



TÜRKİYE İÇİN HİDROJEN EKONOMİSİNE GEÇİŞ: MALİYET PROJeksiYONU VE PESTLE ANALİZİ BULGULARI

İbrahim Çağlayan

İktisat Yüksek Lisans Öğr., Dokuz Eylül Üniversitesi, Türkiye, e-mail: ibrahimcaglayana@gmail.com

Öz

Günümüzde enerji ihtiyacının artması, sınırlı fosil kaynakların çevre ve iklim krizine yol açması sebebiyle alternatif enerji kaynaklarının arayışını hızlandırmıştır. Fosil yakıt bağımlılığı, sera gazı salınımına ve iklim değişikliği krizine yol açarken, güneş, rüzgar vb. yenilenebilir kaynaklar bu sorunların üstesinden gelmek için önemli bir çözüm sunmaktadır. Ancak yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji arzının istikrarsız olması sebebiyle enerji ihtiyacının tamamı düzenli karşılanamamaktadır. Bu nedenle yenilenebilir kaynakların kullanımına ek olarak hidrojene ihtiyaç duyulmaktadır. İkincil enerji kaynağı olarak hidrojenin kullanılması için hem dünyada hem de Türkiye’de çalışmalar sürmektedir. Bu çalışmada güneş, rüzgar vb. enerji kaynaklarına ek olarak hidrojen enerjisinin incelenmesi sonucu hidrojenin üretimi, depolanması, taşınması ve enerjiye dönüşümü, hidrojenin kullanım alanları ve hidrojen ekonomisi hakkında bilgi verilmektedir. Türkiye’de hidrojen enerjisi ile ilgili maliyet göstergeleri dikkate alınarak hidrojen enerjisi kaynaklı bir ekonomiye geçişin nasıl mümkün olabileceği araştırılmaktadır. Hidrojen projeksiyonunu verilerek fosil kaynaklara elde edilen bulgulara ek olarak bütünsel bir değerlendirme yapmak amacıyla PESTLE analizi seçilip uygulanmıştır. Uygulanan PESTLE analizinin bulguları ışığında ülke ekonomisinin hidrojen kaynaklı bir ekonomiye geçişi ve sonuçları değerlendirilmiştir. Sonuç olarak Türkiye’nin Hidrojen Ekonomisine geçiş sürecine ilişkin bir yol haritası önerilmektedir. (ÇAĞLAYAN, Hidrojen Enerjisi Kaynaklı Bir Ekonomiye Geçiş Nasıl Mümkün Olabilir? Türkiye İçin Karşılaştırmalı Bir yol Haritası Önerisi., 2023, s. 10)

Anahtar Kelimeler: Hidrojen Ekonomisi, Yenilenebilir Enerji, PESTLE

Citation/Atf: ÇAĞLAYAN, İ. (2024). TÜRKİYE İÇİN HİDROJEN EKONOMİSİNE GEÇİŞ: MALİYET PROJeksiYONU VE PESTLE ANALİZİ BULGULARI. İZMİR SERBEST MUHASEBECİ MALİ MÜŞAVİRLER DAYANIŞMA DERGİSİ. 7(3): 507-514.

Corresponding Author/ Sorumlu Yazar:
İbrahim Çağlayan
E-mail: ibrahimcaglayana@gmail.com



Bu çalışma, Creative Commons Atif 4.0 Uluslararası Lisansı ile lisanslanmıştır.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

1. GİRİŞ

Endüstriyel çağdan beri nüfus artışları, tüketim alışkanlıklarındaki değişimler ve teknolojik gelişmeler enerji ihtiyacımızı arttırmaktadır. Artan enerji ihtiyacı büyük ölçüde fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. Fosil yakıtların CO2 salınımı, iklim ve çevre sorunlarını beraberinde getirmektedir. Buna ek olarak fosil kaynakların dünya üzerinde belli yerlerde az miktarda bulunması, pandemi ve enerji krizlerinin meydana gelmesi alternatif enerji kaynak arayışını hızlandırdı. Fosil yakıtlara alternatif olarak rüzgar, güneş ve hidroelektrik vb. yenilenebilir kaynaklar ileri sürülmektedir. Sürekli artan enerji talebine karşın yenilenebilir kaynakların arzının istikrarsız olması elde edilen enerji ile üretilen elektriğin depolama maliyetlerinin yüksek olması alternatif enerji depolama yöntemlerine ihtiyacı ortaya çıkarmaktadır. Bu konuda bir enerji taşıyıcısı olarak hidrojenin kullanılması güneşsiz, rüzgarsız ve barajların enerji üretilmediği dönemlerde hidrojen ile depolanan enerji ihtiyaç duyulduğunda kullanılabilir. Böylece enerji arzında daha istikrarlı bir yapı sağlanacaktır (ÇAĞLAYAN & UTKULU,2023) .

Hidrojen H Sembolü ile ifade edilen tek elektrona sahip bir atomdur. Hidrojen evrenin yaklaşık %70'ini oluşturması ile birlikte kararsız yapısı sonucu diğer atomlarla bileşik yapma eğilimindedir. Bu durum da Hidrojenin saf halde bulunmasını zorlaştırır. Hidrojen su, amonyak, petrol, kömür, doğal gaz vb. birçok yakıtın da içeriğinde bulunur. Hidrojen gaz halde çok seyrek yapıya sahiptir. Yaklaşık bir kilogram Hidrojen 11 metreküp hacme sahiptir. Bu durum gaz halde hidrojenin depolanmasını ve taşınmasını zorlaştırmaktadır. Hidrojenin daha az hacim kaplaması için -253 derece soğutulmalı veya yüksek basınçlı tüplere depolanmalıdır. Bu durum depolama maliyetlerini arttırmaktadır. (Veziroğlu, 2001) Hidrojen elde edilme yöntemine göre yeşil, mavi, kahverengi olmak üzere sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırmada hiç karbon emisyonuna yol açmayan yeşil hidrojen üzerinde duracağız. Yeşil hidrojen saf suya

uygulanan hidroliz yöntemi ile su hidrojen ve oksijen moleküllerine ayrılır. Hidrojen depolanarak yakıt veya hammadde olarak kullanılmak üzere depolanır. Oksijen molekülleri ise tüplere depolanarak sanayi ve sağlık sektöründe kullanılabilir. (TENMAK TEMEN, 2023)

Üretilen yeşil hidrojen kullanılmak istendiğinde hidrojen motoru veya yakıt hücreli motorlar sayesinde enerji olarak kullanılabilir. Bu kullanım sonrası doğaya karbon salınımı meydana gelmez. Bununla birlikte hidrojen kullanımı çevre kirliliğine yol açmamaktadır. (TÜBİTAK MAM, 2020)

Bu çalışmanın birinci bölümünde hidrojen üretim ve kullanım maliyetlerini incelemektedir. İkinci bölümünde Türkiye ekonomisinde hidrojen enerjisinin yeri incelenmiştir. Üçüncü bölümde hidrojen enerjisi kullanımının Türkiye'ye etkileri ve sağlayacağı olası iktisadi avantajlara yer verilmiştir. Son olarak da PESTLE analizi doğrultusunda hidrojen ekonomisine geçişin potansiyel sonuçları ve politika önerilmektedir.

2. HİDROJEN ÜRETİM VE KULLANIM MALİYETİ: MUKAYESELİ BİR MALİYET PROJESİYONU

Günümüzde hidrojen üretim ve kullanım maliyetini etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Öncelikte Elektroliz yöntemi uygulanacak suyun saf olması gerektiğinden suyun arıtılma maliyeti mevcuttur. Elektroliz yönteminin uygulanması için yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik kullanılmaktadır. Hidrojenin depolanması için yüksek basınçlı tanklar veya mevcut doğal gaz depolama tesisleri kullanılabilir. Aynı şekilde hidrojen tanker, hidrojen boru hatları veya katı hidrojen taşıma araçları ile taşınabilmektedir. Henüz hidrojen üretiminde ölçek ekonomisine geçilmemiş olması günümüzde hidrojenin yüksek maliyetli olmasının önemli bir nedenidir. (Enerjisa, 2023)

Hidrojen maliyetlerinin düşürülmesi yönündeki çalışmalar ve yenilenebilir enerji alanında teknolojik gelişmeler hidrojen ma-

liyetlerinin azaltılmasına ciddi katkı sağlamaktadır. Aşağıdaki grafikte yeşil hidrojen üretim maliyet projeksiyonu verilmiştir.

Günümüzde 1 kilogram yeşil hidrojenin üretim maliyeti 4 ile 9 ABD doları seviyelerindedir. Bu durum Hidrojenin fosil yakıtlarla fiyat rekabeti yapmasını engellemektedir. hidrojen teknolojilerinin geliştirilmesi ile 2030 yılı 2-3 ABD doları seviyelerine indiğinde fosil yakıtlarla rekabet edebilir hale gelecektir. Uzun vadeli hedefte 1 kilogram yeşil hidrojenin maliyeti 1 ABD doları olma-

sı beklenmektedir.

Enerji kaynaklarının birim Megavat saat enerji üretimi maliyeti karşılaştırmak için yukarıda girdi olarak ihtiyaç duyulan enerji kaynakları verilmiştir. Buradan hareketle aşağıdaki tabloda bir birim Megavat saat üretimin enerji kaynakları bakımından maliyetleri karşılaştırılmıştır. (İstanbul Ticaret Odası, 2022)

Tablo 1. Hidrojenin Maliyet Projeksiyonu

Yıl	Yenilenebilir enerji maliyeti (\$/MWh)	Hidrojenin Maliyeti (\$/MWh)	Hidrojenin Maliyeti (\$/kg)
2010	360	600	24
2024	30-45	100-225	4-9
2030	15-27	35-55	2-3
Büyük Ölçekli Hedef	10-13	22-28	< 1

Kaynak: Alvera,2022:241

Tablo 2. Birim MWh enerji için ihtiyaç duyulan kaynak miktarı

Enerji (MWh)	Petrol (boe)	Doğal gaz Avrupa (scm)	Doğal gaz (MMBtu)	Kömür (TCE)	Gri Hidrojen KG	Mavi Hidrojen KG	Yeşil Hidrojen KG
1	0,6	91,4	3,41	0,12	25	25	25

Kaynak: Alvera,2022:39

Tablo 3. Birim MWh enerji için ihtiyaç duyulan kaynak Maliyeti (\$/MWh)

Enerji (MWh)	Petrol	Doğal gaz Avrupa	Doğal gaz ABD	Kömür	Gri Hidrojen	Mavi Hidrojen	Yeşil Hidrojen
Eşdeğer Enerji Maliyetleri (\$/ MWh)	38	22	10	14	50	60	100-225

Kaynak: Alvera,2022:39

Tablo 3'deki birim MWh maliyetlerine göre günümüz koşullarında 1 MWh elektrik üretiminin yaklaşık maliyeti 100-225 ABD dolarıdır. Fosil kaynaklarla yeşil hidrojen karşılaştırıldığında belirgin maliyet farklılıkları görülmektedir. 2030 yılına kadar yeşil hidrojen 1 MWh elektrik üretim maliyeti 75 ABD doları seviyelerine indirilebilecektir. Hidrojenden üretilen birim MWh elektriğin uzun vadeli projeksiyonda 25 dolara düşürülerek doğalgaz ve petrol ile rekabet edebilir duruma gelecektir. (SHURA, 2021)

3. TÜRKİYE EKONOMİSİNDE HİDROJEN ENERJİSİNİN YERİ VE PESTLE ANALİZİ

Türkiye'de henüz hidrojen bir yakıt bir yakıt olarak yaygınlaşmasa da hammadde olarak sağlık, ağır sanayi, cam ve çimento vb. birçok alanda kullanılmaktadır. Hidrojen maliyetlerinin düşürülmesi ile birlikte ağır sanayide de kür ve doğalgazın yerini alabilecektir. (Bekar, 2007)

Bu çalışmanın ikinci bölümünde Hidrojen enerjisinin Kullanımının etkileri PESTLE Analizi ile değerlendirilmektedir. PESTLE analizi ile Hidrojen enerjisi kaynaklı bir ekonomiye geçişin Politik, ekonomik, sosyal, teknolojik ve çevresel nasıl etkilerinin neler olduğu araştırılmıştır. Bu doğrultuda Hidrojen enerjisinin Türkiye için Politik, ekonomik, sosyal ve teknolojik yansımaları aşağıda yer almaktadır. (İstanbul Ticaret Odası, 2022)

Politik Faktörler

- Hidrojen teknolojilerinin henüz çok yeni olmasından dolayı politik ve siyasi projeksiyon hazırlanmamıştır.
- Türkiye 2035 ve 2053 Karbon sıfır hedefleri doğrultusunda yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik çalışmalar teşvik edilmektedir. Bu kapsamda TÜBİTAK-MAM hidrojen alanındaki çalışmalar devam etmektedir.
- Avrupa Yeşil Mütabakatı ve Karbon düzenlemesi yönündeki politikalar yakıt olarak hidrojenin kullanımını teşvik etmektedir. (SHURA, 2021)

Ekonomik Faktörler

- Hidrojen bor madeni ile daha düşük maliyetle güvenle depolanabilir.
- Mevcut doğal gaz boru hatları ile taşınabildiği için yatırım maliyeti düşürülebilir .
- Hidrojenin depolanmasındaki zorluklar yüksek maliyeti beraberinde getirmektedir.
- Hidrojenin taşınmasında sıkıştırma ve güvenlik maliyetleri yüksektir.
- İhtiyaç fazlası üretilen Hidrojenin ihracatı sağlanabilecektir.
- Fosil kaynakların ithal edilmesi için gereken döviz cinsinden maliyet azalacaktır. (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2022)

Sosyal Faktörler

- Hidrojenin alanında bilgi eksikliği mevcut olduğundan dolayı yaygınlaşmamıştır.
- Hidrojenin kullanılması bir çok yeni istihdam alanının açılmasını sağlayacaktır. (AL & ATEŞ, 2022)
- Hidrojen teknolojilerinin geliştirilmesi sonucu maliyetlerin düşürülmesi sağlanacaktır.

Teknolojik Faktörler

- Hidrojenin enerji kaynağı olarak kullanılması yenilenebilir enerji kaynaklarına ek olarak istikrarlı bir enerji arzı sağlar.
- Hidrojen depolama teknolojileri geliştirildiğinde az yakıt ile yüksek enerji elde edilebilecektir.
- Hidrojen teknolojileri henüz gelişmediği için günümüzde üretim maliyeti yüksektir.
- Hidrojen teknolojilerinin henüz prototip aşamasında olması seri üretime geçene kadar maliyetlerin yüksek olmasına neden olacaktır.
- Hidrojen teknolojilerinin geliştirilmesi sonucu hidrojen enerjisinin fosil yakıtlarla fiyat rekabeti sağlanacaktır. (Uluslararası Enerji Ajansı, 2022)

Çevresel Faktörler

- Hidrojen dünya üzerinde bol miktarda bulunur.
- İklim değişikliği ile mücadele sağlar.
- Temiz enerji arayışı hidrojen alanındaki çalışmaları hızlandırmaktadır.
- Yenilenebilir kaynaklarından bol miktarda yeşil hidrojen üretilebilir.
- Fosil yakıtların kullanımının azalması çevre kirliliğini azaltabilecektir.
- Yeşil mutabakat ve Kyoto protokolü çerçevesinde hidrojen enerjisinin kullanılması iklim değişikliğinin etkisinin azaltılmasını sağlayabilecektir. (Uluslararası Enerji Ajansı, 2022)

Yasal Faktörler

- Türkiye’de 2035’de yürürlüğe konulması planlanan karbon vergisi alınmaya başlanması hidrojenin fosil yakıtlara karşı fiyat rekabetini kolaylaştıracaktır.
- Türkiye Hidrojen Teknolojileri Stratejisi ve Yol Haritası kapsamında önümüzdeki dönemde yasal düzenlemeler yapılabilir

4. HİDROJEN ENERJİSİ KULLANIMININ TÜRKİYE’YE ETKİLERİ VE SAĞLAYACAĞI OLASI İKTİSADİ AVANTAJLAR

Hidrojen enerjisi kaynaklı bir ekonomiye geçiş birçok **fırsatı da** beraberinde getirecektir. Bu fırsatlar ve Türkiye’ye etkileri aşağıda sıralanmıştır.

- Enerji kaynaklı maliyetlerin azalması enflasyonun azalmasını sağlayabilir.
- Türkiye’de teknolojik gelişmeler sağlarken mühendislik ve teknik bilgi artacaktır.
- Hidrojen üretimi için kurulacak tesisler ve teknolojik değişimler yeni faaliyet alanları oluşturarak yeni istihdam alanları yaratabilir.
- Enerji sektöründe dışa bağımlılık azaltılarak ihtiyaç fazlası hidrojen ihraç edilebilecektir.

- Hidrojen ihracatı cari dengenin sağlanmasına olumlu katkı sağlayabilecektir.
- Hidrojen alanındaki gelişmeler Türkiye’nin Dış ticarete rekabet üstünlüğü sağlayabilecektir.
- Hava kirliliğinin azaltılmasına katkı sağlayabilecektir.
- Ulaşım sektöründe hidrojenle çalışan araçlarının üretimi sağlayabilir.
- Hidrojen enerjisinin kullanımının artması **fosil enerji kaynakların talebini azalacaktır**. Bu durum fosil yakıtların karbon salınımı vb. olumsuz etkileri ortadan kalkabilir.
- Türkiye’nin **2035 ve 2053 karbon sıfır** hedeflerine yaklaşmasını sağlayabilir.
- Karbon vergisinde muafiyet için önemli bir adım olabilir.

5. SONUÇ

Maliyet Projeksiyonu ve PESTLE Analizi Bulguları Çerçevesinde Politika Önerileri

Sonuç olarak Hem Dünyada Hem de Türkiye’de iklim değişikliği ile ilgili bir çok toplumsal ve politik gelişmeler meydana gelirken alternatif enerji kaynağı olarak hidrojenin önemi de artmaktadır. Çalışmaların sonuç vermesiyle birlikte hidrojen üretim, depolama ve taşıma maliyetlerin düşmesi öngörülmektedir. Bu durum da Hidrojen önümüzdeki yıllarda fosil yakıtlarla rekabet edebilir hale gelecektir. Aşağıda Türkiye’nin hidrojen kaynaklı bir ekonomiye geçmesine yönelik öneriler verilmiştir.

- Hidrojen teknolojilerinin geliştirilmesi ile 2030 yılından itibaren hidrojenin fosil yakıtlara karşı fiyat rekabeti sağlayabilmesi beklenmektedir. Buna ek olarak önümüzdeki dönemde fosil yakıtlara karbon vergisi alınması Fosil yakıtlara ilave maliyet yüklemektedir. Böylece hidrojen fiyatları avantajlı hale getirmektedir. (SHURA, 2021)
- Türkiye’de öncelikle rüzgar, güneş vb. yenilenebilir kaynakların payı arttırılarak bu kaynaklar yoluyla üretilen yeşil hidrojen kullanılarak enerji üretilmesi ve üretilen bu yeşil hidrojenin depolanması için gerekli

planlamalar ve yatırım teşvik mekanizmaları işlevsel biçimde oluşturulması önerilir. Yeşil hidrojen üretimini artırmak için yenilenebilir enerjinin üretim ve kullanım payını arttırmak kaçınılmazdır. (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2022)

- Oluşturulacak teşvik mekanizmaları ile yüksek teknoloji ve yüksek maliyetler nedeniyle know-how getirecek doğrudan yabancı sermaye yatırımları cazip hale getirilmelidir. Bu çerçevede ilgili bakanlıklar, TÜBİTAK, üniversiteler, teknoparklar, özel sektör ve uzman serbest ticaret bölgeleri ekosistemleri entegre edilerek yığılma (kümelene) ekonomileri ve işbirlikleri oluşturulması önerilir. Hidrojen teknolojilerinin Ar-Ge çalışmalarının hızlandırılması için üniversiteler ve TÜBİTAK ekseninde yapılacak iş birliği ile seri üretime geçilmesi önerilir. Üniversitenin ve sektörün düzenleyeceği eğitim-sertifika programlarının yanı sıra düzenlenecek bilimsel kongreler ile yaratıcı ve itici yaygın etkiler sağlayabilecektir. (TENMAK TEMEN, 2023)

- Bor madeninin hidrojen depolama aracı olarak kullanılması teşvik edilerek gerekli öncü adımlar kamusal karar birimlerince atılması önerilir. (TÜBİTAK MAM, 2020)

- Cam, çimento, demir- çelik ve yüksek enerji ihtiyacının olduğu karbon salınımının yüksek olduğu sektörlerde yeşil hidrojen kullanılması öncelikle teşvik edilmesi önerilir.

- Mevcut doğalgaz hatlarına hidrojen eklenmesiyle sektörün kademeli olarak karbonsuzlaşma dönüşümüne katkı sağlamak için adım atılması önerilir.

- Eğitim-sertifika programlarının sektörde hidrojen teknolojileri alanındaki nitelikli insan gücü açığını kapatacak yönde ele alınması ve teşvik edilmesi önerilir (ÇAĞLAYAN & UTKULU, 2024)

KAYNAKÇA

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2022, 08 17). *Rüzgar*. 06 19, 2023 tarihinde Bakanlık, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar: <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-ruzgar> adresinden alındı

Aksoy, P., ÜNSAL, M., BUDAK, M. S., GÜLSAÇ, I. I., Üresin, E., OKUR, O., & BALIKÇI, A. (2016). BİYOYAKITLARIN ALTERNATİF YAKIT AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ. *Ulusal Biyoyakıtlar Sempozyumu*, (s. 175). Samsun.

AL, K., & ATEŞ, B. (2022, 7 31). Sürdürülebilir-Hidrojen Üretim Teknolojileri: Büyükle Temelli Yaklaşımlar. *Bartın University International Journal of Natural and Applied Sciences*, s. 18-37. doi:10.55930/jonas.1101384

ALBAYRAK, K. (2019, 5). Türkiye'nin Enerji Ekonomis ve Cari Açık İçin Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Önemi. *T.C KTO Karatay Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı*.

ALICI, V. A., & KIZILTAN, A. (2022). Türkiye'de Enerji Enflasyonunun Enflasyon Oranları Üzerindeki Etkisi. *Research Article Araştırma Makalesi*. doi:10.5152/TBE.2022.220820

ASLAN, Ö. (2007). Hidrojen Ekonomisine Doğru. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, s. 290-298.

AYDEMİR, H. (2016, 04 09). Türkiye'de Boru Hattı Ulaştırması: Genel Durumu, Uluslararası Karşılaştırmalar ve Hedef ile Politikalara Yönelik Öneriler. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 18(54), s. 399-408. doi: 10.21205/deufmd.2016185409

AYDIN, F. (2010). Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 35(317). <https://dergipark.org.tr/en/pub/erciyesiibd/issue/5892/77939> adresinden alındı

BARAN, M., SÖNMEZ, R., & MUAMMER MES-Cİ. (2009). Avrupa Birliği (AB) Enerji Endüstrisinin Genel Durumu ve Enerji Politikaları. *Enerji ve Çevre* (s. 2). içinde İstanbul.

BEKAR, D. (2007). Ekolojik mimarlıkta aktif enerji sistemlerinin incelenmesi. s. 20.

BEKTAŞ, B., HAKYEMEZ, C., ÖZÇELİK YANIK, D., & YILDIZCA, O. (2021, 05). Hidrojen Enerjisi Bilgilendirme Notu. *TSKB Enerji Çalışma Grubu*, s. 1-29.

Bloomberg. (2023, 07 1). [www.bloomberght.com. https://www.bloomberght.com/emtia/brent-petrol](https://www.bloomberght.com/emtia/brent-petrol) adresinden alındı

COUNCIL, W. E. (2021). Küresel Hidrojen Raporu 2021. 29,08.2023 tarihinde <https://dunyaenerji.org.tr/2021-kuresel-hidrojen-raporu-ozeti/> adresinden alındı

ÇAĞLAYAN, İ. (2023). Hidrojen Enerjisi Kaynaklı Bir Ekonomiye Geçiş Nasıl Mümkün Olabilir? Türkiye İçin Karşılaştırmalı Bir yol Haritası Önerisi.

ÇAĞLAYAN, İ., & UTKULU, U. (2023). Hidrojen Enerjisi Kaynaklı Bir Ekonomiye Geçiş Nasıl Mümkün Olabilir? Türkiye İçin Karşılaştırmalı Bir yol Haritası Önerisi.

ÇAĞLAYAN, İ., & UTKULU, U. (2024). Türkiye'nin Hidrojen Ekonomisine Geçişine Yönelik Bir Değerlendirme. 8. All-İzmir Economics Çalıştayı, Perşembe, 07 Kasım 2024, İzmir Bakırçay Üniversitesi. İZMİR.

DÜNYA ENERJİ KONSEYİ TÜRK MİLLİ KOMİTESİ. (2007). *KÖMÜR ÇALIŞMA GRUBU RAPORU*. Ankara: Dünya Enerji Konseyi Türk Millî Komitesi.

DÜNYA ENERJİ KONSEYİ TÜRKİYE. (2020, 11). *YEŞİL HİDROJEN RAPORU*. s. 1-11.

ENERJİ VE TABİİ KAYNAKLAR BAKANLIĞI. (2023, 05 23). *Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı*. 05 23, 2023 tarihinde Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı: <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-ruzgar> adresinden alındı

ENERJİSA. (2023, 05 1). *Hidrojen Enerjisinin Geçmiş, Bugünü ve Yeşil Geleceği*. 07 01, 2023 tarihinde <https://www.enerjisauretim.com.tr/blog/hidrojen-enerjisinin-gecmisi-bugunu-ve-yesil-gelecegi> adresinden alındı

ESCARUS. (2021, 08 17). *Karbon Vergisi ve Emisyon Ticaret Sistemi*. <https://www.escarus.com/karbon-vergisi-ve-emisyon-ticaret-sistemi> adresinden alındı

HİDROJEN TEKNOLOJİLERİ DERNEĞİ. (2022, 3 24). *Türkiye, AB'nin yeşil hidrojen ihtiyacını karşılamada avantajlı durumda*. Hidrojen Teknolojileri Derneği: <https://www.hidrojenteknolojileri.org/blog/turkiye-hidrojen-haberleri/> adresinden alındı

HİDROJEN TEKNOLOJİLERİ DERNEĞİ. (2023). *Hidrojen Teknolojileri Derneği*. <https://www.hidro->

[jenteknolojileri.org/blog/ihtec-2023/](https://www.hidrojenteknolojileri.org/blog/ihtec-2023/) adresinden alındı

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ. (2018, 4 27). 06 2023, 20 tarihinde <http://www.cevreciyiz.com/makale-detay/1334/karbon-fiyatlandirmasi-nedir> adresinden alındı

İNCİTAŞ. (2023). *Güneş Enerjisi Depolamada Etkili Yöntem: Hidrojen*. 06 19, 2023 tarihinde İncitaş: <https://www.incitas.com.tr/bilgi-merkezi/blog/gunes-enerjisi-depolamada-etkili-yontem-hidrojen#:~:text=Su%2C%20elektroliz%20y%C3%B6ntemi%20ile%20hidrojen,bu%20teknik%20sayesinde%20enerji%20depolan%C4%B1yor.> adresinden alındı

İSTANBUL TİCARET ODASI. (2022, 2 21). *Türkiye'nin ilk yeşil hidrojen tesisi kuruluyor*. İstanbul Sanayi Odası Sürdürülebilirlik Vizyonu: <https://www.isoyesilblog.com/turkiyenin-ilk-yesil-hidrojen-tesisi-kuruluyor> adresinden alındı

JEOTERMAL ENERJİ ARAŞTIRMA VE UYGULAMA MERKEZİ. (2015, 4). *Jeotermal Enerjinin Çevresel Etkileri*. s. 1-22.

KILINÇ, N. (2008, 7). Hidrojen Enerjisinin ve Hidrojen Teknolojilerinin Ekonomideki yeri Pazar Gelişimi ve Pazar Payı üzerindeki Araştırma. *Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, s. 30-46.

SHURA. (2021). *Türkiye'nin Ulusal Hidrojen Stratejisi için Öncelik Alanları*.

T.C Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2023). *Türkiye Hidrojen Teknolojileri Stratejisi Ve Yol Haritası*. s. 25.

TEİAŞ. (2003, 02 01). *Yük Tevzi Bilgi Sistemi*. 05 24, 2023 tarihinde TEİAŞ: https://ytbsbilgi.teias.gov.tr/ytbsbilgi/frm_istatistikler.jsf adresinden alındı

TEİAŞ Planlama ve Yatırım Yönetimi Daire Başkanlığı. (2021). *ÜRETİM KAPASİTE PROJEKSİYONU 2021-2025. TÜRKİYE ELEKTRİK İLETİM A.Ş.* Ankara: TEİAŞ.

TENMAK TEMEN. (2023, 05 9). *TENMAK TEMEN*. TENMAK TEMEN: <https://temen.tenmak.gov.tr/tr/kurumsal/hakkimizda.html> adresinden alındı

TOPÇU, Y. (2019). Hidrojen Teknolojilerinin değerlendirilmesi. *Kimya Sanayiinde Proses İyileştirme ve Yenilikçi yaklaşımlar Sempozyumu*, (s. 57). Samsun.

TUREB - TURİST REHBERLERİ BİRLİĞİ. (2023,

05 01). *TUREB*. TUREB: <https://www.tureb.org.tr/> adresinden alındı

TÜBİTAK. (2016). Hidrojen Enerjisi. *TÜBİTAK BİLİM FUARLARI DESTEKLEME PROGRAMI*, (s. 46). Ankara.

TÜBİTAK MAM. (2020). *TÜBİTAK MAM*. <https://malzeme.mam.tubitak.gov.tr/tr/arastirma-alanlari/hidrojen-ve-yakit-pili-teknolojileri> adresinden alındı

TÜİK. (2022). *Sera Gazı Emisyon İstatistikleri, 1990-2020*. TÜİK. Ankara: TÜİK.

TÜİK. (2022, 3 30). *Sera Gazı Emisyon İstatistikleri, 1990-2020*. 06 20, 2023 tarihinde <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Sera-Gazi-Emisyon-Istatistikleri-1990-2020-45862#:~:text=Sera%20gaz%C4%B1%20envanteri%20sonu%C3%A7lar%C4%B1na%20g%C3%B6re,CO2%20e%C5%9Fd.%20olarak%20hesapland%C4%B1> adresinden alındı

TÜRKİYE ELEKTİRİK İLETİM A.Ş. (2021). *Üretim Kapasite Projeksiyonu 2021-2025*. Türkiye Elektrik İletim A.Ş. Ankara: Türkiye Elektrik İletim A.Ş.

(2022). *Türkiye Hidrojen Teknolojileri Stratejisi Ve Yol Haritası*. ANKARA: T.C. ENERJİ VE TABİİ KAYNAKLAR BAKANLIĞI.

ULUSLARARASI ENERJİ AJANSI. (2022). *Enerji arzı*. <https://online.deu.edu.tr/access/lessonbuilder/item/427089/group/4982593d-3a1a-4368-95bc-9c672c6dca68/Ders%20%C4%B0%C3%A7erikleri/HAFTA%202-%20Belge%20ve%20D%C3%B6k%C3%BCman/WorldEnergyInvestment2022.pdf> adresinden alındı

ULUSLARARASI ENERJİ AJANSI. (2022). *World Energy İnvetment*. <https://online.deu.edu.tr/access/lessonbuilder/item/427089/group/4982593d-3a1a-4368-95bc-9c672c6dca68/Ders%20%C4%B0%C3%A7erikleri/HAFTA%202-%20Belge%20ve%20D%C3%B6k%C3%BCman/WorldEnergyInvestment2022.pdf> adresinden alındı

ULUSLARARASI ENERJİ AJANSI. (2023). *World Energy Investment*. <https://online.deu.edu.tr/access/lessonbuilder/item/427089/group/4982593d-3a1a-4368-95bc-9c672c6dca68/Ders%20%C4%B0%C3%A7erikleri/HAFTA%202-%20Belge%20ve%20D%C3%B6k%C3%BCman/WorldEnergyInvestment2022.pdf> adresinden alındı

ULUSLARARASI ENERJİ AJANSI(IEA). (2021). <https://www.iea.org/reports/key-world-energy-statistics-2021/supply#abstract> adresinden alındı

VEZİROĞLU, N. (2001). Hidrojen Ekonomisinin Kurulması .

WORLD BANK. (2023). *State and Trends of carbon Pricing 2023*.