

OCAK 2022

**YENİLENEBİLİR GAZ
ÜRETİMİ PROJESİ
FİNAL RAPORU**

YENİLENEBİLİR GAZ ÜRETİMİ PROJESİ

FİNAL RAPORU

OCAK 2022

HAZIRLAYANLAR

Mustafa Ali AKMAN

Mehmet Kürşad MARANCI

Mehmet Şerif SARIKAYA

İclal GÜNEY

Abdullah DEMİRHAN

ÖZET

AB’de birçok ülkede, Japonya’da, ABD’de ve dünyanın birçok ülkesinde doğal gazla belirli oranlarda hidrojen karıştırma çalışmalarının devam etmektedir. Birçok ülke doğal gazla hidrojen karıştırarak; karbon emisyonlarını azaltmak, doğal gazla hidrojen zenginleştirmek, doğal gazla değer katmak amacıyla 2030 yılı sonrası politikalarını, stratejilerini ve projeksiyonlarını revize etmeye başladı.

Türkiye, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Ar-Ge fonları kapsamında 2019 yılı Temmuz döneminde AKSA ve ENERYA şirketleri ile birlikte Yenilenebilir Gaz Üretimi projesi ile Dünya’da gelişen hidrojen çalışmalarında yerini aldı. GAZBİR-GAZMER, kurulum aşamasından test aşamalarına kadar tüm süreçte proje ekibi ile birlikte büyük bir özveri ile çalışarak projenin başarıyla sonuçlanması için ellerinden geleni yapmıştır. 2020 yılının başlarında Konya’da Temiz Enerji Teknolojileri Merkezi kurulum çalışmaları başlatıldı.

Yenilenebilir Gaz Üretimi projesi ile Türkiye’de Power to Gas çalışmaları başlatılmış oldu. Laboratuvar ortamında yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen elektrik enerjisi kullanılarak suyun elektroliz edilmesi yöntemi ile hidrojen üretildi. Üretilen hidrojen farklı oranlarda (%5-10-15-20) doğal gaz ile karıştırılarak evsel yakıcı cihazlarda yanma testleri gerçekleştirildi. Yapılan testler sonucunda tüketim miktarları, kayıp/kaçak, ısıl değer, Wobbe endeksi, alev geri tepmesi, CO emisyonları gözlemlendi.

2021 yılının Temmuz ayında doğal gazla hidrojen karıştırılması testleri tamamlandı. Testler tamamlandıktan sonra doğal gaz- hidrojen karışımının laboratuvar ortamında kullanılan ekipman ve cihazlar üzerindeki etkisinin görülebilmesi için ekipman ve cihazlara testler gerçekleştirildi.

Bu çalışmada, Konya’daki Temiz Enerji Teknolojileri Merkezimizde farklı oranlarda doğal gaz hidrojen karışımını evsel cihazlarda yakma testleri sonuçları ve testler sonrasında kullanılan ekipman ve cihazların malzeme testleri sonuçları rapor haline getirildi. Yapılan testler sonucunda doğal gaz- hidrojen karışımının doğal gaz hatlarında kullanılmasının önünde bir engel olmadığı görüldü. Yürütülen doğal gazla hidrojen enjeksiyon çalışmaları esas alınarak Türkiye’de doğal gaz sistemlerinde ve evsel cihazlarda hidrojen kullanımı konusunda pilot bölge çalışmaları için alt yapı oluşturuldu.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iv
TABLolar DİZİNİ	vi
1. GİRİŞ	1
2. DOĞAL GAZ VE HİDROJEN	4
2.1. Doğal Gaz	4
2.2. Hidrojen	5
3. DÜNYA'DAKİ ÇALIŞMALAR	7
4. DOĞAL GAZ- HİDROJEN KARIŞIMININ EKİPMAN VE CİHAZLARA ETKİSİ	13
4.1. Kombi	13
4.2. Regülatör	15
4.3. Vanalar	17
4.4. İç Tesisat Çelik Hattı	19
4.5. Ocak Bağlantı Hortumu	21
4.6. Sayaç	24
5. LABORATUVAR ÇALIŞMALARI	26
5.1. Güneş Panelleri ve Rüzgâr Türbini	26
5.2. Elektrolizör	27
5.3. Hidrojen ve Oksijen Tüpleri	27
5.4. Karıştırma ve Yakma	28
6. TEST SONUÇLARI	30
6.1. Doğal gaz ve Hidrojen tüketim miktarları	30

6.2.	Gaz Kaçağı Kontrol	31
6.3.	Isıl Değerler	33
6.4.	Kaynama Testleri	34
6.5.	CO Emisyonları	35
6.6.	Alev Geri Tepmesi	36
6.7.	Wobbe Endeksi	41
6.8.	Maliyet Analizi	42
7.	TARTIŞMA VE SONUÇ	47
8.	REFERANSLAR	49

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1: Temiz Enerji Teknolojileri Merkezi dışardan görüntü.....	3
Şekil 4.1: Kombi testleri deney düzeneği.	14
Şekil 4.2: Regülatör testi görüntüsü.	16
Şekil 4.3: Test edilen numune vana görüntüsü.	18
Şekil 4.4: Test yapılan numune çelik boru.....	19
Şekil 4.5: Boru kesiti mikro yapı görüntüleri.	20
Şekil 4.6: Test yapılan numune.....	21
Şekil 4.7: Laboratuvarda kullanılan mekanik sayaç.....	24
Şekil 4.8: Laboratuvarda kullanılan mikrotermal özellikli elektronik gaz sayacı.....	25
Şekil 5.1: Proje şeması.....	26
Şekil 5.2: Rüzgâr türbini ve güneş panelleri.	26
Şekil 5.3: Alkali elektrolizör.	27
Şekil 5.4: Hidrojen ve oksijen tüpleri.....	27
Şekil 5.5: SCADA sistem ekranı.....	28
Şekil 5.6: (a) Debimetre, (b) Aktüatörlü vana, (c) Basınç regülatörü.	29
Şekil 5.7: Evsel ocakta hacimsel olarak (a) %100 doğal gaz, (b) %80 doğal gaz ve %20 H ₂ gaz karışımının alev görüntüsü.	29
Şekil 6.1: Debimetre ve sayaç üzerinde okunan hacimsel akış hızlarının karşılaştırılması.	30
Şekil 6.2: Debimetre ve gaz analiz cihazı hidrojen yüzdeleri karşılaştırılması.....	31
Şekil 6.3: Hidrojen oranının (a) %20, (b) %15, (c) %10, (d) %5 olduğu test süresince debimetre ve gaz analiz cihazı ekranında değişimi.	33
Şekil 6.4: Karışım oranına göre hacimsel ısı değerlerinin değişimi.	34
Şekil 6.5: Isıtma süresi testi düzeneği.	34
Şekil 6.6: Kaynama süresinin hidrojen yüzdesine bağlı olarak değişimi.	35

Şekil 6.7: CO emisyonu ölçme deney düzeneği.....	36
Şekil 6.8: Alevin oturduğu bölgede kullanılan sayısal ağ.....	38
Şekil 6.9: Sınır koşulları.....	38
Şekil 6.10: Alev simülasyon görüntüleri (a) %0 H ₂ (b) %10 H ₂ (c) %20 H ₂ (d) %40 H ₂	40
Şekil 6.11: Yakıcı çıkışındaki sıcaklık dağılımları.	40
Şekil 6.12: Farklı karışım oranlarında Wobbe Endeksinin değişimi.....	42
Şekil 6.13: Homer Pro yazılımı ile maliyet analizi için oluşturulan sistem.	43
Şekil 6.14: Konya ili Güneş enerjisinden elde edilen gücün yıllık değişimi.	43
Şekil 6.15: Konya ili Rüzgâr enerjisinden elde edilen gücün yıllık değişimi [11].	44
Şekil 6.16: Elektrolizör çıkış gücünün gücün yıllık değişimi [11].	44
Şekil 6.17: Yıl boyunca ihtiyaç duyulan hidrojen kapasitesinin değişimi [11].....	44

TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1: 2020 yılı doğal gaz ithalatı, ihracatı, üretimi ve tüketiminin karşılaştırması [10]. 5	5
Tablo 2.2: Hesaplamalarda kullanılan doğal gazın bileşimi ve gazların fiziksel özellikleri [11]. . 5	5
Tablo 2.3: Metan ve hidrojen gazlarının fiziksel özelliklerinin karşılaştırılması [11]...... 6	6
Tablo 3.1: Avrupa'daki bazı doğal gaza hidrojen enjekte projeleri [13]. 8	8
Tablo 4.1: Gözlemler (birinci kombi). 14	14
Tablo 4.2: Gözlemler (ikinci kombi). 15	15
Tablo 4.3: Regülatör muayene sonuçları..... 16	16
Tablo 4.4: Vana muayene sonuçları. (MÇB: Maksimum Çalışma basıncı) 18	18
Tablo 4.5: Mekanik test sonucu elde edilen veriler ve standart gereklilikler. 20	20
Tablo 4.6: Kimyasal analiz sonuçları ve standart değerler. 21	21
Tablo 4.7: Numuneye yapılan testler ve elde edilen sonuçlar 22	22
Tablo 4.8: Test sonuçları..... 24	24
Tablo 4.9: TS 5910 EN 1359 Standardına göre izin verilen hata oranları [17]. 25	25
Tablo 4.10: TS 5910 EN 1359 Standardına göre basınç kaybı verileri [17]. 25	25
Tablo 4.11: OIML R137-1 standardına göre izin verilen maksimum hataları..... 25	25
Tablo 6.1: Karışım oranlarına göre debimetre ve sayaçlardan okunan hacimsel akış kızıları ve tüketim verileri. (*4 saatlik tüketim miktarı.) 30	30
Tablo 6.2: Karışım oranları ve test verileri. 31	31
Tablo 6.3: Farklı hidrojen oranlarında ısıl değerler değişimi..... 33	33
Tablo 6.4: Farklı karışım oranlarında su kaynama süreleri ve oda sıcaklığı verileri. 35	35
Tablo 6.5: Sera gazlarının farklı karışım oranlarındaki değerleri..... 36	36
Tablo 6.6: Hidrojen ilave oranlarına göre karışım kütleli fraksiyonları ve laminar alev hızı.. 37	37
Tablo 6.7: Karışım oranları ve hesaplanan Wobbe Endeksi değerleri..... 42	42
Tablo 6.8: Hidrojen üretim maliyetlerinin (TL/Sm ³) karşılaştırılması. 45	45

Tablo 6.9: Hidrojen Üretim Maliyetlerinin (TL/kg) karşılaştırılması..... 45

Tablo 6.10: Mevcut sistemde hidrojen üretim maliyetini oluşturan kalemlerin oranları [11].46

Tablo 6.11: Büyük ölçekli bir sistemde hidrojen üretim maliyetini oluşturan kalemlerin oranları [11]. 46

1. GİRİŞ

Küresel ısınma ve iklim değişikliği günlük hayatta özellikle son 10 yılda çok önemli bir yer almaya başladı. Devletler, sivil toplum kuruluşları ve sosyal organizasyonlar; kalkınma, sosyo-ekonomik istikrar ve karbon emisyonlarının azaltılması için enerji dönüşümünü gerçekleştirmenin ne kadar gerekli olduğunun farkındalar. Halihazırda Birleşmiş Milletler (BM), 66 ülkenin iklim değişikliğiyle mücadele kapsamında karbon salınımını 2050'ye kadar sifıra indirme taahhüdünde bulunduğunu duyurdu.

Paris İklim Antlaşması ile AB'nin 28 Üye Devleti, küresel ısınmanın "sanayileşme öncesi seviyelerin üzerinde olan 2 °C oldukça altında tutulması ve hatta sıcaklık artışının 1,5 °C ile sınırlı tutulmasını hedeflemektedir. AB'nin bu hedefe ulaşmasında karbondan arındırma teknolojileri kritik rol oynamaktadır. Bu sebepten dolayı özellikle hidrojene ihtiyaç her zamankinden daha fazla olacaktır. Hidrojen ise sadece karbondan arındırma vasıtası olmakla kalmayıp, enerji depolama ve aktarım aracı olarak kullanılabilir. Böylece yenilenebilir güç üretiminin kapsamı artırılabilir [2].

Güneş ve diğer yıldızların termonükleer tepkimeye vermiş olduğu ısının yakıtı hidrojen olup, evrenin temel enerji kaynağıdır. Hidrojen 1500'lü yıllarda keşfedilmiş, 1700'lü yıllarda yanabilme özelliğinin farkına varılmış, Büyük Patlama sonrasında oluşan ilk ve en hafif atomik element olarak evrendeki tüm kütlemin tahminen %75'ini oluşturmaktadır evrenin en basit ve en çok bulunan elementidir [1].

Hidrojen ve elektrik birbirine kolaylıkla dönüştürülebilir enerji türleri olduğundan hidrojen, tüm sektörleri doğrudan ya da dolaylı etkileyebilmesi, toplumsal gelişme ve refah düzeyini belirleyici oluşu açısından gün geçtikçe daha da önemli bir konuma geleceği öngörülmektedir. Hidrojen, düşük karbon ekonomisinde elektriğin yanında, ısı, ulaşım ve güç sistemi hizmetleri sağlama yönünden önemli bir rol oynama kapasitesine sahiptir. İkincil bir enerji kaynağı durumunda olan hidrojenin yenilenebilir birincil enerji kaynakları ile elde edilebilir olması sebebiyle geleceğin en önemli enerji taşıyıcısı durumunda olması kaçınılmazdır. Başta yakıt hücreleri olmak üzere hidrojen teknolojileri, yenilenebilir enerji kaynaklarının kesintili olması sorununa bir çözüm olarak dengeleyici, kontrol edilebilir bir kapasite sağlar. Kısa vadeli dinamikleri yönetmeye ek olarak, elektriği hidrojene veya diğer yakıtlara dönüştürmek, uzun vadeli depolamayı sağlayabilir.

Elektriğin gaza dönüştürülmesi, karbondan arındırma ve enerji sistemlerinde artan esneklik konuları için temel bir ilgi alanı oluşturmaktadır çünkü tedarikin fazla olduğu zamanlarda yenilenebilir elektriğin emilmesini, talebin fazla olduğu zamanlarda ise yedek enerjinin sağlanmasını mümkün kılmaktadır.

Bir başka avantajı ise; gaz şebekesine düşük karbonlu bir gazın enjekte edilmesi ile (ör., yenilenebilir enerji vasıtası ile üretilen elektrik enerjisini gaza dönüştürme işleminden elde edilen hidrojen) gaz şebekesinden kaynaklanan gaz emisyonları azaltılabilmektedir [3]. Böylelikle hidrojenin doğal gaz ile entegrasyonunun, karbondan arındırmaya geçişte önemli katkılar sağlayacağı anlaşılmaktadır. Ayrıca elektrik şebekesine kıyasla doğal gaz altyapısı, daha büyük hacimleri daha uzun mesafelerde daha az maliyetlerle taşıyabilmektedir. Avrupa'da karbondan arındırmayla ilgili çalışmaların çoğunda doğal gaz kullanımındaki azalma, gaz altyapısı ihtiyaçlarının sonradan azaldığını göstermektedir [4].

Dünya'da olduğu gibi ülkemizde de hidrojenin kullanım potansiyelinin değerlendirilmesi küçük ölçekte yürütülen projeler ve politik tartışmalar ile devam etmektedir. 2020 yılında Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığında düzenlenen Enerjide Arama Buluşmaları: Hidrojen konulu çalıştayda T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanı Sayın Fatih Dönmez yaptığı konuşmada "En geç 2021 yılı sonunda dağıtım hatlarına ilk hidrojen girişinin olmasını hedefleniyor." dedi. Buna istinaden 2020 yılının başlarında, GAZBİR-GAZMER yürütücülüğünde, Aksa Doğal Gaz, Enerya Doğal Gaz iştiraki ve Yıldız Teknik Üniversitesi iş birliği ile Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) Ar- Ge projeleri kapsamında, Konya şehrinde Türkiye'nin ilk Power to Gas projesi başlamıştır. ETKB Bakanı Sayın Fatih Dönmez "Bu proje kapsamında ülkemizde de çok önemli gelişmeler oluyor, çok değerli çalışmalar yapılıyor. İlk başta bu proje, deneysel ve çok az bir miktar olabilir ama önemli olan sistemin başarıyla çalışması." diyerek hidrojen konusunda önemli bir hedefi ortaya koydu. Bu proje çalışması ülkemizi, mevcut gaz şebekelerine hidrojen enjekte edilerek doğal gazı daha çevre dostu yapan teknolojiler ile küresel enerji rekabetinde avantajlı konuma getirmeyi hedefliyor.



Şekil 1.1: Temiz Enerji Teknolojileri Merkezi dışardan görüntü.

Doğal gaz çevreye en az zarar veren fosil yakıt olsa da hidrojen çevreye etkileri daha da azaltılmış, karbonsuzlaşma çabalarına katkı sağlayacak yeni bir çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır. Enerji alanında farklı kaynaklarla çalışmalar yapılması amacıyla GAZBİR-GAZMER tarafından Konya’da Temiz Enerji Teknolojileri Merkezi kurulmuştur. Kurulan merkezde Yenilenebilir Gaz Üretimi proje çalışmaları haricinde yenilenebilir ve düşük karbonlu gaz teknolojilerine yönelik çalışmalar da yürütülmektedir. Proje kapsamında hidrojen, yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak suyun elektrolizi yöntemi ile üretilmektedir. Bu yöntem sıfır karbon emisyonu ile yeşil hidrojen üretimini sağlamaktadır. Elektrik gaza dönüştürülmesi işlemi ile doğal gaz şebekesine entegre edilmesiyle şebekenin yapısal hacim esnekliğinden faydalanmak ve elektrik değişkenliğinin bir kısmını gaz şebekesine aktarmak mümkün olabilmektedir [2]. Dolayısıyla hidrojenin geleceğin enerji sisteminde belirgin bir rol oynayacağı düşünülmesi şaşırtıcı değildir.