

**1 – HİDROJEN DEPOLAMA VE  
TAŞIMA**

**2 – HİDROJEN ENERJİ TÜKETİMİ**

**RAŞİT AYTAŞ**

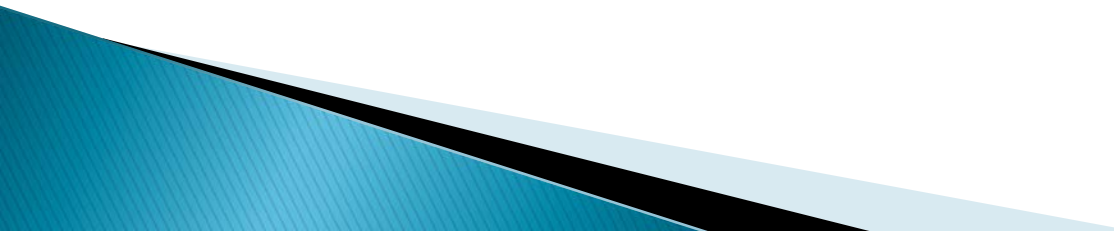
# İçindekiler

## Hidrojen Depolama ve Taşıma

- ▶ 1-Depolama İçin Gerekçe
- ▶ 2-Yer Altında Depolama
- ▶ 3-Basınç Altında Depolama
- ▶ 4-Dünyada Depo Uygulamaları
- ▶ 5-Otomobillerde Depolama
- ▶ 6-Sıvı Hidrojen Depolama
- ▶ 7-Metal Hidrit
- ▶ 8-Kırılgenlik
- ▶ 9-Boru Şebekesi İle Taşıma
- ▶ 10-Gaz ve Sıvı Hidrojen Taşıma

# İçindekiler

## Hidrojen Enerjisi Tüketimi

- ▶ 1– Genel Tanımı
  - ▶ 2– Evlerde Tüketim
  - ▶ 3– Fabrikada Tüketim
- 

# Hidrojen Depolama ve Taşıma

## 1-Depolama İçin Gerekçe

- ▶ Elektrik enerjisini büyük ölçekte depolamak mümkündür ancak bu işlem fevkalade zordur ve ekonomik olmadığı bilinmektedir.
- ▶ Buna mukabil elektrik enerjisi küçük akümülatörlerde kara vasıtalarında depolanmaktadır.
- ▶ Hidrojen enerjisinin çok sayıda üstün vasıflarının başında kolaylıkla depolanabilir olması gelmektedir.

# Hidrojen Depolama ve Taşıma

- ▶ Hidrojen tüketim ihtiyacı sabit değildir, günlük ve mevsimlik olarak değişkenlik arz eder.
- ▶ Tüketim gündüz daha fazladır, ikametgahlarda yoğun yaşama faaliyeti vardır, iş yerleri ve fabrikalar gündüzleri daha çok çalışır.
- ▶ Enerji verimliliği bakımından, depolamak ve taşımak açısından hidrojen en güvenilir araçtır.

# Hidrojen Depolama ve Taşıma

- ▶ Mevcut enerji kaynaklarından hepsi hidrojen enerjisine dönüştürülebilir ve elektrik enerjisine kıyasla hidrojen daha az enerji kaybı ile taşınabilir.
- ▶ Hidrojen depolamak için bilinen çok sayıda yöntem vardır.
- ▶ Hidrojeni gaz olarak ya da sıvı halinde depolamak mümkündür ve dünyada bir çok uygulaması vardır.

# Hidrojen Depolama ve Taşıma

## 2-Yer Altında Depolama

- ▶ Hidrojen gazını depolamanın tercih edilen yöntemlerinden biri, çok miktarda hidrojeni, su ve hava sızdırmazlığı olan sert kayalık yer altı katmanlarında biriktirmektir.
- ▶ Aynı iş için yer altı sularını taşıyan katmanlar kullanılabilir.
- ▶ Doğal gaz tarafından daha evvel kullanılan depolama yerleri hidrojen gazı depolamak için de müsaittir.

# Hidrojen Depolama ve Taşıma

Bu tarz depolamanın faydaları şunlardır:

- ▶ 1.Yer altı deposu hazır olduğu için yapım masrafı yoktur.
- ▶ 2.Bu depolarda daha önce doğal gaz depolandığından deponun gaz sızdırmazlığı olduğu bilinmektedir.
- ▶ Yer altı sularını taşıyan kayalık katmanlardaki su boşaltılırsa buralara hidrojen gazı doldurulabilir.



# Hidrojen Depolama ve Taşıma

## 3-Basınç Altında Depolama

- ▶ Halen basınç altında gaz depolama sistemi doğal gaz için kullanılmaktadır.
- ▶ 12 ila 16 bar değerinde alçak basınçlı küresel depolar ve 200 bar ve ya daha yüksek basınçtaki sabit depolarda doğal gaz depo edilmektedir.
- ▶ Bu sistemi hidrojen gazı için de kullanmak mümkündür.

# Hidrojen Depolama ve Taşıma

## 4-Dünyada Depo Uygulamaları

- ▶ Kiel şehrinin genel hizmet müesseseleri 1971 yılından beri, % 60 ila 65 oranında hidrojen gazı içeren kent gazını, 1330m derinlikte, 80 ila 160 bar basınç altında, 32.000m<sup>3</sup> hacminde büyük gaz mağarasında depolamaktadır.
- ▶ Birtanya Krallığı devletine ait Imperial Chemical Industries Şirketi, Teeside Uk yakınındaki tuz mağaralarında hidrojen depolamıştır.

# Hidrojen Depolama ve Taşıma

## 5-Otomobillerde Depolama

- ▶ Sağlam ve çok hafif yeni bileşik malzemelerin geliştirilmesi sayesinde otomobillerde hidrojen depolamak mümkün olmuştur.
- ▶ 200 bar basınca dayanıklı hidrojen depoları üretilmiş ve otomobillerde kullanılmıştır.
- ▶ Daimler-Benz fabrikasında üretilen NECAR II basınç deposu bunun yararlı bir örneğidir.



Daimler-Benz NECAR II

# Hidrojen Depolama ve Taşıma

## 6-Sıvı Hidrojen Depolama

- ▶ Sıvı hidrojen üretimi, çok miktarda enerji gerektiren bir işlemdir.
- ▶ Sıvı hidrojenin bünyesinde bulunan enerjinin yaklaşık üçte biri kadar enerji sıvılaştırma ameliyesi (uygulaması) esnasında tüketilir.
- ▶ Vakum yalıtımlı küresel tanklar içinde  $-253^{\circ}\text{C}$  sıcaklığa kadar soğutulmuş sıvı hidrojen, günümüzde endüstriyel uygulamalarda kullanılmaktadır.

# Hidrojen Depolama ve Taşıma

- ▶ En büyük kapasiteli depolar roket fırlatma tesislerinde inşa edilmiştir.
- ▶ Örneğin NASA 3.800m<sup>3</sup> hacminde küresel tank imal etmiştir.
- ▶ Doğal koşullarda hidrojen gazının 12.000m<sup>3</sup> hacimli tanklarda depolarda mümkün olacaktır.
- ▶ Büyük sabit tankların buharlaşma kaybı günde % 0.1 seviyesinden daha azdır.
- ▶ Küçük ve seyyar depolardaki buharlaşma kaybı yüzde 2 ila 3 mertebesindedir.



SIVI hidrogen deposu

# Hidrojen Depolama ve Taşıma

## 7-Metal Hidrit

- ▶ Hidrojen depolama tekniğinde metal hidrit önemli yer işgal eder.
- ▶ Bazı metallerin hidrojen ile temasta bileşikler meydana getirdiği bilinmektedir.
- ▶ Hidrojen ile bir metal veya metal alaşımı birleşerek metal hidrit oluşmasını sağlar.



# Hidrojen Depolama ve Taşıma

- ▶ Metal hidritlerin önemli özellikleri, tüketim noktasında depolama olanağı sağlamaktadır.
- ▶ Normal sıcaklıklarda ve alçak basınçta metal hidrit üretmek mümkündür.
- ▶ Dışarıdan uygulanacak bir ısı kaynağı ile metal hidrit ısıtılırsa içindeki hidrojen serbest kalır ve tüketilmeye hazır duruma gelir.

# Hidrojen Depolama ve Taşıma

## 8-Kırılgenlık

- ▶ Metal depolar içinde hidrojen depolamanın önemli bir sorunu metal yüzeyinde kırılgenlık yapmasıdır.
- ▶ Buna karşın kırılgenlığı sorun olmaktan çıkaran yüzeyler vardır.
- ▶ Çeliğın yüksek seviyede alaşımasının kırılgenlığa mani olduğu bilinmektedir.
- ▶ Yüksek sıcaklıkta, moleküler durumda olan hidrojen, demirin yapısını kırılgen yapar.

# Hidrojen Depolama ve Taşıma

- ▶ Metal üzerindeki baskı da kırılma eğilimi artıran bir etkidir.
- ▶ Krom, nikel ve molibden kullanılarak imal edilen çelik, hidrojenin yapacağı etkiye karşı fevkalade dirençli olmaktadır.
- ▶ Kırılma eğilimi çözülemeyecek bir sorun değildir, çözüm kaliteli ancak yüksek maliyetli çelik alaşım kullanmaktır.

# Hidrojen Depolama ve Taşıma

## 9-Boru Şebekesi İle Taşıma

- ▶ Hidrojen enerji sisteminde, üretim merkezinden ve ya depolama tesisinden tüketiciye kadar hidrojen gazının yer altı boru şebekesi ve sıvı hidrojenin tankerler içinde taşınması düşünülmektedir.
- ▶ Günümüzde hidrojen taşıma işlemi, 10 km mesafeye kadar imalat ve tüketim merkezleri arasındaki kısa mesafeler için boru şebekesi ile yapılmaktadır.

# Hidrojen Depolama ve Taşıma

- ▶ Daha uzun mesafelerde (290 km) dahi aynen boru şebekeleri kullanılmaktadır.
- ▶ Örneğin, Houston'da Air Products 100 km, Fransa'da Air Liquide 290 km uzunluğunda boru şebekesi ile hidrojen taşımaktadır.
- ▶ Gelecekteki gelişmelere bağlı olarak daha yüksek tüketim miktarlarını daha uzun mesafelere taşımak gerekecektir.



Daimler–Benz’in yakıt hücreseli otobüsü NEBUS, basınçlı hidrojen tankı kullanmaktadır.

# Hidrojen Depolama ve Taşıma

- ▶ Günümüzde kullanılmakta olan doğal gaz boru şebekesini bazı değişiklikler yaparak hidrojen gazı taşımak için kullanabiliriz.
- ▶ Doğal gaza eşit enerji miktarı taşımak için, hidrojen borularının çapı daha büyük olmalı ve basınca dayanmalıdır.
- ▶ 1000 km mesafeden daha uzak merkezlere hidrojen sevk etmenin elektrik kullanmaktan daha ucuz olacağı hesaplanmıştır.

# Hidrojen Depolama ve Taşıma

## 10–Gaz ve Sıvı Hidrojen Taşıma

- ▶ 1960 yılından sonra sıvı doğal gazın denizden tankerlerle taşınmasına başlanmıştır.
- ▶ Sıvı hidrojen de aynen bu yöntemle taşınabilir.



Sıvı hidrojen treyleri



# Hidrojen Depolama ve Taşıma

- ▶ Günlük birkaç bin m<sup>3</sup> değerinde vasat seviyede tüketimler için sıvı hidrojenin taşınarak kullanılması uygundur.
- ▶ Aynı miktarda tüketim için hidrojen gazı kullanmak pratik bir çözüm değildir.
- ▶ Sıvı hidrojen, çift cidarlı vakum tanklarında taşınır.
- ▶ Bu tankların yalıtım düzeyi o kadar yüksektir ki hidrojen bunların içinde birkaç gün muhafaza edilebilir.

# Hidrojen Depolama ve Taşıma

- ▶ 60 m<sup>3</sup> hacmindeki tanklar, treyler ya da demiryolu vagonları ile taşınabilir.
- ▶ Tüketim noktasına gelen sıvı hidrojeni tekrar gaz durumuna getirmek için kontrollü bir şekilde ısıtmak yeterlidir.
- ▶ Hidrojenin gaz ya da sıvı olarak, borularla ve ya özel kaplarda, karayolundan ve tren yolundan sevk edilerek tüketim talebini karşılamak mümkündür.

# Hidrojen Depolama ve Taşıma

- ▶ Hidrojen gazı, 200 bar basınca dayanıklı silindir şeklinde kaplarda karayollarından taşınabilir.
- ▶ Bu şekilde 3000 m<sup>3</sup> gaz nakledilebilir.

# HİDROJEN ENERJİ TÜKETİMİ

# HİDROJEN ENERJİ TÜKETİMİ

## 1-Genel Tanımı

- ▶ Petrol, doğal gaz, kömür olarak bilinen fosil yakıtların bugün dünyada tüketilmekte olan bütün alanlarda hidrojen enerjisi kullanmak mümkündür.
- ▶ Evlerimizde, apartmanlarda, okullarda, fabrikalarda, otomobillerde, kamyonlarda, uçaklarda ve roketlerde hidrojen enerjisini tüketmek olanağı vardır.

# HİDROJEN ENERJİ TÜKETİMİ

- ▶ Fosil yakıtların arzın kabuğundaki miktarı sabittir.
- ▶ Bu kaynak hiçbir şekilde yenilenmemektedir ve artmamaktadır.
- ▶ Buna mukabil fosil yakıtlar aşırı bir şekilde tüketilmekte ve tükenme noktasına yaklaşmakta olduğunu gösteren işaretler çoğalmaktadır.
- ▶ En önemli gösterge yakıt fiyatlarının hergün yükselmesidir.

# HİDROJEN ENERJİ TÜKETİMİ

- ▶ Otomobilimize benzin doldururken bir önceki dolumdan daha fazla ödediğimizi görüyoruz.
- ▶ Evimize gelen tüp gazda da fiyat artırarak teslim edilmektedir.
- ▶ Fosil yakıtların dayanma süresi olarak, güvenilir ciddi kaynaklar muhtelif değerler vermektedir.
- ▶ En az 25, en çok 60 yıl tahmin edilmektedir.
- ▶ Bu duruma mukabil güneş-hidrojen sistemi, tükenmesi mümkün olmayan, bir enerji kaynağıdır.

# HİDROJEN ENERJİ TÜKETİMİ

## 2-Evlerde Tüketim

- ▶ Evlerin her türlü enerji ihtiyacı hidrojen enerjisi ile temin edilebilir.
- ▶ Kalorifer kazanındaki brülöre hidrojen gazı bağlanarak kalorifer tesisatında sıcak su elde edilir ve radyatör vasıtası ile ev ısıtılır.
- ▶ Akaryakıt brülörlerinde görülen, meme tıkanması, pompa bozulması gibi arızalar hidrojen tesisatında yoktur.



# HİDROJEN ENERJİ TÜKETİMİ

- ▶ Mutfakta ocak ve fırın bölümüne bağlanan hidrojen gazı ile yemek pişirmek, börek yapmak gibi tüm mutfak işlemleri yapılabilir.
- ▶ Yakıt hücresi uygulaması sayesinde mutfakta elektrikle çalışan bütün aletler, soğutma dolabı dahil, elektrik cereyanı verilerek bunları çalıştırmak mümkündür.
- ▶ Yakıt hücresi, hidrojen enerjisi ile elektrik üreten bir sistemdir.

# HİDROJEN ENERJİ TÜKETİMİ

## 3-Fabrikada Tüketim

- ▶ Fabrikaların her türlü enerji ihtiyacı hidrojen enerjisi ile sağlanabilir.
- ▶ Fabrikanın ısıtma tesisatı doğrudan hidrojen enerjisi ile çalıştırılabilir.
- ▶ Ancak imalatta ve aydınlatmada elektrik enerjisi tercih edildiğinden, yakıt hücresi kullanarak hidrojen gazından elektrik üretmek gerekir.



# Kaynakça

- Geleceğin Yakıtı Hidrojen (s.37–50)