



Received/Makale Gelis 24.11.2022
Published /Yayınlanma 31.01.2023
Volume/Cilt (Issue/Sayı) 7(26)
ss / pp 01-05

<http://dx.doi.org/10.37242/pejoss.4283>
Research Article /Araştırma Makalesi
ISSN: 2687-5640
pejoss.editor@gmail.com

Öğr. Gör. Dr. Bülent D. ÇİFT

<https://orcid.org/0000-0002-9061-8554>

Piri Reis Üniversitesi, Denizcilik Meslek Yüksekokulu, Gemi İnşaatı Bölümü, İstanbul / TÜRKİYE

TÜRKİYE’NİN ENERJİDE DIŞA BAĞIMLILIĞI VE ÇÖZÜM YOLLARI TURKEY’S FOREIGN DEPENDENCY OF ENERGY AND SOLUTIONS

ÖZET

Son yıllarda ülkemizde ve dünyada artan enerji ihtiyacı ve bu ihtiyacın önemli oranda kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtlardan sağlanması karbondioksit salınımının artmasına sebep olmaktadır. Artan karbondioksit ve kullanılan fosil yakıtlardan kaynaklanan diğer kirlenmeler, (metan, azot oksitleri, hidroflorokarbonlar ve kükürthekzaflorür, ozon) gibi Güneş’ten gelen ışınları soğurup atmosfere geri dönmelerini kısmen engelleyerek atmosferin ısınmasına sebep olmaktadır. Fosil yakıtların çevreye ve küresel iklim değişikliklerine sebep olmasının yanında ülkemizde dış kaynaklı olarak temin edilmesinden dolayı dışa bağımlılığı da arttırmaktadır. Bu durumda temiz enerji üretimine yönelmemiz ve yerli fosil enerji kaynaklarımızı değerlendirirken çevre kirlenmesini önleyici tedbirleri de almamız kaçınılmaz olmaktadır.

Günümüz dünyasında petrolün varilinin 2010-2020 yılları arasında 90-100 dolar arasında seyretmesi, doğalgazın sürekli artan fiyatı ile birlikte temininde zorluklar yaşanmakta olduğundan ülkemiz için yerli enerji kaynaklarının kullanılması, temiz teknolojilere sahip olunması, enerji verimliliği ve tasarrufu ve enerji çeşitliliğinin sağlanması gibi bir dizi tedbirlerin alınması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Diğer taraftan enerjide dışa bağımlılık oranımız %73’e çıkmış durumda iken yerli enerji kaynaklarımıza yönelmeli, bu aşamada da en önemli enerji kaynağımız olan linyit kömürünü değerlendirirken de bunun yaratacağı SO₂ salınımı ve CO₂ emisyonlarını kontrol altına alabilecek teknolojileri devreye sokmalıyız. Bu çalışmada Türkiye enerji sektörü istatistikleri verilerek 2040 yılı projeksiyonları ve talep tahminleri incelenmiş, yenilenebilir enerji teknolojileri ve temiz enerji teknolojilerinin potansiyeli hakkında araştırma sonuçları verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir enerji, iklim krizi, yeraltı kömür gazlaştırma, linyit, desülfürizasyon.

ABSTRACT

In today’s world, electricity, house heating, transportation, and other energy consumption areas are supplied by fossil fuels such as coal, oil, and natural gas, and this causes an increase in ozone gaseous emission which is mainly carbon dioxide, methane, nitrogen oxides hydrofluorocarbons and sulfur hexafluor. As a result this warming of the atmosphere, melting of the iceberg of poles, increase in sea level, change of rain regime, and finally cause the total change of climate occurs. If this trend can not be stopped catastrophe process will occur in the future which means life in the world will disappear.

With the Ukraine-Russia war, the energy crisis and energy dependency abroad has become a significant issue. Using clean energy Technologies supplying energy efficiency, energy economy, and versatility of sources. On the other hand dependence on our energy supply abroad reaches 73% and while overcoming this disadvantage by using our native energy source, lignite, we should use the Technologies to control the SO₂ emissions and CO₂ release. In this study Turkey’s energy statistics and energy demand estimates are investigated., and research results about the renewable and clean energy potentials of Turkey are given.

Keywords: Renewable energy, climate crisis, underground coal gasification, lignite, desulphurization.

1. GİRİŞ

Dünyada ve Türkiye’de her yıl gelişen sanayiye paralel olarak enerji ihtiyacı artmaktadır. Enerji ihtiyacını karşılamada ağırlıklı olarak kullanılan fosil yakıtlar karbondioksit salınımını arttırmakta ve oluşan diğer sera gazları ile birlikte küresel ısınma ve iklim değişikliklerine sebep olmaktadır. Tablo 1’de 2010 yılı dünya enerji gereksinimi görülmekte ve 2030 yılı talep tahmini verilmektedir (Okutan, 2011). Tablodan da görüleceği üzere fosil yakıtlar 2010 yılında %86’lık bir orana sahip iken 2030 yılında %83’e düşmekle birlikte ağırlığını koruyacaktır. Bu nedenle de karbondioksit salınımında bir değişiklik olmayacağı ortaya çıkmaktadır. Oysa İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi’nin amacına ulaşabilmesi için gelişmiş ülkeler 2010 yılındaki sera gazları emisyonlarını 1990 yılı seviyesine ve altına indirmek ve gelişme yolundaki ülkelere teknolojik ve mali kaynak sağlamakla yükümlüdürler (Ekinci ve Okutan, 2007).

Dünya günlük petrol talebi 2008 yılında 85 milyon varil iken 2030 yılında 105 milyon varile çıkacağı tahmin edilmektedir (Okutan, 2011). 2022 yılı sonu itibarıyla bu değer 97 milyon varile ulaşmıştır. Kısaca şu anda dünyadaki elektrik üretimi, ısınma, ulaştırma ve diğer alanlardaki tüketilen enerji önemli oranda kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtlardan sağlanmakta bu da atmosfere başlıca karbondioksit, metan, azotoksitleri, hidroflorokarbonlar ve kükürt hekzaflorür ve ozon gazlarının yayılımının artmasına sebep olmaktadır.

Tablo 1. Dünya Enerji Gereksinimi

	2010	2030
Toplam Enerji	11 000 Mtoe	17 000 Mtoe
Petrol	%34.6	%31.8
Kömür	%27.6	%28
Doğal Gaz	%23.4	%23.3
Yenilenebilir	%8.6	%10.9
Nükleer	%5.7	%5.9
Fosil Yakıtlar	%86	%83

Bunun sonucunda da atmosferin ısınması, kutuplarda buzulların erimesi, deniz seviyesinin yükselmesi, yağış rejimlerinin değişmesi ve bunun da ötesinde topyekün bir iklim değişikliğine sebep olmaktadır. Başka bir ifade ile bu gidişata dur denememesi halinde, yeryüzünde yaşamın tümünden kaybolmasıyla sonuçlanabilecek bir katastrofa doğru bir gidiş süreci yaşanabilecektir.

2. TÜRKİYE ENERJİ SEKTÖRÜ

2005 yılında Türkiye'nin Birincil Enerji Arzı 90.3 MTEP olmuş, 2010 yılında bu değer 100 MTEP'e yükselmiş ve 2020 yılında 223,3 MTEP olması öngörülmekteyken (Ekinci ve Okutan, 2007), 2018 yılında 143.3 MTEP olmuştur (Ülkü, Yalçın, 2021). Türkiye'nin birincil enerji arzında birinci sırayı petrol alırken, bunu doğalgaz, taşkömürü, linyit ve hidrolik enerji takip etmektedir. Tablo 2'de Türkiye birincil enerji arzı ve kaynaklara göre dağılım yüzdesi görülmektedir.

Tablo 2. Türkiye Birincil Enerji Arzı ve Kaynaklara Göre Dağılımı

Türkiye Birincil Enerji Arzı	2010 :100 MTEP	2018 : 143.3 MTEP
Petrol	%34	%29.2
Doğalgaz	%28	%28.7
Taşkömürü	%14	%17.2
Linyit	%13	%10.5
Hidrolik	%4	%3.76
Diğerleri	%7	%10.64

2007 yılında enerjide dışa bağımlılığımızın %73'e ulaştığı görülmekte (Ediger, 2007) ve geçen 15 yılda bu oranın azaltılması bir yana Dışişleri Bakanlığı 2022 verilerine göre %74' e yükseldiği görülmektedir (Url 1). Günümüz dünyasında petrolün varil fiyatı 90-100 dolar arasında iken, doğalgazın fiyatı sürekli artarken ülkemiz açısından yapılması gerekenler şunlardır;

Yerli kaynakların kullanılması, temiz teknolojiler ve milli teknolojilere sahip olunması, enerji verimliliği ve tasarrufu ve enerji çeşitliliğinin sağlanması. Tablo 3'te Türkiye'ye ait kişi başı enerji verileri ile OECD ülkeleri ve Dünya ortalaması verilerinin karşılaştırılması görülmektedir (Ekinci ve Okutan, 2007)

Alınan tüm önlemlere rağmen ülkemizde kişi başı CO₂ emisyonu 2019 yılında yıllık 6.1 tona çıkmış, çünkü kişi başı elektrik tüketimi 2019'da 3155 kWh/yıl'a çıkmıştır (Url 2). Yenilenebilir enerji kaynaklarının oranının artırılmasının yanında yerli enerji kaynaklarına yönelirken atık maddelerin değerlendirilmesi ve enerji kazanımı yöntemlerinin de yaygınlaştırılmasının gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Tablo 3. Türkiye'ye Ait Enerji ve Emisyonların Karşılaştırılması

Göstergeler	Türkiye	OECD	Dünya
Kişi Başı Enerji Temini (Toe/kişi-yıl)	1.2	4.74	1.68
Kişi Başı Elektrik Tüketimi (kWh/yıl)	1.817	8.089	2.343
Yakıt Tüketiminden Kaynaklanan Toplam CO ₂ Emisyonları (MtCO ₂ /yıl) 2000 yılı	204	12.450	23.395
Yakıt Tüketiminden Kaynaklanan Kişi Başı CO ₂ Emisyonları (ton CO ₂ /kişi-yıl)	3.0	11.1	3.9

3. TEMİZ ENERJİ ÜRETİMİ

Geleneksel yöntemlere göre çok daha az atık çıkaran, yenilenemeyen kaynakları hiç kullanmadan ya da asgari düzeyde kullanarak değer yaratan hizmet, ürün ve süreçlere “temiz teknolojiler” denir. Dünya temiz enerji sektörüne ilişkin veriler Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 4. Dünya Temiz Enerji Sektörü

	2006	2016
Biyoyakıt Pazarı	20,5 milyar USD	80,9 milyar USD
Rüzgâr Enerjisi Sektörü	17,9 milyar USD	60,8 milyar USD
Güneş Fotoraltaik Enerji Sektörü	15,6 milyar USD	69,3 milyar USD
Yakıt Pilleri ve Hidrojen Pazarı	1,4 milyar USD	15,6 milyar USD

Kaynak: Ekinci ve Okutan, 2007.

Dünya petrol ve doğalgaz rezervlerinin tükenmekte olduğu göz önüne alındığında fosil yakıtlar içindeki en önemli kaynağın kömür olduğu anlaşılır. Başta ABD olmak üzere gelişmiş ülkelerde 1990’lı yıllardan itibaren “Temiz Kömür Teknolojisi” kavramı ortaya atılarak kömüre dayalı yüksek termal verimli teknoloji geliştirilmiştir. Bunların en önemlilerinden birisi Entegre Gazlaştırma Kombine Çevrim (IGCC) Teknolojisi olmuştur. 150 yıllık bir geçmişe sahip gazlaştırma teknolojisi 2000’li yıllarda gerek elektrik üretimi, gerekse sıvı yakıt üretiminde önemli bir rol oynamaya namzet teknoloji olmuştur. Ayrıca 8 milyar tonluk rezervi ile linyit kömürü daha fazla değerlendirilmeyi bekleyen bir kaynağımızdır. Beypazarı trona yataklarından elde edilecek sodyumlu sorbenti kullanarak, kurulacak baca gazı desülfürizasyon süreçlerinin yaygınlaştırılması gerekliliği de ön plana çıkmaktadır (Çift, 2008). Yeni bulunan rezervler ile 2021 itibariyle linyit rezervimiz 19 milyar tona ulaşmış durumdadır.

3.1. Yenilebilir Enerji Teknolojileri

Yenilebilir enerjiler olarak önem kazanan enerji türleri şunlardır;

a. Biyokütle: Ülkemiz açısından da en önemli yenilebilir enerji kaynağı olan biyokütle ile ülkemizde 15-19MTEP/yıl enerji üretilebilecektir.

b. Biyogaz: Anaerobik fermantasyon projesi ile çöplerden ve bitki atıklarından biyogaz üretmek mümkündür. Ayrıca Trakya bölgesinde yetiştirilen kolza bitkisinin tohum ve sap-samanlarının termal yöntemlerle ısıl-bozundurulması sonucu gaz ve sıvı yakıt eldesi mümkün olabilmektedir (Çift, 1998).

c. Biyoyakıt/Biyodizel: Türkiye biyoyakıt potansiyel ve sektörel gelişmeleri “motor biyoyakıtları üretimi” ve ileri biyoyakıt teknolojilerinin geliştirilmesi olarak iki grupta toplanmaktadır. İlk ticari biyoyakıt uygulaması 2005 yılında başlamıştır. Olası biyoyakıt kapasitesi 100 milyon litre/yıl’dır (Ekinci ve Okutan, 2007).

d. Rüzgar Enerjisi: Türkiye’nin teknik rüzgar potansiyeli 160 000 MW olup, 2025 yılında 15 000 MW kurulu güce ulaşılabilir. Rüzgâr enerjisi şebekeden bağımsız 10-100 kW şeklinde uygulama görmektedir.

e. Güneş enerjisi: Türkiye’nin toplam güneş enerjisi potansiyeli 10 000 MW’dır. Öne çıkan Güneş enerjisi teknolojileri, aktif ısıtma ve soğutma sistemleri, pasif ısıtma ve soğutma ve doğal aydınlatma sistemleri, ısıl güç ve fotovoltaik sistemlerdir.

f. Jeotermal Enerji: Türkiye’nin ekonomik (kullanılabilir) elektrik kapasitesi 35 000 MW’dır. Çoruh ve Doğu Karadeniz dışında büyük havzalarının enerji potansiyeli önemli ölçüde değerlendirilmektedir. Son zamanlarda “küçük ölçekli Hidroelektrik santralleri” işletmeye alınmakta olup, devreye sokulması planlanan 534 adet proje ile kurulu güç 20 000 MW’a ulaşacaktır.

h. Hidrojen Enerjisi: Hidrojen geleceğin en önemli enerji kaynaklarından birisi olarak tanımlanmaktadır. Suyun parçalanmasından üretilebildiği gibi organik maddelerin bozunmasından ve kömür gibi katı fosil yakıtların, biyokütle ve atıkların gazlaştırılmasından da elde edilebilmektedir. Hidrojenin üretiminin önemi kadar depolanması ve kullanımı ile teknolojik sorunların çözümünde araştırma-geliştir çalışmalarına gereksinim bulunmaktadır. Ülkemizde halen ticari ölçekte hidrojen enerjisi üretimi gerçekleştirilmektedir. Konuyla ilgili AR-GE çalışmaları devam etmektedir.

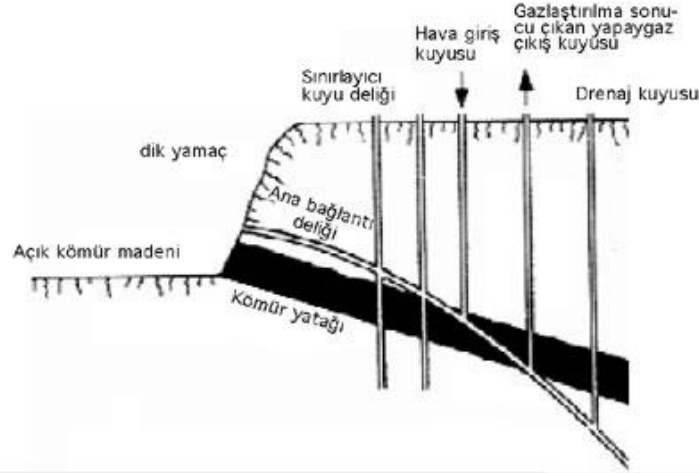
3.2. Yerli Enerji Kaynaklarımızı Değerlendirme Yöntemleri

Yerli kömür rezervimiz olan linyit kömürünün ülkemizde 19 milyar tonluk rezervi bulunmaktadır. Ancak yerli linyit, 2500 kcal/kg’lık düşük ısıl değer ve %2 ‘lik yüksek kükürt değerine sahiptir (Çift ve

Okutan, 2022). Bu dezavantajı ortadan kaldırmanın 2 yolu bulunmaktadır; Birincisi termik santrallerimize etkin bir desülfürizasyon yani baca gazı arıtma tesislerinin kurulması, ikincisi ise yer altı kömür gazlaştırma prosesi ile hem gaz yakıt eldesi hem de sıvı yakıt eldesidir.

3.2.1. Termik Santrallerimizde Yerli Linyit Kullanmanın Yolları

Kömürün yeraltında gazlaştırılarak elde edilen gazın saflaştırılması ile hem galeri madenciliğinin ağır maliyetlerinden kurtulup hem de gaz yakıt olarak elektrik eldesinde kullanma imkanı elde edilmiş olacaktır. Kömürün madencilikle çıkarılıp yalnızca temizlenmesi ton başına 1-5 \$ maliyet (Çift, 2008) gerektirirken yeraltı gazlaştırma ile daha ucuza, daha güvenli ve de yerli kaynağımızdan enerji eldesi mümkün olabilmektedir.



Şekil 3.1 Kömürün Yeraltı Gazlaştırma Süreci, Kaynak: Ural 3

3.2.2. Termik Santrallerimizde Yerli Linyit Kullanmanın Yolları

Düşük ısı değerli ve yüksek kükürt içerikli yerli linyit rezervlerimizi değerlendirmenin bir yolu da etkin ve ekonomik baca gazı arıtma tesisleri kurmaktır. Özellikle linyit rezervlerimize yakın mesafede kurulacak 50-100 MW'lık termik santrallerin sayısının artırılması ve Ankara Beypazarı'nda mevcut trona (doğal soda)'nın baca gazı desülfürizasyon (baca gazı kükürt dioksit giderme) değerlendirmenin önemi açıktır (Çift, 2008). Aşağıda arıtıcı madde olarak tronanın kullanıldığı desülfürizasyon ünitesinin (2000 kcal/kg kömür kullanıldığında) ilk yatırım maliyet modeli görülmektedir (Çift, 2008).

$$\text{Yatırım Maliyeti} = 321\,917 * (\text{MW})^{0.61} * (\text{S}\%)^{0.3}$$

MW: Tesis Kapasitesi

S%: Kömürün kükürt yüzdesi

Islak yöntemle göre daha düşük kükürt giderme verimine sahip kuru enjeksiyon yönteminde geleneksel kalsiyum bazlı kireç/kireçtaşı yerine sodyum bazlı tronanın kullanılması bu dezavantajı ortadan kaldırmakta ve ilave olarak işletme kolaylığı sağlamaktadır.

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Küresel ısınma sonucu dünyamız katastrofun eşiğine gelmektedir. Bu nedenle CO₂ yayınımları durdurmak için fosil yakıt kullanımının sınırlandırılması veya CO₂ tutma teknolojilerinin geliştirilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Ülkemizde çevre sorunlarının önüne geçerken enerjide dışa bağımlılığı azaltmak adına belirlenmesi gereken enerji politikaları şu şekilde ortaya çıkmaktadır. Önümüzdeki 20 yılda yerli linyit kaynaklarımızın değerlendirilmesi ile enerji ihtiyacımızın %30'unu kömürden ve hidroelektrik, Güneş, hidrojen, rüzgar, dalga (wave energy), biyoyakıtların oranının da %30'lara çıkartılmasıyla enerjide dışa bağımlılık oranımızın %50'nin altına indirilmesi mümkün olabilecektir. Nükleer santrallerin de devreye girmesi, özellikle toryum rezervimizin değerlendirilmesi enerjide dışa bağımlılığı oldukça azaltacaktır.

a. Ülkemizde küresel iklim değişikliği problemiyle mücadelede en etkili ve ekonomik araç, enerji verimliliğinin artırılması ve enerji tasarrufudur.

- b. Ülkemizde yerli kaynak kullanımı ile birlikte temiz enerji teknolojilerine acilen yönelmek gerekmektedir.
- c. Biyoyakıt üretimi ile bitkilerden elde edilecek dizel alternatifi sıvı-yakıtın deniz ve kara taşıtlarında kullanımının yaygınlaştırılmasının sağlanması gerekmektedir.
- d. Rüzgar enerjisi potansiyelinin 160 000 MW olduğu ülkemizde özellikle Kuzey-Batı ve Kuzey Ege Bölgesi'nde rüzgar santrallerinin hızla yaygınlaştırılması sağlanmalıdır.
- f. Yerli enerji kaynağımız olan ve 19 milyar tonluk linyit rezervine sahip ülkemizde desülfürizasyon ünitelerinin termik santrallere monte edilerek kömür kullanan termik santrallerinin yaygınlaştırılmasının sağlanması gerekmektedir.
- g. Dünyada 272 adet olan kömür gazlaştırma işletme sayısının (Aktan, 2021) ülkemizde ticari olarak bulunmayan (pilot ölçek mevcut) kömür gazlaştırma teknolojilerinin (IGCC) yaygınlaştırılarak artırılması (özellikle yüksek verimli akışkan yataklı sistemlerin) sağlanmalıdır. Gazlaştırma teknolojileri ilk hem yüksek verimli elektrik elde edilebilmekte hem de metanol, amonyak gibi kimyasal maddelerin üretimi de mümkün olmaktadır.
- h. Temiz enerji olarak ön plana çıkan hidrojen enerjisi üretimi ve kullanımı da yaygınlaştırılmalıdır. Çevreyi kirletmeden sürdürülebilir olarak sağlanan en ileri enerji türü olan hidrojenin ulaştırma sektöründe ve denizaltılarda kullanımı da sağlanmalıdır.
1. Yaratılan fonlarla Ar-Ge ve teknoloji geliştirme hızlandırılmalı alternatif enerji kaynakları olarak yarışır duruma getirilmelidir.
- i. Desülfürizasyon ünitelerinin veriminin artırılması açısından artııcı madde olarak Beypazarı trona yataklarının değerlendirilmesi, özellikle ıslak yöntem baca gazı arıtma yerine işletmesi daha kolay olan kuru enjeksiyon yönteminin kullanımına imkan sağlayacaktır.
- j. Önümüzdeki 10 yılda enerji talebimizin %14'ünü karşılayan yenilenebilir enerji kaynaklarının payının % 30'lara çıkartılması ve % 17 olan ithal kömürün yerini desülfürizasyon yöntemlerinin kullanılması ile yerli linyitin alması ile enerjide dışa bağımlılık oranının %50'nin altına indirilmesi hedeflenmelidir.

KAYNAKLAR

- Aktan, M. (2021). Kömür Gazlaştırmanın Türkiye Açısından Stratejik Önemi, *Yeraltı Kaynakları Dergisi*, 20, 85-106.
- Çift, B.D. (2008). *Linyit Kullanılan Termik Santrallerde Baca Gazı Desülfürizasyon Proseslerinin Ekonomik ve Teknik Analizi*. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Çift, B.D. (1998). *Kolza Sap Samanının Isıl Davranımının Termogravimetrik Yöntemle İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Çift, B.D. & Okutan, H. (2022). Kireçtaşı ve Kirecin Baca Gazı Arıtmada Kullanımı. *KİSAD Kireç Dünyası Dergisi*, 17, 14-25.
- Ediger, V.Ş. (2007). *Enerji Arz Güvenliği ve Ulusal Güvenlik arasındaki İlişki*. SAREM, Enerji Arz Güvenliği Sempozyumu, 2-7 Mart, Ankara.
- Ekinci, E. & Okutan, H. (2007). *Küresel İklim Değişikliği: Türkiye Enerji Sektörü ve Temiz Teknolojiler, Küresel İklim Değişimi ve Su Sorunlarının Çözümünde Ormanlar*. Küresel İklim Değişimi ve Su Sorunlarının Çözümünde Ormanlar Sempozyumu, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, 13-14 Aralık, Bahçeköy, İstanbul
- Okutan, H. (2011). *Türkiye'nin enerji Görünümü, Enerji Verimliliği ve Temiz Enerji Teknolojilerinin Önemi*, V.Kimya Endüstrisi Gelişim Şurası Sunusu, 28-29 Nisan, Ankara.
- Ülkü, H. ve Yalprı, Ş. (2021). Enerji Talep Tahmini için Metodoloji Geliştirme: 2030 yılı Türkiye Örneği. *Niğde Ömer Hasdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 10(1), 188-201.

Url 1 www.mfa.gov.tr, Aralık 2022

Url 2 www.data.tuik.gov.tr, Aralık 2022

Url 3 www.suvecevre.com, Aralık 2022