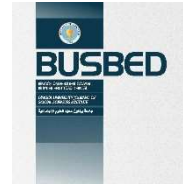


Makalenin Türü : Araştırma Makalesi
Geliş Tarihi : 17.11.2022
Kabul Tarihi : 04.01.2023



<https://doi.org/10.29029/busbed.1206376>

SAHRA ALTI AFRİKA ÜLKELERİNDE YENİLENEBİLİR (DAĞITIK) ENERJİ ÜRETİMİNİN ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE KAMU BORÇLARI AÇISINDAN AMPİRİK BİR ANALİZİ

Hakan AKAR¹, Lütfü SİZER²

ÖZ

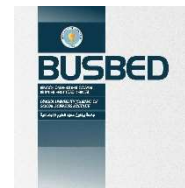
Çevresel olarak kilit konumda olan yenilenebilir kaynaklarının enerji verimliliği açısından objektif bir biçimde değerlendirilmesi büyük önem arz etmektedir. Bu doğrultuda, Sahra Altı Afrika bölgesindeki elektrik enerjisi ihtiyacına değinilmiş ve yenilenebilir kaynakların dağıtık enerji üretimi yönüne vurgu yapılmıştır. Ardından dağıtık enerji üretiminin enerji kayıplarına ve enerji kayıplarının dış borç stoklarına etkisi ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Buna paralel olarak Sahra Altı Afrika örneği üzerinde analizler yapılmıştır. Araştırma sonuçlarının enerji görünümü benzer diğer ülkelere de örnek oluşturması amaçlanmıştır. Uygulama kısmında Sahra Altı Afrika'ya ait 1971-2014 dönemi için yıllık veriler kullanılarak ARDL sınır testi analizi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, uzun dönemde değişkenler arasında istatistiksel olarak anlamlı eşbütünleşme ilişkisi bulunduğunu göstermiştir. İstatistiksel olarak anlamlı sonuçlara göre, dağıtık enerji üretiminde meydana gelen artışlar elektrik kayıp-kaçak miktarını azaltmaktadır. Elektrik kayıplarında meydana gelen artışlar ise dış borç miktarını artırmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji, Dağıtık Enerji Üretimi, Dış Borçlar, Sahra Altı Afrika, ARDL.

¹ Dr., hakanakar_hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2145-5894>

² Dr., Dicle Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, lutfu.sizer@dicle.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-9605-4286>

Article Type : Research Article
Date Received : 17.11.2022
Date Accepted : 04.01.2023



<https://doi.org/10.29029/busbed.1206376>

AN EMPIRICAL ANALYSIS OF RENEWABLE (DISTRIBUTED) ENERGY PRODUCTION IN SUB-SAHARAN AFRICAN COUNTRIES IN TERMS OF ENERGY EFFICIENCY AND PUBLIC DEBT

Hakan AKAR¹, Lütfü SİZER²

ABSTRACT

It is important to objectively evaluate renewable resources, which are in a key position environmentally with respect to energy efficiency. In this respect, the electricity energy need has been mentioned in the Sub-Saharan Africa region, and the distributed energy production aspect of renewable resources has been emphasized. Then, the effects of distributed energy generation on energy losses and the impact of losses on external debt stocks have been evaluated separately. In parallel with this, the analyzes have been made on the sub-Saharan African sample. The results of the research are aimed to set an example for other countries with a similar energy outlook. In the empirical part, ARDL boundary test analysis has been carried out using the annual data for the period of 1971-2014 belonging to Sub-Saharan Africa. The results obtained show that there is a statistically significant cointegration relationship between the variables in the long run. According to the statistically significant results, the increases in distributed energy production decrease the amount of electricity loss-leakage. Increases in electricity losses raise the amount of external debt.

Keywords: Renewable Energy, Distributed Energy Generation, External Debts, Sub Saharan Africa, ARDL.

¹ Dr., hakanakar@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2145-5894>

² Dr., Dicle University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, lutfu.sizer@dicle.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-9605-4286>

1. GİRİŞ

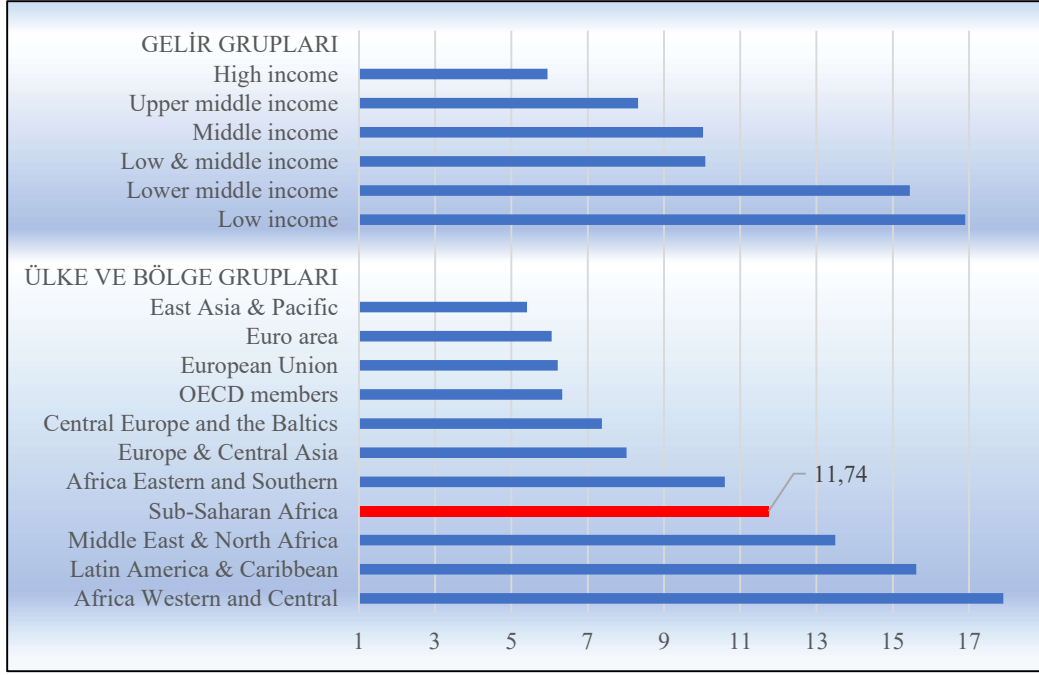
Enerji açığı günümüz ekonomilerinin en önemli sorunlarından biridir. Fakat bu açığı azaltmak için yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmak ekonomik açıdan gerçekten faydalı mıdır? Ayrıca yenilenebilir enerji üretiminin artırılması enerji verimliliğini düşürebilir mi? Yenilenebilir enerji üretimi ile dış borçlar arasında nasıl bir ilişki vardır? Çalışmada genel olarak bu sorulara yanıtlar aranacaktır.

Yenilenebilir enerji çevreci olması nedeniyle literatürde büyük bir ön kabule sahiptir. Yenilenebilir enerji santralleri (YES) tek başına düşünüldüğünde enerji üretimi açısından da kabul edilebilir yanları olabilir. Fakat geleneksel elektrik şebekesiyle bağlantılı YES'ler arttıkça enerji kayıplarının artabileceği de sorgulanmalıdır. Bu çalışma bu irdelemeyi yaparken enerji kayıplarına odaklanarak yenilenebilir enerjiyle ilgili diğer birçok çalışmadan farklılaşmaktadır. Ayrıca yenilenebilir enerji ile ekonomik büyüme arasında ters yönlü bir ilişkiye işaret eden Aslan ve Öcal (2016), Bulut ve Muratoğlu (2018), Doğan (2016), Destek ve Aslan (2017), Fang (2011), Marques ve Fuinhas (2012), Menegaki (2011), Öcal ve Aslan (2013), Yıldırım vd. (2012) gibi çalışmaların sonuçlarının açıklanmasında yardımcı olabilmektedir.

Genel olarak enerji açığı iki farklı sebepten kaynaklanabilir. Bunlardan biri enerji kaynaklarının yetersizliği, diğeri enerji altyapısının yetersizliğidir. Dünyanın birçok gelişmekte olan ekonomisinde olduğu gibi, Sahra Altı Afrika (SAA) bölgesinde de altyapı açığı bilenen bir gerçektir. Fakat bu bölgede enerji açığının sebeplerinden enerji altyapısının yetersizliği daha etkilidir. Bu nedenle, bölgede enerji altyapısını ve enerji hizmetlerini geliştirmek stratejik öncelikler arasındadır. Bölgede, sürdürülebilir büyüme politikalarının birinci odak alanı sürdürülebilir altyapının geliştirilmesi olmalıdır. Bu strateji özellikle temiz enerji olmak üzere, enerji erişim oranlarını artırmak ve enerji verimliliği üzerinde önemle durmayı gerektirir (African Development Bank, 2012: 9-10). Bu açıdan bakıldığında yenilenebilir enerji sürdürülebilir altyapı politikalarında kendine önemli bir yer bulabilir.

Dünyada yakın geçmişe kadar elektrik kullanımında yaygın görüş elektriğin belirli merkezlerde üretilip nakil hatları vasıtasıyla geniş bir bölgeye dağıtılmasıydı. Elektriğin üretildiği yerden başka bir yerde tüketilmesi enerji iletim ve dağıtım kayıplarına neden olarak büyük boyutlu enerji sistemlerine ilave maliyetler yüklemektedir. Bu açıdan bakıldığında, 2014 yılı verilerine göre SAA, toplam enerji üretiminde enerji iletim ve dağıtım kayıplarının dünyada en yüksek görüldüğü bölge olmuştur. Günümüzde dünya enerji iletim ve dağıtım kayıplarının üretilen toplam enerjiye oranı yaklaşık %8 iken SAA ortalaması %12'dir. Hatta bu oran, SAA ülkesi olan Kongo Cumhuriyetinde %45'e, Togo'da %71'e ulaşmaktadır (IEA Statistics, 2018). Büyük enerji şebekelerinin bir diğer dezavantajı da, kaçak elektrik kullanımınıdır. Yapılan bir araştırmaya göre, gelişmekte olan ülkelerdeki enerji verimliliğine yapılan 90 milyon dolar yatırımın, net 600 milyar dolar tasarruf sağlayacağı tahmin edilmiştir (Farrell & Remes, 2010: 26-27). Sonuç olarak enerji sistemlerinin verimliliğinin artırılması önemli bir noktadır.

Genellikle ekonomik büyüme ile elektrik üretimi arasındaki ilişkinin doğru orantılı olduğuna dair yaygın bir kanaat vardır. Fakat enerji verimliliği açısından bakıldığında, iletim ve dağıtım şebekesinde görülen yüksek kayıp oranları ekonomik büyümeyle ters bir ilişkiyi akla getirmektedir. Şekil 1'de gelir grupları açısından elektrik iletim ve dağıtım kayıpları incelendiğinde, üretilen toplam elektriğe oranla yaklaşık %17 ile en yüksek elektrik kayıplarına düşük gelirli ülkelerde rastlanmaktadır. Daha sonra %15,5 ile düşük orta gelirli ülkeler gelmektedir. Gelir seviyesi yükseldikçe elektrik kayıpları en nihayetinde %6'ya kadar düşmektedir. Ülke ve bölge gruplarında ise, %18 ile Orta ve Batı Afrika, %15,6 ile Latin Amerika, %13,5 ile Orta Doğu ve Kuzey Afrika, %11,7 ile de SAA gelmektedir.



Kaynak: IEA Statistics, 2018.

Şekil 1. 2014 yılı toplam elektrik üretimi içinde elektrik kayıplarının oranı

Afrika kıtası geniş güneş enerjisi, biyokütle ve rüzgâr kaynakları sayesinde dünyanın yenilenebilir enerji üretimi için teknik olarak en büyük potansiyele sahip coğrafyasıdır. Bu potansiyeli hayata geçirmek, önemli istihdam olanakları ve çevresel kazanımlar ile ekonomik büyümeyi olumlu yönde etkileyecektir (United Nations Economic and Social Council, 2011:17). Ayrıca ekonomilerinin en önemli girdi maliyeti olan enerji arzını genişleterek cari dengeye de katkı sağlaması mümkündür. Bu çerçevede çalışmanın devamında SAA ülkelerinde yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerjinin sunduğu fırsatlar enerji kayıpları ve kamu borçları açısından ele alınacaktır. Bu amaçla çalışmanın ilk bölümünde SAA coğrafyasında enerji görünümü ve yenilenebilir enerji sektörü anlatılacaktır. İkinci başlıkta dağıtık enerji üretimi (DEÜ), üçüncü başlıkta SAA'nın dış borç görünümü ve buna etki eden enerjiyle ilgili faktörler üzerinde durulacaktır. Dördüncü bölümde literatür ve beşinci bölümde yenilenebilir enerji üretimi, enerji kayıp-kaçakları ve dış borç değişkenleri üzerine ampirik bir analiz yapıldıktan sonra sonuç başlığında genel değerlendirme yapılarak çalışma tamamlanacaktır.

2. SAHRA ALTI AFRIKA ENERJİ GÖRÜNÜMÜ VE YENİLENEBİLİR ENERJİ

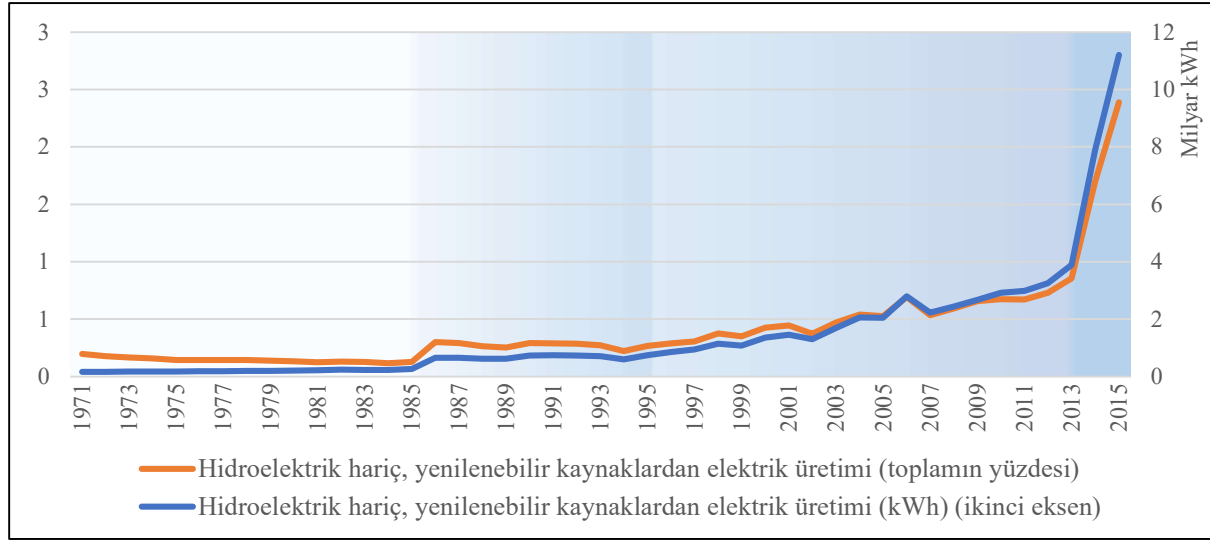
SAA'nın enerji ihtiyacı, küresel enerji verileri incelendiğinde ortaya çıkmaktadır. Dünyada 2020 yılında kişi başına enerji tüketimi %5,5 azalmıştır. Aynı yıl Kuzey Amerika'da enerji tüketimi Afrika'nın 10,7 kat üzerinde olmuştur. Afrika, dünyada 1987 yılından beri kişi başına enerji tüketim miktarının en az olduğu ve en az değişime uğradığı coğrafyadır. 2020 yılında küresel birincil enerji tüketiminin %13,9'unu Afrika kıtası, %6,2'sini de SAA gerçekleştirmiştir. Küresel elektrik üretiminin ise %3,1'ini Afrika kıtası, %1,1'ini SAA karşılamıştır. Bu veriler dünya enerji göstergeleri açısından önemsiz olsa da SAA'da küresel enerji üretim ve tüketim verileri karşılaştırıldığında bariz bir enerji açığına işaret etmektedir (BP, 2021: 12-13). Bazı Güney Afrika ülkeleri tüketebildiğinden daha fazla enerji üretse de bölgenin geneli için bunu söylemek mümkün değildir (Güneş & Arslan, 2018: 36).

Yıllar itibarıyla küresel elektrik üretim-tüketim dengesinde önemli değişiklikler olsa da elektrik üretiminde kullanılan doğal kaynak çeşitliliği daha önemli bir değişimi ifade etmektedir. Bu değişim de enerji üretiminde fosil yakıtlara karşı yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımınıdır. 2020 yılında yenilenebilir kaynakların küresel elektrik üretimdeki payı şimdiye kadarki en hızlı artışını kaydetmiştir. Bu durum, enerji talebinin düştüğü küresel salgın döneminde (2020-2022) bile son yıllarda gösterdiği güçlü büyümeyi devam ettirmiştir. Rüzgâr ve güneş enerjisi ise, iki katından fazla artışla bu değişimi en çok destekleyen sektörler olmuştur. Son beş yılda yenilenebilir enerji üretimi, küresel elektrik üretimindeki büyümenin yaklaşık %60'ını oluşturmuştur (BP, 2021: 64).

Yenilenebilir enerji yatırımlarının genişlemesinde etkili bazı faktörler vardır. Bunlardan biri yenilenebilir enerji sistemlerinin maliyetlerinin gün geçtikçe düşmesidir. Hatta yenilenebilir enerjide maliyet düşüşleri "yaparak öğrenme" yaklaşımıyla açıklandığından, maliyetler beklenenden daha fazla düşebilir. Çünkü sürekli artan miktarlarda yenilenebilir enerji sistemi kurulması "daha fazla öğrenmeye" olanak tanır. Mesela, 2016 yılında

rüzgâr ve güneş enerji sistemlerinde maliyetler sırasıyla beklenenden %25 ve %35 oranında daha fazla düşmüştür (BP, 2021: 9). Diğer bir faktör ise merkezi olmayan yenilenebilir enerji alternatiflerinin, emisyon oranı yüksek olan fosil enerji teknolojilerindeki yatırım risklerini taşıması, ekonomik ilerleme ve yerel katma değer üretimi için de önemli fırsatlar sunabilmesidir. Ayrıca bazı firmalar merkezi olmayan yöntemlerle uzak bölgelere hızlı ve düşük maliyetli temel enerji hizmetleri sunmaktadır. Bu avantajlarla dünyada 2012-2016 yılları arasında bu sektöre yapılan yatırımlar yıllık bazda iki katına çıkmış ve bunların %50'sinden fazlası Afrika merkezli firmalara gitmiştir (Lighting Global, 2018).

SAA'da 2009-2019 döneminde yenilenebilir kaynaklardan üretilen enerji %14,3 artışla dünya ortalamasının biraz altında seyretmiştir. Yenilenebilir enerji tüketiminde ise %13,6 artışla dünya ortalamasını aşmıştır (BP, 2021:5, 55-56). SAA'da, hidroelektrik santralleri hariç yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen elektrik 1985-2015 döneminde 42 kat ve 2013-2015 döneminde 3 kat artmıştır. Özellikle 1985 ve 2013 yıllarında yenilenebilir enerji üretiminde büyük bir kırılma yaşanmıştır (Şekil 2). Ayrıca bu süreçte toplam enerji kaynakları içinde yenilenebilir enerjinin payı %0,9'dan 2,4'e yükselmiştir (IEA, 2015).



Kaynak: IEA Statistics 2015.

Şekil 2. SAA'da yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimi (Milyar kWh)

Bütün bunlara rağmen günümüzde SAA'da fosil enerjiden temiz enerjiye sıçramayı sağlayacak kapsamlı bir plan bulunmamaktadır. Bu nedenle, Afrika'nın enerji altyapısının geliştirilmesi için yerel ve düşük karbonlu kalkınma mekanizmaları inşa edilmeli ve bunun için uluslararası teknolojik gelişmelerden yararlanan ileriye dönük bir yaklaşım izlenmelidir. Fakat bu süreç sadece enerji üretim teknolojilerinin seçimi ile değil, aynı zamanda enerji sisteminin nasıl dağıtıldıkları ve entegre edildikleriyle de ilgilidir. Daha merkezi olmayan yaklaşımlardaki ilerlemeler, yani yenilenebilir tabanlı mini şebeke ve şebekeden bağımsız enerji sistemleri, kırsal alan elektrifikasyonu için şebeke ağlarına alternatif bir strateji olarak düşünülebilir (Goel & Sharma, 2017: 1380).

Afrika dünyanın en kalabalık ikinci kıtasıdır. Buna rağmen kümülatif küresel CO2 emisyonlarının yalnızca %3'ünü ve günümüzde dünyanın yıllık CO2 emisyonlarının %5'inden azını üretmektedir. Afrika'nın yüksek emisyonlu ülkeleri olan Güney Afrika, Mısır, Cezayir, Nijerya ve Libya hariç diğer Afrika ülkeleri toplam yıllık küresel emisyonların sadece %1,6'sına katkıda bulunuyor. Dünyanın en düşük emisyon alan ülkeleri, Güney Afrika hariç, SAA ülkeleridir. Dolayısıyla SAA'da yenilenebilir kaynaklı dağıtık enerji üretimi ilk bakışta, bir çevre meselesinden çok enerji açığı meselesi gibi gözükmektedir (PwC, 2021: 21-22).

3. DAĞITIK ENERJİ ÜRETİMİ VE ETKİLERİ

Enerji kaynağının elektrige çevrilip kullanılmasında enerjinin üretimi kadar nihai tüketiciye ulaştırılması da önemlidir ve bu elektrik dağıtım sistemlerine bağlıdır. Genellikle elektrik dağıtım sistemlerinin dağıtım kısmında üretim olmadığından enerji akışı tek yönlü olarak işlemektedir. Fakat son yıllarda enerji üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının artan yoğunluğu enerji akış yönünü değiştirmeye başlamıştır. Bunun doğal sonucu olarak tüketim tarafından iletim sistemi havuzuna enerji transferinin olduğu, geleneksel sistemlere alternatif ve merkezi olmayan durum dağıtılmış enerji üretimi (DEÜ) olarak tanımlanmaktadır (Akdeniz vd., 2006).

DEÜ, enerji dönüşüm tesislerinin enerji tüketicilerine yakın yerleştirilmesi ve büyük birimlerin daha küçük olanlar ile değiştirilmesi anlamına gelir. Nihai durumda, dağıtılmış enerji üretimi, her binanın elektrik, ısı ve soğutma

enerjisi açısından tamamen kendi kendini besleyebileceği anlamına gelir (Alanne & Saari, 2006: 540). Başka bir ifadeyle dağıtık üretim, elektrik dağıtım şebekesine bağlı olmakla birlikte nihaî tüketiciye tüketim noktasında veya tüketicinin gerçekleştiği yerin yakınında hizmet sağlayan elektrik üretim sistemleridir (SHURA, 2021: 11). Dağıtılmış bir enerji sisteminin avantajları arasında, geleneksel merkezi enerji sistemine göre daha verimli, güvenilir ve çevre dostu olması gösterilebilir. DEÜ'nün önemi Kanada ve Rusya gibi yüzölçümü büyük ve seyrek yerleşimlere sahip ülkelerde ve ayrıca ulaşım imkânlarının zayıf olduğu bölgelerde daha da artmaktadır (Alanne & Saari, 2006: 541).

Elektrik üretim-tüketim sürecinde “iletim ve dağıtım kayıpları” veya “teknik-teknik olmayan kayıplar” veyahut “kayıp-kaçak oranları” olarak bilinen kavramların önemi gün geçtikçe artmaktadır. Kayıp miktarları elektrik şebekesine verilen enerji miktarı ile tüketicilere tahakkuk ettirilen enerjinin çıkarılmasıyla hesaplanır. Bu kayıplar enerji aktarımını ilgilendiren doğal bir durumdur. Bunlara teknik kayıplar da denmektedir. Bu kayıplar çok çeşitli faktörlere bağlıdır. Mesela, elektrik üretim ile tüketim yeri arasındaki mesafenin uzunluğu ile doğru orantılıdır. Ayrıca iletim hattının yer üstü olması, transformatör gibi sistemde kullanılan cihazların verimliliği ve gerilimdeki dalgalanmalar da etkilidir (Aslan, 2022: 285). Kaçak ise teknik sebeplerin dışında sosyal, ekonomik, siyasal, yönetsel, bölgesel vb. değişkenlere bağlıdır. Kısaca enerji kaçakları, elektrik arz eden firmaların dağıtımını gerçekleştirdiği elektriği nihaî tüketicilerin bedelsiz kullanmasıdır. Bu gibi kaçak kullanımlar merkezi enerji sistemlerinde daha çok görülür ve şu sorunlara neden olur: Kaçak elektrik kullanıcılarının elektrik sarfiyatı, kayıtlı kullanıcılara göre daha yüksektir. Bu durum da dağıtım hatlarında aşırı yüklenmelere ve gerilim yükselmesine neden olabilir. İstenmeyen bu dalgalanmalar sistemden beslenen tüm tüketicilerin elektrikli ev aletlerine zarar verebilir (Düzgün, 2018: 621-622).

Geleneksel enerji dağıtım sistemlerine DEÜ'nün entegre edilmesiyle elektrik şebekelerinde oluşan çift yönlü elektrik iletiminin doğuracağı yeni koşullar elektrik kayıp-kaçak oranları üzerinde fırsat ve tehditleri birlikte barındırır. Büyük ve merkezi bir tesiste üretilen enerjinin uzak bölgelerde tüketilmesi için uzun iletim hatlarına ihtiyaç vardır. Hat uzadıkça da enerji kayıpları artmakta ve ayrıca daha fazla şebeke yatırımına ihtiyaç olmaktadır. Geleneksel enerji üretiminde enerji talebinin karşılanması için kurulacak üretim santralleri enerjinin kaynağına yakın olan ve muhtemelen enerji tüketiminin yoğun olduğu bölgelere uzak noktalar tercih edilecektir (Düzgün, 2018: 625). Oysa tüketicilere yakın noktalarda elektrik şebekesine bağlanan düşük güçlü DEÜ kaynakları uzun iletim hatlarına olan ihtiyacı azaltmaktadır. Böylelikle iletim kayıplarını düşürmekte ve ayrıca iletim hatlarının ucunda iletim kayıplarının neden olduğu gerilim azalmalarını da telafi etmektedir. Özellikle dağıtık enerji santralinde üretilen enerji, bu kaynağa yakın tüketiciler tarafından kullanılması durumunda şebeke üzerindeki olumsuz etkilerini en aza indirmektedir (Dugan ve Mcdermott, 2001: 6).

DEÜ'nün yukarıdaki avantajlarına rağmen DEÜ santrallerinin de tüketicilerden uzak olması ve düşük gerilimden daha yüksek gerilime doğru enerji iletiminin olduğu durumlarda, iletim hatlarının aşırı yüklenmesine ve enerji kayıplarının daha da artmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle DEÜ kaynaklarının mevcut elektrik sistemine bağlantısının en uygun noktadan ve en uygun şekilde yapılması gerekmektedir (Lundberg, 2000: 4). Ayrıca DEÜ belirli bir yaygınlaşma düzeyinden sonra yeni problemler doğurmaktadır. DEÜ'nün merkezi sistemle yüksek düzeyde bütünleşmesi, geleneksel elektrik güç sistemlerinde enerji akışlarını değiştirir. Özellikle elektrik talebine göre daha fazla DEÜ'nün olduğu bölgeler, bu zorlukları yaşayacak ilk bölgelerdir. Örneğin; İngiltere'de 2019 yılı ağustos ayında yaşanan elektrik kesintileri DEÜ'lerinin ülke genelinde yaygın şekilde devreye girmesi nedeniyle yaşanmıştır (Baker, 2019).

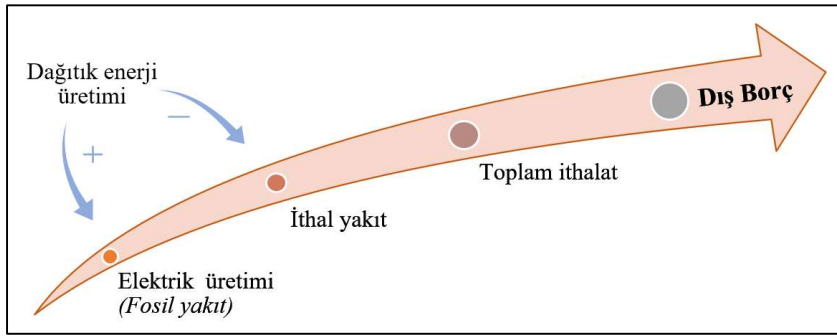
Yukarıda belirtilen şartlara uyulduğu takdirde, DEÜ entegrasyonunun sağlayacağı faydalar şöyle sayılabilir:

1. DEÜ sistem esnekliğini artırır. Yani geniş coğrafyaların merkezi ve tek bir sistemden beslenmesi arızaları ve aksaklıkları da bölgenin geneline yayar. Enerji sisteminin beslendiği kaynaklar çoğaldıkça sistemin bölgesel arızalara karşı duyarlılığı azalacak, hatta sistemin tamamen devre dışı kalmasını engelleyecektir.
2. Enerjinin iletim hatlarında uzun mesafeler kat etmesini engelleyerek şebeke enerji kayıplarını azaltır.
3. Şebeke farklı noktalardan besleneceği için gerilim ve enerji kalitesinin artırır.
4. Enerjinin yerleşim bölgeleri arasında aktarılması gerekmeyeceği için geleneksel iletim ve dağıtım sistemine yeni yatırım ihtiyacını azaltır.
5. Enerji talebini karşılamak için yüksek maliyetli geleneksel elektrik üretim santrali yatırımlarını azaltır.
6. Yerli imkânlarla elektrik üretim miktarını artırarak elektrik üretiminde kullanılan ithal yakıt maliyetlerini azaltır (SHURA, 2021: 6).

7. Kaçak enerji kullanımını azaltır.¹ Merkezi enerji üretime kıyasla yerel üretimin daha yaygın olması veya tüketicilerin bizzat üretimde de yer almalarıyla kaçak kullanım oranlarını azaltır.
8. Dağıtık üretim yeni istihdam ve elektrik satışıyla hane halkına yeni gelir akımları oluşturur. Böylece işsizlik ve ekonomik darboğazları hafifletmektedir (Depuru, 2011: 1009).

4. SAA'DA DIŞ BORÇLAR

Dış borçları belirleyen çok farklı sebep olsa da bu çalışma kapsamında SAA'da dış borçlar ve ona etki eden faktörler DEÜ bağlamında incelendiğinde genel çerçevesi Şekil 3'te görülebilir. Borç yüküne yön veren önemli değişkenlerden biri ithalat eğilimidir. İthalatın önemli bir kısmı ise yakıt ithalatından kaynaklanmaktadır. SAA'da yakıtların yaklaşık yarısı da enerji üretiminde kullanılmaktadır. Dolayısıyla DEÜ ile enerji üretiminin desteklenmesi ithal yakıtlarla elektrik üretim oranını azaltır, o da zincirleme olarak dış borçların olumlu etkilenmesini sağlayabilir. Ayrıca DEÜ'nün daha önce bahsedilen enerji verimliliği sağlaması bu etkiyi daha da artıracaktır.



Şekil 3. Dış borç-enerji ilişkisi

Bir bakış açısına göre borç, verginin alternatifini fakat geçici bir gelir artırıcı kaynaktır (Buchanan & Wagner, 1981: 58). Dış borç, kamu kesiminin dış finansman kaynaklarından elde ettiği veya yurtiçi şirketlerin gene dış kaynaklardan aldığı fonlara garanti olması veyahut bu kredileri tamamen üstlenmesi sonucu alınan fonların tamamına denir (Arrud, 2000: 5). Bu tanım, çalışmanın devamında yapılacak analize konu olan verilerin kaynağıyla da paralellik göstermektedir. Çoğu Afrika ülkesinin karşı karşıya olduğu ağır borç yükü, ekonomik büyüme ve gelişmelerinin önünde büyük bir engel teşkil etmekte ve bunun sonucunda düşük yaşam standartlarıyla birlikte yoksulluk seviyesini artırmaktadır. SAA'nın borç yükü, üretken yatırımlar için kullanılması gereken kaynakları dış borç servisinin döndürülmesi için harcadığından istihdam ve büyümesinin önünde ciddi bir engeldir (Manasseh vd., 2022: 2).

Tablo 1'de SAA ülkelerinin dış borç durumu verilmektedir. Buna göre, 2008'de 3.576.358.8 milyon dolar olan toplam dış borç stokunun 2009'da 3.849.726.9 milyon dolara yükseldiği ve daha sonra 4.533.538.0 milyon dolara yükseldiği görülmektedir. 2011 yılı itibarıyla, SAA toplam dış borç stoku 5.298.841.2 milyon dolara ulaşmıştır. 2012 ve 2014 yılları arasında, sürekli dış borçlanmanın bir sonucu olarak borç stokunun 1.207.079,4 milyon dolar arttığı görülmektedir. 2015 yılında 6,604,487,7 milyon dolar olan dış borç stoku, 2016 yılında 6,876,978.0 milyon dolara yükselirken, 2017 yılında gerileyerek 577.634,10 milyon dolara düşmüştür. Ancak 2017 yılında kaydedilen borç stokundan bu yana, dış borçta sürekli bir artış olmuştur.

Bir ekonomide dış borç stoku önemli bir gösterge olsa da borç yükünü gösteren birçok dış borç göstergesi bulunmaktadır. Bunlardan bazıları; borç/ihracat oranı, borç/GSMH oranı, borç servisi/ihracat oranıdır (Ajayi, 1997: 9). SAA'da 2009 yılında % 85,2 olan ihracatın dış borç stokuna oranı 2011 yılında % 76,4'e gerilemiştir. 2012 yılında % 81'e, 2013 yılında ise % 89'a yükselmiştir. İhracata yönelik dış borç stokları yıllar itibarıyla (2012-2020) artış göstermiştir. 2016'da %106,7' ye ulaştı ve 2017'de kaydedilen % 149,7'den 2020'de % 205,1'e yükselmiştir (Tablo 1).

¹ Kaçak elektrik kullanımı ise "ortak malların trajedisine" örtüşür ve kullanıcıları yıkıcı tüketime teşvik eder. Ortak malların trajedisi; toplum tarafından ortaklaşa kullanılan bir kaynağın, kendi çıkarları doğrultusunda hareket eden bağımsız bireyler tarafından, paylaşılan kaynağı topluca tüketerek veya bozarak toplum yararına zarar vermesidir. Bu neticeye sebep olan, her bireyin kendi faydasını artırmak için tüketimde rekabet etmesidir (Hardin, 1968: 1244).

Tablo 1.

SAA Dış Borç Görünümü

Yıllar	Dış borç stoku (milyon dolar)	Dış borç stoku (%, İhracat)	Dış borç stoku (%, GSMH)	Borç servisi (%, İhracat)
2008	3,576,358.8	63.3	21.4	4.89
2009	3,849,726.9	85.2	23.5	5.97
2010	4,533,538.0	80.5	22.6	4.66
2011	5,298,841.2	76.4	22.4	4.07
2012	5,872,326.0	81.0	23.3	5.87
2013	6,643,120.3	89.0	24.9	6.47
2014	7,079,405.4	93.1	25.5	8.28
2015	6,604,487.7	97.9	25.0	13.16
2016	6,876,978.0	106.7	26.0	13.11
2017	577,634.10	149.7	37.1	11.87
2018	613,463.00	142.4	37.7	15.35
2019	664,966.80	155.6	39.6	16.08
2020	701,945.10	205.1	43.7	20.98

Kaynak: World Bank. International Debt Statistics.

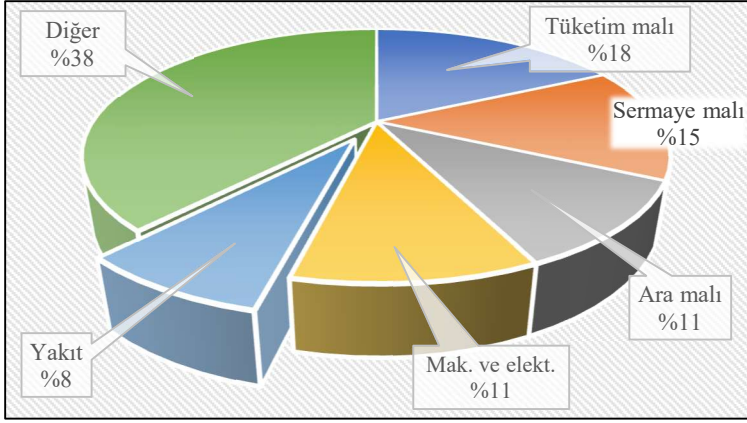
Dünya Bankası ve IMF, ülkeleri borçları yönünden değerlendirirken düşük derecede, orta derecede ve aşırı derecede borçlu ülkeler şeklinde sınıflandırmaktadır. Buna göre bir ekonomide dış borç stokunun GSMH'ye oranının % 50'nin üzerinde olması ağır borç yükü kabul edilmektedir (Evgin, 2000: 10). Aşırı borç yükü, ekonomiler için bir kırılma sebebi olur ve krizlerin öncü göstergeleri kabul edilir (Minsky, 1992: 4-5). Dünya Kalkınma Endeksi verilerine göre GSMH'nin yüzdesi olarak SAA bölgesinde dış borç yükünün, 1990 ile 2004 yılları arasında dünyada en yüksek olduğunu göstermektedir. Bu trend 2003'te kırıldıktan sonra yeni bir yükseliş eğilimine girmiştir. Bu eğilim 2008'de dip yapıp 2015 yılına kadar devam ederek ortalama %27,8 olmuştur. Dış borç stoku 2016'da %10'la artışa başlayarak 2020 yılında tekrar %40'ların üzerine çıkmıştır (Şekil 4). SAA bölgesinde ağır borç yükü olan ülke sayısı 2018'de 23 iken 2021'de 34'e kadar çıkmıştır. Borç servisinin ihracata oranı da 2008-2020 yılları arasında ortalama %10 ile kritik seviyenin (%30) altında olsa da 2012'de artış trendine girerek 2020'de %20 oranına ulaşmıştır (World Bank, International Debt Statistic).



Kaynak: World Bank. International Debt Statistic.

Şekil 4. SAA dış borç stoku (% GSMH)

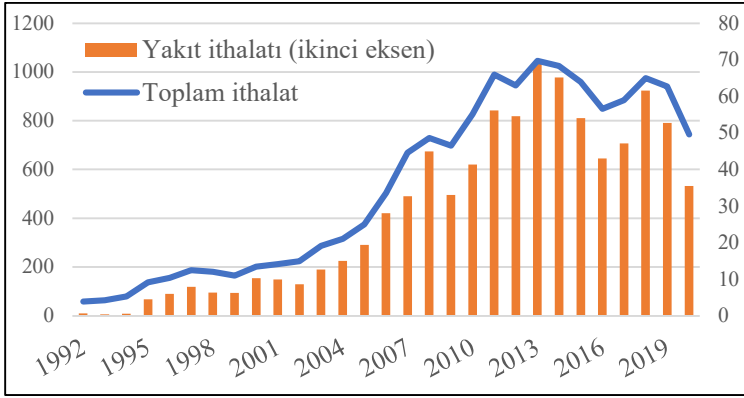
Borç yükü orta ve düşük gelirli ülkeler için önemli bir gösterge olsa da buna yön veren önemli değişkenlerden biri ithalat eğilimidir. SAA ülkelerinde 2020 itibarıyla ithalatın %63'ü beş farklı kalemden kaynaklanmaktadır (Şekil 5). Bunlar; sırasıyla %18 tüketim mallarından, %15 sermaye mallarından, %11 ara mallarından, %11 makine ve elektronik mallarından ve %8 yakıtlardan oluşmaktadır. 1990-2020 yılları kümülatif toplamı da aynı sıralamayı vermektedir.



Kaynak: World Bank. World Integrated Trade Solution.

Şekil 5. SAA ithalat kalemleri (% Toplam İthalat)

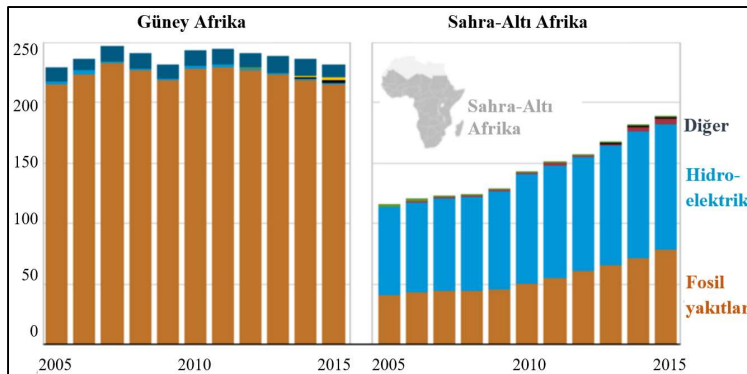
SAA yakıt ithalatının toplam mal ithalatı içindeki oranına bakıldığında, ortalama %5'tir. Şekil 6'ya dikkat edilirse yakıt ithalatı ile toplam mal ithalatı arasında paralellik görülmesi birbirlerinden etkilendiği savını güçlendirmektedir.



Kaynak: World Bank. World Integrated Trade Solution: Fuel imports (% of merchandise imports) – Sub Saharan Africa.

Şekil 6. Yakıt ithalatı (dolar, milyon)

Yakıtların dünyada en yaygın kullanım alanlarından biri de elektrik üretimidir (Dobbs vd., 2011). SAA'da elektrik üretimi ortalama %45 oranında fosil yakıtlara bağımlıdır. Güney Afrika gibi bazı ülkelerde elektrik üretiminin fosil yakıtlardan sağlanan kısmı %95'lere kadar çıkmaktadır (Şekil 7).



Kaynak: U.S Energy Information Administration, International Energy Statistics.

Şekil 7. SAA'da elektrik üretim kaynakları

Daha önceden de bahsedildiği gibi, fosil yakıt ithalatı ise borçlara negatif yansımaktadır. Afrika yeraltı enerji kaynakları açısından da zengin bir coğrafyadır. Bunun sonucu olarak, neredeyse 1971 yılından beri toplam ihracatının %40'tan fazlası enerji ihracatıdır. Fakat her yıl gerçekleşen fosil yakıt ithalatı da görülmektedir. Ayrıca,

enerji ihracat oranı da 2006-2014 döneminde %8 civarında düşmüştür (World Bank, World Development Indicators). Dolayısıyla son yıllarda SAA enerji üretiminin dış borçlar açısından öneminin arttığı söylenebilir.

5. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Çalışmanın devamında analiz iki aşamalı planlandığı için ilgili literatürün de buna uygun olarak “dağıtık enerji üretimi ve enerji kayıpları” ile “yenilenebilir enerji ve dış borç” olmak üzere ikiye ayrılması tercih edilmiştir.

5.1. Dağıtık Enerji Üretimi ve Enerji Kayıpları

Yenilenebilir enerji şebekelerinin enerji kayıp ve kaçakları üzerindeki etkisini araştıran çeşitli çalışmalar mevcuttur. DEÜ ile entegre akıllı şebekelerin ve dağıtık enerji depolama sistemlerinin geliştirilmesine, DEÜ'nün merkezi sisteme bağlantı noktaları ile bağlantı özelliklerine vurgu yapan, DEÜ'nün belirli senaryolarda enerji kayıplarını azalttığı sonucuna ulaşan araştırmacılar çoğunluktadır (Carpinelli vd., 2013; Fichera vd., 2020; Li vd., 2020, Thornton & Monroy, 2011; Xu vd. 2017). DEÜ'nün, enerji kayıplarını önce azaltan fakat piyasanın genişlemesiyle durumun tersine döneceğini tespit eden çalışmalar da bulunmaktadır (Khosravi vd., 2018; Quezada & Abbad, 2006). Akıllı dağıtım sistemlerinin etkinliğine bağlı olarak DEÜ'nün enerji kayıpları üzerinde hem olumlu hem de olumsuz etkileri görülebileceğini belirten araştırmalara da örnek bulunmaktadır (Song vd., 2012).

Carpinelli vd. (2013) güneş ve rüzgâr gibi yenilenebilir kaynakların kesintili oluşuna dikkat çekmiştir. Fakat buna rağmen, gelecekte yenilenebilir kaynakların akıllı şebekeler ile elektrik dağıtım sistemlerine daha çok entegrasyonu elektrik sistemlerini tamamlayıcı niteliğini vurgulamaktadır. Bu nedenle hem enerji depolama cihazlarının dâhil olduğu Akıllı Şebekenin hem de harici bağlantılı şebekenin faydalarını ölçme ihtiyacı da artacaktır. Ayrıca dağıtık enerji depolama sistemlerinin yaygınlaşması için sermaye hibesi gibi teşviklerin uygulanmasının faydalı olacağı tespit edilmiştir (Carpinelli, 2013: 994).

Fichera vd. (2020) İtalya'da merkezi şebekeye entegre olmuş çatı üstü güneş paneli uygulamalarına dayanan analizinde geleneksel sistemler ile 50 ve 200 metreye kadar elektrik alışverişine izin veren üç farklı senaryoyu karşılaştırmıştır. En iyi sonucu 200 metreye kadar enerji alış-verişine imkân veren senaryo sağlamıştır. Böylelikle fosil yakıttan elde edilen enerji tasarrufu %99'a yaklaşırken, enerji ticaretinin izin verilen mesafesi arttıkça önlenen karbondioksit miktarının da artmakta olduğu sonucuna ulaşmıştır. Ayrıca geleneksel enerji sistemine kıyasla DEÜ, bir kilovat enerjide işletim maliyeti yılda 383 Euro'ya kadar azalabilmektedir.

Li vd. (2020) dağıtık üretimde enerji depolama ile enerji arz ve talebindeki dalgalanmaların dengeleneceğini vurgulamıştır. Buna göre, ihtiyaçtan fazla enerji üretildiğinde enerji, talebinin doruk saatlerinde kullanılmak üzere depolanır. Enerji depolama, enerji kullanım saatlerini artırır, trafo ekipmanı kullanımını ve dağıtım ağlarında temiz enerji üretim ekipmanlarının kullanımını iyileştirir. Aynı zamanda depolama ekipmanları, enerji kayıplarını azaltarak yatırımcıların temiz enerji üretimindeki çıkarlarını artırır. Enerji depolama DEÜ'nde işletme gelirini büyük ölçüde artırabilmekte yatırım maliyetini düşürebilmektedir.

Thornton ve Monroy (2011)'un yaptıkları araştırmaya göre, Amerika Birleşik Devletleri'nde elektrik üretimi içinde DEÜ'nün artmakta olduğu tespit edilmiştir. Bu durum elektrik santralini fiziksel olarak tüketiciye yakın konumlandırarak iletim ve dağıtım kayıplarını önleme hedeflerini ve ayrıca ısı ve enerjinin birlikte üretilme imkânı da sağladığı ifade edilmektedir. Dağıtılmış üretim, gelecekteki enerji talebinin şu anda merkezi enerji santrallerinde kullanılanlardan daha temiz ve daha verimli yöntemlerle dengelenmesinin anahtarı olarak görülmektedir.

Xu vd. (2017) dağıtılmış enerji kaynaklarının enerji depolama cihazlarıyla beraber merkezi elektrik sistemine entegre edilmesi halinde üretim maliyetlerini azaltabileceğini, enerji üretimindeki dalgalanmaları yumuşatabileceğini, toplu enerji üretimindeki ve dağıtımındaki kayıpları azaltabileceğini ve elektrik şebekesindeki kullanıcılara sürdürülebilir enerji sağlayabileceğini gösteriyor.

Quezada ve Abbad (2006) çalışmalarında DEÜ'den enerji kayıplarına doğru her zaman pozitif bir etkinin olmadığını göstermektedir. Buna göre, DEÜ'nün bir fonksiyonu olarak enerji kayıpları varyasyonunun, karakteristik bir U-şekilli yörünge sunduğunu göstermektedir. Ayrıca, DEÜ birimleri elektrik ağı boyunca daha fazla dağıldığında, yüksek kayıpların azalması beklenebilir. Çalışmada kombine ısı ve güç, rüzgâr enerjisi, fotovoltaik ve yakıt hücreleri gibi farklı DEÜ teknolojilerinin kayıplar üzerindeki etkisi de analiz edilmiştir. DEÜ teknolojileri ile ilgili olarak, enerji kayıplarının azaltılmasında en düşük performans gösterenin kesintili ve düzensiz enerji beslemesi nedeniyle rüzgâr enerjisi olduğu tespit edilmiştir.

Mevcut dağıtım ağlarını besleyecek, tüketicileri birbirine bağlayacak fakat iyi düzenlenmeyen DEÜ'ler mevcut dağıtım sisteminin kontrol merkeziyle iletişim kurmadan kendi programına göre çalıştırılacaktır. Song vd. (2012)'e göre, bu durum DEÜ'lerin Akıllı Dağıtım Ağı'na (ADA) entegrasyonunu ve akıllı şebekelerin geliştirilmesini

gerektirir. ADA, enerji dağıtım şebekelerinin verimliliğinin iyileştirilmesinde yeni fırsatlar sunarak elektrik kayıplarını azaltabilir.

Teorik çerçevede bahsedildiği gibi, dağıtık üretim de enerji kayıplarıyla ilişkilendirilmektedir. Son yıllarda, dağıtılmış üretimin ağıdaki artan etkisi nedeniyle, kayıpların dağıtık üreticiler arasında paylaşılmasının önemi artmıştır. Fakat maliyetlerin üreten ve üretmeyen tüm kullanıcılara eşit yansıtılması birçok elektrik kullanıcılarına fazladan yük getirecektir. Bu nedenle sadece üreten tüketicilerin ve tüketici topluluklarının elektrik dağıtım sisteminde sebep oldukları dengesizlikler ve kayıplar oranında sorumlu olmaları gerekir (SHURA, 2021:35). Fakat DEÜ'lerin varlığında sistem kayıplarının tedarikçiler ve tüketiciler açısından ayrı ayrı değerlendirilmesi ve sebep olunan kayıpların tahsisi bu konudaki en önemli kilit noktadır. Bu sorunu çözmek amacıyla Khosravi vd. (2018) DEÜ birimlerini de dâhil ederek dağıtım sistemlerinde dağıtım kayıplarının paylaşılması için yeni bir yöntem geliştirmiştir.

5.2. Yenilenebilir Enerji ve Dış Borç

Hatırlanacağı üzere dış borç, bir ülkenin yabancı borç verenlerden sağladığı ve toplam devlet borcunun bir bileşenidir. Yabancı kredilerden borç alınmasının pek çok sebebi olsa da genel olarak tahmin edilen harcamanın ülkenin beklenen gelirlerini aşmasının neden olduğu söylenebilir. Ödemeler dengesi açıkları, ithalat talebi dış borçların bu çalışma açısından önem arz eden özel sebepleri olduğu söylenebilir (Sağdıç & Fazlı, 2020: 895-896). Bu çalışma açısından dış borçların sebeplerinin, ödemeler dengesi açıkları ithalat talebi olduğu söylenebilir

Bir ekonomide yakıt ithalatı gibi yurtiçinde üretilmeyen mal ve hizmetlerin dışarıdan alınması kısa vadede gider artırıcı gelir azaltıcı etki yaparak dış borç baskısını artırmaktadır. Daha önce Şekil 6 ve 7'de bahsedildiği gibi, SAA'da elektrik üretiminin ortalama %45 fosil yakıtlara bağımlı olduğu ve toplam mal ithalatı ile yakıt ithalatı arasında ilişki göze çarpmaktadır. Bu koşulların birleşmesi, üretimde enerji verimliliği ile dış borç analizini önemli kılmaktadır. Literatürde dış borçların reel gelir üzerindeki etkisini araştıran (Checherita-Westphal & Rother, 2012; Fosu, 1999; Makun, 2021; Mohd Dauda vd. 2013; Toktaş vd., 2019; Zaghoudi, 2020) gibi çalışmalara ve dış borçların enerji tüketimi ve çevre kirliliği üzerindeki etkisini araştıran (Akam vd. 2021; Bese vd., 2021; Hashemizadeh, 2021; Katircioglu & Celebi, 2018; Wang vd., 2021) gibi çalışmalara sıkça rastlanmaktadır. Hatta son yıllarda dış borç ile yenilenebilir enerji tüketimini konu edinen Jabari vd. (2022) gibi araştırmaları da görmek mümkündür. Fakat analizin yönü dış borçlardan yenilenebilir enerji üretimine doğru yapılmıştır. Bu çalışmada ise, bunun tam tersi analiz edilecek olup literatürde bu tarz çalışmalara pek rastlanmamıştır.

Jabari vd. (2022) Türkiye'de 1980-2016 dönemi verileriyle reel gelir, yenilenebilir enerji, krediler ve dış borç arasındaki ilişkiyi Bootstrap ARDL modeli ile analiz etmiştir. Araştırmanın sonuçlarına göre Türkiye'de yenilenebilir enerji tüketimi ile özel sektöre verilen krediler arasında doğru orantı, ayrıca dış borçlardan yenilenebilir enerjiye doğru negatif ilişki söz konusudur.

6. AMPİRİK ANALİZ

Enerji tüm dünya ülkelerinde en önemli konulardan biri olmakla birlikte enerji üretiminde dışa bağımlı ülkelerde bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Bu sorunun üstesinden gelebilmek için yerli enerji kaynaklarını daha etkin kullanmak bir çözüm olarak düşünülebilir. Bu kapsamda, yenilenebilir enerjinin özel bir şekli olan dağıtık enerji üretiminin artırılmasıyla enerji kayıp ve kaçakları arasında bir ilişki olduğu düşünülmektedir. Teorik olarak bakıldığında, enerji kayıplarının azalmasıyla artan enerji verimliliği, enerji ithalatına daha az kaynak ayrılmasını sağlayarak dış borçları azaltacaktır. Bu doğrultuda, araştırmanın devamında SAA çerçevesinde bir analiz yapılacaktır. Bu analizde öncelikle DEÜ'nün enerji kayıp-kaçakları üzerindeki etkisi analiz edilecektir. Ardından kayıp-kaçak oranlarının dış borç stokuna etkisi araştırılacaktır.

6.1. Veri Seti, Model ve Metodoloji

Çalışmada, SAA ülkesi için kullanılan veriler aynı dönemlere ait olmadığı için ortak dönem 1971-2014 seçilip yıllık veriler kullanılarak analiz gerçekleştirilmiştir. Araştırmada kullanılan değişkenlere ait detaylı bilgiler Tablo 2'de verilmiştir. Ayrıca burada kısaca ifade etmek gerekirse; yenilenebilir enerji üretiminin DEÜ'yü temsil ettiği kabul edilmiştir. Dağıtık enerji üretimi (DEÜ, kWh) kilowatt saat cinsinden değerlerdir. Elektrik iletim ve dağıtım kayıpları (KAYIP, %), kayıpların toplam elektrik üretimine oranını ifade etmektedir. Dış borç (BORC, dolar) ise, kamu ve kamu garantili toplam dış borç ödemelerinin cari ABD Doları tutarlarıdır. Uygulama kısmında analizleri gerçekleştirmek için "EViews 12" paket programı kullanılmıştır.

Tablo 2.

Değişken Tanımları ve Kaynaklar

Değişken	Tanım	Kaynak
DEÜ	Hidroelektrik hariç yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimi.	IEA
KAYIP	Toplam elektrik üretiminin yüzdesi olarak elektrik iletimi ve dağıtım kayıplarını içerir. Bunlar; elektrik arz kaynakları ile dağıtım noktaları arasındaki iletimden ve elektriğin tüketicilere dağıtımından (kaçak kullanım) kaynaklanan kayıplardır.	IEA
BORC	Kamu ve kamu garantili dış borç servisinin cari fiyatlarla dolar cinsinden ifadesidir. Kamunun ve kamu tarafından garanti edilen uzun vadeli dış borçlara ilişkin anapara ve faiz ödemelerinin toplamıdır.	Dünya Bankası, Uluslararası Borç İstatistikleri

Modelde kullanılan değişkenlere ait ayrıntılı bilgiler verildikten sonra kullanılacak model yapısı hakkında bilgi verilmiştir. Çalışmada kullanılan model yapısı aşağıda verilmiştir:

$$KAYIP = f(DEÜ) \quad \text{Model I}$$

$$BORC = f(KAYIP) \quad \text{Model II}$$

KAYIP'ın bağımlı değişken, DEÜ'nün bağımsız değişken olduğu regresyon Model I ile, BORC'un bağımlı değişken, KAYIP'ın bağımsız değişken olduğu regresyon Model II ile aşağıda gösterilmiştir.

$$KAYIP_t = \alpha_0 + \alpha_1 DEÜ_t \quad \text{Model I}$$

$$BORC_t = \alpha_0 + \alpha_1 KAYIP_t \quad \text{Model II}$$

Pesaran vd. (2001)'nin geliştirmiş olduğu sınır testi, değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkinin varlığını araştırmak amacıyla öncelikle bağımlı değişkene göre uyarlanan sınırlandırılmamış bir hata düzeltme modeli tahmin etmektedir. Bu kapsamda yukarıdaki regresyon denklemleri ARDL(p, q) modeli formatında yeniden ifade edilmiştir.

$$\Delta KAYIP_t = \alpha_0 + \alpha_1 t + \alpha_2 KAYIP_{t-1} + \alpha_3 DEÜ_{t-1} + \sum_{i=1}^p \gamma_{1,i} \Delta KAYIP_{t-i} + \sum_{i=0}^q \gamma_{2,i} \Delta DEÜ_{t-i} + \varepsilon_{1t} \quad \text{Model I}$$

$$\Delta BORC_t = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 BORC_{t-1} + \beta_3 KAYIP_{t-1} + \sum_{i=1}^p \varphi_{1,i} \Delta BORC_{t-i} + \sum_{i=0}^q \varphi_{2,i} \Delta KAYIP_{t-i} + \varepsilon_{2t} \quad \text{Model II}$$

α_0 ve β_0 sabit terimi, α_1 ve β_1 deterministik trendin katsayısını, $\alpha_2, \alpha_3, \beta_2, \beta_3$ parametreleri uzun dönem katsayılarını ve $\gamma_1, \gamma_2, \varphi_1, \varphi_2$ parametreleri ise kısa dönem katsayılarını, (p,q) optimal gecikme uzunluğunu, Δ fark operatörünü, ε_t hata terimini ifade etmektedir. ARDL sınır testi sonuçlarına göre değişkenler arasında bir eşbütünlüşme ilişkisi tespit edilmesi durumunda uzun ve kısa dönem katsayılarının tahmini yapılabilmektedir. Pesaran vd. (2001) değişkenler arasındaki eşbütünlüşme ilişkisini test etmek için iki test ileri sürmüştür. Bunlardan ilki alt ve üst kritik değerlere sahip standart F-testidir (sınır testi). Bu yöntemde Pesaran vd. (2001) tarafından elde edilen kritik değerler hesaplanan test istatistiği ile karşılaştırılmakta; hesaplanan test istatistiği üst kritik değerinden büyükse, değişkenler arasında eşbütünlüşme ilişkisi bulunmadığını kabul eden sıfır hipotezi reddedilmektedir. Yani değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki bulunduğunu ifade etmektedir. Diğer testte ise, bir hata düzeltme modelinde, değişkenlerin uzun dönem denge değerlerine yakınsanması beklenir. Bunun için aşağıdaki hata düzeltme modeli tahmin edilir ve hata düzeltme katsayısının (λ) negatif ve istatistiki olarak anlamlı olması gerekir (Pesaran vd., 2001).

$$\Delta KAYIP_t = \alpha_0 + \alpha_1 t + \alpha_2 KAYIP_{t-1} + \alpha_3 DEÜ_{t-1} + \sum_{i=1}^p \gamma_{1,i} \Delta KAYIP_{t-i} + \sum_{i=0}^q \gamma_{2,i} \Delta DEÜ_{t-i} + \lambda ECM + \varepsilon_t \quad \text{Model I}$$

$$\Delta BORC_t = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 BORC_{t-1} + \beta_3 KAYIP_{t-1} + \sum_{i=1}^p \varphi_{1,i} \Delta BORC_{t-i} + \sum_{i=0}^q \varphi_{2,i} \Delta KAYIP_{t-i} + \lambda ECM + \varepsilon_t \quad \text{Model II}$$

6.2. Bulgular

Analizin bu kısmında dağıttık enerji üretiminin elektrik kayıpları ve elektrik kayıplarının da dış borç ödemeleri üzerindeki etkileri analiz edilmiştir. Bunun için öncelikle birim kök testleri ve ardından ARDL eşbütünlüşme analizi yapılmıştır.

Eşbütünlüşme analizine geçmeden önce değişkenlerin durağanlık düzeylerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla çalışmada kullanılan değişkenlere birim kök testleri uygulanmıştır. Elde edilen birim kök testi sonuçları Tablo 3'te sunulmaktadır.

Tablo 3.
Birim Kök Testi Sonuçları

Değişkenler	ADF		PP	
	Kesmeli	Kesmeli ve Trendli	Kesmeli	Kesmeli ve Trendli
DEÜ	0.801594	-2.680821	1.204038	-2.721956
KAYIP	-1.217139	-3.306974***	-3.306974	-8.887358***
BORC	-2.625671***	-3.108650	-3.994939*	-3.031730
Δ DEÜ	-5.797900*	-5.918307*	-5.646983*	-5.774312*
Δ KAYIP	-9.176924*	-9.061187*	-9.230271*	-9.121550*
Δ BORC	-6.368780*	-6.587077*	-6.400161*	-7.058053*

Not: *, ** ve *** sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyinde anlamlı olduğunu, Δ : fark operatörünü belirtmektedir.

Tablo 3 incelendiğinde DEÜ değişkeni hem ADF hem de PP birim kök testine göre düzey değerlerinde durağan olmadığı, fakat serinin birinci farkı alındığında hem ADF hem de PP birim kök testlerine göre durağan hale gelmiştir. Yani DEÜ değişkeni birinci farkında durağan (I(1)) çıkmıştır. Ayrıca KAYIP ve BORC değişkenlerinin düzey değerlerinde (%10 anlamlılık düzeyinde) durağan olduğu tespit edilmiştir. Yapılan birim kök testi sonuçlarına göre hem değişkenlerin farklı dereceden durağan çıkmaları hem de gözlem sayısının küçük olması nedeniyle çalışmada ARDL model yapısı tercih edilmiştir.

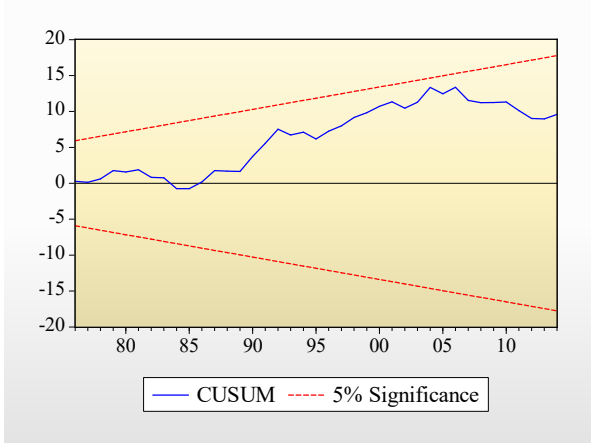
Elde edilen birim kök testi sonuçlarına göre analizde kullanılan hiçbir değişkenin I(2) olmadığı belirlendikten sonra değişkenler arasındaki ARDL eşbütünleşme ilişkisine bakılabilmektedir. Dağıtık enerji üretimi ile enerji kayıp-kaçaklarını analiz eden Model I için Schwartz Bilgi Kriterine göre en uygun modelin ARDL (1,0) modeli olduğu belirlenmiştir. Buna göre KAYIP değişkeninin 1 gecikmeli değeri, DEÜ değişkeninin gecikmesiz değeri modele dâhil edilmiştir. Uygun model seçilirken genelden özele doğru yaklaşımı kullanılarak en düşük SIC değerine sahip sabitli ve trendli model seçilmiştir. Dış borç ödemeleri ile enerji kayıp-kaçaklarını analiz eden Model II için Schwartz Bilgi Kriterine göre en uygun modelin ARDL (1,0) modeli olduğu belirlenmiştir. Buna göre BORC değişkeninin 1 gecikmeli değeri, KAYIP değişkeninin gecikmesiz değeri modele dâhil edilmiştir. Uygun model seçilirken genelden özele doğru yaklaşımı kullanılarak en düşük SIC değerine sahip sabitli model seçilmiştir.

E-Views programında tahmin edilen her iki ARDL (1, 0) modellerinin uzun dönemli eşbütünleşme tahminlerine geçmeden önce bazı testlere bakılması gerekmektedir. Bunlar: otokorelasyon (Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test), değişen varyans (heteroskedastisite), spesifikasyon hatası (Ramsey RESET Test), normallik testi (Jarque-Bera), parametre tahminlerinin istikrar koşulları (CUSUM ve CUSUM kare testi)dir.

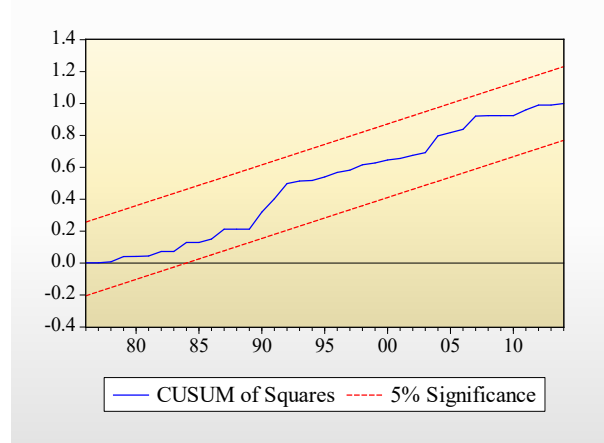
Tablo 4.
ARDL (1, 0) Modeli Ön Testleri

Model testleri	Hesaplanan değer		Çıkarım
	Model I	Model II	
Otokorelasyon (Breusch-Godfrey)	F-istatistiği: 2.315648 Prob. F: 0.1128	F-istatistiği: 0.235748 Prob. F: 0.7911	Hesaplanan F-istatistiğinin p değeri kritik değerden büyük olduğu için otokorelasyon sorunu olmadığını gösterir.
Değişen varyans/ Heteroskedastisite (Breusch-Pagan- Godfrey)	F-istatistiği: 1.512401 Prob. F: 0.2264	F-istatistiği: 0.531220 Prob. F: 0.5920	Hesaplanan F-istatistiğinin p değeri kritik değerden büyük olduğu için değişen varyans sorunu olmadığını gösterir.
Ramsey RESET Test	F-istatistiği: 1.624215 Prob. F: 0.19	F-istatistiği: 1.602275 Prob. F: 0.2131	Hesaplanan F-istatistiğinin p değeri kritik değerden büyük olduğu için spesifikasyon hatası olmadığını gösterir.
Normallik	Jarque-Bera: 3.386503 Prob: 0.183620	Jarque-Bera: 4.692652 Prob: 0.095720	Hesaplanan istatistiğinin p değeri kritik değerden büyük olduğu için kalıntılar normal dağılmaktadır.

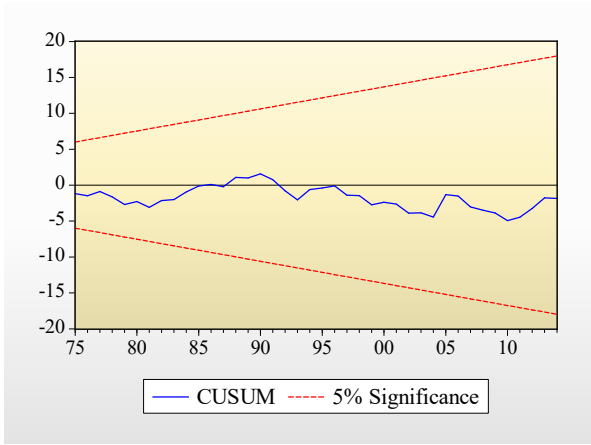
Bu testlerin dışında istikrar koşulunu gösteren iki tane daha test vardır. Bunların sonuçları da aşağıdaki grafiklerde verilmektedir. Çıkan sonuçlara göre her iki testte de parametre tahminleri %5 güven düzeyinde istikrar koşulunu sağlamaktadır.



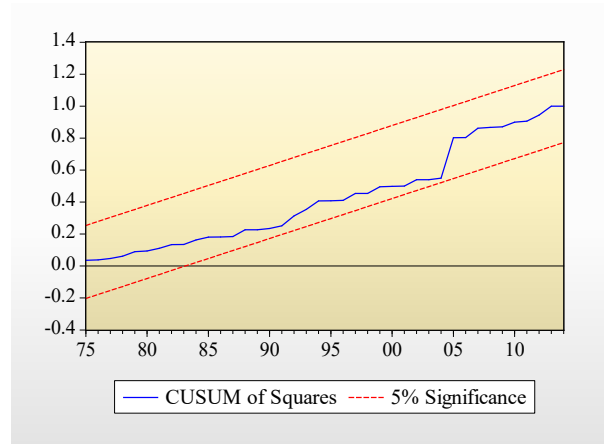
Şekil 8. Model I CUSUM testi



Şekil 9. Model I CUSUM kare testi



Şekil 10. Model II CUSUM testi



Şekil 11. Model II CUSUM kare testi

Tablo 4 ile Şekil 8-11 incelendiğinde testlerin istenen değerlerde olduğu ve modelin uzun dönemli tahminlerine geçmeye bir engel olmadığı görülmektedir.

Tablo 5.

ARDL (1, 0) Model Sonuçları

Panel A: Uzun Dönem Tahminleri				
Model I				
Bağımlı Değişken:	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	P değeri
Δ KAYIP				
DEÜ	-0.194049	0.101454	-1.912676	0.0632
Model II				
Bağımlı Değişken:	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	P değeri
Δ BORC				
KAYIP	3.100162	1.041472	2.976711	0.0049
Panel B: Kısa Dönem Tahminleri				
Model I				
Bağımlı Değişken:	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	P değeri
Δ KAYIP				
C	2.977523	0.774094	3.846464	0.0004
@Trend	0.015130	0.004015	3.768235	0.0005
EC_{t-1}	-0.531623	0.138466	-3.839373	0.0004
$\bar{R}^2 = 0.23, DW = 2.03$				
t-Sınır Testi	α	I(0)	I(1)	
t= -3.839373	%10	-3.13	-3.4	
	%5	-3.41	-3.69	
	%2.5	-3.65	-3.96	
	%1	-3.96	-4.26	

Model II				
Bağımlı Değişken :				
$\Delta BORC$	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	P değeri
C	2.775674	0.777906	3.568137	0.0010
EC_{t-1}	-0.173688	0.050134	-3.464459	0.0013
$\bar{R}^2 = 0.20, DW = 2.12$				
t- Sınır Testi		α	I(0)	I(1)
t=-3.464459		%10	-2.57	-2.91
		%5	-2.86	-3.22
		%2.5	-3.13	-3.5
		%1	-3.43	-3.82
Panel C: Sınır Testi Sonuçları				
Model I				
H_0 : Eşbütünleşme yoktur.				
	A	I(0)*	I(1)*	
F=7.186132	%10	5.59	6.26	
K=1	%5	6.56	7.3	
	%1	8.74	9.63	
*: n=75 için Narayan (2005) tarafından üretilen kritik değerlerdir.				
Model II				
H_0 : Eşbütünleşme yoktur.				
	A	I(0)*	I(1)*	
F=5.854865	%10	4.04	4.78	
K=1	%5	4.94	5.73	
	%1	6.84	7.84	
*: n=75 için Narayan (2005) tarafından üretilen kritik değerlerdir.				
Panel D: Tanısal Test Sonuçları				
Model I				
$\bar{R}^2 = 0.82$				
$DW = 2.03$				
Otokorelasyon (Breush-Godfrey): F=2.31 (p=0.11)				
Normallik (Jarque-Bera): JB= 3.38 (p=0.18)				
Değişen varyans (Breush-Pagan-Godfrey): F= 1.51 (p=0.22)				
Model II				
$\bar{R}^2 = 0.94$				
$DW = 2.12$				
Otokorelasyon (Breush-Godfrey): F= 0.23 (p=0.79)				
Normallik (Jarque-Bera): JB=4.69 (p=0.09)				
Değişen Varyans (Breush-Pagan-Godfrey): F=0.53 (p=0.59)				

Tablo 5'te Panel C'de yer alan sınır testi sonuçlarına göre Model I'e ait F sınır testi %10 anlamlılık düzeyinde anlamlı çıkmıştır. Yani uzun dönemde dağıtık enerji üretimi ile elektrik iletim ve dağıtım kayıpları değişkenleri arasında anlamlı bir eşbütünleşme ilişkisi bulunmuştur. Aynı şekilde Model II'e ait F sınır testi %5 anlamlılık düzeyinde anlamlı çıkmıştır. Yani uzun dönemde dış borç ile elektrik iletim ve dağıtım kayıpları değişkenleri arasında anlamlı bir eşbütünleşme ilişkisi bulunmuştur.

Değişkenler arasında uzun dönemli ilişkinin varlığının ortaya konulmasından sonra, ARDL uzun dönem modeli tahmin edilmiştir. Panel A'da yer alan bulgular uzun dönem katsayıları vermektedir. Model I'den elde edilen sonuçlara göre uzun dönemde DEÜ değişkenine ait katsayı beklendiği üzere negatif (-0.19) ve istatistiksel olarak %10 düzeyinde anlamlıdır. Yani DEÜ'de meydana gelen %1'lik artış sonucunda elektrik kayıp-kaçak miktarı %0.19 azalır. Ayrıca Model II'de elektrik kayıp-kaçak değişkenine ait katsayı da beklendiği üzere pozitif (3.10) ve istatistiksel olarak %1 düzeyinde anlamlıdır. Buna göre, KAYIP değişkeninde meydana gelen %1'lik artış sonucunda dış borç miktarı %3.10 artar.

Panel B'de yer alan Model I'e ait hata düzeltme modelinden elde edilen hata düzeltme katsayısının negatif (-0,531) ve istatistiksel olarak %1 düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Ayrıca Model II'ye ait hata düzeltme modelinden elde edilen hata düzeltme katsayısının da negatif (-0,173) ve istatistiksel olarak %1 düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Bu katsayıların uzun dönemde denge değerlerine yakınsadığını göstermektedir.

7. SONUÇ

Afrika kıtasında birincil enerji tüketimi, üretiminden 4,5 kat, SAA bölgesinde ise 5,6 kat daha fazladır (BP, 2021: 12-13). Dolayısıyla bölgede enerji yoksunluğu bilinen ve çözülmesi gereken bir sorundur. Bu noktada yenilenebilir enerji kaynaklarının dağıtık enerji üretim özelliği önemli bir alternatiftir. Günümüzde SAA'da yenilenebilir kaynaklı dağıtık enerji üretimi, bir çevre meselesinden çok enerji açığı meselesidir. Fakat SAA bölgesinin enerji ihtiyacı karşılanırken hangi yöntemlerin kullanılacağına göre durum değişebilmektedir (PwC, 2021: 21-22).

Düşük gelirli ülkelerin yaygın bir özelliği, yüksek elektrik iletim ve dağıtım kayıplarıdır (IEA Statistics, 2018) Ayrıca SAA'nın enerji üretimi için yakıt ithal ettiği de bilinmektedir. SAA'da tüm bu koşullar birleştiğinde ise enerji açığının azaltılması politikalarının dış borçlara etkisi kaçınılmazdır. Fakat literatürde konuya bu bakış açısıyla yaklaşan ampirik çalışmalara pek rastlanmamıştır. Dolayısıyla bu çalışma önemli bir boşluğa işaret etmektedir.

Bu çalışmada, yüksek gelirli ülkeler hariç, SAA bölgesi için DEÜ'nün elektrik kayıplarına ve kayıpların da dış borçlara olan etkisi olmak üzere iki farklı analiz yapılmıştır. Bu bağlamda 1971-2014 dönemine ait yıllık verilerle ARDL yaklaşımı kullanılmıştır. Bulgular, uzun dönemde değişkenler arasında anlamlı eşbütünleşme ilişkisi bulunduğunu göstermiştir. Yani, uzun dönemde değişkenler beraber hareket etmektedirler. Buna göre uzun dönemde DEÜ değişkenine ait katsayı beklendiği üzere negatif (-0.19) ve istatistiksel olarak %10 düzeyinde anlamlıdır. Yani DEÜ'de meydana gelen %1'lik artış sonucunda elektrik kayıp-kaçak miktarı %0.19 azalır. Ayrıca II. Modelde elektrik kayıp-kaçak değişkenine ait katsayı da beklendiği üzere pozitif (3.10) ve istatistiksel olarak %1 düzeyinde anlamlıdır. Buna göre, KAYIP değişkeninde meydana gelen %1'lik artış sonucunda dış borç miktarı %3.10 artar. Ayrıca ilk analizin hata düzeltme modelinden elde edilen hata düzeltme katsayısının negatif (-0,531) ve istatistiksel olarak %1 düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Ayrıca ikinci analizin hata düzeltme modelinden elde edilen hata düzeltme katsayısının da negatif(-0,173) ve istatistiksel olarak %1 düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir Bu katsayılar, herhangi bir şok durumunda uzun dönemde denge değerlerine yakınsadığını göstermektedir. Model I'de 1,9, Model II'de 5,8 dönem sonra denge noktasına dönmektedir. Sonuç olarak, yenilenebilir kaynakların DEÜ şeklinde kullanılması enerji kayıplarını düşürmede ve azalan kayıpların da dış borçlara başvurma ihtiyacını azaltmada yararlı olacağı için enerji yoksunluğu, enerji verimliliği ve cari denge açısından dikkate alınması gereken bir politika olacağı açıktır.

DEÜ kavramı, dikkatleri yenilenebilir enerjinin çevresel yönünden çok enerji verimliliği yönüne çekebildiği ölçüde bu çalışmanın hedeflerine ulaştığı söylenebilir. Yani temiz enerji nedeniyle yenilenebilir kaynaklar tercih edilirken enerji kayıpları ve dış borçlara etkisi açısından daha temkinli olunmasını vurgulamaktadır. Bu nedenle politikacılar, çatı üstü güneş ve rüzgâr santrallerinin ilgilendiren politikalar uygularken tüm elektrik şebekesini ve ayrıca üretim artışını ile enerji talebi hakkında gelecek öngörüsü yaparak yeni koşullara kendilerini hazırlamalıdır.

DEÜ'nün enerji verimliliğine katkısı enerji verimliliğinin dış borçlara faydasından çok daha düşüktür. DEÜ'nün genişlemesiyle enerji kayıp oranının tersine dönme ihtimali göz önüne alınmalıdır (Khosravi vd., 2018; Quezada & Abbad, 2006). Bu sistemin dezavantajlarından biri, güneş ve rüzgâr enerjisi gibi yenilenebilir kaynakların iklimsel nedenlerden ve gün ışınlarının kaybolmasıyla ani üretim kayıpları yaşamasıdır. DEÜ'nün devreden ani çıkışıyla birlikte ve konvansiyonel üretim tesislerinin aynı çabuklukla devreye girerek sistemin daha esnek olması sağlanmalıdır (SHURA, 2021: 36). Bir diğer faktör enerji talebiyle DEÜ arasındaki dengesizliktir. Enerji talebi özellikle güneş enerji sistemlerindeki üretimle farklı zamanlarda yoğunlaşır. Bunun çözümü için de talebin üretimle eşzamanlı olmasını sağlayacak talep yönetimi düzenlemelerine veya talebin yoğun olduğu zamanlarda kullanılmak üzere enerji depolama uygulamalarına başvurulabilir. Dağıtık enerji depolama sistemlerinin yaygınlaşması için sermaye hibesi gibi teşviklerin uygulanması faydalı olabilir (Carpinelli, 2013: 994; Lazar, 2014: 9). Enerji üretimi, iletimi ve dağıtımını bütün olarak düşünüldüğünde ise, sistemin akıllı dağıtım sistemine dönüştürülmesi gerekmektedir (Song vd., 2012: 373). Akıllı sayaç ve akıllı inverter gibi ekipmanlarla akıllı dağıtım sistemlerinin oluşturulması için bir diğer önemli adımdır (Shura, 2021: 44, 47).

SAA'da dış borç stoku GSYH'nin %43'ünü aşmıştır. Analiz sonuçlarında ise enerji kayıplarının dış borçlara yüksek oranda azaltılması nedeniyle alınan dış borçlar yenilenebilir enerji teknolojilerinin tedarikine yönlendirilmelidir (Akam vd., 2021: 65310). Bu politika enerji kayıplarının tersine döndüğü noktaya kadar uygulanabilir.

Başka bir çalışmada, enerji kayıpları ile gelir seviyesi arasında daha detaylı bir çalışma yapmak faydalı olabilir. Ayrıca elektrik kayıplarının enflasyon, işsizlik gibi diğer makro değişkenler açısından araştırılması faydalı sonuçlar doğurması kuvvetle muhtemeldir.

KAYNAKÇA

- Ajayi, S. I. (1997). An analysis of external debt and capital flight in the severely indebted low income countries in sub-saharan africa. *IMF Working Paper* WP/97/68.
- Akam, D., Owolabi, O., & Nathaniel, S. P. (2021). Linking External Debt and Renewable Energy to Environmental Sustainability in Heavily Indebted Poor Countries: New Insights from Advanced Panel Estimators. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(46), 65300-65312.
- Akdeniz, E. (2006). *Yenilenebilir kaynaklardan enerji üretiminin şebekenin enerji kalitesi ve kararlılığı üzerine etkilerinin incelenmesi*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Alanne, K., & Saari, A. (2006). Distributed energy generation and sustainable development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 10, 539–558.
- Arrud, M. (2000). External debt: Brazil and the international financial crisis. *London: Pluto Press*.
- Aslan, A., & Öcal, O. (2016). The role of renewable energy consumption in economic growth: Evidence from asymmetric causality. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 953-959.
- Aslan, M. (2022). Firmalarda büyüme ve büyüklük ilişkisinin tespitine yönelik bir analiz. *Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 24(2), 280–288.
- Baker, P. (2022). The UK's august blackout: Why did it happen and what can we learn? On September 22, 2019, <https://www.raponline.org/blog/uk-august-9-blackout-cause-lessons-learned/>, Erişim:28.06.2022.
- Bese, E., Friday, H.S., & Özden, C. (2021). The effect of external debt on emissions: Evidence from china. *International Journal of Energy Economics and Policy*. 11(1), 440.
- British Petroleum (BP). (2021). *BP Statistical Review of World Energy*. London.
- Buchanan, J. M., & Wagner, R. E. (1981). *Public Debt in Democratic Society*. Washington: American Enterprise Institute For Public Policy Research.
- Bulut, U., & Muratoğlu, G. (2018). Renewable energy in Turkey: Great potential, low but increasing utilization, and an empirical analysis on renewable energy-growth nexus. *Energy Policy*, 123, 240-250.
- Carpinelli, G., Celli, G., Mocchi, S., Mottola, F. Pilo, F., & Proto, D. (2013). Optimal integration of distributed energy storage devices in smart grids. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 4(2), 985-995.
- Checherita-Westphal C., & Rother, P. (2012). The impact of high government debt on economic growth and its channels: An empirical investigation for the euro area. *European Economic Review*, 56(7), 1392–405.
- Depuru, S., Wang, L., & Devabhaktuni, V. (2011). Electricity theft: Overview, issues, prevention and a smart meter based approach to control theft. *Energy Policy* 39, 1007-1015,
- Destek, M. A., & Aslan, A. (2017). Renewable and non-renewable energy consumption and economic growth in emerging economies: Evidence from bootstrap panel causality. *Renewable Energy*, 111, 757-763.
- Dobbs, R., Oppenheim, J., Thompson, F., Brinkman, M., & Zornes, M. (2011). *Resource revolution: Meeting the world's energy, materials, food, and water needs*. McKinsey Company. <https://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability/our-insights/resource-revolution#>
- Doğan, E. (2016). Analyzing the linkage between renewable and non-renewable energy consumption and economic growth by considering structural break in time-series data. *Renewable Energy*, 99, 1126-1136.
- Dugan, R. C., & Mcdermott, T.E. (2001). Operating conflicts for distributed generation on distribution systems. 2001 Rural Electric Power Conference. (Cat. No.01CH37214), A3/1-A3/6.
- Düzgün, B. (2018). Türkiye elektrik iletim ve dağıtım şebekesinin enerji verimliliğinin değerlendirilmesi ve 2023 projeksiyonları, *Politeknik Dergisi*, 21(3), 621-632.
- Evgin, T. (2000). Düünden bugüne dış borçlarımız. Ankara: T.C. Dış Ticaret Müsteşarlığı Araştırma ve İnceleme Dizisi, No: 26.
- Farrell, D., & Remes, J. (2010). Promoting energy efficiency in the developing world. *Energy Efficiency: A Compelling Global Resource*, (ed). Bouton, S. vd. Chicago:McKinsey & Company.
- Fang, Y. (2011). Economic welfare impacts from renewable energy consumption: The China experience. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(9), 5120-5128.
- Fichera, A., Marrasso, E., Sasso, M., & Volpe, R. (2020). Energy, environmental and economic performance of an urban community hybrid distributed energy system. *Energies*, 13(10), 2545, 1-19.
- Goel, S., & Renu S. (2017). Performance evaluation of stand alone, grid connected and hybrid renewable energy systems for rural application: A comparative review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 78.
- Güneş, M., & Arslan, T. (2018). Enerji bağımlılığında Avrupa Birliği, Rusya, Türkiye üçgeni ve Doğu Akdeniz alanı. *Uluslararası Beşeri Bilimler ve Eğitim Dergisi*, 4(7), 32-36.
- Hardin, G. (1968). The tragedy of the commons. *Science*, 162(3859), 1243–1248.
- Hashemizadeh, A., Bui, Q., & Kongbuamai, N. (2021). Unpacking the role of public debt in renewable energy consumption: New insights from the emerging countries. *Energy*. 224, 120187.
- IEA Statistics. (2015). Electricity production from renewable sources, excluding hydroelectric, OECD/IEA, https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.RNWX.KH?locations=ZG&name_desc=false&type=shaded&year=2020.

- IEA Statistics (2018). Electric power transmission and distribution losses (% of output), OECD/IEA. <http://www.iea.org/stats/index.asp>.
- Jabari Saleem, M., Aga, M., & Samour, A. (2022). Financial sector development, external debt, and Turkey's renewable energy consumption. *PLoS ONE* 17(5).
- Katircioglu, S., & Celebi, A. (2018). Testing the role of external debt in environmental degradation: Empirical evidence from Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(9), 8843-8852.
- Khosravi, M., Monsef, H., & Aliabadi, M. H. (2018). Loss allocation in distribution network including distributed energy resources(ders). *International Transactions on Electrical Energy Systems*, 28(6), e2548.
- Lazar, J. (2014). *Teaching the duck to fly*. <http://www.raponline.org/wp-content/uploads/2016/05/rap-lazarteachingducktofly-2014-jan.pdf>.
- Li, C., Zhou, H., Li, J., & Dong, Z. (2020). Economic dispatching strategy of distributed energy storage for deferring substation expansion in the distribution network with distributed generation and electric vehicle. *Journal of Cleaner Production*, 253, 119862.
- Lighting Global (2018). The 2018 global off-grid solar market trends report.
- Lundberg, S., Petru, T., & Thiringer, T. (2000). Electrical limiting factors for wind energy installations in weak grids, *Chalmers University of Technology*, 12.
- Makun, K. (2021). External debt and economic growth in pacific island countries: A linear and nonlinear analysis of fiji islands. *The Journal of Economic Asymmetries*. 23, e00197.
- Manasseh, C. O., Abada, F. C., Okiche, E. L., Okanya, O., Nwakoby, I. C., Offu, P., Ogbuagu, A. R., Okafor, C. O., Obidike, P. C., & Nwonye, N. G. (2022). External debt and economic growth in Sub-Saharan Africa: Does governance matter? *PLoS ONE* 17(3), e0264082.
- Marques, A. C., & Fuinhas, J. A. (2012). Is renewable energy effective in promoting growth?. *Energy Policy*, 46, 434-442.
- Menegaki, A. N. (2011). Growth and renewable energy in Europe: A random effect model with evidence for neutrality hypothesis. *Energy Economics*, 33(2), 257-263.
- Minsky, H. P. (1992). The capital development of the economy and the structure of financial institutions. *The Jerome Levy Economics Institute Working Paper*, 72.
- Mohd Dauda, S. N., Ahmad, A. H., & Azman-Saini, W.N. (2013). Does external debt contribute to Malaysia economic growth? *Economic research Ekonomska istraživanja*, 26(2), 51–68.
- Öcal, O., & Aslan, A. (2013). Renewable energy consumption–economic growth nexus in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 28, 494-499.
- Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. J. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships". *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289-326.
- PWC (2021). Africa energy review. <https://www.pwc.com/ng/en/assets/pdf/africa-energy-review-2021.pdf>
- Quezada, V. M., Abbad, J. R., & Roman, T. G. S. (2006). Assessment of energy distribution losses for increasing penetration of distributed generation. *IEEE Transactions on Power Systems*, 21(2), 533-540.
- Sağdıç, E.N., & Yıldız, F. (2020). Factors affecting external debt in transition economies: The case of central Asia and the caucasus. *International Journal of Management Economics and Business*, 16(4), 891-909.
- Shura. (2021). Yenilenebilir dağıtık enerji üretiminin şebeke ve piyasa entegrasyonu. https://www.shura.org.tr/wp-content/uploads/2021/05/Yenilenebilir_Dagitik_Enerji_Uretimini_Sebeke_ve_Piyasa_Entegrasyonu.pdf.
- Song, I. K., Jung, W. W., Kim, J. Y., Yun, S. Y., Choi, J. H., & Ahn, S. J. (2012). Operation schemes of smart distribution networks with distributed energy resources for loss reduction and service restoration. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 4(1), 367-374.
- Thornton, A., & Monroy, C. R. (2011). Distributed power generation in the united states. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(9), 4809-4817.
- Toktaş, Y., Altiner, A., & Bozkurt, E. (2019). The relationship between Turkey's foreign debt and economic growth: An asymmetric causality analysis. *Applied Economics*. 51(26), 2807–2817.
- U.S. Energy information administration, international energy statistics. <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=37153#>
- United Nations Economic and Social Council. (2011). Economic commission for Africa.
- Wang, J., Zhang, S., & Zhang, Q. (2021). The relationship of renewable energy consumption to financial development and economic growth in china. *Renewable Energy*. 170, 897–904.
- World Bank. International Debt Statistics. Debt service on external debt, public and publicly guaranteed (PPG) (TDS, current US\$).
- World Bank. World Development Indicators: Fuel imports (% of merchandise imports <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators#>, Erişim:11.06.2022 and <https://data.worldbank.org/indicator/TM.VAL.FUEL.ZS.UN?locations=ZG>, Erişim:18.8.2022.

- World Bank. World integrated trade solution: import products- sub-saharan africa, <https://wits.worldbank.org/CountryProfile/en/Country/SSF/Year/1990/TradeFlow/Import/Partner/SSF/Product/All-Groups#>, Erişim:11.06.2022.
- Xu, G., Yu, W., Griffith, D., Golmie, N., & Moulema, P. (2016). Toward integrating distributed energy resources and storage devices in smart grid. *IEEE Internet of Things Journal*, 4(1), 192-204.
- Yaşa, M. (1981). *Devlet Borçları*, Has Kutulmuş Matbaası.
- Yıldırım, E., Saraç, Ş., & Aslan, A. (2012). Energy consumption and economic growth in the usa: Evidence from renewable energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(9), 6770-6774.
- Zaghdoudi, T. (2020). Threshold effect in the relationship between external debt and economic growth: A dynamic panel threshold specification. *Journal of Quantitative Economics*. 18(2), 447–56.

ÇALIŞMANIN ETİK İZİNİ

Yapılan bu çalışmada “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamında uyulması belirtilen tüm kurallara uyulmuştur. Yönergenin ikinci bölümü olan “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler” başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbiri gerçekleştirilmemiştir. Çalışmada etik kurul iznine gerek duyulmamaktadır.

ARAŞTIRMACILARIN KATKI ORANI

1.yazarın araştırmaya katkı oranı %50, 2. yazarın araştırmaya katkı oranı %50'dir.

Yazar 1: Çalışmanın analiz dışında kalan yerlerinden sorumludur.

Yazar 2: Çalışmanın analiz kısımlarından sorumludur.

ÇATIŞMA BEYANI

Araştırmada herhangi bir kişi ya da kurum ile finansal ya da kişisel yönden bağlantı bulunmamaktadır. Araştırmada herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.