

## Bir Enerji Hammaddesi Olarak Bor ve Yakıt Teknolojisi

Dünyada toplam enerjinin % 85'ini kullanan sanayileşmiş ülkeler en iyimser tahminle fosil yakıtların 50 yıl sonra tükeneceği gerçeği üzerinden kendi enerji planlamalarını yapmakta, bir anlamda da OPEC gibi kartellerin gittikçe azalan bu kaynaklar üzerindeki kontrolünün kendi gelişmelerine sekte vuracağını düşünmekte. OPEC'in petrol boykotları da düşünüldüğünde başta ABD ve AB devletleri açısından enerjinin istikrarlı temini, temiz (emisyonuz) ve ucuz olması önemli bir anlam taşımaktadır.

ABD'nin 1950'lerden beri alternatif enerji kaynakları konusunda çalışmaları yapıldığı bilinmektedir. Özellikle Bor'un 50'li yıllardan beri ABD ordusu tarafından askeri açıdan 1963 yılına değin stratejik bir ürün olarak görüldüğü, yine Türkiye'nin Nato'ya girmesinden sonra o zamanki Varşova Paktı üyesi Polonya'ya satılan Bor'u taşıyan gemilerin Çanakkale boğazı çıkışında ABD donanması tarafından geri çevrildiği, ancak belli kota dahilinde satışlara izin verildiği de hatırlanmaktadır.

Aslında Bor'un bir enerji kaynağı olarak kullanılma fikri bor'un kendisinin yanma enerjisi üzerine odaklanmasından çok en uygun hidrojen taşıyan bir element olarak görülmesindedir. Burada alternatif ve emisyonuz bir enerji kaynağı olarak ta "Hidrojen" gündeme gelmiş ve yapılan bilimsel çalışmalar hidrojen üzerinde yoğunlaşmıştır.

Alternatif Enerji konusunda ABD'nin geçmişte başlattığı en önemli proje olarak görülen "The New Jersey Genesis Project" aynı zamanda New Jersey Department of Transportation's Technology, NJ Board of Public Utilities, NJ Department of Environmental Protection ve NJ Commerce Commission gibi ABD'li resmi kurumlar tarafından, Advanced Power Associates (güç dönüşümleri), Necon Technologies (sistem kurucuları), Fully Independent Residential Solar Technologies (enerji sistemleri) gibi özel şirketler, Rutgers University, Mercer County Vocational School, School District ve Burlington College gibi okullar tarafından başlatılmış ve desteklenmiştir. Bu proje kapsamında 1998 yılında temiz, emisyonuz yeni enerji kaynakları konusunda teknoloji üretmek üzere yine New Jersey'de Millenium Cell adlı bir kuruluş kurulmuştur. Bu kuruluşun amacı hidrojen ve elektrik enerjisi üreten teknolojiler yaratmaktır. Bu amaç için kullanılan hammaddeler saf su ve sodyum borhidrittir. Borhidrit sodyumlu bor tuzunun rafine edilmesi ile çok kolay elde edilebilen ve günümüzde de deterjan sanayide çokça kullanılan (sodyum perborat türevi) bir üründür. Burada Millenium Cell firması Sodyum Borhidrit hidrojen üretmek için "Hydrojen on Demand" adı verilen bir teknoloji geliştirmiş ve patentini almıştır. Burada sistem elde edilen hidrojenin elektrik enerjisine çevrilmesi üzerine kurulmaktadır. Burada söz konusu olan ve elektrik enerjisini depolayan yakıt pilleri (fuel cell) sistemin temelini oluşturmaktadır. Yakıt pillerinde sodyum borhidrit kullanılması, fosil yakıtlardan daha pahalı, eldesi, depolanması ve nakliyesi daha zor olan hidrojenin dezavantajını da ortadan kaldırmıştır.

Hidrojen çok uzun yıllardır üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda fosil yakıtlara karşı en iyi alternatif yakıt olarak görülmekte ve üzerinde çalışılmaktadır.

Bunun nedenleri şunlardır ;

- Hidrojen doğada en kolay ve miktar açısından da en fazla bulunabilen, temiz ve verimli bir enerji kaynağıdır.
- Hidrojen oksijenden kolayca elde edilebilmekte, yeniden oksijen ile kimyasal yollarla tepkimeye girdiğinde de temiz enerjiye ve suya dönüşmektedir.
- Diğer fosil yakıtlara baktığımızda hidrojenin yakıt olarak kullanılmasından sonra karbondioksit, karbonmonoksit yada sülfür gibi canlı ve doğa yaşamını tehlikeye atan atıklar çıkmamakta, sadece atık olarak son derece temiz olan saf su ve enerji çıkmaktadır.
- Hidrojen hem sadece yakıt olarak içten yanmalı motorlarda kullanılarak enerjiye dönüşebildiği gibi, ayrıca da elektrokimyasal tepkime ile yakıt pilleri için enerji üretiminde kullanılabilir.

Hidrojen yukarıdaki bilgilerden anlaşıldığı gibi ne kadar uygun bir yakıt olarak görülse de en önemli dezavantajı yakıt olarak kullanılacak bu

hidrojenin depolanması, taşınması ve sürekli tedarikinin sağlanmasıdır.

Aşağıda hidrojen'in bu bu açılardan dezavantajları ortaya konmaktadır :

- **Nikel-Metal Hidrürler:** Bunlar genelde yanıcı ve parlayıcı potansiyeli olan tehlikeli ürünlerdir. Ayrıca çok pahalı ve ağır olmaları taşınma konusunda uygun bir çözümler sunamamaktadır.
- **Gas Halinde Hidrojen :** Yüksek basınçlı tanklar rasyonel olmayan tonajlarda hidrojeni depolayabilirler ve bu depolanan büyük hidrojenin yeniden taşıtlara doldurulması için ise büyük enerji kullanan ve maliyetleri çok yüksek kompresörler gerektirmektedir. Ayrıca bu kompresörlerin ağırlık, büyüklük ve maliyet dezavantajları yaratacakları tehlike ile birleştiğinde ortaya ekonomik olmayan bir yatırım çıkmaktadır. Hidrojenin yüksek basınç altında saklanması aynı zamanda elde edilmeye çalışıldan daha büyük enerji sarfiyatına mal olmakta ve yüksek basınç altında olmayan haline göre daha büyük tehlike arz etmektedir.
- **Sıvı Hidrojen :** Sıvı hidrojen; gaz çıkışları yüksek değişim gösteren bir enerji birikimine sahiptir. Fakat yarattığı tehlike potansiyeli, üzerinde işlem yapılma riski ile sürekli havalandırma ve soğutma gerektirmektedir. Yine sıvı hidrojenin güvenlik açısından mevcut ulaşım açısından taşınması mümkün olmadığı için bu konuda yeni ve buna uygun çok pahalı bir taşıma altyapısı gerektireceği ortadadır.
- **Reformers (Dönüştürücüler) :** Reformers metanol, disel, kerosen (gaz yağı) ya da benzin gibi fosil yakıtları kullanarak hidrojen üretmeye yarayan araçlardır ve bunlar bu işlem sırasında hidrokarbon açığa çıkarırlar. Bu sistemler çok karmaşık ve yüksek sıcaklık altında çalıştıklarından boyutlarının küçültülmesi mümkün değildir. Bundan dolayı bunların değişik ulaşım araçlarına monte edilmesi son derece zordur.

Geleceğin yakıtı olarak görülen ve yukarıda sıralanan hidrojenin elde edilmesi ve değişik durumlarda kullanıma uygun saklanması zorlukları çalışmaları Bor'a yöneltmiş ve sonuçta Millenium Cell firması tüm dezavantajları ortadan kaldıran bor mineralini en önemli hidrojen kaynağı olarak tespit etmiştir. Millenium Cell'in geliştirdiği "Hydrogen on Demand" sisteminde hidrojen kaynağı olarak kullanılan sodyum borhidrit su ile karıştırılmakta ve böylelikle toksik olmayan ve herhangi bir yanma ya da parlama riski bulunmayan çözelti elde edilmektedir. Bu çözelti bir katalizör ile temas edildiğinde mekanizma harekete geçmekte ve hidrojen ayrılmaktadır. Hidrojeni alınan çözelti yine atık tanka giderek orada yeniden yeniden hidrojen yakıt üretiminde kullanılacağından geri dönüşüm özelliğine (recyclable) sahiptir. Yani bu işlem sırasında hidrojenin alınmasından sonra kalan sodyum bor tuzu (bu da sodyum borhidrite çok yakındır) yeniden işleme sokularak sodyum borhidrit'e dönüşebilme özellikleri vardır.

Bu prosesin kimyasal reaksiyon formülasyonu şöyledir ;



(katalizör)

Bu "Hydrogen on Demand" teknolojisinin avantajları şöyle ifade edilmektedir :

- Şu anda mevcut fosil yakıt kullanan sistemlerin ufak değişikliklerle yeniden modifiye edilmesi ile sistem kurulabilmektedir. Bu açıdan hidrojen kaynağı olarak kullanılan sodyum borhidrat çözeltisi fosil yakıtların yerini alacak şekilde yeni bir yakıt olarak mevcut benzin istasyonlarında satışa sunulabilir.
- Yeni yakıt olan Sodyum borhidrat'ın fosil yakıtlara göre aynı miktarlar kullanılarak aynı enerji değerlerine ulaşma özelliği mevcut depolama olanaklarının değişmeden kullanılmasını sağlamaktadır.
- Bu sistemde katalizör yardımı ile üretilen hidrojenin yarısı sodyum borhidrat'tan diğer yarısı da sudan gelmektedir.
- Sistemde kullanılan katalizör sürekli kullanılabilir. Sistemde katalizör çözelti ile tepkimeye girdiğinde sistem çalışıp hidrojen üretilmekte, katalizör çekildiğinde durmaktadır. Bundan dolayı da istenildiğinde başlatılıp, durdurulma özelliği bulunmaktadır.
- Bu "Hydrogen on Demand" sisteminin sonucunda üretilen hidrojen'in enerji olarak iki şekilde kullanılması da uygun çözümler üretmektedir. Birincisinde çözeltiden alınan hidrojen direk buna uygun içten yanmalı bir motorda kullanıldığı gibi yine Millenium Cell firmasının geliştirdiği yakıt pillerini besleyen ve böylelikle enerjinin depolandığı bir sistemi de besleyebilmekte, bunun sonucunda oluşan doğru akım, doğru akımla çalışan motorları çevirebilmektedir. Yakıt pilleri ile üretilen enerji elektrokimyasal yollarla oluşturduğu için sezgisel ve verimli olarak

görülmektedir. Bundan dolayı tüm araba üreticileri 2006 yılında bu sistemi üretecek şekilde araştırma ve geliştirme çabalarına başlamışlardır.

Herhangi bir toksik atığı olmayan, yanıcı ve parlayıcı özelliği bulunmayan, yenilebilir ve geri dönüşümü mümkün olan bu sistemler ABD’de çeşitli araçlar üzerinde denenmekte ve uygulamalar gözlenmektedir. New York’ta Ford Crown Victoria model taksi hidrojeni içten yanmalı motorla yakarak çalışmaktadır. Yine bir başka araç, Ford Explorer’de ki uygulamada ise hidrojen önce içten yanmalı bir motorla jeneratörü beslemekte ve buradan üretilen elektrik ile yakıt pilleri beslenmektedir. Yine yakıt pilleri ise aracın yürüyüş takımlarını sağlayan doğru akımlı motorlara gerekli enerjiyi sağlamaktadır. Yine New Jersey Genesis adı verilen Ford’un Millenium Cell’e araştırma için tahsis ettiği Mercury Sable model araçta bu sistem kullanılmakta ve hidrojen yakıt pillerini beslemektedir. New Jersey Genesis Projesinin proje yöneticilerinden olan Don Borowski bu sistemlerin fosil yakıtlara olan bağımlılığı tamami ile değiştirecek, çok önemli maliyet avantajları sunacak bir teknolojik devrim olduğunu belirtmekte, bundan dolayı bu alanlardaki araştırma ve geliştirme çalışmalarının artarak yürüdüğünü belirtmektedir. Yine yöneticinin açıklamasına göre Ballards Power System, DaimlerChryles, Air Products and Chemicals and System Consulting gibi kuruluşlarında son dönemlerde projeye büyük destekler sunduğunu belirtmektedir.

“Hydrogen on Demand” sistemini geliştirenler dünyada 600 milyon ton bor rezervinin (buna bilinen ve öngörülenler dahil) bulunduğunu öngörmektedirler. Her yıl 50 milyon taşıtın üretildiğini ve bu 50 milyon aracın hidrojen yakıtı kullandığını düşündüklerinde yaklaşık bu iş için 20 milyon ton bor’un bu sistemlerle yakıt olarak kullanılabileceğini planlamaktalar. Yukarıda değindiğimiz ayrıntılarda da belirttiğimiz gibi sistemin geri dönüşüm esasına göre çalışması bu 20 milyon ton dışında fazla ek bir bor ihtiyacının olmadığını da göstermektedir.

Sodyum borhidrit’ten hidrojen elde edilmesi üzerine geliştirilen bu çalışmaların yanında ABD, Fransa, Japonya gibi ülkelerde de yapılan bilimsel çalışmalarda bor’un kendisinin içten yanmalı bor motorları vasıtası ile doğrudan yakıt olarak kullanımı üzerinde çalışmalar yapmaktadırlar. Bu çalışmaların nedeni de bor’un hidrojenden daha iyi bir yakıt olduğu kabulüdür. Hidrojen ve bor’un yanma enerjileri kıyaslandığında bu durum açıkça görülebilmektedir. Tablodan da görüleceği gibi 1 litre hidrojen 8.03 megajul enerji verirken, bu 1 litre bor da 92.77 megajul enerji vardır. Yani Bor hidrojene göre tartışmasız bir üstünlüğe sahiptir. Elementer boru saf oksijenle motor içinde yakılması sonucunda meydana gelecek enerjinin itme gücü ile çalışam esasına göre modellenen bu sistemlerde aracının yakıtının bobinine sarılmış bor filamentleri olacağı, bu tip yakıtların hiç bir emisyon içermediği için % 100 temiz olacağı, ayrıca da yanma işlemi sonucu oluşan ve tekrar motora besleme yapabilen B2O3 külünün tek atık olarak çıkacağı tasarlanmaktadır.

Bor’un kendisinin yakıt olarak kullanılmasını içeren çalışmalar yukarıdaki sodyum borhidrit’ten hidrojen elde ile yapılan “Hydrogen on Demand” sisteminden farklı ve ayrı çalışmalardır. Bu çalışmalarda diğer çalışmalar gibi önemli oranda kaynaklar kullanılarak devam etmekte ve gelişmelerin sadece belli bölümleri kamuoyuna sunulmaktadır.

**<http://www.ikkistanbul.org/site/Scripts/prodView.asp?idproduct=302>**