

Yenilikçi Direkt Hava Tutma (Direct Air Capture - DAC) Tesisi Kurulması ile Alternatif Karbon Yakalama ve Depolama CCS Yöntemi Geliştirilmesi

Ahmet Cangüzel Taner

Fizik Yüksek Mühendisi

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

Uluslararası 2015 Paris İklim Mutakabati hükümleri ve maddelerinin ışığı altında dünya, yenilikçi karbon tutma ve depolama (Carbon Capture and Storage - CCS) metotları geliştirilmesi çalışmalarına yoğun bir şekilde sahne olmaktadır. Böylece, küresel fosil yakıtların kullanımı ve tüketimi artması sonucu global iklim krizi süreci yaşayan dünya kamuoylarının son derece yükselen yerkürenin ısınması kaygıları ve dünya iklim değişikliği sorunları endişelerinin giderilmesi amaçlanmaktadır. İnovatif karbon yakalama ve hapsedme CCS kompleksi, atmosfere salınan karbondioksit gazının havadan soğurulması ve yeraltına depolanması işlevini gerçekleştirmektedir. Söz konusu havadan direkt karbondioksiti emme yöntemi ile çalışan yeni nesil karbon yakalama ve depolama tesisi kapsamında ileri modüler teknolojiye dayalı konteyner kollektör üniteleri tekniği kullanılmaktadır. Denizyolu taşımacılığı sektörü dalında faydalanılan benzeri çok büyük konteynerler mevzu bahis yöntemde tercih edilmektedir. Havadan absorblanan ve tutulan karbondioksit konsantrasyonları içerisine basınçlı su püskürtülmesi suretiyle karbondioksitin depolanması ve hapsedilmesi prosesi sağlanmaktadır. Giderek artan oranlarda ısınan güneş sistemi içinde yaşanabilir yegâne mavi gezegen dünyanın soğutulması yönünde bir tür klima görevi üstlenecek olan yeni kuşak karbon yakalama ve depolama tesisi bu yazıda ele alınmaktadır.

İzlanda Başkenti Reykjavik şehrinin hemen yanı başında Orca Firması'na ait inovasyona dayalı karbon yakalama ve depolama (Carbon Capture and Storage - CCS) kompleksi modüler vantilatör sistemi, havadan karbondioksit gazlarının emilmesi ve absorblanması prosesi için 06 Eylül 2021 tarihinde çalışmaya başlamıştır. Tesisin dönen pervaneleri, çağılayan akarsu benzeri hoş bir ses çıkarmaktadır. Yeni nesil karbon tutma ve stoklama tesisi yapımcısı mühendisler ise söz konusu kompleksin, sürdürülebilir küresel iklim krizi çözümü bağlamında bir dönüm noktası olacağını umut etmektedir. Global fosil yakıt kullanımları ve tüketimleri neticesi ortaya çıkan küresel karbondioksit emisyonları yaklaşık 100 yıl atmosferde asılı kalmaktadır. Günümüzde Orca Şirketi, çok büyük yeni kuşak karbon yakalama ve hapsedme tesisini işletmeye alarak başlangıç aşamasında olan **direkt hava yakalama (Direct Air Capture - DAC)** sanayi dalı sayesinde atmosferden karbondioksit emisyonlarının arıtılması, temizlenmesi ve yok edilmesi hedefleri doğrultusunda ilerlemektedir. Olumsuz zararlı emisyonlar arasında kabul edilen karbondioksit gazının yeraltında depolanması temel olarak benimsenmesine rağmen yeryüzünün ısınması mücadelesi içeriğinde henüz az gelişmiş yöntem sayılmaktadır. Birleşmiş Milletler BM 2015 Paris İklim Anlaşması maddeleri uyarınca sanayi devrimi öncesine kıyasla dünya sıcaklık artışları rakamlarının 1.5°C derece santigrat, en fazla maksimum 2°C derece santigrat ile sınırlandırılması gerekmektedir. Böylece, içinde bulunduğumuz 100 yıl zarfında milyarlarca ton global karbondioksit emisyonlarının havadan uzaklaştırılması ve bertaraf edilmesi gereği ortaya çıkmaktadır. Çağımızda küresel karbondioksit gazlarının limitlenmesi için doğal kaynak olan mavi gezegenin yeşil örtüsü ormanlar ise giderek kaybolmaktadır. Küresel orman yangınları ve insan kökenli orman tahribatları, ne yazık ki, tüm hızıyla devam etmektedir. Söz konusu

dünya orman katliamları neticesinde global yeşil bitki örtüsü tarafından havadan soğurulan ve depolanan karbondioksit emisyonları, yeniden atmosfere salınmaktadır.

Orca Şirketi tarafından İzlanda **Reykjavik** kenti yakınlarında montaj çalışmaları tamamlanarak işletilmesi başlayan **doğrudan hava yakalama (Direct Air Capture - DAC)** yöntemi ile çalışan dünyanın ilk ve en büyük yeni nesil karbondioksit tutma ve hapsetme kompleksi inovatif modüler pervane üniteleri aşağıda görüntülenmektedir.

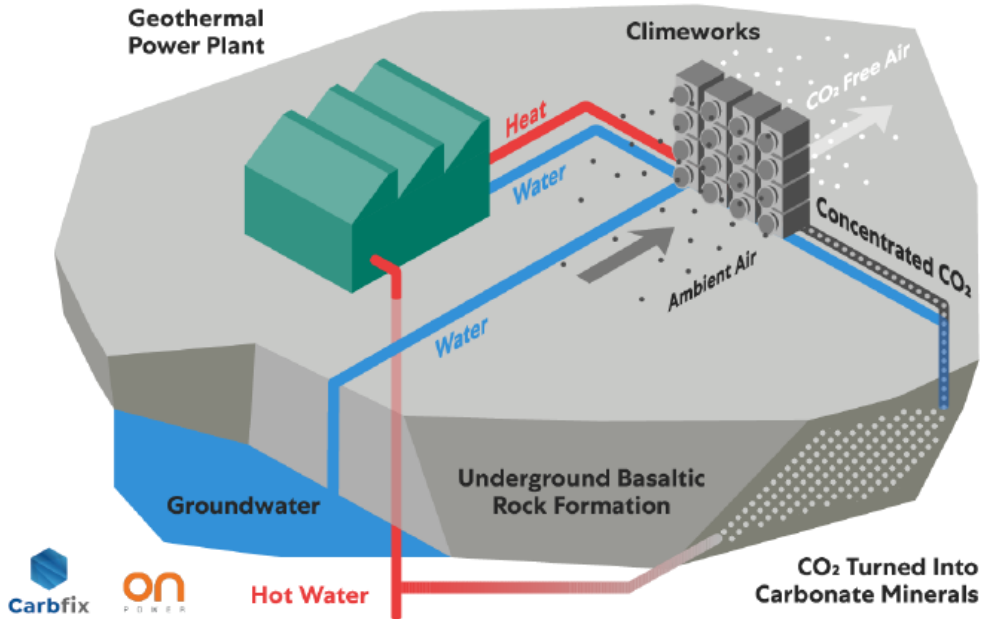


Kaynak: The Economist Dergisi

Orca karbondioksit gazlarını yok etme tesisi, alternatif yenilikçi karbondioksit tutma tekniği ile gündeme gelmektedir. Havadan doğrudan doğruya karbon yakalama teknolojisi odaklı İsviçre **Climevents** Firması, hava akımının geçisi sırasında atmosferdeki karbondioksiti tuzaklayan ve soğuran filtreler geliştirmektedir. Öte yandan, ısıtıldığında karbondioksitin tekrar ortaya çıkarak gaz akımı oluşturmasını ise diğer **CarbFix** Şirketi yönetmektedir. **CarbFix** Firması yeniden meydana gelen gazı, yakınlardaki kuyulara taşımakta ve su ile karıştırarak hasil olan karbonatlı suyu, dip kaya yapılarına pompalamaktadır. İzlanda neredeyse tamamen volkanik bazaltlar ile kaplı bulunmaktadır. Volkanik bazalt mineralleri, karbondioksit gazları ile kimyasal reaksiyonlar ve kimyasal tepkimelere girerek kalsiyum karbonatı oluşturmaktadır. Beyaz kristal halindeki kalsiyum karbonat, kireç taşının esas yapısını teşkil etmektedir. Böylece, havadan karbondioksit emisyonlarının ayıklanması prosesi, zararlı karbondioksit gazının tümüyle kayaya dönüşmesi ile sonuçlanmaktadır. Atmosferden karbondioksit emisyonlarının ayrıştırılması prosesleri sırasında tüketilen elektrik enerjisi ise yakınlarda konuşlu yenilenebilir enerji kaynağı **YEK** menşeli jeotermal enerji santrali **JES** üniteleri güç üretimleri tarafından karşılanmaktadır. Ancak, yeni nesil karbon yakalama ve bertaraf etme tesisi kapasitesi tartışma konusu olmaktadır. **Orca** yeni kuşak karbon tutma ve depolama kompleksi, yılda 4000 ton karbondioksit gazlarının ayrıştırılması ve yok edilmesi prosesleri hedeflemektedir. Bununla beraber söz konusu inovatif karbon yakalama ve depolama (**Carbon Capture and Storage - CCS**) kapasitesi ise yıllık 35 milyar ton olan atmosfere salınan küresel karbondioksit emisyonları miktarları karşısında devde kulak sayılmaktadır.

Climeworks Şirketi, yenilikçi karbon tutma ve hapsetme teknolojisi sayesinde dünya karbondioksit gazlarının depolanması miktarlarının 10 yıl içinde milyonlarca ton düzeyine ulaşmasını mümkün görmektedir. Daha önceki son derece önemli hedef olan 2025 yılına kadar karbondioksit emisyonlarının %1 oranında tuzaklanması ve saklanması olasılığı da artık ortadan kalkmaktadır. Diğer bir tartışma konusu ise inovatif karbondioksit gazlarının yok edilmesi proseslerinin maliyeti faktöründen kaynaklanmaktadır. Örneğin, **Ocra** Firması atmosferden karbondioksit gazlarının tecridi maliyeti, tonu 600 – 800 dolar arasında değişmektedir. Firmanın internet üzerinden online atmosferden karbondioksit temizlenmesi satış fiyatı tonu 1200 dolar civarında seyretmektedir. **Ocra** Şirketi yetkilileri, ölçek ekonomileri (economies of scale) kapsamında maliyetlerin 10 kat düşürülmesi ve azaltılmasının mümkün olduğu kanısını taşımaktadır. Ayrıca, halihazırdaki yüksek fiyatlara rağmen müşteri sıkıntısı da yaşanmamaktadır. **Ocra** karbon arıtma tesisinin vantilatörleri hızlandığı zaman bile karbon tecridi satışlarının üçte ikisi önceden gerçekleştirilmiştir. Müşterilerin arasında **Microsoft**, **Swiss Re** ve **The Economist** yanında 8000 in üstünde özel sektör firması, işbirliği olanakları araştırmaktadır. **Climeworks** Firması da küresel boyutta yalnız ve tekel konumunda bulunmamaktadır. Öte yandan, farklı bir kimyasal teknik kullanan Kanada kökenli **Carbon Engineering** Firması, kendisine ait karbondioksit absorblama kompleksleri ve karbon temizleme tesisleri çalışmalarını hızlandırmaktadır. Sonuçta, çok sayıda evrimsel karbon yakalama ve depolama tesisleri projeleri kapsamında iklim dostu yatırımlar, girişimciler ve yetenekli öncü mühendisler sayesinde kapasitesi gigaton mertebesine erişen atmosferden karbondioksit ayırıştırma kompleksleri kurulması da olası kabul edilmektedir.

YEK odaklı jeotermal enerji santrali **JES** güç üretimi kompleksi sol başta **yeşil renkli**, **Climeworks** direkt hava yakalama (**Direct Air Capture - DAC**) fan sistemi ve oluşan konsantre karbondioksit gazının yeraltına taşınması sağ başta **gri renkli**, alta ise sol baştan itibaren yeraltı suyu **mavi renkli**, yeraltı bazalt kaya formasyonu **gri renkli**, konsantre karbondioksit gazının karbonat mineralleri haline dönüşmesi **gri renkli** ve sıcak su **kırmızı renkli** olarak aşağıda şematik biçimde gösterilmektedir.



Kaynak: Carbfix Firması

Kaynaklar:

- Küresel Sıcaklık Artışları, Küresel Sıcaklık Ölçümleri ve Küresel Isınma, 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, **Fizik Mühendisleri Odası** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2011.
- Küresel Isınma ve Küresel İklim Değişiklikleri Nedenleri Arasında Sayılan Küresel Karbondioksit Emisyonları Yok Edilmesi Teknolojileri Maliyetleri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2012.
- Karbon Yakalama ve Depolama (**Carbon Capture and Storage**) **CCS** Teknolojisi Kapsamında Son Yapılan Küresel Bilimsel **Araştırma ve Geliştirme (AR-GE)** Faaliyetleri, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2012.
- Küresel Sera Gazı Emisyonları Kapsamında Rekor Düzeylere Ulaşan Global Karbondioksit Emisyonları Ölçümleri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2013.
- Dünya Is ve Kurum (Siyah Karbon) Kökenli Çevre Kirliliği ile Global Isınma ve Küresel İklim Değişikliği Mekanizması Bilimsel İlişkisi, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2013.
- Global Karbondioksit Konsantrasyonları Artmasıyla Küresel İklimsel Değişimler Sonucu Okyanusların ve Denizlerin Asitlenmesi Sorunları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2013.
- Avrupa Kömür Yakıt Kaynaklı Elektrik Santralleri Projeksiyonları ile Dünyanın Kirli Enerji Kaynağı Kömürün Yeniden Doğuşu ve Dirilişi, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2013.
- Global Karbondioksit Emisyonları Limitlenmesi, Kontrol ve Denetim Altına Alınması için Dünya İklim Değişiklikleri Eylem Planları ve Küresel Projeler, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2014.
- Küresel İklim Değişikliği Eylem Planları Yoluyla Global Karbondioksit Emisyonları Sınırlandırılması ve Denetim Altına Alınması Projeksiyonları, Ahmet Cangüzel Taner **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2014.
- Avrupa Birliği **AB** Küresel Sera Gazı Emisyonları Dizinlenmesi Doğrultusunda Hüküm Süren Global Doğa Dostu, Çevreci ve Yeşil Liderlik Tutkusu Perspektifi, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2014.
- Afrika, Asya ve Avrupa Ülkelerinde Baz Yük Kaynağı Küresel Kömür ve Düşük Kalorili Linyit Tüketen Elektrik Santralleri Önlenemeyen Yükselişi, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2014.
- İngiltere Karbon Yakalama ve Hapsetme (**CCS**) Teknolojileri Uygulamaları ile Karbondioksit Emisyonlarının Yeraltında Depolanması Projeleri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2014.
- İngiltere Peterhead Doğalgaz Kombine Çevrim Santrali Karbondioksit Tutma ve Tecrit Etme **CCS** Teknolojisi Pilot Tesisi ile Emisyonların Kuzey Denizi Tüketilmiş Klasik Doğalgaz Rezervuarları İçine Pompalanması, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2014.
- Dünya Karbondioksit Emisyonları Yok Edilmesi Teknolojileri Uygulamaları ve Yasal Düzenlemeleri Gelişmeleri Işığında Olası **BM** 2015 Paris İklim Anlaşması, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2015.
- Kyoto Protokolü Sonrası Olası **BM** 2015 Paris İklim Değişikliği Anlaşması Dünya Karbondioksit Emisyonları Artışları ve Yok Edilmesi Teknolojileri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2015.

- Avrupa Birliği **AB** İş Dünyası Küresel Isınma ve Global İklim Değişikliği Kaygısı ile Dünya Karbondioksit Emisyonları Frenlenmesi Durdurulması Perspektifleri, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik **Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2015.
- Gezegeenin Geleceđi Açısından Hemen Gündeme Alınması Gereken Sorunlar Arasında Sayılan Küresel Isınma ve Global İklimsel Değişim Mekanizmaları, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik **Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2016.
- İnovatif Karbon Tutma ve Saklama ([Carbon Capture and Storage - CCS](#)) ile Karbondioksiti Bazalt Taşı İçerisine Depolama Ar-Ge Çalışmaları, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik **Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2016.
- Küresel Fosil Yakıtlar Petrol, Doğalgaz, Kömür Tüketimlerinin Önlenmesi, Durdurulması ve Tasfiyesi Hakkında Batı Kamuoylarında Gelişen Eylemler, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik **Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2017.
- Küresel Okyanus Sularının Isınması, Asitlenmesi Sonucu Deniz Ürünleri Çeşitliliği Azalmasının Önlenmesi ve 2015 **BM** İklim Anlaşması Açmazı, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik **Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2017.
- Karbonsuz Yenilenebilir Enerji Kaynakları **YEK** Elektrik Üretimi Sistemlerinin Küresel Isınma ve İklim Değişiklikleri Sorunları Karşısındaki Yetersizliği, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik **Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2017.
- Yerkürenin Isınması ile Global iklim Değişiklikleri Üzerinde Etken Olan ve 800000 Yıldır Sabit Kalan Küresel Karbondioksit Yođunluđu Değişimi, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik **Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2018.
- Avrupa Ülkeleri Arasında Çok Kötü Hava Kirliliği Koşulları ve Ekolojik Şartlar Yaşayan Polonya Acil Enerji Eylem Programları Uygulama Zorunluluđu, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik **Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2018.
- Avustralya Queensland Orman Katliamları, Denizlerin Yükselmesi ve Isınması Sonucu Büyük Mercan Kayalıkları (Great Barrier Reef) Yok Olması Riski, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik **Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2018.
- Avustralya Kararsız Karbon Politikaları Sonucu Ormansızlaştırma Faaliyetleri, Queensland Büyük Mercan Kayalıkları ve Biyoçeşitlilik Tahribatları, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik **Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2018.
- Küresel Karbonsuzlaştırma Teknolojileri Perspektifleri ile 21. Yüzyıl Global Isınma ve İklim Değişiklikleri Sorunları Dizginlenmesi Stratejileri, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik **Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2020.
- Dünya Karbonsuzlaştırma Devrimi Süreci Başlatan Birleşmiş Milletler **BM** 2015 Paris İklim Anlaşması Hükümleri Uygulamalarının Durumu ve Geleceđi, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik **Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2020.
- Polonya Hava Kirliliği Artışları Sorunları ile **AB** Karbonsuzlaştırma Direktifleri Kapsamında Karbonsuz ve Karbon Nötr Ülke Olma Önlemleri Yetersizliği, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik **Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2021.
- Baz Yüklü Küresel Petrol, Doğalgaz ve Kömür Yakan Termik Santraller Ünitelerinin Çalıştırılması ile Artan Global İklim Krizi Kaygıları, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik **Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2021.
- Türkiye Batı Akdeniz ve Güney Ege Bölgelerinde 2021 Yaz Ayları Ortalarında Ortaya Çıkan ve Can Kayıpları ile Sonuçlanan Ciddi Orman Yangınları, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik **Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2021.
- The Economist Dergisi**, (18 Eylül 2021 - 24 Eylül 2021).

Fizik Mühendisleri Odası FMO Resmi İnternet Sitesi:
[www.fmo.org.tr/ yayinlar/faydali-bilgiler](http://www.fmo.org.tr/yayinlar/faydali-bilgiler)