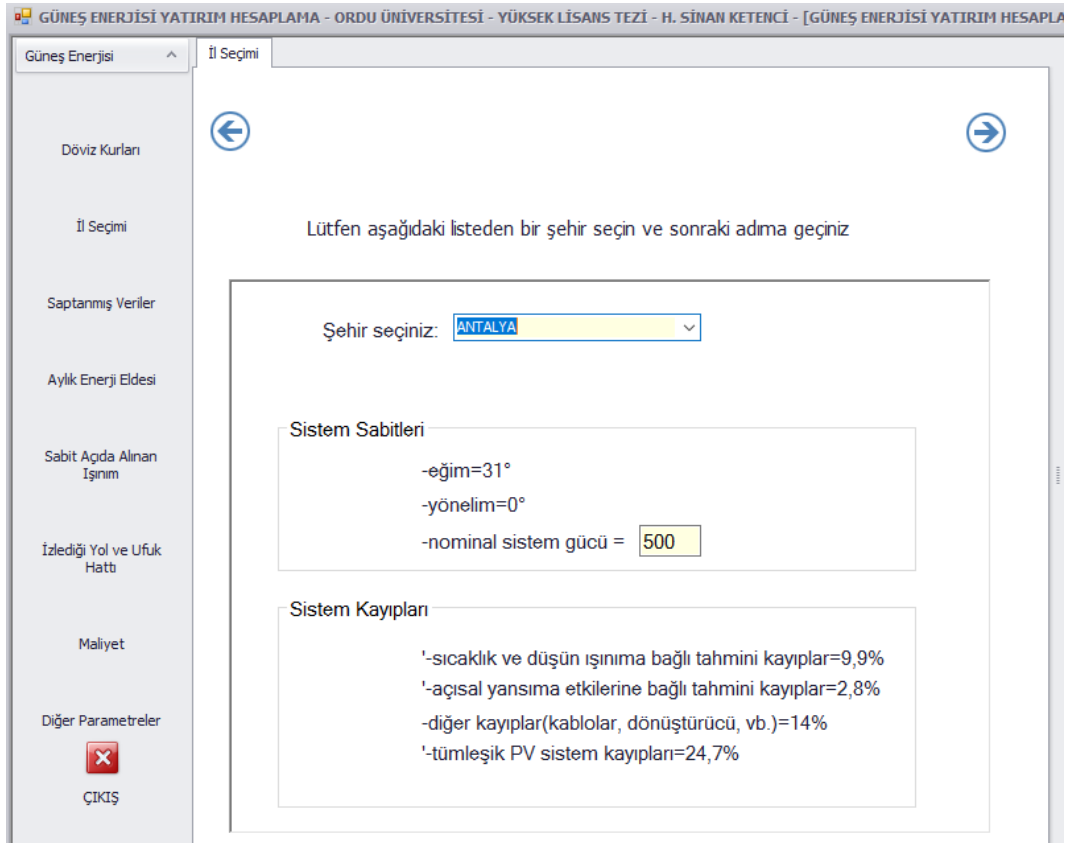
Şekil 4.5 Seçili İle Ait Harita ve Grafikler

Seçilen söz konusu ile ait Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA), o ile ait aylık güneşlenme süresi ve global radyasyon değerlerine ait grafikler yer almaktadır. Şekil 4.5’de seçili ile ait harita ve grafikler gösterilmiştir. İl seçim ekranında seçili il değiştirildikçe ilgili harita ve grafikler de otomatik olarak değişmektedir. Söz konusu haritalar Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü’nün yayınlamış olduğu Güneş Enerjisi Potansiyel Atlasından temin edilmiştir.

İl seçim ekranından il seçildikten sonra sistem sabitlerinde yer alan sistem gücü KW cinsinden sayı olarak girilir. İlgili alan varsayılan olarak 500 KW olarak tanımlıdır.

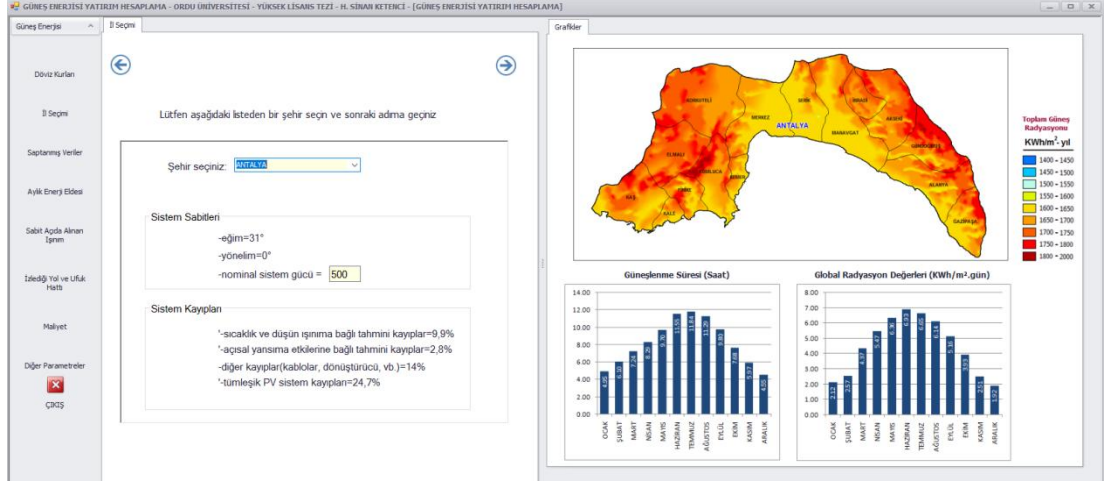
Bu sayede hesaplama yapılması istenen güneş enerji tesisinin sistem gücü programa girilmesi sağlanır.

Şekil 4.6’da güneş enerjisi için istenen sistem gücü giriş ekranı yer almaktadır.

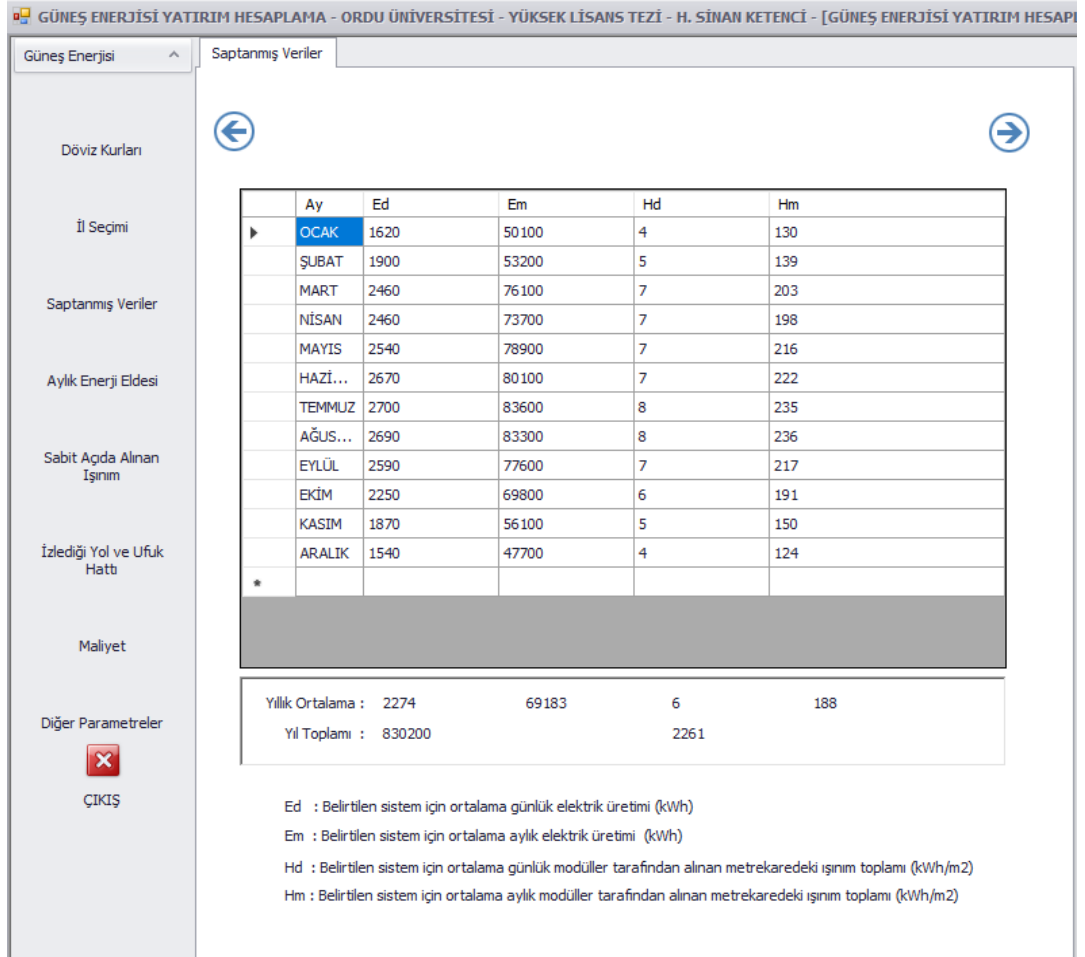


Şekil 4.6 Güneş Enerjisi İçin İstenen Sistem Gücü

İl seçiminin yapıldığı ve sistem gücünün girildiği ekrana ait görüntü Şekil 4.7’de güneş enerjisi il seçimi genel ekran görüntüsü olarak yer almaktadır.



Şekil 4.7 Güneş Enerjisi İl Seçimi Genel Ekran Görüntüsü



Şekil 4.8 Ortalama Işınım ve Elektrik Üretim Ekranı

Seçilmiş ile göre belirtilen sistem için, ay bazında ortalama günlük elektrik üretimi, ortalama aylık elektrik üretimi, ortalama günlük modüller tarafından alınan metrekaredeki ışınım toplamı ve ortalama aylık modüller tarafından alınan metrekaredeki ışınım toplamalarını gösteren tablo oluşmaktadır. Şekil 4.8’de seçilmiş şehre göre ortalama ışınım ve ortalama elektrik üretimleri tablosu aylık olarak gösterilmiştir. Bu tabloda hesaplamalarda kullanılacak olan yıllık ortalama elektrik üretimi görülmektedir.

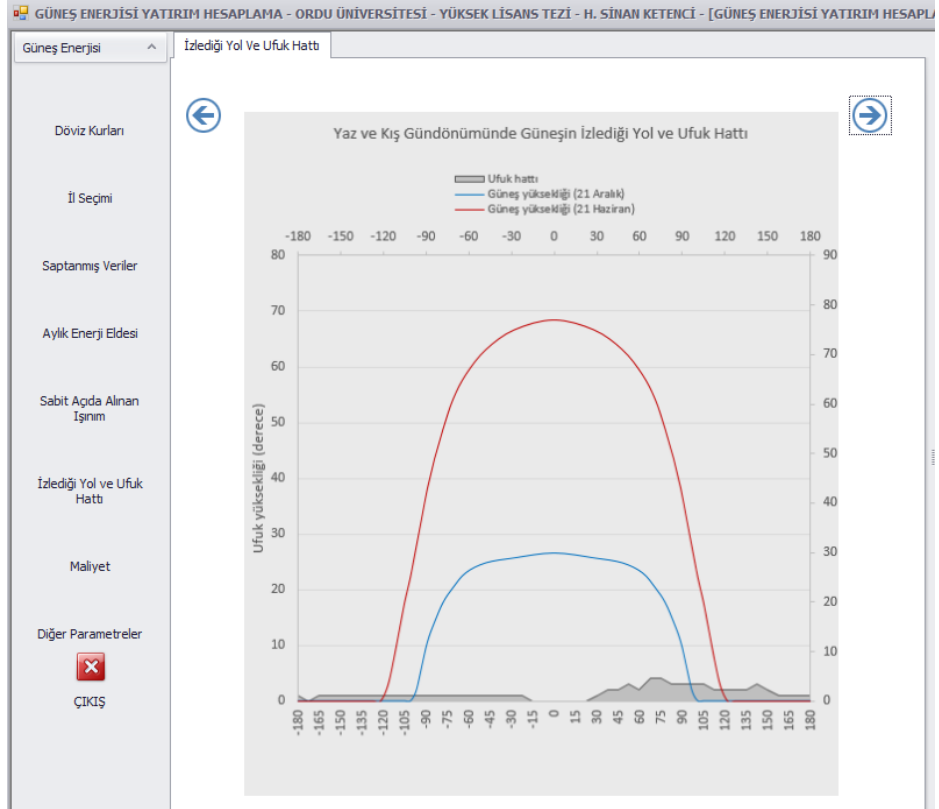
Programın bir sonraki adımında aylık enerji eldesini gösteren grafik yer almaktadır. Şekil 4.9’da aylık enerji eldesi kWh cinsinden grafik ekranı görülmektedir. Sonraki adımda aylık ortalama alınan ışınım grafiği yer almaktadır. Şekil 4.10’da ise sabit açıda aylık alınan ışınım kWh/m² cinsinden grafik ekranı yer almaktadır.



Şekil 4.9 Sabit Açılı Güneş Paneli Sisteminden Aylık Enerji Eldesi Ekranı



Şekil 4.10 Sabit Açıda Aylık Alınan Işınım Ekranı



Şekil 4.11 Güneşin İzlediği Yol ve Ufuk Hattı Ekranı

Yaz ve kış gündönümlerinde güneşin izlediği yol ve ufuk hattı, dönemsel olarak değişiklik göstermektedir. Seçilmiş ile göre ufuk hattının, 21 Aralık ve 21 Haziran güneş yüksekliklerini gösteren grafik Şekil 4.11'deki ekranda görülebilmektedir.

Bir sonraki adımda karşımıza çıkacak maliyet ekranında, istenirse varsayılan maliyetleri ekleme butonuna basılarak öngörülen; güneş paneli (fotovoltaik modüller), solar inverter (eviriciler), solar kablolar, inşaat giderleri gibi giderlerin listeye otomatik gelmesi sağlanabilir. Varsayılan maliyetleri listeye eklemek için butona basıldığında bir uyarı ekranı çıkacaktır. Bu uyarı ekranında yapılan seçime göre listeye öngörülen giderler gelecektir. Gerek duyulursa listedeki maliyet kalemleri veya tutarları değiştirilebilir ya da yeni maliyet kalemi listeye eklenebilmektedir. Şekil 4.12'de maliyet giriş ekranı görülmektedir.

GÜNEŞ ENERJİSİ YATIRIM HESAPLAMA - ORDU ÜNİVERSİTESİ - YÜKSEK LİSANS TEZİ - H. SİNAN KETENCİ - [GÜNEŞ ENERJİSİ YATIRIM HESAPLAMA]

Güneş Enerjisi

Maliyet

Döviz Kurları

İl Seçimi

Saptanmış Veriler

Aylık Enerji Eldesi

Sabit Açıda Alınan Işınım

İzlediği Yol ve Ufuk Hattı

Maliyet

Diğer Parametreler

ÇIKIŞ

Maliyetlerini Belirtiniz

Maliyet Kalemi :

Tutar : TRY

Maliyet Ekle

Varsayılan Maliyetleri Ekle

#	Maliyet	Tutar	Birim	Tutar (Try)	Düzenle	Sil
*						

Uyarı

Varsayılan Maliyetleri Ekleme İstiyormusunuz ?

Evet Hayır

TOPLAM :

Şekil 4.12 Güneş Enerjisi Maliyet Ekranı Varsayılan Giderleri Ekleme Ekranı

Varsayılan maliyetleri ekleme butonuna bastıktan sonra karşımıza çıkacak olan uyarı ekranında “Evet” seçimi yapılması durumunda sistemde tanımlı olan belli kabullerle oluşturulmuş maliyetler ekrana gelecektir. İstendiği durumda ekrana gelen maliyet kalemleri, silinmesi istenen satırda yer alan sil butonuna basılarak yatırım kalemlerinden çıkartılır. Ya da maliyet kalemlerine ilave yapılmak istenirse Maliyet Kalemi bölümüne gerekli girişler yapılır ve para birimi de seçilerek “Maliyet Ekle” butonuna basılır. Şekil 4.13’de maliyet ekranı yer almaktadır.

GÜNEŞ ENERJİSİ YATIRIM HESAPLAMA - ORDU ÜNİVERSİTESİ - YÜKSEK LİSANS TEZİ - H. SİNAN KETENCİ - [GÜNEŞ ENERJİSİ YATIRIM HESAPLAMA]

Güneş Enerjisi

Maliyet

Döviz Kurları

İl Seçimi

Saptanmış Veriler

Aylık Enerji Eldesi

Sabit Ağda Alınan Işınlım

İzlediği Yol ve Ufuk Hattı

Maliyet

Diğer Parametreler

ÇIKIŞ

Maliyetlerini Belirtiniz

Maliyet Kalemi :

Tutar : TRY

Maliyet Ekle

Varsayılan Maliyetleri Ekle

#	Maliyet	Tutar	Birim	Tutar (Try)	Düzenle	Sil
0	Güneş Paneli (Fotovoltaik Modüller)	300000	USD	1709400	...	-
1	Solar Inverter (Eviriciler)	70000	USD	398860	...	-
2	Solar Konstrüksiyon Maliyeti	70000	USD	398860	...	-
3	Güneş Panelleri için Kablo Kanalı Mali...	4200	USD	23931,6	...	-
4	Solar Kablo (Fotovoltaik Kablo) Maliyeti	2100	USD	11965,8	...	-
5	Tel Çit ve Dikenli Tellerin Maliyeti	2000	USD	11396	...	-
6	Saha İnşaat İşleri için Maliyet	15000	USD	85470	...	-
7	Güneş Enerji Santrali için Saha Aydın...	3200	USD	18233,6	...	-
8	CCTV (Güvenlik Kamera Sistemi) Mali...	4000	USD	22792	...	-
9	Arazi Maliyetleri	50000	USD	284900	...	-
10	Paratoner (Yıldırımdan Koruma) Maliyeti	1200	USD	6837,6	...	-
11	Enerji Nakil Hattı ve Trafo Tesisi Mali...	35000	USD	199430	...	-
12	Çift ve Tek Yönlü Sayaç Maliyeti	200	USD	1139,6	...	-
13	İdari Bina (Kontrol Binası)	5000	USD	28490	...	-

TOPLAM : 3586321,2 TRY

Şekil 4.13 Güneş Enerjisi Maliyet Ekranı

Herhangi bir maliyet kaleminde maliyet detayını görmek ya da istendiği şekilde değişiklik yapılması için ilgili satırdaki “Düzenle” butonuna basılır. Maliyet kaleminin detayında kabuller, birim fiyatlar da yer almaktadır. Şekil 4.14’de maliyet

detay ekranı gösterilmiştir. Hesaplamalarda kullanılan varsayılan değerlere ait kabullerin ve hesaplama çarpanlarının yer aldığı maliyet detay sayfasında istendiği gibi değişiklik veya güncellemeler yapılabilmektedir.

Maliyet Detayı

Açıklama : Seçilen arazide güneş enerji tesisi kumadan önce sahanın düzenlenmesi gerekmektedir. Sahanın kepçe ile düzenlenmesi ve Stabze serilmesi işlerini kapsamaktadır. Ancak bu maliyet çok değişkenlik gösterebilir. Gerekli olan arazi alanının birim fiyatı ile hesaplanır.

Çarpan Açıklama : 1 watt için gerekli arazi alanı (m2)

Çarpan : 0,02

Birim Fiyat Açıklama : 1 metrekare arazi düzenleme birim fiyatı (\$)

Birim Fiyat : 1,5 USD

*Birim fiyatı sistem gücü ile çarp

Toplam : 82560 TRY

Kaydet

Şekil 4.14 Güneş Enerjisi Maliyet Detay Ekranı

Ayrıca bazı gider kalemleri, seçili sistem gücünden bağımsızdır. Sistem gücüne bağlı maliyetlenen gider kalemleri için “Birim fiyatı sistem gücüyle çarp” seçili olmalıdır. Böylelikle sistem gücü değiştirildikçe seçili olan gider kalemi de o oranda değişecektir.

Maliyet kalemleri eklendikçe veya değişiklikler yapıldıkça yatırım tutarı, döviz kuruyla hesaplanarak “Toplam” bölümünde Türk Lirası olarak güncellenmektedir.

Yatırım geri dönüş süresinin hesaplanması için programın son aşamasında, işletme bakım gideri için belli bir oran belirlenir. Varsayılan olarak %1 olan bu oran yıllık işletme bakım giderinin hesaplanması için gereklidir. İstendiği durumda bu oran değiştirilebilmektedir.

Aynı ekran üzerinde, kurulması planlanan tesisin finansal getirisinin hesaplanması için birim enerji satış bedeli girilmelidir. Mevcut durumda devlet tarafından elektrik alım bedeli 0,133 USD/kWh’dir. Ancak ihtiyaç durumunda bu fiyat programda değiştirilebilmektedir. Şekil 4.15’de gösterilmiştir.

GÜNEŞ ENERJİSİ YATIRIM HESAPLAMA - ORDU ÜNİVERSİTESİ - YÜKSEK LİSANS TEZİ - H. SİNAN KETENCİ - [GÜNEŞ ENERJİSİ YATIRIM HESAPLAMA]

Güneş Enerjisi ^ Diğer Parametreler

Döviz Kurları

İl Seçimi

Saptanmış Veriler

Aylık Enerji Eldesi

Sabit Ağda Alınan Işınım

İzlediği Yol ve Ufuk Hattı

Maliyet

Diğer Parametreler

ÇIKIŞ

Tesis Kurulum Gücü 500 kWh

Yatırım Bedeli (TRY) 3586321,2 TRY

İşletme ve Diğer Giderler (%) 1 %
Yıllık İşletme ve Diğer Giderler (TRY) 35863 TRY / Yıl

Birim Enerji Satış Bedeli 0,133 USD
Enerji Satış Bedeli (TRY) 0,758

Maliyet Hesapla

Şekil 4.15 Güneş Enerjisi Diğer Parametreler Giriş Ekranı

Programın herhangi bir adımında, ekranın sol tarafında yer alan bölümde programa ait tüm adımlar yer almaktadır. Sol ok tuşuyla programda önceki ekranlara dönülebildiği gibi aynı zamanda açılır ve gizlenebilir olan program adımları tıklanarak herhangi bir adıma geçilebilmesine olanak sağlanmıştır.

Tüm girdiler tamamlandıktan sonra ekranda yer alan “Maliyet Hesapla” butonuna basılarak güneş enerjisi yatırım fizibilite analizi tamamlanmış olur. Yıllık enerji üretimi, yıllık gelir, yıllık bakım giderlerinin yer aldığı tabloda yatırım geri dönüşünde tutar ekside olduğu sürece yatırım kâra geçmiş olmayacaktır. Program yapmış olduğu hesaplamalar sonucunda, otomatik olarak tablodaki satırları renklendirecektir. Tabloda kırmızı renkli olan yıllarda yatırım geri dönüşünü tamamlamamış olduğu anlamına gelir. Aynı tabloda yeşil renkli satırlar kâr edilen yıllardır. Yatırım geri dönüş yılı ise tablodaki yeşil renkli ilk satıra denk gelen yıldır.

Şekil 4.16’da yatırım geri dönüş süresi ekranı görülmektedir.

Grafikler		Maliyet Tablosu					
	Yıl	Panel Verimi	Enerji Üretimi	Yıllık Gelir	Yatırım Bedeli	İşletme ve Diğer Giderler	Yatırım Dönüşü
▶	1	100	830200	629292	3586321,2	35863	-2992892,2
	2	99	821898	622999	0	35863	-1812327,916
	3	98	805460	610539	0	35863	-1237652,236
	4	97	781296	592222	0	35863	-681292,868
	5	96	750044	568533	0	35863	-148622,516
	6	95	712542	540107	0	35863	355621,32
	7	94	669789	507700	0	35863	827458,382
	8	93	622904	472161	0	35863	1263756,614
	9	92	573072	434389	0	35863	1662282,19
	10	91	521496	395294	0	35863	2021713,158
	11	90	469346	355764	0	35863	2341614,426
	12	89	417718	316630	0	35863	2622381,67
	13	88	367592	278635	0	35863	2865153,406
	14	87	319805	242412	0	35863	3071702,596
	15	86	275032	208474	0	35863	3244313,852
	16	85	233777	177203	0	35863	3385653,818
	17	84	196373	148851	0	35863	3498641,552
	18	83	162990	123546	0	35863	3586324,972
	19	82	133652	101308	0	35863	3651770,188
	20	81	108258	82060	0	35863	3697966,752
	21	80	86606	65647	0	35863	3727751,1
	22	79	68419	51862	0	35863	3743749,702
	23	78	53367	40452	0	35863	3748338,888
	24	77	41093	31148	0	35863	3743624,382
	25	76	31231	23673	0	35863	3731434,48
*							

Şekil 4.16 Güneş Enerjisi Yatırım Geri Dönüş Ekranı

4.2.2 Rüzgâr Enerjisi Fizibilite Analizi

Fizibilite analizi yapılması istenen yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgâr enerjisi seçilmesi durumunda karşımıza ilk olarak hesaplamalarda kullanılacak olan döviz kur bilgileri ekranı gelecektir.

Rüzgâr enerjisi yatırım hesaplama döviz kuru bilgi ekranı Şekil 4.17’de gösterilmiştir. Döviz kur bilgileri, Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası (TCMB) kapanış kuru olarak güncellenebilmektedir. Kur bilgileri güncellemelerinden sonra sağ üstte yer sağ yönü gösteren ok işareti butonuna basılarak bir sonraki aşamaya geçilir. Sonraki aşamada karşımıza çıkan ekrandan şehir seçimi yapılır. Şekil 4.18’de rüzgâr enerjisi yatırım hesaplama şehir seçim ekranı gösterilmiştir.

RÜZGAR ENERJİSİ YATIRIM HESAPLAMA - ORDU ÜNİVERSİTESİ - YÜKSEK LİSANS TEZİ - H. SİNAN KETENCİ - [RÜZGAR ENERJİSİ YATI

Rüzgar Enerjisi

Döviz Kurları

Döviz Kurları

İl Seçimi

Maliyetler

Diğer Parametreler

ÇIKIŞ

Kurları Merkez Bankası Verilerine Göre Güncelleyebilirsiniz

Döviz Kurları :

1 USD = 5,6980 TRY

1 EUR = 6,4565 TRY

1 USD = 0,8825 EUR

Kurları Güncelle

Şekil 4.17 Rüzgâr Enerjisi Yatırım Hesaplama Döviz Kuru Bilgi Ekranı

RÜZGAR ENERJİSİ YATIRIM HESAPLAMA - ORDU ÜNİVERSİTESİ - YÜKSEK LİSANS TEZİ - H. SİNAN KETENCİ - [RÜZGAR ENERJİSİ YATI

Rüzgar Enerjisi

İl Seçimi

Döviz Kurları

İl Seçimi

Maliyetler

Diğer Parametreler

ÇIKIŞ

Lütfen aşağıdaki listeden bir şehir seçin ve sonraki adıma geçin.

Şehir seçiniz: ANTALYA

İl Seçiniz

İL SEÇİNİZ

ADANA

ADYAMAN

AFYONKARAHISAR

AGRI

AMASYA

ANKARA

ANTALYA

ARTVIN

AYDIN

BALIKESIR

BILECIK

BINGOL

BITLIS

BOLU

BURDUR

BURSA

CANAKKALE

CANKIRI

CORUM

DENIZLI

DIYARBAKIR

EDIRNE

ELAZIG

ERZINCAN

ERZURUM

ESKISEHIR

GAZIANTEP

GIRESJUN

GUMUSHANE

Sistem Sabitleri

N_e

800

E_e

2452800

N_e : Baz Alınan Güç

L_p : Kapasite Faktörü (Enerji nakil hızı)

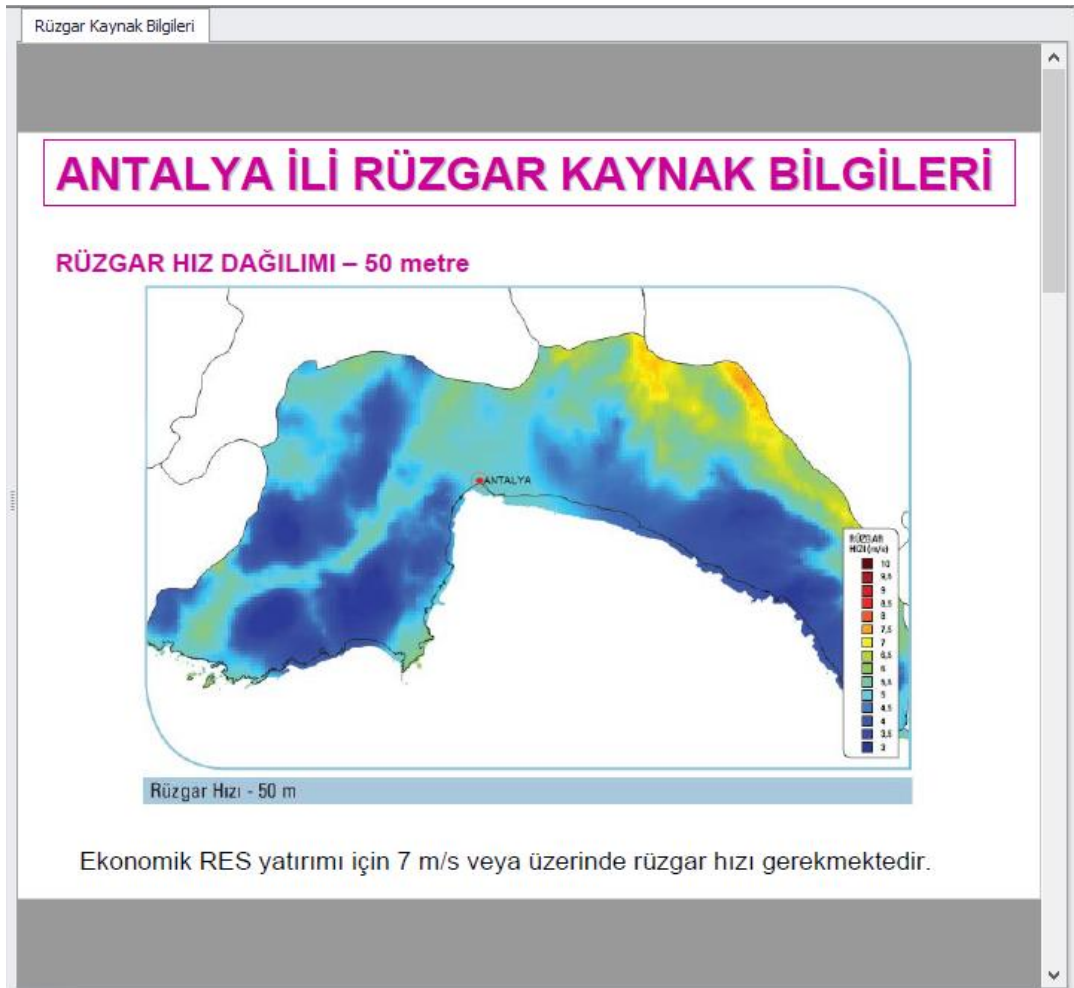
E_e : Yıllık Elektrik Enerjisi

değeri alınmıştır

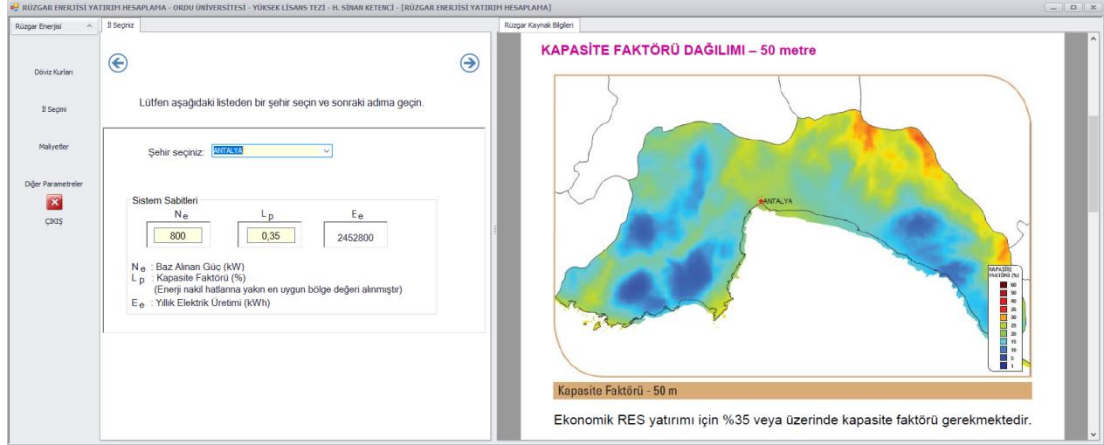
Şekil 4.18 Rüzgâr Enerjisi Yatırım Hesaplama Şehir Seçim Ekranı

Ekrandan şehir seçimi yapılmasıyla o ile ait kapasite faktörü ve ortalama yıllık elektrik üretimi ekrana gelmektedir (Şekil 4.18). Hesaplaması yapılmak istenen güç değeri, kW cinsinden ilgili alana yazılır. Kapasite faktörü, seçilen il için varsayılan olarak ekrana gelecektir. Kapasite faktörü, konnekte edilecek hatlar ve trafo dikkate alınarak belirlenmiştir. Ancak istendiği durumda RES in yapılacağı yere göre değişiklik yapılabilir.

İl seçimi yapıldıktan sonra sağ tarafta, rüzgâr kaynak bilgilerini içeren haritalar yer almaktadır. Seçili ile ait 50 m yükseklik için rüzgâr hız dağılımı, kapasite faktörü dağılımı, rüzgâr enerjisi santrali kurulabilir alanlar ve trafo merkezleri enerji nakil hatlarını içeren haritalar alt alta gösterilmiştir. Ekran aşağı doğru kaydırılarak tüm haritalar görülebilir (Şekil 4.19). Söz konusu haritalar Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü'nün yayınlamış olduğu il bazında rüzgâr enerjisi teknik potansiyelleri haritalarından temin edilmiştir.



Şekil 4.19 İl Bazında Rüzgâr Kaynak Bilgileri Haritaları



Şekil 4.20 Rüzgâr Enerjisi İl Seçimi Genel Ekran Görüntüsü

İl seçiminin yapıldığı system gücünün ve kapasite faktörünün girildiği ve o ile ait haritaların yer aldığı Rüzgâr Enerjisi İl Seçimi Genel Ekran Görüntüsü Şekil 4.20’de gösterilmektedir.

Fizibilitesi yapılması istenen il seçimi yapıldıktan, güç ve kapasite faktörleri tanımlandıktan sonra sağ üst köşede yer alan butona basılarak programın bir sonraki aşamasına geçilir. Sonraki aşamalarda maliyet giriş ekranı yer almaktadır. İnşaat maliyetleri, elektromekanik teçhizat, hat giderleri, etüt, proje, izin, onay ve işletme giderleri gibi gider kalemleri yer almaktadır. Bu gider kalemleri için istenirse varsayılan maliyetleri ekleme butonuna basılarak öngörülen giderlerin listeye otomatik gelmesi sağlanabilir. Varsayılan maliyetleri listeye eklemek için butona basıldığında bir uyarı ekranı çıkacaktır. Bu uyarı ekranında yapılan seçime göre listeye öngörülen giderler gelecektir. Gerek duyulursa listedeki maliyet kalemleri veya tutarları değiştirilebilir ya da yeni maliyet kalemi listeye eklenebilmektedir. Şekil 4.21’de maliyet giriş ekranı görülmektedir.

Herhangi bir maliyet kaleminde maliyet detayını görmek ya da istendiği şekilde değişiklik yapılması için ilgili satırdaki “Düzenle” butonuna basılır. Maliyet kaleminin detayında kabuller, birim fiyatlar da yer almaktadır. Şekil 4.22’de maliyet detay ekranı gösterilmiştir. Hesaplamalarda kullanılan varsayılan değerlere ait kabullerin ve hesaplama çarpanlarının yer aldığı maliyet detay sayfasında istendiği gibi değişiklik veya güncellemeler yapılabilmektedir.

RÜZGAR ENERJİSİ YATIRIM HESAPLAMA - ORDU ÜNİVERSİTESİ - YÜKSEK LİSANS TEZİ - H. SİNAN KETENCİ - [RÜZGAR ENERJİSİ YATIRIM HE

Rüzgar Enerjisi

Maliyet

Döviz Kurları

İl Seçimi

Maliyetler

Diğer Parametreler

ÇIKIŞ

Maliyetlerini Belirtiniz

Maliyet Kalemi :

Tutar : TRY

Maliyet Ekle

Varsayılan Maliyetleri Ekle

#	Maliyet	Tutar	Birim	Tutar (Try)	Düzenle	Sil
0	Kule Temelleri	152.000,00	USD	866.096,00 ₺	...	-
1	Ünite Trafo Binaları	14.000,00	USD	79.772,00 ₺	...	-
2	Servis Yolları ve ...	34.000,00	USD	193.732,00 ₺	...	-
3	Şalt Binası	6.000,00	USD	34.188,00 ₺	...	-
4	Mevcut Yolun İyile...	6.000,00	USD	34.188,00 ₺	...	-
5	Kablo Kanal İnşaatı	12.000,00	USD	68.376,00 ₺	...	-
6	Diğer (Şantiye, ...	12.000,00	USD	68.376,00 ₺	...	-
7	Türbin	800.000,00	USD	4.558.400,00 ₺	...	-
8	Yedek Parça	17.000,00	USD	96.866,00 ₺	...	-
9	Ünite Transform...	18.000,00	USD	102.564,00 ₺	...	-
10	Transformatör Fi...	36.000,00	USD	205.128,00 ₺	...	-
11	Kuplaj Fideri	3.000,00	USD	17.094,00 ₺	...	-
12	Ölçü Hücreleri	3.000,00	USD	17.094,00 ₺	...	-
13	Fideri Donanımı ...	7.000,00	USD	39.886,00 ₺	...	-

TOPLAM : 7.348.140,80 TRY

Şekil 4.21 Rüzgâr Enerjisi Yatırım Hesaplama Maliyet Giriş Ekranı

Maliyet Detayı

Açıklama : RES sahası içerisinde her türbinin monte edileceği yere kadar bağlantı yolları ve bazı durumlarda türbinlerin kurulacağı yerlerde montaj platformları oluşturulması gerekebilir.

Çarpan Açıklama : Üretilen enerji için gerekli min kule sayısı

Çarpan : 2

Birim Fiyat Açıklama : Ortalama 1 Wattlık Enerji için Servis Yolları ve Hafriyat Fiyatı (\$)

Birim Fiyat : 0,034 USD

*Birim fiyatı sistem gücü ile çarp

Toplam : 193732 TRY

Kaydet

Şekil 4.22 Rüzgâr Enerjisi Maliyet Detay Ekranı

Ayrıca bazı gider kalemleri, seçili sistem gücünden bağımsızdır. Sistem gücüne bağlı maliyetlenen gider kalemleri için “Birim fiyatı sistem gücüyle çarp” seçili olmalıdır. Böylelikle sistem gücü değiştirildikçe seçili olan gider kalemi de o oranda değişecektir. Maliyet kalemleri eklendikçe veya değişiklikler yapıldıkça yatırım tutarı, döviz kuruyla hesaplanarak “Toplam” bölümünde Türk Lirası olarak güncellenmektedir.

Yatırım kalemleri ve yatırım giderleri tanımlamasından sonra hesaplamalarda kullanılmak üzere işletme süresi seçilir. Tesisin yatırım bedeli, önceki ekranlarda yapılan girişlerin toplamlarından gelmektedir. Yıllık işletme bakım giderleri, yıllık işletme ve diğer giderler; toplam yatırım giderinin belirli bir yüzdesi olarak alınır. Yüzde değerlerin girilmesiyle yıllık işletme bakım giderleri, yıllık işletme ve diğer giderler otomatik hesaplanmakta ve ekranda görülmektedir. Amortisman değeri ise seçilen işletme süresine göre hesaplanmaktadır.

The screenshot displays the 'Diğer Parametreler' (Other Parameters) section of the 'Rüzgar Enerjisi Yatırım Hesaplama' software. The interface includes a sidebar with navigation options: 'Döviz Kurları', 'İl Seçimi', 'Maliyetler', 'Diğer Parametreler' (selected), and 'ÇIKIŞ'. The main area contains several input fields and calculated values:

Tesis Kurulum Gücü	800
İşletme Süresi	20 yıl
Yatırım Bedeli (TRY)	7.542.424,80
İşletme ve Diğer Giderler	4 %
Yıllık İşletme ve Diğer Giderler (TRY)	301.696,99
İşletme Bakım Gideri (%)	2 %
Yıllık İşletme Bakım Gideri (TRY)	150.848,50
Amortisman (TRY)	7.542.424,80
(*) Amortisman; 20İşletme Yılına Göre Hesaplanmıştır.	
Birim Enerji Satış Bedeli	0,133 USD
Enerji Satış Bedeli (TRY)	0,758

A 'Maliyet Hesapla' button is located at the bottom of the main area.

Şekil 4.23 Rüzgâr Enerjisi Diğer Parametrelerin Giriş Ekranı

Rüzgâr enerji tesisin finansal getirisinin hesaplanması için birim enerji satış bedeli girilmelidir. Devlet enerji alım garantisi verdiği yenilenebilir enerji kaynakları için birim enerji bedeli 0,133 USD/kWh'dir. Ancak ihtiyaç durumunda bu fiyat programda değiştirilebilmektedir. Şekil 4.23'de gösterilmiştir.

Tüm girdiler tamamlandıktan sonra ekranda yer alan "Maliyet Hesapla" butonuna basılarak rüzgâr enerjisi yatırım fizibilite analizi tamamlanmış olur.

Yıllık enerji üretimi, yıllık gelir, yıllık işletme ve diğer giderler, işletme bakım giderlerinin yer aldığı tabloda yatırım geri dönüşünde tutar ekside olduğu sürece yatırım kâra geçmiş olmayacaktır. Program yapmış olduğu hesaplamalar sonucunda, otomatik olarak tablodaki satırları renklendirecektir.

Tabloda kırmızı renkli olan yıllarda yatırım geri dönüşünü tamamlamamış olduğu anlamına gelir. Aynı tabloda yeşil renkli satırlar kâr edilen yıllardır. Yatırım geri dönüş yılı ise tablodaki yeşil renkli ilk satıra denk gelen yıldır. Şekil 4.24'de yatırım geri dönüş süresi ekranı görülmektedir.

Rüzgâr Kaynak Bilgileri		Maliyet Tablosu						
	YIL	ENERJİ ÜRETİMİ (kWh / Yıl)	YILLIK GELİR	YATIRIM BEDELİ	YILLIK İŞLETME VE DİĞER GİDERLER	İŞLETME BAKIM GİDERİ	AMORTİSMAN	YATIRIM GERİ DÖNÜŞÜ
▶	1	2.452.800	1.859.222,40 ₺	7.542.424,80 ₺	301.696,99 ₺	150.848,50 ₺	377.121,24 ₺	-6.512.869,00 ₺
	2	2.452.800	1.859.222,40 ₺	7.542.424,80 ₺	301.696,99 ₺	150.848,50 ₺	377.121,24 ₺	-5.483.313,00 ₺
	3	2.452.800	1.859.222,40 ₺	7.542.424,80 ₺	301.696,99 ₺	150.848,50 ₺	377.121,24 ₺	-4.453.757,00 ₺
	4	2.452.800	1.859.222,40 ₺	7.542.424,80 ₺	301.696,99 ₺	150.848,50 ₺	377.121,24 ₺	-3.424.201,00 ₺
	5	2.452.800	1.859.222,40 ₺	7.542.424,80 ₺	301.696,99 ₺	150.848,50 ₺	377.121,24 ₺	-2.394.645,00 ₺
	6	2.452.800	1.859.222,40 ₺	7.542.424,80 ₺	301.696,99 ₺	150.848,50 ₺	377.121,24 ₺	-1.365.089,00 ₺
	7	2.452.800	1.859.222,40 ₺	7.542.424,80 ₺	301.696,99 ₺	150.848,50 ₺	377.121,24 ₺	-335.533,00 ₺
	8	2.452.800	1.859.222,40 ₺	7.542.424,80 ₺	301.696,99 ₺	150.848,50 ₺	377.121,24 ₺	694.023,00 ₺
	9	2.452.800	1.859.222,40 ₺	7.542.424,80 ₺	301.696,99 ₺	150.848,50 ₺	377.121,24 ₺	1.723.579,00 ₺
	10	2.452.800	1.859.222,40 ₺	7.542.424,80 ₺	301.696,99 ₺	150.848,50 ₺	377.121,24 ₺	2.753.135,00 ₺
	11	2.452.800	1.859.222,40 ₺	7.542.424,80 ₺	301.696,99 ₺	150.848,50 ₺	377.121,24 ₺	3.782.691,00 ₺
	12	2.452.800	1.859.222,40 ₺	7.542.424,80 ₺	301.696,99 ₺	150.848,50 ₺	377.121,24 ₺	4.812.247,00 ₺
	13	2.452.800	1.859.222,40 ₺	7.542.424,80 ₺	301.696,99 ₺	150.848,50 ₺	377.121,24 ₺	5.841.803,00 ₺
	14	2.452.800	1.859.222,40 ₺	7.542.424,80 ₺	301.696,99 ₺	150.848,50 ₺	377.121,24 ₺	6.871.359,00 ₺
	15	2.452.800	1.859.222,40 ₺	7.542.424,80 ₺	301.696,99 ₺	150.848,50 ₺	377.121,24 ₺	7.900.915,00 ₺
	16	2.452.800	1.859.222,40 ₺	7.542.424,80 ₺	301.696,99 ₺	150.848,50 ₺	377.121,24 ₺	8.930.471,00 ₺
	17	2.452.800	1.859.222,40 ₺	7.542.424,80 ₺	301.696,99 ₺	150.848,50 ₺	377.121,24 ₺	9.960.027,00 ₺
	18	2.452.800	1.859.222,40 ₺	7.542.424,80 ₺	301.696,99 ₺	150.848,50 ₺	377.121,24 ₺	10.989.583,00 ₺
	19	2.452.800	1.859.222,40 ₺	7.542.424,80 ₺	301.696,99 ₺	150.848,50 ₺	377.121,24 ₺	12.019.139,00 ₺
	20	2.452.800	1.859.222,40 ₺	7.542.424,80 ₺	301.696,99 ₺	150.848,50 ₺	377.121,24 ₺	13.048.695,00 ₺
*								

Şekil 4.24 Rüzgâr Enerjisi Yatırım Geri Dönüş Süresi Ekranı

4.2.3 Diğer Enerjiler Fizibilite Analizi

Fizibilite analizi yapılması istenen yenilenebilir enerji kaynaklarından diğer enerji seçilmesi durumunda karşımıza ilk olarak hesaplamalarda kullanılacak olan döviz kur bilgileri ekranı gelecektir. Döviz kuru bilgi ekranı Şekil 4.25’de gösterilmiştir. Döviz kur bilgileri, Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası (TCMB) kapanış kuru olarak güncellenebilmektedir.



The screenshot shows a software interface for 'Diğer Enerji Yatırım Hesaplama'. The main window is titled 'Döviz Kurları' and contains the following information:

- Header: Döviz Kurları
- Text: Kurları Merkez Bankası Verilerine Göre Güncelleyebilirsiniz
- Section: Döviz Kurları :
- Exchange Rates:
 - 1 USD = 5,6980 TRY
 - 1 EUR = 6,4565 TRY
 - 1 USD = 0,8825 EUR
- Button: Kurları Güncelle

Şekil 4.25 Diğer Enerji Yatırım Hesaplama Döviz Kuru Bilgi Ekranı

Yapılması düşünülen enerji sisteminin tüm yatırım kalemleri manuel olarak listeye başlıklarıyla eklenir. Maliyet kalemi isimleri ile birlikte tutar da girilir. Para birimi listeden seçildikten sonra “Maliyet Ekle” butonuna basılarak girişini yapmış olduğumuz maliyet kaleminin hesaplamalarda kullanılabilmesi için listeye eklenir (Şekil 4.26). Listeye eklenen maliyet kalemleri için “Düzenle” butonuna basılarak maliyet detayları tanımlanarak kaydedilir. Şekil 4.27’de Maliyet Detayı Tanımlama Ekranı gösterilmiştir.

Diğer Enerji Yatırım Hesaplama - ORDU ÜNİVERSİTESİ - YÜKSEK LİSANS TEZİ - H. SİNAN KETENCİ - [DİĞER ENERJİ YATI]

Diğer Enerji Kaynakı: ^ Maliyet Girişi

Döviz Kurları

Maliyet

Diğer Parametreler

ÇIKIŞ

Maliyetlerini Belirtiniz

Maliyet Kalemi :

Tutar : TRY

Maliyet Ekle

#	Maliyet	Tutar	Birim	Tutar (Try)	Düzenle	Sil
1	Kontrol binası	45000	TRY	45000	...	-
2	Kablo	150000	TRY	150000	...	-
*						

TOPLAM : 195.000,00 TRY

Şekil 4.26 Diğer Enerji Maliyet Giriş Ekranı

Maliyet Detayı

Açıklama :

Çarpan Açıklama :

Çarpan :

Birim Fiyat Açıklama :

Birim Fiyat : TRY

*Birim fiyatı sistem gücü ile çarp

Toplam : 1 TRY

Kaydet

Şekil 4.27 Diğer Enerji Maliyet Detayı Tanımlama Ekranı

Yatırım kalemleri ve yatırım giderleri tanımlamasından sonra hesaplamalarda kullanılmak üzere işletme süresi seçilir. Tesisin yatırım bedeli, önceki ekranlarda yapılan girişlerin toplamlarından gelmektedir. İşletme bakım gideri, işletme ve diğer giderler toplam yatırım giderinin belirli bir yüzdesi olarak alınır. Yüzde değeri girilmesiyle işletme bakım gideri, işletme ve diğer giderler otomatik hesaplanmakta ve ekranda görülmektedir. Finansal getirisinin hesaplanması için birim enerji satış bedeli girilmelidir. Yıllık enerji üretim miktarı ilgili alana girilmelidir.

Devlet enerji alım garantisi verdiği yenilenebilir enerji kaynakları için birim enerji bedeli 0,133 USD/kWh'dir. Ancak ihtiyaç durumunda bu fiyat programda değiştirilebilmektedir. Şekil 4.28'de gösterilmiştir.

DİĞER ENERJİ YATIRIM HESAPLAMA - ORDU ÜNİVERSİTESİ - YÜKSEK LİSANS TEZİ - H. SİNAN KETENCİ - [DİĞER ENERJİ YATI

Diğer Enerji Kaynakları ^

Diğer Parametreler

Döviz Kurları

Maliyet

Diğer Parametreler

ÇIKIŞ

Tesis Kurulum Gücü 500 kWh

İşletme Süresi 15 yıl

Yatırım Bedeli (TRY) 195000

Yıllık Enerji Üretim Miktarı kWh / yıl

İşletme Bakım Gideri (%) 1 %

Yıllık İşletme Bakım Gideri (TRY)

İşletme ve Diğer Giderler (%) 1 %

Yıllık İşletme ve Diğer Giderler (TRY)

Birim Enerji Satış Bedeli 0,133 USD

Enerji Satış Bedeli (TRY)

Maliyet Hesapla

Şekil 4.28 Diğer Parametrelerin Giriş Ekranı

Tüm girdiler tamamlandıktan sonra ekranda yer alan “Maliyet Hesapla” butonuna basılarak yatırım fizibilite analizi tamamlanmış olur.

Yıllık enerji üretimi, yıllık gelir, yıllık işletme ve bakım giderlerinin yer aldığı tabloda yatırım geri dönüşünde tutar ekside olduğu sürece yatırım kâra geçmiş olmayacaktır. Program yapmış olduğu hesaplamalar sonucunda, otomatik olarak tablodaki satırları renklendirecektir. Tabloda kırmızı renkli olan yıllarda yatırım geri dönüşünü tamamlamamış olduğu anlamına gelir. Aynı tabloda yeşil renkli satırlar kâr edilen yıllardır. Yatırım geri dönüş yılı ise tablodaki yeşil renkli ilk satıra denk gelen yıldır. Şekil 4.29’da yatırım geri dönüş süresi ekranı görülmektedir.

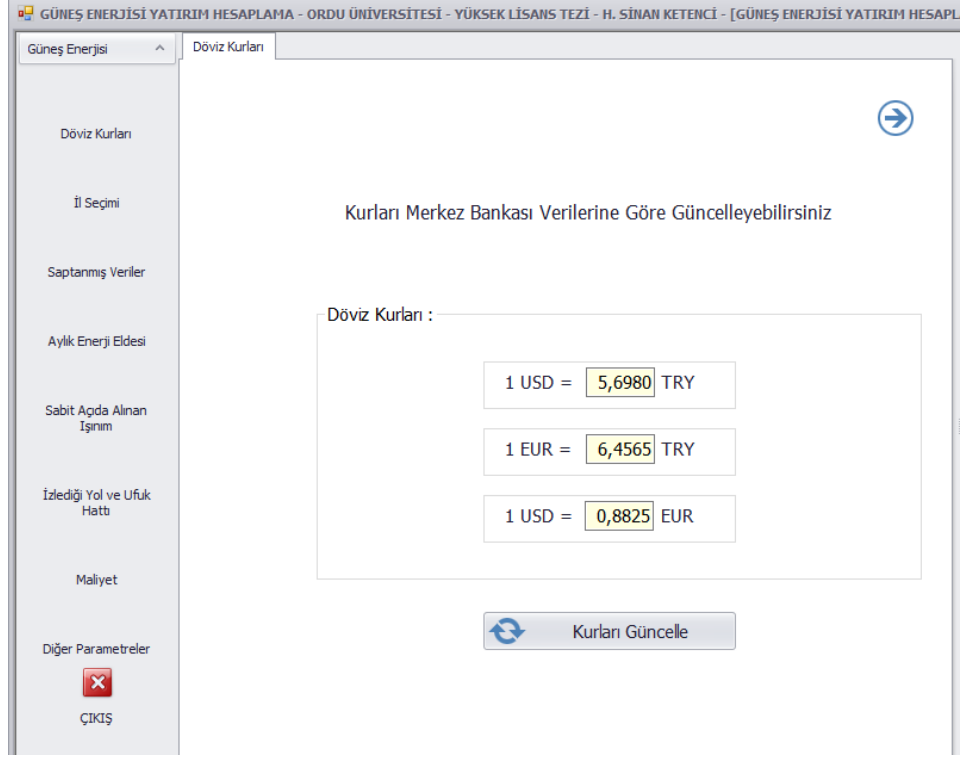
Yıl	ENERJİ ÜRETİMİ kWh/yıl	YILLIK GELİR	YATIRIM BEDELİ	YILLIK İŞLETME GİDERİ	İŞLETME BAKIM GİDERİ	AMORTİSMAN	YATIRIM GERİ DÖNÜŞÜ
1	70.000	53.060,00 ₺	195.000,00 ₺	1.950,00 ₺	1.950,00 ₺	12.740,00 ₺	-158.580,00 ₺
2	70.000	53.060,00 ₺	195.000,00 ₺	1.950,00 ₺	1.950,00 ₺	12.740,00 ₺	-122.160,00 ₺
3	70.000	53.060,00 ₺	195.000,00 ₺	1.950,00 ₺	1.950,00 ₺	12.740,00 ₺	-85.740,00 ₺
4	70.000	53.060,00 ₺	195.000,00 ₺	1.950,00 ₺	1.950,00 ₺	12.740,00 ₺	-49.320,00 ₺
5	70.000	53.060,00 ₺	195.000,00 ₺	1.950,00 ₺	1.950,00 ₺	12.740,00 ₺	-12.900,00 ₺
6	70.000	53.060,00 ₺	195.000,00 ₺	1.950,00 ₺	1.950,00 ₺	12.740,00 ₺	23.520,00 ₺
7	70.000	53.060,00 ₺	195.000,00 ₺	1.950,00 ₺	1.950,00 ₺	12.740,00 ₺	59.940,00 ₺
8	70.000	53.060,00 ₺	195.000,00 ₺	1.950,00 ₺	1.950,00 ₺	12.740,00 ₺	96.360,00 ₺
9	70.000	53.060,00 ₺	195.000,00 ₺	1.950,00 ₺	1.950,00 ₺	12.740,00 ₺	132.780,00 ₺
10	70.000	53.060,00 ₺	195.000,00 ₺	1.950,00 ₺	1.950,00 ₺	12.740,00 ₺	169.200,00 ₺
11	70.000	53.060,00 ₺	195.000,00 ₺	1.950,00 ₺	1.950,00 ₺	12.740,00 ₺	205.620,00 ₺
12	70.000	53.060,00 ₺	195.000,00 ₺	1.950,00 ₺	1.950,00 ₺	12.740,00 ₺	242.040,00 ₺
13	70.000	53.060,00 ₺	195.000,00 ₺	1.950,00 ₺	1.950,00 ₺	12.740,00 ₺	278.460,00 ₺
14	70.000	53.060,00 ₺	195.000,00 ₺	1.950,00 ₺	1.950,00 ₺	12.740,00 ₺	314.880,00 ₺
15	70.000	53.060,00 ₺	195.000,00 ₺	1.950,00 ₺	1.950,00 ₺	12.740,00 ₺	351.300,00 ₺
*							

Şekil 4.29 Geri Enerji Dönüş Süresi Ekranı

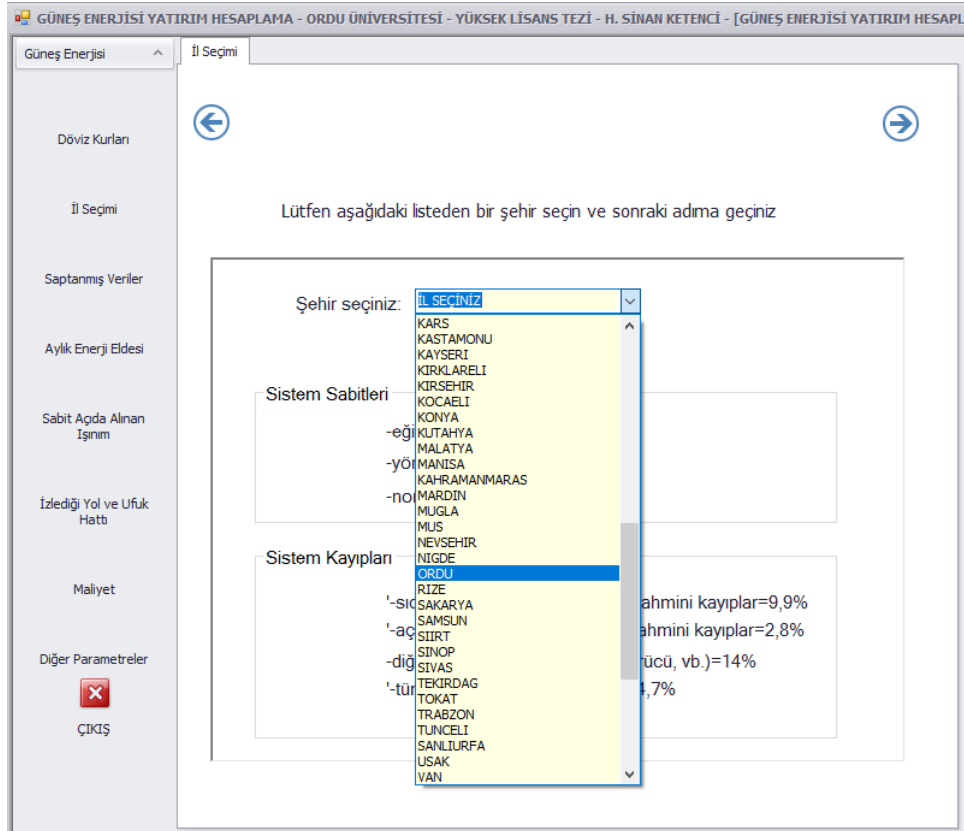
4.3 Ordu İli İçin Fizibilite Çalışması

4.3.1 Ordu İli Güneş Enerjisi Fizibilitesi

Hazırlanmış olan program, Ordu ili için güneş enerjisi fizibilitesi yapılmak üzere çalıştırılmıştır. Öncelikle program ana ekranından fizibilite analizi yapılması istenen güneş enerjisi seçilmiş ve açılan ekranda döviz kur bilgileri güncellenmiştir. Güneş enerjisi yatırım hesaplama döviz kuru bilgi ekranı Şekil 4.30’da gösterilmiştir.



Şekil 4.30 Güneş Enerjisi Kur Bilgisi Giriş Ekranı

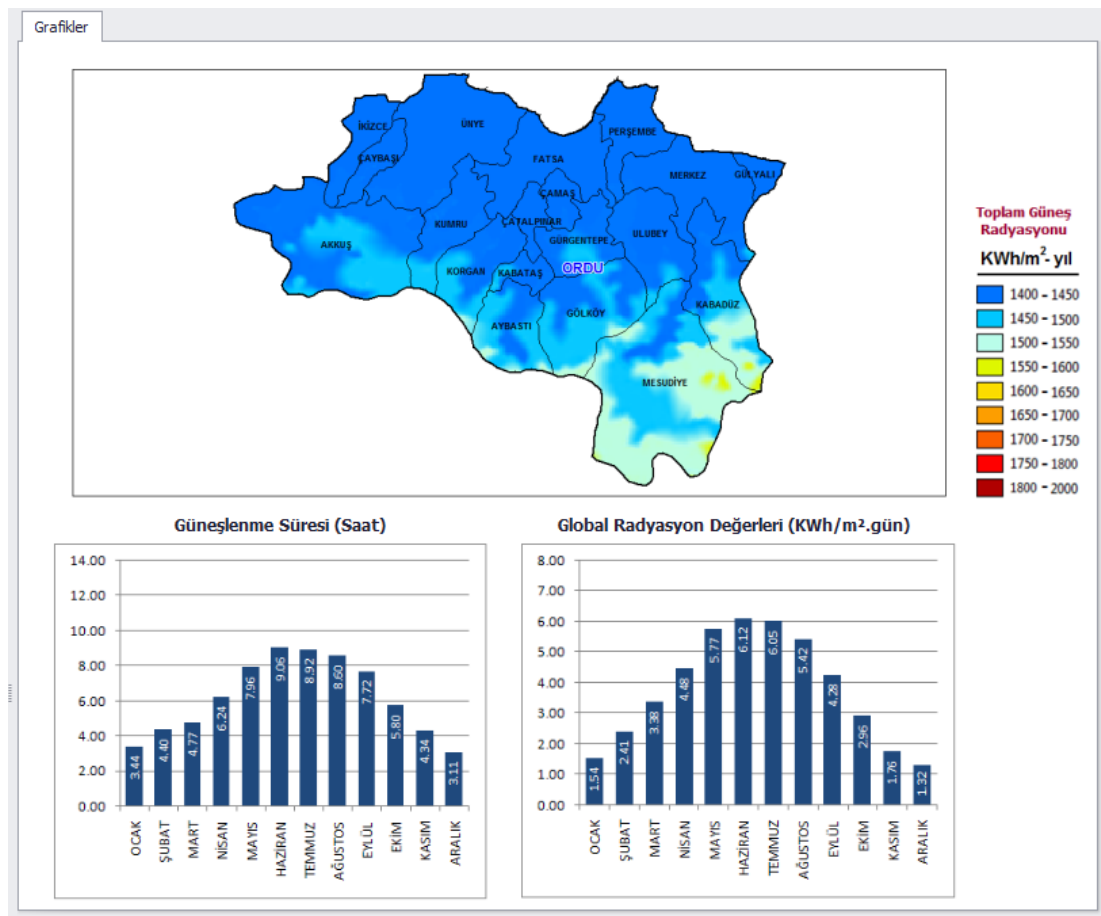


Şekil 4.31 Güneş Enerjisi Ordu İli Seçim Ekranı

Döviz kur bilgileri, 01.07.2019 tarihli Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası (TCMB) kapanış kuru olarak güncellenmiştir. Sonraki aşamada karşımıza çıkan ekrandan şehir seçimi bölümünden “Ordu” ili seçimi yapılmıştır.

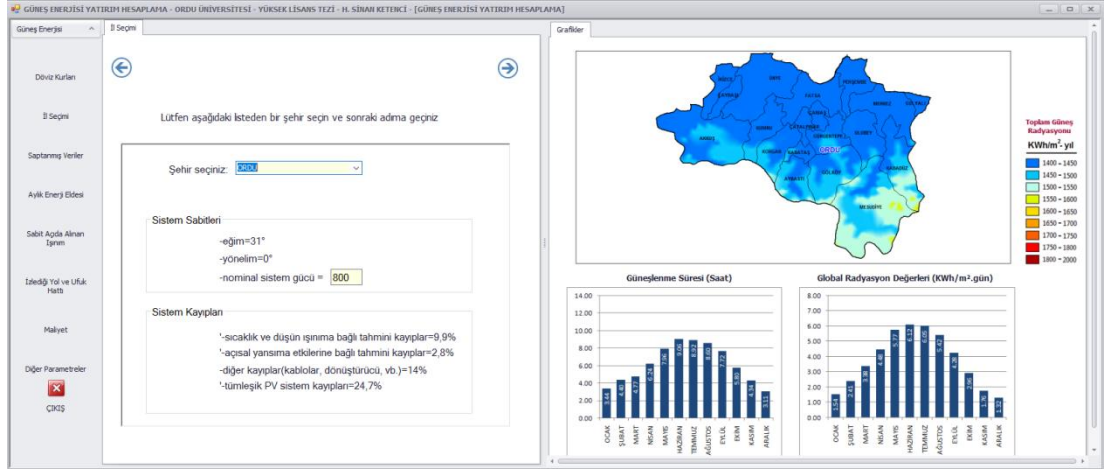
Şekil 4.31’de güneş enerjisi yatırım hesaplaması için “Ordu” ilinin seçim ekranı gösterilmiştir.

Ordu ili seçimi yapılmasından sonra ekrana Ordu iline ait yıllık toplam güneş radyasyonu, aylık güneşlenme süresi ve aylık global radyasyon değerleri gelmektedir. (Şekil 4.32)



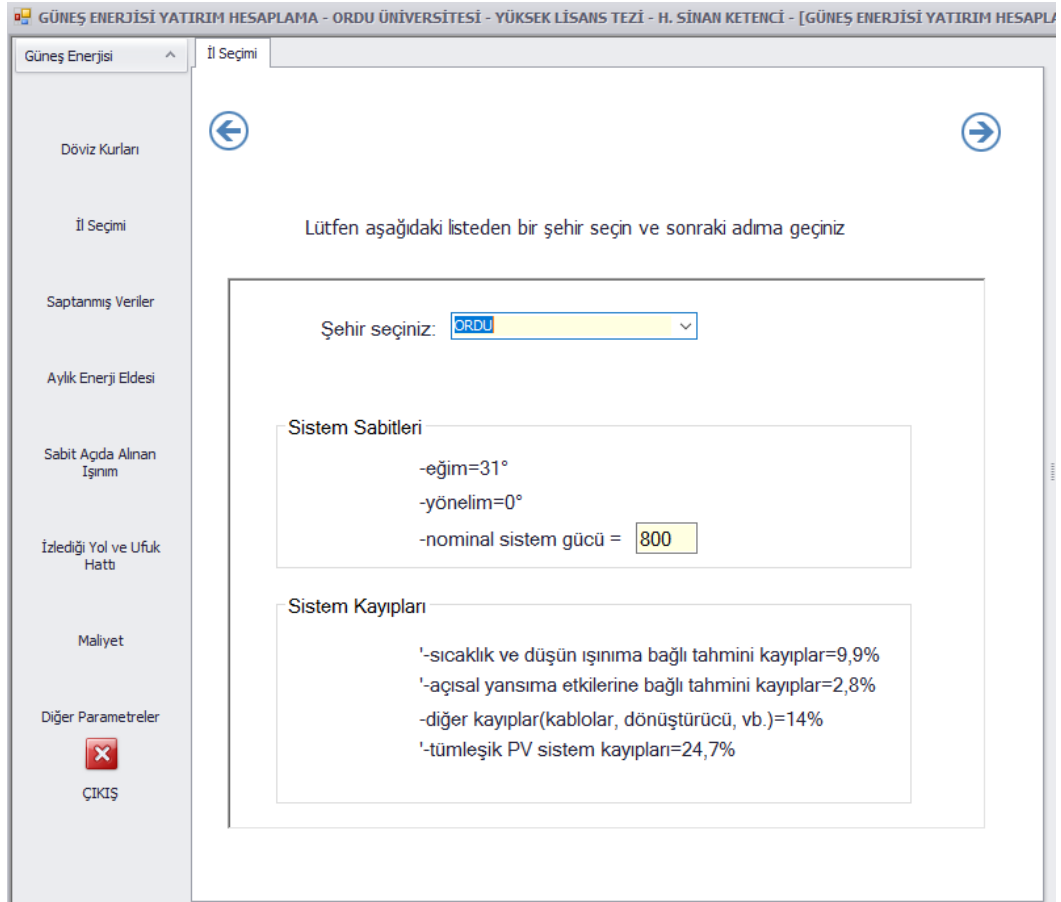
Şekil 4.32 Ordu İline Ait Güneş Enerjisi Harita ve Grafikler

Programda Ordu ili seçimi yapıлып, sistem gücü de yazıldıktan sonra Şekil 4.33’de görüldüğü gibi bir ekran karşımıza çıkmaktadır.

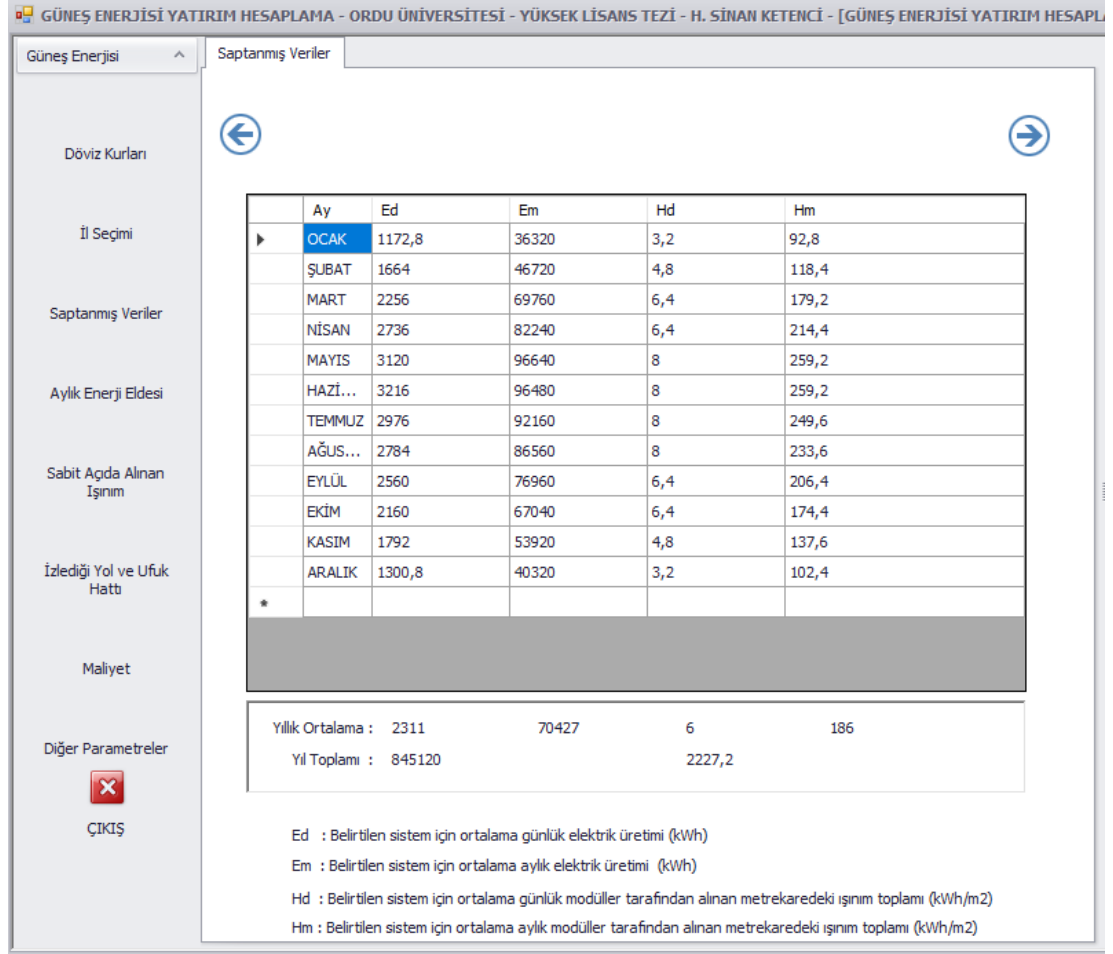


Şekil 4.33 Güneş Enerjisi Ordu İli Genel Ekran Görüntüsü

Yatırım yapılması planlanan güneş enerji santralinin için istenen sistem gücü girilmiştir. Sistem gücü 800 KW olarak alınmıştır. Şekil 4.34'de sistem gücü seçimi yer almaktadır.



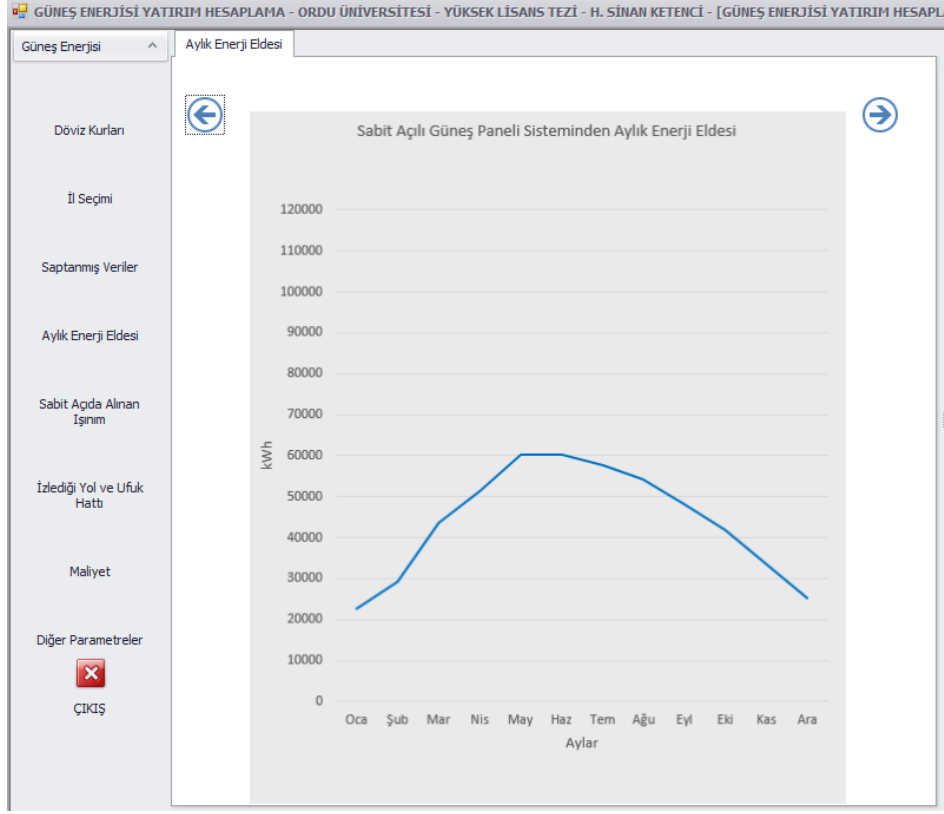
Şekil 4.34 Ordu İli İçin GES Sistem Güç Seçimi



Şekil 4.35 Ordu İli Ortalama Işınım ve Elektrik Üretimi

Ordu ili için, ay bazında ortalama günlük elektrik üretimi, ortalama aylık elektrik üretimi, ortalama günlük modüller tarafından alınan metrekaredeki ışınım toplamı ve ortalama aylık modüller tarafından alınan metrekaredeki ışınım toplamalarını gösteren tablo oluşturulmuştur.

Şekil 4.35’de Ordu iline göre ortalama ışınım ve ortalama elektrik üretimleri tablosu aylık olarak gösterilmiştir. Bu tabloda hesaplamalarda kullanılacak olan yıllık ortalama elektrik üretimi görülmektedir.



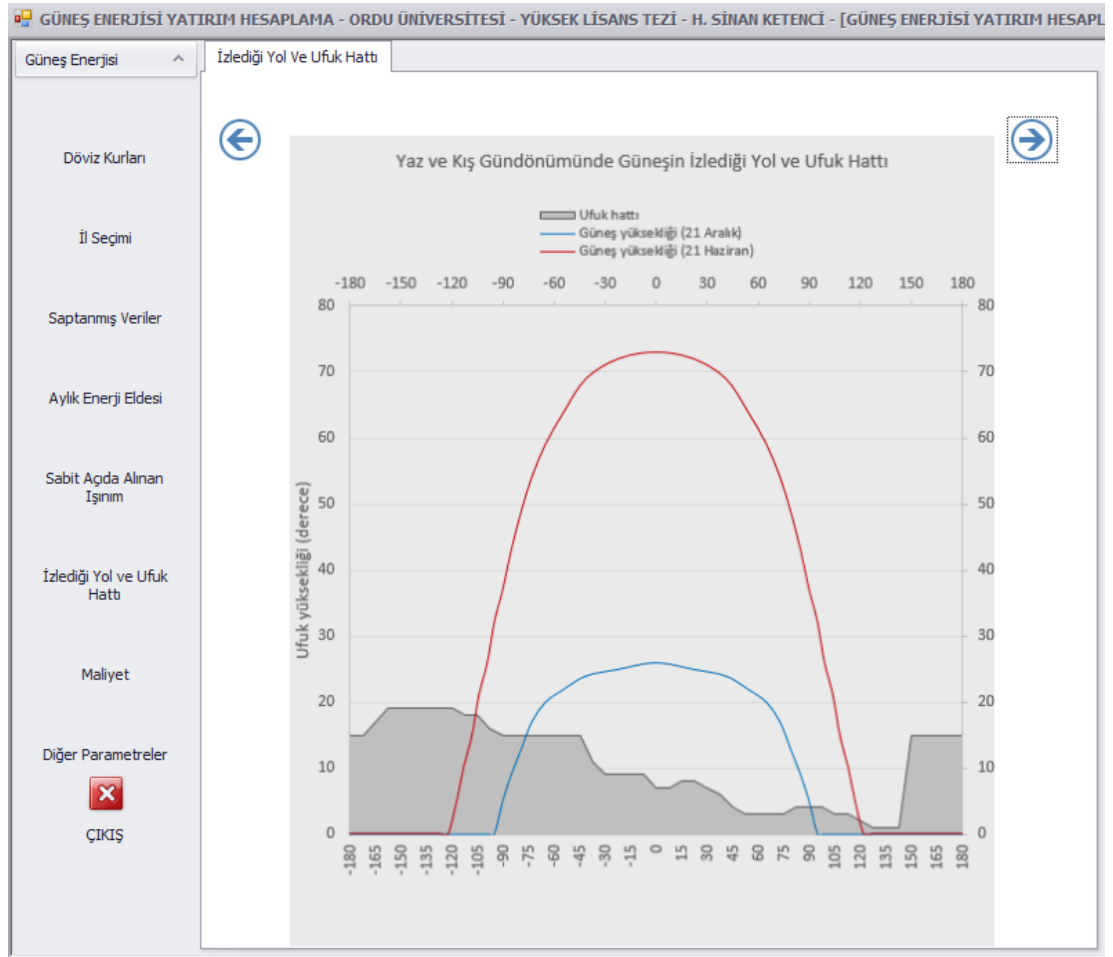
Şekil 4.36 Ordu İli Aylık Enerji Eldesi Grafiği



Şekil 4.37 Ordu İli Aylık Alınan Işıım Grafiği

Programın bir sonraki adımında Ordu ili için aylık enerji eldesini gösteren grafik yer almaktadır. Şekil 4.36'da Ordu ili için aylık enerji eldesi kWh cinsinden grafik ekranı görülmektedir. Sonraki adımda Ordu ili için aylık ortalama alınan ışınım grafiği yer almaktadır.

Şekil 4.37'de sabit açıda Ordu ili için aylık alınan ışınım kWh/m² cinsinden grafik ekranı yer almaktadır. Yaz ve kış gündönümlerinde güneşin izlediği yol ve ufuk hattı, dönemsel olarak değişiklik göstermektedir. Ordu iline göre ufuk hattının, 21 Aralık ve 21 Haziran güneş yüksekliklerini gösteren grafik Şekil 4.38'deki ekranda görülebilmektedir.



Şekil 4.38 Ordu İli Güneşin İzlediği Yol ve Ufuk Hattı Grafiği

Bir sonraki adımda karşımıza çıkan maliyet ekranında, maliyet kalemleri olarak programda yer alan varsayılan maliyetler kabul edilmiş ve bunu için “Varsayılan Maliyetleri Ekle” butonuna basılarak maliyet kalemlerinin listeye eklenmesi

sağlanmıştır. Bu maliyet kalemleri içerisinde, güneş paneli (fotovoltaik modüller), solar inverter (eviriciler), solar kablolar, inşaat giderleri gibi giderler yer almaktadır. Şekil 4.39’da maliyet kalemleri giriş ekranı görülmektedir.

GÜNEŞ ENERJİSİ YATIRIM HESAPLAMA - ORDU ÜNİVERSİTESİ - YÜKSEK LİSANS TEZİ - H. SİNAN KETENÇİ - [GÜNEŞ ENERJİSİ YATIRIM HESAPLAMA]

Güneş Enerjisi

Maliyet

Maliyetlerini Belirtiniz

Maliyet Kalemi :

Tutar : TRY

Maliyet Ekle

Varsayılan Maliyetleri Ekle

#	Maliyet	Tutar	Birim	Tutar (Try)	Düzenle	Sil
0	Güneş Paneli (Fotovoltaik Modüller)	480.000,00	USD	2.735.040,00 ₺	...	-
1	Solar Inverter (Eviriciler)	112.000,00	USD	638.176,00 ₺	...	-
2	Solar Konstrüksiyon Maliyeti	112.000,00	USD	638.176,00 ₺	...	-
3	Güneş Panelleri için Kablo Kanalı Mali...	6.720,00	USD	38.290,56 ₺	...	-
4	Solar Kablo (Fotovoltaik Kablo) Maliyeti	3.360,00	USD	19.145,28 ₺	...	-
5	Tel Çit ve Dikenli Tellerin Maliyeti	3.200,00	USD	18.233,60 ₺	...	-
6	Saha İnşaat İşleri için Maliyet	24.000,00	USD	136.752,00 ₺	...	-
7	Güneş Enerji Santrali için Saha Aydın...	5.120,00	USD	29.173,76 ₺	...	-
8	CCTV (Güvenlik Kamera Sistemi) Mali...	6.400,00	USD	36.467,20 ₺	...	-
9	Arazi Maliyetleri	80.000,00	USD	455.840,00 ₺	...	-
10	Paratoner (Yıldırımdan Koruma) Maliyeti	1.200,00	USD	6.837,60 ₺	...	-
11	Enerji Nakil Hattı ve Trafo Tesisi Mali...	35.000,00	USD	199.430,00 ₺	...	-
12	Çift ve Tek Yönlü Sayaç Maliyeti	200,00	USD	1.139,60 ₺	...	-
13	İdari Bina (Kontrol Binası)	5.000,00	USD	28.490,00 ₺	...	-

TOPLAM : 5.365.806,60 TRY

Şekil 4.39 Güneş Enerjisi Maliyet Kalemleri Giriş Ekranı

Ordu ili güneş enerjisi yatırım geri dönüş süresinin hesaplanması için programın son aşamasında, işletme bakım gideri %1 olarak alınmıştır. Bu oran yıllık işletme bakım giderinin hesaplanmasında kullanılmıştır.

Aynı ekran üzerinde, kurulması planlanan tesisin finansal getirisinin hesaplanması için birim enerji satış bedeli yer almaktadır. Şekil 4.40’da gösterildiği üzere bu değer devlet tarafından elektrik alım bedeli olan 0,133 USD/kWh olarak alınmıştır.

GÜNEŞ ENERJİSİ YATIRIM HESAPLAMA - ORDU ÜNİVERSİTESİ - YÜKSEK LİSANS TEZİ - H. SİNAN KETENCİ - [GÜNEŞ ENERJİSİ YATIRIM HESAPLAMA]

Güneş Enerjisi

Diğer Parametreler

Döviz Kurları

İl Seçimi

Saptanmış Veriler

Aylık Enerji Eldesi

Sabit Ağda Alınan Işınım

İzlediği Yol ve Ufuk Hattı

Maliyet

Diğer Parametreler

ÇIKIŞ

Tesis Kurulum Gücü 800 kWh

Yatırım Bedeli (TRY) 5.365.806,60 TRY

İşletme ve Diğer Giderler (%) 1 %

Yıllık İşletme ve Diğer Giderler (TRY) 53.658,00 TRY / Yıl

Birim Enerji Satış Bedeli 0,133 USD

Enerji Satış Bedeli (TRY) 0,758

Maliyet Hesapla

Şekil 4.40 Güneş Enerjisi Diğer Parametrelerin Giriş Ekranı

Tüm girdiler tamamlandıktan sonra ekranda yer alan “Maliyet Hesapla” butonuna basılarak güneş enerjisi yatırım fizibilite analizi tamamlanmış olur.

Yıllık enerji üretimi, yıllık gelir, yıllık bakım giderlerinin yer aldığı tabloda yatırım geri dönüşünde tutar ekside olduğu sürece yatırım kâra geçmiş değildir. Program yapmış olduğu hesaplamalar sonucunda, otomatik olarak tablodaki satırları renklenmiştir.

Tabloda kırmızı renkli olan yıllarda yatırım geri dönüşünü tamamlamamış olduğu anlamına gelmektedir. Aynı tabloda yeşil renkli satırlar kâr edilen yıllardır. Yatırım geri dönüş yılı ise tablodaki yeşil renkli ilk satıra denk gelen yıldır. Şekil 4.41’de yatırım geri dönüş süresi ekranı görülmektedir.

Grafikler		Maliyet Tablosu					
Yıl	Panel Verimi	Enerji Üretimi	Yıllık Gelir	Yatırım Bedeli	İşletme ve Diğer Giderler	Yatırım Dönüşü	
1	100	845.120	640.601,00 ₺	5.365.806,60 ₺	53.658,00 ₺	-4.778.863,60 ₺	
2	99	836.669	634.195,00 ₺	0,00 ₺	53.658,00 ₺	-3.611.383,54 ₺	
3	98	819.936	621.511,00 ₺	0,00 ₺	53.658,00 ₺	-3.043.530,05 ₺	
4	97	795.338	602.866,00 ₺	0,00 ₺	53.658,00 ₺	-2.494.321,85 ₺	
5	96	763.524	578.751,00 ₺	0,00 ₺	53.658,00 ₺	-1.969.228,65 ₺	
6	95	725.348	549.814,00 ₺	0,00 ₺	53.658,00 ₺	-1.473.072,87 ₺	
7	94	681.827	516.825,00 ₺	0,00 ₺	53.658,00 ₺	-1.009.906,00 ₺	
8	93	634.099	480.647,00 ₺	0,00 ₺	53.658,00 ₺	-582.916,96 ₺	
9	92	583.371	442.195,00 ₺	0,00 ₺	53.658,00 ₺	-194.379,74 ₺	
10	91	530.868	402.398,00 ₺	0,00 ₺	53.658,00 ₺	154.360,20 ₺	
11	90	477.781	362.158,00 ₺	0,00 ₺	53.658,00 ₺	462.860,20 ₺	
12	89	425.225	322.321,00 ₺	0,00 ₺	53.658,00 ₺	731.522,75 ₺	
13	88	374.198	283.642,00 ₺	0,00 ₺	53.658,00 ₺	961.506,83 ₺	
14	87	325.552	246.768,00 ₺	0,00 ₺	53.658,00 ₺	1.154.617,25 ₺	
15	86	279.975	212.221,00 ₺	0,00 ₺	53.658,00 ₺	1.313.180,30 ₺	
16	85	237.979	180.388,00 ₺	0,00 ₺	53.658,00 ₺	1.439.910,38 ₺	
17	84	199.902	151.526,00 ₺	0,00 ₺	53.658,00 ₺	1.537.778,10 ₺	
18	83	165.919	125.767,00 ₺	0,00 ₺	53.658,00 ₺	1.609.886,70 ₺	
19	82	136.054	103.129,00 ₺	0,00 ₺	53.658,00 ₺	1.659.357,63 ₺	
20	81	110.204	83.535,00 ₺	0,00 ₺	53.658,00 ₺	1.689.234,26 ₺	
21	80	88.163	66.828,00 ₺	0,00 ₺	53.658,00 ₺	1.702.403,82 ₺	
22	79	69.649	52.794,00 ₺	0,00 ₺	53.658,00 ₺	1.701.539,76 ₺	
23	78	54.326	41.179,00 ₺	0,00 ₺	53.658,00 ₺	1.689.060,87 ₺	
24	77	41.831	31.708,00 ₺	0,00 ₺	53.658,00 ₺	1.667.110,76 ₺	
25	76	31.792	24.098,00 ₺	0,00 ₺	53.658,00 ₺	1.637.551,10 ₺	
*							

Şekil 4.41 Ordu İli Güneş Enerjisi Yatırım Geri Dönüş Tablosu

Ordu ili için 800 kW lık bir güneş enerji santrali planlanmış ve planlanan bu santralde güneş panellerinin yıl bazda %1 verim kaybıyla çalışması öngörülmüştür. Yıllık enerji üretimi güneş panellerinin verim kayıplarından kaynaklı olarak her yıl azalmaktadır. Dolayısıyla yıllık gelirden bu ölçüde azalmaktadır. Planlanan güneş enerjisi fizibilite analizi için hazırlanmış olan bu program Ordu ili için varsayılan kabullerle çalıştırıldığında toplam yatırım bedeli 01.07.2019 TCMB kapanış kur verilerine göre 5.365.806,60 TL olarak çıkmaktadır.

Ordu ili için 800 kW lik bir güneş enerji tesisi genel olarak kendisini 10 uncu yılda amorti ettiği görülmektedir.

4.3.2 Ordu İli Rüzgâr Enerjisi Fizibilitesi

Hazırlanmış olan program Ordu ili için rüzgâr enerjisi fizibilitesi yapılmak üzere çalıştırılmıştır.

RÜZGAR ENERJİSİ YATIRIM HESAPLAMA - ORDU ÜNİVERSİTESİ - YÜKSEK LİSANS TEZİ - H. SİNAN KETENCİ - [RÜZGAR ENERJİSİ YATIRI

Rüzgar Enerjisi

Döviz Kurları

Döviz Kurları

İl Seçimi

Maliyetler

Diğer Parametreler

ÇIKIŞ

Kurları Merkez Bankası Verilerine Göre Güncelleyebilirsiniz

Döviz Kurları :

1 USD = 5,6980 TRY

1 EUR = 6,4565 TRY

1 USD = 0,8825 EUR

Kurları Güncelle

Şekil 4.42 Rüzgâr Enerjisi Kur Bilgisi Giriş Ekranı

RÜZGAR ENERJİSİ YATIRIM HESAPLAMA - ORDU ÜNİVERSİTESİ - YÜKSEK LİSANS TEZİ - H. SİNAN KETENCİ - [RÜZGAR ENERJİSİ YATIRI

Rüzgar Enerjisi

İl Seçimi

Döviz Kurları

İl Seçimi

Maliyetler

Diğer Parametreler

ÇIKIŞ

Lütfen aşağıdaki listeden bir şehir seçin ve sonraki adıma geçin.

Şehir seçiniz: ORDU

Sistem Sabitleri

N_e

800

E_e

1752000

N_e : Baz Alınan Güç
 L_p : Kapasite Faktörü (Enerji nakil h
 E_e : Yıllık Elektrik

değeri alınmıştır)

KUTAHYA
MALATYA
MANISA
KAHRAMANMARAŞ
MARDIN
MUĞLA
MUS
NEVSEHIR
NIGDE
ORDU
RIZE
SAKARYA
SAMSUN
SIIRT
SINOP
SIVAS
TEKIRDAG
TOKAT
TRABZON
TUNCELI
SANLIURFA
USAK
VAN
YOZGAT
ZONGULDAK
AKSARAY
BAYBURT
KARAMAN
KIRIKKALE
BATMAN

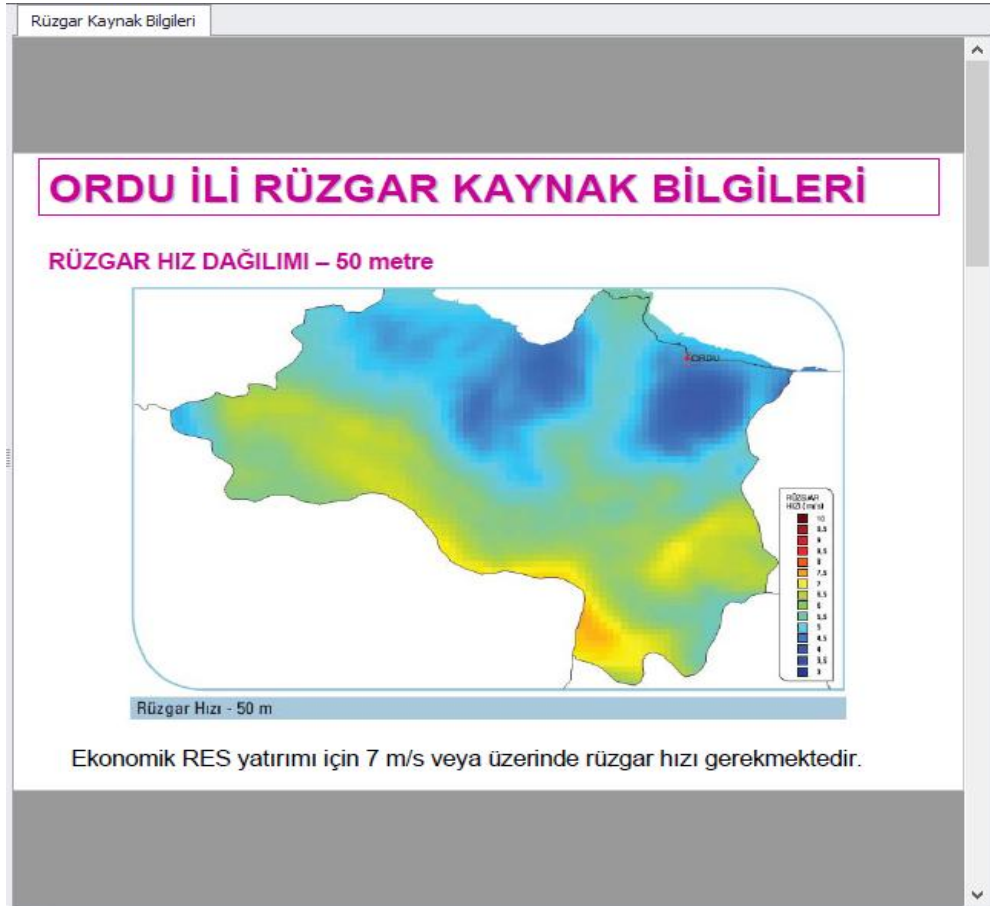
Şekil 4.43 Rüzgâr Enerjisi Ordu İli Seçim Ekranı

Öncelikle program ana ekranından fizibilite analizi yapılması istenen rüzgâr enerjisi seçilmiş ve açılan ekranda döviz kur bilgileri güncellenmiştir.

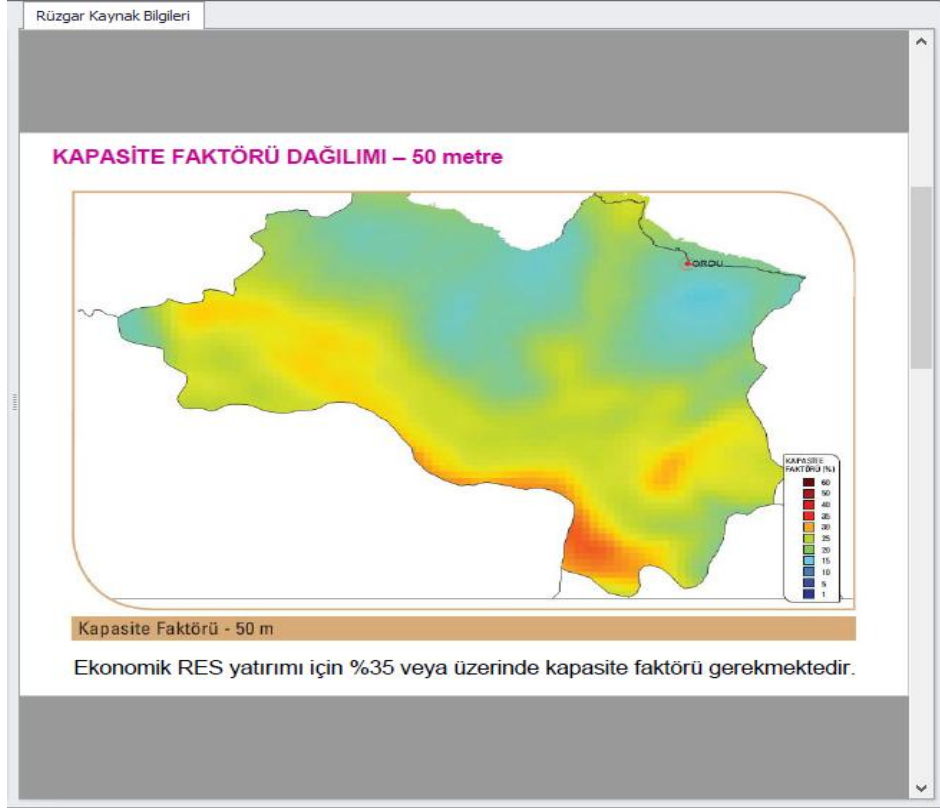
Rüzgâr enerjisi yatırım hesaplama döviz kuru bilgi ekranı Şekil 4.42’de gösterilmiştir. Döviz kur bilgileri, Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası (TCMB) 01.07.2019 kapanış kuru olarak güncellenmiştir.

Sonraki aşamada karşımıza çıkan ekrandan şehir seçimi bölümünden “Ordu” ili seçimi yapılmıştır. Şekil 4.43’de rüzgâr enerjisi yatırım hesaplaması için “Ordu” ilinin seçim ekranı gösterilmiştir.

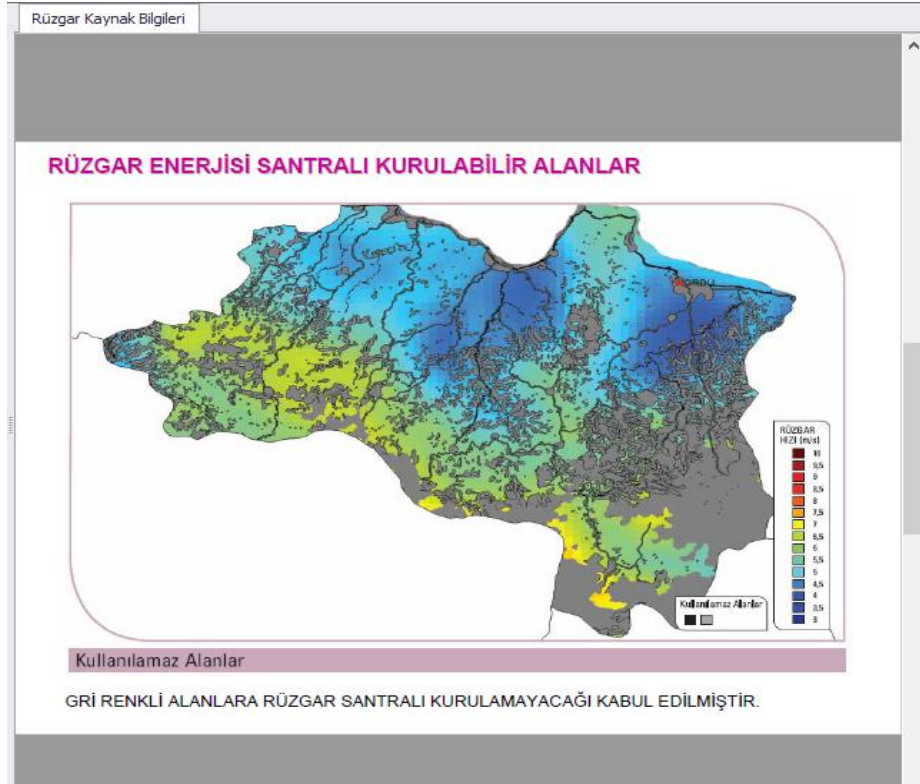
İl seçimi yapıldıktan sonra sağ tarafta otomatik olarak Ordu iline ait 50 m yükseklikte rüzgâr hız dağılımı Şekil 4.44’de, kapasite faktör dağılımı Şekil 4.45’de, rüzgâr enerji santrali (RES) kurulabilir alanlar Şekil 4.46’da, trafo merkezleri ve enerji nakil hatları Şekil 4.47’de gösterilmiştir.



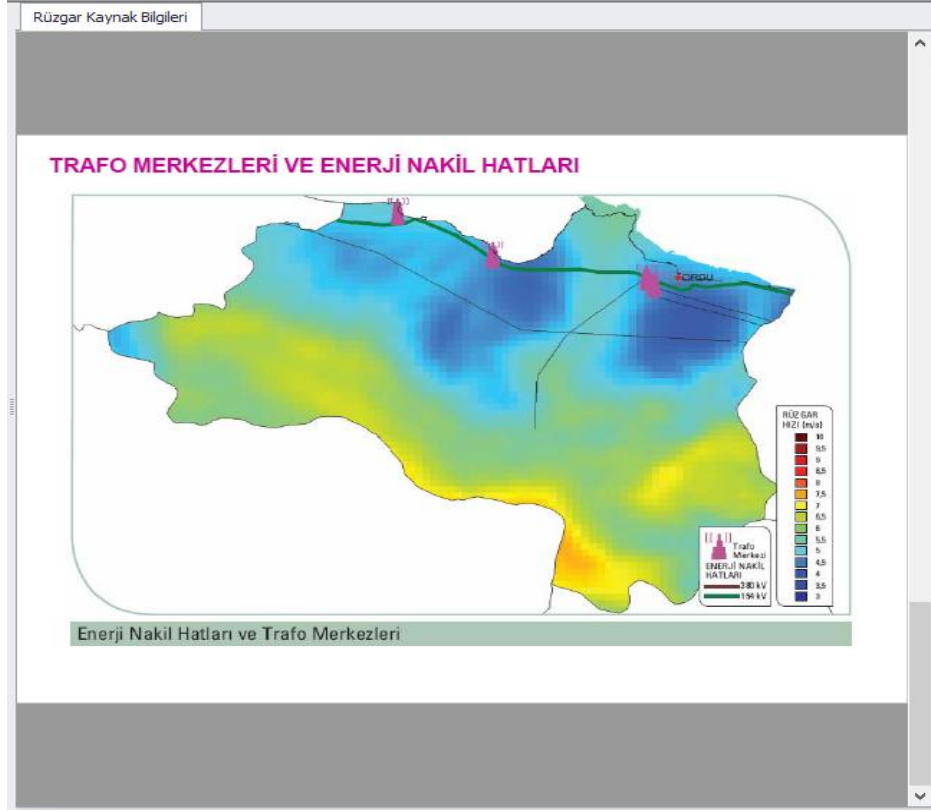
Şekil 4.44 Ordu İli Rüzgâr Hız Dağılımı



Şekil 4.45 Ordu İli Kapasite Faktör Dağılımı



Şekil 4.46 Ordu İli RES Kurulabilir Alanlar



Şekil 4.47 Ordu İli Trafo Merkezleri ve Enerji Nakil Hatları

RÜZGAR ENERJİSİ YATIRIM HESAPLAMA - ORDU ÜNİVERSİTESİ - YÜKSEK LİSANS TEZİ - H. SİNAN KETENCİ - [RÜZGAR ENERJİSİ YATIRIM HESAPLAMA]

Rüzgar Enerjisi

Maliyet

Döviz Kurları

İl Seçimi

Maliyetler

Diğer Parametreler

ÇIKIŞ

Maliyetlerini Belirtiniz

Maliyet Kalemi :

Tutar : TRY

Maliyet Ekle

Varsayılan Maliyetleri Ekle

#	Maliyet	Tutar	Birim	Tutar (Try)	Düzenle	Sil
0	Kule Temelleri	152.000,00	USD	866.096,00 ₺	...	-
1	Ünite Trafo Binaları	14.000,00	USD	79.772,00 ₺	...	-
2	Servis Yolları ve ...	34.000,00	USD	193.732,00 ₺	...	-
3	Şalt Binası	6.000,00	USD	34.188,00 ₺	...	-
4	Mevcut Yolu İyileştirme	6.000,00	USD	34.188,00 ₺	...	-
5	Kablo Kanal İnşaatı	12.000,00	USD	68.376,00 ₺	...	-
6	Diğer (Şantiye, ...)	12.000,00	USD	68.376,00 ₺	...	-
7	Türbin	800.000,00	USD	4.558.400,00 ₺	...	-
8	Yedek Parça	17.000,00	USD	96.866,00 ₺	...	-
9	Ünite Transformator	18.000,00	USD	102.564,00 ₺	...	-
10	Transformator Fideri	36.000,00	USD	205.128,00 ₺	...	-
11	Kuplaj Fideri	3.000,00	USD	17.094,00 ₺	...	-
12	Ölçü Hücreleri	3.000,00	USD	17.094,00 ₺	...	-
13	Fideri Donanımı	7.000,00	USD	39.886,00 ₺	...	-

TOPLAM : 7.348.140,80 TRY

Şekil 4.48 Rüzgar Enerjisi Maliyet Giriş Ekranı

İnşaat maliyetleri, elektromekanik teçhizat, hat giderleri, etüt, proje, izin, onay ve işletme giderleri gibi gider kalemleri giriş ekranları bir sonraki aşamalarda yer almaktadır. Bu gider kalemleri, Ordu ili için programda bulunan varsayılan maliyetler alınmıştır. Şekil 4.48’de maliyet giriş ekranı görülmektedir.

Yatırım kalemleri ve yatırım giderleri tanımlamasından sonra hesaplamalarda kullanılmak üzere işletme süresi 20 yıl olarak seçilmiştir. Tesisin yatırım bedeli, önceki ekranlarda yapılan girişlerin toplamlarından gelmektedir. İşletme bakım gideri, toplam yatırım giderinin %2’si kadar alınmıştır. İşletme bakım giderinin yüzde değeri girilmesiyle yıllık işletme bakım gideri 150.848,50 TL olarak çıkmıştır. İşletme ve diğer giderler %4 olarak alınmıştır. Amortisman değeri 20 yıl olarak hesaplanmıştır. Rüzgâr enerji tesisin finansal getirisinin hesaplanması için birim enerji satış bedeli, devlet enerji alım garantisi verdiği yenilenebilir enerji kaynakları için birim enerji bedeli 0,133 USD/kWh’dir. Şekil 4.49’da gösterilmiştir. Tüm girdiler tamamlandıktan sonra ekranda yer alan “Maliyet Hesapla” butonuna basılarak Ordu ili için rüzgâr enerjisi yatırım fizibilite analizi tamamlanmıştır.

Parametre	Değer
Tesis Kurulum Gücü	800
İşletme Süresi	20 yıl
Yatırım Bedeli (TRY)	7.542.424,80
İşletme ve Diğer Giderler	4 %
Yıllık İşletme ve Diğer Giderler (TRY)	301.696,99
İşletme Bakım Gideri (%)	2 %
Yıllık İşletme Bakım Gideri (TRY)	150.848,50
Amortisman (TRY)	7.542.424,80
(*) Amortisman : 20 İşletme Yılına Göre Hesaplanmıştır.	
Birim Enerji Satış Bedeli	0,133 USD
Enerji Satış Bedeli (TRY)	0,758

Maliyet Hesapla

Şekil 4.49 Ordu İli İçin Diğer Parametreler

Yıllık enerji üretimi, yıllık gelir, yıllık işletme ve diğer giderler, yıllık bakım giderlerinin yer aldığı tabloda yatırım geri dönüşünde tutar ekside olduğu süreçte yatırım kâra geçmiş değildir. Program yapmış olduğu hesaplamalar sonucunda, otomatik olarak tablodaki satırları renklendirmiştir. Tabloda kırmızı renkli olan yıllarda yatırım geri dönüşünü tamamlamamış olduğu anlamına gelmektedir. Aynı tabloda yeşil renkli satırlar kâr edilen yıllardır. Yatırım geri dönüş yılı ise tablodaki yeşil renkli ilk satıra denk gelen yıldır. Şekil 4.50’de yatırım geri dönüş süresi ekranı görülmektedir.

Ordu ili için 800 kW lık bir rüzgâr enerji santrali planlanmıştır. Planlanan rüzgâr enerjisi fizibilite analizi için hazırlanmış olan bu program Ordu ili için varsayılan kabullerle çalıştırıldığında toplam yatırım bedeli 01.07.2019 tairhli TCMB kapanış kuruna göre 7.542.424,80 TL olarak çıkmaktadır.

Ordu ili için 800 kW lik bir güneş enerji tesisinin genel olarak kendisini 16. yılda amorti ettiği görülmektedir.

Rüzgâr Kaynak Bilgileri		Maliyet Tablosu						
	YIL	ENERJİ ÜRETİMİ (kWh / Yıl)	YILLIK GELİR	YATIRIM BEDELİ	YILLIK İŞLETME VE DİĞER GİDERLER	İŞLETME BAKIM GİDERİ	AMORTİSMAN	YATIRIM GERİ DÖNÜŞÜ
▶	1	1.752.000	1.328.016,00 ₺	7.542.424,80 ₺	301.696,99 ₺	150.848,50 ₺	377.121,24 ₺	-7.044.076,00 ₺
	2	1.752.000	1.328.016,00 ₺	7.542.424,80 ₺	301.696,99 ₺	150.848,50 ₺	377.121,24 ₺	-6.545.727,00 ₺
	3	1.752.000	1.328.016,00 ₺	7.542.424,80 ₺	301.696,99 ₺	150.848,50 ₺	377.121,24 ₺	-6.047.378,00 ₺
	4	1.752.000	1.328.016,00 ₺	7.542.424,80 ₺	301.696,99 ₺	150.848,50 ₺	377.121,24 ₺	-5.549.029,00 ₺
	5	1.752.000	1.328.016,00 ₺	7.542.424,80 ₺	301.696,99 ₺	150.848,50 ₺	377.121,24 ₺	-5.050.680,00 ₺
	6	1.752.000	1.328.016,00 ₺	7.542.424,80 ₺	301.696,99 ₺	150.848,50 ₺	377.121,24 ₺	-4.552.331,00 ₺
	7	1.752.000	1.328.016,00 ₺	7.542.424,80 ₺	301.696,99 ₺	150.848,50 ₺	377.121,24 ₺	-4.053.982,00 ₺
	8	1.752.000	1.328.016,00 ₺	7.542.424,80 ₺	301.696,99 ₺	150.848,50 ₺	377.121,24 ₺	-3.555.633,00 ₺
	9	1.752.000	1.328.016,00 ₺	7.542.424,80 ₺	301.696,99 ₺	150.848,50 ₺	377.121,24 ₺	-3.057.284,00 ₺
	10	1.752.000	1.328.016,00 ₺	7.542.424,80 ₺	301.696,99 ₺	150.848,50 ₺	377.121,24 ₺	-2.558.935,00 ₺
	11	1.752.000	1.328.016,00 ₺	7.542.424,80 ₺	301.696,99 ₺	150.848,50 ₺	377.121,24 ₺	-2.060.586,00 ₺
	12	1.752.000	1.328.016,00 ₺	7.542.424,80 ₺	301.696,99 ₺	150.848,50 ₺	377.121,24 ₺	-1.562.237,00 ₺
	13	1.752.000	1.328.016,00 ₺	7.542.424,80 ₺	301.696,99 ₺	150.848,50 ₺	377.121,24 ₺	-1.063.888,00 ₺
	14	1.752.000	1.328.016,00 ₺	7.542.424,80 ₺	301.696,99 ₺	150.848,50 ₺	377.121,24 ₺	-565.539,00 ₺
	15	1.752.000	1.328.016,00 ₺	7.542.424,80 ₺	301.696,99 ₺	150.848,50 ₺	377.121,24 ₺	-67.190,00 ₺
	16	1.752.000	1.328.016,00 ₺	7.542.424,80 ₺	301.696,99 ₺	150.848,50 ₺	377.121,24 ₺	431.159,00 ₺
	17	1.752.000	1.328.016,00 ₺	7.542.424,80 ₺	301.696,99 ₺	150.848,50 ₺	377.121,24 ₺	929.508,00 ₺
	18	1.752.000	1.328.016,00 ₺	7.542.424,80 ₺	301.696,99 ₺	150.848,50 ₺	377.121,24 ₺	1.427.857,00 ₺
	19	1.752.000	1.328.016,00 ₺	7.542.424,80 ₺	301.696,99 ₺	150.848,50 ₺	377.121,24 ₺	1.926.206,00 ₺
	20	1.752.000	1.328.016,00 ₺	7.542.424,80 ₺	301.696,99 ₺	150.848,50 ₺	377.121,24 ₺	2.424.555,00 ₺
*								

Şekil 4.50 Ordu İli Rüzgâr Enerjisi Yatırım Geri Dönüş Tablosu

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemiz için stratejik bir öneme sahip olan enerji konusu, fosil kaynaklarının azalması nedeniyle alternatif kaynaklar olarak yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmeyi zorunlu hale getirmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının oranı arttıkça ülkemizin dışa bağımlılığı da azalmış olacaktır.

Bu çalışma ile ülkemizin herhangi bir iline yatırım yapmak isteyen yatırımcılar veya bölge analizlerini yapan ekonomistler veya araştırmacılar için mevcut durumun ekonomik fizibilitesini ortaya koyan bir program geliştirilmiştir.

Ordu özelinde yapılan 800kW lık bir santral karşılaştırmasında güneş enerjisinin, rüzgâr enerjisine göre daha verimli olduğu görülmektedir. Güneş enerjisi yatırımı 10. yılında yatırımını amorti ederken, Rüzgâr enerji yatırımı 16. yılında kendisini amorti etmektedir.

Ayrıca 800 kW'lık bir enerji tesisinin ilk yatırım maliyeti, güneş enerjisinde 01.07.2019 tarihli TCMB kapanış kuru değerlerine göre 5.365.806,60 TL iken rüzgâr enerjisinde 7.542.424,80 TL olduğu tespit edilmiştir. Ordu ili için 800 kW'lık güneş enerjisi yatırımı, aynı kapasitede rüzgâr enerjisine göre ilk yatırım maliyeti %40.56 oranında daha düşüktür.

Geliştirmeye açık olan bu programa rüzgâr ve güneş enerji kaynakları dışında kalan hidrolik, biyokütle, hidrojen, dalga gibi enerji kaynakları modülleri de eklenebilir. Bu çalışmaya internet üzerinden erişim sağlanarak, internet üzerinden çalıştırılması sağlanabilir ve bu sayede çalışma daha büyük kitlelere ulaştırılabilir.

Dünya iklim şartlarının değişimine bağlı olarak programdaki verilerin güncellenmesi sağlanabilir. Analiz ve değerlendirmeler, seçilen il ortalamalarına göre yapılmıştır. Bu değerlendirmeler koordinat bazında yapılabilir hale getirilebilir. Koordinatla belirlenen noktaya ait veriler elde edilmesi durumunda sisteme girişi sağlanarak gerekli hesaplamalar yapılabilir.

6. KAYNAKLAR

- Anonim, (2016). Internationa Energy Agaency. <https://www.iea.org/statistics/?country=TURKEY&year=2016&category=Energy%20supply&indicator=RenewGenBySource&mode=chart&dataTable=RENEWABLES> Erişim Tarihi: 14.07.2019
- Anonim (2017) Dünyada ve Türkiye'de Enerji Durumu. <http://www.gazbir.org.tr/uploads/page/Dunya-ve-Turkiye-Enerji-Gorunumu.pdf> Erişim Tarihi : 14.07.2019
- Anonim (2018). TETC. Electricity Statistics.<https://www.teias.gov.tr/tr/turkiye-elektrik-uretim-iletim-2017-yili-istatistikleri> Erişim Tarihi: 14.07.2019 .
- Anonim, (2019). Enerji İşleri Genel Müdürlüğü. <http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir.aspx>. Erişim Tarihi: 14.07.2019
- Aksoy, A. (2019). Integrated model for renewable energy planning in Turkey. *International journal of green energy*, 16(1), 34-48.
- Ari, I., & Yilmaz, R. F. (2019). The role of renewable energy in achieving Turkey's INDC. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 105, 244-251.
- 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.
- Erdin, C., & Ozkaya, G. (2019). Turkey's 2023 energy strategies and investment opportunities for renewable energy sources: Site Selection Based on ELECTRE. *Sustainability*, 11(7), 2136.
- Kalıncı, Y., Hepbaşı, A., & Dincer, I. (2015). Techno-economic analysis of a stand-alone hybrid renewable energy system with hydrogen production and storage options. *international journal of hydrogen energy*, 40(24), 7652-7664.
- Kanlı, İ. B., & Kaplan, B. (2018). Yenilenebilir enerji kaynaklarının etkin kullanımı için bir model önerisi: şehir enerji kooperatifleri. *Siyaset, Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 6(4).
- Karagöl, E. T., & Kavaz, İ. (2017). Dünyada ve Türkiye'de yenilenebilir enerji. *Analiz. Seta*, 197, 18-28.
- Kızıl Voyvoda, Ö., & Voyvoda, E. (2019). Türkiye'de enerji sektörünün yeniden yapılandırılması sürecinde hukuk düzenlemeleri-elektrik sektörü. *Calisma ve Toplum*, 60(1).
- 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., & Şenel, M. C. (2013). Dünyada ve Türkiye'de enerji durumu-genel değerlendirme. *Mühendis ve Makina*, 54(639), 32-44.
- Korkmaz, K. (2007). Küresel ısınma ve tarımsal uygulamalara etkisi. *Alatarım dergisi*, 6(2), 43-49.

- Temiz Dinç, D., & Akdoğan, E. C. (2019). Renewable energy production, energy consumption and sustainable economic growth in turkey: A VECM Approach. *Sustainability*, *11*(5), 1273.
- Yıldırım, O., & Nuri, F. İ. (2018). Yenilenebilir enerji ve sürdürülebilir kalkınma ilişkisi. *Uluslararası Bankacılık Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, *1*(1), 105-143.

EKLER

EKLER

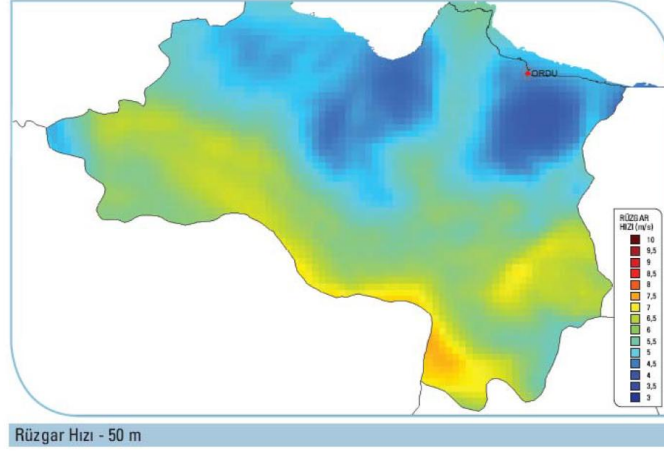
Ordu ili için yapılan çalışmada ihtiyaç duyulan verilerin tablosu ekte verilse de programda kullanılan ekler her il için değişmektedir. Bu ekler tezde verilemeyecek kadar fazladır. Dönemsel elektrik üretimi, ışınım değerleri, ufuk hattı ve güneş yükseklikleri 4050 satır 81 sayfadan oluşmaktadır. Güneş enerjisi potansiyel atlası 244 görselden, rüzgar enerjisi potansiyel atlası ise 81 pdf dosyasından oluşmakta olup, tezde verilmesi mümkün olmadığından dolayı tezin ekinde verilen CD'nin içerisindeki ilgili klasörlerde yer verilmiştir.

EK 1: Ordu İli Dönemsel Elektrik Üretimi ve Işınım Değerleri

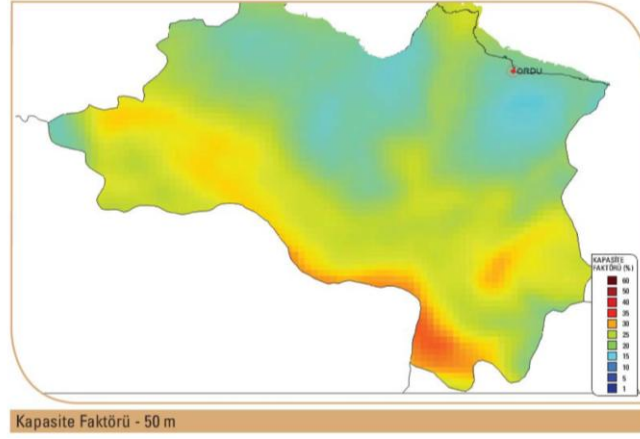
Month	Ed	Em	Hd	Hm	Azimuth	Hh	Azimuth	Hsun,w	Azimuth	Hsun,s
1	733	22700	1,85	58	-180,0	15	-180	0	-180	0
2	1040	29200	2,63	74	-172,5	15	-158	0	-172	0
3	1410	43600	3,60	112	-165,0	17	-139	0	-165	0
4	1710	51400	4,46	134	-157,5	19	-126	0	-158	0
5	1950	60400	5,21	162	-150,0	19	-115	0	-151	0
6	2010	60300	5,39	162	-142,5	19	-107	0	-144	0
7	1860	57600	5,02	156	-135,0	19	-101	0	-138	0
8	1740	54100	4,73	146	-127,5	19	-95	0	-132	0
9	1600	48100	4,29	129	-120,0	19	-90	0	-127	0
10	1350	41900	3,52	109	-112,5	18	-85	0	-122	0
11	1120	33700	2,86	86	-105,0	18	-81	0	-117	5
12	813	25200	2,05	64	-97,5	16	-76	0	-113	10
Year	1450	44000	3,81	116	-90,0	15	-72	0	-108	15
					-82,5	15	-67	0	-104	21
					-75,0	15	-63	0	-99	26
					-67,5	15	-58	0	-95	32
					-60,0	15	-53	5	-90	37
					-52,5	15	-48	9	-85	43
					-45,0	15	-42	13	-79	49
					-37,5	11	-36	17	-73	54
					-30,0	9	-29	20	-65	59
					-22,5	9	-22	22	-54	64
					-15,0	9	-15	24	-41	69
					-7,5	9	-8	25	-22	72
					0,0	7	0	26	0	73
					7,5	7	8	25	22	72
					15,0	8	15	24	41	69
					22,5	8	22	22	54	64
					30,0	7	29	20	65	59
					37,5	6	36	17	73	54
					45,0	4	42	13	79	49
					52,5	3	48	9	85	43
					60,0	3	53	5	90	37
					67,5	3	58	0	95	32
					75,0	3	63	0	99	26
					82,5	4	67	0	104	21
					90,0	4	72	0	108	15
					97,5	4	76	0	113	10
					105,0	3	81	0	117	5
					112,5	3	85	0	122	0
					120,0	2	90	0	127	0
					127,5	1	95	0	132	0
					135,0	1	101	0	138	0
					142,5	1	107	0	144	0
					150,0	15	115	0	151	0
					157,5	15	126	0	158	0
					165,0	15	139	0	165	0
					172,5	15	158	0	172	0
					180,0	15	180	0	180	0

ORDU

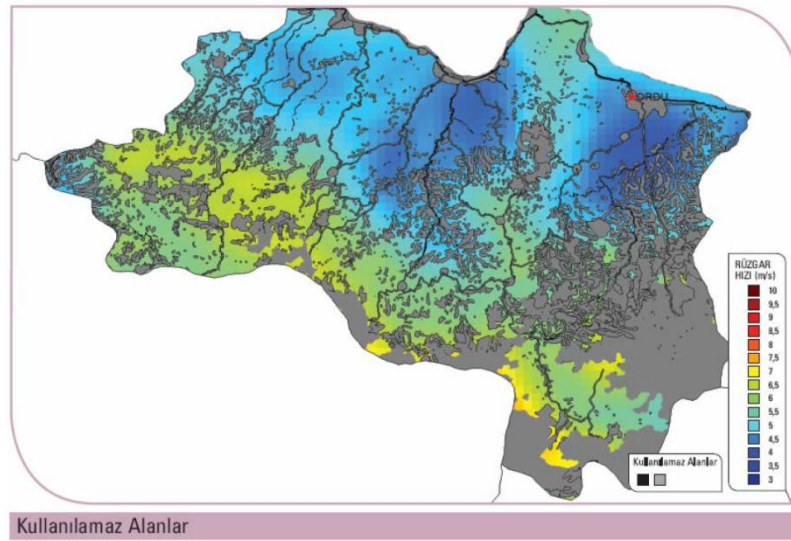
EK 2: Ordu İli Rüzgâr Hız Dağılımı



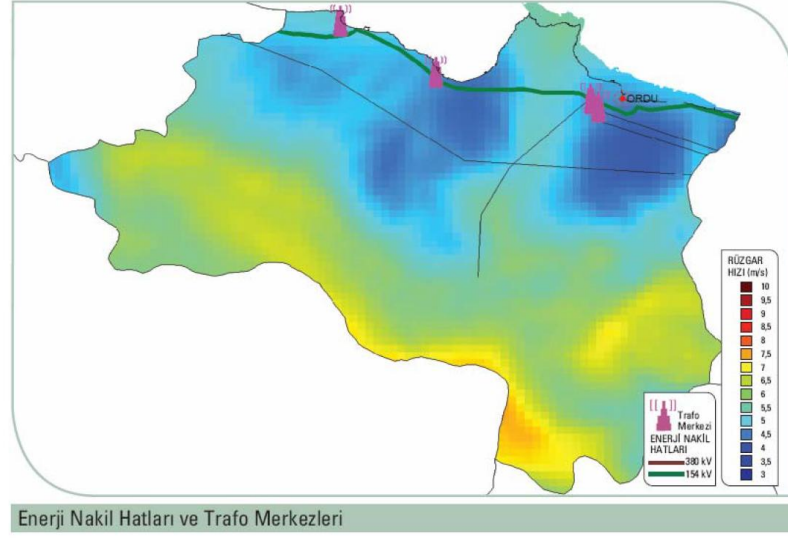
EK 3: Ordu İli Rüzgâr Kapasite Faktörü Dağılımı



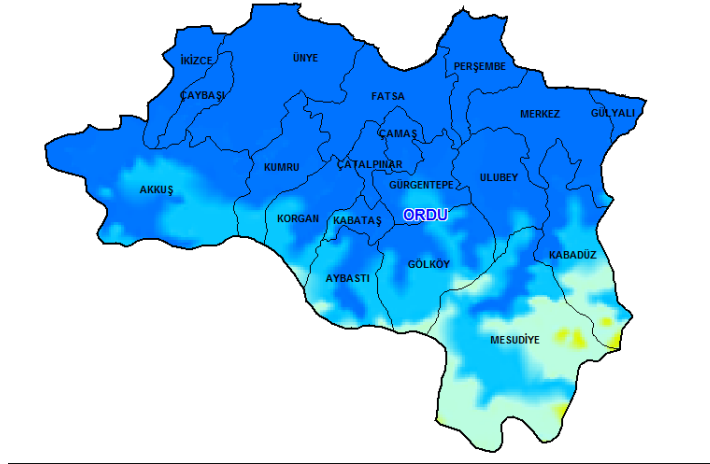
EK 4: Ordu İli Rüzgâr Enerjisi Santrali Kurulabilir Alanlar



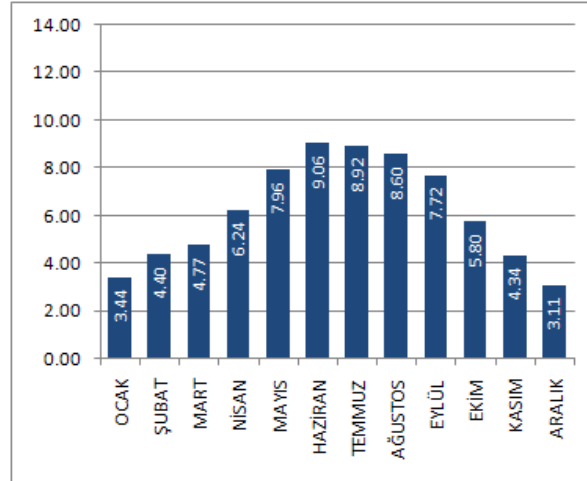
EK 5: Ordu İli Trafo Merkezleri ve Enerji Nakil Hatları



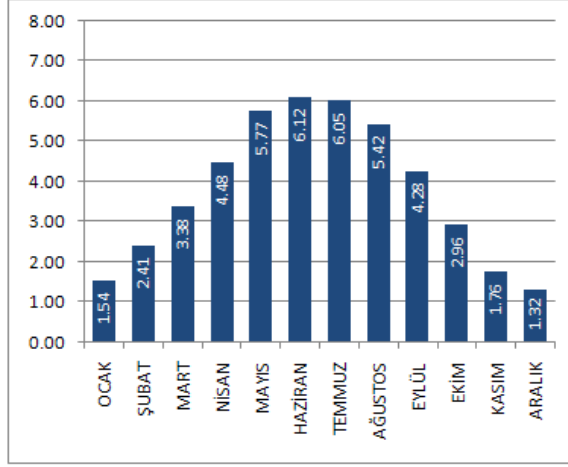
EK 6: Ordu İli Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası




EK 7: Ordu İli Güneşlenme Süresi (saat)



EK 8: Ordu İli Global Radyasyon Değerleri (kWh/m^2 gün)



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Harun Sinan KETENCİ
Doğum Yeri	Adıyaman
Doğum Tarihi	23.09.1976
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer:
Telefon	0 533 490 45 80
E-Posta Adresi	hsketenci@hotmail.com
	
Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Harran Üniversitesi
Fakülte	Mühendislik Fakültesi
Bölümü	Makine Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	2001
Yüksek Lisans	
Üniversite	
Enstitü Adı	
Anabilim Dalı	
Programı	
Mezuniyet Tarihi	
Doktora	
Üniversite	
Enstitü Adı	
Anabilim Dalı	
Programı	
Mezuniyet Tarihi	
Yayımlar	