



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

TÜRKİYE’DE HİDROJEN ENERJİSİ VE GELECEĞİ

Funda ÖNDER ^{1,*}, Rahmiye Zerrin YARBAY ŞAHİN ^{2,3}

¹ Funda ÖNDER, Makine Mühendisliği Bölümü, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Türkiye
onderfunda10@gmail.com

² Rahmiye Zerrin YARBAY ŞAHİN, Kimya Mühendisliği Bölümü, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi,
Türkiye

³ Rahmiye Zerrin YARBAY ŞAHİN, Enerji Teknolojileri Uygulama ve Araştırma Merkezi, Bilecik
Şeyh Edebali Üniversitesi, Türkiye
Zerrin.yarbay@bilecik.edu.tr

* Sorumlu yazar; E-Mail: onderfunda10@gmail.com

ÖZET

Eskiden beri süregelen çeşitli yakıtların çevreye ve insanlığa olumsuz etkiler ve bu kaynakların zamanla azalmasından dolayı insanoğlu daha temiz ve sürdürülebilir alternatif enerji kaynağı arayışına başlamıştır. Bu arayışta birçok alternatif enerji kaynağı araştırılmakta olup bunların içinde en sürdürülebilir ve temiz olanı hidrojen enerjisi olarak belirtilmektedir. Hidrojen hem alternatif bir enerji kaynağı olup hem de devletlerin enerji alanında ekonomik bağımsızlığı ve enerjide dışa bağımlılığın azaltılmasında rol oynayarak çok önemli yer kazanmıştır. Bu açıdan Türkiye’de hidrojen enerjisini etkin kullanılabilmesi için araştırma ve proje çalışmaları hız kazanmıştır. Çeşitli alanlarda hidrojen enerjisi araştırmaları, hidrojenle çalışan araç projeleri, farklı enerji kaynakları ile hidrojen enerjisi üretimi, hidrojenin farklı şekilde elde edilme yöntemleri ile ilgili çalışmalar yürütülmeye devam etmektedir. Netice olarak, hidrojen enerjisi yaşanabilir bir dünya için şart olan bir enerji kaynağı olup Türkiye de bu konudaki çalışmalarına hızla devam etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir enerji kaynakları, hidrojen enerjisi, Türkiye’de hidrojen enerjisi.

HYDROGEN ENERGY AND FUTURE IN TURKEY

ABSTRACT

Due to the negative effects of various fuels on the environment and humanity, which have been going on for a long time, and the decrease in these resources over time, mankind has started to search for a cleaner and more sustainable alternative energy source. In this search, many alternative energy sources are being researched and the most sustainable and cleanest among them is stated as hydrogen energy. Hydrogen is both an alternative energy source and has gained a very important place by playing a role in the economic independence of states in the field



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium

9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

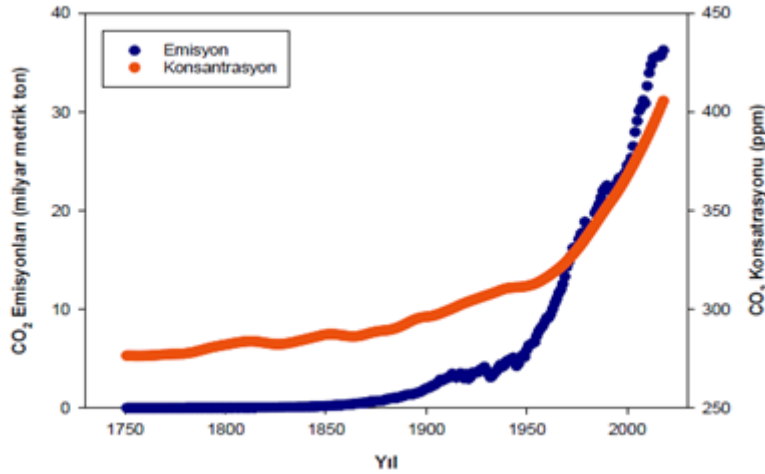
<http://www.efis.beun.edu.tr>

of energy and reducing foreign dependence on energy. In this respect, research and project studies have accelerated in order to use hydrogen energy effectively in Turkey. Studies on hydrogen energy research in various fields, hydrogen-powered vehicle projects, hydrogen energy production with different energy sources, and different methods of obtaining hydrogen continue to be carried out. As a result, hydrogen energy is an essential energy source for a livable world and Turkey continues its studies on this subject rapidly.

Key Words: Renewable energy sources, hydrogen energy, hydrogen energy in Turkey.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

1973'teki ilk petrol krizi ve sonrasında yaşanan 1979 krizi, hidrojen ve hidrojen yakıt hücrelerine olan ilgiyi arttırmıştır. Günümüzde küresel ısınma ve iklim değişikliği, proje geliştirme ve ticari kullanıma geçiş ve maliyetlerin düşürülmesi gibi somut çevre sorunları ile ilgili çalışmalar oldukça önemlidir [1]. İklim değişikliği riskini (sera etkisi) azaltmak için dünya çapında CO₂ emisyonu üretimi, enerji sisteminin büyük ölçüde kontrol altına alınması gereklidir. Bir enerji kaynağı olarak hidrojen kullanımı CO₂ seviyesini azaltmak için uzun dönemli bir seçenektir [2,3].



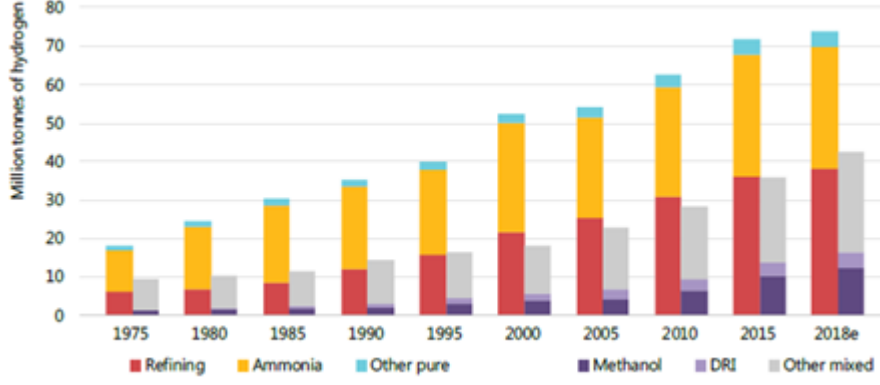
Şekil 1. 1751-2018 yılları arasında dünyada fosil yakıtların yanmasından kaynaklanan CO₂ emisyonları ve atmosferik konsantrasyonları [3].

Dünya çapında fosil yakıtlardan hidrojene bir dönüşüm, birçok sorunu ve bunların sonuçlarını ortadan kaldıracaktır. Güneş enerjisi gibi temiz kaynaklardan hidrojen üretimi ideal yoldur[2].

2. HİDROJEN ENERJİSİ (HYDROGEN ENERGY)

Hidrojen ve enerjinin uzun bir ortak geçmişi vardır. Su elektrolizi ve yakıt hücrelerinin ilk gösterimleri 1800'lerde mühendislerin hayal gücünü ele geçirmiştir. Hidrojen, 200 yıl önce ilk içten yanmalı motorlara yakıt sağlamak için kullanılmıştır. Hidrojen, 18. ve 19. yüzyıllarda balonlara ve hava gemilerini havaya kaldırmayı sağlamıştır ve 1960'larda insanlığı aya taşımıştır. Amonyak gübresindeki hidrojen artan küresel nüfusun beslenmesine yardımcı olmuştur. Hidrojen, petrol arıtımında kullanımının yaygınlaştığı 20. yüzyılın ortalarından beri de enerji endüstrisinin ayrılmaz bir parçası olmuştur.

Endüstriyel kullanıcıları için hidrojen dünya genelinde oldukça önemlidir. 1975'ten bu yana üç kattan fazla büyüyen hidrojen talebi (Şekil 2) her yıl artmaya devam etmektedir. Saf haliyle hidrojen talebi yılda yaklaşık 70 milyon tondur (MtH₂ / yıl). Bu hidrojenin neredeyse tamamı fosil yakıtlardan sağlanmakta olup, küresel doğalgazın %6'sı ve küresel kömürün %2'si hidrojen üretimine harcanmaktadır [4].



Şekil 2. 1975'ten beri hidrojen için küresel yıllık talep [4].

Hidrojen, sürdürülebilir bir enerji geleceğine iki şekilde katkıda bulunabilir:

1. Mevcut hidrojen uygulamaları, daha temiz üretim yöntemleri kullanılarak üretilebilir.
2. Hidrojen, mevcut yakıtlara ve girdilere alternatif olarak veya bu uygulamalarda elektriğin daha fazla kullanılmasının bir tamamlayıcısı olarak çok çeşitli yeni uygulamada kullanılabilir.

En yaygın bilinen hidrojen depolama yöntemleri, sıkıştırma, soğutma veya ikisinin bir kombinasyonuna (hibrit depolama) dayalı fiziksel depolama yöntemlerini içerir. Ek olarak, çok sayıda yeni hidrojen depolama teknolojisi araştırılmaktadır. Bu teknolojiler, malzeme tabanlı depolama teknolojileri adı altında bir araya toplanabilir. Bunlar katıları, sıvıları veya yüzeyleri içerebilir. Henüz sadece sıkıştırma ve sıvılaştırma yoluyla fiziksel depolamanın ticari bir önemi bulunmaktadır. Yeni depolama ortamları, malzeme tabanlı hidrojen depolama teknolojileridir. Bunlar arasında metal hidritler, kimyasal hidrojen depolama malzemeleri (sıvı organik hidrojen taşıyıcılar gibi) veya sorbentler (metalik organik çerçeveler, zeolitler ve karbon nanotüpler gibi) bulunur. Bu teknolojilerin çoğu hâlen araştırma ve geliştirme aşamasındadır. Şu anda, hidrojen genellikle basınçlı gaz tanklarında ve bazı durumlarda kriyojenik sıvı tanklarında kamyonla taşınmaktadır[3]. Kullanılabilir farklı depolama yöntemleri olmasına rağmen bu sorun için geliştirilenler üreticilerin ve kullanıcıların gereksinimlerini karşılamamaktadır. Günümüzde mevcut olan tüm yöntem ve materyaller güvenliği ve verimliliği kanıtlanacak şekilde daha da iyileştirilmelidir[5].

3. TÜRKİYE AÇISINDAN HİDROJEN ENERJİSİNİN AVANTAJLARI

Hidrojen enerjisine yapılan yatırımlar, Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığı açısından kritik önem taşımakta olup Türkiye, birincil enerji tüketiminin 2020 yılına kadar 222 mtep/yıl'a ulaşmasını beklenmektedir. Enerji politikalarının öngördüğü gibi bu miktarın% 30'unu yerli kaynaklar karşılanacak; böylece Türkiye enerjide bağımlılığını %3 oranında azaltabilecektir[1].

Veziroğlu tarafından yapılan bir çalışmada, ulusal enerji bağımsızlığı için bir yol haritası önermektedir. Veziroğlu, "Türkiye, ihtiyaç duyduğu tüm yakıtları, Türkiye'de mevcut birincil enerji kaynaklarını kullanarak, otuz yılı aşkın süredir hidrojen olarak üretebilmek için ulusal bir enerji bağımsızlığı yol haritası uygulamalı" şeklinde bu konunun önemini belirtmektedir [1].

Hidrojen enerjisine geçmenin Türkiye için faydaları şu şekilde sıralanabilir

- Petrol, doğalgaz ve kömür için sarf ettiğimiz döviz miktarları giderek düşecek, böylelikle yakıt ihtiyacımızı kendi birincil enerji kaynaklarımızla sağlanmış olacaktır.
- Hidrojen enerjisi teknolojileri Türkiye'de mühendislere bilgi ve olanak sağlayacaktır.
- Yeni iř kolları ortaya çıkacak ve bu konuda istihdam artacaktır.
- Üretilen fazla hidrojen satılacak ve bu konudan gelir kaynağı yaratılacaktır.
- Küresel ısınmanın, hava kirliliğinin ve asit yağmurlarının getirdiği zararlar ortadan kalkacak ve temiz bir evre sağlanacaktır.
- Ülkemizde üretilen hidrojenle çalışan otomobillerin seri üretime geçmesi halinde önemli bir istihdam sağlanacaktır.
- Türkiye Kyoto Protokolü kurallarına uymuş olacaktır.
- Türkiye teknoloji ihraç eden bir ülke konumunda olacak, kalkınmasını hızlandıracak, ekonomik bağımsızlığını güçlendirecektir[6].

4. TÜRKİYE'DE HİDROJEN KONUSUNDA YAPILAN ALIşMALAR

Türkiye'de hidrojen alanındaki araştırma, geliştirme ve yenilik faaliyetleri 1900'lerin sonlarına doğru başlamış ve 2000'li yıllardan sonra da artmıştır. Türkiye, akademik yayınlar, projeler, ortaklıklar, konferanslar vb. yoluyla pek çok araştırmacı ile akademide oldukça aktif olmuştur. Bu kapsamda ilk girişim olarak 2003 yılında kurulup 2004'te faaliyetlerine başlayan Birleşmiş Milletler Sınai Kalkınma rgt (UNIDO) Uluslararası Hidrojen Enerjisi Teknoloji Merkezi (ICHET) gösterilebilir. Girişim, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından da desteklenmiştir [1]. ICHET, sosyal ve ekonomik amaçlar için hidrojen ve yakıt hücresi enerji teknolojilerini desteklemiştir. ICHET portföyünde, Türkiye'de dört önemli çalışmada bulunmuştur: "İstanbul için Hidrojen Otobüs Pilot Projesi"; "Karadeniz ve Endüstriyel Sularda Hidrojen Sülfürden Hidrojen retimi için Pazar Potansiyeli"; "şehir Atıkları Kullanılarak Hidrojen retimi"; ve "Borakstan Tek Aşamalı NaBH₄ retimi Süreci"[9]. Ayrıca ICHET, "Gezici Hidrojen Evi", "Yakıt Pilli Yolcu Taşıma Aracı", "Hidrojen Yakıt Pilli Forklift", "Yakıt Pilli Hibrit Scooter", ve "İDO Yakıt Pilli Kesintisiz Güç Kaynağı" gibi birçok projeye de imza atmıştır. Bu projelerden sonra da "Bozcaada Hidrojen Adası Projesi", Haliç'te bir "Yakıt Dolum İstasyonu", "Hidrojen Enerjili Gezi Teknesi", İETT için "Hidrojen Enerjili Otobüs" ve TUBİTAK-MAM'la ilgili yürütülen "Gezici Hidrojen Dolum İstasyonu" gibi projeleri üzerinde durulmuştur. ICHET 2012 yılı itibari ile faaliyetlerine son vermiştir.

Bir diğer önemli girişim ise otuz yılı aşkın bir süredir bu tür faaliyetler sonucunda, hareket etmede kritik bir rol oynamak üzere Ulusal Hidrojen Teknolojileri Derneği kurulmuştur [7]. Derneğin amacı Hidrojen Teknolojileri

konusunda bilimsel, endüstriyel ve sosyal işbirliğini sağlamak, sürdürülebilir koordinasyonu geliştirmek ve ilgili faaliyetleri gerçekleştirmektir. Derneğin düzenlediği kongreler: UHTEK 2015 (Ulusal Hidrojen Teknolojileri Kongresi), IHTEC 2017 (2. Ulusal Hidrojen Teknolojileri Kongresi), GCGW 2018 (Global Conference on Global Warming), IHTEC 2018 (3. Uluslararası Hidrojen Teknolojileri Kongresi), IHTEC 2019 (4. Uluslararası Hidrojen Teknolojileri), IHTEC 2021(5. Uluslararası Hidrojen Teknolojileri Kongresi), WHEC 2022.

Türkiye’ de hidrojen enerjisi gelişimi için yakın tarihlerde yapılan bazı çalışmalar şunlardır:

- BOREN tarafından yönetilen Hidrojen Teknolojileri Laboratuvarı 2018 yılında kurulmuştur. Hidrojenin temiz bir enerji kaynağı olarak kullanımını teşvik etmek için gerekli teknolojik ortamın yanı sıra araştırma ve enerji verimliliğini artırmak için teknik ve yöntemlerin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Buna göre hidrojen enerjisi alanında araştırma ve geliştirme yapmak üzere on altı üniversite ve kamu kurumu arasında bir işbirliği protokolü imzalanmıştır.
- Zonguldak, Samsun, Sinop ve Giresun'da hidrojen üretim tesislerinin yapımı için fizibilite çalışmaları devam etmektedir.
- Şubat 2020'de BOREN ve TÜBİTAK'ta hidrojenle çalışan iki araç geliştirilmiştir. Araçlardan biri olan Bormobil, hidrojen depolaması için bor kullanan yerli bir otomobil olarak tasarlanmıştır. Araba çok sessiz çalışmakta ve sıfır emisyonu sahiptir ancak 100km/s'lik bir azami hıza sahiptir [10].
- Doğal gaz sektörü, en geç 2021 yılı sonunda başlaması öngörülen dağıtım sistemine ilk girişi ile hidrojen kullanmak için çalışmalar yapmıştır.
- Enerji Bakanlığı tarafından düzenlenen “Enerjide Arama Buluşmaları: Hidrojen” konulu çalıştayda Türkiye’de en geç 2021 sonunda dağıtım hatlarına ilk hidrojen girişinin yapılması hedefi konmuştur. Bu kapsamda Hidrojen Teknolojileri Derneği tarafından EPDK’ya sunulan ilk Ar-Ge projesinin çalışmaları da hızlanmıştır. Yıldız Teknik Üniversitesi araştırma grubu ile GazBir tarafından sürdürülen “Temiz hidrojen enjeksiyonu ile doğal gaz sistemlerinin performansının iyileştirilmesi” projesi kapsamında temiz hidrojen enjeksiyonu ile doğal gaz sistemlerinin performansının iyileştirilmesi için gerekli laboratuvarın ve hidrojen kullanarak doğal gazı daha çevre dostu yapan teknolojinin kavramsal tasarımı yapılmıştır. İkinci faz çalışmalarında ise temiz laboratuvarın ve yenilenebilir enerji destekli hidrojen kullanarak doğal gazı daha çevre dostu yapan teknolojinin ilk deneysel test kurulumları gerçekleştirilmiştir. Bu teknoloji kullanılarak ilk deneme testleri yapılmış olup ortalama yüzde 5’e kadar hidrojen ile yüzde 95’e kadar doğal gaz karıştırılmış ve elde edilen karışım test amaçlı yakılmıştır. Kısa sürede bu teknolojinin doğal gaz sektöründe kullanımının yaygınlaştırılması hedeflenmektedir [11].

5. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmada hidrojen enerjisinin önemine, bu enerjinin gelecek için büyük bir fırsat olduğuna, bu alanda Türkiye’nin ne gibi faydalar sağlayacağına ve bu alandaki çalışmalarına değinilmiştir. Türkiye hızla önem kazanan hidrojen enerjisinin ülkeye ve yaşadığımız çevreye faydalarının farkında olup bu alanda yapılan çalışmalarla yol katetmiştir. Hala kullanım ve üretiminde birçok sorun barındıran hidrojen enerjisi daha fazla çalışma ve araştırma yapma gereği doğurmaktadır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Apak S., Atay E., Tuncer G., (2017). Renewable hydrogen energy and energy efficiency in Turkey in the 21st century. *Hydrogen Energy*, 2446-2452
- [2] Momirlana M., Veziroglu T. N., (2002). Current status of hydrogen energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 141-179.
- [3] Dinçer İ., Eroğlu İ., Öztürk M., (2021). Türkiye için hidrojen teknolojileri yol haritası. *Hidrojen Teknolojileri Derneği*.
- [4] Report prepared by the IEA for the G20, Japan, (2019). The Future of Hydrogen: Seizing today's opportunities. *IEA*, 17.
- [5] Niaz S., Manzoor T., Pandith A. H., (2015). Hydrogen storage: Materials, methods and perspectives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 457-469.
- [6] Tutar F., Eren M., (2015). Geleceğin Enerjisi: Hidrojen Ekonomisi ve Türkiye. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 6.
- [7] Arat H. T., Baltacıoğlu M.K., Tanç B., Sürer M.G., (2019). A perspective on hydrogen energy research, development and innovation activities in Turkey. *Energy Research*, 588-593.
- [8] Yazıcı M. S., Hatipoğlu M., (2012). Hydrogen and fuel cell demonstrations in Turkey. *Energy Procedia*, 683-689.
- [9] Yazıcı M. S., (2011). UNIDO-ICHET support to hydrogen and fuel cell technologies in Turkey. *International journal of hydrogen energy*, 11209-11245.
- [10] Yalçın D., (2020). Hydrogen law and regulation in Turkey. *CMS Expert Guide to hydrogen law and regulation*.
- [11] Türkiye Enerji Vakfı, (2020). Türkiye'nin Hidrojen Çalışmaları . *Enerji Panorama Dergisi*, 41.