

Küresel Isınma ve Küresel İklim Değişiklikleri Nedenleri
Arasında Sayılan Küresel Karbondioksit Emisyonları Yok
Edilmesi Teknolojileri Maliyetleri

Ahmet Cangüzel Taner

Fizik Yüksek Mühendisi

Fizik Mühendisleri Odası (canguzel.taner@gmail.com)

Dünyada küresel ekonomik büyüme gelişmelerine paralel global elektrik enerjisi talebinin hızlanması temel yük kaynakları içerisinde kömür kullanan termik santraller, doğalgaz kombine çevrim santralleri ve petrole dayalı elektrik santralleri kurulmasını zorunlu kılmaktadır. Ancak son zamanlarda petrol ve doğalgaz fiyatlarının fahiş oranlarda yükselmesi ise baz yük kaynağı kömürlü elektrik santralleri yapımlarını ekonomik yönden daha cazip hale getirmektedir. Bir bakıma dünya karaelmas kömürün yeniden doğuşu ve kömürün dirilişi sürecine doğru süratle ilerlemektedir. Ülkeler ulusal enerji arz güvenliği zafiyeti içine düşmemek için kömüre dayalı termik santraller kanalıyla elektrik üretimi çaresine başvurmaları, küresel karbon emisyonları ve küresel karbondioksit salınımları oranlarının artmasına sebep teşkil etmektedir. Ortalama küresel sıcaklık artışları açısından önemli olan atmosferdeki karbondioksit konsantrasyonları yüzdelerinin belli seviyelerde tutulması bilim insanları tarafından şiddetle savunulmaktadır. Karbondioksitin atmosferden çekilmesi ve uzaklaştırılması görüşünün aldatıcı mı olduğu da sıkça sorulan sorular arasında yer almaktadır. Diğer taraftan, atmosferdeki karbondioksit oranlarının azaltılması ve vahim şekilde hızla artan küresel karbondioksit konsantrasyonlarının bertaraf edilmesi teknolojileri gerçekleştirilmesinin ekonomik perspektifler açısından mümkün olup olmadığı da bilim dünyası tarafından çok yönlü araştırılmaktadır.

Küresel ısınma ve küresel iklim değişikliği konularından kaygı duyan insanların sözü edilen sorunun çözümde düşündükleri en basit yöntem atmosfere yapılan karbondioksit emisyonlarının durdurulmasıdır. Uygulamada ise çevreye salınan karbondioksit emisyonlarının durdurulması son derece zordur. Zor olan karbon salınımlarının

durdurulması yanında diğerk bir çözüml tekniği atmosferdeki karbondioksit konsantrasyonlarının yok edilmesi teknolojileridir. Bu teknolojilerden biri, milyonlarca yıl önce küresel biyolojik patlama sonucu ortaya çıkan bitki örtüsü ile güneş ışınları ve güneş radyasyonları aracılığıyla gerçekleşen tabii fotosentez tekniği yoluyla doğanın kendisi tarafından zaten sunulmaktadır. Doğal fotosentez olayı sayesinde tabiatta bulunan yeşil yapraklı bitkiler ortamdaki karbondioksiti soğurmak suretiyle çevreye su buharı ve oksijen vermektedir. Böylece atmosferdeki oksijen ve karbondioksit dengesi de doğal olarak korunmaktadır. Doğa dostu ile yeşilci ve çevreci kriterler dikkate alındığında küresel düzeyde ağaç yetiştirerek dünyadaki mevcut ormanların yaygınlaştırılması projeleri çözümlün bir parçası bağlamında güncelliğini halen muhafaza etmektedir. Ancak global yeni ormanların geliştirilmesi için dünyada çok geniş ve verimli tarım alanlarına gereksinim duyulmaktadır. İleri teknoloji olarak ortaya çıkan aynı zamanda karbondioksit yakalama ve tutma tekniği olarak adlandırılan yapay yöntemle ise küresel karbondioksit emisyonlarının hapsedilmesi amaçlanmaktadır.

Kolombiya Üniversitesi (Columbia University) araştırmacılarından Fizikçi Klaus Lackner yukarıda paragrafta belirtilen teknik üzerinde on yılı aşkın süredir çalışmalar yapmaktadır. Ayrıca Kolombiya Üniversitesinden Peter Eisenberger ve önceleri Kanada Calgary Üniversitesinde çalışan şu anda ise Harvard Üniversitesinde görevli David Keith de aynı tekniğin savunucuları arasındadır. Konuya yakından ilgi duyan zengin milyarderlerin ekonomik destekleri ile her üç bilim insanı da karbon yakalama ve karbon depolama teknolojileri hakkında bilimsel araştırmalarını sürdürmektedir. Araştırmalarında Dr Lackner, çok büyük hazır giyim şirketi Lands' End kurucusu Gary Comer'in fonlarından, Dr Eisenberger eski içki fabrikası Seagram Şirketi sahiplerinden zengin iş adamı Edgar Bronfman'dan ve Dr Keith de Microsoft'un patronu Bill Gates'den mali yardımlar sağlamaktadır. Ancak her üç doğa dostu fon yardımları da belirli sınırlar içerisinde kalmaktadır. Havadan karbon yakalama teknikleri araştırmalarından sonuç alınabilmesi için çok daha büyük finans kaynaklarına ihtiyaç duyulduğu ileri sürülmektedir. Amerikan Fizik Derneği (**American Physical Society-APS**), havadan yakalama sistemi ile karbondioksit tecrit etme ve karbondioksit depolama teknolojisi

maliyeti olarak ton başına 600 dolar ila 800 dolar arasında değişen bir maliyet tespit etmiştir. Söz konusu maliyet şu andaki Avrupa karbon fiyat sistemi ile karşılaştırıldığında 80 kat daha pahalı bir düzeydedir. Bu karbon fiyatları dikkate alındığı takdirde karbondioksit emisyonları yok edilmesi maliyeti trilyon dolarları bulmaktadır. Ancak bazı bilim insanları APS karbondioksit arıtma teknolojisi maliyeti tahminlerinin bile düşük seviyede kaldığını düşünmektedir. Bu arada havadan karbondioksit yakalama teknolojisi taraftarları ile karşıt görüşte olanlar 07 - 08 Mart 2012 tarihlerinde Calgary'de yapılan toplantıda bir araya gelmiştir. Konunun tüm ayrıntılarının ele alındığı toplantı çoğunluğu uygar ölçüler içerisinde cereyan etmesine rağmen oturumlarda zaman zaman ateşli tartışmalar da yaşanmıştır. Toplantı sonucu görüş birliği sağlanamamasına rağmen havadan karbondioksitin tecridi hakkında toplantıya iştirak edenlerin bazılarında var olan obsesif, takıntılı ve saplantılı fikirlerin değişimi olumlu bir adım olarak gözlemlenmiştir. Daha fazla ham petrol satmaya hevesli petrol şirketleri de dahil olmak üzere toplantıya katılanlar arasında atmosferdeki karbondioksit konsantrasyonlarının yok edilmesi maliyetlerinin üstlenilmesi gerekliliğinin artan oranlarda benimsenmesinin ise tartışmaların bir diğer pozitif gelişmesi şeklinde yorumlanmaktadır.

Havadan karbondioksiti yakalama sistemleri tersine çevrilebilir soğurma yöntemi şeklinde bir dönüşüm prosesi olarak kabul edilmektedir. İlk önce soğurucu materyal, üzerinden geçen hava akımı içerisinde bulunan karbondioksiti soğurmaktadır. Daha sonra bir proses yardımıyla soğurucu içindeki karbondioksit açığa çıkartılarak yok edilecek karbondioksitin havadan tecridi sağlanmaktadır. Dr Lackner tarafından ortaya atılan karbondioksit arıtma sistemi reçine ile kaplı teflon veya kağıt tabakalar kullanan bir düzendir. Söz konusu düzener kuru olduğu zaman karbondioksiti soğurmakta nemlendiği zaman ise soğurduğu karbondioksiti salmaktadır. Dr Eisenberger otomobillerde bulunan katalitik konvertör veya katalitik dönüştürücü düzeneğine benzer seramik blokları kullanan bir sistem önermektedir. Seramik bloklar Dr Lackner'in düzeneğinde bulunan tabakalar gibi kimyasallar ile kaplı bir sistem olup duruma göre karbondioksiti absorblamak ve absorbladığı karbondioksiti geri vermektedir. Ancak Dr. Eisenberger'in sisteminde can alıcı koşul

sıcaklıktır. Seramik bloklar soğuk olduğu zaman karbondioksiti absorblamakta ısındığı takdirde ise absorbladığı karbondioksiti tekrar dışarı vermektedir. Dr Keith'in tasarladığı karbondioksit bertaraf etme teknolojisi Carbon Engineering adı altında Calgary'de faaliyet gösteren bir ticari şirket tarafından piyasaya sunulmaktadır. Mevzu bahis karbondioksit yok etme teknolojisi karbondioksitin bir sıvı vasıtasıyla soğurulması esasına dayanmaktadır. Sistem elektrik santrali soğutma kulesi prensibine benzer tarzda çalışmaktadır. Kullanılan sıvı ince bir tabakadan oluklu malzeme üzerine damla damla akıtılmaktadır. Ancak düzenek çevreye ısı salmak yerine sistemde bulunan sıvı aracılığıyla havadaki karbondioksiti absorblamaktadır. APS raporunda belirtilen düzenek Carbon Engineering Firması tarafından sunulan sistemle hemen hemen aynı özellikleri taşımaktadır. Dr Keith sistemin çok daha basitleştirilebileceğini ileri sürmektedir. Söz konusu tasarımının havayı içerisine çok daha kolay çekebileceği ve şebekeden elektrik almayacağı için ise maliyetlerin önemli ölçüde düşürülebileceği ifade edilmektedir. Ayrıca şebekeden elektrik alınmaması nedeni ile elektrik üretiminde kullanılacak yakıttan çevreye salınan karbondioksit emisyonları olmayacaktır. Böylece sistemde depolanacak karbon emisyonları miktarlarında da net bir azalma gözlenecektir. Carbon Engineering Firması danışmanları karbondioksit tutulması ve depolanması maliyetleri olarak ton başına 330 dolar tahmin etmektedir. Ancak firma yetkilileri maliyetleri ton başına 150 dolara kadar düşürmeyi hedeflemektedir. Hedeflenen fiyat da karbon piyasası açısından hâlâ yüksekliğini korumaktadır. Havadan karbondioksiti yakalama teknolojisi taraftarları sistemin karbondioksit depolanması için kolayca sağlanan karbon kredileri kanalıyla finanse edilebileceğine inanmalarına rağmen söz konusu yöntem akla yatkın bulunmamaktadır.

Havadan karbondioksitin tutulması teknolojisi sistemlerinin uygun şekilde çalışabilmesi bağlamında karbondioksiti üretenlerin gerçek ekonomik gereksinmelerine kaynak temin edilmesi de gerekli görülmektedir. Dr Keith sisteminde sözü edilen gereksinimlerin düşünüldüğünü ifade etmektedir. Mesela, Geliştirilmiş Petrol Üretimi (**Enhanced Oil Recovery-EOR**) teknolojileri sayesinde petrol çıkarılmış alanlara karbondioksit pompalamak ve sıkıştırmak suretiyle

ilave petrol üretimi mümkün olmaktadır. Karbondioksitin nereden geldiği önemli olmadığından dolayı havadan karbondioksitin yakalanması sistemine kıyasla doğrudan karbondioksit emisyonlarının depolanması maliyeti açısından çok daha ucuz olan yöntemler de bulunmaktadır. Bununla beraber örneğin, Amerika Birleşik Devletleri Kaliforniya Eyaleti markete sunulan petrol varilindeki karbondioksit miktarını da göz önüne alan oldukça düşük karbon yakıt standardı uygulamaktadır. EOR teknolojisi yöntemi karbondioksit salımı yerine daha ziyade atmosferdeki karbondioksiti uzaklaştırmayı ve bertarafı amaçladığından sistem gerçek anlamda Kaliforniya standartları kapsamına uygun olan çok düşük karbonlu yakıt üretimi sağlamaktadır. Böylece havadan karbondioksit konsantrasyonlarının yakalanması maliyetleri bazında eşine az rastlanır bir ekonomik kaynak da ele geçirilmektedir.

Öte yandan, diğer şirketler de karbondioksiti kullanarak yakıt amaçlı deniz yosunları (algae) yetiştirmek için planlar yapmaktadır. Dr Lackner's teknolojisini temsil eden Kilimanjaro Firması Yönetim Kurulu Başkanı Ned David dünya petrol fiyatlarının yüksek seyir izlemesi ve bu arada kullanılmış petrol kuyularının yaygın şekilde bulunmasının da uzun vadede EOR teknolojisini çok daha cazip kılacağını şiddetle savunmaktadır. Söz konusu yerlerde havadan karbondioksitin hapsedilmesi sistemi yeterince ucuz olduğu takdirde yöntemin yaygınlaştırılması suretiyle maliyetlerin daha da aşağıya çekilebileceği mümkün görülmektedir. Bu durumun ise küresel ısınma ve küresel iklim değişikliği sorununun çözümünde önemli bir adım oluşturacağı ifade edilmektedir. Ancak tüketilmiş ya da ömrünü tamamlamış petrol kuyularının hazır tutulması için öncelikle mevcut petrol kuyularından çok büyük miktarlarda petrolün yeryüzüne çıkarılması gerekmektedir. Her şeye rağmen problemler de sona ermemektedir. Havadan karbondioksit tecridi ekonomik olduğunda kömürle çalışan elektrik santralleri ve petrol rafinerileri bacaları gibi karbondioksit emisyonlarının yoğun olduğu yerlerde karbondioksitin temizlenmesi sistemi çok daha kolay olacaktır. APS raporu karbon yakalama ve karbon depolama (Carbon Capture and Storage-CCS) sistemi olarak anılan bu teknolojinin havadan karbondioksitin yakalanması sistemine nazaran onda bir maliyetinde düşük olacağını öngörmektedir. Amerika'da kömürle işletilen termik santraller

bazında CCS teknolojileri uygulamaları için ciddi planlamalar yapılmaktadır. Örneğin, Summit Power Firması, San Antonio Teksas'da faaliyet gösteren kömür yakıtlı termik santrale bir teklif sunmuştur. CCS teknolojisinin uygulanması ise EOR teknolojisi için petrol şirketlerine karbondioksitin pazarlanması yoluyla sağlanacak gelirlere bağlı bulunmaktadır. Öte yandan, karbon yakalama ve karbon depolama teknolojisi yaygın olarak uygulanmamaktadır. Bu nedenle CCS teknolojileri gelişimini istenilen biçimde sürdürememektedir. Ancak karbondioksitin havada yakalanması ekonomik olabildiği takdirde o zaman CCS teknolojisi fizibilitesi uygun hale gelebilecek ve karbondioksiti daha ucuza pazarlama imkânı doğabilecektir. Havadan karbondioksiti yakalama sistemi, sadece kısa süreli karbondioksit emisyonları olan işletmeler ya da uzakta bulunan tesisler için uygun olacaktır. Örneğin, Boeing Firması silahlı kuvvetlere sentetik yakıtlar üretmek için yerleşim yerlerinden uzakta olan savaş bölgelerinde bu teknolojiyi kullanmayı planlamaktadır. Sonuç olarak teknolojilerin uygulanabilirliği temelinde öncelikle tartışmasız şekilde maliyet sorunlarının çözülmesi gerekmektedir. Ekonomik problemlerin hallinde ise milyarlarların teknolojilere çok daha büyük mali kaynak katkısı sağlamaları da beklentiler arasında sıralanmaktadır.

Kaynaklar:

- Fosil Yakıtlı Termik Santraller, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2009.
- İleri Nükleer Santraller, İklimsel Değişim Mekanizmaları, Küresel Isınma ve İklim Değişiklikleri Bilimsel Raporları, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2010.
- Kömür Yakıtlı Termik Santraller, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2011.
- Küresel Sıcaklık Artışları, Küresel Sıcaklık Ölçümleri ve Küresel Isınma, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2011.
- Doğalgaz Çevrim Santralleri ve Kömürlü Elektrik Santralleri, Ahmet Cangüzel Taner, FMO Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2011.

- Avrupa Birliği Ulaşım Politikası ve Kyoto Protokolü Sonrası AB Küresel Karbondioksit Emisyonları Azaltılması Perspektifi, Ahmet Cangüzel Taner, FMO Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2011.
- Avrupa Karbon Ticareti ve Havayolu Taşımacılığı Karbondioksit Salımları, Ahmet Cangüzel Taner, FMO Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2011.
- Amerika Birleşik Devletleri Kaliforniya Eyaleti Temiz Enerji Kaynakları Politikaları, Emisyon st Sınırı ve Ticareti Planları, Ahmet Cangüzel Taner, FMO Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2011
- Doğa Dostu Temiz Fosil Yakıtlı Elektrik Santralleri Geliştirilmesi Kapsamında Karbon Yakalama ve Karbon Tutma (CCS) Teknolojileri Perspektifleri, Ahmet Cangüzel Taner, FMO Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2011.
- Asya Kıtası Elektrik retimi Perspektifi Kapsamında Temel Enerji Kaynağı Kömür Kullanımı ile Çin ve Hindistan'da Kömürle Çalışan Termik Santraller, Ahmet Cangüzel Taner, FMO Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2012.
- The Economist Dergisi (17 Mart - 23 Mart 2012).

Fizik Mühendisleri Odası Resmi Web Sitesi:
www.fmo.org.tr/_yayinlar/faydali-bilgiler