

Yeraltı Karbondiyoksit İçin Yeterince Güvenli Bir Sığınak mı?

Küresel iklim değişikliği günümüzdeki en önemli çevre sorunlarından biri ve başlıca sebebinin atmosferdeki karbondiyoksitin ve diğer sera gazlarının miktarlarındaki artış olduğu düşünülüyor. Son yıllarda atmosferdeki karbondiyoksit miktarını azaltmak için kullanılan yöntemler arasında en umut vaat edeni ise karbondiyoksit yakalama ve depolama yöntemleri.

Karbondiyoksit yakalama ve depolama yöntemlerinde, karbondiyoksit salımına sebep olan süreçler sonucu açığa çıkan karbondiyoksit yeraltındaki jeolojik oluşumlarda depolanıyor. Bu amaçla çoğunlukla gözenekli yapıdaki kayalardan oluşan jeolojik oluşumlar tercih ediliyor. Ancak depolanan karbondiyoksitin tekrar yerin yüzeyine doğru hareket etmemesi için bu oluşumların üzerindeki kayaç tabakasının geçirimsiz olması gerekiyor. Yeraltındaki derin tuzlu su katmanları, tükenmiş petrol ve doğalgaz kaynakları, yeraltından çıkarılması teknik olarak mümkün olmayan kömür yatakları başlıca karbondiyoksit depolama alanları olarak kullanılıyor.

Karbondiyoksitin yeraltında depolanma sürecinin kısa ve uzun dönemli etkilerinin anlaşılması, yöntemin uygulanabilirliğinin değerlendirilmesi açısından hayli önemli. Örneğin karbondiyoksitin yeraltındaki depolama alanında en az 1000 yıl saklanabilmesi için, tutulduğu kayaç katmanından sızma hızının yıllık binde birden az olması gerekiyor. Depolanma sürecinin verimi ise karbondiyoksitin yeraltında nasıl tutulduğuyla yakından ilişkili.

Karbondiyoksit, depolanacağı kayacın yapısındaki boşluklara daha kolay nüfuz edebilmesi için, yeraltına çoğunlukla yoğunluğu ve akışkanlığı yüksek olan süper kritik halde gönderilir. Belirli bir sıcaklık ve basınç değerinin üstündeki koşullarda, sıvı halde mi gaz halde mi olduğu ayırt edilemeyen süper kritik haldeki akışkanların yoğunluğu sıvılarınki gibi yüksektir, ancak gazlara benzer şekilde kolay yayılırlar.

Yeraltına gönderilen süper kritik akışkan haldeki karbondiyoksitin yoğunluğu genellikle jeolojik oluşumların yapısındaki tuzlu suyun yoğunluğundan düşüktür. Bu nedenle karbondiyoksit yeraltında geçirgenliği yüksek kayaç tabakasının üst kısımlarına doğru hareket eder. Eđer bu katmanın üstündeki kayaç tabakası geçirimsizse karbondiyoksit burada hapsolür.



Bazı durumlarda ise karbondioksit yeraltına gönderildiğinde jeolojik oluşumların içindeki boşluklarda bulunan tuzlu suyun yerini alır. Ancak işlem durdurulduğunda yoğunluk farkı nedeniyle tuzlu su tekrar kayaların içindeki boşluklara girmeye başlar. Bu süreçte karbondioksitin bir kısmı boşluklardaki suyun içinde hareketsiz bir şekilde hapsolabilir.

Karbondioksitin bir kısmı ise yeraltında tuzlu suda çözünür. Çözünen karbondioksitin miktarı sıcaklığa, basınca ve tuzlu suyun yoğunluğuna bağlı olarak değişir. Tuzlu su, içinde çözünen karbondioksit miktarı arttıkça -yoğunluğu arttığı için- karbondioksitin depolanacağı kaya katmanının alt kısımlarına çöker. Bu, karbondioksitin yeraltında uzun süre güvenli bir şekilde tutulmasını sağlayan bir süreçtir.

Karbondioksitin yeraltında en kararlı şekilde depolanmasını sağlayan mekanizma ise yeraltındaki tuzlu suda çözünen karbondioksitin kayaların yapısındaki minerallerle tepkimeye girmesi sonucu katı karbonat bileşiklerinin oluşmasıdır. Ancak karbondioksitin karbonat bileşiklerine dönüşmesini sağlayan tepkime genellikle yavaş gerçekleşir. Hızı sıcaklığa, basınca, kayaların yapısındaki minerallerin türüne, asitlik derecesine, yeraltı suyunun bileşimine bağlı olarak değişen bu süreç, karbondioksitin yeraltında binlerce yıl tutulmasını sağlayabilir.

Yeraltına gönderilen karbondioksitin jeolojik oluşumların içindeki suyla tepkimeye girmesi sonucu karbonik asit oluşur. Zayıf bir asit olan karbonik asit ortamın asitlik derecesinin artmasına yani pH'sının düşmesine neden olur. Bu sırada ortamda karbondioksitin ve karbonik asidin yanı sıra bikarbonat ve karbonat iyonları da bulunur. Karbonat iyonunun ortamdaki artı yüklü iyonlarla (örneğin kalsiyum, magnezyum ve demir iyonlarıyla) tepkimeye girmesi sonucu farklı karbonat bileşikleri oluşabilir. Ortamın asitlik derecesi bu süreçte gerçekleşen tepkime-lerin hızını belirgin şekilde etkiler.

Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nden araştırmacılar ise Ocak ayında *Proceedings of the Royal Society A* dergisinde yayımlanan araştırmalarında daha önce tahmin edilenden daha az miktarda karbondioksitin yeraltında katı haldeki karbonat bileşiklerine dönüştüğünü belirledi.

Karbondioksit yeraltına gönderildiğinde büyük oranda kayaların içindeki tuzlu suyun yerini alır. Bu süreçte kayaların yapısında karbondioksit ve tuzlu su oranlarının yüksek olduğu bölgeler oluşabilir. Karbondioksit tuzlu suyun içinde hızlıca çözüldüğü için oluşan karbonik asit ortamın asitlik derecesinin artmasına neden olur. Tuzlu su miktarının fazla olduğu bölgelerin asitlik derecesi ise düşüktür.

Araştırmacılar karbondioksitin katı karbonat bileşiklerine dönüşme sürecini ayrıntılı olarak incelediklerinde, sürecin beklenenden yavaş gerçekleşmesine neden olan bir mekanizma keşfetti. Tek bir karbondioksit baloncuğuna odaklanan araştırmacılar, karbondioksitin katı halde bileşikler oluşturmasını sağlayan tepkimenin sadece baloncukların yüzeyinde gerçekleştiğini belirledi. Bu durumun, baloncuğun çevresinde karbonat bileşiklerinden meydana gelen katı bir kabuk oluşmasına neden olarak, karbondioksitin tamamının tuzlu suyla etkileşmesini engellediği düşünülüyor. Dolayısıyla yeraltına gönderilen karbondioksitin ancak küçük bir kısmı katı karbonat bileşiklerine dönüşebiliyor.

Şu an yapım aşamasındaki projelerin tamamı hizmete girdiğinde, her yıl atmosfere salınan karbondioksitin %0,1'inin karbondioksit yakalama ve depolama yöntemleri ile atmosferden uzaklaştırılabileceği düşünülüyor. Bu oranın gelecek 40 yıl içinde %20'ye kadar çıkabileceği tahmin ediliyor. Ancak yöntemin endüstriyel ölçekte verimli bir şekilde kullanılabilmesi için karbondioksitin yerin altında uzun süre kararlı bir şekilde saklanabilmesi gerekiyor. Bu nedenle karbondioksitin yeraltında depolandığı jeolojik oluşumlarla nasıl etkileştiğinin anlaşılması hayli önemli.

Kaynaklar

- Zhang, D., Song, J., "Mechanisms for Geological Carbon Sequestration", *Procedia IUTAM*, Cilt 10, s. 319-327, 2014.
- Cohen, Y., Rothman, D. H., "Mechanisms for mechanical trapping of geologically sequestered carbon dioxide", *Proceedings of the Royal Society A*, Cilt 471, Sayı 2175, s. 1-10, 2015.
- <http://newsoffice.mit.edu/2015/carbon-dioxide-sequestration-doubts-0120>
- http://www.co2cerc.com.au/aboutccs/stor_trapping.html
- http://www.co2captureproject.org/co2_trapping.html
- <http://www.carbonbrief.org/blog/2014/10/around-the-world-in-22-carbon-capture-projects/>