

## 21. YÜZYILIN ENERJİSİ; HİDROJEN ENERJİ SİSTEMİ

MMO İstanbul Şube tarafından düzenlenen “21. Yüzyılın Enerjisi; Hidrojen Enerji Sistemi” konulu Konferans Prof. Dr. Nejat VEZİROĞLU tarafından gerçekleştirildi. Konferans açılış konuşmasında MMO İstanbul Şube Yönetim Kurulu Başkanı Üzeyir ULUDAĞ şunları söyledi:

“Sayın Konuklar

TMMOB Makina Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi'nin düzenlediği “21. YÜZYILIN ENERJİSİ; HİDROJEN ENERJİ SİSTEMİ” Konferansına hoş geldiniz. Oda Yönetim Kurulu ve Şube Yönetim Kurulu adına hepinizi saygıyla selamlıyorum.

Hepimizin bildiği gibi, dünyanın enerji ihtiyacının yaklaşık %90'ı milyonlarca yılda oluşan fosil kökenli kaynaklardan sağlanmaktadır. Bu kaynakların yeryüzünde artan enerji talebi karşısında yaklaşık 100 yıl gibi bir süre sonunda tamamen biteceği tahmin edilmektedir. Bu gerçek tüm dünya tarafından bilinmektedir. İşte bu yüzden güçlü ülkeler bir taraftan, yasal olmayan yöntemlerle, var olan enerji kaynaklarını etkisi altına almak için, bu kaynaklara sahip ülkelere saldırırken, diğer taraftan yeni enerji kaynakları yaratabilmek için araştırmalara milyarlarca dolar bütçe ayırmaktadır. Yeni enerji kaynaklarına yönelmenin önemli ve yadsınamaz diğer bir nedeni ise, fosil kökenli yakıtların yanması sonucu oluşan emisyonların, doğanın ekolojik dengesini bozmasıdır. Bu iki önemli nedenden dolayı dünya ülkeleri, enerji ihtiyacını karşılayabilmek için bir yandan enerjinin daha verimli kullanılması konusunda çalışmalar yaparken diğer taraftan rüzgar, güneş, hidrojen gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmekte ve bu alanlardaki araştırmalara bütçelerinden önemli paylar ayırmaktadır.

Yine bilindiği gibi, gelişmiş ülkeler bugün enerji ihtiyacının %5-10 arasındaki dilimini yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlamaktadırlar ve ulusal enerji planları çerçevesinde yenilenebilir enerji kaynaklarını her yıl artırarak kullanmayı hedeflemektedirler.

Ülkemizin enerji tüketiminin önemli bir kısmını yani yaklaşık %70'ini ithal etmekteyiz. Ham petrol ve doğal gaz olarak ithal ettiğimiz enerji kaynaklarını, sanayide, konutlarda ve ulaşımda kullanıyoruz. Üzülerek belirtmeliyimki enerji kullanımında henüz ulusal politikalar oluşturulamamıştır. Enerji kaynakları için savaşların yaşandığı dünya gözler önündeyken, ithal ettiğimiz doğal gazdan olan elektrik üretimi, elektrik ihtiyacımızın %45'ine ulaşmış ve %60 hedeflenmektedir. Yine enerji kullanımımızın %40'ı konutlarda kullanılmakta ve bu enerjinin %50'si ısı yalıtım olmadığından hem atmosfer kirletilmekte hem de milyarlarca dolar sokağa atılmaktadır. Gelişmekte olan ülkemiz için stratejik öneme sahip enerjimizin, yeni teknoloji kullanılarak, ulusal kaynaklardan sağlanmaması ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelinmemesi düşündürücü ve üzücüdür.

TMMOB ve Makina Mühendisleri Odası olarak zaman kaybetmeden ulusal enerji politikaları oluşturulması için merkezi yönetimin ilgili tüm tarafları bir araya getirmesini istiyoruz ve Oda olarak her türlü destek ve katkıyı sunacağımızı belirtiyoruz.

Ayrıca, 16. UNIDO Endüstriyel Kalkınma Kurulu toplantısında, UNIDO işbirliği ile ülkemizde Uluslararası Hidrojen Enerjisi Teknolojileri Merkezi (ICHET) kurulması kararı alınmıştır. Buna göre UNIDO hukuksal çerçevesinde özerk bir kurum olarak çalışacak ICHET'in İstanbul'da kurulması planlanmaktadır, bildiğim kadarı ile ülkemizde bu konuda bir girişim olmamıştır. İlgili Bakanlığın ve ülkemizin bu konuda acilen girişimde bulunmasını istiyoruz.

Makina Mühendisleri Odası olarak mesleki ilgi alanlarımızda yer alan her türlü konuda bilimsel çalışmalar yürütmekte, toplumu ve üyelerimizi bu konuda bilgilendirmekteyiz. Bu çalışmalardaki amacımız, yer altı ve yer üstü zenginlikleriyle önemli bir konumda bulunan

ülkemin kendi kendine yetebilecek ve dış kaynaklara bağı olmayacak duruma gelmesine katkı sunmaktır.

Bugünkü konferansımızda, hidrojen enerjisi konusuna dünyadaki gelişmeleri, bu konudaki çalışmaları dünya çapında ilgi gören, Miami Üniversitesi Temiz Enerji Araştırma Enstitüsü Direktörü Sayın Prof. Dr. T. Nejat VEZİROĞLU'nun sunumu ile öğrenmiş olacağız.

Konuşmacımız Prof. Dr. Nejat VEZİROĞLU'na, 21. yüzyılın enerjisi HİDROJEN konusunda konferans çağrımızı kabul ettiği ve bu Konferansı vereceği için TMMOB MMO adına teşekkür ediyorum ve saygılar sunuyorum. Sizlere de katıldığınız için teşekkür ediyorum. Saygılarımla.”

Prof.Dr. Nejat Veziroğlu :

Sayın başkanımıza çok teşekkür ederim. Beni bu konuda konuşmaya çağırdığı için Makina Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi'ne teşekkür ediyorum.

Niçin hidrojen enerjisi fikrini ortaya attım, nasıl attım ilk olarak bunun hikayesini anlatacağım. Ben 1962 yılında; çoğunuz daha doğmamıştı, Miami Üniversitesi'nin Makine Mühendisliği bölümünde çalışmaya başladım. Ve ilk projemiz Mars'a seyahat için hidrojenli roket sistemleriydi. Mars'a gidebilmek için tepki yakıtı olarak hidrojen kullanılacaktı. 4-5 sene bunun üzerine çalıştık ve hidrojenin en hafif yakıt olduğunu, en çok randıman sağlayıcı olduğunu öğrendik.

1960'ların sonuna doğru Amerikan Bilim Fonu'ndan şehirlerdeki çevre kirliliğini sona erdirmek için ne gibi bir yakıt kullanabileceğimiz hususunda bir proje aldık. Alkol, etil alkol, amonyak, doğalgaz ve hidrojeni motorlarda denedik. Bu denemeler sonunda hidrojenin en temiz yakıt olduğunu gördük. Yani 1960'lı yıllar sonunda hidrojenin en iyi yakıt, en temiz yakıt, en verimli yakıt olduğunu biliyorduk. 1973 yılı başında Ortadoğu memleketleri endüstriyel ülkelere, Amerikaya, Avrupa'ya, Japonya'ya petrol ihracatını durdurdular. Bunun üzerine Amerikan hükümeti fosil yakıtlardan başka yakıtlar için araştırmalara projelere vermeye başladı. Biz güneş enerjisini, rüzgar enerjisini, jeotermal enerjiyi, gelgit enerjisini tetkik etmeye başladık. Bu yeni enerji kaynaklarının hiçbirisi petrol gibi, doğalgaz gibi kullanışlı değildir. Yani güneş ile rüzgarı otomobile koyup, uçağa koyup kullanamazsınız. Yeni enerji kaynakları yenilenebilir olmalarına rağmen fosil yakıtlardan çok daha uzun yıllar var olabileceklerine rağmen bunlar petrol gibi, doğalgaz gibi kullanışlı değildir. Ve neticede bunları kullanarak bir yapay yakıt üretmek gerekiyor. Gündüzleri mevcut olduğu sürece 6-7 saat güneşten veya rüzgar estiği sürece rüzgardan yapay yakıt üretebilirsek o zaman bu yapay yakıtı kullanarak ihtiyaçlarımızı karşılayabileceğiz. Yapay yakıtlardan da en iyisinin hidrojen olduğunu zaten biliyorduk ve 1973'lerde derhal hidrojen enerji sistemini yani hidrojen enerjisi fikrini ortaya attık. Ve bunu milletlerarası bir platformda görüşmek üzere bir konferans tertip etmeyi kararlaştırdık. Amerikan Milli Araştırma Fonu'ndan 70 bin dolar aldık. Mart 1974 yılında Hidrojen Ekonomisi Miami Enerji Konferansı'nı tertip ettik. 18 Mart 1974'te konferansın açılışında bu fikri ortaya attım. Konuşmamdan sonra serinletici içmek için mecburen ara vermiştik. Yanıma on kişi kadar farklı milletlerden bilim adamları geldi; Japonya'dan, Amerika'dan, Avrupa'dan, Avusturalya'dan, Latin Amerika'dan. Dediler ki: "Nejat Bey biz de hidrojen enerji sistemi fikrini düşünüyorduk, gelin bir dernek kuralım". O gece otelin çatı katında toplandık bu konuyu konuşuyoruz, içimizden bazıları "Gelin dernek kuralım, bu fikrin yayılması için çalışalım." Bazıları "Belki daha iyi fikirler atılır ortaya, birkaç sene bekliyelim, bakalım daha iyi çözüm sistemleri bulunabilecek mi?" diyordu. Bu arada Venezuela'dan Dr. Martinez ısrar ediyordu: "Derhal böyle bir dernek kuralım". Şimdi Dr. Martinez de OPEC'in kurucularından. Biliyorsunuz Venezuela petrol ülkeleri ile biraraya gelmişler OPEC'i kurmuşlardı. Dr. Martinez de bu ilk toplantıda Venezuela'yı temsil etmiş

ve Venezuela hükümeti adına toplantıya giderek OPEC'i kurmuşlardı. Biz dedik acaba bu adam beşinci fon mu? Çünkü petrolün yerine geçecek bir enerji sisteminin yayılması için "derhal bir dernek kurun" diyor bize. Nihayet hepsi, "tamam" dediler derneğin kurulması için ve dernek kuruldu. Daha sonra dergiyi çıkarmaya başladık. İlk önce bu dergi yılda dört kere çıktı, daha sonra iki ayda bir, ayda bir ve sonra da onbeş günde bir çıktı. Çünkü hidrojen ile ilgili bilgi artıyor süre geçtikçe.

Hidrojen enerji sisteminin mantığını, niçin 21. y.y. içinde hidrojene geçeceğimizi anlatmaya çalışacağım. Bugün enerjimizin % 80'i fosil yakıtlardan karşılanıyor. Araştırma sonuçlarına göre 2015 yılından itibaren petrol ve doğalgaz üretimi düşecek. Artan nüfus ve kalkınmakta olan memleketlerin artan ihtiyaçlarını karşılamak için gerekli yakıt gözönüne alındığında, 2015 yılından itibaren petrol ve doğalgaz üretimi ile ihtiyaç arasında bir fark olmaya başlıyor. Yani yeni bir yakıtı ihtiyaç duyuluyor.

Bugünkü hayat seviyesinin nedeni fosil yakıtlardır. 1860'ta Endüstriyel Devrim başladığı zaman dünyadaki kişi başına gelir 10-20 dolar civarındaydı, bugün dünya kişi başına ortalama geliri 6 bin dolardır. Bu yüksek geliri biz fosil yakıtlara, kömür, petrol, doğalgaza bağlıyoruz. Bunlardaki enerji kullanılarak dünyadaki ortalama gelir seviyesi yükseldi. Fakat her ilacın olduğu gibi bunların da yan tesirleri var. Yan tesiri çevreye zarar vermek şeklinde tezahür ediyor. Bunun için 1992 yılında Rio şehrinde dünya zirvesi toplandı. Fosil yakıtların meydana getirdiği problemleri görüşmek ve bunlara çözüm bulmak için. Bu problemler neydi: İklim değişikliği, karbondioksitin artması, kutuplarda buzulların erimesi, denizlerin yükselmesi, hava kirliliği, deniz kazalarında petrolün denizlere akması, sahillere zarar vermesi. Bütün bu problemler Rio zirvesinde görüşüldü. Şimdi göreceğiz ki hidrojen tüm bu problemlere ilaç teşkil ediyor.

Kömürün, petrolün ve doğalgazın çevreye verdiği zararlar incelendiğinde; petrolün verdiği yıllık zarar %42 civarında. Kömürün %38, doğalgazın %20. Bugün toplam zarar 5 trilyon dolar. Kömürün, petrolün, doğalgazın dünyaya verdiği zarar yılda 5 trilyon dolar. Temiz bir yakıt bulabilirsek bu zararın önüne geçebiliriz. Ve bu temiz kaynakları uygun şekilde kullanırsak insanların yaşam standartlarını da yükseltmiş oluruz. Yenilenebilir bir sisteme girmenin öneminin yanısıra mevcut kaynakların yetmesi, gelecek nesillere kalması için nüfus artışını da durdurmamız gerekiyor. Hayat seviyesi yükselirse nüfus artışı duruyor. Avrupa'da, Amerika'da, Japonya'da eğer göçmenleri saymazsak nüfus artışı aşağı yukarı sifıra inmiştir. Bu arada şunu da söylemek gerekir ki, dünyada halen ortalama kişi başına gelir 6 bin dolardır. Bunu fosil yakıtlara maaleiyoruz. Türkiye'mizde maalesef kişi başına ortalama gelir 2 bin küsür dolar civarındadır. Yani dünya ortalamasının çok altında bir rakam ki, dünya ortalamasında Hindistan var, Çin var, Afrika var, nüfusları çok büyük fakir milletler var. Buna rağmen Türkiye'nin milli geliri çok düşüktür. Bugün Türkiye fakir milletler arasındadır. Bunu da biz çıkardığımız kurullarla, elimizi kolumuzu bağlayarak kendimiz yaratmışız. Kalkınmanın iki mühim etkeni var; birisi enerji kullanımını diğeri eğitim. Enerji kullanımında çok geriyiz; onun için milli gelirimiz düşük, eğitimde çok geriyiz; her yıl cahillerin sayısı okumuşların sayısından daha fazla artıyor.

Gördük ki enerjimizin çoğunu karşılayan fosil yakıtlar tükenmek üzeredir. 2015-2020 yıllarından itibaren üretim düşüşe geçecek. Bu yüzden yeni bir yakıtı ihtiyaç var. Fosil yakıtların diğeri bir zararı da bunların çoğunun Ortadoğu'da olmasıdır. Savaşlara sebep oluyorlar. Fosil yakıtların faydası da var. Bunlar nedir? Bunlar: Kullanış kolaylığı var, depolanabilme özellikleri var, altyapı tamamlanmış. Bu özelliklerinden dolayı fayda da sağlıyor.

Burada yeni trimel enerji kaynaklarını görüyoruz. Yeni trimel enerji kaynaklarımız bol: Güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, gel-git enerjisi, dalga enerjisi, deniz cereyanları, su enerjisi, jeotermal enerji. Bunlar mevcut. Fakat hiçbirisi petrol ve doğalgaz kadar kullanışlı değil. Bunların kusurları var: Bu kaynakların bazıları kesintili; mesela güneş enerjisi yerine göre 6-

7-8 saat kullanılabilir, rüzgar bazen eser bazen esmez, bazıları kullanış yerinden uzakta; mesela güneş enerjisi ekvatorunda daha kuvvetli, rüzgar bazı yerlerde güneyden veya kuzeyden eser, ihtiyaç bölgelerinden uzaktadırlar, bunlar yerlerinden taşınamazlar, depolanamazlar. Neticede bu kusurları gidermek için bir orta sisteme gerek var. Yani, yeni enerji kaynakları ile kullanıcı arasında öyle bir sistem kurmalıyız ki, bu kusurları ortadan kaldırmalıyız. Bu sistemin nitelikleri ne olmalıdır? Depolanabilir olmalı, taşınabilir olmalı, araçlar için yakıt olmalı, ekonomik olmalı, yenilenebilir olmalı, temiz olmalı. Eğer yenilenebilir olma şartını karşılayabilirsek devamlı bir enerji sistemi kurabileceğiz. Şimdiye kadar, endüstriyel devrim başladığından beri 50-60 yılda bir yakıtımızı değiştirdik. İlk önce odun, sonra kömür, sonra petrol kullandık, şimdi de doğalgaz kullanıyoruz. Ve her bir yakıt en çok 50-60 sene kullanılmış. Fakat yenilenebilir bir yakıt bulursak enerji sistemini değiştirmeye gerek kalmayacak, altyapıyı değiştirmeye gerek kalmayacak ve o yakıtı kullanarak enerji dönüşüm sistemlerini yani enerjiyi ısıya, mekanik enerjiye, elektrik enerjisine dönüştürecek sistemleri değiştirmeye gerek kalmıyacak. Eğer bu yeni enerji kaynaklarından yapay bir yakıt üretebilirsek problemlerin çoğunu çözmüş olacağız. Böylece bütün kullanabileceğimiz yakıtları mukayese ettik.

Burada yakıtların hafifliğini görüyoruz. Kütle/enerji karşılaştırılmasında en hafifi hidrojen, en ağırı metanol. Sadece kütleyi gözönünde tutarsak sıvı yakıtlar arasında en avantajlısının hidrojen olduğunu görüyoruz.

Burada da hacim mukayesesi var. Hacim/enerji mukayesesine göre en iyisi benzin, en kötüsü hidrojen. Hidrojenin enerji başına hacmi diğer yakıtlara göre daha büyük. Tabii araçlar için ağırlık da mühim, hacim de mühim. Araçlar için yakıtın hafif olması lazım, çünkü ivme ağırlıkla doğru orantılıdır. Aynı zamanda hacmin küçük olması lazım çünkü direnç kuvvetleri kesit alınıyla doğru orantılıdır. Hacim ile kütleyi birleştirerek motivite faktör elde ettik. Sıvı yakıtlar içerisinde en iyisi hidrojen en kötüsü metanol oluyor. Gaz yakıtlarda hidrojen en iyisi, doğalgaz ondan sonra geliyor. Yani araçlar için en iyi yakıt hidrojen oluyor. Biz yakıtı kullanıp faydalı enerji elde ederiz. Bunlar ısı enerjisi, mekanik enerji, elektrik enerjisidir. Bunları elde etmek için fosil yakıtları yakarız. Buna alevli yanma diyoruz. Fosil yakıtları alevli yanma ile ısı enerjisine, mekanik enerjiye, elektrik enerjisine çeviriyoruz. Hidrojeni de bu şekilde faydalı enerji şekline çevirmek mümkün. Fakat hidrojeni diğer şekillerde de faydalı enerjiye çevirmek mümkün. Mesela hidrojeni oksijen içinde yakarsak %100 randımanla buhar elde ederiz. Bu fosil yakıtlarda mümkün değil. Hidrojende alevsiz yanma mümkün, fosil yakıtlarda mümkün değil. Hidrojende kimyasal dönüşüm mümkün, fosil yakıtlarda mümkün değil. Hidrojende elektro dönüşüm mümkün, fosil yakıtlarda mümkün değil.

Kullanma randımanı; daha evvel söylediğim gibi kullanıcı yakıtı kullanarak ısı elde eder, mekanik ve elektrik enerjisi elde eder. Tabii her kullanımda bir enerji kaybı vardır. Burada onun mukayesesini görüyoruz. Hidrojen ısı enerjisi elde etmekte % 20 daha randımanlı. İçten yanmalı motor kullanıldığında hidrojen %18 daha randımanlı. Yakıt pili, elektrik motoru kullanırsak hidrojen %50 daha randımanlı. Ses altı hızdaki uçaklarda hidrojen % 18 daha randımanlı. Ses üstü hızdaki uçaklarda hidrojen % 28 daha randımanlı. Aynı işi yapabilmek için daha az hidrojen kullanılıyor. Ve dünya ortalaması hidrojen %26 daha randımanlı.

Burada muhtelif yakıtları emniyet bakımından mukayese ediyoruz. Bunun da neticesi, en emniyetli yakıt hidrojen, ikincisi doğalgaz, en tehlikeli yakıt ise benzin veya petrol. Sonuç olarak; en hafif yakıt hidrojen, en iyi araç yakıtı hidrojen, en verimli yakıt hidrojen, en temiz yakıt hidrojen, en ekonomik yakıt hidrojen, en dönüştürülebilir ve yenilenebilir yakıt hidrojendir. Yani bütün olarak en iyi bağlayıcı sistem hidrojen enerji sistemi oluyor. Burada 1974'ün 18 Mart'ında teklif ettiğimiz: Hidrojen enerji sistemi veya hidrojen ekonomisi. Biliyorsunuz evrende en çok bulunan madde %92 hidrojendir, fakat hidrojen dünyada serbest olarak fazla bulunmuyor. Bizim hidrojen madenimiz sudur. Tuz ile suyu kullanacağız. Herhangi bir primer enerji kaynağı, güneş, rüzgar, güneşin direct-indirect sistemlerini, hatta fosil yakıt

kullanıp hidrojen üretiyoruz. Bunu petrolün, doğalgazın, kömürün kullanıldığı her yerde kullanabiliyoruz. Elektrik üretiminde, ulaşım sistemlerinde, konutlarda, işyerlerinde, endüstride kullanabiliyoruz. Başlangıçta hidrojeni hangi primer enerji sistemi daha ucuz sağlıyorsa, o kullanılıyordu. Fakat neticede biliyoruz ki fosil yakıtlar tüenecek ve güneş enerjisini, direct-indirect güneş enerjisini kullanacağız. Hidrojen enerjisinin fosil yakıtlara da faydası var. Mesela kömürlü elektrik santralinde 100 birim ısı harcıyarak 38 birim elektrik üretiliyor. Bunun için trenler dolusu kömürü madenin çıktığı yerden elektrik santraline taşıyoruz. Ve çevreyi de çok kirletiyoruz. Bu santrallerin çevresindeki insanlara, hayvanlara bu santralin yararından çok zarar veriliyor. Halbuki hidrojen sisteminde kömür madeninin yanında bir hidrojen üretim tesisi kuracağız ve % 60 randımanla hidrojen üretebiliyoruz, bu hidrojeni boru hatları vasıtasıyla kullanım merkezlerine nakledeyiz, araçlarda kullanırız, evlerde mutfakta ısı üretmekte kullanabiliriz. Elektrik istersek %60 randımanla yakıt pillerinde kullanırız.  $\%60 \times \%70 = 42$  birim elektrik üretiyoruz. Yani bu sistemde hem daha çok elektrik üretiyoruz. Hem bir yakıt üretiyoruz araçlar için, hem trenler dolusu külü nakletmiyoruz böylece çevreyi de kirletmiyoruz. Çünkü kömürün % 99'u küldür, %1'i enerjidir. Bu sistemde sadece enerjiyi boru hattından naklediyoruz, küller kömür madeninin yanında kalıyor, çıkan karbondioksiti de sera tesiri yapmaması için kömür madenine enjekte edebiliyoruz. Nükleer santrallere enerji nakli çok pahalı olduğu için, çok enerji kaybedildiği için şehirlerde kullanıldığı yere yakın tesis edilir ve 100 birim nükleer enerjiden 30 birim enerji elde edilir. Hidrojen sisteminde nükleer enerjiden %60 randımanla hidrojen üretebileceğiz. Ve bunu kullanım yerlerine boru hatları ile göndereceğiz. Boru nakliyesi ucuz olduğu için nükleer tesisleri yerleşim yerlerinden uzakta kurabileceğiz. Böylece buna kimse itiraz etmeyecek. Enerji nakli ucuza malolacak ve istenirse %70 randımanla elektrik üretilbilecek.

Burada mevcut fosil yakıt sistemini, hidrojen enerji sistemi ve sentetik fosil yakıt sistemi ile ekonomiklik bakımından mukayese edeceğiz. Daha önce söylediğim gibi petrol ve doğalgaz tüenmek üzeredir. Fakat 300 sene yetecek kadar kömür var. Bazı bilim adamları bu kez kömürü kullanıp sentetik benzin, sentetik doğalgaz üretilmesini öneriyor. Şimdiki fosil yakıt sistemi petrol, doğalgaz, kömür kullanıp enerji ihtiyacını karşılamaya dayalıdır. Shell şirketi petrol şirketleri arasında ilk defa hidrojen enerjisine geçti. Hidrojen enerjisi fikrini 1974'te ortaya atmıştı ve petrol şirketleri hidrojene karşı çıktılar. Hidrojeni büyük bir rakip gördüler ve kötülemek istediler. 1998 yılında Arjantin/Buenoaires'de 12. Hidrojen Enerjisi Dünya Konferansı'nı tertip etmiştik. 1997 de, konferanstan bir yıl evvel petrol şirketlerinin başkanlarına bir mektup gönderdim. Dedim ki; "Haziran 1998 de hidrojen konferansımız yapılacak, bir oturum petrole ayrılacak, lütfen gelin ya da temsilcinizi gönderin ve petrol bittikten sonra ne satacağınızı bize söyleyin." Hiçbirisi cevap vermedi fakat Shell şirketi konferansa 15 mühendis gönderdi. Shell konferanstan iki ay sonra hidrojen bölümünü kurdu. Daha önce Shell şirketinde üç bölüm vardı; hidrojen arama-çıkarma, rafineriler, nakil boru hatları. Buna hidrojen enerji sistemini eklediler. Ondan sonra British Petrol de destekledi, ondan sonra bütün şirketler hidrojeni desteklemeye başladı. Şimdi Airbas şirketinin hidrojenle uçacak uçak projesi var. Airbas şirketi on yıl içinde bu yolcu uçağını uçuracak. Motoru gövdesine göre küçük çünkü hidrojen çok hafif bir yakıt. İstanbul'dan New York'a gidecek bir uçak kalktığı zaman ağırlığının %60'ı yakıttır. New York'a kadar bu taşıtı taşımak mecburiyetindedir. Hidrojenli uçakta hidrojen üç defa daha hafif olduğu için uçağın ağırlığının %20'si yakıt olacak. Onun için uçak iki kat yolcu alacak, iki kat daha fazla kargo taşıyacak ve yolcu biletleri düşecek, hava kirlenmesine yol açmayacak, böylece başkasına zarar vermeyecek, üstelik sessiz olacak çünkü motorlar daha küçük olacak. Bu ses üstü hızda giden bir uçak. Uzay sanayinde hafif olduğu için hidrojen kullanılmaktadır. Almanlar Kuzey Afrika'da güneş pilleri kullanarak hidrojen üretmeyi planlıyor. Bu hidrojen boru hattı

vasıtasıyla Sibiryaya ve İtalya üzerinden Almanya'ya taşınacak. Sıvı halinde tankerlerle Hamburg'a taşınacak. Ve bütün ihtiyaçlarını hidrojenle görecekler.

Suudi Arabistan evrende en büyük enerji kaynağının yakıt olduğunu kabul ederdi, fakat şimdi en büyük enerji kaynaklarının güneş enerjisi olduğunu kabul ediyor ve petrol sonrası devreye hazırlık yapıyorlar. Güneş enerjisinden hidrojen elde eden bir tesis kurdular ve Suudi Arabistan planlarına göre hidrojen boru hattı ile Avrupa'ya, Japonya'ya ve Amerika'ya taşınacak.

Kanada'da Tebek eyeletinde bol su enerjisi var. Burada hidrojen üreten bir boru hattı vasıtasıyla Varşova'ya ve Amerika'ya hidrojen satacaklar. Sıvı hidrojeni de Avrupa'ya ve Japonya'ya satacaklar. Arjantin'de güneyde çok kuvvetli rüzgarlar var. Bunlardan istifade ederek hidrojen elde etmeyi planlıyorlar. Kuzeyde güneş enerjisi boru hattı projesi var ve sıvı hidrojeni Japonya'ya ve Amerika'ya satılacak.

Hidrojene en çok değer veren Japonya olmuştur. Biz 1974'te Hidrojen Ekonomisi Miami Enerji Konferansı'nı tertip ettiğimiz zaman 700 kişi gelmişti ve bunların aşağı yukarı onda biri Japondur. Japonlar Miami üniversitesinin bütün laboratuvarlarını dolaşıp fotoğraflarını çektiler. Ertesi yıl beni Japonya'ya davet ettiler. Ve hidrojene geçmek için 4 milyar dolar ayırdılar. 2020 yılına kadar hidrojen için bütün teknolojileri elde etmeyi planlıyorlar. Bu da Japonların projesi: Hidrojen; güneş, su, rüzgar enerjisinden üretilerek Japonya'ya sevk edilecek ve Japonya da her ihtiyacını hidrojen ile görecek. Geçen yıl yani 2002 yılı Eylül ayında Avrupa Birliği başkanı Romano Prodi bir beyanat verdi. Dedi ki: "Euro para biriminin Avrupa'da kullanılmasını ben sağladım. Bu benim büyük bir eserimdir. Fakat daha büyük eserim Avrupa'nın hidrojene geçirilmesi olacaktır. Avrupa'yı hidrojene geçirmek için ilk beş yıl için beş milyar euro ayırıyorum. Benim isteğim şudur ki Avrupa, Amerika ve Japonya'dan önce hidrojene geçsin. Bu Avrupa'ya çok büyük ekonomik ve teknolojik avantaj sağlayacaktır."

Amerikan başkanı Bush bu senenin mart ayında hidrojenden hürriyet yakıtı olarak bahsetti, yani bütün memleketleri petrole bağımlılıktan kurtaracak bir yakıt olarak bahsetti. Ve inşallah petrol zararlarına da son verecek bir yakıt olacak. Bizim Miami Üniversitesi'nde yaptığımız araştırmalara göre eğer özendirici tedbirler getirmesek 2074 yılında hidrojene geçiş tamamlanacak. Hidrojene geçiş başladı. Biliyorsunuz 1974'te bu fikri ortaya attık. İlk 25 yıl temel atılması gerçekleşti. Üç çeyrek asırda fosil yakıtlardan hidrojene geçiş tamamlanmış olacak, eğer özendirici tedbirler getirilmezse. Mesela İzlanda bir konsorsiyum kurdu. Bazı özendirici tedbirler getirecekler ve 2030 yılında tamamen hidrojene geçilecek. Gerekli hidrojeni jeotermal enerji ve su enerjisi kullanarak üretecekler.

## Dünya Hidrojen Sistemi ve Türkiye'nin Anahtar Rolü

Birleşmiş Milletler zaman zaman benden hidrojen için rapor istedi. Raporlarımdan birisinde dünyanın hidrojene geçişini düzenlemek için bir merkez kurulmasını tavsiye ettim. Benden yeniden bir rapor istediler "Peki bu merkezi kuralım ama nerede kuralım?" diye. Ben de dedim "Bu merkezi endüstriyel memleketlerle kalkınmakta olan memleketler arasında bir noktada ve üç kıtanın birleştiği, ortada bulunan Türkiye'de kuralım." Onu da kabul ettiler. Olimpik oyunlar için hesaplanmıştı; İstanbul dünyanın mühim merkezlerinden ortalama uçak mesafesi en az olan şehir. Onu da BM'ye söyledik. Bu merkezin (BM Hidrojen Enerji Teknolojileri Merkezi) çalışma konuları; güney ile kuzey arasında bağlantı, araştırma-geliştirme birliği bankasının kurulması, icatların kıymetlendirilmesi, (Çünkü gelişmekte olan memleketlerde hidrojenle ilgili birçok icat yapılıyor ve bunlar malesef kıymetlendirilmiyor) pilot bölge projeleri yapılacak, bunlara Dünya Bankası'ndan ve IMF teşkilatından finansman sağlanacak, konferanslar tertip edilecek, yenilenebilir ve temiz enerji sistemlerinin kurulmasına yardım edecek, fosil yakıtların kullanılmasına gerek bırakmayacak ve ekonomik kalkınmayı hızlandıracak, çevreyi koruyacak, yaşam seviyesini ve kalitesini yükseltecek,

nüfus artışını yavaşlatacak, durduracak. BM UNIDO teşkilatı ile hükümetimiz arasında bu merkez için Demirel başbakan ve Erdal İnönü başbakan yardımcısı iken bir ön anlaşma yapıldı. O zamandan beri iki anlaşma hazırlandı. Bir tanesi idari anlaşma, diğeri finansman anlaşması. Finansman anlaşmasına göre Türk hükümeti ilk beş yılda 40 milyon dolar ödeyecek ve bununla merkezin arsası, binaları ve laboratuvarları yapılacak ve bunlar Enerji Bakanlığı'mızın malı olacak. Yani merkez kapansa bile Türkiye'nin kaybı olmayacak. Merkez çalışmaya başlayınca yıllık bütçesi 150 milyon dolar olacak ve bu paralar dışarıdan; Dünya Bankası'ndan, IMF teşkilatından, Amerika'dan, Japonya'dan, Avrupa'dan gelecek. Bu merkezle ilgili olarak bütün bu memleketleri dolaştık ve hepsi yardım vaadinde bulundu. Mesela merkezin bilgisayar sistemini Japonya verecek, Çin merkezde çalışmak üzere bilim adamları gönderecek. Kasım 1999'da MGK'ya merkez hakkında bir konuşma yaptım ve MGK merkez ile ilgili anlaşmaları tasvip etti, imzalanması için Enerji Bakanlığı'mı gönderdi. Fakat 2000 şubat krizi olunca, IMF reçetesiyle paramız %50 değer kaybedince ve 30 milyar dolarımız yurt dışına kaçınca bu anlaşmaların imzalanması gecikti.

### UNIDO Milletlerarası Hidrojen Enerjisi

Teknolojileri Merkezi'nin Türkiye'ye veya Hükümetimize Enerji İle İlgili Önerileri

- Dünya Çevre Kurumu finansmanı ile pilot bölgeler kurulmalı.
- Kömür, linyit çıkan yerlerde hidrojen üretim tesisleri kurulmalı.
- Doğalgaz boru hatları hidrojen taşıyacak nitelikte yapılmalı.
- Temiz enerji yatırımları özendirilmeli

Beni dinlediğiniz için teşekkür ederim, şimdi sorularınızı cevaplayacağım.

Doç. Dr. Ersan Kalafatoğlu, Tübitak Marmara Araştırma Merkezi. İlginç konuşması için hocamıza çok teşekkür ederiz, bizim için çok aydınlatıcı oldu. Benim sorum şu: Bildiğimiz kadarıyla hidrojen depolama konusunda çok araştırma yapılıyor. Çok riskli bunu depolamak ve taşımak. Sizin sunduğunuz bazı projelerde de kilometrelerce hidrojen taşınması planlamaları var. Bunlar acaba ne kadar yakın bir dönemde veya ne kadar gerçekçi? Ben onu merak ediyorum.

N.V.: Hidrojen depolaması birçok bakımdan mühim bir konu. Bir kere araçlarda depolamak lazım hidrojeni. Mesela petrol sıvı bir yakıttır. Bu şekilde otomobillerde, kamyonlarda, otobüslerde depoluyoruz. Hidrojeni üç şekilde depolamak mümkün. Birincisi; gaz olarak. Normal ısılarda hidrojen gazdır. Gaz hidrojeni nispeten küçük bir yere sığdırmak için basınçlı kaplara koymak lazım. Basınçlı kaplarda da kabın ağırlığı artıyor. Basınç arttıkça onu muhafaza edecek kabın ağırlığı artıyor ve dolayısıyla araca ekstra bir yük getiriyor. Yüksek basınçlara karşı hafif olabilecek maddeler, madenler, alaşımlar üzerine araştırmalar var. Mesela piyasaya çıkan otomobillerdeki basınç çok yüksek. Basınçlı kaplar üzerine araştırmalar yapılıyor. İkincisi; hidrojeni tecritli kaplarda sıvı olarak depolamak mümkün. Uçaklarda, roketlerde hidrojen sıvı olarak depolanacak. Çünkü hacim epeyce küçülüyor ve ağırlık artmıyor. Fakat hidrojeni sıvılaştırırken enerjisinin üçte birini sıvılaştırmaya sarfediyoruz. Neticede enerjiden %33 kayıp oluyor. Üçüncüsü; hidrojeni hibrit dediğimiz madenlerde depolamak. Bir sünger suyu nasıl emiyorsa bu maden de hidrojeni emiyor. Bunlar arasında demirtitanyum var; ağırlığının %4'ü kadar hidrojen depoluyor. Bor madeni ağırlığının %20'si kadar hidrojen depolayabiliyor. Bunun için bor madeni hidrojen depolanması için mühim bir maden. Dünyanın her tarafında bununla ilgili araştırmalar yapılıyor. Bu araçlarla ilgili bir depolama. Fakat bir memleket hidrojene dönüştüğü zaman, o memleket için gerekli yakıtın depolanması lazım, hidrojenin depolanması lazım. Mesela bunu da çelik kulelerle depolamak için çok çeliğe, çok paraya ihtiyaç var. Pahalıya mal oluyor. Yer altında depolanıyor. Hidrojen, bir şehir, bir memleket için yer altında doğalgazın, petrolün, madenlerin boşalttığı yerlere depolanarak gerektiği zaman yeraltından çıkartılıyor.

Amerika'da hidrojen tuz tabakaları arasında, kaya tuzu içinde depolanıyor. Kaya tuzları içinde bazen mağara gibi büyük boşluklar oluyor ve bu boşluklara hidrojeni pompa ile veriyorlar. Bazen de kaya tuzunu su ile eriterek gerekli boşlukları oluşturuyorlar. Yani bir şehir için, memleket için büyük çapta hidrojen yeraltında depolanacak. Ve edinilen tecrübeler göre kayıp % 1 oluyor, fazla olmuyor. Yılda depolanan hidrojenin %1'i kayboluyor. Batı Dergisi, yayıncılıktanım. Türkiye'nin bir bor zenginliği olduğu, Bush'un Irak'a saldırısından önce bölgedeki mor madenlerine atıfta bulunduğu basında yer aldı. Bu konuda Türkiye bor işleticisi olarak bor madenini bu geleceğin hidrojen sisteminde değerlendirmesi için ne yapması lazım?

N.V.: Bor madeni kıymetli bir madendir. Atom sanayinde reaktörlerin kontrolünde kullanılır. Hidrojen enerji sisteminde de depolamada faydalı olabilecek. Bu yönde araştırmalar devam ediyor.

Bush'un böyle bir konuşmasını bilmiyorum. Tabi dünyanın en büyük bor madenleri Türkiye'de. Bunu kıymetlendirip gelir sağlamamız lazım. Bor madeninden istifade edebilmek için yatırım gerekiyor.

Bankacı ve ekonomistim ve ben kazanç kısmını anlamadım. Fakat açıklamanızı anlayamadığım için devam etmiyorum. Anlamak için de sormuyorum. Sorumu cevaplarsanız buradaki teknik adamlar bana anlatırlar. Şöyle demiştiniz: Fosil yakıtlardan kömürü yaktınız, %38 elektrik aldınız. Ama aynı kömürü direkt enerji üretmek yerine hidrojen elde etmek için kullanırsak verimimiz %60'a çıkar. Bunu teknik olarak açıklar mısınız? Bir de buradaki yatırıma eşdeğer yatırım dediniz. Bunu da açarsanız sevinirim.

N.V.: Bunun size kesin maliyetlerini söyleyemem. Fakat kolayca şunu söyleyebilirim ki hidrojen üretiminde de , elektrik üretiminde de enerji başına maliyet aşağı yukarı aynı. Bu maliyete biliyorsunuz yatırım, işletme, bakım girer.

Hüseyin Taviloğlu: Makina mühendisiyim, ekonomistim, araştırmacıyım. Mudafai Hukuk dergisinde yazıyorum. Teşekkür ederim, çok bilgilendiğim bir konferans oldu. Hidrojen sistemini duyar duymaz hemen bor ile ilgili birşey duymak için geldim buraya. Sorular sorulmasaydı bor ile ilgili hiçbirşey duyamayacaktım. Ben şimdi spesifik bir soru sormak istiyorum. Niçin bora önem veriyoruz? Çünkü dünyada olmadık birşey ve %72'si bizde. Yani bor ile beraber daha idare edilebilir hale geliyorsa eğer bizi çok ilgilendiriyor. Bu yüzden ben buraya geldim. Vatan için kulanacağımız bilgiler çıkar mı diye geldim. Spesifik sorum şu: Arabalarda depolama ile ilgili üç yol saydınız; bir tanesi sıkıştırarak, diğeri sıvı halde kullanarak, üçüncüsünde de bor ile beraber diğer madenlerden bahsettiniz. Türkiye'de her yıl binlerce trafik kazası oluyor. Dünyada da oluyor ama bizde binlerce oluyor. Bu durumda acaba bu saydığınız üç yol nasıl bir sonuç verir? Bunları karşılaştırırsanız sevinirim. N.V.: Araçlardaki bu üç depolama metodundan Türkiye için hangisi daha uygunsa o kullanılır. Türkiye trafik kazası en çok olan memleketlerden birisi. Bunu sebepleri; yollarımızın kalitesinin düşük olması, şoförlerimizin eğitim derecesinin düşük olması. Karayolları standartlarını yükseltirsek, şoför eğitimini yükseltirsek kazaların önüne geçebiliriz. Hidrojen en emniyetli yakıt, en zararsız yakıt. Niye hidrojen en emniyetli yakıt? Sebebi şu: mesela bu odada hidrojen olsa ve biz bu hidrojen ile karışık havayı solusak bize zarar vermez. Ama doğalgaz olsa ve doğalgazla veya petrol buharı ile karışık havayı solusak bizi öldürebilir. Yani hidrojen zehirli bir madde değildir. Hidrojeni yaktığımız zaman su buharı meydana gelir ve su buharı zehirli değildir. Halbuki petrolü, doğalgazı yaktığımız zaman meydana gelen gazlar zehirli gazlardır. Bunlar bilhassa kanser yaratan maddeler içermektedir. Dünyada sigara dışında en çok kanser yaratan madde petrolün, doğalgazın, kömürün yanmasından meydana gelmektedir ve bunların yarattığı sigaranın yarattığından 2800 defa daha fazladır.



Örneğin bu salonun sağ köşesinde hidrojenden dolayı yangın çıksa biz sol taraftan çıkıp gidebiliriz. Çünkü hidrojen ısı radyasyonu yapmaz. Ama orada petrolden yangın çıksa şiddetli ısı radyasyonu yapar, bu da insanların yaralanmasına hatta ölmesine sebep olabilir. Hatırlayacaksınız, Atlantik'te bir PAN Amerikan uçağı ile KLM uçağı çarpıştı ve bu kazada 582 kişi öldü. Ölenlerin çoğu jet yakıtının alevlerinden çıkan zehirli gazlardan ve alevlerin ısı radyasyonundan dolayı öldü. Bu uçaklarda hidrojen kullanılsaydı yolcuların çoğu kurtulacaktı. Çünkü hidrojen yanınca meydana gelen su buharıdır ve bu yüzden hidrojen alevi radyasyon ısıyı çıkarmaz.

Saim Gür: Hocam sözünüze ilk başladığınızda özellikle suyun hidrojen enerjisi kullanımında çok önemli bir yeri olduğunu söylediniz. Gene sözünüze bir atıfta bulunmak istiyorum. Kar kötü birşeydir diye bir söz sarfettiniz. Biraz da bu etkiledi beni. Dünya üzerindeki ormanların kar adına yok edildiği bir dönemde suyun da aslında dünya yüzeyinde yavaş yavaş yenilenebilir bir enerji olmaktan uzaklaştığını görüyoruz. Başta da bahsettik enerjilerin 40-50-60 yıllık kullanım süreleri var. odun, kömür, petrol ve doğalgazı da katıyoruz bunun içine. Yenilenebilir bir enerji olmaktan çıkan suyun da bir süre sonra yetmeyeceği gözönünde tutulursa bu kadar büyük yatırım maliyetlerinin, depolama maliyetlerinin, kullanım maliyetlerinin yüksek olduğu bir enerji kullanımında acaba yeni yöntemleri mi seçmeliyiz yoksa bu sistemde farklı bir düşünce tarzı mı yaratmalıyız?

N.V.: Sorunuza cevap vereyim. Bu konuda konferans verdiğim zaman daima sorulur; sular bitecek mi, bulutlar artacak mı? Şekilde de gösterdiğim gibi kullandığımız su devrediyor. Hidrojen üretmek için su kullanıyoruz ve üretilen su hidrojen kullanılıncaya kadar tekrar yerine konuyor. Yani suda bir eksilme ya da artma olmuyor. Bu lüzumlu su miktarı da fazla bir miktar değil. Mesela İstanbul'un elektriğini üreten bir hidrojen yakıt pili santrali kursak burada üretilen elektriğe ilaveten yan madde olarak bir de su üretilir. Yani hidrojeni üretmekte kullanılan miktar kadar su üretiliyor. Aynı elektrik santrali hem elektrik üretecek hem de içme suyu üretecek. Buhar miktarı artmayacak hatta azalacak çünkü şimdiki fosil yakıt sisteminde de hidro karbonlar yandığı zaman karbondioksit ve su buharı çıkıyor zaten. Hidrojen sisteminde daha az su buharı çıkacak, çünkü yakıt pillerinde genel olarak su üretilen. Uçaklar ve roketler yalnız su buharı meydana getirecek. Otomobillerde yakıt türü kullanılacağı için su olarak çıkacak. Aslında atmosferdeki su buharı miktarı endüstriyel devrimden evvelki normal seviyeye inecek.

Öztaş Okçugil: Ben sizi iki sene evvel bir konferansta dinlemiştim ve orada hidrojen enerjisi konusunda Karadeniz'deki hidrojen sülfür kaynaklarını önermişsiniz. O günden bu güne şahit olduğum iki konferansta da bu konu gündeme gelmedi. Bu konunun ekonomiklik değeri niye cazip olmadı ve niye bu konu Türkiye'de gündeme gelmedi? Bir de hidrojen sülfürden elektrik üretmeyi biraz açıklayabilir misiniz?

N.V.: Enteresan bir soru! Karadeniz sularının 60 metresinden daha derinde bol miktarda hidrojen sülfür vardır. Bunun sebebi asırlarca evvel Karadeniz tatlı su gölüydü. Bir zelzele sonucu Boğazlar açılınca tatlı sular Akdeniz'den Karadeniz'e girdi. Boğazın derinliği 60 m kadardır. Karadeniz'in tatlı sularının bir kısmı boğaz sularının üst kısmından Akdeniz'e akar. Tuzlu sular da boğazın alt kısmından Akdeniz'den Karadeniz'e akar. Karadeniz'e giden tuzlu sular Karadeniz'deki tatlı su balıklarını öldürüyor ve bunlar dibe çöküp hidrojen sülfüt oluşturuyor. Bunun için 60 metreden daha derinlerde bol miktarda hidrojen sülfüt var. Hidrojen sülfüt ile ucuza hidrojen üretmek mümkün. Hidrojen sülfütten hidrojen üretilirse bir elektrotta hidrojen değerinde kükürt çıkıyor ve gerekli elektrik suyun elektrolizinden aşağı

yukarı 4-5 defa daha az. Yani daha az elektrik sarfederek hem hidrojen, hem de kükürt çıkartabiliriz Karadeniz'den.

Son hidrojen dergisine bir tebliğ geldi. Burada hidrojen sülfütlü suyu yakıt pillerinde kullanıp elektrik üretiliyorlar. Sudan birçok şekilde hidrojen yahut elektrik üretme imkanı oluyor. Dediğiniz gibi, bu konudan 15-20 seneden beri bahsediyoruz. Karadeniz Teknik Üniversitesi'nde bazı çalışmalar başladı, diğer üniversitelerde bazı çalışmalar başladı. Niye netice alınamadı? Çünkü Türkiye araştırmaya en az para sarfeden bir memleket. Daha evvel de bahsettim, Türkiye fakir memleketlerin arasına girdi. Memleketin birçok ihtiyacı var; okul, öğretmen, gıda, enerji. Hükümetlerimizin araştırmaya ayırdığı bütçe maalesef çok küçük. Onun için bir netice görmüyoruz. Karadeniz'e kıyısı olan memleketlerde; Gürcistan'da, Bulgaristan'da, Rusya'da, Ukranya'da, Romanya'da bu konuda araştırmalar yapılıyor ve bizim dergimizde bunlar basılıyor. Türkiye'den henüz bir tebliğ gelmedi.

Dr. Figen Ar: Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Müdürlüğü. Geçenlerde internette araştırma yaparken Kanada'nın bir otomotiv şirketi Nekal isimli bir otomobil ürettiğini ve bu otomobilin sodyumborhidrürden hidrojen elde ederek çalıştığını gördüm. Yanlış hatırlamıyorsam sodyumborhidrür ile kapalı devre sistemiyle tekrar dejenere edilerek kullanılıyor. Ben özellikle Türkiye açısından çok ekonomik olabilir diye düşündüm. Bu konuda bizi bilgilendirirseniz çok memnun olacağım.

N.V.: Sodyumborhidroksit hidrojenin depolanmasında kullanılıyor. Başlangıçta hidrojenin üç şekilde depolanabileceğini söylemişim. Sodyumborhidroksit ile depo hacmini küçültmek ve depo ağırlığını azaltmak mümkündür fakat pahalıya mal oluyor. Bu Amerika'da, Japonya'da var ve bu konuda Kanada'da çalışmalar var. Hidrojen borhidroksitten alındıktan sonra geriye kalan maddeyi tekrar hidrojenborhidroksit halina getirmek gerekiyor. Henüz ekonomik bir sistem değil fakat bu konuda araştırmalar var.

Figen Ar: Sanki kapalı devrede tekrar su ile birleşim sodyumborhidroksit olabilir.

N.V.: Evet kapalı devre ama geri kalan maddeyi tekrar ilk maddeye çevirmek lazım. Bunun içinde enerji ve para lazım. Bugün için ekonomik değil, ama araştırma yapılıyor. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Enerji Sistemleri öğrencisiyim. Soracağım soru şu: Biraz önce hocamız anlatırken hidrojen taşınmasında bazı yollar teklif etti. Bunlar ekolojik dengenin bozulmasına neden olmaz mı? Kuzey Afrika'daki su kaynaklarının Avrupa'ya taşınması veya Hırvatistan'daki su kaynaklarının dünyanın çevresine taşınması ekolojik dengenin bozulmasına neden olmaz mı?

N.V.: Hidrojen üretiminde su kullandığımızda göllerden, nehirlerden veya denizlerden tatlı ve tuzlu sular götürülecek ve hidrojen üretilecek. Hidrojen kullanılıncaya ilk etapta kullandığımız su yerine konulmuş oluyor. Dünyanın başka bir tarafında oluyor belki, ama bu denge tamamlanıyor. Hidrojen genel olarak boru hattından nakliye edilecek. Yani boru hattını yeri kazıp yerin altına koyacağız. Şimdi doğalgaz naklinde veya su naklinde kullandığımız boru hatları gibi. Çevreye fazla bir zarar gelmeyecek. Deniz aşırı taşımalarda petrol taşıdığımız zaman bir kaza olduğunda deniz hayvanlarına, sahillere çok zarar veriyor. Hidrojende böyle bir tehlike yok çünkü hidrojen buharlaşıp uçacak. Yani hidrojen enerji sistemi en temiz sistem oluyor, çevreye en az zarar veren sistem oluyor. Daha iyi bir sistem yok.

Deniz Güçlü: Elektronik mühendisiyim, Sabancı Üniversitesi'nde çalışmaktayım. Bahsettiğiniz bu Hidrojen Enerjisi Merkezi (şimdi ne durumda bilmiyorum ama) için Enerji Bakanlığı bunun önemli birşey olduğunun farkına varsa ve bunu imzalasa, bu merkez kurulsa

Türk bilim adamlarına ne kazandırır? Türk bilim adamları orada çalışmak için yeterince bilgi sahibi mi? Kendilerini geliştirmek için ne yapmalılar?

N.V.: Türkiye'nin birçok üniversitesinde hidrojen ile ilgili çalışmalar var. Bu kurulacak merkezde, BM merkezinde dünyanın hertarafından gelecek bilim adamları çalışacaklar. Birkaç sene kalıp tekrar memleketlerine dönecekler. Türk bilim adamları da çalışacak bu merkezde ve bu çapta bilim adamlarımız var. Bu Türkiye'deki bilimsel çalışmaları çok arttıracak. Çünkü bu merkez üniversitelerdeki projelere para verecek. Merkezin çalışma bütçesi için para BM'den, Dünya Bankası'ndan, Dünya Çevre Koruma İdaresi'nden gelecek. Bu paranın bir kısmı Türkiye'deki üniversitelere, bir kısmı da dünyadaki diğer üniversitelere dağılacak. Bu Türkiye'nin bilim araştırma hayatına canlılık getirecek.

Dr. Şamil Şen: İstanbul Üniversitesi Biyoloji Mühendisliği Bölümü. Petrol aramacılığı ve dünya enerji kaynaklarının geleceği üzerine çalışıyorum. Hocanın sunumunu dinledim çok güzeldi. Çok güzel sunduğu için çok teşekkür ediyorum. Bu sunumda iki tane önemli argümanın olduğunu görüyoruz. Bunlardan bir tanesi çevre için hidrojenin çok önemli olduğu, ikincisi ise fosil yakıtların tükeneceği argümanı. Öncelikle birincisine değinecek olursam; dünyadaki petrol ve gazın 20 yıl sonradan itibaren azalacağı ve 2074'te de tükeneceğine yönelik şekiller gösterdiler. Halbuki Amerikan Hidrojen Dergisi çalışanlarına göre dünyadaki petrolün sadece %20'si, doğalgazın %70'i tüketilmiştir. Denizin kendisindeki gaz konpenantları gibi şeyler de işin içine katıldığı zaman en az 200 yıllık petrol ve 750 yıllık doğalgaz rezervi olduğu bu çalışmalarda rahatlıkla görülebilmektedir. Diğer taraftan ekonomi ile ilgili konuda ise bunun çevre ile ilgili masrafları da konulduğunda petrol ve doğalgazdan, daha doğrusu fosil yakıtlardan daha ekonomik olduğunu hocamız gösterdiler. Fakat Bush'un en son savaştan önce yaptığı hidrojen ile ilgili konuşmalarından da bahsedildi. Biliyorsunuz bunun adı da vardı: Özgür otomobiller veya free car. Amerika'da yapılan çalışmalarda hidrojenin fosil yakıtlara göre eldesinde 10 kat, bunları yakan motorlarda 10 kat, depolama sistemlerine göre 4 kat yani toplam 24 kat daha pahalı olduğunu okudum. Sizin söylediklerinize mi inanacağım yoksa Amerikan sistemine mi inanacağım? Ben Amerika'daki enerji sistemlerinin hepsini inceliyorum ve sizin söylediklerinizin onların söylediklerinden çok farklı olduğunu görüyorum. Bunları izah edermisiniz.

N.V.: Benim gösterdiğim şekiller Shell Petrol Şirketi'nin verdiği tahminlerdir. Onların hesaplarına göre 700 senelik doğalgaz, 200 senelik petrol yok. Fakat iyi ki yok. O kadar petrol ve doğalgaz olsa bile bunlar dünyadaki hayatı yok edebilir. Yegane canlıları koruyan gezegen bizim dünyamız. Bildiğimize göre bizim dünyamızdan başka canlıları barındıran bir gezegen yok. Birinci sebep bu. Bir sebep de biliyorsunuz BM Kyoto Protokolü ile memleketlerin fosil yakıtları kullanımına sınır getirdi. Endüstriyel memleketlerin fosil yakıtı kullanımını 1990 kullanımından 2010 yılına kadar %10-15 oranında azaltmaları gerekiyor çünkü fosil yakıtlar çevreye ve sağlığa çok zarar veriyorlar. Bu konuda birgün gelecek ki fosil yakıt kullanımı yasak edilecek. Bu olmadan temiz enerjiye geçmemiz lazım. Bu ekonomik mi, değil mi rakamları gösterdim size. Sorduğunuz soruya yakın bir soruyu Amerikan Kongresi'nden Mr. Brown sordu. Amerikan Kongresi asit yağmurlarının çözümü için bir açık oturum yapmıştı. Ben de bu oturumda hidrojen enerjisi sisteminin bu işe cevap olduğunu anlattım. Kongreden sonra Brown dedi ki: "Dr. Veziroğlu, hidrojen bu kadar iyi bir yakıtısa Amerika'da bir serbest enerji sistemimiz ve serbest bir ekonomimiz var, onun için hidrojen piyasada rekabet etsin ve petrolü yensin." Ben de dedim ki: "Mr Brown, Amerika'da serbest bir ekonomik sistem var ama adil bir ekonomik sistem yok." "Ne demek istiyorsun!" dedi. Şunu dedim: "Ben kanun çıkartamam ama sen Amerikan Kongresi'nden kanun çıkartabilirsin. Sen bir kanun çıkart ve

her maddeyi çevreye, insanlara, hayvanlara verdiği zararlarla mesul tut; kimse petrol satmayacak, hidrojen satacak."

Mahmut Atamtürk: Madem ki yenilenebilir enerjiyi yenilenemeyen enerji kullanarak üreteceksek o zaman hidrojenin kullanılması petrole mi bağlı? Bu açıdan ne oranda suçluyuz? Yeni enerji sistemlerini öğrenmek için sizin bilgilerinizi almak istiyorum. N.V.: Bugünkü ekonomik kurallara göre maddeleri çevreye verdikleri zarardan dolayı mesul tutmuyoruz. Dolayısıyla kömür çevreye zarar verdiği halde çok ucuz bir enerji türü olduğu için kömürü kullanıyoruz. Kullanıldığı yerlerde kilometrelerce yerde üretim yapamazsınız, tarım yapamazsınız. İnsanlara, hayvanlara zarar verir. Enerji santrellerini kurarken bunları hesaba katmamız lazım. Ayrıca kömürü taşımak için masraf ediyoruz ve çevreye de zarar veriyor. Bunun çözümü gösterdiğim gibi kömür madeniyle büyük fabrikalarda, tesislerde hidrojen üretebiliriz. Hidrojen temiz bir yakıttır. İstedığımız yerde kullanabiliriz. Büyük tesislerde fosil yakıtların zararlı maddelerini çevreye zarar vermeyecek toplamak, yeraltına enjekte etmek mümkündür.

Üzeyir Uludağ: Şimdi ben sayın hocama bu konferansı, bu sunumu bizlere verdiği için teşekkür ediyorum. Hocamız biliyorsunuz Türkiye kökenli bir insan. İstanbul doğumlu. Ama dünyanın önemli bilim insanlarından. Hidrojen enerjisi konusunda öncülük yapmış bir bilim insanı. Kendisi aynı zamanda bizim meslektaşımız. Hocamıza MMO olarak bilime ve mesleğe katkısından dolayı bir plaketle kendisini ödüllendirmek istiyoruz. Ben sizlerin önünde plaketi hocamıza sunuyorum. Ayrıca son olarak birşey daha söylemek istiyorum arkadaşlar. Ülkemizde yeraltı ve yerüstü kaynaklarımız çok. Çok önemli insan kaynakları da var. Son zamanlarda gördüğümüz gibi beyin göçü olarak adlandırdığımız şey inanın son yıllarda çok arttı. Tabii sistemle ilgili bir olay. Bu tür bilim insanları sanıyorum kendi ülkelerine hizmette bulunmak isterler. İnsanlık adına ve dolayısıyla bize de katkı sağlıyorlar ancak bizim için sorgulanması gereken beyin göçü. Buna dikkatinizi çekmek istedim. Katılımınız için hepinize teşekkür ederim.