

## Malawi'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli Üzerine Bir Değerlendirme\*

R. Funda Barbaros\*\*, Juba Alyce Kafumba\*\*\*

### Özet

Malawi'de kapsamlı bir büyüme ve sürdürülebilir kalkınmanın gerçekleştirilmesi için elektriğe erişim olanaklarının artırılması büyük önem taşımaktadır, çünkü Malawi'de günümüzde yaklaşık 18 milyonluk nüfusun ancak %9'una elektrik hizmeti verilebilmektedir. Bu nedenle bu makale, Malawi'deki güncel enerji talebini ve arzını değerlendirmeyi; büyük enerji kaynaklarının mevcut kullanım durumunu ve ülkenin elektrik arzına potansiyel katkılarını incelemeyi hedeflemektedir. İnceleme ve değerlendirmeler; Malawi'nin yıl boyunca oldukça yeterli güneş ışığı aldığını ve ortalama hava sıcaklıklarının büyük ölçekli bir güneş enerjisi projesinin yapılması için elverişli olduğunu göstermiştir. Sonuç olarak, makale sürdürülebilir sosyal ve ekonomik büyümenin sağlanması için gerekli olan enerji arzının artışının güneş enerjisi üretim olanaklarının genişletilmesi yoluyla yararlı olacağını göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** *Alternatif Enerji Kaynakları, Güneş Enerjisi, Yoksulluk, Malawi, Afrika*  
**JEL Sınıflandırması:** Q420

## An Assessment of the Potential of Solar Energy in Malawi

### Abstract

Achieving inclusive growth and sustainable development in Malawi will require massive expansion of access to electricity currently reaching only about 9 % of the nearly 18 million population. So, this article will assess current energy demand and supply in Malawi; examine the current use of large energy sources and the potential contribution of the country to the electricity supply of the country. Review and evaluation; showed that Malawi received quite enough sunlight throughout the year and that the average air temperatures are suitable for making a large-scale solar energy project. As a result, the article shows that the increase in energy supply needed to ensure sustainable social and economic growth will be beneficial by expanding solar energy production possibilities.

**Keywords:** *Alternative Energy Sources, Solar Energy, Poverty, Development, Malawi, Africa*  
**JEL Classification:** Q420

\* Bu makalede, 2017 yılında Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı'nda tamamlanan yüksek lisans tezinden yararlanılmıştır.

\*\* Prof. Dr., İktisat Bölümü, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ege Üniversitesi, e-posta: funda.barbaros@ege.edu.tr.

\*\*\* Araştırma Görevlisi, Malawi Sosyal Araştırmalar Merkezi, e-posta: jubakafumba@hotmail.com.

## **1. Giriş**

Birleşmiş Milletler tarafından “2015-2030 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri” içinde 7. maddede yer alan hedef için; “1990 ile 2010 arasında, elektriğe erişimi olan insan sayısı 1,7 milyar daha artmıştır. Dünyanın nüfusu arttıkça, ucuz enerjiye talep de artacaktır. Fosil yakıtlara dayanan küresel ekonomi ve sera gazı emisyonlarının artması, iklim sistemimizde çok büyük değişiklikler yaratıyor. Bu değişiklikler de tüm kıtaları etkiliyor. Temiz enerjinin teşvik edilmesi, 2011 yılı itibarıyla küresel enerjinin %20'den fazlasının yenilenebilir kaynaklardan üretilmesini sağlamıştır. Yine de, her beş insandan birinin elektriğe erişimi yok ve talep artmaya devam ettikçe, dünya genelinde yenilenebilir enerji üretiminde büyük bir artış gerekecek. 2030 yılına kadar erişilebilir enerjiye herkesin kavuşmasını sağlamak için güneş, rüzgâr ve termal gibi temiz enerji kaynaklarına yatırım yapmak gerekiyor. Daha geniş bir teknoloji yelpazesi için maliyet-etkin standartların benimsenmesi de, binalar ve sanayiye elektrik tüketimini dünya genelinde %14 oranında azaltabilir. Gelişmekte olan ülkelerin tümünde temiz enerji sağlayacak altyapının genişletilmesi ve teknolojinin yükseltilmesi, hem büyümeyi teşvik edebilecek hem de çevreye katkıda bulunabilecek kritik önem taşıyan bir hedeftir.”<sup>1</sup> denilmektedir.

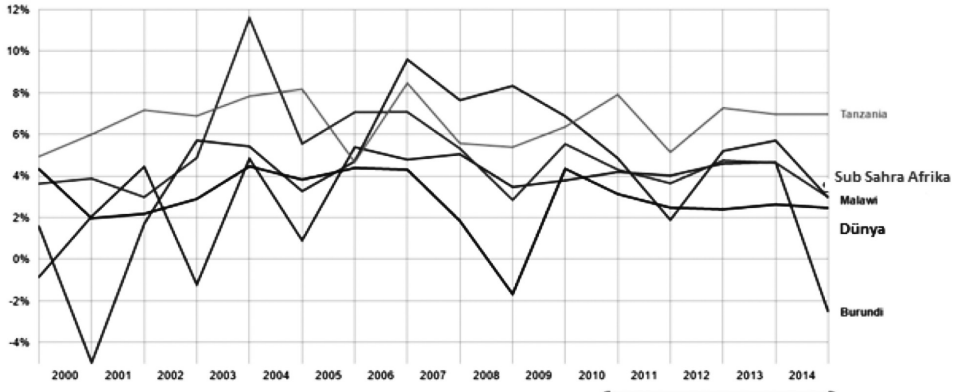
Bu kapsamda özellikle Afrika ülkelerinde güneş enerjisi kaynaklarının geliştirilmesi, fosil yakıtlara dayalı enerji teminine kıyasla yenilenebilir ve temiz bir enerji olduğu için çevreyi korumanın etkin bir alternatifi olarak kabul edilmektedir. Kıta genelinde hem kırsal hem de kentsel alanlarda elektriğe erişim, insanların çeşitli ekonomik faaliyetlerde bulunmalarına olanak sağlamakta ve yoksulluğun kısır döngüsünün kırılmasına destek olmaktadır. OECD tarafından yayımlanan, Dünya Enerji Görünümü (2016) raporuna göre; sahra altı Afrika'da nüfusun sadece %35'inin elektriğe erişimi bulunmaktadır (IEA, 2016). Bu durum, sağlık ve eğitim gibi temel ihtiyaçların giderilmesinde aksaklıklara neden

1 <http://www.tr.undp.org/content/turkey/tr/home/sustainable-development-goals/goal-7-affordable-and-clean-energy.html> (Erişim tarihi: 06.05.2018).

olmakta ve aynı zamanda gelir yaratıcı faaliyetlerin sürdürülmesini de zorlaştırmaktadır. Foster ve Garmedia (2010), sahra altı Afrika ülkelerinde kişi başına düşen GSYH'nin 1990 ve 2005 yılları arasında % 0,2 düşmesindeki en önemli etkenlerinden birinin yetersiz enerji altyapıları olduğunu ifade etmişlerdir. Sahra altı Afrika ülkelerinde, devamlı elektrik kesintileri yüzünden imalat sanayi ve konut sektöründe sıkıntı yaşanmaktadır. Güney Afrika hariç, sahra altı Afrika'nın elektrik tedarik sistemleri yetersizdir ve mevcutlar eski teknolojiye dayalı enerji santralleridir.

Güneş enerjisi santralleri ağır destek alt yapısı gerektirmez, kolayca monte edilebilir, yerel kaynakları kullanır, enerji üretim kapasitelerinin çeşitlendirilmesini destekler ve genel olarak ülkedeki elektrik tedarik hizmetlerini geliştirir ve yaygınlaştırır. Ayrıca, uzak bölgelerdeki güneş enerjisinin erişilebilirliğinin sağlanmasına yönelik yapılacak çalışmalar da bu alanın gelişme potansiyelini arttırmaktadır. Özellikle Afrika'daki gelişmekte olan ülkeler için, güneş enerjisinin benimsenmesi bu açıdan da büyük önem taşımaktadır (IEA, 2010). Yenilenebilir kaynaklara dayalı enerji tedarikinin yaygınlaştırılması, pek çok yoksul Afrika ülkesinin enerji sorununun çözümünde önemli bir rol oynayacaktır. Kıta genelinde özellikle güneş ve rüzgâr enerjisi potansiyeli oldukça yüksektir. Bu makale, bu nedenle yoksul Afrika ülkeleri için de bir çözüm olarak, Malawi'nin güneş enerjisi potansiyelinin değerlendirilmesine yönelmiştir.

Şekil 1: Malawi'nin GSYH Büyüme Oranı % (2000-2015)



Kaynak: Dünya Bankası, 2016

Malawi'de, 2014 yılında, toplam nüfusun (% 25'i kentsel alan, % 5'i kırsal alan olmak üzere) sadece % 9'una elektrik sağlanabilmiştir (IEA, 2016). Ülkede yaşanan enerji arz eksikliği, artan nüfus, plansız kentleşme gibi nedenler zaten düşük seviyede olan ekonomik büyüme ve kalkınma sorunlarını daha da kötüleştirmektedir. 2015 yılında tahmini olarak toplam yurt içi talep 598 megavat iken enerji üretimi 515 megavat (Hidro %94 ve Termal %6) olmuştur. Yerli 1 megavat üretim kapasitesi ile güneş ve rüzgâr gibi yenilenebilir

enerji kaynakları talebin sadece %0,3'lük kısım sağlanmıştır.<sup>2</sup> Malawi'nin küresel emisyon katkısı %0,002'dir buna karşın kuraklık ve seller gibi iklim değişikliğinin olumsuz ve negatif etkilerine karşı en savunmasız ülkelerden biridir.

Malawi'nin iklim değişikliğinin azaltılmasındaki konumu, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği için Çerçeve Sözleşmesi'nin İklim sisteminin eşitlik temelinde, ortak fakat farklı sorumluluk ilkesine uygun olarak korunması ilkesi ile uyumludur.<sup>3</sup> Bu kapsamda, iklim değişikliğini azaltmak için küresel çabalara katkıda bulunmak üzere; Malawi hükümeti, ulusal bir sorumluluk üstlenmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin giderilmesinin yanında Malawi sanayi üretiminin ve istihdamının artırılmasına da katkı sağlayacak ve kalkınmayı güçlendirecektir. Bunun yaratacağı sosyal fayda, Malawi gibi işsizliğin büyük sorun teşkil ettiği bir ülkede son derece değerlidir. Ayrıca, Malawi hükümeti tarafından yürütülen Malawi Kırsal Kesimlere Elektrik Verme Programı kapsamında; kırsal bölgelerdeki enerji ihtiyacını karşılamak için, güneş enerjili fenerler ve mikro güneş panelleri gibi uygun yenilenebilir teknolojilerin şebekeden bağımsız alanlarda yayılımı konusunda da hükümet destek sağlanmaktadır.

Malawi'de güneş enerjisi kullanımının yaygınlaştırılması hedefi; hem kıta hem de dünya genelinde enerji verimliliğini artırma, biyokütle ve petrole bağımlılığı azaltma ve karbon içermeyen enerji kaynaklarını geliştirme umutlarına bir çözüm sunmaktadır.

## **2. Seçili Sosyoekonomik Göstergelerle Malawi**

UNDP raporlarına göre, nüfusun yaklaşık %64'ünün günde 2 dolardan daha az harcama seviyesinde yaşaması nedeniyle Malawi, dünyanın en yoksul ülkeleri kategorisinde yer almaktadır. Malawi'de nüfusun yaklaşık %83'ü kırsal kesimde yaşamakta ve kırsal alanlarda yaşayan bu nüfusun yaklaşık %75'i küçük ölçekli geleneksel çiftçilikle geçimini sağlamaktadır (Government of Malawi, 2010).

Uluslararası Para Fonu, Dünya Bankası gibi uluslararası kurumların yanı sıra bazı ülkeler tarafından verilen bağışlar ya da krediler yardımıyla Malawi'ye ekonomik destek sağlanmaktadır. Malawi, 2006 yılında "Ağır Borçlu Yoksul Ülkeler Programı" kapsamında yardım alan ülke olarak onaylanmıştır. 2005-2009 döneminde Malawi hükümeti, finansal disiplini sağlamış ve daha gelişmiş ulaşım seçenekleri için (Mozambik nehirlerinden okyanusa doğru su yolu bağlantısı, yakıt erişimini arttırmak için yeni bir petrol boru hattı projesi gibi) altyapı projelerini hazırlamıştır. Ancak, 2013'ten bu yana bu projeler durmuştur, çünkü destek sağlayan kurumlar, üst düzey yolsuzluk skandallarına tepki olarak bütçe desteğini (bütçenin %40'ı oluşturmaktadır) durdurmuştur. Kriz nedeniyle yaşanan döviz sıkıntısı, Malawi'de temel ihtiyaç malzemelerinin ithalat yoluyla temininde giderek artan güçlüklerle yol açmıştır.

2 Electricity Supply Commission of Malawi- ESCOM, Measures Taken To Mitigate Generation Problems And Capacity Constraints, www.escom.mw (Erişim tarihi: 16 Aralık 2016).

3 Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, 2002 için Bkz: [http://iklim.cob.gov.tr/iklim/Files/Mevzuat/BM\\_iklimcerceve.pdf](http://iklim.cob.gov.tr/iklim/Files/Mevzuat/BM_iklimcerceve.pdf).

Malawi'nin karşı karşıya olduğu en büyük zorluklardan biri de, ülkedeki farklı sektörlerin enerji gereksinimlerini zamanında ve gerekli şekilde karşılayamamasıdır. Yaygın olan elektrik kesintileri başta sanayi olmak üzere tüm sektörlerin işleyişinde ve günlük hayatın sürdürülmesinde zorluklara neden olmaktadır. Malawi'de nüfusun yaklaşık %88'i enerji ihtiyacını petrole dayalı kaynaklardan, %6,4'ü elektrikten, %2,8'i kömürden, %2,4'ü ise odun kömürü üretimi için odundan temin etmektedir. Hanehalkları tüm enerji tüketiminin %83'ünü; sanayi %12'sini, ulaşım %4'ünü ve hizmet sektörü kalan %1'ini gerçekleştirmektedir (Malawi Census Report, 2009).

**Tablo 1: Malawi'de Mutfakta ve Aydınlatma İçin Kullanılan Enerji Kaynağına Göre Nüfusun Dağılımı % (2009)**

	Mutfakta Kullanım			Aydınlatma		
	Ulusal	Kırsal	Kentsel	Ulusal	Kırsal	Kentsel
Odun kömürü	8	1,7	43,4	0	0	0
Elektrik	2	0,4	13,6	7,2	1,9	37,5
Yakacak odun	88	95,7	41,8	2,6	2,9	0,4
Gaz	0	0	0,1	0	0	0
Parafin	1	1,2	0,7	85,7	92,5	46,5
Diğerleri	1	1	0,5	1,3	1,6	0,3
Mumlar	0	0	0	3,2	1,1	15,3

Kaynak: Malawi Nüfus Sayımı Raporu, 2009.

Tablo 1 incelendiğinde, başta güneş enerjisi olmak üzere yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının Malawi'deki enerji sektörünün güçlenmesinde ne kadar önemli bir rol oynayabileceği açıkça görülmektedir. Malawi'nin mevcut enerji üretimi ve tüketimi ağırlıklı olarak biyokütle, petrol ve bazı hidro kaynaklara dayanmaktadır. Bu durum, Malawi'nin enerji sektörünün, hem ekonomik açıdan dışa bağımlı hem de çevresel değişikliklere (sel baskınları ya da kuraklık) ve aynı zamanda ham petrolü etkileyen ekonomik dalgalanmalara/şoklara karşı çok kırılgan hale gelmesine neden olmaktadır.

Dünyada en yüksek nüfus yoğunluğuna sahip olmasının yanında Malawi, satın alma gücü paritesine dayalı 1.100 dolarlık kişi başı GSYH ile (2016 yılı) gelir seviyesi bakımından en alttaki % 10'luk dilimde yer almaktadır (World Bank, 2017). Malawi'de, GSYH'nin sektörlere dağılımı ise şöyledir; %32 tarım, %17,5 sanayi ve %50,5 hizmetler. GSYH'nin üçte birlik kısmını oluşturan tarım kesiminde 2014-2016 yıllarında yaşanan olumsuz hava koşulları (seller ve kuraklık) ve ülke genelindeki politik istikrarsızlıklar, GSYH'de gerilemeye neden olmuştur. Malawi'de ülkenin ekonomik büyüme ve yoksulluğun azaltılması konusundaki beklentilerin önündeki en büyük engellerden biri de yüksek enflasyondur. Esasen ülkenin gelişmesinin karşısındaki temel güçlükler, hem kentsel hem

de kırsal bölgelerde giderek büyüyen bir nüfusun temel sosyal ve ekonomik ihtiyaçlarını karşılama kapasitesinin yetersizliğinden kaynaklanmaktadır.

**Tablo 2: Malawi'nin Son Beş Yıllık Makroekonomik Göstergeleri**

Gösterge	2011	2012	2013	2014	2015
GSYH* (Milyar ABD doları)	8,004	6,028	5,519	6,048	6,565
Kişi Başına GSYH-PPP* (Bin ABD doları)	1,06	1,06	1,09	1,14	1,14
Küresel Rekabet Endeksi* (140 ülke içindeki sıra no)	117/140	129/140	136	132	135
Ekonomik Özgürlük Endeksi**	78	76	76	76	76
Toplam yatırımların GSYH payı (%)*	12,44	12,07	12,72	12,01	11,3
Gayri Safi Milli Tasarrufların (%)*	3,83	2,79	4,05	3,5	2,99
Dünya Toplam GSYH payı (%)***	0,017	0,017	0,018	0,018	0,018
Enflasyon (%)***	7,621	21,296	28,279	23,775	21,858
İşsizlik (%)****	6,4	6,3	6,4	6,4	6,6
Cari Açık (ABD doları)*	-0,688	-0,555	-0,471	-0,494	-0,568

Kaynaklar: \*Dünya Bankası Verileri, 2016 \*\*Freedom house, 2016 \*\*\*International Monetary Fund, 2016 \*\*\*\* International Labour Organisation, 2016.

Tablo 2'de Malawi'nin temel ekonomik göstergeleri yer almaktadır. Malawi'nin 2015 yılı toplam GSYH'si 6.57 milyar dolar, satın alma gücü paritesine göre kişi başına GSYH'si ise 1,140 dolardır.<sup>4</sup> Malawi'de ülkenin GSYH'sine en çok katkı yapanlardan biri olan ve ihracat gelirlerinin %80'inden fazlasını sağlamakta olan tarım sektörü, GSYH'nin %33'ünü, toplam istihdamın yaklaşık %85'ini sağlamaktadır. GSYH'nin %50'sini oluşturan ve GSYH'ye en büyük katkısı yapan sektör ise hizmetler sektörüdür (NSO, 2016). 140 ülkede rekabet edebilirliği ölçen ve verimlilik hakkında bilgi veren küresel rekabet gücü endeksine göre; 2015 yılında Malawi 135. sıradadır. Bu indeksin göstergeleri arasında; ülkede iş yapma kolaylığı, yüksek masraflar ve verimli enerji kaynaklarına sahip olmaması gibi nedenler yer almaktadır. Tablo 2'de, ekonominin varlıklarına yapılan ilave harcamalar ve stok seviyesindeki net değişimleri içeren toplam yatırımların yıllar içinde azaldığı ve aynı eğilimin, brüt milli gelirden toplam tüketim çıkarılıp, net transferlerin eklenerek hesaplandığı brüt tasarruflarda da olduğu görülmektedir.

4 2016 yılında ise Malawi'nin GSYH'si gerilemeye devam etmiş ve 5.442 milyon dolara düşmüştür. 2016 yılı kişi başına GSYH ise 300 dolar seviyesine inmiştir.

2000 yılında GSYH büyüme oranı açısından Tanzanya ve Malawi birbirine yakın konumda iken 2014 yılında Tanzanya hem Malawi'nin hem de sahra altı ülkeleri genelinin üzerinde bir büyüme gerçekleştirmiştir. Malawi 2005 yılından itibaren dünya ortalamasının üzerinde bir büyüme oranı yakalamıştır (Şekil 2).

**Tablo 3: Malawi Dış Ticaret Göstergeleri (Milyar ABD Doları)**

Yıl	Toplam	İthalat	İhracat	GSYH/İthalat	GSYH/İhracat
2006	3,723.58	2,247.26	1,476.32	16,22	10,65
2007	4,047.80	2,383.17	1,664.63	16,46	11,50
2008	4,406.95	2,565.01	1,841.94	17,43	12,51
2009	3,570.92	1,983.18	1,587.74	13,75	11,01
2010	4,217.33	2,364.99	1,852.34	15,80	12,38
2011	4,792.74	2,686.37	2,106.37	17,31	13,57
2012	4,962.02	2,763.84	2,198.18	17,11	13,61
2013	5,048.26	2,771.65	2,276.61	16,63	13,58
2014	5,247.21	2,871.93	2,375.28	16,55	13,50
2015	5,046.64	2,782.33	2,264.31	15,50	12,56

Kaynak: TheGlobalEconomy.com, World Bank, 2016.

Tablo 3'te Malawi'nin dış ticaret verileri yer almaktadır. Toplam ihracat içinde en fazla paya sahip olan ürün, tütündür (% 55). Diğer ihracat ürünleri ise, uranyum, şeker, çay ve kahvedir. Malawi'nin en büyük ihracat pazarı, ihracatının %50'sini gerçekleştirdiği Avrupa Birliği'dir. Bunun dışında, Zambiya, Zimbabve, Güney Afrika ve Amerika Birleşik Devletleri'ne de ihracat yapmaktadır. Ülkenin ithal ettiği başlıca ürünler ise, petrol, kömür, tüketim malları ve gübredir. En fazla ithalat yapılan ülke, Güney Afrika'dır (toplam ithalatının % 40'i). Diğer ülkeler ise, Zambiya, Amerika Birleşik Devletleri ve Çin'dir.

Şekil 2: Malawi'deki Fotovoltaik Enerji Potansiyeli



Kaynak: SolarGIS, 2016.

Malawi, küçük bir ülke olmasına rağmen yüksek bir nüfus artış oranına sahiptir. Yaklaşık 18 milyonluk nüfusunun %21'i, 15-24 yaş grubundaki gençlerden oluşmaktadır. Genç işsizlik oranı, %13 gibi yüksek bir değerde seyretmektedir (WorldBank, 2016).

Araştırma ve geliştirme faaliyetleri, özellikle gelişmekte olan ülkeler için kalkınmanın sağlanması için gerekli alanlardan biridir. Malawi'de Ar-Ge çalışmaları oldukça zayıftır ve bu alandaki gelişmesi ihmal edilebilir düzeydedir. Dünya Bankasının 2016 yılı verilerine göre, 2007'den 2010 yılına kadar, yeni bilgi, ürün, süreç, yöntem veya sistemlerin tasarlanması ve yaratılması için çalışan ve projelerin yönetiminde yer alan profesyonel kişilerden oluşan araştırmacı sayısı; bir milyon kişi başına 30 kişiden 50 kişiye yükselmiştir. Teknisyenlerin sayısı ise, bir milyon kişi başına 59 kişidir.

Malawi Ulusal İstatistik Ofisi tarafından gerçekleştirilen 2010 yılı Malawi Nüfus ve Sağlık Araştırması, ülke nüfusunun hızla arttığını ortaya koymaktadır. 1966 yılında 4 milyon kişi olan nüfus, 2008 yılında 13,1 milyon kişiye yükselmiştir. Bu rakam, 2016 yılında 17,2 milyon kişidir. Kadın başına düşen yüksek doğum sayısı (2015 yılı ortalaması 5'tir) göz önüne alındığında, nüfusun önümüzdeki dönemlerde istikrarlı bir şekilde artmaya devam etmesi beklenebilir. 2010 yılında 5,7 seviyesinde olan toplam doğurganlık hızının, 2020 yılında 4,6'ya gerilemesi beklenmesine rağmen, yapılan projeksiyonlarda 2030 yılında toplam nüfusun 26 milyona yükseleceği öngörülmektedir.

Birleşmiş Milletler tarafından yayımlanan İnsani Gelişme Endeksi (İGE), insan gelişiminin uzun ve sağlıklı bir hayat, bilgiye erişim ve iyi bir hayat standardı olmak üzere üç temel boyutunu ölçmektedir. Endeksi hesaplamak için; doğumda ortalama yaşam beklentisi, okullaşma oranı, ortalama okulda kalma süresi ve kişi başına düşen gayri safi milli gelir olmak üzere dört gösterge kullanılmaktadır. Malawi'nin 2014 için İGE değeri 0.445'tir. 188 ülke içerisinde 173. sıradadır ve bu değerlerle düşük insani gelişme kategorisinde yer almaktadır. Malawi'nin İGE değeri 1980 yılında 0.278'den, 2014 yılında 0.445'e yükselmiştir (Tablo 4). İGE raporlarına göre, 1980 ve 2012 dönemlerinde Malawi, Zambiya ve Mali, İGE'lerini artırmak için farklı derecelerde ilerleme kaydetmişlerdir. Malawi'nin 2014 yılı İGE değeri olan 0.445, düşük insan gelişme grubuna giren ülkeler için ortalama İGE değeri olan 0.505'in ve sahra altı Afrika ülkeleri için ortalama İGE değeri olan 0.518'in de altındadır. Sahra altı Afrika'dan Zambiya ve Mali; 2014 yılındaki İGE sıralamasında sırasıyla 139. ve 179. sırada yer almaktadırlar (UNDP, 2013).

**Tablo 4: Malawi'nin İGE Göstergeleri (2006-2014)**

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
İGE değeri*	0,437	0,493	0,395	0,385	0,413	0,415	0,418	0,414	0,445
Kişi başına gayri safi milli gelir (ppp ABD\$)*	550	600	640	911	777	763	774	715	747
Hayat beklentisi*	46,3	50,86	51,81	54,6	53,5	54,2	54,8	55,3	62,8
Beklenen yıllardaki eğitim**	9,7	9,5	9,9	10,2	10,6	10,8	10,8	10,8	10,8
Ortalama öğrenim yılları**	3,5	3,7	3,9	4	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2

Kaynak: UNDP, 2015\* ve UNESCO Institute for Statistics, 2015\*\*

### 3. Malawi'de Enerji Sektörü

Sahra altı Afrika'da elektrik üretiminin neredeyse tamamı, büyük ölçekte hidroelektrik ve fosil yakıtlara dayanmaktadır, diğer enerji kaynakları ise üretimde küçük bir rol oynamaktadır.

Malawi; biyokütle, kömür, hidroelektrik üretimi için elverişli pek çok nehir, yüksek güneş radyasyonu, rüzgâr enerjisi, jeotermal enerji ve uranyum yatakları gibi oldukça çeşitli enerji kaynaklarına sahiptir ancak, bu tür kaynakların kullanımının artmasının ülkeye getireceği avantajlara rağmen, yenilenebilir enerji kullanımı mevcut potansiyelin çok gerisinde kalmaktadır (Ondraczek, 2013). Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı 2016 raporunda da belirtildiği üzere, dünyanın geri kalanına kıyasla Malawi'nin yenilenebilir enerji kaynakları hala oldukça zayıftır. Malawi'nin 2015 yılı itibarıyla Afrika'nın toplam yenilenebilir kaynaklarına katkısı %1'dir. En gelişmiş kaynak olan hidroelektrik enerjisinde bile son 10 yılda da çok az, neredeyse hiç ilerleme kaydedilememiştir (Tablo 5).

**Tablo 5: Malawi'nin Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Afrika Toplamıyla Karşılaştırılması (Megavat)**

Yıllar		Toplam yenilenebilir enerji	Hidroelektrik enerjisi	Rüzgar enerjisi	Güneş enerjisi	Biyoenjerji
2006	Malawi	304	287	0	0	17
	AFRİKA	24,999	23,519	336	61	994
2007	Malawi	304	287	0	0	17
	AFRİKA	25,445	23,764	477	72	992
2008	Malawi	304	287	0	0	17
	AFRİKA	26,232	24,389	563	86	1,053
2009	Malawi	304	287	0	0	17
	AFRİKA	28,208	26,066	772	127	1,068
2010	Malawi	304	287	0	0	17
	AFRİKA	29,18	26,718	927	229	1,097
2011	Malawi	304	287	0	0	17
	AFRİKA	29,513	26,852	954	377	1,121
2012	Malawi	304	287	0	0	17
	AFRİKA	30,949	27,883	1,164	440	1,238
2013	Malawi	305	287	0	1	17
	AFRİKA	31,87	28,255	1,51	575	1,269
2014	Malawi	369	351	0	1	17
	AFRİKA	34,517	28,72	2,469	1417	1,301
2015	Malawi	369	351	0	1	17
	AFRİKA	36,677	29,227	3,135	2,317	1,332

Kaynak: IRENA, 2016.

Malawi'deki yüksek nüfus artışı, enerji talebinde de artışa yol açmaktadır ancak, ülkenin GSYH'si son beş yıl içinde yılda ortalama %5,7 büyürken, elektrik üretiminde artış olmamış, aksine durgun seyir izlemiştir. Enerji arzındaki yetersizlikler, enerjiyi bir girdi olarak kullanan tüm sektörlerin üretimlerini kesintiye uğratmaktadır. Bütün enerji tipleri için; tüm sektörler arasında hane halkı %83,4 oranı ile en büyük tüketici konumundadır. Yakıt türlerinin kullanımına bakıldığında ise en büyük pay %88,5 ile biyokütle aittir. Ardından %6,4 ile petrol, %2,8 ile elektrik, %2,4 ile kömür gelmektedir. Ülkede enerji sektörünü güçlendirmek için uygulanan bir dizi program ve proje mevcuttur ancak, bugüne kadar bu konuda çok az ilerleme kaydedilebilmiştir.

**Fosil Yakıtlar (Kömür):** Mchenga kömür madeni, Malawi'de ayda yaklaşık 5.000 ton kömür üreten tek kömür madenidir. Mevcut rezervlerin 20 milyon ton, muhtemel rezervler ise 750 milyon civarında olduğu tahmin edilmektedir. Faal beş tane kömür sahası bulunmaktadır. Bunlardan kuzey bölgesinde bulunanlar; Livingstonia, Ngaga ve Nthalire alanları ve güney bölgesinde bulunanlar; Mwabvi ve Lengwe alanlarıdır. Üretilen 5.000 ton kömürün 1.000 tonu Tanzanya'ya ihraç edilmektedir. Üretim geri kalanını, çeşitli sektörler (çimento, içecek, tekstil, tütün, çay ve sabun gibi) kullanmaktadır. Kömür, briket olarak evlerde de tüketilmektedir.

Malawi hükümeti, kömürden elektrik üretmeyi planlamaktadır ve bu konuda fizibilite çalışmalarını da sürdürmektedir ancak, bu projeler karbon emisyonu açısından dünya genelinde yaygın olarak uygulanan politikalarla uyumlu olmadığından, söz konusu projelerin geleceği belirsizdir.

**Hidrokarbon Kaynakları:** Malawi'de faal durumda herhangi bir petrol çıkarma tesisi bulunmamaktadır. Malawi'de bilinen petrol yatakları olmadığından, petrol ürünlerinin tamamına yakını ithal etmektedir. Malawi'nin, rafine edilmiş petrol ürünleri ithalat oranı % 97'dir. Geri kalan % 3'lük talep ise, yerel olarak üretilen etanol yakıtından karşılanmaktadır (NCST, 2014). Shire Vadisi'nin alt kesiminde ve Malawi Gölü'nün kuzey kesiminde yapılan çalışmalar bazı hidrokarbon kaynaklarının varlığını göstermiştir. İngiltere ile Malawi Hükümeti arasındaki anlaşma gereği Surestream Petroleum Limited ve Simkara şirketlerinin arama çalışmaları da devam etmektedir (Taulo vd., 2015).

**Nükleer Enerji:** Malawi'de Kayelekera Madeni'ndeki bilinen geri kazanılabilir uranyum kaynağının 63.000 ton olduğu tahmin edilmektedir. Bu miktar yaklaşık olarak 378 ton U-235'e eşdeğerdir (Government of Malawi, 2003). Kayelekera'da 2008 yılında uranyum madenciliği başlamıştır. Çıkarılan uranyum, zenginleştirme amacıyla Kanada'ya ihraç edilmektedir. 2010 yılında ülkenin yıllık uranyum üretiminin yaklaşık 790 ton uranyum (U308) olduğu tahmin edilmektedir. Buradan elde edilen 133,9 milyon dolar ise, Malawi'nin toplam ihracatının yaklaşık %10'unu oluşturmaktadır. Mevcut uranyum kaynaklarından nükleer elektrik üretmeye başlamak Malawi hükümetinin acil planları arasında yer almamaktadır.

**Hidroelektrik:** Malawi'deki yenilenebilir enerji kaynakları içinde akarsular en gelişmiş enerji kaynağıdır ancak, Malawi'nin, ülke genelindeki nehirlerinden, kullanılmayan

hidroelektrik (1.478 GW)'lık kaynağa sahip olduğu tahmin edilmektedir (Lapukeni, 2013). Bu rakam, 2016'daki hidroelektrik üretimine yönelik kurulu kapasitenin dört katıdır. Malawi'de tek elektrik sağlayıcısı olan Malawi Elektrik Temini Şirketi (ESCOM); Nkula A ve B, Tedzani 1 ve 2, Kapichira ve Wovwe olmak üzere altı tane enerji üreten istasyona sahiptir. Hidroelektrik santrallerinin toplam kurulu gücü ise 285.85MW'dir. Songwe, North Rukuru ve Fufu gibi diğer nehirlerde enerji santralleri geliştirmek için fizibilite çalışmaları sürdürülmektedir. ESCOM, Güney Afrika Enerji Havuzu (SAPP) ile Mozambik'in güç sistemini birbirine bağlamak için de bir proje yürütmektedir.

**Biyokütle Kaynakları:** Yakacak odun formundaki biyokütle, Malawi'de tüketilen en büyük birincil enerji biçimidir ve Ulusal Enerji Politikası'na göre ülkedeki toplam birincil enerji arzının %88,5'ini oluşturmaktadır. Bunun temel sebebi yoksulluğun yanı sıra, elektrik ve diğer alternatif enerji kaynaklarının bulunmamasıdır. Biyokütlenin başlıca kaynakları arasında odun ve orman atıkları, tarımsal kalıntılar, hayvan gübresi, enerji bitkileri ve belediye atıkları bulunmaktadır. Orman rezervleri yakacak odunun ana kaynaklarıdır ve toplam biyokütle arzının yaklaşık %75'ine katkıda bulunmaktadır (Jumbe and Angelsen, 2011). 3,2 milyon hektar örtüsü, toplam arazinin yaklaşık %36'sını kapsamakta olup toplam biyokütle kaynakları 275,5 milyon tondur (Kambewa ve Chiwaula, 2010). Malawi hükümeti tarafından yürütülen JANEEMO projesi, Jatropha, Neem ve Moringa türlerinin kısıltmasından oluşmaktadır. Çiftçilerin bunları üretmeleri teşvik edilmektedir, çünkü bu bitkiler; ev içinde kullanılan lambalar, ocaklar ve jeneratörler için gerekli biyoyakıtları üretmek üzere işlenebilecek ya da sabun haline getirilebilecek, yağ bakımından zengin tohumlara sahiplerdir. Ayrıca bu ürünlerin artıkları, pişirme için biyogaz üretimi ve tarımsal gübre olarak da kullanılabilirlerdir.

**Jeotermal Kaynaklar:** Malawi'deki jeotermal kaynak potansiyeli tam olarak kullanılmıyorsa da, elli civarında üzerinde kaplıcanın var olduğu bilinmektedir. Bunlardan 18 tanesinin 50°C'nin üzerinde ortalama yüzey sıcaklığına sahip olduğu tespit edilmiştir. Bunlar, Twidell and Weir (2006)'e göre; organik Rankine çevrimli buhar türbinleri kullanılarak 150°C'nin üzerindeki sıcaklıklara sahip jeotermal alanlardan elektrik üretimine uygundur. Nkhotakota-Malawi'de 30 MW'lık bir santralin planlanmasına 2012 yılında başlanmıştır. Bu tesisin daha sonra 100MW'a yükseltileceği iddia edilmesine rağmen (Gondwe vd., 2012) henüz bu konuda herhangi bir gelişme kaydedilememiştir.

**Rüzgâr Enerjisi:** Malawi'de rüzgâr enerjisi; hayvancılık ve sulama için küçük bir ölçekte kullanılmaktadır. Ülkenin rüzgâr enerjisi özellikleri hakkında bilgi eksikliği olmasına rağmen, rüzgâr hızları orta ila düşük, tipik olarak 2,0-7,0 metre/saniye aralığındadır (Government of Malawi, 2003). Journal Malawi'nin Meteoroloji Departmanı tarafından yürütülen çalışmalarının ön sonuçlarına göre, Malawi'deki rüzgâr enerjisi potansiyelinin enerji üretimine önemli ölçüde katkıda bulunamayacağı düşünülmektedir.

Malawi'nin endüstriyel ve ekonomik kalkınması için elektrik üretiminin artırılması ve enerjiye erişim olanaklarının yaygınlaştırılması büyük önem taşımaktadır. 2013'te revize

edilmiş olan Ulusal Enerji Politikası raporunda, Malawi'nin en büyük enerji kaynağı, tüm kaynaklar içindeki payı %93 olan biyokütle olarak belirtilmiştir. Ülke toplam ulusal enerji talebinin %2,3'ünden azını elektrik, %3,5'ini sıvı yakıtlar ve gazla, %1'ini ise kömürle karşılamaktadır. Biyokütle 2009 yılı Enerji Stratejisi raporuna göre, temel ısınma ihtiyaçlarını karşılamak için nüfusun %87'sinin yakacak odun ve %8'inin kömür kullandığını ortaya koymuştur. 17 milyonluk nüfusun sadece %9'u ulusal şebeke sistemine bağlıdır.

Kambewa ve Chiwaula (2010), Malawi'de biyokütle enerji kullanımını değerlendirmelerinde mevcut biyokütle arzı ve talebinden yola çıkarak, biyokütle arzının yıllar içinde azalmasını, nüfus artışına bağlı olarak da talebin artmasını öngörmektedirler. Bu, eğer güneş enerjisi gibi alternatif bir kaynak kullanılmazsa, muhtemelen biyokütle enerjisinin maliyetinin özellikle kırsal yoksulların dezavantajına olacak şekilde artacağı anlamına gelmektedir.

#### 4. Malawi'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli

“Güneş Kıtası” olarak geçmesine rağmen, diğer bir ifadeyle güneşin etkisinin en büyük olduğu bu yüzden büyük bir güneş potansiyeline sahip olan Afrika kıtasının, dünya güneş enerjisi sektöründeki payı ise oldukça düşüktür. Güney Afrika ve Cezayir, Afrika'da en çok gelişen güneş pazarlarıdır ve iki ülkede birkaç tesis mevcuttur (her iki ülkede 100 MW kapasiteye sahiptir). Güney Afrika, hâlihazırda dünyanın en büyük 10 güneş enerjisi üreticisi arasındadır. Fas'ta, dünyanın en büyük güneş enerjisi santrallerinden biri olmaya aday bir projenin ilk aşaması olan “Noor 1” inşa edilmektedir. İlk aşamada 160 megavat (MW) enerji üretecek santral, Sahra çölünde güneşin ısısını yakalayan yaklaşık 200 futbol sahası büyüklüğündedir ve 1,5 milyon metrekare (16 milyon fitkare) eğimli aynalardan oluşmaktadır. Fas 2020 yılına kadar enerjisinin %14'ünü güneş enerjisinden üretmeyi planlamaktadır (Griffiths, 2013).

IRENA (Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı) 2016 Afrika Genel Bakış raporunda<sup>5</sup>, Fas, Güney Afrika ve Cezayir'deki güneş santrallerinin başarısının, diğer Afrika ülkelerini güneş enerjisine geçmeye teşvik edebileceği ifade getirilmiştir. Ruanda, doğu Afrika'nın 2014 yılında açılan ilk güneş enerjisi tesisi için ev sahipliği yapmaktadır. Uganda, Malawi ve Mısır gibi birçok ülke güneş projelerini ilan etmiştir ancak, şu ana kadar çoğu kurulum gecikmiştir ya da projeler değerlendirme safhasında kalmıştır.

Etiyopya, Kenya, Malawi, Nijerya ve Tanzania; hidroelektrik santrallerini ve ekonomilerini olumsuz etkileyen seller ve kuraklıklar nedeniyle ciddi bir enerji sıkıntısı içerisine girmişlerdir. Enerjinin kalkınmadaki önemi ve bölgedeki fosil enerji kullanan birçok enerji kuruluşunun karşılaştığı krizler, sahra altı Afrika'da yenilenebilir enerjiye olan ilgiyi artırmıştır.

5 <http://www.irena.org/publications/2016/Jul/Renewable-Energy-Statistics-2016> (Erişim tarihi: 10 Eylül 2016).

## *Malawi'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli Üzerine Bir Değerlendirme*

Elektrik erişiminin kısıtlı olduğu kırsal alanlarda; sağlık tesisleri verimli çalışmamakta, eğitim faaliyetleri yetersiz olarak sürdürülmekte, cep telefonu servis sağlayıcıları kırsal alanlarda kapasite geliştirme konusunda tereddüt gösterdikleri için sınırlı iletişim hizmeti vermektedirler. Enerji kısıtlılığının bir çözümü olarak güneş enerjisinin kullanılmasıyla özellikle kırsal alanlarda yaşayan kıta insanlarını bu temel mahrumiyetlerden de kurtaracaktır. Afrika gecikmeli olarak, teknolojinin gerisinden gelse de kalkınma programlarında kullanarak güneş enerjisi hasadına başlayacaktır.

Madhlopa (2006), Malawi için güneş radyasyon iklimi üzerine yaptığı çalışmada, yerel bir alanda uzun vadeli küresel radyasyon verilerini kullanarak, alan için ortalama aylık (K<sub>tm</sub>) ve mevsimsel (K<sub>ts</sub>) günlük açıklık endekslerini hesaplamıştır. Çalışmada K<sub>tm</sub>'nin bir yılda iki maksimum değeri olduğu gözlemlenmiştir (Mayıs ayında K<sub>tm</sub>=0.58, Eylül'de K<sub>tm</sub> = 0.64).

Bu sonuçlar Afrika'da 62 alan için açıklık endeksini kullanarak güneş radyasyon iklimi haritası bulgularıyla uyumludur. Malawi ve Madagaskar'da 1000 m'den büyük rakımlarda tropikal nemli iklim ile bağlantılı güneş iklim sınıfı II'yi oluşturmuşlardır (Diabete vd., 2004).

Yukarıda bahsedilen her iki çalışmada da, Malawi'nin yılın çoğunda bol güneş radyasyonuna/ışınımına sahip olduğunu ve bu nedenle de elektrik enerjisi üretiminde büyük bir potansiyel olduğunu ortaya koymaktadır.

Ayrıca, Malawi'nin Zomba ilçesinde Malawi Çevre Bakanlığı tarafından, fotovoltaik güneş panelleri kurmak için optimum eğim açısının belirlenmesine yönelik yapılan bir çalışma; yıl boyunca paneller için gerekli olan maksimum güneş radyasyonunu toplamak için PV solar panellerin optimum aylık eğim açıları belirlenerek Malawi'de bir güneş enerjisi santrali kurmanın mümkün olduğunu göstermiştir. Saha çalışmasında, kuzey yönünde dört PV panel yerleştirilmiş ve 0°, 15°, 20° ve 25°'lik açılarla eğilmiştir. Ardından günlük ve aylık optimum eğim açısını belirlemek için küresel güneş radyasyonu ölçülerek optimum eğim açısının, yıl boyunca 25°'de olduğu tespit edilmiştir (Kamanga vd., 2014).

Malawi'nin yıllık ortalama güneş ışıını 2133 kWh/m<sub>2</sub>/yıl'dır. Ülke yaklaşık 2.138 ila 3.087 saat güneş ışığı almaktadır. Yatay bir yüzeydeki küresel güneş ışıını, minimum 4,3 kWh/m<sub>2</sub>/gün ile maksimum 7 kWh/m<sub>2</sub>/gün arasında değişmektedir. Günlük ortalama küresel güneş ışıını yaklaşık 5.86 kWh/m<sub>2</sub>/gündür bu değer 250 milyon ton eşdeğer petrole denk gelmektedir. Maksimum ışıınılanma, Eylül-Ekim aylarında gerçekleşir (6,5-7,0 kWh/m<sub>2</sub>/ gün), en az ise Ocak-Şubat aylarında (4,3-4,6 kWh/m<sub>2</sub>/gün) veya Haziran-Temmuz aylarında konuma göre gerçekleşir. Kasım-Aralık dönemi içinde saatlik maksimum güneş ışıını 1000 kWh/m<sub>2</sub>'den yüksektir. Ülkenin birçok yerinin 244 W/m<sub>2</sub>, günde 8 ila 12 saat güneş ışığı aldığı göz önünde bulundurulursa; elektrik enerjisi üretiminde güneş enerjisi kullanma potansiyeli oldukça yüksektir (Tablo 6).

Tablo 6: Malawi'nin Güneş Işınım Değerleri

	Maksimum kWh/m <sup>2</sup> /gün	Minimum kWh/m <sup>2</sup> /gün
Ortalama Güneş Radyasyonu	7,0	4,3
Eylül-Ekim Radyasyon	7,0	4,3
Ocak-Şubat Radyasyon	4,3	4,3
Toplam güneşli saat	3087	2138

Kaynak: NSO, 2016.

Dünya Bankası Malawi Güneş Enerjisi Raporu (2017), ekvatora doğru 10° ila 18° optimum eğimi tavsiye etmektedir. Bu durumda, Malawi için önerilebilecek proje alanı, Mzuzu şehridir. Mzuzu, Malawi'nin kuzey bölgesinde yer almaktadır. Şehrin nüfusu 175.345'tir ve yıllık % 4,2 gibi yüksek bir oranla artmaktadır. Yaklaşık olarak 1,7 milyon insan kentin dışında yaşamaktadır. Lilongwe ve Blantyre'den sonra üçüncü büyük kent merkezidir ve hükümet idaresi, sanayi, kuzey bölgesindeki iş ve hizmetler için bir merkezdir (Şekil 2).

Mzuzu aynı zamanda, önemli bir eğitim merkezidir ve kuzey bölgede bulunan büyük bir devlet üniversitesi olan Mzuzu Üniversitesine ve diğer birkaç özel üniversiteye ve eğitim enstitülerine ev sahipliği yapmaktadır. Elektrik, suyu, telekomünikasyonu ve diğer hizmetleri de içeren altyapısal tesislerin yeterli ve zamanlı koşulları, sanayi, ticaret, barınma gibi şeylerin verimli bir şekilde işlemesi için elzemdir ve böylece şehir sakinlerinin genel refahı yükselebilecektir.

Mzuzu şehri büyük bir oranla genişlemektedir ancak, ana tesislerin koşulları, yükselen nüfusun ihtiyaçlarını karşılamak için aynı oranda büyüme konusunda başarısız kalmıştır. Örneğin, Birleşmiş Milletler İnsan Yerleşimleri Programı'nın raporuna göre (2011), Malawi Elektrik Tedarik Kurumu tarafından şehre sağlanan hidroelektrik enerji son yıllarda yeterli oranlara ulaşamamıştır. Ülkenin geri kalanında olduğu gibi, Mzuzu'daki elektrik, sık kesintileriyle kötü bir üne sahiptir ve bu da büyük ölçüde elektrige dayanan ticari öncüllerdeki üretimi etkilemektedir. Mzuzu'da ayrıca sıklıkla enerji rasyonlama (*power rationing*) yapılmaktadır; çünkü elektrige olan talep, arzdan daha yüksektir.

Deniz seviyesinden yüksekte bir arazide bulunmanın yanında Mzuzu serin iklimiyle de bilinmektedir. Ortalama yıllık sıcaklık 17.7°C'dir. Bu oran güneş enerjisi elektrige üretimi için oldukça idealdir, çünkü yüksek irtifada bulunan yerler, dış mekân sıcaklığı daha düşük olsa dahi daha fazla gün ışığı toplar. PV potansiyeli üzerindeki ışınım ve sıcaklığın etkileri üzerine yapılan bir çalışmada (Kawajiri, 2012), çöl gibi yüksek ışınımına sahip

olan bölgelerin fotovoltaik enerji üretimi için uygun konum olduğu varsayımının yanlış olduğu belirtmiştir. Bunun sebebi, gün ışığını toplama fonksiyonunun yükselen sıcaklıkla azalması ve böylece sistemi daha az verimli kılmasıdır. Mzuzu gibi yüksek irtifaya sahip bölgelerin, güneşli olduğu için yüksek güneş ışınımına sahip olması ve güneş panellerinin performansını artıran düşük sıcaklığa sahip olması gibi sebeplerle yüksek seviyelerde güneş enerjisi üretme potansiyeline sahip olduğu söylenebilir.

## 5. Değerlendirme

Gerek iklim değişikliği ve küresel ısınmaya karşı alınması zorunlu önlemler gerekse petrol ve doğalgaz bağımlılığının ülke ekonomilerinde yarattığı darboğazlar nedeniyle pek çok ülke yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmektedir. Özellikle güneş enerjisinin kullanımı dünya çapında artış göstermektedir.

Güneşten gelen enerji, düşük ısı yoğunluğu ve ışık biçimindedir. Güneş kaynakları ve bunları kullanma potansiyeli üzerine pek çok çalışma yapılmıştır ve yapılmaktadır. 1970'lerin başından itibaren, tüm dünyanın karşı karşıya olduğu enerji krizi yüzünden, konvansiyonel enerji türlerinin yanı sıra alternatif enerji kaynakları araştırmaları da hız kazanarak devam etmiştir. Güneş neredeyse her gün kullandığımız tüm enerjinin kaynağıdır hatta odun yakıtı, parafin, hidroelektrik ve hatta besinlerimizden elde ettiğimiz enerji de dolaylı olarak güneşten kaynaklanmaktadır.

Dünyanın yüzeyine ulaşan toplam güneş enerjisi miktarı bulutsuz bir günde bir saat içinde yaklaşık  $6.46 \times 10^{20}$  J olup, 1 saat içinde 1 kg'lık kömürün  $3,4 \times 10^7$  J'luk bir miktarda enerji verdiği varsayımı altında,  $1,9 \times 10^{13}$  kg odun kömürü ile eşdeğerdir. Güneş Enerjisi için Küresel Pazar Görünümü 2015-2019 raporu verilerine göre<sup>6</sup>; 2016 yılı sonunda, Çin'in toplam kurulu gücü 43.530 MW'ın (dünya toplamının % 22,5'i) üzerinde, Almanya'da kurulu olan PV gücü ise 41.000 MW (dünya toplamının %20,6'sı) ile küresel güneş enerjisi piyasasının en büyük pazarları konumundadırlar.

Zelengera vd. (2014); Malawi'nin enerji arzına önemli ölçüde katkıda bulunabilecek en iyi yenilenebilir enerji kaynağının güneş enerjisi olduğunu gösterdikleri makalelerinde; PESTLE analizi, Malawi'deki yenilenebilir enerji teknolojilerinin sürdürülebilirliğini etkileyen politik (P), ekonomik (E), sosyal (S), teknolojik (T), yasal (L) ve çevresel (E) zorlukları ele almışlardır. Bu analiz sonucunda, Malawi'nin yenilenebilir enerji gelişimine uzun vadeli destek mekanizmaları sağlama potansiyeline sahip bir paradigma değişimini önermektedirler. Şöyle ki, Malawi'nin büyük ölçekli enerji projelerinin gerçekleşmesi için; güvenilir finansman mekanizmalarının kurulması ve yerel kurumlar arasında eşgüdüm sağlanması gereklidir. Belirsiz yasal düzenlemeler, eğitimli insan kaynağının yetersizliği ve istikrarsız politik yönetim; ülkedeki enerji projelerinin sürdürülebilir şekilde yürütülmesini engellemektedir.

6 <https://resources.solarbusinesshub.com/solar-industry-reports/item/global-market-outlook-for-solar-power-2015-2019> (Erişim tarihi: 11 Şubat 2017).

Malawi'de enerji sektörü, %9 ulusal elektrifikasyon oranıyla çok da iyi şartlara sahip değildir. Böyle giderse, ülke gelecek yıllarda yüksek nüfus artışı ve düşük kalkınma oranıyla birlikte ciddi bir enerji krizine girecektir. Enerjiye erişim konusundaki eşitsizlik büyümeye devam etmektedir ve nüfusun % 91'inin hala elektriğe erişimi yoktur. Ekstrem yoksulluk ve açlığa açılan savaşı ve Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerini (2030) başarıya ulaştırmak için, Malawi hükümetinin ve tüm paydaşların ciddi önlemler alması gereklidir. Eğer Malawi sanayide ya da yaşam standartları gibi alanlarda önemli ölçüde gelişme kaydetmek istiyorsa, ülkenin enerji sistemlerinde, hem teknolojik hem de kurumsal anlamda büyük değişiklikler yapmalıdır.

IEA (*Uluslararası Enerji Ajansı*) Dünya Enerji Görünümü raporunda, odun, kömür ve zirai tortular gibi geleneksel biyokütlenin devamlı ve verimsiz kullanımının bir yoksulluk niteliği ve yoksulluğun sürmesine devam edecek olan bir faktör olduğunu vurgulamıştır. Bunun sebebi; okulda olmak ya da üretken, ticari işler yapmak yerine kırsal alanlardaki insanların çoğunun özellikle kadınlar ve çocukların, zamanlarının büyük bir kısmını yakacak odun toplayarak geçirmeleridir. Odun toplama faaliyeti nüfus artışıyla birlikte hem kıtlığa hem de ekolojik hasara yol açmaktadır. Ormansızlaştırma ve ormanları tahrip etme eylemi, Malawi'deki çoğu orman bölgelerini ağaçsız bırakmıştır. Malawi Orman İşletme Müdürlüğü, her yıl orman örtüsünün yüzde 1,6 ila 2,8'sinin yok olduğunu vurgulamaktadır. Ağaç kıtlığı ayrıca doğrudan zirai üretimin azalmasına da yol açmıştır, çünkü gübre olarak (kompost) zirai tortu (*agriculturalresidue*) ve hayvan dışkısı kullanımı yerine, bazı bölgelerde insanlar bu tortuları ve hayvan dışkılarını ısınma ve yemek pişirme ihtiyaçlarını gidermek için kullanmaya başlamıştır. Dünya Sağlık Örgütü; eğer verimli olarak yakılmazsa biyokütlenin, boğulmaya yol açan iç mekân duman kirliliğine sebep olacağını bildirmiştir. Her yıl, Malawi gibi gelişmekte olan ülkelerdeki 1,6 milyon kadın ve çocuk, iç mekân biyo-kütle sobaları dumanı yüzünden ölmektedir (WHO, 2016).

Kırsal ve şehir çevresindeki insanları birleştirmeyi ve hidroelektrik üretim kapasitesini arttırmayı hedefleyen Malawi Kırsal Elektrifikasyon Programı, Malawi'nin enerji sektörü için önem arz eden bir gelişmedir. Ancak sadece hidro kaynakların kapasitesini geliştirmeye yoğunlaşmak, üretim açığını yeterince kapatmak için yetersiz kalacaktır zira Malawi her yıl sel ya da kuraklık gibi doğal felaket riskleriyle boğuşmaktadır. Bu durum elektrik üretimini önemli ölçüde engellemekte ve ülkede sürekli yaşanan elektrik kesintilerinin önlenmesini zorlaştırmaktadır.

Malawi'deki 28 ilçenin 15'inde yaşanan sel baskınları sonucu 1,1 milyon insan etkilenmiş, 230 bin kişi yerlerinden olmuştur, Sel baskını sonucu 176 kişinin öldüğü ve 172 kişinin kaybolduğu rapor edilmiştir. Malawi hükümetinin toplam zarar ve hasar maliyetine bakıldığında; bu şiddetli sel baskınları sırasında meydana gelen tahribatın maliyeti 335 milyon ABD doları olarak hesaplanmıştır, kurtarma ve yeniden yapılandırma maliyetleri ise 494 milyon ABD doları civarındadır (UNDP, 2015).

Malawi gibi gelişmekte olan ülkelerde, küçük yerel birimler vasıtasıyla köylere elektrik vermenin, küçük çocuklarda gıda eksikliği ve kötü beslenmeyi gidermede önemli ve dolaylı bir katkı sağlayacağı beklenmektedir (Carbonnier ve Grinevald, 2011).

## *Malawi'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli Üzerine Bir Değerlendirme*

Sürdürülebilir bir gelecek için Malawi'de ulusal ve dünya kalkınma hedeflerinin karşılanabilmesinin bir yolu da, sürdürülemez enerji kaynaklarının (yani biyokütle ve fosil yakıtlar) reforma tabi tutulmasıdır. Özellikle, Malawi için, nüfustaki yüksek artışla birlikte, güneş enerjisi gibi alternatif enerji kaynaklarının kullanımı yalnızca enerji üretimini arttırmakla kalmayacak, aynı zamanda çoğunlukla odun kömürü kullanımına bağlı olan kömür bağımlılığının neden olduğu ormansızlaşma ve çevre bozulmalarının iyileştirilmesine de büyük ölçüde katkıda bulunacaktır.

Malawi'de enerji kaynağı olarak güneş enerjisinin benimsenmesi; ülkenin enerji verimliliğini artırma sorunsalını gidermesi, enerji kullanımında biyolojik kütle ve petrole olan güvenin yerini alması ve karbon içermeyen enerji kaynaklarının kullanımının artırılması gibi çeşitli konularda çözüm önerileri sunmaktadır.

## Kaynakça

- Carbonnier, G. and Grinevald, J. (2011). Energy and Development. G. Carbonnier (Ed.), *International Development Policy*. Graduate Institute of International and Development Studies, 5 Ocak 2017 tarihinde <http://www.poldev.revues.org> adresinden erişildi.
- Diabate, L., Blanc, P., and Wald, J. (2004). Solar Radiation Climate in Africa. *Solar Energy, Elsevier*, 76, 733-744, 6 Aralık 2017 tarihinde <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00361362/document> adresinden erişildi.
- Foster, V. and B.Garmendia, C. (2010). Africa's Infrastructure: A Time for Transformation. *Africa Development Forum*. World Bank.
- Griffiths, I. L. (2013). *The Atlas of African Affairs*. Oxford: Routledge.
- Gondwe, K., Allen, A., Georgsson, L., Loga, U. and Tsokonombwe, G. (2012). Geothermal Development in Malawi. *The 4th African Rift Geothermal Conference 21-23 November 2012, Geothermal Solutions to Africa's Energy Needs, UN Gigiri complex*. Nairobi, Malawi.
- Government of Malawi. (2003). *National Energy Policy*. Department of Energy Affairs. Lilongwe, Malawi.
- Government of Malawi. (2010). *State of the Environment Report*. Ministry of Natural Resources, Energy and Environment. Lilongwe, Malawi.
- International Energy Agency. (2016). *World Energy Outlook*. OECD/IEA. Paris, France.
- International Energy Agency. (2010). *World Energy Outlook*. OECD/IEA. Paris, France.
- Jumbe, B. L. and Angelsen, A. (2011). Modelling Choice of Fuelwood Source among Rural Households in Malawi: A Multinomial Probit Analysis. *Energy Economics*, 33 (5), 732-738.
- Kamanga, B., Mlatho, J. S. P., Mikeka, C. and Kamunda, C. (2014). Optimum Tilt Angle for Photovoltaic Solar Panels in Zomba District, Malawi. *Journal of Solar Energy, 2014*, Article ID 132950, doi:10.1155/2014/132950.
- Kambewa, P. and Chiwaula, L. (2010). Biomass Energy Use in Malawi. *The International Institute for Environment and Development (IIED) for an International ESPA Workshop on Biomass Energy*, 19-21 October 2010. Edinburgh: Parliament House Hotel. Zomba: Chancellor College.
- Kawajiri, K., Oozeki, T., Genchi, Y. (2011). Effect of Temperature on PV Potential in the World. *Environmental Science and Technology*, 45 (20), 9030-9035, DOI: 10.1021/es200635x.
- Lapukeni P. (2013). *Country Report-Status of Energy Policy in Malawi*, *The Japanese International Cooperation Agency Centre in Tokyo*, 10 Eylül 2016 tarihinde <http://eneken.ieej.or.jp/data/5006.pdf> adresinden erişildi.

## *Malawi'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli Üzerine Bir Değerlendirme*

- Madhlopa, A. (2006). *Solar Radiation Climate in Malawi*. *Solar Energy*, 80 (8), 1055-1057. 15 Şubat 2017 tarihinde <http://dx.doi.org/10.1016/j.solener.2005.08.007> adresinden erişildi.
- The National Statistical Office of Malawi-NSO. (2013). *Integrated Household Survey III*. 17 Mart 2017 tarihinde Harvard Dataverse [hdl:1902.1/20650](https://dataverse.harvard.edu/hdl/1902.1/20650) adresinden erişildi.
- National Commission for Science and Technology Secretariat-NCSTS. (2014). *State of Science and Technology in Malawi (2010-2011)*. Malawi.
- Ondraczek, J. (2013). The Sun Rises in the East (of Africa): A Comparison of the Development and Status of the Solar Energy Markets in Kenya and Tanzania. *Energy Policy*, 56, 407-417.
- The Malawi Census Report*. (2009). 24 Temmuz 2016 tarihinde <http://www.nsomalawi.mw/2008-population-and-housing-census.html> adresinden erişildi.
- Taulo, J., Gondwel, K., Sebitosi, A. (2015). Energy Supply in Malawi: Options and Issues. *Journal of Energy in Southern Africa*, 26 (2). 5 Şubat 2017 tarihinde [http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1021-447X2015000200003](http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1021-447X2015000200003) adresinden erişildi.
- United Nations Development Program- UNDP. (2013). *Human Development Report 2013*. 5 Ocak 2017 tarihinde <http://hdr.undp.org> adresinden erişildi.
- United Nations Development Program-UNDP. (2015). *World Population Prospects: The 2015 Revision*. 5 Ocak 2017 tarihinde <http://undp.org> adresinden erişildi.
- World Bank. (2016). *Doing Business 2016: Measuring Regulatory Quality and Efficiency*. 13 Şubat 2017 tarihinde <http://www.doingbusiness.org/reports/global-reports/doing-business-2016> adresinden erişilmiştir.
- World Health Organisation. (2016). *World Health Statistics 2016: Monitoring Health For The Sdgs, Sustainable Development Goals*. 15 Aralık 2016 tarihinde <http://apps.who.int/iris/handle/10665/206498> adresinden erişilmiştir.
- Zalengera, C., Blanchard, R. E., Eames, P. C., Juma, A. M., Chitawo, M. L., Thapasila, K. T. (2014). Overview of the Malawi Energy Situation and a PESTLE Analysis for Sustainable Renewable Energy Development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 38, 345-347.