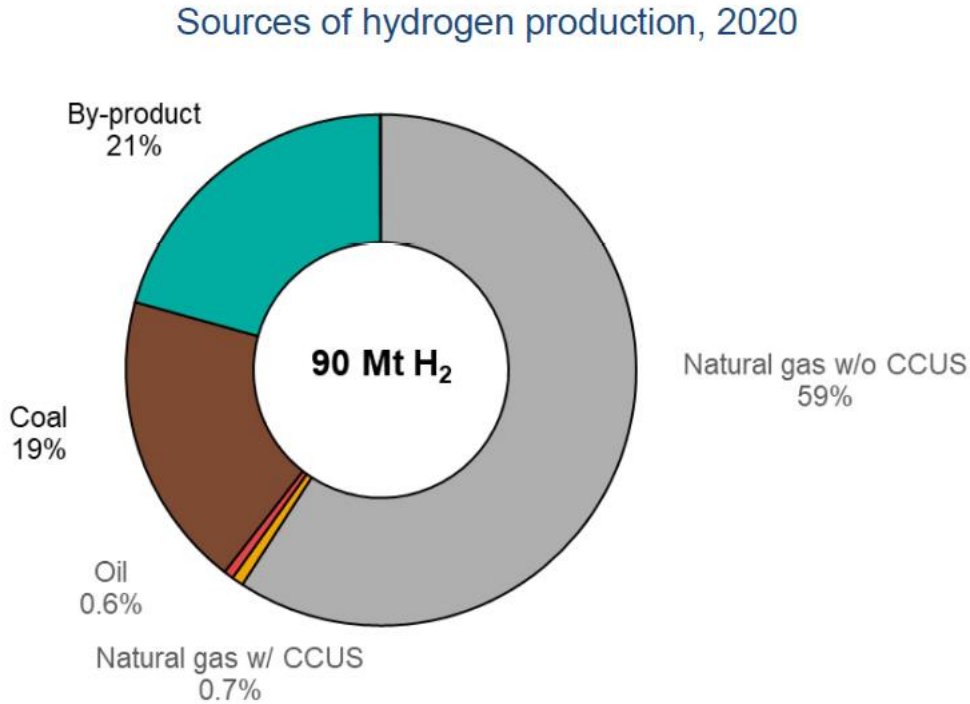


2021 KÜRESEL HİDROJEN RAPORU ÖZETİ *

Hidrojen için birkaç yanlış başlangıçtan sonra, şimdi yeni bir başlangıcın zamanıdır. Başka bir ifade ile hidrojenin sürdürülebilir enerji sistemine potansiyel katkısını kullanmanın zamanı geldi. 2019'da IEA'nın dönüm noktası niteliğindeki Hidrojenin Geleceği raporunun yayımlandığı tarihte, yalnızca Fransa, Japonya ve Kore hidrojen kullanımına yönelik stratejilere sahipti. Şu anda, 17 hükümet hidrojen stratejileri yayınladı ve 20'den fazla ülke kamuya açıklanmış stratejiler üzerinde çalışıyor. Ayrıca çok sayıda şirket hidrojene dair iş fırsatlarından yararlanmaya çalışıyor. Bu tür çabalar için uygun zamandır zira net sıfır emisyonlu bir enerji sistemi için hidrojen elzem olacaktır. IEA'nın "2050'ye Kadar Net Sıfır: Küresel Enerji Sektörü için Bir Yol Haritası" raporunda, hidrojen kullanımı enerji sektörünün çeşitli alanlarında yaygınlaşıyor ve 2050 yılına kadar toplam nihai enerji tüketiminin %10'unu karşılayacak şekilde altı kat büyüyor. Bunların hepsi düşük karbon kaynaklarından sağlanıyor.

Şekil 1- Hidrojen Üretim Kaynakları, 2020



IEA. All rights reserved.

Note: CCUS = carbon capture, utilisation and storage.

* "Global Hydrogen Review 2021", [IEA](#)

2020'de neredeyse tamamı rafinaj ve endüstriyel uygulamalar için olan ve Şekil1'de görüldüğü gibi neredeyse yalnızca fosil yakıtlardan üretilen hidrojen talebi 90 Mt seviyesindeydi ve 900 Mt'a yakın CO2 emisyonuna neden oldu. Ancak ilerlemenin cesaret verici işaretleri var. Elektrikten hidrojen üretmek için ihtiyaç duyulan küresel elektrolizör kapasitesi, son beş yılda ikiye katlanarak 2021 ortasına kadar 300 MW'ın biraz üzerine çıktı. Şu anda geliştirilmekte olan yaklaşık 350 proje, 2030 yılına kadar küresel kapasiteyi 54 GW'a çıkarabilir. 35 GW'dan fazla kapasiteye sahip 40 proje daha geliştirme sürecinin erken aşamalarında. Tüm bu projeler hayata geçirilirse, elektrolizörlerden küresel hidrojen arzı 2030 yılına kadar 8 Mt'ın üzerine çıkabilir. Önemli olmakla birlikte, bu, 2050 yılına kadar net sıfır CO2 emisyonu yolunda belirlenen 2030 için 80 Mt'nin hala oldukça altındadır.

Avrupa, küresel kurulu kapasitenin %40'ı ile elektrolizör kapasitesi yaygınlaşmasında öncülük ediyor ve Avrupa Birliği ve Birleşik Krallık'ın iddialı hidrojen stratejilerinin ardından yakın vadede en büyük pazar olmaya devam edecek. Avustralya'nın planları, birkaç yıl içinde Avrupa'yı yakalayabileceğini gösteriyor; Latin Amerika ve Orta Doğu'nun da özellikle ihracat için büyük miktarlarda kapasite konuşlandırması bekleniyor. Çin Halk Cumhuriyeti ("Çin") yavaş bir başlangıç yaptı, ancak proje duyurularının sayısı hızla artıyor ve Amerika Birleşik Devletleri kısa süre önce duyurduğu Hydrogen Earthshot ile hedeflerini artırıyor.

Fosil yakıtlardan karbon yakalama, kullanma ve depolama (CCUS) ile hidrojen üretmeye yönelik on altı proje şu anda faaliyettedir ve yılda 0,7 Mt hidrojen üretiyor. 50 proje daha geliştirme aşamasındadır ve gerçekleştirildiği takdirde, 2030 yılına kadar yıllık hidrojen üretimini 9 Mt'ın üzerine çıkarabilir. Kanada ve Amerika Birleşik Devletleri, küresel kapasitenin %80'inden fazlası ile CCUS ile fosil yakıtlardan hidrojen üretiminde lider konumdadır. Birleşik Krallık ve Hollanda, bu alanda lider olmaya çalışıyor ve geliştirilmekte olan projelerin büyük bir bölümünü oluşturuyor.

Hidrojen, günümüzdeki yaygın kullanımlarından çok daha fazla uygulamada kullanılabilir. Bu, toplam hidrojen talebinin hala küçük bir payını oluştursa da özellikle ulaşımda, erişimini genişletmek için son zamanlarda kaydedilen ilerleme güçlü olmuştur. Otomotiv yakıt hücrelerinin maliyeti, teknolojik ilerleme ve yakıt hücresel elektrikli araçların (FCEV'ler) artan satışları sayesinde 2008'den bu yana %70 düştü. Kore, Amerika Birleşik Devletleri, Çin ve Japonya'nın çabaları sayesinde, yollardaki FCEV'lerin sayısı 2017'de 7.000'den 2021'in ortasına kadar altı kattan fazla büyüyerek **43.000**'in üzerine çıktı. **2017'de neredeyse tüm FCEV'ler binek otomobillerdi. Bugün beşte biri otobüs ve kamyonlardan oluşuyor ve bu da hidrojenin elektrikli araçlarla daha iyi rekabet edebileceği uzun mesafe segmentine geçişi gösteriyor.** Bununla birlikte, toplam FCEV sayısı, bugün yollarda bulunan tahmini 11 milyon elektrikli aracın hala oldukça altında.

Demiryolu, denizcilik ve havacılıkta hidrojen bazlı yakıtların kullanımına yönelik çeşitli tanıtım projeleri halihazırda geliştirilme aşamasındadır ve hidrojen talebi yaratmak için yeni fırsatlar oluşturması beklenmektedir.

* "Global Hydrogen Review 2021", [IEA](#)

Hidrojen, endüstri için karbonsuzlaştırmanın temel direğidir, ancak önemli ölçüde katkıda bulunabilecek teknolojilerin çoğu hala yenidir. Önemli adımlar atılıyor. **Düşük karbonlu hidrojen kullanarak karbonsuz çelik üretmeye yönelik dünyanın ilk pilot projesi bu yıl İsveç'te faaliyete geçti. İspanya'da, amonyak üretimi için değişken yenilenebilir bazlı hidrojen kullanımına yönelik bir pilot proje 2021'in sonunda başlayacak. Önümüzdeki iki ila üç yıl içinde onlarca kiloton hidrojen ölçeğinde birkaç projenin faaliyete geçmesi bekleniyor. Çimento, seramik veya cam üretimi gibi endüstriyel uygulamalarda hidrojen kullanımına yönelik tanıtım projeleri de geliştirilme aşamasındadır.**

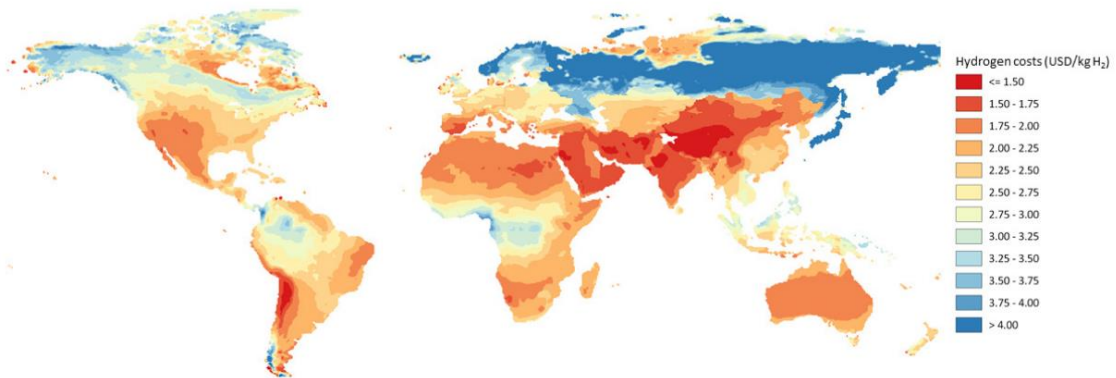
Hükümetlerin hedefleri büyütmesi ve talep oluşumunu desteklemesi gerekiyor. Hidrojen stratejilerini benimseyen ülkeler en az 37 milyar ABD doları taahhütte bulunmuştur. Özel sektör 300 milyar ABD doları ek yatırım açıkladı. Ancak hidrojen sektörünü 2050'ye kadar net sıfır emisyon yoluna koymak, 2030'a kadar düşük karbonlu hidrojen arzı ve kullanımına 1 200 milyar (1,2 trilyon) ABD doları yatırım gerektiriyor.

Çoğu hükümet politikasının odak noktası, düşük karbonlu hidrojen üretmektir. Talebi artırmaya yönelik önlemler daha az dikkat çekmektedir. Japonya, Kore, Fransa ve Hollanda, FCEV'in konuşlandırılması için hedefler benimsedi. Ancak temiz enerji geçişlerinde düşük karbonlu hidrojenin rolünü artırmak, talep yaratmada bir kademe atlama gerektiriyor.

Hükümetler, karbon fiyatları, ihaleler, kotalar, yetkiler ve kamu alımlarında gereklilikler dahil olmak üzere çok çeşitli politika araçlarını duyurmaya başlıyorlar. Bu önlemlerin çoğu henüz yürürlüğe girmedir. Hızlı ve yaygın olarak yürürlüğe girmeleri, hidrojen talebini büyütme için daha fazla projenin kilidini açabilir.

Şekil 2- 2030'da Hibrit Güneş PV ve Rüzgar Sistemlerinden Hidrojen Üretim Maliyeti

Hydrogen production cost from hybrid solar PV and wind systems in 2030



IEA. All rights reserved.

Notes: This map is without prejudice to the status of or sovereignty over any territory, to the delimitation of international frontiers and boundaries and to the name of any territory, city or area. For each location, production were derived by optimising the mix of solar PV, onshore wind and electrolyser capacities, resulting in the lowest costs and including the option to curtail electricity generation.

Sources: Based on hourly wind data from [Copernicus Climate Change Service](#) and hourly solar data from [Renewables.ninja](#).

Şekil2’de de görüldüğü gibi bazı bölgelerde düşük karbonlu hidrojen, önümüzdeki on yıl içinde rekabet edebilir hale gelebilir. Düşük karbonlu hidrojen için önemli bir engel, azaltılmamış fosil yakıtlardan gelen hidrojen ile maliyet farkıdır. Şu anda dünyanın birçok yerinde fosil yakıtlardan hidrojen üretmek en ucuz seçenektir. Bölgesel gaz fiyatlarına bağlı olarak, doğal gazdan hidrojen üretiminin seviyelendirilmiş maliyeti kilogram (kg) başına **0,5 ABD Doları ile 1,7 ABD Doları** arasında değişmektedir. Hidrojen üretiminden kaynaklanan CO2 emisyonlarını azaltmak için CCUS teknolojilerinin kullanılması, seviyelendirilmiş üretim maliyetini kg başına yaklaşık **1 ila 2 ABD Doları** arasında artırır. Hidrojen üretmek için yenilenebilir elektriğin kullanılması, kg başına 3 ila 8 ABD doları arasındadır.

Teknoloji yeniliği ve artan konuşlanma yoluyla üretim maliyetlerini azaltmak için önemli bir alan vardır. IEA'nın 2050 yılı Net Sıfır Emisyonları Senaryosuna (NZE Senaryosu) göre mükemmel yenilenebilir kaynaklara sahip bölgelerde (kg başına 1,3-3,5 ABD Doları aralığında), yenilenebilir kaynaklardan gelen hidrojenin 2030 yılına kadar kg başına 1,3 ABD Dolarına kadar düştüğü öngörülmektedir. Bu rakam CCUS ile doğal gazdan hidrojen maliyeti ile rekabet edebilir düzeydedir. Uzun vadede, NZE Senaryosunda yenilenebilir elektrikten elde edilen hidrojen maliyetleri kg başına 1 ABD Doları (kg başına 1,0-3,0 ABD Doları aralığında) kadar düşük bir düzeye düşerek, fotovoltaik güneş enerjisinden elde edilen hidrojeni, CCUS olmadan bile doğal gazdan elde edilen hidrojen ile rekabet edebilir hale getiriyor.

İklim taahhütlerini yerine getirmek daha hızlı ve daha kararlı eylem gerektiriyor fakat hidrojenin temiz bir yakıt olarak benimsenmesi hızlanırken, 2050 yılına kadar net sıfır emisyona ulaşılmasına yardımcı olmak için hala gerekenlerin gerisinde kalıyor. 2030 yılına kadar açıklanan tüm endüstriyel planlar hayata geçirilirse:

- Toplam hidrojen talebi, NZE Senaryosunda 200 Mt'dan fazla olan miktara kıyasla, 105 Mt'a kadar yükselebilir.
- Düşük karbonlu hidrojen üretimi, NZE Senaryosunda gerekli olan üretim seviyesinin sekizde biri olan 17 Mt'dan fazlasına ulaşabilir.
- Elektroliz kapasitesi 90 GW'a yükselebilir ki bu rakam NZE Senaryosundaki yaklaşık 850 GW'ın oldukça altında kalmaktadır.
- 6 milyona kadar FCEV konuşlandırılabilir ki bu rakam NZE Senaryosundaki rakamın %40'ına (15 milyon FCEV) tekabül etmektedir.

2050 yılına kadar dünyayı sürdürülebilir bir enerji sistemi yoluna koymak için düşük karbonlu hidrojenin çok daha hızlı benimsenmesi gerekiyor. Küresel bir hidrojen piyasasının geliştirilmesi, sınırlı yerel tedarik potansiyeline sahip ülkelere yardımcı olabilirken, büyük yenilenebilir veya CO2 depolama potansiyeline sahip ülkeler için ihracat fırsatları sağlayabilir. Teknolojik yenilik çabalarını hızlandırmaya da ihtiyaç vardır. Günümüzde birkaç kritik hidrojen teknolojisi, geliştirmenin ilk aşamalarında. 90 milyar ABD doları tutarındaki kamu fonunun, yaklaşık yarısının hidrojenle ilgili

* “Global Hydrogen Review 2021”, [IEA](#)

teknolojilere ayrılmış olarak, dünya çapında mümkün olan en kısa sürede temiz enerji inovasyonuna kanalize edilmesi gerektiğini öngörüyoruz.

Hidrojenin benimsenmesini hızlandırmak için uluslararası iş birliği kritik öneme sahiptir. Japonya, 2018'den bu yana Hidrojen Enerjisi Bakanlar Toplantısı aracılığıyla gelişmelere öncülük etti. O zamandan beri, Enerji Bakanlığı Temiz Hidrojen Girişimi, Hidrojen Misyonu İnovasyonu ve Hidrojen için Küresel Ortaklık dahil olmak üzere çeşitli ikili ve çok taraflı iş birliği anlaşmaları ve girişimleri duyuruldu. Bunlar, Ekonomide Hidrojen ve Yakıt Hücreleri için mevcut Uluslararası Ortaklığa ve IEA Hidrojen ve Gelişmiş Yakıt Hücre Teknolojisi İş birliği Programına katılıyor. Bu tür girişimler arasında daha güçlü koordinasyon, çabaların tekrarını önlemek ve verimli ilerlemeyi sağlamak için önemlidir.

IEA politika önerileri:

Hükümetler enerji dönüşümüne öncülük etmelidir:

- Enerji sistemlerinde hidrojenin rolüne ilişkin stratejiler ve yol haritalarının geliştirilmesi. Düşük karbonlu üretimin yaygınlaştırılması ve özellikle önemli talebin teşvik edilmesi için somut hedefler içeren ulusal hidrojen stratejileri ve yol haritaları, düşük karbonlu hidrojen için potansiyel pazar hakkında paydaş güvenini oluşturmak için kritik öneme sahiptir. Bu, ivme oluşturmak ve dağıtımı büyütmek ve hızlandırmak için daha fazla yatırımı tetiklemek anlamında hayati bir ilk adımdır.
- Fosil yakıtların yerine düşük karbonlu hidrojen kullanmak için teşviklerin oluşturulması. Talep büyümesi, dünyanın 2030 yılına kadar net sıfır emisyona ulaşma yolunda ilerlemesine yardımcı olmak için ihtiyaç duyulanın gerisinde kalıyor. Temiz bir enerji kaynağı olarak hidrojenin tüm potansiyelinden yararlanılması gerekiyor. Halihazırda, düşük karbonlu hidrojenin kullanımı, fosil bazlı hidrojenden daha maliyetlidir. Bazı ülkeler bu maliyet farkını kapatmak için halihazırda karbon fiyatlandırmasını kullanıyor ancak bu yeterli değil. Kamu alımlarında açık artırmalar, yetkiler, kotalar ve hidrojen gereksinimleri gibi diğer politika araçlarıyla birlikte daha geniş benimseme, yatırımların riskten arındırılmasına yardımcı olabilir ve düşük karbonlu hidrojenin ekonomik fizibilitesini iyileştirebilir.
- Üretime, altyapıya ve fabrikalara yapılacak yatırımların harekete geçirilmesi. Talebi canlandıran bir politika çerçevesi, karşılığında düşük karbonlu üretim tesislerine, altyapıya ve üretim kapasitesine yatırım yapılmasını sağlayabilir. Ancak, daha güçlü bir politika eylemi olmadan, bu süreç iklim hedeflerine ulaşmak için gerekli hızda gerçekleşmeyecektir.

Özel önemi haiz projelere özel destek sağlanması, düşük karbonlu hidrojenin ölçeğinin büyütülmesini ve tedarik kaynaklarını talep merkezlerine ve sonraki projelerin yararlanabileceği üretim kapasitelerine bağlamak için altyapının geliştirilmesini başlatabilir. Yeterli altyapı planlaması, gecikmeleri veya yakın veya orta vadede atıl kalabilecek varlıkların oluşmasını önlemek için kritik öneme sahiptir.

* "Global Hydrogen Review 2021", [IEA](#)

- Kritik teknolojilerin yakın zamanda ticarileştirilmesini sağlamak için güçlü inovasyon desteğinin sağlanması. **Maliyetleri düşürmek ve hidrojen teknolojilerinin rekabet gücünü artırmak için sürekli inovasyon esastır.** Hidrojene yönelik tüm potansiyel talebin ortaya çıkarılması, önümüzdeki on yıl içinde güçlü tanıtım çabaları gerektirecektir. Önemli hidrojen teknolojilerinin mümkün olan en kısa sürede ticarileştirilmesini sağlamak için Ar-Ge bütçelerinin artırılmasına ve tanıtım projelerine acilen ihtiyaç duyulmaktadır.
- Uygun sertifikasyon, standardizasyon ve düzenleme rejimlerinin oluşturulması. Hidrojenin benimsenmesi yeni değer zincirleri üretecektir. Bu, yaygın olarak benimsenmeyi engelleyen bariyerleri kaldırmak için mevcut düzenleyici çerçevelerin değiştirilmesini ve yeni standartların ve sertifikasyon şemalarının tanımlanmasını gerektirecektir. Hidrojen üretiminin karbon ayak izini hesaplamak için metodoloji üzerine uluslararası anlaşma, hidrojen üretiminin gerçekten düşük karbonlu olmasını sağlamak için özellikle önemlidir. Bu, aynı zamanda küresel bir hidrojen piyasasının geliştirilmesinde temel bir rol oynayacaktır.

* "Global Hydrogen Review 2021", [IEA](#)