

Environmental and Financial Analysis of Solar Swimming Pool Heating System for 3 Different Regions of Turkey Using RETScreen Clean Energy Management Software

Kerim MARTİN* 

Kahramanmaraş İstiklal University, Faculty of Elbistan Engineering, Department of Energy Systems Engineering, Kahramanmaraş/Turkey

Graphical/Tabular Abstract

In this study, solar heating proses of a semi-Olympic swimming pool was analyzed by using RETScreen program.

Article Info:

Research article

Received: 13/08/2021

Revision: 30/08/2021

Accepted: 01/09/2021

Highlights

- Thermal application of solar energy
- Feasibility analysis

Keywords

Retscreen
Solar energy
Swimming pool heating system



Figure A. Retscreen energy analysis program interface

Purpose: Solar energy is among in the most important renewable energy sources that our country has. It is a critical point that solar energy usage both PV systems and thermal applications must be increased. There are some analysis programs used to identify the potential of solar energy. One of these program is RETScreen. In this study, it is aimed to see if a swimming pool can be heated by solar energy for different regions of Turkey.

Theory and Methods: Energy analysis was performed by RETScreen program. The swimming pool, which is planned to be heated, is in semi-Olympic standards, with a relative humidity of 70 % and air velocity of 0.1 m/s. Selected provinces are Ankara, Antalya and Erzurum. The project has 25 years lifetime and the inflation rate is 7%.

Results: According to the results obtained, it has been observed that if such a system is established in Ankara, Antalya and Erzurum, natural gas savings of 9505 m³, 9701 m³ and 7570 m³ will be achieved, respectively. It has been observed that the annual greenhouse gas emissions can be reduced by 85% in Ankara, 88% in Antalya and 66% in Erzurum thanks to the project. In addition, the payback periods of the system were 8.8 years, 6.8 years and 12.1 years for Ankara, Antalya and Erzurum, respectively.

Conclusion: In this study, the feasibility of the pool water heating project designed with the Retscreen program for the pools in the standards of a semi-olympic pool in the provinces of Ankara, Antalya and Erzurum has been made. According to the feasibility results, it has been revealed that solar energy can be used for pool water heating in selected provinces representing the southern, inner and eastern regions of our country.



Environmental and Financial Analysis of Solar Swimming Pool Heating System for 3 Different Regions of Turkey Using RETScreen Clean Energy Management Software

Kerim MARTİN*

Kahramanmaraş İstiklal Üniversitesi, Elbistan Mühendislik Fakültesi, Enerji sistemleri Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş/Türkiye

Abstract

Solar energy is one of the renewable energy sources that our country has. In this study, the analysis of the solar pool water-heating project that can be established in three different provinces of our country was made using the Retscreen program. The swimming pool, which is planned to be heated, is in semi-Olympic standards, with a relative humidity of 70 % and air velocity of 0.1 m/s. The selected provinces are Ankara, Antalya and Erzurum. In the calculations, it is assumed that naturel gas price is 0.271\$/m³ and electricity price is 0.05\$/kWh. It is also taken into account that the project has 25 years lifetime and the inflation rate is 7%. According to the results obtained, it has been observed that if such a system is established in Ankara, Antalya and Erzurum, natural gas savings of 9505 m³, 9701 m³ and 7570 m³ will be achieved, respectively. It has been observed that the annual greenhouse gas emissions can be reduced by 85% in Ankara, 88% in Antalya and 66% in Erzurum thanks to the project. In addition, the payback periods of the system were 8.8 years, 6.8 years and 12.1 years for Ankara, Antalya and Erzurum, respectively.

RETScreen Temiz Enerji Yönetim Yazılımı Kullanarak Türkiye'nin 3 Farklı Bölgesi İçin Güneş Enerjili Yüzme Havuzu Isıtma Sisteminin Çevresel ve Mali Analizi

Öz

Güneş enerjisi ülkemizin sahip olduğu yenilenebilir enerji kaynaklarının başında yer almaktadır. Bu çalışmada ülkemizin 3 farklı ilinde kurulabilecek güneş enerjili havuz suyu ısıtma projesinin analizi Retscreen programı kullanılarak yapılmıştır. Isıtılması planlanan havuz yarı olimpik standartlarda (25mx12.5mx2m) olup içerdeki bağıl nem %70 ve hava hızı 0.1 m/s olarak düşünülmüştür. Seçilen iller Ankara, Antalya ve Erzurum'dur. Hesaplamalarda doğalgazın m³ fiyatının 0.271 \$, elektriğin kWh fiyatının ise 0.05 \$ olduğu varsayılmıştır. Ayrıca proje ömrünün 25 yıl ve enflasyon oranının %7 olduğu dikkate alınmıştır. Bu koşullarda elde edilen sonuçlara göre bu sistemin Ankara, Antalya ve Erzurum'da kurulması durumunda sırasıyla 9505 m³, 9701 m³ ve 7570 m³ doğal gaz tasarrufu sağlayacağı gözlemlenmiştir. Proje ile yıllık sera gazı salınımlarında mevcut duruma göre Ankara'da % 85, Antalya'da %88 ve Erzurum'da % 66 oranlarında azaltım sağlanabileceği öngörülmüştür. Ayrıca sistemin geri ödeme süreleri Ankara, Antalya ve Erzurum için sırasıyla 8.8 yıl, 6.8 yıl ve 12.1 yıl olarak hesaplanmıştır.

Makale Bilgisi

Araştırma makalesi
Başvuru: 13/08/2021
Düzeltilme: 30/08/2021
Kabul: 01/09/2021

Keywords

Retscreen
Solar energy
Swimming pool heating system

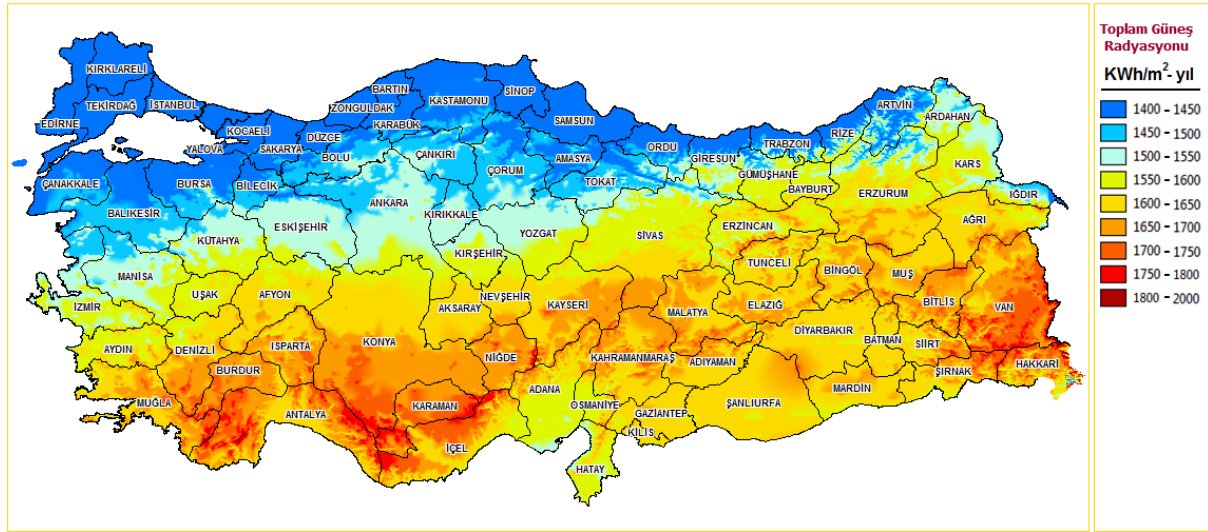
Anahtar Kelimeler

Retscreen
Güneş Enerjisi
Havuz suyu ısıtma sistemi

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Fosil yakıt kullanımından kaynaklanan çevre kirliliği ve küresel ısınma problemleri son yıllarda artış göstermektedir [1]. Bu artışın önüne geçebilmek için fosil kökenli yakıtlardan vazgeçerek onlara alternatif olarak yenilenebilir enerji kaynakları kullanılmalıdır. Dünyadaki en büyük enerji kaynağı olan güneş enerjisi yenilenebilir enerji kaynaklarının başında gelmektedir.

Ülkemiz coğrafi konumu itibariyle güneş enerjisi potansiyeli bakımından oldukça avantajlı durumdadır. (Şekil 1) Sahip olduğumuz bu enerji kaynağının kullanımının ülke genelinde yaygınlaştırılması gerekmektedir. Güneş enerjisinden yararlanma yöntemlerinden fotovoltaik sistemler (PV) üzerine [3],[4],[5][6] ve termal güneş enerjisi sistemleri üzerine [7],[8],[9] literatürde çok sayıda çalışma yer almaktadır.



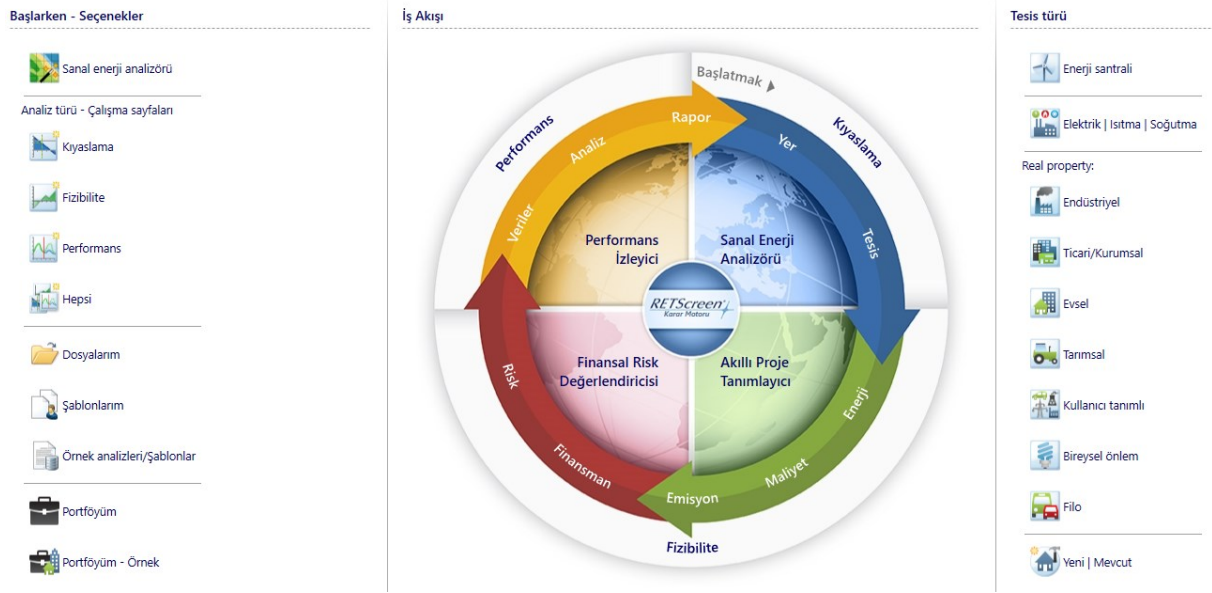
Şekil 1: Türkiye güneş enerjisi potansiyeli haritası [2]

Kurulacak olan bir güneş enerjisi sisteminin ön değerlendirmesi, geliştirilen çeşitli simülasyon programlarıyla hızlıca ve her hangi bir maliyet olmaksızın yapılabilen ve gerçeğe yakın sonuçlar alınabilmektedir. Bu programlardan biri de Retscreen enerji analiz programıdır. Bu çalışmada Türkiye'nin 3 farklı bölgesinde kurulabilecek bir güneş enerjisi destekli havuz suyu ısıtma projesinin analizi Retscreen programı ile yapılmıştır.

2.MATERYAL VE METOT (MATERIALS AND METHODS)

2.1.Retscreen Temiz Enerji Yönetim Yazılımı (Retscreen Clean Energy Management Software)

Retscreen enerji analiz programı Kanada Hükümeti tarafından sunulan, enerji verimliliği, yenilenebilir enerji ve kojenerasyon sistemlerinin fizibilitesinin yapılabilmesine olanak sağlayan bir temiz enerji yönetim yazılımıdır. Retscreen Expert sürümü görüntüleme modunda ücretsiz olarak kullanıma sunulmaktadır [10]. Program dünyada sıklıkla tercih edilen simülasyon programlarından biridir. Bilgisayar ortamında yapılan fizibilite ile hem zaman açısından hem de mali açılarından kullanıcılara önemli avantajlar sağlamaktadır. Retscreen programı, analizi yapılacak olan projenin konum bilgilerinin girilmesine olanak sağlamayarak NASA'dan aldığı verileri kullanmaktadır [11]. Bu sayede gerçeğe yakın sonuçlar vermektedir. Programın Türkçe ara yüzü de mevcut olup şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2: Retscreen enerji analiz programı ara yüzü

2.2. Analiz Yapılacak Olan İllerin Belirlenmesi (Determining the Provinces to be Analyzed)

Ülkemiz güneş enerjisi potansiyeli bakımından oldukça avantajlı bir konuma sahiptir. Coğrafi bölgelere göre yıllık sıcaklık ve güneşlenme miktarları değişiklik göstermektedir. Farklı bölgelerde kurulacak olan termal güneş kolektörü sistemlerinin çevresel ve mali açıdan analiz edilebilmesi için Antalya, Ankara ve Erzurum örnek iller olarak seçilmiştir. Bu iller için yıllık ortalama sıcaklık değerleri sırasıyla 18.4 °C, 11.4 °C ve 4.7 °C 'dir. Seçilen illerin aylara göre yıllık sıcaklık ve güneş radyasyonu değerleri Şekil 3'te verilmiştir.

2.3. Kurulacak Olan Isıtma Sisteminin Parametreleri (Parameters of the Heating System to be Installed)

Havuz özellikleri (Pool properties)

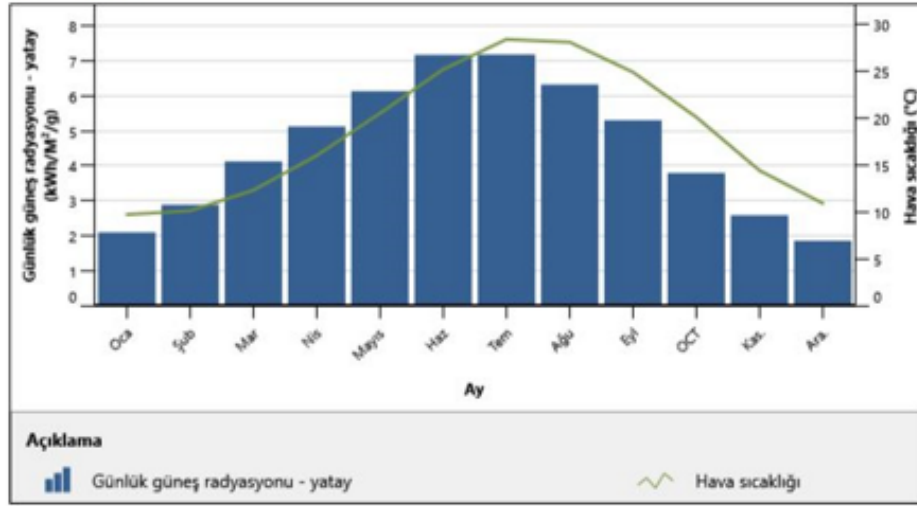
Güneş enerjisiyle ısıtılması planlanan havuz, yarı olimpik kapalı bir yüzme havuzu olarak düşünülmüş ve ebatları 25 m uzunluk, 12.5 m genişlik ve 2 m derinlik olarak dikkate alınmıştır. İçerdiği bağlı nemin %70 ve hava hızının 0.1 m/s olduğu varsayılmıştır. Havuzun nisan ayında %50 kapasite ile mayıs-eylül ayları arasında ise %100 kapasiteyle ısıtılması planlanmıştır. Ayrıca havuzun mevcut ısıtma sisteminin doğal gaz olduğu varsayımı ile kıyaslama yapılmıştır.

Kolektör özellikleri(Collector properties)

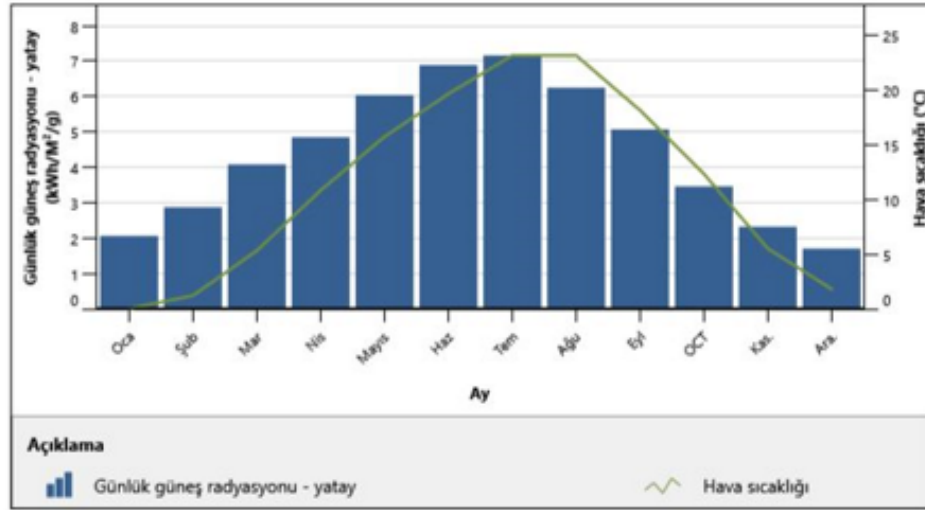
Kullanılan güneş kolektörleri Retscreen veri tabanından seçilmiş ve özellikleri Tablo 1'de verilmiştir. Sistemin kurulacağı yere göre kolektör sayısı ve işletme-bakım giderleri değişiklik göstermektedir.

Tablo 1: Güneş kolektörü özellikleri

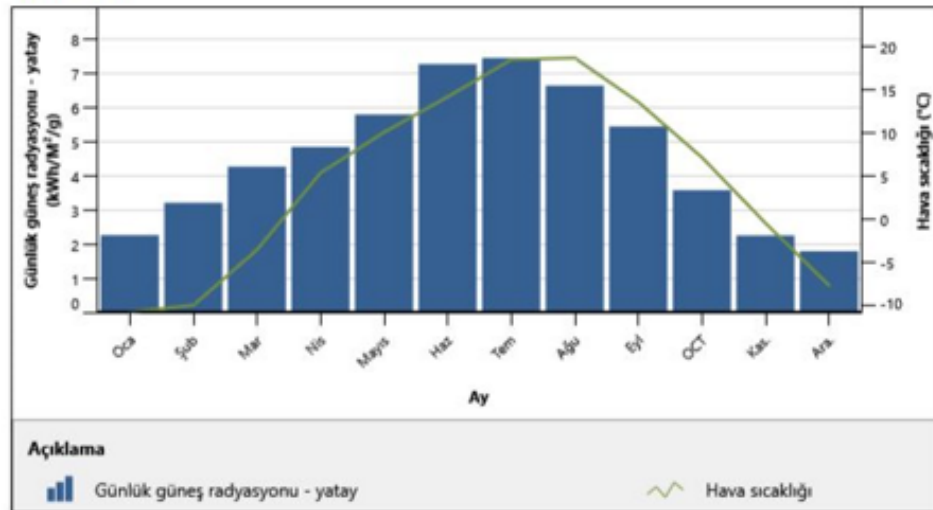
Güneş izleme sistemi	Yok
Tip	Sırsız
Açıklık alanı (m ²)	2.266
Çeşitli kayıplar (%)	1
Isı değiştirici	Yok
Pompa gücü/Kolektör alanı (W/m ²)	5



a)



b)



c)

Şekil 3: Seçilen illerin aylara göre sıcaklık ve güneş radyasyonu dağılımları a)Antalya, b)Ankara, c)Erzurum

2.4. Analiz Yöntemi (Analysis Method)

Belirlenen bölgelerde mevcut durumda havuz ısıtması için doğal gaz kullanıldığı ve m³ fiyatının 0.271 dolar olduğu dikkate alınarak sistemin enerji ve mali analizi yapılmıştır. Ayrıca elektrik fiyatının 0.05 \$/kWh olduğu varsayılmıştır. Tüm hesaplamalarda enflasyon oranı %7 olarak hesaba katılmış ve proje ömrü 25 yıl olarak seçilmiştir. Ayrıca herhangi bir teşvik ve hibe programından yararlanılmadığı göz önüne alınmıştır.

3. SONUÇLAR ve TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

Bu çalışmada Türkiye'nin farklı bölgelerini temsilen seçilen 3 il için, standart büyüklükte bir yüzme havuzunun güneş enerjisi yardımı ile ısıtılmasının fizibilite çalışması yapılmıştır. Eşit büyüklükteki bir havuzun ısıtılması için, güneşlenme ve iklim koşullarının farklılığından kaynaklı olarak, ihtiyaç duyulan kolektör sayıları farklılık göstermiştir. Retscreen programının önerdiği kolektör sayıları Ankara, Antalya ve Erzurum için sırasıyla 100, 70 ve 130 adet olmuştur. Buna bağlı olarak işletme bakım maliyetleri aynı sıra ile yıllık 120 \$, 90 \$ ve 150 \$ olarak belirlenmiştir.

Sonuçlar, her il için, enerji ve yakıt tasarrufu, sera gazı azaltım miktarı ve sürdürülebilirlik bakımından değerlendirilmiştir. Değerlendirme yapılırken mevcut durum ve önerilen durum karşılaştırmalı olarak ele alınmıştır.

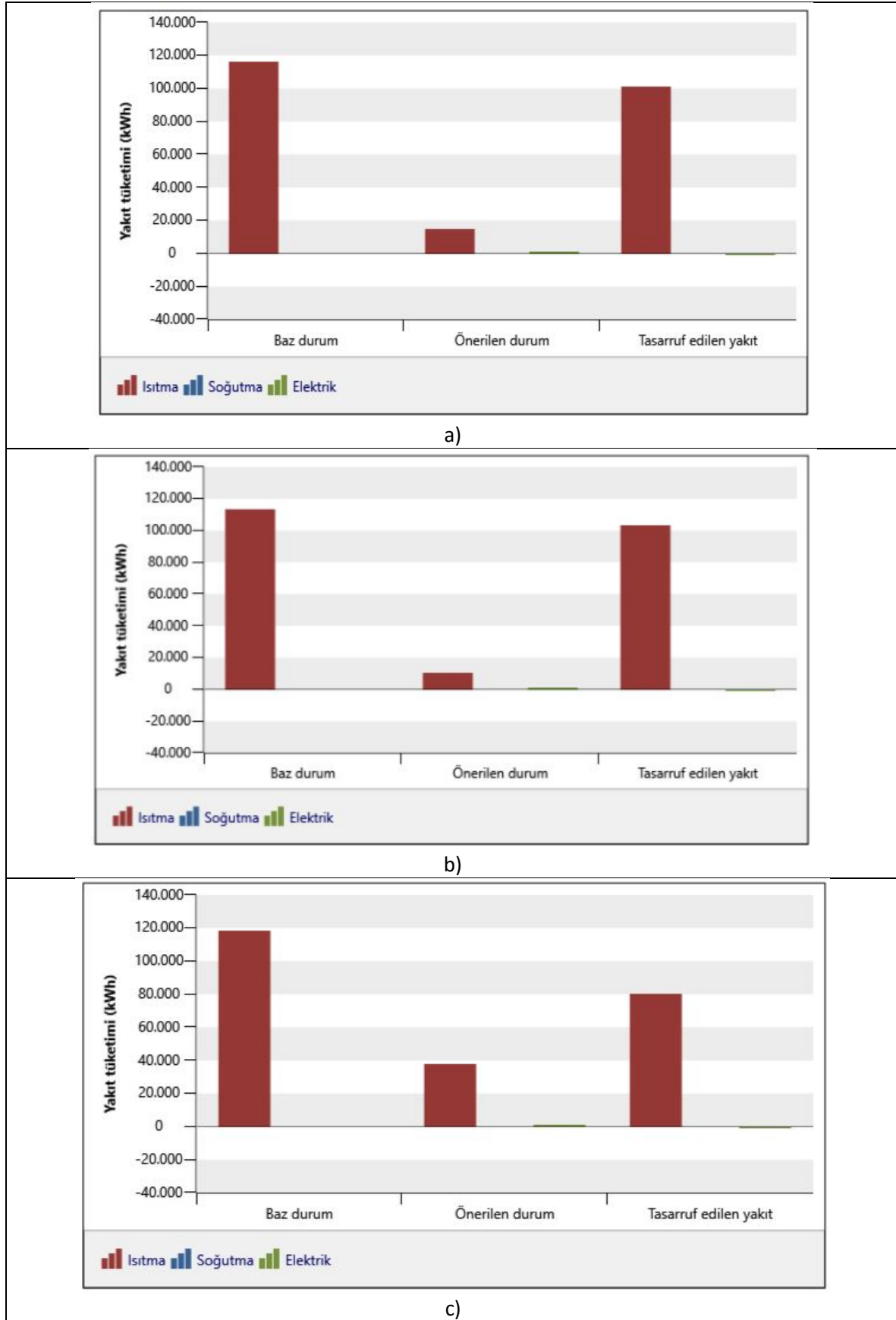
3.1. Enerji ve Yakıt Tasarrufu (Energy and Fuel Savings)

Tablo 2 belirlen illerde eşit büyüklükteki bir havuz ısıtması için mevcut durumda ve önerilen durumda tüketilen yakıt miktarlarını göstermektedir. Tablodan açıkça görülebileceği gibi önerilen durumda doğal gaz kullanımı mevcut duruma göre oldukça az miktardadır. Burada önerilen durumdaki elektrik tüketimi havuz suyunun sirkülasyonunu sağlayan pompadan kaynaklanmaktadır. Mevcut durumda harici bir pompa gereksinimi olmadığı için elektrik kullanımının olmadığı varsayılmıştır.

Tablo 2: Yıllık tüketilen yakıt miktarları

İl	Yakıt Türü	Birim	Yakıt Tüketimi (mevcut durum)	Yakıt Tüketimi (önerilen durum)	Tasarruf Miktarı
Ankara	D. Gaz	m ³	10915	1410	9505
	Elektrik	kWh	0	992	-992
Antalya	D. Gaz	m ³	10695	994	9701
	Elektrik	kWh	0	1007	-1007
Erzurum	D. Gaz	m ³	11130	3560	7570
	Elektrik	kWh	0	817	-817

Şekil 4'deki grafikler mevcut ve önerilen durumlarda sırasıyla Ankara, Antalya ve Erzurum için yıllık enerji kullanım miktarlarını göstermektedir. Grafikler incelendiğinde mevcut durumda ısıtma için tüketilen enerji miktarlarının Ankara için 116003 kWh, Antalya için 113665 kWh ve Erzurum için 118285 kWh olduğu görülür. Bu enerji tüketimleri birbirine yakın olsa da önerilen durumdaki enerji tüketimleri, illerin iklim şartlarına bağlı olarak farklılık göstermiştir. Elde edilen tasarruf miktarları Ankara, Antalya ve Erzurum için sırasıyla % 86.2, % 89.8 ve % 67.3 olarak gerçekleşmiştir. Doğal gaz ve elektrik fiyatları hesaba katılırsa yıllık tasarruf miktarları yine sırasıyla 2526 \$, 2579 \$ ve 2011 \$ olarak ortaya çıkmaktadır. Bu rakamlar dikkate alındığında önerilen proje sayesinde ciddi anlamda bir tasarruf sağlanabileceği görülmektedir.



Şekil 4: Mevcut ve önerilen durumlardaki yakıt (enerji) tüketim miktarları a) Ankara, b) Antalya, c) Erzurum

3.2. Sera Gazı Azaltımı (Greenhouse Gas Reduction)

Artan sera gazı salınımı çevresel açıdan oldukça ciddi bir problemdir. Sera gazlarının atmosferde birikmesi küresel ısınmanın ve iklim değişikliğinin en önemli sebeplerinden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Önerilen projede sera gazı salınım miktarının azaltılabileceği öngörülmüştür. **Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.** ten görüleceği gibi önerilen durumda havuz ısıtmasında doğal gaz yerine güneş enerjisi kullanılarak Ankara, Antalya ve Erzurum için sırasıyla % 85, % 88 ve % 66 oranında sera gazı azaltımı sağlanabileceği görülmüştür. Yapılan bu azaltım miktarları Ankara, Antalya ve Erzurum için sırasıyla 7600 L, 7750 L ve 6000 L benzinin kullanılmaması anlamına gelmektedir.

Tablo 3: Sera gazı azaltım oranları

İl	Sera Gazı Salınımı (tCO ₂)		% Azaltım
	Mevcut Durum	Önerilen Durum	
Ankara	Mevcut Durum	20.8	85
	Önerilen Durum	3.2	
Antalya	Mevcut Durum	20.4	88
	Önerilen Durum	2.4	
Erzurum	Mevcut Durum	21.2	66
	Önerilen Durum	7.2	

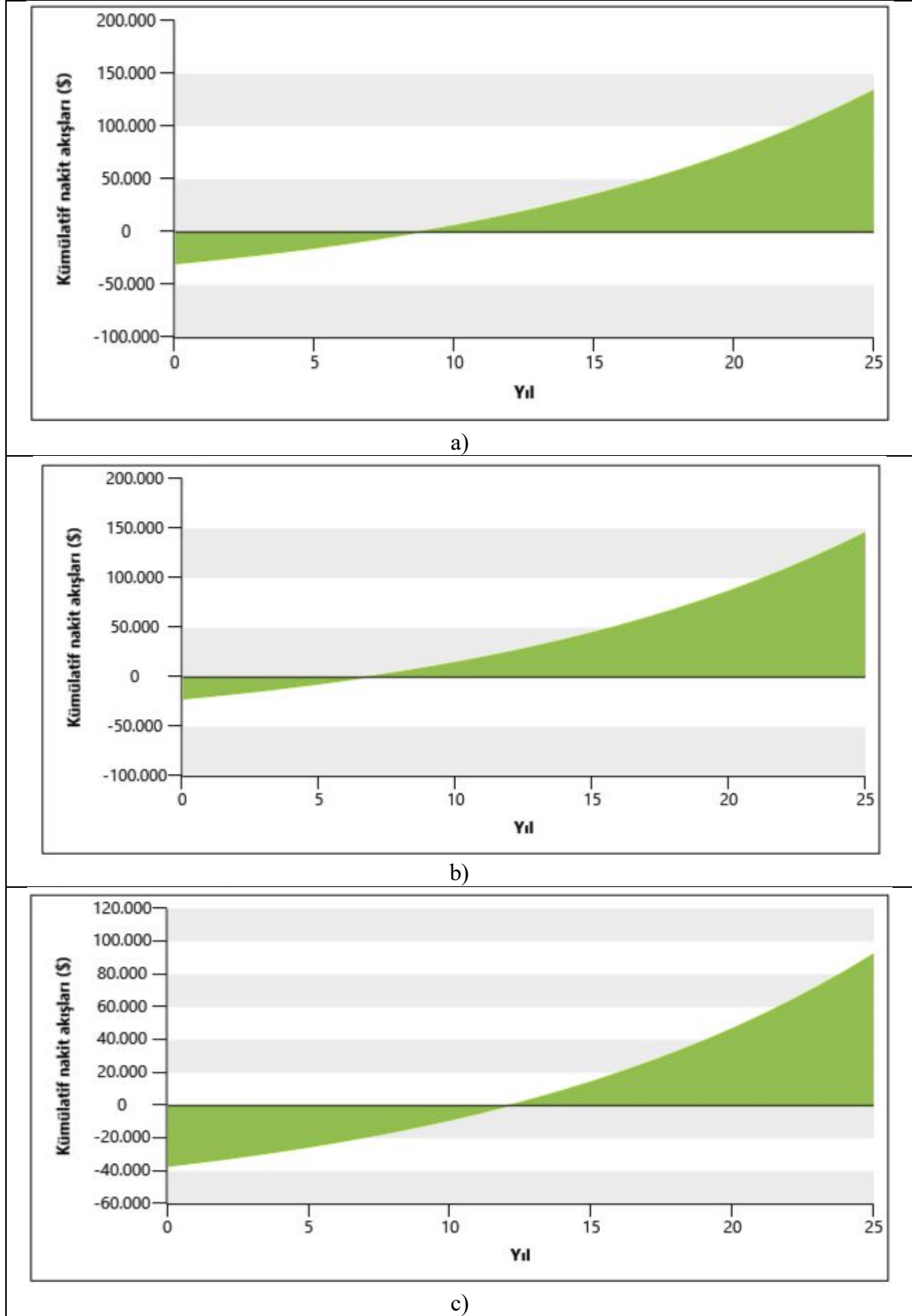
3.3. Sürdürülebilirlik (Sustainability)

Önerilen durum için, ilk yatırım maliyeti, yıllık işletme-bakım maliyeti ve yakıt maliyeti olmak üzere gider kalemleri ve yakıttan elde edilen tasarruftan elde edilen gelir kalemleri dikkate alınarak 3 il için basit geri ödeme zamanı ve öz sermaye geri ödeme zamanı hesaplanmıştır.

Tablo 4: Önerilen durumun sürdürülebilirliği

Maliyetler/Tasarruflar (\$)	İller		
	Ankara	Antalya	Erzurum
İlk Yatırım Maliyeti	30000	22000	37000
Teşvik ve Hibe	0	0	0
İşletme-Bakım Maliyeti	120	90	150
Yıllık Yakıt Maliyeti	432	320	1006
Yıllık Yakıt Tasarrufu	2958	2898	3016
Yıllık Nakit Akışı	2406	2488	1860
Basit Geri Ödeme	12,5	8,8	19,9
Öz Sermaye Geri Ödeme	8,8	6,8	12,1

Retscreen tarafından öngörülen basit geri ödeme zamanları Tablo 4'te görüldüğü gibi Ankara, Antalya ve Erzurum için sırasıyla 12.5 yıl, 8.8 yıl ve 19.9 yıl olmuştur. Öz sermaye geri ödemeleri ise yine aynı sırayla 8.8 yıl, 6.8 yıl ve 12.1 yıl olarak elde edilmiştir. Şekil 5'te yıllık kümülatif nakit akışları görülmektedir. Buradaki grafikler projenin sürdürülebilirliğinin göstergeleridir. Grafiklerden görüleceği gibi Ankara'da kurulacak bir güneş enerjili havuz suyu ısıtma projesi 12. yılın sonunda kümülatif olarak ilk yatırım maliyeti olan 30000 \$'dan fazla bir gelir seviyesine ulaşacaktır. Aynı durum Antalya için incelendiğinde ilk yatırım maliyetine ulaşma zamanının 11. yılın sonu olduğu görülmektedir. Erzurum'da ise 18. yılın sonunda ilk yatırım maliyeti olan 37000 \$'lık gelire ulaşabileceği belirlenmiştir.



Şekil 5: Yıllık kümülatif nakit akışları a) Ankara, b) Antalya, c) Erzurum

4. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS)

Bu çalışmada Ankara, Antalya ve Erzurum illerinde yarı olimpik bir havuz standartlarındaki havuzlar için Retscreen programı ile tasarlanan havuz suyu ısıtma projesinin fizibilitesi yapılmıştır. Yapılan çalışmada elde edilen sonuçlar ve sonraki çalışmalar için yapılan öneriler aşağıda sıralanmıştır;

- Belirlenen illerde yarı olimpik bir yüzme havuzunun ısıtılması güneş enerjisiyle sağlanabilir.
- Böyle bir proje Ankara'da kurulması durumunda yılda 9505 m³ doğal gaz tasarrufu sağlarken Antalya'da 9701 m³ ve Erzurum'da ise 7570 m³ doğal gaz tasarrufu sağlayacaktır. Doğal gazın m³ fiyatının 0.271 \$ olduğu dikkate alınırsa Ankara, Antalya ve Erzurum için yıllık sırasıyla 2575 \$, 2628 \$ ve 2051 \$'lık doğal gaz tasarrufu sağlanmış olacaktır.
- Bu proje ile yıllık sera gazı salınımlarında mevcut duruma göre Ankara'da % 85, Antalya'da %88 ve Erzurum'da % 66 oranlarında azaltım sağlanabilecektir.
- Sistemin geri ödeme periyotları Ankara, Antalya ve Erzurum için sırasıyla 8.8 yıl, 6.8 yıl ve 12.1 yıl olarak ortaya çıkmıştır.
- Bu çalışma genişletilerek program verileri gerçek verilerle kıyaslanabilir.
- Önerilen durumun fizibilitesi ülkemizin farklı illeri için de yapılabilir. Fizibiliteelerin çoğalması bu konuda yatırım yapmak isteyen işletmelere yol gösterme açısından faydalı olacaktır.
- Retscreen programının diğer uygulamaları üzerine çalışmalar yapılabilir.
- Retscreen programı ile diğer fizibilite programlarının kıyaslaması yapılabilir. Böylece hangi programın daha doğru sonuçlar verdiği ortaya koyulabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Kaya, A.F., Acır, A. ve Tanürün, H. E. (2021). Numerical investigation of radius dependent solidity effect on H-type vertical axis wind turbines. *Politeknik Dergisi*, *(*) : *, (*). Doi: 10.2339/politeknik.799767
- [2] Kaynar, N.K. (2020). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Güneş Enerjisinin Amasya İlindeki Potansiyeli. *Bilge Int. J. Sci. Technol. Res.* 4(2), 48–54.
- [3] Gündoğdu, K., Kabadayı, H. S. ve Öztürk, A. (2016). Fotovoltaik Paneller İçin Güneş Takip Edebilen Basit Ve Ekonomik Bir Sistem Tasarımı. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknol. Derg.* 4(2), 634–639.
- [4] Sarı, V. ve Özyiğit, F. Y. (2020). Sivas İlinin Farklı İlçelerinde Şebeke Bağlantılı Güneş Enerji Santrallerinin Tasarımı ve Analizi. *Eur. J. Sci. Technol.*, 20, 425–437.
- [5] Sayın, S. ve Koç, İ. (2011). Güneş Enerjisinden Aktif Olarak Yararlanmada Kullanılan Fotovoltaik (Pv)Sistemler Ve Yapılarda Kullan Biçimleri. *Selcuk Univ. J. Eng. , Sci. Technol.*, 26(3), 89–106.
- [6] Topuz, A., Erdoğan, B. ve Taşkaya, G. (2017). Fotovoltaik Etki ile Çalışan Güneş Enerjili Sulama Sisteminin Modellenmesi. *Karaelmas Fen ve Müh. Derg.* 7(2), 356–363.
- [7] Koçak, B. ve Paksoy, H. (2020). Endüstriyel Uygulamalarda Güneş Enerjisinden Termal Olarak Yararlanma. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Derg.*, 35(September), 769–782.
- [8] Özsoy, A. ve Galip, M. (2018). Vakum Tüplü U-Borulu Güneş Kollektörünün Güneş Simülatöründeki Test Sonuçlarının Analizi. *Politeknik Dergisi*, 21(1), 229-236.
- [9] Özsoy, A. (2015). Güneş Enerjisinin Isıtma Amaçlı Mevsimlik Depolanması ve Isı Pompası Destekli Kullanımı. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilim. Enstitüsü Dergisi*, 19(2), 54–59.

- [10] İnternet: Government of Canada, 'RETScreen Clean Energy Management Software, <https://www.nrcan.gc.ca/maps-tools-and-publications/tools/modelling-tools/retscreen/7465>, Son Erişim Tarihi: 14.03.2021
- [11] Büyükzeren, R., Altıntaş, H. B., Martin, K. ve Kahraman, A. (2015). Binalardaki Fotovoltaik Uygulamasının Teknik, Çevresel ve Ekonomik İncelenmesi : Meram Tıp Fakültesi Hastanesi Örneği. *EMO Bilimsel Dergi*, 5(10), 9-14.