

Mersin İlinin Farklı İlçelerinde Kurulabilecek Rüzgar Enerjisi Santrallerinin RETScreen Programı ile Fizibilite Analizleri ve Karşılaştırılmaları

Bengi GÖZMEN ŞANLI*, Alper GÜNÖZ

Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Mersin, Türkiye

Geliş / Received: 20/05/2018, Kabul / Accepted: 08/10/2018

Öz

Son yıllarda hızla artan enerji ihtiyacını karşılamak üzere yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim artmıştır ve özellikle dünya genelinde yüksek potansiyele sahip olan rüzgar enerjisi tercih edilmektedir. Bu çalışmada Mersin'in Mut ve Gülnar ilçeleri için RETScreen programı kullanılarak farklı güçlerde (0,8, 4 ve 8 MW) kurulacak olan rüzgar enerji santrali (RES) yatırımlarının fizibilite analizi yapılmış ve birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Bu amaçla 0,8, 4 ve 8 MW kapasiteli rüzgar enerji santrali projeleri değerlendirilerek Mut ve Gülnar ilçeleri için geri ödeme süreleri tespit edilmiştir. Mut'un yıllık ortalama rüzgar hızı değerinin Gülnar'dan daha yüksek olması ve projelerin kendilerini geri ödeme süreleri dikkate alındığında yapılacak yatırım yerinin Mut olarak seçilmesi daha uygun görülmüştür. Mut için tasarlanan; 1 adet türbin kullanılacak olan rüzgar enerji santralinin 5 yılda, 5 adet türbin kullanılacak olanın 3,5 yılda, 10 adet türbin kullanılacak olanın 3 yılda kendini amorti edebileceği belirlenmiştir. Ekonomik açıdan rüzgar enerji santrali yatırımlarının banka faizi geliri dikkate alındığında yatırımcılar için tercih edilebilir bir proje olduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Gülnar, Mut, RETScreen, Rüzgar Enerjisi

Feasibility Analyses and Comparisons of Wind Power Plants Located in Different Regions of Mersin by Using RETScreen Program

Abstract

In recent years, the trend towards renewable energy sources has increased to meet the rapidly growing energy demand and especially wind energy, which has a high potential around the world, is preferred. In this study, feasibility analyses of the wind power plant (RES) investments have been performed for different wind power plant having different capacities (0.8, 4 and 8 MW) in Mut-Gülnar, Mersin by using the RETScreen program and they have been compared with each other. The wind power plants having different capacities of 0.8, 4 and 8 MW in both Mut and Gülnar have been analyzed and repayment period have been determined. Mut should be selected as investment location due to the fact that the average wind speed of Mut is higher than that of Gülnar and repayment period is shorter than that of Gülnar. Moreover, it is determined that the wind power plant having 1 turbine in Mut has a repayment period as 5 years, the wind power plant having 3 turbines has a repayment period as 3.5 years while the power plant having 5 turbines repays the investment for it in three years. In terms of economy, the projects of wind power plant are profitable investment when the bank interest income is considered.

Keywords: Gulnar, Mut, RETScreen, Wind Energy

1. Giriş

Son yıllarda gelişen teknoloji ve dünya nüfusundaki hızlı artışla birlikte enerji ihtiyacı sürekli olarak artmaktadır. Enerji ihtiyacındaki artış, küresel ısınma ve ekolojik etkiler göz önüne alındığında enerji elde etmek için fosil yakıt kullanımı yerini daha temiz ve doğa dostu yenilenebilir enerji kaynaklarına bırakmaktadır. Fosil yakıtlardan kaynaklanan çevresel kirliliği en aza indirme isteği, Kyoto Protokolü gereğince CO₂ ve

diğer sera gazı emisyonlarının azaltılması zorunluluğu yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını mecburi hale getirmiştir (Taşkın, 2013). Kullanımı çok eskilere dayanan rüzgar enerjisi, tüm dünyada en çok kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir. Türkiye rüzgar enerji potansiyeli bakımından oldukça zengin bir ülkedir. Fakat kullanılabilir rüzgar enerji potansiyeli oldukça düşüktür. Bunun nedeni ise, rüzgar enerji santrallerinin kurulum

bedellerinin yüksek olmasıdır. Son yıllarda, teknolojik gelişmelerle birlikte rüzgar enerjisinden elektrik enerjisi üretimi için kurulacak santrallerin kurulum, işletme maliyetleri düşüş göstermektedir ve rüzgar enerjisi kullanma eğilimi artmıştır. Literatürde, farklı alanlarda kullanılmak üzere rüzgar enerjisinden elektrik enerjisi elde etmeye yönelik çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Özdamar (2000), İzmir’de bir evin elektrik enerjisi ihtiyacını belirleyip bu ihtiyacın rüzgar enerjisiyle karşılanması ve ekonomik açıdan değerlendirilmesi üzerine bir çalışma yapmıştır. Çalışmasında evin enerji tüketiminin bir günlük planı yapılmış ve bu planın 20 yıl boyunca aynı şekilde tekrarlandığı varsayılmıştır. Yiğit ve Kabul (2014), Isparta yöresinde rüzgar enerjisiyle bir evin elektrik ihtiyacının karşılanması üzerine araştırma yapmışlardır. Yapmış oldukları analizlerde yatırım maliyetleri, işletme giderleri, yıllık kazanç, yıllık fayda, iskonto vb. parametreler göz önünde bulundurularak dört farklı yöntem kullanmışlardır. Analizler neticesinde 5 kW’lık bir rüzgar türbininin geri ödeme süresi 11 yıl olarak hesaplanmış ve böyle bir yatırımın mantıklı olacağını tespit etmişlerdir. Farklı bir çalışma olarak, Koşar vd. (2015), Kayseri ilinin Pınarbaşı ilçesinin rüzgar potansiyeline uygun olacak 3 metre rotor çapına sahip sabit hızlı küçük ölçekli bir rüzgar türbininin aerodinamik tasarımını gerçekleştirmişlerdir. Aerodinamik tasarımı yapılmış olan türbinin performans eğrilerini elde etmek amacı ile bir kod kullanılmış olup bu bölgede böyle bir tasarımın mekanik ve elektriksel kayıplar olmaksızın yıllık 1295,5 kWh enerji üreteceğini hesaplamışlardır. Gökçınar ve Uyumaz (2008), rüzgar enerjisi kullanım maliyetleri ve verilen teşvikler üzerine bir araştırma yapmışlardır. Kullanılacak olan rüzgar türbini kapasite faktörünün yatırım maliyetinde çok önemli bir yer tuttuğunu belirtmişlerdir. Ayrıca rüzgar enerji santrallerinin yer, kapasite ve maliyetlerini değerlendirmek üzere bir çok yazılım programı bulunmaktadır. Bu yazılım

programlarından biri de RETScreen programıdır. Türkiye’de birçok araştırmacı çalışmalarında RETScreen programını kullanmaktadır. Akbulut vd. (2009), Türkiye şartlarına uygun rüzgar enerji santrali projelerinin ekonomik analizini RETScreen programı kullanarak yapmışlardır. Analizleri sonucunda yönetmeliklerin öngördüğü minimum şartlar altında ekonomik bir yatırım olması için en az 5 MW’lık bir rüzgar enerji santralinin kurulması gerektiğini belirlemişlerdir. Doğan vd. (2012), Hatay’da kurulacak bir rüzgar enerjisi santrali için RETScreen program ile fizibilite analizi yapmışlardır. 1, 5 ve 10 MW güçlerindeki 3 adet RES projeleri için ekonomik açıdan 2 MW ve üzeri kapasiteli RES yatırımlarının tercih edilebilir olduğunu tespit etmişlerdir. Kaya vd. (2016), Samsun 19 Mayıs ilçesi Yörükler mahallesinde kurulabilecek bir rüzgar enerji santrali için fizibilite analizi yapıp geri ödeme sürelerini belirlemişlerdir. 1, 2, 5 ve 10 MW kapasiteli RES projelerinin analizleri sonucunda geri ödeme sürelerinin sırasıyla 6, 4, 2,5 ve 2 yıl olduğunu belirlemişlerdir. RETScreen programı kullanılarak yapılan bir diğer çalışma, Taşkın (2013) tarafından gerçekleştirilen Niğde ili için rüzgar enerjisi santrallerinin analizleridir. Yapılan çalışmada 50 m ve üzerindeki yükseklikler için rüzgar enerji santralleri kurulumuna yapılabilecek yatırımın uygun olacağı kanaatine varılmıştır. Bu çalışmada, Mersin’in rüzgar potansiyelinin yüksek olduğu Mut ve Gülnar ilçelerinde kurulabilecek farklı kapasiteli rüzgar enerji santralleri için analizler yapılmış ve birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada RETScreen analiz programı kullanılarak Şekil 1’de gösterilen Mersin’in yıllık ortalama rüzgar hızının 8 m/s olduğu Mut ilçesinde ve yıllık ortalama rüzgar hızının 7,5 m/s olduğu Gülnar ilçesinde uygun lokasyonlara kurulması planlanan rüzgar enerjisi santralleri için fizibilite çalışması yapılmış ve ekonomik açıdan

değerlendirilerek karşılaştırılmıştır.

birbirleriyle

2.2. Proje Uygulama Bölge Seçimi



Şekil 1. RES kurulması planlanan alanlar.

2.1. RETScreen Analiz Programı

RETScreen Temiz Enerji Proje Analizi Yazılımı ilk kez Kanada Hükümeti CANMET Enerji Araştırma Laboratuvarı tarafından sunulmuştur. RETScreen, çeşitli enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji teknoloji türlerinin enerji üretimi ve tasarruflarını, emisyon azaltımlarını, finansal uygulanabilirliklerini ve risklerini değerlendirmek üzere dünya çapında kullanılan bir yazılım programıdır (RETScreen, 2018). Bu program ile enerji, maliye, emisyon, finansal ve risk analizleri yapılabilmektedir (Boztepe, 2010). RETScreen analiz programı, girilmesi gereken saha referans koşulları girdisinin, internet veri tabanı ile uyumlu olan iklim veri bankası tarafından sağlanmasıyla otomatik olarak çalışabilen ve Microsoft Excel altyapısına dayanan bir programdır. Bu program ile iklim veri bankasından enlem, boylam, rakım değerleri, aylara göre hava sıcaklığı, bağıl nem, güneş radyasyonu, atmosferik basınç, rüzgar hızı, yer sıcaklığı, ısıtma ve soğutma değerleri direkt olarak alınabilmektedir (Doğan vd., 2012).

RETScreen programı ile RES Projesi için Fizibilite Analizi basit veya detaylı olarak yapılabilmektedir. Programın basit ve detaylı analizindeki farklılık, programa santral maliyetlerinin farklı şekilde tanımlanmasıdır. Detaylı analiz ile bütün maliyetlerin teker teker programa tanımlanması sağlanırken; basit analizde bu maliyetler toplu şekilde tanımlanmaktadır. Bu çalışmada Şekil 2’de görüldüğü gibi her iki ilçe için de analiz türü “Seviye 2”, iklim referans değerleri; kurulması planlanan ilçelere yakınlığından ve programda tanımlı olmasından ötürü Mersin’in Silifke ilçesi seçilmiştir.

Ekonomik bir RES yatırımı için türbin göbek yüksekliğinde rüzgar hızının 7 m/s’den ve rüzgar kapasite faktörünün %30’dan fazla olduğu yerler tercih edilmelidir (Akbulut vd., 2008). RETScreen’in sunduğu, NASA tarafından belirlenmiş “10 m yüksekliğindeki rüzgar hızı” verileri göbek yüksekliğine göre uyarlanmalıdır. Bu bilgilerin yerine ülkemiz Elektrik İşleri Etüt İdaresi tarafından hazırlanmış olan REPA verileri tercih edilmiştir. Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA), orta-ölçekli sayısal hava tahmin modeli ve mikro-ölçekli rüzgar akış modeli kullanılarak üretilen rüzgar kaynak bilgilerinden oluşmaktadır (YEGM, 2018). Şekil 3’de görülen Mersin iline ait REPA haritaları incelendiğinde Mut ve Gülnar ilçelerinin iç kesimlerinde rüzgar hızının, rüzgar santralleri için önerilen değerlere uygun olduğu görülmektedir. Bu çalışmada Mut ilçesinde 50 m yükseklikte, yıllık ortalama rüzgar hızının 8 m/s olduğu ve Gülnar ilçesinde 50 m yükseklikte, yıllık ortalama rüzgar hızının 7,5 m/s olduğu bir alana kurulması planlanan rüzgar enerji santralleri için fizibilite analizi yapılmıştır.

Mersin İlinin Farklı İlçelerinde Kurulabilecek Rüzgar Enerjisi Santrallerinin RETScreen Programı ile Fizibilite Analizleri ve Karşılaştırmaları

Rüzgar - Seviye 2

Açıklama: Rüzgar türbini - 800 kW

Not:

Seviye 1 Seviye 2 Seviye 3

Kaynak değerlendirilmesi

Kaynak yöntemi: Rüzgar hızı

Rüzgar hızı - yıllık: 8 M/s

Ölçüm yeri: 50 M

Rüzgar kesmesi kuvveti: 0,14

Hava sıcaklığı - yıllık: 17,3145 °C

Atmosferik basınç - yıllık: 95,4554 kPa

Rüzgar türbini

Türbin başına güç kapasitesi: 800 kW

İmalatçı: Enercon

Model: ENERCON - 48 - 50M

Türbin sayısı: 1

Güç kapasitesi: 800 kW

Bağlantı noktası yüksekliği: 50 M (8 M/s)

Türbin başına rotor çapı: 48 M

Türbin başına taranan alan: 1809,56 M²

Enerji eğrisi verileri: Standart

Şekil faktörü: 2

İklim verileri
Türkiye - Silifke
2,3
10
19,3
93,8

(a)

Rüzgar - Seviye 2

Açıklama: Rüzgar türbini - 800 kW

Not:

Seviye 1 Seviye 2 Seviye 3

Kaynak değerlendirilmesi

Kaynak yöntemi: Rüzgar hızı

Rüzgar hızı - yıllık: 7,5 M/s

Ölçüm yeri: 50 M

Rüzgar kesmesi kuvveti: 0,14

Hava sıcaklığı - yıllık: 17,3145 °C

Atmosferik basınç - yıllık: 95,4554 kPa

Rüzgar türbini

Türbin başına güç kapasitesi: 800 kW

İmalatçı: Enercon

Model: ENERCON - 48 - 50M

Türbin sayısı: 1

Güç kapasitesi: 800 kW

Bağlantı noktası yüksekliği: 50 M (7,5 M/s)

Türbin başına rotor çapı: 48 M

Türbin başına taranan alan: 1809,56 M²

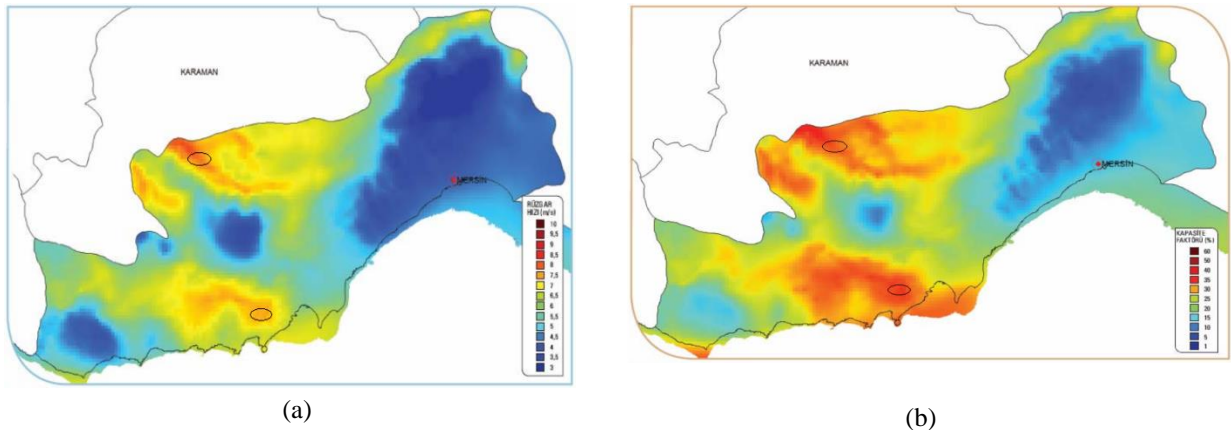
Enerji eğrisi verileri: Standart

Şekil faktörü: 2

İklim verileri
Türkiye - Silifke
2,3
10
19,3
93,8

(b)

Şekil 2. (a) Mut (b) Gülnar ilçeleri RES enerji modeli bilgileri.



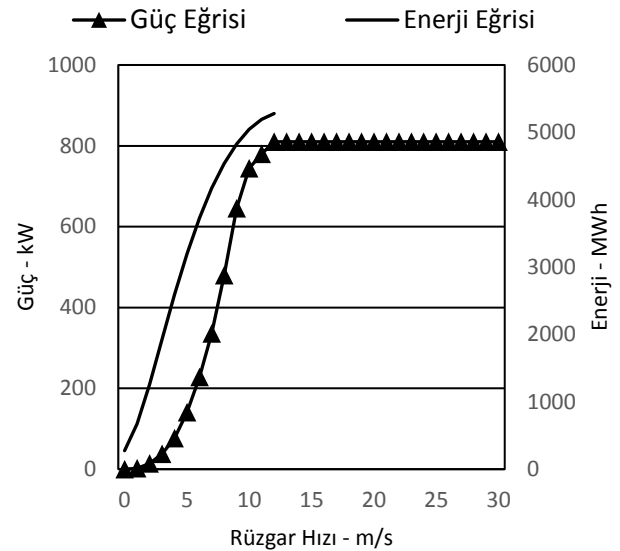
Şekil 3. REPA Mersin (a) rüzgar hızı dağılımı (b) rüzgar kapasite faktörü (REPA, 2018).

2.3. Enerji Modeli

Bu modülde analiz için öncelikle kullanılacak olan türbin tipi seçilerek, bu türbinden alınabilecek yıllık maksimum enerji miktarı hesaplanır. Türbin seçimi ve türbinin tüm spesifik özellikleri, RETScreen programı ile entegre halde bulunan ürün veri tabanından yapılır. Bu çalışmada, 50 m göbek yüksekliğinde bulunan 800 kW gücündeki Enercon-48-50M türbini seçilmiş olup Mut ve Gülnar ilçelerinde kurulmak üzere 1, 5 ve 10 adet türbin kullanımı için analizler yapılmıştır. Tablo 1 ve Şekil 4'de sunulan, türbin güç ve enerji eğrisi verileri program tarafından otomatik olarak oluşturulmuştur.

Tablo 1. Seçilen türbinin güç ve enerji eğrisi verileri.

Rüzgar Hızı (m/s)	Güç Eğrisi Verileri (kW)	Enerji Eğrisi Verileri (MWh)
0-2	0	
3	5	193
4	25	524
5	60	1030
6	110	1645
7	180	2283
8	275	2884
9	400	3421
10	555	3884
11	671	4271
12	750	4583
13	790	4821
14	810	4989
15	810	5093
16-30	810	



Şekil 4. Seçilen türbinin güç ve enerji eğrisi.

RES uygulamalarında bir türbinin rüzgardaki enerjisiyi elektrik enerjisine dönüştürebilme oranı olarak tanımlanan Kapasite faktörü genellikle %25 ile %35 arasında değişmektedir (Koşar vd., 2015). Bu çalışmada rüzgar hızına bağlı olarak kapasite faktörü Mut ilçesinde %34,7; Gülnar ilçesinde %31,1 olarak program tarafından belirlenmiştir. Kullanılacak türbin adedine ve kurulacak bölgelere göre şebekeye verilen yıllık elektrik miktarı Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2. Türbin sayısına göre şebekeye verilen elektrik gücü.

Türbin Sayısı	Kurulu Güç (MW)	Şebekeye Verilen Elektrik (MWh)	Şebekeye Verilen Elektrik (MWh)
		Mut	Gülnar
1	0,8	2434	2180
5	4	12170	10900
10	8	24339	21801

Bu modülde yapılması gereken son işlem elektrik satış fiyatının girilmesidir. Programın enerji modeli sayfasında elektrik satış fiyatı tarafımızdan 29 \$/MWh olarak girilmiştir. EPDK'nın 13/12/2017 tarihli kurul kararında belirttiği üzere yenilenebilir enerji kaynaklı elektrik üretim santrallerinin Türkiye ortalama elektrik toptan satış fiyatı 17,1 Krş/kWh'dır. Bu değer ise yaklaşık

olarak girmiş olduğumuz 29 \$/MWh'a denk santraller için detaylı maliyet analizi gelmektedir.

2.4. Maliyet Analizi

Programda Mut ve Gülnar ilçelerinde 1, 5 ve 10 adet türbin kullanılarak inşası planlanan

santraller için detaylı maliyet analizi yapılmıştır. Bu analizlerden Mut ilçesinde 1 türbin kullanılarak yapılan analiz, örnek olarak Şekil 5'de gösterilmiştir.

İlk maliyetler (krediler)	Birim	Miktar	Birim maliyet	Miktar	Nisbi maliyetler
Fizibilite etüdü					
- Fizibilite etüdü	maliyet	1	\$ 80000	\$ 80000	
Ara Toplam:				\$ 80000	3,5%
Geliştirme					
- Geliştirme	maliyet	1	\$ 80000	\$ 80000	
Ara Toplam:				\$ 80000	3,5%
Mühendislik					
- Mühendislik	maliyet	1	\$ 150000	\$ 150000	
Ara Toplam:				\$ 150000	6,5%
Elektrik sistemi					
Rüzgar türbini - 800 kW	kW	800	\$ 1300	\$ 1040000	
Yol yapımı	km	2	\$ 150000	\$ 300000	
İletim hattı	km	2	\$ 150000	\$ 300000	
Trafo Merkezi	proje		\$	\$ -	
Enerji verimliliği önlemleri	proje		\$	\$ -	
- Kullanıcı tanımlı	maliyet		\$	\$ -	
Ara Toplam:				\$ 1640000	70,9%
Sistem dengesi ve diğer					
Yedek parçalar	%	1,0%	\$ 150000	\$ 1500	
Nakliye	proje	1	\$ 130000	\$ 130000	
Eğitim ve işletmeye alma	p-g	1	\$ 120000	\$ 120000	
- Kullanıcı tanımlı	maliyet		\$	\$ -	
Öngörülmeyen giderler	%	5,0%	\$ 2201500	\$ 110075	
İnşaat dönemi faizi	0%	12 ay	\$ 2311575	\$ 0	
Ara Toplam:				\$ 361575	15,6%
Toplam ilk maliyetler				\$ 2311575	100,0%
Yıllık maliyetler (krediler)					
İşletme ve bakım					
Verileri göster				\$ 160000	
Parçalar ve işgücü	proje		\$	\$ -	
- Kullanıcı tanımlı	maliyet	1	\$ 50000	\$ 50000	
Öngörülmeyen giderler	%	15,0%	\$ 210000	\$ 31500	
Ara Toplam:				\$ 241500	

Şekil 5. Detaylı maliyet analizi tablosu.

Mut ve Gülnar ilçeleri için kullanılan türbin maliyet analizi, her iki ilçe için de RES sayısına göre toplam maliyet ve toplam kurulumda maliyetin aynı olmasından dolayı maliyetin içerisinde yer alan gider tek bir tabloda belirtilmiştir (Tablo 3). başlıklarının yüzdesel oranlarını içeren

Tablo 3. Türbin sayısına göre maliyet analizi.

Türbin Sayısı	1 Türbin	5 Türbin	10 Türbin
Kurulu Güç	800 kW	4000 kW	8000 kW
Toplam Maliyet (\$)	2311575	6679575	12139575
Fizibilite Etüdü (%)	3,5	1,2	0,7
Geliştirme (%)	3,5	1,2	0,7
Mühendislik (%)	6,5	2,2	1,2
Elektrik Sistemi (%)	70,9	86,8	90,6
Sistem Denge-Diğer (%)	15,6	8,5	6,8
Yıllık Maliyetler (\$)	241500	977500	1897500

2.5. Emisyon Analizi

Yenilenebilir enerji kaynakları, yeryüzünde ve doğada çoğunlukla herhangi bir üretim sürecine ihtiyaç duymadan temin edilebilen, kömür ve petrol gibi fosil kaynaklı olmayan, elektrik enerjisi üretilirken CO₂ emisyon

miktarı düşük doğa dostlarıdır. Geleneksel enerji kaynaklarına kıyasla çevreye verdikleri zarar çok daha düşüktür. Emisyon azalımı RES yatırımcısını direkt olarak etkilemese de yapılan yatırımın sonucunda toplumsal ve çevresel kazanımları ifade eden veriler Tablo 4'de gösterilmiştir.

Tablo 4. Emisyon analizi.

Kurulu Güç (MW)	Konum	Yıllık Elektrik Üretim Miktarı (MWh)	Yıllık Sera Gazı Emisyon Azalması (tCO ₂)	Tüketilmeyen Ham Petrol Varili	Geri Kazanılan Atık (t)
0,8	Mut	2434	1147,6	2669	395,7
	Gülnar	2180	1027,9	2391	354,5
4	Mut	12170	5738,1	13344	1978,6
	Gülnar	10900	5139,6	11953	1772,3
8	Mut	24339	11476,1	26689	3957,3
	Gülnar	21801	10279,2	23905	3544,6

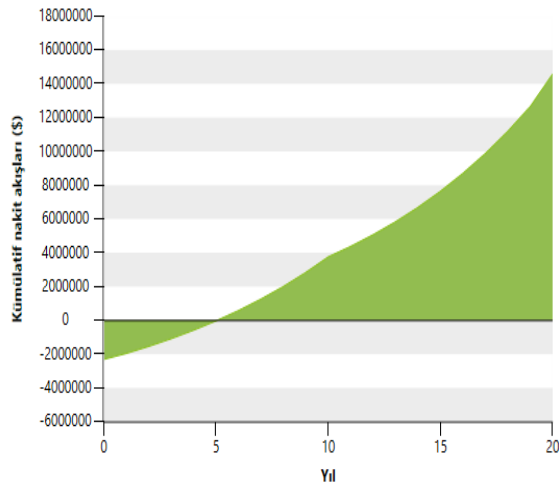
2.6. Ekonomik Analiz

Programın ekonomik analiz kısmı Finansal Parametreler, Yıllık Gelir, Proje Maliyetleri ve Gelir Özeti, Finansal Sürdürülebilirlik ve Yıllık Nakit Akışı olmak üzere beş bölümden oluşmaktadır. “Proje Maliyetleri ve Gelir Özeti” ile “Yıllık Gelir” bölümleri; enerji modeli, maliyet analizi ve emisyon analizi çalışma sayfalarının özeti niteliğindedir. Kullanıcının “Finansal Parametreler” bölümüne girmiş olduğu verileri kullanarak projenin finansal göstergelerini oluşturan bölüm “Finansal Sürdürülebilirlik” bölümüdür. Kullanıcının vergi öncesi, vergi sonrası ve toplam nakit akışını görüntülemesini sağlayan bölüm ise “Yıllık

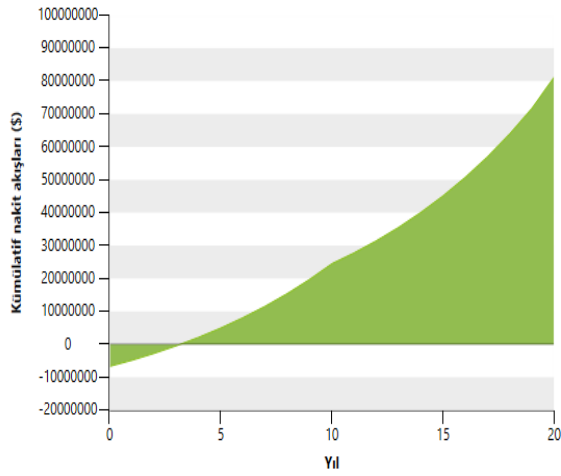
Nakit Akışı” bölümüdür. Bu çalışmada yatırımın tamamının öz sermaye ile yapılacağı, santral ömrünün 20 yıl olduğu kabul edilmiş; Türkiye şartları için yıllık enflasyon oranı %10,3, yıllık gelir vergisi oranı %35, elektrik ihracat fiyatı eskalasyon oranı %11 olarak alınmıştır (Hazine Müsteşarlığı, 2018). Bu çalışmada, kullanılmak üzere seçilen türbinler için projenin nakit akışlarına Şekil 6’da yer verilmiştir. Projenin kümülatif nakit akışı genellikle negatif değerlerden başlayarak yıllar içinde artmakta ve pozitif değerler almaktadır. Kümülatif nakit akışının 0 değerini alması ise projenin başabaş

noktasını göstermektedir. Bu çalışmada Mut ve Gülnar ilçeleri için seçilen 1, 5 ve 10 adet türbinin kümülatif nakit akışları değerlendirildiğinde söz konusu türbin

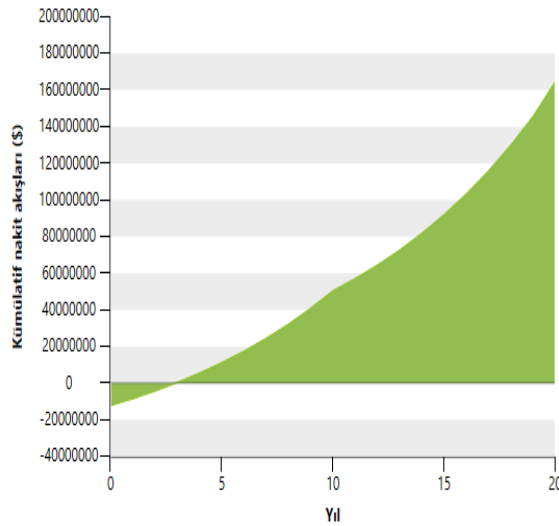
sayılarına ait projelerin geri ödeme sürelerinin Mut için sırasıyla 5, 3,5 ve 3 yıl; Gülnar için sırasıyla 6, 4 ve 3,5 yıl olduğu tespit edilmiştir.



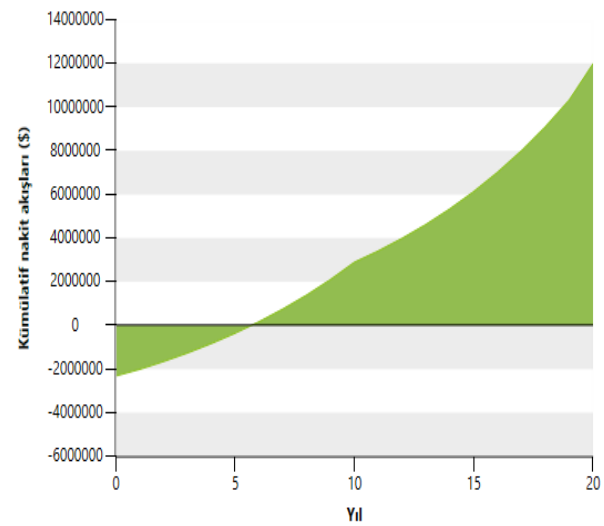
(a) Mut'ta 0,8 MW kapasiteli RES.



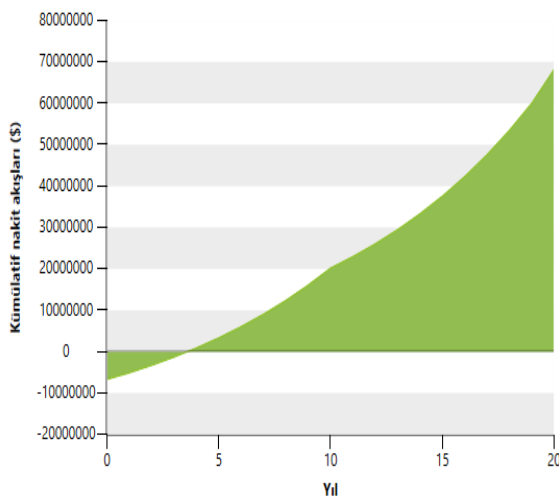
(b) Mut'ta 4 MW kapasiteli RES.



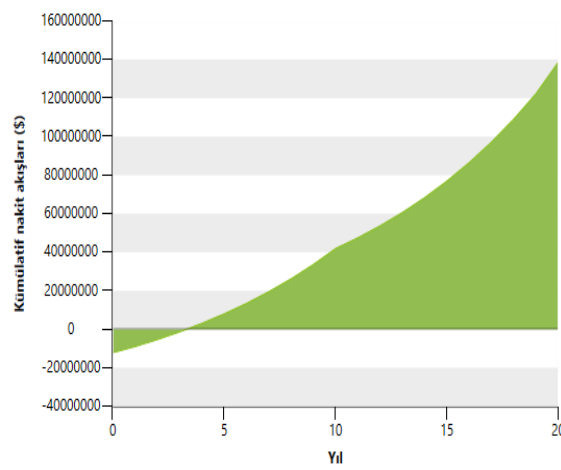
(c) Mut'ta 8 MW kapasiteli RES.



(d) Gülnar'da 0,8 MW kapasiteli RES.



(e) Gülnar'da 4 MW kapasiteli RES.



(f) Gülnar'da 8 MW kapasiteli RES.

Şekil 6. Mut (a),(b),(c) ve Gülnar (d),(e),(f) ilçelerinde kurulacak farklı güçteki RES'ler için yıllık nakit akışları.

Bu fizibilite çalışmasında RETScreen Şekil 7’de örnek gösterim olarak Mut ilçesinde 0,8 MW kurulu güç için yapılan ve tasarruflar, yıllık nakit akışları, yıllık ciro analiz ve finansal sürdürülebilirlik elde edilmiştir.

Finansal parametreler			Maliyetler Tasarruflar Hasılat			Yıllık nakit akışları				
Genel			İlk maliyetler			Yıl	Vergi öncesi	Vergi sonrası	Kümülatif	
Enflasyon oranı	%	10%	Fizibilite etüdü	3,5%	\$ 80000	#	\$	\$	\$	\$
İskonto oranı	%	10%	Geliştirme	3,5%	\$ 80000	0	-2311575	-2311575	-2311575	
Proje ömrü	Yıl	20	Mühendislik	6,5%	\$ 150000	1	517436	356560	-1955015	
Finansman			Elektrik sistemi	70,9%	\$ 1640000	2	576984	414481	-1540534	
Teşvikler ve hibeler	\$		Sistem dengesi ve diğer	15,6%	\$ 361575	3	643347	455645	-1084890	
Borç oranı	%	0%	Toplam ilk maliyetler	100%	\$ 2311575	4	717299	501840	-583050	
Gelir vergisi analizi			Yıllık maliyetler ve borç ödemeleri			5	799705	553624	-29426	
Geçerli gelir vergisi oranı	%	35%	İşletme ve bakım		\$ 241500	6	891526	611617	582191	
Zarar beyanı?		Hayır	Toplam yıllık maliyetler		\$ 241500	7	993834	676511	1258702	
Amortisman yöntemi		Azalan denge	Yıllık tasarruflar ve gelir			8	1107821	749076	2007779	
Yarı yıl kuralı - yıl 1	evet/hayır	Evet	Elektrik ihraç geliri		\$ 486787	9	1234813	830172	2837951	
Amortisman vergi matrahı	%	100%	SG azaltım geliri - 10 yıl		\$ 803	10	1376289	920754	3758705	
Amortisman oranı	%	5%	Diğer gelir (maliyet) - 20 yıl		\$ 23200	11	918326	621770	4380474	
Vergi tatili var mı?	evet/hayır	Hayır	TE üretim geliri - 10 yıl		\$ 194715	12	1026232	690666	5071140	
Yıllık ciro			Toplam yıllık tasarruflar ve gelir		\$ 705505	13	1146697	767787	5838928	
Elektrik ihraç geliri			Finansal sürdürülebilirlik			14	1281171	854074	6693002	
Şebekeye verilen elektrik	MWh	2434	Vergi öncesi İGO - özsermaye	%	31,7%	15	1431271	950573	7643575	
Elektrik ihraçat fiyatı	\$/kWh	0,20	Vergi öncesi İGO - varlıklar	%	31,7%	16	1598799	1058454	8702028	
Elektrik ihraç geliri	\$	486787	Vergi sonrası İGO - özsermaye	%	23,5%	17	1785764	1179019	9881047	
Elektrik ihraçatı eskalasyon oranı	%	11%	Vergi sonrası İGO - varlıklar	%	23,5%	18	1994404	1313722	11194769	
SG azaltım geliri			Vergi öncesi İGO - özsermaye	%	31,7%	19	2227216	1464181	12658951	
Net seragazi azaltımı	tCO ₂ /yıl	1148	Vergi sonrası İGO - özsermaye	%	23,5%	20	2486979	1929869	14588820	
Net seragazi azaltımı - 20 yıl	tCO ₂	22952	Basit geri ödeme	Yıl	5					
Seragazi azaltım kredi oranı	\$/tCO ₂	0,70	Özsermaye geri ödeme	Yıl	5					
SG azaltım geliri	\$	803	Net Şimdiki Değer (NPV)	\$	3471907					
Seragazi azaltım kredi süresi	Yıl	10	Yıllık yaşam döngüsü tasarrufları	\$/Yıl	407809					
Net seragazi azaltımı - 10 yıl	tCO ₂	11476	Maliyet-Fayda oranı		2,5					
Seragazi azaltım kredi eskalasyon oranı	%	8%	Borç çevrilebilirliği		Borç yok					
Diğer gelir (maliyet)			Seragazi azaltım maliyeti	\$/tCO ₂	-355					
Enerji	MWh	800	Enerji üretim maliyeti	\$/kWh	0,397					
Fiyat	\$/MWh	29								
Diğer gelir (maliyet)	\$	23200								
Süre	Yıl	20								
Eskalasyon oranı	%	11%								
Temiz Enerji (TE) üretim geliri										
TE üretimi	MWh	2434								
TE üretim kredi oranı	\$/kWh	0,08								
TE üretim geliri	\$	194715								
TE üretim kredi süresi	Yıl	10								
TE üretim kredi eskalasyon oranı	%	11,0%								
Şebekeye verilen elektrik										
Yakıt türü	MWh	2434								
Rüzgar	Temiz enerji	Evet								

Şekil 7. Ekonomik analiz bilgileri.

3. Sonuç ve Tartışma

Tüm yatırımlar anaparanın bankada değerlendirilmesiyle elde edilecek kazançta göre daha avantajlı olmalıdır. Üretime yapılan yatırım beraberinde büyük sorumluluk ve riskler de getirmektedir. Kazanımlar değerlendirilirken bu ayrıntılar da göz önünde bulundurulur. Bu çalışmada Mersin’in Mut ve Gülnar ilçeleri için RETScreen programı kullanılarak farklı kurulu güçlerde yapılacak olan rüzgar enerji santrali yatırımlarının fizibilite analizi yapılmış ve birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Rüzgar türbini göbek yüksekliği 50 m, Mut’un yıllık ortalama rüzgar hızı 8 m/s ve kapasite faktörü %34,7; Gülnar’ın ise yıllık ortalama rüzgar hızı 7,5 m/s ve kapasite

faktörü %31,1 olarak seçilmiştir. Yapılan çalışmada Mut ve Gülnar ilçelerinde farklı sayıda 800 kW'lık Enercon-48-50M türbini değerlendirilmiş olup Mut için; 1 adet türbinin 5 yılda, 5 adet türbinin 3,5 yılda, 10 adet türbinin 3 yılda Gülnar için ise; sırasıyla 5,5, 4 ve 3,5 yılda kendini amorti edebileceği belirlenmiştir. Mut ve Gülnar'da verilen şartlarda RES kurulduğunda yatırımcının 20 yılın sonunda elde ettiği kazanım, anaparasının bankada değerlendirilmesiyle elde edilecek olan miktardan çok daha yüksektir. Ancak Mut'un yıllık ortalama rüzgar hızı değerinin Gülnar'dan daha yüksek olması nedeniyle yapılacak yatırım yerinin Mut olarak seçilmesi daha uygundur. Ayrıca program tarafından yapılan analizlere göre Mut'ta kurulacak her 0,8 kW'lık enerji santralinin yıllık net 1147,6 ton CO₂ gazı salınımı önlediği ve 2669 adet eş değer ham petrolün tasarruf edilmesine katkıda bulunduğu tespit edilmiştir.

4. Kaynaklar

- Akbulut, U., Doğan, B.T., Kıncay, O. 2008. Ülkemizde Rüzgar Enerjisi Başvuruları Gerekçe, Usul ve Bazı Gerçekleri. IV. Ege Enerji Sempozyumu, 43-52, Ege Üniversitesi, İzmir.
- Boztepe, A.A. 2010. Risk Yönetimi Temelli Rüzgar Enerjisi Ekonomisi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Doğan, B.T., Çolakoğlu, A., Kıncay, O. 2012. RETScreen Analiz Programı ile Hatay'da Rüzgar Enerji Santrali Fizibilite Analizi. Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği, Makine Mühendisleri Odası, 131, 22-27.
- Gökçınar, R.E., Uyumaz, A. 2008. Rüzgar Enerjisi Maliyetleri ve Teşvikleri. VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, UTES'2008, 17-19.
- Kaya, K., Koç, E., Okumuş, Ö.Z. 2016. Samsun 19 mayis ilçesi yörükler

mahallesine kurulabilecek rüzgar türbin santrali için fizibilite analizi. 1st International Mediterranean Science and Engineering Congress (IMSEC), Adana, 672, 2322-2330.

- Koşar, O., Genç, M.S., Özkan, G., Karasu, İ. 2015. Kayseri Pınarbaşı Rüzgar potansiyeline uygun Küçük Ölçekli Rüzgar Türbini aerodinamik tasarımı. İzmir Rüzgar Sempozyumu, İzmir.
- Özdamar, A. 2000. Dünya ve Türkiye'de rüzgar enerjisinden yararlanılması üzerine bir araştırma. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 6(2), 133-145.
- Taşkın, B. 2013. Niğde İlinde Kurulabilecek Rüzgar Enerji Santralinin Fiziksel ve Ekonomik Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde.
- URL-1, T.C. Başbakanlık Hazine Müsteşarlığı. Son erişim tarihi: 20/04/2018
<https://www.hazine.gov.tr/>
- URL-2, Rüzgar enerjisi potansiyel atlası. Son erişim tarihi: 20/04/2018
<http://www.yegm.gov.tr/>
- URL-3, Natural Resources Canada. Son erişim tarihi: 20/04/2018
<http://www.retscreen.net>
- Yiğit, F., Kabul, A. 2014. Isparta Yöresinde Bir Evin Elektrik İhtiyacının Rüzgar Enerjisi İle Karşılansının Ekonomik Analizi. Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, 11(2), 1-9.