



YENİLENEBİLİR ENERJİ İLE ENTEGRE HİDROJEN DOLUM İSTASYONLARI: SÜRDÜRÜLEBİLİR ULAŞIMIN YENİ EŞİĞİ

YENİLENEBİLİR ENERJİYLE ÇALIŞAN HİDROJEN DOLUM İSTASYONLARI, SÜRDÜRÜLEBİLİR ULAŞIMIN GELECEĞİNİ ŞEKİLENDİRECEK EN KRİTİK ALTYAPI YATIRIMLARINDAN BİRİ OLARAK ÖNE ÇIKIYOR. ÇALIŞMAMIZ, DÜNYANIN FARKLI BÖLGELERİNDEN 41 YÜKSEK ETKİLİ AKADEMİK KAYNAĞI İNCELEYEREK BU DÖNÜŞÜMÜN TEKNİK, EKONOMİK VE POLİTİK YÖNLERİNİ ORTAYA KOYUYOR.

DR. MEHMET DOĞAN ÜÇÖK
SABANCI ÜNİVERSİTESİ İICEC KOORDİNATÖRÜ



Ulaşım sektörünün karbon emisyonlarındaki payı bugün küresel ölçeğe karşılaştığımız en kritik sorunlardan biri. Paris Anlaşması'nın hedeflerine ulaşmak ve iklim değişikliğinin etkilerini sınırlamak, ancak ulaşım sistemlerini derinlemesine dönüştürmemizle mümkün. Bu dönüşümün iki ana aktörü ise elektrikli araçlar ve hidrojen yakıt hücreli araçlar. Özellikle hidrojen, uzun menzilli ve yüksek güç gerektiren ulaşım türlerinde öne çıkarak, sürdürülebilir mobilitenin stratejik bileşenlerinden biri haline geliyor.

Bu çerçevede hidrojen dolum istasyonları, yani HRS'ler, yalnızca bir alt-yapı yatırımı değil; geleceğin karbon nötr ulaşım sistemlerinin omurgasını oluşturan birer enerji düğümü. Benim için bu çalışmanın en önemli yönü, hidrojen istasyonlarını yalnızca bir "yakıt ikmal noktası" olarak değil, entegre enerji sistemlerinin aktif bir parçası olarak ele almasıdır. Dünya genelinde 2019-2024 yılları arasında yayımlanan 41 yüksek etkili çalışmayı inceleyerek hazırladığım bu derleme, hidrojen istasyonlarının yenilenebilir enerjiyle bütünleşmesini farklı coğrafyalar üzerinden değerlendiriyor. Her bölgenin güneş, rüzgâr ve şebeke koşulları farklı olduğundan, ekonomik ve teknik sonuçlar da büyük çeşitlilik gösteriyor.

HİDROJEN EKONOMİSİNDE BAŞARILI MODELLER ANCAK BÖLGESEL KOŞULLARA GÖRE ŞEKİLLENDİRİLDİĞİNDE SÜRDÜRÜLEBİLİR OLUYOR

Güneş ışığının yüksek olduğu Tunus gibi bölgelerde yalnızca güneş enerjisiyle çalışan istasyonların rekabetçi maliyetlere ulaşabildiğini görüyoruz. Buna karşılık, rüzgâr rejimleri güçlü olan İsveç ve Güney Afrika gibi ülkelerde rüzgâr destekli hibrit çözümler öne çıkıyor. Bunun tam tersine, şebeke erişiminin sınırlı olduğu kırsal alanlarda ise tamamen ada modunda çalışan, yani şebekeden bağımsız istasyonlar daha verimli bir yapı sunabiliyor. İnceleme boyunca karşıma çıkan en önemli gerçeklerden biri şu: Hidrojen ekonomisinin tek bir evrensel çözümü yok; başarılı modeller ancak bölgesel koşullara göre şekillenildiğinde sürdürülebilir oluyor. Yenilenebilir enerjinin doğası gereği değişken olması, hidrojen üretiminin sürekliliğini zaman zaman zorlaştırıyor. Bu noktada elektrolizörlerin akıllı zamanlama stratejileri büyük önem kazanıyor. Enerji fiyatlarını, talep dalgalanmalarını ve yenilenebilir üretim tahminlerini dikkate alarak çalışan sistemler, hem maliyetleri düşürüyor hem de yenilenebilir enerji kullanım oranını

nı kayda değer şekilde artırıyor. Örneğin Almanya'daki modellemeler, rüzgâr tahminlerine göre zamanlanan üretimin maliyetleri ciddi oranda azalttığını gösteriyor.

HİDROJEN İSTASYONLARI YALNIZCA ULAŞIM SEKTÖRÜNÜ DEĞİL, FARKLI ALANLARI DA DESTEKLEYEN ÇOK AMAÇLI SİSTEMLERE DÖNÜŞECEK

Bununla birlikte hidrojen istasyonları yalnızca araçlara yakıt sağlayan birimler değil; aynı zamanda elektrik şebekesiyle çift yönlü etkileşim kurabilen mikroenerji merkezleri. Fazla güneş veya rüzgâr üretiminin hidrojen olarak depolanması, şebeke üzerinde oluşabilecek baskıları azaltarak enerji sistemine esneklik kazandırıyor. Bu entegrasyon, özellikle Kanada ve İspanya gibi yenilenebilir yoğun sistemlerde hem ekonomik hem de çevresel açıdan belirgin avantajlar sağlıyor. Çalışmanın bir diğer önemli çıktısı ise güvenlik boyutu. Hidrojen yüksek basınç altında depolandığı için istasyon tasarımında kaçak, patlama basıncı ve hava akışı gibi parametrelerin detaylı analiz edilmesi gerekiyor. Çin ve Kore'de yapılan deneysel ve simülasyon tabanlı incelemelerde, koruyucu bariyerlerin, zeki sensör sistemlerinin ve doğru konumlandırmanın riskleri ciddi oranda azalttığı görülüyor. Bu da teknolojinin sadece verimli değil, aynı zamanda güvenli şekilde ölçeklenebilir olduğunu ortaya koyuyor. Geleceğe baktığımızda hidrojen istasyonlarının yalnızca ulaşım sektörünü değil, enerji depolama, veri merkezleri ve mikro şebekeler gibi farklı alanları da destekleyen çok amaçlı sistemlere dönüşeceğini düşünüyorum. Özellikle güneş ve rüzgârın hızla arttığı ülkelerde hidrojen, uzun süreli enerji depolaması ve sektörel entegrasyon için benzersiz bir fırsat sunuyor.

Sonuç olarak, hidrojen dolum istasyonlarının yenilenebilir enerjiyle entegrasyonu, sürdürülebilir ulaşım için hem gerekli hem de uygulanabilir bir yol. Teknolojik gelişmeler, akıllı kontrol algoritmaları ve doğru politika çerçeveleriyle birleştiğinde, hidrojenin küresel ölçeğe yaygın bir temiz enerji taşıyıcısı olacağına inanıyorum. Bu çalışmanın temel katkısı da farklı bölgelerde elde edilen bulguları karşılaştırarak, geleceğin enerji sistemlerine dair bütünsel bir bakış sunmasıdır.

Kaynak: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032125010664?dgcid=author>



HİDROJEN DOLUM İSTASYONLARININ MALİYETİNİ BELİRLEYEN 4 ANA DEĞİŞKEN

Yenilenebilir kaynağın sürekliliği: Güneş ve rüzgâr profili maliyetlerde doğrudan belirleyici.
Şebeke bağlantısı ve elektrik tarifeleri: Dinamik fiyatlı piyasalarda esnek elektrolizörler büyük avantaj sağlıyor.
Filo ölçüsü ve talep yoğunluğu: Küçük filolarda yerinde üretim, büyük filolarda merkezi üretim daha ekonomik.
Coğrafi ve çevresel koşullar: Su kaynakları, rüzgâr yönü ve arazi yapısı teknik tasarımı doğrudan etkiliyor.