

Küresel Sera Gazı Emisyonları Kapsamında Rekor Düzeylere Ulaşan Global Karbondioksit Emisyonları Ölçümleri

Ahmet Cangüzel Taner

Fizik Yüksek Mühendisi

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

Dünya sera gazı emisyonları, global ısınma ve küresel iklim değişikliği mekanizmaları sorunlarının tetikleyicisi kabul edilmektedir. Küresel fosil yakıtlar; kömür, petrol ve doğalgaz kullanımı nedeni global sera gazı emisyonları içerisinde dünya karbon salımları ve karbondioksit salınımları geçen yüzyıla kıyasla hızla yükselmektedir. Bu bağlamda 1958’de yıllık ölçülen ortalama karbondioksit konsantrasyonu milyonda parçacık itibariyle 315 (parts per million – ppm) iken 2013 yılında 400 ppm düzeyine fırlamıştır. Global karbondioksit konsantrasyonları; her türlü kara deniz hava taşıt araçları, iletişim ve araştırma amaçlı uzaya gönderilen insanlı ve insansız uydular, termik santraller elektrik üretimleri ile demir, çelik, alüminyum, çimento gibi ağır sanayi tesisleri, küresel orman yangınları, doğal volkanik patlamalar, konutlar ve işyerlerinde fosil yakıtların kullanımı sonucu ortaya çıkmaktadır. Global fosil yakıtlar; kömür, petrol ve doğalgaz tüketimi neticesi oluşan dünya karbon emisyonları ve küresel karbondioksit salınımlarının dizginlenmesi, sınırlandırılması, kontrol ve denetim altına alınması için çok yönlü çevreci bilimsel ve teknolojik AR-GE çalışmaları da sürdürülmektedir. Ancak baz güç kaynağı fosil yakıt menşeli elektrik santralleri için geliştirilen çevre dostu ileri, evrimsel ve yenilikçi teknolojiler şimdilik prototip tesisler düzeyinde uygulanabilmektedir. Temel yük kaynağı fosil yakıt kökenli güç santralleri elektrik üretimleri iyileştirilmesi projeksiyonları içeriğinde kullanılacak olan ticari amaçlı doğa dostu karbon yakalama ve depolama (Carbon Capture and Storage – CCS) teknolojileri tesislerinin faaliyete geçirilebilmesi için ise en az 10 ila 20 yıllık bir süre gerekmektedir. Dünya baz enerji kaynağı karbonsuz nükleer güç santralleri elektrik üretimi sadece %15 düzeyinde iken karbondioksit emisyonları çok yüksek olan ve temel elektrik yükü tesisleri varsayılan global kömür santralleri güç üretimi %40 düzeyinde seyretmektedir. Diğer taraftan Kyoto Protokolü sonrası dünya sera gazı salınımları nedeni ortaya çıkan global ısınma ve küresel iklim değişikliği problemleri müzakereleri konularında yeşil doğa dostu düşük karbon ekonomisi kapsamında Birleşmiş Milletler himayesinde planlanan yeni uluslararası anlaşma zemini de bir türlü sağlanamamaktadır. Böylece çevreci uluslararası anlaşmadan yoksun küresel karbon salımları ve global karbondioksit emisyonları kontrolsüz biçimde alabildiğine artmaktadır. Artan küresel sera gazı salınımları açısından tek olumlu gelişme maksimum seviyeye gelen global emisyonların ve konsantrasyonların güvenilir aynı zamanda hassas yöntemlerle ölçülebilmeleridir. Bu yazıda 4 milyon yıldan beri ilk kez 400 ppm rekor seviyesine erişen küresel karbondioksit konsantrasyonu ölçümleri ele alınmaktadır.

Saygın ve sakin kişiliği ile tanınmış olan Prof Dr Charles David Keeling yaşadığı 1928 – 2005 yılları arasındaki süreç zarfında yaptığı bilimsel araştırmalar bağlamında insanların ve hükümetlerin, güneş sistemi içerisinde mavi görüntüye sahip canlı hayatı barındıran tek gezegen dünya ile yeşil doğaya bakış açılarını değiştirmiştir.

Önceleri iddiasız projelerle bilimsel çalışmalar yapan Dr Keeling daha sonraları 1956 yılında kurmaya başladığı cihazlar sayesinde o zamana kadar ciddi bir atılım gerçekleştirilemeyen atmosferdeki karbondioksit oranları ölçümlerini başlatmıştır. Doğayı kirleten yerel üniteler ve sanayi tesislerinden yayılan karbondioksit seviyelerinden önemli ölçüde etkilenmeyen bir bölge olarak 1958 yılında deniz seviyesinden 3000 metre yükseklikteki “**Hawaii Mauna Loa Volkanı**” emisyon ölçüm cihazlarının kurulması yönünden uygun bulunmuştur. Sözü edilen bölgede karbondioksit konsantrasyonları ölçümleri yaz ve kış aylarında dikkat çekici farklılıklar göstermektedir. Bu arada kuzey yarımkürede yaz aylarında yeşil yapraklı ağaçların atmosferdeki karbondioksiti soğurması nedeni ile karbondioksit oranları azalmakta kış aylarında ise yeşil yaprakların dökülmesi ile birlikte karbondioksit düzeyleri artmaktadır. Dr Keeling tarafından 55 yıl önce 1958 yılında ortalama karbondioksit konsantrasyonu miktarı milyon başına partikül sayısı 315 ppm (**parts per million – ppm**) seviyesinde ölçülmüştür. Charles D. Keeling, 50 yıl boyunca Mauna Loa Yanardağı ve diğer yerlerde küresel karbondioksit konsantrasyonları ölçümleri verilerini toplamaya devam etmiştir. Geçen süreçte karbondioksit konsantrasyonlarının yıllık bazda girintili çıkıntılı ve tırtıla benzer biçimde temsil edildiği grafikte sürekli bir artış gözlenmiştir. Tırtıllı, testere dişli ve (ΛΛΛΛ) şeklinde görüntü sergileyen aynı zamanda ince zikzak çizen tarama grafiği de “Keeling eğrisi” adı altında global ısınma ve küresel iklim değişikliği biliminin bir simgesi haline gelmiştir. Dr Keeling ‘in ölümünden 8 yıl sonra ise karbondioksit konsantrasyonu Keeling grafiği, ölçülen 400 ppm değeri ile beraber maksimum rekor bir seviyeye ulaşmıştır. 1958 yılında 315 ppm değeri ile başlayan karbondioksit konsantrasyonları ölçümlerinin 2013 yılında 400 ppm değerine kadar yıllara göre dağılımı simgeleyen **Keeling eğrisi** verileri aşağıdaki tabloda gösterilmektedir. Ortalama karbondioksit konsantrasyonları milyonda parçacık sayısı (**parts per million – ppm**) olarak **Hawaii Mauna Yanardağı Gözlem İstasyonu** tarafından ölçülmüştür.

Yıllar	Karbondioksit konsantrasyonları (ppm)
1958	315
1960	316
1965	320
1970	325
1975	330
1980	340
1985	345
1990	355
1995	360
2000	370
2005	380
2010	395
2013	400

Kaynak: Scripps Institution of Oceanography

Ortalama karbondioksit konsantrasyonu ölçümlerinde ulaşılan 400 ppm değeri psikolojik önemden ziyade psikolojik bir ağırlığa sahip bulunmaktadır. Her ne kadar rekor düzeye erişen ortalama konsantrasyon karşısında global karbondioksit emisyonlarının azaltılması, sınırlandırılması, kontrol ve denetim altına alınması perspektiflerine dair yeni etkileyici sözler ifade edilmesine rağmen uluslararası müzakereler, tartışmalar ve öneriler çok uzun zamandır sonuçsuz bir şekilde

sürdürülmektedir. Örneğin, küresel fosil yakıt kullanımları ile tüketimlerinin pervasız ve kontrolsüz biçimde devam ettirilmesi sonucunda konsantrasyonların 395 ppm değerine ulaştığında global büyük sıkıntılar doğuracağı uluslararası bilimsel tartışmalarda kuvvetle vurgulanmıştı. Hatta küresel karbondioksit emisyonlarının düşürülmesi ve limitlenmesi hakkında 1992 yılında Birleşmiş Milletler himayesinde düzenlenen Brezilya Rio de Janeiro "Earth Summit" dünya iklim değişikliği müzakereleri zirvesi sırasında ortalama karbondioksit konsantrasyonu 356 ppm rakamına çıktığında bile çok ciddi tartışmalara sahne olmuştu. Bu nedenle ulaşılan ortalama karbondioksit konsantrasyonu 400 ppm rakamı, dünya karbondioksit emisyonlarının kısıtlanması ve düşürülmesi konularında bir eşik değer ve de bir dönüm noktası olarak kabul edilmemektedir. Öte yandan, yarım yüzyılı aşkın süredir küresel karbondioksit konsantrasyonları artışları ile ilgili tüm değerler bilinmektedir. Yaklaşık 60 yıllık global karbondioksit konsantrasyonları yükselişleri envanterinin bilinmesi ise gelecekte gezegenin korunması için alınacak önlemler konusunda büyük bir önem taşımaktadır. Meselâ, dünyanın çevresel ve ekolojik dengesi perspektifleri ve uygulanacak tedbirler temelinde yukarıda belirtilen güvenilir verilerin varlığına gereksinim duyulmaktadır. Diğer taraftan, okyanusların sıcaklığını ölçmek için otomatik şamandıralar ve stratosfer sıcaklığının tespitinde hafif balonlar kullanımları sayesinde dünyanın kontrol ve denetim altında tutulduğu iddia edilse de tüm bunlar yeterli sayılmamaktadır. Faydalı global çevre ölçümleri de dünyanın her yerinde yapılmaktadır. Ancak uzun bir sürece dayalı tutarlı küresel çevresel ölçümler sadece çok az sayıda gerçekleştirilmektedir. Küresel çevre ölçüm verileri ya global fon döngüsü ya da uzayda bir uydunun ömrü boyunca alınmakta olup tekrarlanamamaktadır. Gezegenin hızla değişen şartlarında ise küresel çevresel ölçümlerin tutarlılığı ön plana çıkmaktadır. Dr Keeling yukarıda ifade edilen ve değişime uğrayan koşulları çok iyi bilmekte idi. Global karbondioksit konsantrasyonlarının yükselmesi konusunda bir taraftan finans sağlayan kuruluşların ve diğer taraftan da bürokrasinin baskısı altında kalan Charles D Keeling yılmadan araştırmalarını sürdürmüştür. Sonuçta bilim insanlığı vasfını koruyan Dr Keeling baskılara boyun eğmeyerek dünyanın sürekli ve tutarlı bir gözlemlerle izlenmesi gerektiğine dair görüşlerinde direnmiştir. Sonuçta sabır ve sebatla araştırmalarına devam eden Prof Dr Charles David Keeling 'in geçen süreç zarfında haklı olduğu da kanıtlanmıştır. Dünyanın diğer bölgelerinde yapılan küresel çevre ölçümlerinde ve araştırmalarında bilim insanları Dr Keeling kurduğu sisteme ihtiyaç duymaktadır. Küresel ısınma ve global iklim değişikliği mekanizması araştırmalarında kullanılan Keeling 'in verilerine eşdeğer data sayısı da yeryüzünde çok az bulunmaktadır. Örneğin, okyanus derinliklerinin sıcaklığı, yüzey sularının asitlik oranı, ormanların yüzölçümü ve buzulların hacmi ölçümleri sadece spesifik araştırma projesinin birkaç yılını almaktadır. Gezegenin altyapısı veri tabanının oluşturulması bağlamında söz konusu küresel ölçümlerin süreklilik kazanması gerekmektedir. Dünyada yetki sahibi hükümetlerin uzun bir periyotta sağlanan Keeling eğrisini şeklinin değişimi için trilyonlarca dolar harcaması icap etmektedir. Ancak günümüzde süregelen değişimin tutarlı kayıtlarını temin etmek için hükümetler ekonomik ve finansal kaynaklar bulamamaktadır. Bununla beraber sabırlı Kimyacı Charles D Keeling 'in yönteminden ders alınması da hâlâ olası görülmektedir. Bilim insanları küresel ısınma ve küresel iklim değişiklikleri mekanizmaları sorunlarının bir ölçüsü kabul edilen dünya karbondioksit konsantrasyonları, 4 milyon yıllık süreç zarfında maksimum seviyesine dayanmıştır. **Hawaii Mauna Loa Gözlem Evi**, 04 Mayıs 2013 tarihinde atmosferdeki karbondioksit konsantrasyonu değerini 400 ppm 'e çıktığını saptamıştır. Günlük

ortalama konsantrasyon 399.73 ppm olarak ölçülmekle birlikte gözlem istasyonu araştırmacıları söz konusu bulgunun birkaç gün içinde 400 ppm 'i aşacağını ifade etmiştir. Ölçülen konsantrasyonların 4 milyon yıl önce Pliocene devri sırasında Kuzey Kanada'nın ormanlarla kaplı süreçteki değerlerine eşdeğer olduğu belirtilmektedir. Diğer taraftan, Kuzey Buz Okyanusu (Kuzey Buz Denizi – Arktik Okyanusu) 'nda Mayıs 2012 'de 400 ppm değeri okunmasına rağmen mevzu bahis ölçüm sıra dışı sayılmaktadır. 1958 yılından beri yapılmakta olan Mauna Loa karbondioksit ölçümleri, Hawaii 'nin geniş ölçekli insan kökenli karbondioksit üretim kaynaklı merkez ve ünitelerden çok uzakta bulunması nedeni ile temel ölçüt ve referans değer niteliğinde kabul edilmektedir. Bu arada Kuzey Kutbu Arktik Kıtası, Avrupa ve Kuzey Amerika kaynaklı ciddi hava kirliliği ile karşı karşıya bulunmaktadır. Mayıs 2013 'de ölçülen karbondioksit konsantrasyonu değerlerinin kuzey yarımkürede yaz aylarında yeşil yapraklı bitki örtüsünün emisyonları absorblaması ve soğurması sebebiyle azalması beklenmektedir. Ancak konsantrasyonların yeşil yapraklı bitki örtüsünün yok olma sürecine girdiği kış aylarından itibaren yeniden artacağı öngörülmektedir. **Hawaii Mauna Loa Gözlem Merkezi** Sorumlusu Peter Tans, ortalama ölçümlerde tüm 2013 Mayıs ayı boyunca 400 ppm değerinin korunacağını açıklamaktadır. 2014 ilkbahar ve 2015 yılında mevsimsel düzeltilmiş yıllık konsantrasyon rakamının 400 ppm olacağı yine aynı yetkili tarafından vurgulanmaktadır. **Mauna Loa Gözlem İstasyonu** karbondioksit konsantrasyonu okumaları dünyanın en uzun süreli ölçüm serilerinden birini temsil etmektedir. İlk karbondioksit konsantrasyonu ölçümü Mart 1958 'de 315 ppm düzeyinde saptanmıştır. Karbondioksit konsantrasyonları ölçümleri 1958 – 2013 yılları arasındaki 55 yıllık süreç zarfında yaklaşık %25 oranında bir artış göstermiştir. 1960 'lı yılların başlarında konsantrasyonlar senede 0.7 ppm yükselmiştir. Şimdilerde ise yıllık karbondioksit konsantrasyonu yükselme hızı 2.3 ppm düzeyinde üç kat artmıştır. Bu durum küresel sera gazı emisyonlarının atmosfere hızla salındığını işaret etmektedir. Genelde bilim insanlarınca yapılan hesaplamalara göre global karbondioksit konsantrasyonları 450 ppm seviyesinde tutulduğu takdirde küresel ısınma 2°C 'la sınırlanacaktır. Dünya sıcaklık artışı 2°C ile limitlenmesi halinde küresel ısınma ve global iklim değişiklikleri mekanizmaları problemleri açısından güvenli düzeyde olunacağı muhtemel varsayılmaktadır. Küresel karbondioksit emisyonları 10 ila 30 yıl boyunca atmosferde kalması nedeniyle 450 ppm sınır değerinin başarılı kılınması için gazın suni emisyonlarının hemen yok edilerek 2075 yılında sıfırlanması hedeflenmektedir. Sonuçta, global sıcaklık artışları sınırlanması konusunda başka bir seçenek de bulunmamaktadır. Küresel karbondioksit salımları süratle yıldan yıla rekor seviyelere koşmaktadır. Global karbondioksit konsantrasyonları, hiçbir önlem alınmadan mevcut hızla yükselirse Mauna Loa konsantrasyon okumaları 2037 yılında limit rakam olan 450 ppm 'i aşacaktır.

Kaynaklar:

- Küresel Isınma, Ahmet Cangüzel Taner, FMO Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2006.
- Karbon Emisyonları ve Karbondioksitin Akiferlerde Depolanması, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2007.
- Karbondioksit Emisyonları ve Salınımlarının Yok Edilmesi ya da Depolanması, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2008.
- Fosil Yakıtlı Termik Santraller, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları Faydalı Bilgiler, 2009.
- Küresel Karbon Salımları ve Küresel Karbon Ticareti, Ahmet Cangüzel Taner, FMO 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 Yakan Termik Santraller, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2011.
- İngiltere ve Avustralya Karbon Emisyonu Politikaları ile Karbondioksit Vergisi, 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.
- Kuzey Kutbu Küresel Isınma ve İklim Değişikliği Nedeni ile Kuzey Buz Denizi Buzulları Erimesi Perspektifleri, 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.
- Birleşmiş Milletler Doha Katar Küresel Isınma ve Küresel İklim Değişikliği Konferansı ve Son İklim Değişiklikleri Zirveleri Sonrası Kyoto Protokolü, Ahmet Cangüzel Taner, FMO Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2012.
- Kyoto Protokolü Sonrası Küresel Sera Gazı Emisyonlarının Sınırlandırılması ile ilgili 2012 Doha Global İklim Değişikliği Konferansı Toplantıları Sonuçları, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2012.
- Amerika Birleşik Devletleri Kömür Kökenli Termik Santraller Geleceği ve Karbondioksit Emisyonları ile ilgili Federal Seviyede Yeni Yasal Düzenlemeler, Ahmet Cangüzel Taner, 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, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2012.
- Küresel Isınma ve Küresel İklim Değişiklikleri Nedenleri Arasında Sayılan Küresel Karbondioksit Emisyonları Yok Edilmesi Teknolojileri Maliyetleri, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2012.
- ABD Kömüre Dayalı Elektrik Santralleri Karbon Salımları ve Karbondioksit Emisyonları Bertaraf Edilmesi Projeksiyonları, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2012.
- Çin, Yeni Kuşak Nükleer Enerji Santralleri, Global Yenilikçi Nükleer Santral İnşaatları ve Dünya Sera Gazı Emisyonları, Ahmet Cangüzel Taner, FMO Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2013.
- Dünya İS ve Kurum (Siyah Karbon) Kökenli Çevre Kirliliği ile Global Isınma ve Küresel İklim Değişikliği Mekanizması Bilimsel İlişkisi, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2013.
- Çin, Fosil Yakıtlar Tüketimi Sonucu Oluşan İS ve Kurum Kaynaklı Hava Kirliliği Politikaları, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası, Faydalı Bilgiler, 2013.
- ABD Enerji Politikaları Değişimi Sürecinde Küresel Isınma ve Global İklim Değişikliği Sorunları ile ilgili Yeşil, Doğa Dostu ve Çevreci Son Gelişmeler, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2013.
- The Economist Dergisi (11 Mayıs 2013 – 17 Mayıs 2013).

Fizik Mühendisleri Odası Resmi İnternet Sitesi:

[www.fmo.org.tr/ yayinlar/faydali-bilgiler](http://www.fmo.org.tr/yayinlar/faydali-bilgiler)