



TÜRKİYE TEKNOLOJİ GELİŞTİRME VAKFI



ÖNCÜL PROJE YATIRIM PROGRAMI TEMİZ HİDROJEN TEKNOLOJİLERİ

DERİN ANALİZ RAPORU – ÖZET

Mayıs 2023





Giriş

İklim Teknolojileri, iklim değişikliğinin yavaşlatılması veya önlenmesine hizmet eden; etkilerine uyumu ve/veya dayanıklılığı arttıran; ya da sonuçlarının yönetilebilmesini destekleyen teknolojileri ifade etmektedir. TTGV olarak, 2023-2028 yıllarını kapsayan dönem içinde öncelikli odak noktamız olan iklim teknolojilerinin ülkemize adaptasyonu konusunda, Öncül Proje Yatırım Programı ile katkıda bulunulması hedeflenmiştir.

Öncül Projelerin geliştirilmesine yönelik 2023 yılında odaklandığımız konulardan biri de **“Temiz Hidrojen Teknolojileri”** olarak belirlenmiştir. Seçilen bu kapsamlı alanın anlaşılması, konu üzerinde mevcut durum analizi ve potansiyel proje senaryolarının oluşturulması için Ocak-Mayıs 2023 döneminde **Derinlemesine Analiz** (İng. Deep Dive) çalışması yürütülmüştür. Bu çalışmada yurt içinden ve dışından çok sayıda kuruluş ve uzman ile temas kurularak bilgi alışverişinde bulunulmuş ve buna ek olarak hem ilgili teknolojiler hem de mevzuat yönünden incelemeler yapılmıştır.

Derinlemesine Analiz çalışmasında hidrojen teknolojilerinin, tamamına geniş bir perspektiften bakılmaya çalışılmış ve hidrojenin üretiminden tüketimine giden bir “Değer Zinciri” yaklaşımı sergilenmeye çalışılmıştır. Aşağıda bu çalışmada elde edilen bulgulara ve değerlendirmelere dair özet yer almaktadır.

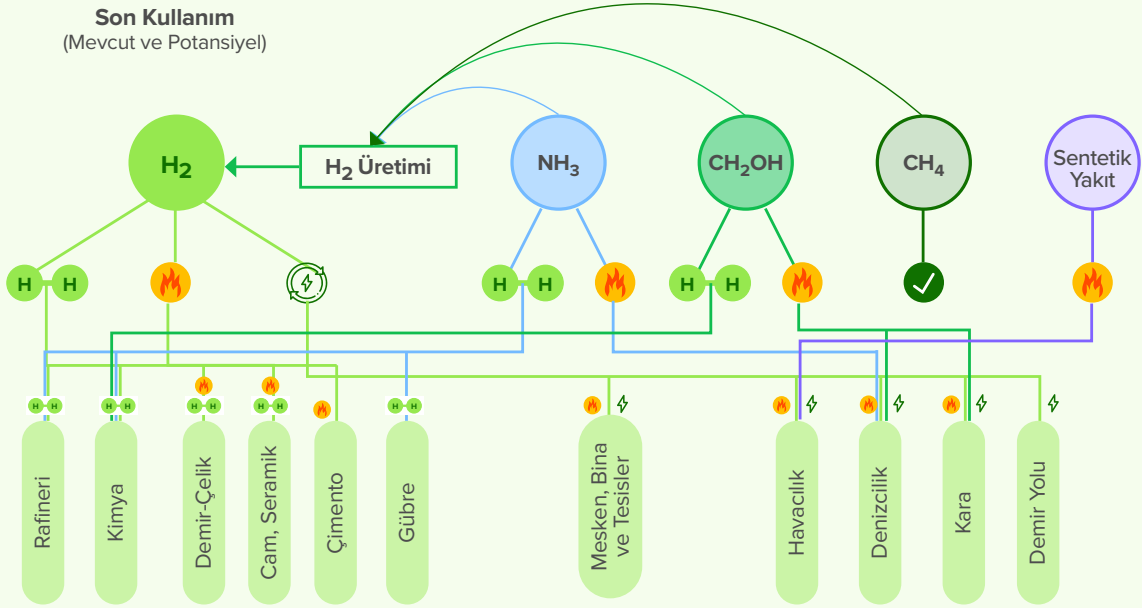
Neden Hidrojen?

1. Karbonsuzlaşma ve net sıfır hedeflerine erişim için gerekli olan kapsamlı dönüşümde yeşil/temiz hidrojenin özellikle de orta ve uzun vadede ülkelerin enerji karmaları içinde önemli bir yere sahip olacağı değerlendirilmektedir. En belirgin hedef karbonsuzlaşma olsa da bu, hidrojen ekonomisinin gelişimi için yegâne neden değildir. Çünkü Şubat 2022’de başlayan Ukrayna-Rusya Savaşı ve sonrasında yaşanan gelişmeler, enerji bağımsızlığının önemini stratejik olarak bir kez daha göstermiştir.
2. Başta Avrupa, Çin ve ABD olmak üzere **yabancı ülkelere bağımlı ithal yakıtların karbonsuz yerel alternatif** olarak temiz hidrojen teknolojilerine büyük yatırımlar yapılmakta ve ciddi teşvik sistemleri oluşturulmaktadır. Ülkemiz için de geçerli olan bu iki nedene (karbonsuzlaşma ve enerji bağımsızlığı) ek olarak ülkemizin dış ticaret açığının en önemli kaleminin enerji ithalatı kaynaklı olmasından dolayı, hidrojenin de içinde bulunduğu çeşitli seçenekler ekonomik yönden de dikkate alınmak zorundadır. Son olarak her yüksek teknoloji alanı gibi hidrojen teknolojileri de yeni sektörler ve iş dalları oluşturma potansiyeli ile bir kalkınma aracı olarak da değerlendirilmelidir.
3. Tüm bunları bir arada düşündüğümüzde yenilenebilir kaynaklardan enerji üretimi, enerji depolama, karbon yakalama vb. iklim teknolojileri ile birlikte hidrojen teknolojileri de **karbonsuzlaşma, enerji bağımsızlığı, ekonomik gelişim ve kalkınma** gerekliliklerine yönelik önemli bir teknoloji bileşenidir.

Hidrojen Ekonomisi ve Teknolojileri

4. “Hidrojen” farklı üretim ve kullanım alanları ile oldukça kapsamlı değerlendirmeyi gerektiren bir alandır.
5. Şu an için gündemde öne çıkan konu hidrojenden **enerji üretimidir**. Hidrojenden enerji üretiminde yararlanmanın birkaç yöntemi vardır. Bunlar: herhangi bir artık bırakmadan yakmak, yakıt hücreleriyle elektrik ve termal güce dönüştürmek ya da amonyak, metanol, sentetik metan ya da diğer sentetik yakıtlara dönüştürerek kullanmaktır. Hidrojenin elektrik enerjisi üretimi için kullanımında ortaya çıkan tek atığın su olması da önemli bir avantajdır.

6. Hidrojenin enerji üretimi dışında, başta rafineri olmak üzere çeşitli sektörlerde **hammadde** / kimyasal süreçlerin içinde **molekül olarak** kullanımı yaygındır. Halihazırda molekül olarak kullanılan hidrojenin büyük bölümü gri/kahverengi hidrojen olarak adlandırılan karbon salımı yapılarak üretilen hidrojendir. Bu sektörlerde kullanılan hidrojenin, hidrokarbon bazlı fosil kaynaklardan değil de suyun elektrolizi vb yöntemlerle elde edilen yeşil hidrojenden olması da önemli bir ihtiyaçtır.
7. Hidrojen ayrıca, **kimyasal bir enerji taşıyıcısı ve depolayıcısı** olarak, enerji değer zincirinin çevresel etkilerini azaltmak için umut vadetmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının en büyük problemlerinden birisi kesintili kaynaklar olmalarıdır. Bazı zamanlarında ihtiyaç fazlası üretim yapıyorken başka zamanlarda üretimin ihtiyacı karşılayamaması, üretilen enerjinin depolanarak kullanılmasını gerektirmektedir. Uzun süreli enerji depolama için birçok farklı alternatif (elektrokimyasal/pil teknolojileri gibi) günümüzde değerlendiriliyorken, hidrojeni, elde edilen enerjiyi uzun süre boyunca (uzun süreli, örneğin mevsimsel) herhangi bir emisyon veya kirlilik oluşturmadan depolamak için kullanmak da bu alternatifler arasında görülmektedir.
8. 2021 yılında Dünyada çeşitli sektörlerde hammadde olarak yaklaşık 94 milyon ton hidrojen tüketimi gerçekleşmiş ve bunun büyük bölümü fosil yakıtlardan sera gazı emisyonları engellenmeden (%62 gri ve %19 kahverengi üretim) üretilmiştir [1] Geleceğin bundan çok farklı olması beklenmektedir. Öncelikle hidrojenin enerji alanındaki kullanımı ile de birlikte üretim/tüketim miktarı katlanarak artacaktır. Hidrojen üretiminin 2050 yılına kadar yılda 500 milyon tonu geçmesi beklenmektedir. [1]. Hidrojen ve hidrojen bazlı yakıtların toplam nihai tüketim içindeki payının 2050’de yaklaşık %10’a ulaşması beklenmektedir [2]. Bu miktarda üretimlere ek olarak bir yandan da karbon emisyonlarını azaltarak temiz/yeşil hidrojen ile ulaşmak için dünya çapında “hidrojen değer zincirini” oluşturan temiz hidrojen üretimi, depolanması, taşınması ve uygulamalarına yönelik yüksek katma değerli teknolojilerin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması gerekmektedir.
9. Şekil-1’de, hidrojenin sektörler bazında potansiyel kullanım alanları özetlenmiştir.

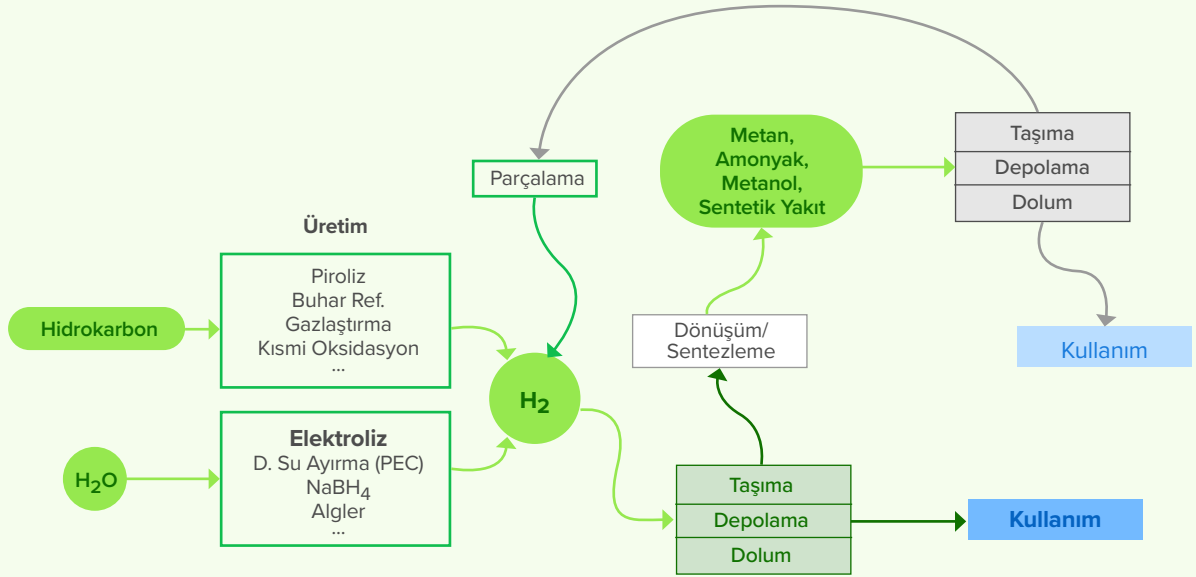


Şekil 1: Hidrojenin Potansiyel Kullanım Alanları

10. Şekilde de görüldüğü gibi sadece hidrojen değil, türevleri olan amonyak, metanol, sentetik metan ve diğer sentetik yakıtlar da hidrojen yerine hem elektrik enerjisi kaynağı, hem de ısıl enerji kaynağı hem de molekül olarak kullanılabilme potansiyeli.
11. Hidrojenin demir-çelik, alüminyum, çimento, seramik ve cam gibi emisyon yoğun sektörlerde fosil yakıtlara alternatif yahut ikame bir ısı kaynağı olarak kullanılabilmesi, rafineri ve kimya sektöründe hem kimyasal tepkime süreçlerinin girdisi hem de yine ısı kaynağı olarak kullanılması ve hidrojenin yakılarak ya da yakıt hücrelerine beslenip elektrik üreterek neredeyse mobilite sektörünün her alanında kullanılabilmesi potansiyeli vardır. Amonyakın gübre sektöründe hem ısı kaynağı hem de ana girdilerden biri olmasının yanı sıra özellikle deniz ulaştırmasında potansiyel yakıt olarak görülüyor olması; metanolün petrokimyada kullanılmasının yanı sıra yine deniz ulaştırmasında potansiyel alternatif bir yakıt olarak görülmesi, (sentetik) doğal gazın hem sanayide hem de mobilitede kullanılması ile sentetik

yakıtların (dizel, kerosen vb) hem karada hem havada ulaştırma için kullanılıyor olması bu potansiyelin göstergeleridir.

12. Hidrojen teknolojileri, her birinin içerisinde barındırdığı farklı teknolojiler nedeniyle **üretim, taşıma, depolama** ve **son kullanım** olarak 4 ana başlıkta incelen ve halen Ar-Ge yoğunluğu yüksek olan bir alandır. Öncelikle üretim kapasitesi artışına ve buna yönelik teknolojilere odaklanılmış olsa da yeşil hidrojen ile ilgili çözülmesi gereken sorunlar yalnızca üretimle sınırlı değildir.
13. Yeşil/temiz hidrojen ekonomisi yatırım yoğun bir alandır. Ana hatlarıyla Hidrojen Ekonomisi Şekil-2'de yer almaktadır.



Şekil 2: Ana Hatlarıyla Hidrojen Ekonomisi

14. Hidrojen **üretiminde** hammadde olarak hidrokarbonlardan yararlanan (piroliz, buhar reformasyonu, gazlaştırma, kısmi oksidasyon, plazma reformasyonu vb.) 'kirletici' yöntemler yanında hammadde olarak sudan yararlanan elektroliz (alkali, PEM, anyon değişim ve katı oksit) yöntemleri de bulunmaktadır. Ayrıca yine vasıtasıyla biyolojik yollarla ya da doğrudan su ayırma (PEC) gibi çok çeşitli yöntemlerle de hidrojen elde edilebilmektedir. **Üretim yönteminin seçiminde** kullanım alanı (dolayısıyla hidrojenin

safılık ve kalite gereksinimleri), kullanılacak hammaddenin erişilebilirliği, ekonomik değerlendirmeler (yatırım maliyeti, işletme maliyeti, teşvik ve destekler vb) ile başta karbon salımı olmak üzere sürdürülebilirlik gereksinimleri de hesaba katılmaktadır. Şu an için yeşil hidrojen üretiminde öne çıkan teknoloji elektrolizördür.

15. Hidrojen **taşımada** ise ön plana çıkan yaklaşımlar hidrojenin var olan boru hatlarında doğal gaza karıştırılarak taşınması, basınçlandırılmış gaz yahut yoğunlaştırılmış sıvı olarak tanklarda taşınması, amonyak veya metanole dönüştürerek tanklarda taşınmasıdır. **Depolamada** ise basınçlı kaplarda, yer altında, sıvılaştırarak tanklarda, metal hidrüllere veya metal aminlere bağlayarak depolama seçenekleri mevcuttur. Amonyak ve metanole dönüştürerek depolamak da bir seçenektir. Hidrojenin güvenli ve uygun maliyetli bir biçimde taşınması ve depolanması çözülmesi gereken öncelikli sorunlardan biridir.

Aşılması Gerekenler, Neler Yapılmalı?

16. Dünyada hidrojen teknolojilerine olan ilginin artmasına ve ülkelerin hidrojen konusunda oldukça iddialı hedefler koymalarına ve ciddi çabalarına karşın, enerji sisteminin önemli bir bileşenini değiştirmek, tüm enerji sistemi üzerinde etki edeceğinden koyulan hedeflere ulaşmak ve hidrojen ekonomisine geçiş kolay ya da ucuz olmayacaktır.
17. Küresel ölçekte hidrojene yönelik çok sayıda yeni teknoloji geliştirilerek denenmekte ve bunların sonuçları ile ilgili iddialı vaatlerde bulunmaktadır. Farklı ihtiyaçlar için her türlü teknolojiye farklı oranlarda yer olabileceği gibi, alternatifler arasından öne çıkan teknolojilerin neler olabileceği bugün için net değildir.
18. Bugün için özellikle yeşil hidrojen konusunda birkaç darboğaz yaşanmaktadır. Bunlardan birincisi **üretim kapasitesi** (ve özellikle de yüksek safılık derecesinde hidrojen için) artışı ile ilgilidir. An itibarıyla, başta gelişmiş ülkeler başta olmak üzere yoğun (arz edilebilenin çok üzerinde) bir elektrolizör talebi vardır. Elektrolizör tedarikçileri de halihazırda çok büyük kapasiteler dışındaki taleplerle ilgilenmemektedir. Büyük siparişler için bile ancak birkaç yıl sonraya teslimat tarihi verilmektedir.
19. İkincisi, sağlıklı bir hidrojen ekosistemi oluşumu için **pazar oluşumu** gerekliliğidir. Hidrojen ve türevlerine dair üretim yatırımları öncesinde uzun vadeli alım anlaşmalarına (İng. offtake agreement) ihtiyaç olacağı değerlendirilmektedir.

Hidrojen kullanıcılarının artması ve organize pazar / piyasaların oluşumu ve bunun desteklenmesi (örneğin AB'nin Hydrogen Bank, ABD IRA sübvansiyonları) hidrojenden elde edilecek faydanın realize edilebilmesi için önemli bir gerekliliktir. Önemli bir not olarak, Avrupa Komisyonu, 2030 yılına kadar toplamda 20 milyon ton hidrojene ihtiyacı olacağını, bunun 10 milyon tonunu yenilenebilir kaynaklardan üreteceğini; 10 milyon tonunu ise ithal edeceğini açıklamıştır.

20. Üçüncü olarak üretim kapasitesi arttıkça hidrojen bir **lojistik** konusu ve hatta bir lojistik sorunu haline gelmektedir. Hidrojenin taşınması ve depolanması teknolojik yönden (emniyetli ve maliyet etkin biçimde) “tam olarak” çözülmüştür denilememektedir. Hidrojen lojistiği bugün mevcut olmayan büyük ölçekli bir altyapılar silsilesinin inşası ve bu yatırımların finansmanı anlamına gelmektedir. Lojistik sorununun çözümü için taşıma ve depolama teknolojilerine yatırım yapmanın yanında, hidrojen ve türevlerinin tüketileceği yerde üretilmesi veya çeşitli kullanıcı sanayinin yeşil hidrojenin ucuza üretileceği lokasyonlara taşınması (İng. de-industrialization) seçenekleri de değerlendirilmektedir.
21. Dördüncü ve son olarak yeşil hidrojenin üretimi, depolanması, taşınması, dönüşümü ve kullanımıyla ilgili zorluklar, uygulanmakta olan teşvik ve sübvansiyonlara rağmen, **bugün için pahalıdır**. Küresel ölçekte nihai bir hedef olarak, yeşil hidrojen kg bedelinin **2 ABD \$**'nın altına mal edilmesinin büyük üstünlük sağlayan (İng. game changer) bir ilerleme olacağı değerlendirilmektedir. Yatırım maliyetleri bir yana, elektrolizör ile yeşil hidrojen üretim maliyeti yenilenebilir kaynaklardan elde edilen elektrik fiyatına/ maliyetine fazlasıyla bağlıdır.
22. Yalnız, sadece bugünkü ya da kısa vadede oluşacak fiyatları değerlendirmeye alarak yatırımları ertelemek ekosistem oluşumunu geciktirici olabilir. Teknolojiler geliştikçe, tedarikçi sayısı arttıkça, teşvik / destekler netleştikçe ve finansal kaynaklar bu alana yöneldikçe gerek yatırım bedellerinin gerekse de işletme maliyetlerinin peyderpey azalacağı öngörülmektedir.
23. Teknolojilerin geliştirilmesi yanında ekosistem / değer zinciri oluşumuna; **mevzuat**, düzenleme ve **standartların** geliştirilmesine (uluslararası ve ulusal); **teşvik**, desteklerin ve sübvansiyon düzenlenmesine; yenilikçi **iş modellerinin**, **pazarların ve piyasaların** oluşumuna, insan kaynağı yetiştirilmesine de yatırım yapılmalıdır. Yapılan yatırımların etkilerinin 2030'larda çok daha net ve kapsamlı görülmesi beklenmektedir.

Ülkemizdeki Çalışmalar ve Öne Çıkan Uygulama Alanları

24. Ülkemiz açısından, karbonsuz geleceğimizde hidrojenin de önemli bir yeri olacağı öngörülmektedir. Tüm bunlara Avrupa Birliği'nin 2026 yılından itibaren Sınırdaki Karbon Düzenlemeleri (SKDM veya CBAM) çerçevesinde emisyon yoğun üretilen ürünlere ek vergi getireceği ve Türkiye'nin 2022 yılındaki toplam ihracatının %40,6'sının AB ülkelerine olduğu eklendiğinde [3], hidrojen teknolojilerinin ülkemiz için önemi gün yüzüne çıkmaktadır. Örneğin Shura Enerji Dönüşüm Merkezinin analizlerine göre Türkiye'nin 2053'te net sıfır hedeflerini yakalayabilmesi için enerji karması içinde %15 oranında hidrojene ihtiyacı olacaktır. [4]. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Hidrojen Stratejisine göre ülkemizde kurulu elektrolizör kapasitesinin 2030'da 2 GW, 2053 yılında 70 GW seviyelerine çıkacağı ve hidrojenin maliyetinin 2035 yılında 2,4 \$/kg ve 2053 yılında 1,2 \$/kg'ın altına düşürüleceği öngörülmektedir [5].
25. Halihazırda sanayimiz tarafında çeşitli elektrolizör tedarik etme ve hidrojen üretimi/kullanımı denemeleri yapılmakta, hidrojen vadisi oluşumlarına katılım için faaliyetler yürütülmekte ve mobilite tarafından hidrojenli araç (kamyon/ otobüs / deniz aracı vb) Ar-Ge çalışmaları sürdürülmektedir. Özellikle yeşil hidrojene yönelik TENMAK, TÜBİTAK gibi kamu kurumlarımızın teşvikleri ve çeşitli Ar-Ge fonları yanında hem kamudan hem özel sektörden çeşitli paydaşların elektrolizör, yakıt hücresi, depolama sistemleri, elektrolizör ve yakıt hücreleri için bileşenler ve elektrolizör dışı temiz hidrojen teknolojilerine yönelik Ar-Ge ve girişimleri bulunmaktadır. Bunlara ek olarak çok sayıda akademik araştırma çalışması yürütülmüştür/yürütülmektedir. Çalışmalarda ilerleme kaydedilmekle birlikte Mega Watt ölçeğinde üretim kapasitesine ulaşmanın farklı teknolojiler için 5-10 yıl arasında zaman alabileceği değerlendirilmektedir.
26. Türkiye, hem yüksek yenilenebilir enerji potansiyeli hem de yenilenebilir enerji kaynaklı santral kurulum maliyetlerinin Avrupa'ya kıyasla daha düşük olması nedeniyle büyük bir yeşil hidrojen üretim potansiyeline sahiptir. Bu sebeple ülkemizin küresel hidrojen pazarında güçlü bir oyuncu olabileceği öngörülmektedir. Ülkemizin yenilenebilir enerji potansiyeli de göz önünde bulundurulduğunda Türkiye bir yandan kendi yeşil/temiz hidrojen ihtiyaçlarını karşılarken bir yandan da hem hidrojen ve türevi emtiayı hem de bunlara dair teknolojileri ihraç etme potansiyeline sahip olabilecektir.

27. Kritik bir husus olarak, teknoloji alıp, tesis kurup hidrojen üretip ihtiyacını gidermek veya ticaretini yapmak tek başına yeterli olmayacaktır. Esas katma değeri hidrojene dair teknolojilerin geliştirilip ticarileştirilmesi (ve uluslararasılaşması) ile hidrojen ekosistemi ve değer zincirleri oluşturulmasının yaratacağı aşıkardır.
28. Ülkemizde hidrojen teknolojilerin geliştirilip ticarileştirilmesi için münferit çalışmaların ötesinde değer zinciri ve ekosistem oluşumuna, gelişimine ve sürdürülmesine de odaklanılmalıdır. Bu amaçla plan ve yol haritaları oluşturularak Ar-Ge, teknoloji ve ürün geliştirme faaliyetleri bir yol haritası çerçevesinde desteklenmeli; Pazar ve piyasalar oluşturulmalı; düzenlemeler, standartlar ve sertifikasyon/akreditasyon sistemleri geliştirilerek uluslararası sistemlerle uyumlandırılmalı; teşvik, destek ve yaptırımlar netleştirilmeli; ve belki de en önemlisi ihtiyaç duyulan/duyulacak nitelikli insan kaynağının yetiştirilmesi ve elde tutulabilmesi sağlanmalıdır.
29. Türkiye'nin yıllık hidrojen tüketimi olan 400 bin tonun 250 bin tonu rafineri sektörü tarafından gri hidrojen olarak üretilmekte ve tüketilmektedir [6]. Rafineri ve kimya sektörleri yeşil hidrojen ekosisteminin önemli paydaşları arasında yer alacaklardır. Dünyanın en büyük sekizinci demir-çelik üreticisi ve Avrupa'nın en büyük çimento üreticisi [7] olduğumuz düşünüldüğünde, bu sektörlerin de emisyon azaltımları için hidrojen teknolojileri büyük potansiyel vadetmektedir. Ayrıca ülkemizde ticari olarak metanol ve amonyak üretimi olmadığı göz önünde bulundurulduğunda, hidrojen teknolojilerinin bir parçası olarak bu kimyasalların üretimi başta gübre ve petrokimya olmak üzere farklı sektörler için fırsat teşkil etme potansiyeline sahiptir.
30. Derinlemesine analiz çalışması kapsamında ülkemizdeki çeşitli sektörler (demir-çelik, rafineri, çimento, gübre, cam-seramik, ulaşım/mobilite – deniz, hava, kara) öncelikli motivasyonları, vizyonları, tedarik darboğazları ve hidrojene yönelik hazırlık seviyeleri bakımından incelenmiştir. Farkındalıkları ve hazırlık durumları görece olarak daha yüksek olan sektörlerle yönelik farklı değer zincirlerini içeren potansiyel proje senaryoları kurgulanmıştır.
31. Bunlardan ilki, denizcilik sektöründe karbonsuzlaşma konusunda başlayan mevzuat ve isterler nedeniyle diğer sektörlerle kıyasla daha hızlı karşılık bulabileceğini düşündüğümüz **“Limanlarda Yeşil Hidrojen Teknolojilerinin Entegrasyonu ile Karbonsuzlaşma”** projesidir. Bu proje ile denizcilik sektöründeki emisyonların azaltılması ve ülkemizin ticaret rotaları üzerindeki konumundan da yararlanarak

Akdeniz havzasında yeşil hidrojen ihracatını da destekleyecek örnek bir hidrojen limanı oluşturulmasına odaklanılmıştır. İkinci kurgu da ise elektrolizör temininde yaşanan darboğaz nedeniyle yeşil hidrojene erişimin zor olduğu ülkemizde temiz hidrojene erişimi kolaylaştıracak alternatif yöntemlerin desteklenmesi perspektifiyle “**Tarımsal Kentsel ve Endüstriyel Atıkların İşlenmesiyle Hidrojen Üretimi Tesisi**” projesi ile farklı tipte atıklardan, piroliz ve biyolojik hidrojen üretim yöntemleri gibi farklı metotlarla temiz hidrojen üretilmesi hedeflenmiştir.

32. Proje seçenekleri bunlarla sınırlı değildir. Hidrojen ile ilgili daha önceden belirtilen darboğazların mevcudiyeti ve ülkemizdeki sektörlerin farkındalıklarının ve hidrojene karşı farkındalığın ve motivasyonun yeni yeni gelişmeye başlamış olması başka proje kurgularının da zaman içinde yatırım yapılabilecek olgunluğa erişme potansiyeli olduğunu düşündürmektedir. **Rafineri** sektörünce bu yönde atılan adımlar olmakla birlikte mobilite (özellikle kara ulaşımı) ile **çimento, cam** ve **seramik** sektörleri özellikle öne çıkmaktadır. Bu amaçla olası bir gösterim projesini mümkün kılacak biçimde, oluşmakta olan ekosistem ile birlikte çalışarak proje geliştirme faaliyetleri sürdürülmektedir.

Yenilenebilir kaynaklardan enerji üretimi ile birlikte hidrojen teknolojilerinin de (enerji depolama, karbon yakalama, elektrifikasyon vb ile birlikte) net sıfır hedeflerine erişim için gerekli olan kapsamlı dönüşümde kritik bir yere sahip olacağı öngörülmektedir. Bu amaçla tüm dünya bir yandan hidrojen ve türevleriyle ilgili teknolojilere büyük yatırımlar yapılmaya devam ederken bir yandan da insan kaynağı yetiştirme, pazar geliştirme, ekosistem oluşturma, vb çalışmalar da sürdürülmektedir. Ülkemiz açısından da karbonsuzlaşma, enerji bağımsızlığı, ekonomik gelişim ve kalkınmaya yönelik olarak hidrojen teknolojilerinin önemli bir katkı sağlayacağı öngörülmektedir.



Referanslar

1. Tenmak Ar-Ge Teşvikleri Hidrojen Teknolojileri ve Yakıt Hücresi Çağrısı Çağrı Metni Target 2023.
2. Energy, I.E.A., T.P. 2023., and <https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2023>
3. [https://ticaret.gov.tr/dis-iliskiler/avrupa-birligi/yani-basimizdaki-dev-pazar-avrupa-birligi#:~:text=AB%2C%202022%20y%C4%B1%C4%B1nda%20103%2C1,a-ralar%C4%B1nda%20yapt%C4%B1%C4%9F%C4%B1%20ticaret%20hari-C3%A7%20tutuldu%C4%9Funda\).](https://ticaret.gov.tr/dis-iliskiler/avrupa-birligi/yani-basimizdaki-dev-pazar-avrupa-birligi#:~:text=AB%2C%202022%20y%C4%B1%C4%B1nda%20103%2C1,a-ralar%C4%B1nda%20yapt%C4%B1%C4%9F%C4%B1%20ticaret%20hari-C3%A7%20tutuldu%C4%9Funda).)
4. https://shura.org.tr/wp-content/uploads/2023/05/SHURA-2023-02-Rapor-Net-Sifir-2053_04052023.pdf
5. https://enerji.gov.tr/Media/Dizin/SGB/tr/Kurumsal_Politikalar/HSP/ETKB_Hidrojen_Stratejik_Plan2023.pdf
6. Firma Görüşmeleri
7. <https://celik.org.tr/turkiye-celik-uretimini-en-cok-artiran-ulke/#:~:text=T%C3%BCrkiye%20Ocak%20ay%C4%B1nda%20%C3%A7elik%20%C3%BCretimindeki,b%C4%B1rarakak%20sekizinci%20s%C4%B1rada%20yer%20ald%C4%B1>

ÖNCÜL PROJE YATIRIM PROGRAMI TEMİZ HİDROJEN TEKNOLOJİLERİ

DERİN ANALİZ RAPORU – ÖZET



TÜRKİYE TEKNOLOJİ GELİŞTİRME VAKFI



ttgv.org.tr

TTGV Merkez

Cyberpark B Blok Kat: 5-6, Bilkent
Ankara
0312 265 02 72

TTGV İstanbul Temsilciliği

İTÜ Ayazağa Yerleşkesi Arı Teknokent
Arı II Binası Koruyolu A Blok Kat:7
Maslak-Sarıyer
0212 276 75 60



#TeknolojiÜretenTürkiye
#İklimÖncüsü

