

**Kyoto Protokolü Sonrası Olası BM 2015 Paris İklim Değişikliği Anlaşması**  
**Dünya Karbondioksit Emisyonları Artışları ve Yok Edilmesi Teknolojileri**

Ahmet Cangüzel Taner

Fizik Yüksek Mühendisi

Fizik Mühendisleri Odası ([canguzel.taner@gmail.com](mailto:canguzel.taner@gmail.com))

**Özet**

Küresel enerji tüketimi yaklaşık %80 oranında fosil yakıtlar olan ham petrol, doğalgaz, düşük kaliteli linyit ve kömür kaynakları kanalıyla karşılanmaktadır. Fosil yakıtlar yakıldığında ise atmosfere yoğun biçimde küresel sera gazı emisyonları salınmaktadır. Söz konusu gazlar içinde özellikle global karbondioksit emisyonları sera etkisi de küresel ısınma ve iklim değişikliği nedeni olarak gösterilmektedir. Gelişmekte olan ekonomilerin sürdürülebilir kalkınması için ucuz enerji maliyeti çok önemli kabul edilmektedir. Bundan dolayı gelişmekte olan ülkeler çağdaşlaşma yolunda baz yük kaynağı kömür yakan santrallere güvenmektedir. Dünyanın en büyük kömür tüketen ülkesi Çin küresel kömür talebi 2000 yılından beri %80 dolaylarında seyretmektedir. Diğer taraftan, kömüre dayalı elektrik üretimi kapasitesi büyüme hızı 2010 yılında %6.9 seviyesinde iken 2013'de %2.7 oranına kadar gerilemiştir. Avrupa ve Amerika genelinde on yıl içinde %20 oranında kömür menşeli termik santraller elektrik üretimi kapasitesi de azaltılmıştır. Karbon-yoğun fosil yakıtlara karşı politik baskılar gitgide artmaktadır. Küresel elektrik üretimi %40 oranında kömür vasıtasıyla sağlanmaktadır. Bununla beraber dünya elektrik üretimi kapasitesinin 1617 GW'lık kesimine ise %75 düzeyinde dünyanın en kirli fosil yakıt türü olan kömürün düşük sıcaklıklarda yakılması suretiyle erişilmektedir. Çok yüksek sıcaklıklarda toz haline getirilmiş kömürleri yakan aşırı maliyetli modern ultra süperkritik kömür santralleri %75 daha az karbondioksit emisyonları çevreye salmaktadır. Çağdaş kömür santralleri bacalarının neredeyse tamamı çok sayıda insan sağlığına zararlı kirleticileri atmosfere yaymaktadır. Örneğin, civa emisyonları çocukların beyin gelişimini engellemektedir. Kükürt ve azot emisyonları akciğerlere zarar vermektedir. Tüm kömür santralleri yılda 800000 insanın ölümüne neden olmaktadır [6]. İnsan sağlığı yönünden son derece riskli sayılan küresel parçacık emisyonlarının altıda birinden ise sadece Çin sorumlu tutulmaktadır. Doğa dostu ve

yeşil organizasyonlar dünya kömür rezervlerinin %80'inin yeraltında kalması gerektiğini savunmaktadır. Böylece, küresel ısınmanın 2050 yılına kadar 2°C'ın altında tutulacağı ileri sürülmektedir. Öte yandan, ortaya çıkan tablo kömür maden ocağı çalışanları açısından tamamen umutsuz da değildir. Her ne pahasına olursa olsun temiz enerji teknolojisi ile çok kötü düzeylere ulaşan çevre kirliliğinin hafifletilmesi de olası görülmektedir. Bu bağlamda gezegenin ısınması karşısında kömür santralleri karbondioksit emisyonları yakalama ve depolama projeleri bir gün ekonomik düzeye ulaşacaktır. Karbondioksit emisyonlarının sınırlandırılmasına dair **Birleşmiş Milletler BM** himayesinde yaklaşık 20 yıldır çalışılmaktadır. Emisyonların kontrolü konusunda önemli mutabakatlardan biri Kyoto Protokolü olarak parafe edilmiştir. Kyoto Protokolü 2012 yılı sonu itibariyle sona ermiştir. O zamandan beri **Birleşmiş Milletler BM** nezaretinde yeni küresel iklim değişikliği anlaşması için çalışmalar yürütülmektedir. Aralık 2015'de Fransa'da düzenlenecek olan konferansta Birleşmiş Milletler İklim Antlaşması imzalanması yüksek olasılıkla öngörülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** İklim Değişikliği, Karbondioksit Emisyonları, Kömür Santralleri, Sera Gazı Salınımları, Yenilenebilir Enerji Kaynakları **YEK**

### **Abstract**

Around eighty percent of the global energy consumption is being met by the fossil fuels such as crude oil, natural gas, low quality lignite and coal. When fossil fuels burned, global greenhouse gases have been emitted intensely to the atmosphere. Due to greenhouse effects, these gases especially carbon dioxide emissions have caused the global warming and climate change. Cheap energy is very important for sustainable development in the emerging economies. Developing countries relies on base load source coal-fired plants to fuel their modernisation. China is the world's biggest coal consumer, and has accounted for 80% of global demand since 2000. On the other hand, the growth rate in coal-fired generation capacity is slowing, down from 6.9% in 2010 to 2.7% in 2013. Overall, Europe and America have already cut fundamental energy source coal-fired generation capacity by over a fifth in a decade. Political pressure is growing against the most carbon-intensive fossil fuel. Coal provides approximately 40% of the world's electricity production. But of 1617 GW of

global capacity, 75% is of the dirties kind, which burns at low temperatures and emits 75% more carbon dioxide than the most advanced new generation but expensive ultra supercritical plants, which burn powdered coal at high temperatures. Chimneys of most modern coal plants also emit plenty of other nasty emissions. For instances, mercury emissions stunt young brains. Sulphur and nitrous oxides damage lungs. Overall coal kills around 800000 people a year, most of the developing countries [6]. In China it is responsible for up to a sixth of the particulates most dangerous for human health. Environmentally friendly and global green movement organisations reckon 80% of the world's coal reserves must stay in the ground if the planet is stand a chance of keeping global warming under 2°C by 2050. However, the horizon is not wholly bleak for coalmen. Clean-coal technology can abate the worst pollution, at a cost. Schemes for capturing and storing power stations' CO<sub>2</sub> emissions may one day prove economic, countering reputation as a planet warming. In order to rein in carbon dioxide emissions to the atmosphere under the auspices of **United Nations UN** have been worked hardly for nearly two decades. One of the international agreement concerning the control of the emissions is the Kyoto Protocol. The Kyoto Protocol expired at the end of 2012. To reach the new global climate changes agreement by courtesy of **UN** has been studied since that time. Final **UN** climate treaty will be most probably signed in Paris United Nations Climate Conference in December 2015.

**Keywords:** Climate Change, Carbon Dioxide Emissions, Coal Fired Plants, Greenhouse Gases, Renewable Energy Sources

Son küresel sıcaklık artışları ölçümleri profili baz alınarak bilimsel olarak yeni global ısınma ve küresel iklim değişiklikleri projeksiyonları ile iklimsel senaryo çalışmaları yürütülmektedir. Gözlenen ortalama küresel sıcaklık artışı portföyü ve global iklimsel değişim projeksiyonları çerçevesinde yeni küresel ısınma senaryoları, değişen meteorolojik koşullar ve iklimsel hassasiyet konseptine göre hazırlanmaktadır. Ancak global sıcaklık artışı kriterleri dikkate alındığı takdirde küresel iklimsel değişimler, bilim insanlarının düşündükleri iklim modellemeleri ve eskiden varsaydıkları iklim duyarlılığı ölçütlerine kıyasla bir açmazda doğru da sürüklenmektedir. Küresel karbon salınımları ve global karbondioksit salımları iki misli artmasına karşılık dünya iklim duyarlılığı aynı düzeylerde gelişmemektedir. Her şeye rağmen küresel ısınma ve

küresel iklim değışiklikleri sorunları dünyanın geleceği açısından şimdiden önlem alınmasını gerektiren ve ivedi global çözüm bekleyen uluslararası ciddi problemler arasında önemli bir yer tutmaya da devam etmektedir. Günümüzde iklimsel felaket senaryoları öngören yüksek global iklim duyarlılığı konsepti ve daha iyimser düşük küresel iklim hassasiyeti kavramları üzerinde durulmaktadır. Arktik Okyanusu (Kuzey Buz Denizi – Kuzey Buz Okyanusu) 'nda bulunan tüm yaz deniz buzullarının yok olması bölgede yaşayan su aygırlarını (walruses) da şaşkına çevirmektedir. Yaz deniz buzullarının erimesi sürecine denk gelen üzücü çok şiddetli ani soğuk hava dalgası oluşturan Hurricane Sandy kasırgası sonucu New York şehri Staten Island sakinleri de kaybettiklerini hâlâ yavaş yavaş kabullenebilmektedir. Bu arada bazı bilim insanları küresel ısınma ve küresel iklim değışikliği problemlerinin birkaç yıl öncesine kıyasla düşünöldüğü kadar çok büyük bir tehdit olmadığını da tartışmaya başlamıştır. Gezegenin iklim duyarlılığı perspektifleri kapsamında çeşitli nedenleri işaret eden bilim insanları, küresel karbon emisyonları ve küresel karbondioksit salınımları değeriinin iki kat artması karşısında öngörölen global ısınma miktarının eskiden varsayıldığı düzeyde yüksek olmayacağına dair yeni iklim modelleri içeriğinde küresel iklim değışikliği senaryoları ve global ısınma projeksiyonları ortaya atmaktadır. Bilim insanlarını yeni global ısınma senaryoları düşünöncesine yönelten en açık neden olarak 20. yüzyılda küresel ısınma miktarlarına paralel ölçölen ortalama global sıcaklık artışları değeriinin son on yıl içerişinde gerçekten kayda değeri bir yükselme göstermemiş olmasıdır. Son gelişmelerin ışığı altında “iklim değışikliğinin neden düz bir seyir izlediği?” sorusu da sorgulanmaktadır [2]. Yerkürede bulunan bulutların dünyanın ısınmasını sınırlaması ve bir ölçüde sera etkisi ile de küresel ısınma katkısı sağlaması paradoks bilimsel gerçekerler olarak kabul edilmektedir. Öte yandan, sonsuz derecede karmaşık dünya iklim sistemi içinde bilim insanlarınca az anlaşılan ve bilinen diğer küresel ısınma mekanizmaları araştırılmaktadır. Global iklimsel değışimler temelinde çok daha büyük doğal dönüşümler aynı zamanda ortalama küresel sıcaklık artışları yükselmemesi bağlamında varsayılan önemli kriterler de bulunmaktadır. Bununla beraber her ne nedene dayalı olursa olsun yüzyıl içinde dünyanın 4°C veya daha fazla ısınacağı hakkındaki örkütücü küresel iklim değışikliği projeksiyonları ve korkunç global ısınma felaket senaryoları varsayımlarının gerçekerleşme ihtimali de ortadan kaybolmaktadır. Yukarıda ifade edilen görüşler ise “dünyanın küresel ısınma ve global iklim değışiklikleri zararları

perspektifinden endişelenmesine artık gerek kalmadı mı?” sorusunu da akla getirmektedir. Yukarıda sorulan soruların yanıtları iki nedene dayalı biçimde hayır olarak verilmektedir. Birinci neden iklimsel belirsizliklerden kaynaklanmaktadır. Bilim önceden öngörülen iklim modellemelerine kıyasla daha düşük bir global iklimsel duyarlılık işaret etmesine rağmen küresel iklim hassasiyeti kavramı halen sürmektedir. Ancak hatayı körükleyen engeller de hâlâ belirtilen global iklimsel hassasiyet konsepti içerisinde yer almaktadır. Çok ciddi küresel ısınma riski olan 3°C sıcaklık artışı ihtimali azalsa da gerçekleşme olasılığı ortada durmaktadır. Diğer bir belirsizliği de “global ısınmanın gerçekte gezegende ne yaratacağı?” sorusu teşkil etmektedir. Meselâ, Kuzey Kutbu buzullarının çok büyük miktarlarda erimesi bilim insanlarınca günümüz sıcaklıklarında beklenen bir olgu değildir. Böylece “oldukça küçük sıcaklık artışının etkisinin ne olacağı?” sorusunun yanıtı da bilinmemektedir. Öte yandan, ikinci nedenin daha ziyade uygulamaya yönelik olduğu düşünülmektedir. Dünyada önceki tahminlere göre belirlenen yüksek duyarlılıklı iklim politikaları izlense idi bu durumda söz konusu politikaların bir gerekçesi de olacaktı. Şimdilerde ise gezegenin cehenneme dönüşeceği senaryosu olasılığı daha düşük gözükmemektedir. Bununla beraber iklim abartısı da yüksek olan global iklimsel duyarlılık projeksiyonları ve korkuları perspektiflerine paralel dünya düşük karbon ekonomileri ve küresel iklim değişikliği politikaları aynı yönde gelişmemektedir. Örneğin, küresel karbon emisyonları ve dünyanın sözü edilen salınımların verebileceği zararlardan korunması bağlamındaki önlemlerin alınması düşük global iklimsel duyarlılık kapsamında değerlendirilmesine rağmen tedbirler gereken düzeyde gerçekleşmemektedir. Bu bağlamda endüstriyel boyutta küresel karbon salımları ve global karbondioksit emisyonları 2012 yılında sona eren Kyoto Protokolü’nün parafe edildiği 1997 yılından beri ne yazık ki büyük bir artış kaydederek iki kat yükselmiştir.

Diğer taraftan, son zamanlarda görülen global sera gazı emisyonlarının azaltılması ve düşmesi de izlenen küresel iklim değişikliği politikalarından ziyade başka sebeplerden ileri gelmektedir. Dünya sera gazı salınımlarının sınırlandırılması nedenleri arasında küresel ekonomik krizler ve mali çöküşler sonrası yaşanan global finansal iflaslar, ucuz yeni kuşak kaya gazı – şeyl gazı çıkarılması ve üretilmesi sonucu özellikle Amerika’da karbon emisyonları yüksek kömür yakıtlı elektrik santralleri yerine karbondioksit salımları yarı yarıya daha düşük olan modern yeni nesil

doğalgaz kombine çevrim santralleri kurulması sayılabilmektedir. Global ısınma ve küresel iklim değişikliği politikaları şimdiki gibi gelecekte de güçsüz ve gelişigüzel yürütüldüğü takdirde küresel karbondioksit emisyonları hızla artmaya devam ederek düşük iklim duyarlılığı perspektifi kapsamında bile insanlar ve üzerinde yaşadıkları gezegen çok üzücü ve ciddi biçimde etkilenebileceği risklerle karşı karşıya kalacaktır. Dünya karbon emisyonları kontrol ve denetim altına alınması sağlanmadığı aynı zamanda iklim de günümüz sıcaklıkları düzeyinde kaldığı sürece küresel iklimsel değişim senaryoları hakkında akla yatkın yeni projeksiyonlar oluşturulamamaktadır. Kötü küresel iklim politikaları arasında maliyetleri düşünerek **yenilenebilir enerji kaynakları YEK** projelerine arka çıkma ve global sera gazı emisyonlarının iklim hassasiyeti açısından her ne kadar olumsuz olsa da çevresel zararlarına rağmen küresel biyoyakıtlar kullanımı bağlamında ısrarcı davranılması sayılmaktadır. İyi global iklim politikaları kapsamında ise daha yüksek deniz seviyelerine adaptasyon ve hava koşulları modeli için stratejiler, tarımsal zorlukların aşılmasına dair yatırım plan ve projeleri, enerji üretimi ve enerji depolama alanında fosil yakıtlara dayalı olmayan güç üretim tesisleri **araştırma ve geliştirme (Ar-Ge)** faaliyetleri de akıllı küresel düşük iklim hassasiyeti ön tedbirleri konsepti içinde değerlendirilmektedir. Böylece yavaşta olsa güvenli bir şekilde gelecek 10 ila 20 yıl içerisinde düşük karbon ekonomisi temellerine dayalı karbondioksit fiyatlandırma sistemi ve piyasası yaygınlaştırılacaktır. Sonuçta dünya küresel ısınma konusunda biraz daha zaman kazandığı ve soluk aldığı takdirde iklimsel değişimlerin olumlu yönde gelişmesi beklenmektedir. Bununla beraber kazanılan ve soluk alınan süreç zarfında ancak gereken acil önlemlerin yürürlüğe konulması halinde gezegenin çevresel ve ekolojik dengesi korunabilecektir.

Küresel ısınma ve küresel iklim değişikliği zararlı etkileri içerisinde en ürkütücü olan hususlardan biri de söz konusu global iklimsel değişimler sonucu meydana gelen kararsız iklim koşullarının küresel tahıl ürünleri rekolteleri üzerinde oluşturacağı muhtemel büyük ölçekli olumsuzluklardan kaynaklanmaktadır. Şimdilik bazı ülkelerde bölgesel düzeyde gözlenen meteorolojik kuraklık ve tarımsal kuraklıkların küresel iklimsel değişim nedenleri arasında olup olmadığı bilimsel açıdan çok ciddi aynı zamanda ayrıntılı biçimde araştırılmaktadır. Ortaya çıkan yerel kuraklıkların gerçekten küresel boyutta yaygınlaşarak vahim şekilde daha kötüye gidip

gitmeyeceği ise ciddi olarak sorgulanmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri mısır yetiştirilen bölgelerde 2012 yaz aylarında son 60 yılın en kurak mevsimi yaşanmıştır. Bilim insanları yaşanan şiddetli kuraklığın küresel ısınma ve küresel iklim değişiklikleri sorunları kapsamında ele alınıp alınmayacağına dair araştırmalara başlamıştır. Bazı bilimsel araştırmalar daha önceki şiddetli kuraklıklar ya da kendine özgü sıcak dalgaları menşei olarak küresel ısınma ve küresel iklim değişiklikleri sorunları kaynak gösterilmesine rağmen yerel ölçekte ortaya çıkan son durumun nedeninin küresel sıcaklık artışları şeklinde değerlendirilmesinin şimdilik bilimsel açıdan erken olduğu sonucuna varmaktadır. Örneğin, kayda değer çok şiddetli kuraklık dönemleri, 2003 yılında Avrupa'da, 2010'da Rusya'da ve 2011 senesinde Texas 'da da boğucu sıcak geçen yaz mevsimi türünden süreçler biçiminde gözlemlenmiştir. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) tarafından 2007 yılında yapılan değerlendirmede de yüksek sıcaklıklar ve azalan yağış miktarlarının kuraklık değişimlerine katkısı kuvvetle vurgulanmıştı. Aralık 2012'de Dünya Bankası'nca desteklenen ve Potsdam İklim Araştırmaları Enstitüsü (Potsdam Institute for Climate Impact Research) 'nün yaptığı bilimsel araştırmada da çok aşırı yaz mevsimi sıcaklıklarının büyük bir olasılıkla 1960 'lı yıllarından beri beliren ve hızla süregelen global iklimsel ısınma ile ilintili bulunduğu açıklanmıştır.

Küresel ısınma, sıcak havanın su buharını tutması nedeniyle ciddi ve şiddetli kuraklık yaratabilmektedir. Hatta böylece önceleri de kuru ve sıcak olan yörelerde eskisine kıyasla çok daha az yağış görülebilmektedir. Bununla beraber Nature Dergisi'nde yayınlanan son bilimsel bir çalışma ise yukarıda kısaca ifade edilen durumun gerçekten olup olmadığı hakkında kuşku taşımaktadır. Öte yandan "kuraklık" kavramı belirsiz ve kesin olmayan soyut bir sözcük olarak tanımlanmaktadır. Örneğin, bir bölgede kurak koşullar yaşanırken diğer bir bölgede bol yağışlar kaydedilebilmektedir. Bilim insanları konuya açıklık getirmek ve tarımsal şartların değişimini denetim altında tutmak için "Palmer indeksi" adlı verilen bilimsel bir indeks kullanmaktadır. Buharlaştırma oranları ile topraktaki nem seviyelerini hesaplamak için ortaya atılan indeks, yağış ve sıcaklık verilerinden faydalanmaktadır. Bu gibi durumlarda sıcaklığın çok önemli rol oynaması nedeniyle indeks küresel ısınmaya karşı duyarlılık göstermektedir. Ancak oluşan bilimsel boşluğun giderilmesi

bağlamında Princeton Üniversitesi 'den Justin Sheffield, Eric Wood ve Canberra'da bulunan Avustralya Ulusal Üniversitesi 'den Michael Roderick tarafından yapılan çalışmada "buharlaşmanın sadece sıcaklığın değil başka faktörlerin de bir fonksiyonu olduğu" iddia edilmektedir. Araştırmada rüzgâr hızı, buhar basıncı, bulutlar ve diğer pek çok faktör dikkate alınmaktadır. Son zamanlara kadar indeksi destekleyen yeterli veri bulunmamasına rağmen günümüzde araştırmalara yardımcı olan veri seviyesi oldukça iyi bir düzeye erişmiştir. Bahse konu faktörlerin etkisini denemek için adı geçen araştırmacılar Palmer indeksini iki farklı yöntem kullanarak hesaplamıştır. Biri sıcaklığa dayalı yöntem öteki ise daha fazla değişken olan meteorolojik bilgi içerikli yöntemdir. 1980 ila 2008 yılları arasında sıcaklığa dayalı Palmer indeksi dünya kara arazisinin %98 'inde yükselmiştir. Değişken verilerin kullanılması halinde indeks kara arazisinin sadece %58 'inde artış göstermekte ve Güney Amerika, Orta Amerika, Amerika Birleşik Devletleri Doğu Bölgesi, Doğu Afrika, Batı Rusya, Güney Asya, Güney Doğu Asya ile Avustralya gibi önemli ölçüde azınlıkta kalan yerlerde ise indekste düşüş gözlenmiştir. Avrupa, Amerika'nın Batısı ve Doğu Asya'da kuraklık çok ciddi boyutlarda hissedilmektedir. Böylece kuraklıkların vahametinde görülen global yükselişler bölgesel artışlar şeklinde tezahür etmektedir. Şüphesiz söz konusu durum kuraklık çekilen yörelerde insan etkinliğini azaltmamakta aksine gerçekten ne olduğunun kavranması bağlamında önemli katkı sağlamaktadır. Küresel ısınma ve küresel iklim değişiklikleri zararlı etkileri ile mekanizmaları yaşanmaksızın sözü edilen sorunlar karşısında çevre eylem planları düzenlemelerinin zor olacağı da öngörülmektedir. Böyle bir anlayış ortamının kazanılmasının önünde çetin engellerin bulunduğu da bilinmektedir.

Yukarıda açıklanan araştırmaları yapan bilim insanları yeni verilerin de mükemmel olmadığını kabul etmektedir. Amerika Ulusal Atmosferik Araştırma Merkezi (**National Centre for Atmospheric Research – NCAR**) 'inde görevli aynı zamanda 2007 **IPCC** raporu koordinatörlüğü çalışmalarında bulunan Kevin Trenberth ise, yetersiz bölük pörçük veriler kanalıyla nem, rüzgâr ve bulutların etkisini hesaplama yönteminin çalışmayı yürüten araştırmacılar tarafından çarpıtıldığını ileri sürmektedir. Nature Climate Change Dergisi'nde yine **NCAR** araştırmacılarından Aiguo Dai 'in son yayınlanan makalesinde yağış verileri farklı biçimde kullanılmak suretiyle kuraklığın gerçekten çok daha kötüleşeceği sonucuna varılmaktadır. Dr Dai, Nature Dergisi



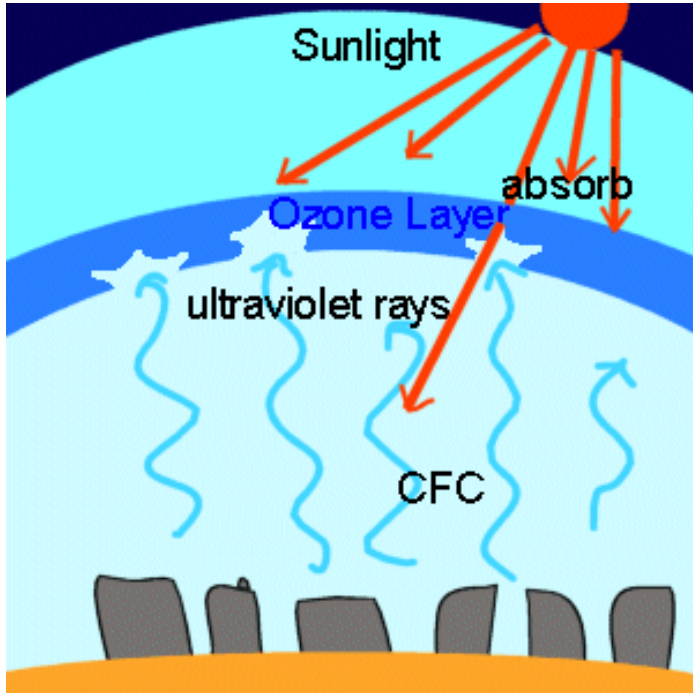
çalışması kapsamında kuraklığın dikkate alınmadığı Pasifik Bölgesinin düzensiz ısınma ve soğuması olarak bilinen El Niño ve La Niña tarafından etkilendiği neticesine de ulaşmıştır. Dr Trenberth tarafından gerçekleştirilen ve ayrıntılı şekilde sıcaklığa dayalı Palmer indeksinin kullanıldığı araştırmadan ise daha iyi bir sonuç elde edilmiştir. Öte yandan, araştırmalardan elde edilen iki sonucun da haklı bir yönü bulunmaktadır. Birinci sonuçta araştırmada kullanılan veriler uzun vadeli kuraklığı doğru olarak hesaplamak için yeterli düzeyde olmayabilir. **IPCC** tarafından Haziran 2012 ekstrem havalar hakkında yayınlanan raporu “tanımsal sorunlar, gözlemsel verilerin eksikliği ve modellerin yetersizliği gibi tüm faktörlerin kuraklıklar üzerindeki etkisinin, kuraklık projeksiyonları ortamına kıyasla daha güvenli olma durumunu imkansız kıldığını” kabul etmektedir [1]. İkinci sonuçta da özellikle tahıl ürünleri rekoltesi bazında etkili olan kuraklık üzerinde önemle durulmaktadır. Öte yandan, hububat rekoltesi, kuraklığın yaygın olmadığı periyotlar içerisinde de etkilenebilmektedir. Rekoltenin etkilenmesinin nedeni olarak sıcaklık ve susuzluğun özellikle tahıl ürünlerinin çiçeklenme sürecinde zarar görmesi de gösterilmektedir. Böylece tahıl ürünü rekoltesi, kuraklığın uzun sürmediği periyotlarda da düşük olabilmektedir. Kesin ve hassas sonuçların alınabildiği iklim modellemesi için şimdikine kıyasla çok uzun yol kat etmek gerekmektedir. Bu durum gerçekleştirilebildiği takdirde iyi sonuçların elde edilmesi de olası görülmektedir. Potsdam Enstitüsü çalışması, küresel iklim değişikliği dikkate alınmaksızın 1980’li yıllara nazaran mısır üretimi %3.8 ve buğday üretimi ise %5.5 oranında azaldığını işaret etmektedir. Leeds Üniversitesi’nden Prof Dr Piers Forster, Nature Dergisi’nde yayımlanan bir yazısında kuraklık tahmini karmaşıklığının sonuçlar üzerindeki çok önemli katkısına dikkat çekmektedir. Bununla beraber küresel ısınma ve küresel iklim değişikliği problemleri sayesinde tahıl ürünleri üzerinde ortaya çıkan çok ciddi tehdidin boyutlarının küçümsenemeyeceği de yine aynı bilim insanı tarafından vurgulanmaktadır.

Stratosferdeki ozon tabakasının incilmesi, azalması ve yok olmasının önlenmesi aynı zamanda söz konusu tabakanın korunmasına dair uluslararası anlaşma 16 Eylül 1987’de Kanada Montreal kentinde imzalanmıştır. 01 Ocak 1989 tarihinde yürürlüğe giren Birleşmiş Milletler Montreal Protokolü gereğince ozon tabakasına zarar veren küresel kimyasal bileşiklerin dizginlenmesi, limitlenmesi ve bertaraf edilmesi

hedeflenmiştir. Temelde global ozon tabakasının incelmesinin durdurulması ve engellenmesi çerçevesinde stratosfere salınan insan kaynaklı kloroflorokarbon (**chlorofluorocarbon – CFC**) ve hidrokloroflorokarbon (**hydrochlorofluorocarbon – HCFC**) zararlı kimyasal maddeler ile kirleticilerin kısıtlanması amaçlanmıştır. İlk aşamada 20 ülke tarafından imzalanan 1987 Kanada uluslararası Montreal Protokolü daha sonraları üye sayısı 195 olan tüm Birleşmiş Milletler ülkelerince onaylanmıştır. Birleşmiş Milletler tarihinde ilk kez tüm üye ülkelerce tasvip gören protokol sayesinde dünya, ozon tabakasının delinmesi ve yırtılmasının önlenmesi konusunda başarılı bir sınav vermiştir. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Anlaşması (**United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC**) uyarınca çıkarılan uluslararası Kyoto Protokolü ise 1997 yılında üye ülkelerin hükümetlerinin onayına sunulmuştur. Atmosfere salınan insan menşeli küresel sera gazı emisyonlarının kontrol ve denetim alınması hükümlerini içeren **Birleşmiş Milletler BM** Kyoto Protokolü 16 Şubat 2005 tarihinde yürürlüğe girmiştir. 2012 yılında sona eren **BM** Kyoto Protokolü tüm Birleşmiş Milletler üyelerince onaylanmaması nedeniyle istenilen başarı çizgisine ulaşamamıştır. Son yıllarda süratle yükselen fosil yakıtların tüketimi neticesi ortaya çıkan global sera gazı emisyonları içinde özellikle maksimum düzeylere ulaşan karbondioksit konsantrasyonları artışları, küresel ısınma ve dünya iklim değişiklikleri mekanizmaları sorunları açısından bilim çevrelerinde son derece kaygı uyandırmaktadır. Şimdilerde dünya sera gazı salınımlarının sınırlandırılması ve küresel karbondioksit salımlarının artırılması projeksiyonları bağlamında en hızlı uluslararası anlaşma yöntemi olarak ozon tabakası muhafazası konusunda olumlu sonuçlar doğuran ve uluslararası ortak irade sağlayan **Birleşmiş Milletler BM** Montreal Protokolü örneği gündeme taşınmaktadır.

1974 yılında iki kimyacı araştırmacı Prof Dr Frank Rowland ve Prof Dr Mario Molina, soğutucularda kullanılan kloroflorokarbonlar (**chlorofluorocarbons – CFCS**) ve klor bileşikler kimyasallar ile tahrip edilen ozon tabakasının kısmen parçalandığını ve bozulmaya yüz tuttuğunu keşfetmiştir. İnsan menşeli stratosfere salınan klor bileşikler yoluyla dünyayı çevreleyen ozon tabakasının kademe kademe yok olması, kaybolması ve yeryüzünden silinmesi gerçeği de ortaya çıkarılmıştır. Aslında ozon tabakası yerküreyi uzay kaynaklı **ultraviyole UV** ışınlar ve radyasyonlardan korumaktadır. O zamanlar küresel kimyasal maddeler üreticisi şirket DuPont Başkanı

ise ileri sürülen bilimsel görüşün tutarsızlıklar ve saçmalıklarla dolu olduğunu savunmuştur. Ozon tabakası atmosferin üst katmanlarında yeryüzünden 15 ve 30 kilometre (10 ve 20 mil) yükseklikte yer almaktadır. Yüksek konsantrasyonlu ozon ihtiva eden tabaka kanalıyla diğer atmosferik komponentler tarafından uzay ve güneşten gelen filtre edilmeyen aynı zamanda perdelenmeyen dalga boylu ultraviyole ışınlar ve güneş radyasyonları absorblanmakta ya da soğurulmaktadır. Böylece güneş sistemi içerisinde tek mavi gezegen özellikleri taşıyan dünyanın zararlı ultraviyole radyasyonlar ve güneş ışınları karşısında zarar görmesi engellenmektedir. Aşağıda özellikle soğutucular vasıtasıyla çevreye salınan kloroflorokarbonlar **CFCS** sonucu ozon tabakasının delinmesi ve yırtılması hasarları şematik olarak işaret edilmektedir. “Ozon tabakasının incelmesi ve azalması” ile birlikte ultraviyole ışınlar ve güneş radyasyonlarının yer kabuğuna kolayca ulaşmaları da aynı şema içinde gösterilmektedir [3].



Kaynak: *The American Heritage® Dictionary of the English Language*

İki kimyacı bilim insanının keşiflerinden 11 yıl sonra Antartika (Antarctica) Kıtası üzerindeki ozon tabakası içinde araştırmacılar tarafından bir delik bulunmasını müteakip iki sene zarfında atmosfere salınan **CFCS** kimyasal kirleticilerinin engellenmesi ve durdurulması için Birleşmiş Milletler **BM** himayesinde Viyana sözleşmesi kapsamında hükümetlerarası müzakereler başlatılmıştır. Eylül 1987’de

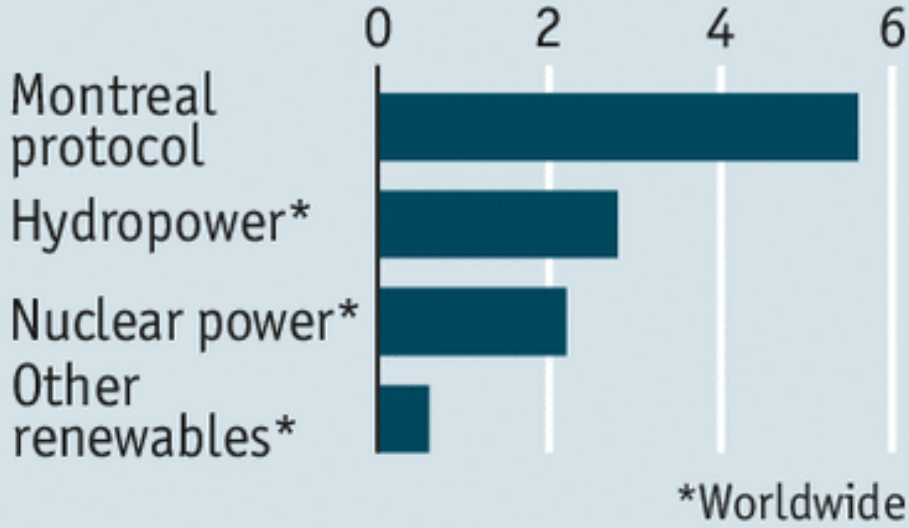
imza aşamasına gelen global ozon tabakası korunması amaçlı **BM** Montreal Protokolü, Ocak 1989 yılında yürürlüğe girmiştir. Küresel ozon tabakası hasarlarının önlenmesi konusundaki buluşlar sayesinde dünyanın iklimi bir bütün halinde yarar sağlamış aynı zamanda Dr Rowland ve Dr Molina keşifleri de ortaklaşa olarak Nobel ödülü kazandırmıştır. **CFCS** güçlü sera gazları arasında sayılmakta ve söz konusu gazların kısıtlandırılması 135 milyar ton karbondioksit miktarına eşdeğer gelmektedir. Küresel iklim değişikliği mücadelesi kapsamında **CFCS** gazlarına kıyasla kat kat fazla olan global karbondioksit emisyonları azaltılması, dizginlenmesi, kısıtlanması, kontrol ve denetim altına alınması yönünde ise hiçbir uluslararası çevre eylem planı gerçekleştirilememektedir. Küresel kloroflorokarbon gazları hakkında yürürlüğe giren Montreal Protokolü ile başarı sağlanmasına karşın çok daha önemli kabul edilen global karbondioksit sınırlandırılması konusunda uluslararası görüş birliği temin edilememektedir. Uluslararası ortak iklim eylem planı ortaya koymak üzere Devlet ve Hükümet Başkanları 23 Eylül 2014 tarihinde **BM** New York İklim Değişikliği Zirvesi Konferansı sırasında bir araya gelmiştir. Zirvenin ana temasını ise 2015 Paris İklim Değişiklikleri müzakereleri ve toplantıları sırasında bir mutabakat sağlanması oluşturmuştur. **BM** 2015 Paris İklim Değişikliği Zirvesi sonucu karbon emisyonlarının limitlenmesi hakkında bir uluslararası anlaşma imzalanması beklenmektedir. Montreal Protokolü'nün başarılı hükümleri politikacılar tarafından dikkatle incelenmek ve örnek alınmak suretiyle yeni iklim değişikliği anlaşması taslağının hazırlanacağı öngörülmektedir. Montreal Protokolü, kalkınmakta olan ülkeler tarafından da ciddi destek kazanmıştır. Protokolün desteklenmesinin temel nedeni olarak söz konusu ülkelerin bütçelerine ağır ekonomik yük getirmemesi sayılmaktadır. 1987 Montreal Anlaşması'nın olumlu sonuçlanmasında önemli bir katkı da DuPont dâhil olmak üzere küresel dev kimya şirketleri aracılığıyla sağlanmıştır. Bu arada global kimya şirketleri **CFCS** yerine geçen ürettikleri kimyasal maddeler sayesinde ciddi kazançlar temin etmektedir. Yaygın eşgüdüm ve işbirliği yoluyla Montreal Protokolü düzenlemesi kopyalanması gereken bir model oluşturmaktadır. Geniş kapsamlı olası küresel karbon düzenlemesi uygulaması ise Montreal Protokolü'ne kıyasla çok büyük farklılıklar içermektedir. Ancak, finansal destekler ve işbirliği ruhu açısından her iki düzenleme arasında benzerlikler de bulunmaktadır.

Öte yandan, Montreal Protokolü kapsamında alınan derslerin dünya liderlerince yaygınlaştırılması gerekmektedir. Yürürlükteki protokol hidroflorokarbonlar (**hydrofluorocarbons – HFCS**) kimyasal bileşikler sınıfını kapsamamaktadır. Global **HFCS** gazları ozon tabakasına zarar vermemekle beraber atmosferde sera gazları gibi rol oynamaktadır. Ayrıca, küresel **HFCS** gazları hızla artan gazlar arasında sıralanmaktadır. Protokol söz konusu gazları kapsayacak şekilde yeniden düzenlendiği takdirde 2050 yılına kadar bir diğer 130 milyar ton karbondioksit miktarına eşdeğer sera gazı azaltımı gerçekleştirilecektir. Sağlanacak karbondioksit miktarı ise yılda yaklaşık 4 milyar tona karşılık gelmektedir. Böylece, iklim değişikliği eylem planına nazaran çok daha fazla oranda sera gazı kısıtlanması sağlanacaktır. Sadece Montreal Protokolü uygulama alanının genişletilmesi kanalıyla bile küresel sıcaklık artışları istenilen aralıklarda tutulamayacaktır. 2030 yılına kadar yılda 26 milyar ton olacak şekilde global karbondioksit emisyonlarının sınırlandırılması gerekmektedir. Mevzu bahis karbondioksit miktarı ise mevcut emisyonların yarısına tekabül etmektedir. Bu çerçevede geniş kapsamlı küresel karbon anlaşması gerekli görülmektedir. Alınacak önlemler bağlamında global orman tahribatının durdurulması ve küresel ormansızlaştırma planlarının engellenmesi, fosil yakıtlara uygulanan ekonomik destek fonlarının kesilmesi ön plana çıkmaktadır. Sonuçta, Montreal Protokolü'nün kapsamının genişletilmesi sayesinde ancak %10 ilerleme kaydedilecektir. Asıl olan ise yaygın uygulanabilir uluslararası iklim değişikliği anlaşmasına ulaşılmasıdır. Olası Paris 2015 İklim Zirvesi mutabakatı erişimi de başarılı Montreal Protokolü'nün inceden inceye gözden geçirilmesini zorunlu kılmaktadır.

Montreal Protokolü, düşük karbon teknolojileri ve düşük karbon ekonomileri uygulamaları aracılığıyla sağlanan emisyon azaltma politikaları sayesinde erişilen karbondioksit eşdeğeri miktarları yıllık bazda milyar ton olarak grafikte gösterilmektedir. Sırasıyla Montreal Protokolü, küresel karbonsuz hidroelektrik santraller **HES**, global karbonsuz nükleer güç santralleri **NGS** ve dünya karbonsuz yenilenebilir enerji kaynakları **YEK** elektrik üretimi sistemleri rakamları verilmektedir.

## Emission-reduction policies

bn tonnes CO<sub>2</sub> equivalent



**Kaynak:** The Economist Dergisi

Fransa Paris 2015 İklim Değişikliği Konferansı toplantıları kapsamında anlaşma zemini sağlanması amacıyla Eylül 2014 New York Birleşmiş Milletler İklim Zirvesi, Devlet ve Hükümet Başkanları düzeyinde gerçekleştirilmiştir. Aralık 2014 Peru Lima 20. **BM** ilgili Taraflar Konferansı (**C**onference of the **P**arties – **COP**) müzakereleri de söz konusu olası Paris İklim Değişiklikleri Anlaşması sonuçlandırılmasına yönelik ön hazırlık düzenlemeleri, çalışmaları ve planlama faaliyetleri mahiyetinde sürdürülmüştür. Beklenen 2015 Paris Uluslararası İklim Değişikliği Anlaşması için ise global ozon tabakasının korunması gayesini hedefleyen başarılı 1987 Birleşmiş Milletler Montreal Protokolü hükümleri örnek alınması önerilmektedir. Örnek gösterilen Kanada **BM** Montreal Protokolü küresel kloroflorokarbonlar (**chlorofluorocarbons** – **CFCS**) limitlenmesi ve kısıtlanması uygulamaları sayesinde yılda yaklaşık 5.6 milyar tona kadar dünya karbondioksit salımları azaltılması miktarına eşdeğer katkı sağlanmaktadır. Küresel ısınma ve gezegenin iklim değişikliği mekanizmaları sorunlarını önleme stratejileri bağlamında dünya karbondioksit emisyonları azaltılması için hem global enerji eylem planları

kapsamında finansal sübvansiyonlar ve ekonomik destekler hem de çevresel eylem planları projeksiyonları ve iklim değişikliği politikaları gündeme taşınmaktadır. Örneğin, Amerika Birleşik Devletleri, Çin ve Avrupa Birliği AB, karbonsuz yenilenebilir enerji kaynakları YEK güç üretimi yatırımları projeleri içeriğinde yılda yaklaşık 140 milyar dolar finansal yardım fonları ve mali sübvansiyonlar tahsis etmektedir. Ayrıca, 20 adet küresel karbondioksit emisyonları azaltma eylem planı projeleri ve politikaları üzerinde de çalışmalar yürütülmektedir. Hollanda Ulusal Halk Sağlığı ve Çevre Enstitüsü (Dutch National Institute for Public Health and Environment - Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu - RIVM)'den Dr Guus Velders, ozon tabakasına zarar veren kloroflorokarbon (chlorofluorocarbon – CFC) kimyasal bileşikler ve türlerinin küresel ısınma mekanizmaları üzerindeki etkileri konusunda bilimsel ve teknolojik araştırmalar yapmaktadır. Stratosferdeki kloroflorokarbonlar (chlorofluorocarbons – CFCS) kimyasal maddeler yükselişleri ozon tabakasının azalması, incilmesi, yırtılması ve yok olması nedenleri arasında sayılmaktadır. Birleşmiş Milletler BM Uluslararası Montreal Protokolü hükümleri gereği küresel CFCS sınırlandırılması, kontrol ve denetim altına alınması sayesinde global ozon tabakasının delinmesi durdurulmuştur. Araştırmaları sonucu Dr Velders, atmosfere zararlı küresel sera gazları salımları bağlamında dünya CFCS kimyasalları net etkisinin çok büyük oranda toplam 135 milyar ton global karbondioksit emisyonları düşürülmesi miktarına eşdeğer olduğunu bulmuştur. Ortaya çıkan rakam günümüzün yıllık toplam küresel sera gazı emisyonları miktarlarına kıyasla iki misli daha yüksek düzeydedir. Yılda atmosfere salınan global sera gazı emisyonları ise yaklaşık 50 milyar ton dünya karbondioksit salınımları miktarına karşılık gelmektedir. Küresel karbondioksit emisyonları miktarı da tüm sanayi kolları vasıtasıyla çevreye atılan metan, azot oksit ve diğer global sera gazı salımlarının takribi %75 'ini oluşturmaktadır. BM Montreal Protokolü yürürlüğe girmesi ile birlikte yılda 5.6 milyar ton global karbondiosit emisyonları miktarına eşdeğer küresel sera gazı salımı miktarı azalması ve sınırlaması temin edildiği hesaplanmaktadır. Diğer taraftan, bir düşünce kuruluşu olan Sürdürülebilir Kalkınma ve Yönetimi Enstitüsü (Institute for Governance and Sustainable Development – IGSD) Başkanı Durwood Zaelke ise küresel ozon tabakası muhafazası açısından global CFCS kimyasal maddeleri kontrol ve denetim altına alınması gerçekleştirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Gerçekleştirilmediği

takdirde ise yıllık rakamın 8 milyar tona eşdeğer düzeyde çok daha fazla olacağını ifade etmektedir.

Küresel iklim değişikliği politikaları hakkında “The Economist Dergisi” tarafından yapılan araştırmada 20 adet global karbondioksit emisyonlarının sınırlandırılması eylem planları çerçevesinde en önemli katkının 1987 **BM** Uluslararası Montreal Protokolü Anlaşması aracılığıyla sağlandığı açıklanmaktadır. Diğer emisyon azaltma politikaları ve eylem planları da gerçek iklim politikaları kapsamında olmamasına rağmen ülkeler arası Montreal Protokolü tedbirlerini küçük gruplar halinde izlemektedir. Böylece, %4 ve %7 arasında değişen oranlarda küresel sera gazı salınımlarının kısıtlanması ve limitlenmesi temin edilmektedir. Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (**International Atomic Energy Agency – IAEA**) verilerine göre temel yük kaynağı karbonsuz uranyum yakıtlı nükleer güç santralleri **NGS** elektrik üretimi üniteleri vasıtasıyla 2010 yılında atmosfere 2.2 milyar ton civarında daha az küresel karbondioksit salımı yapılmıştır. Baz yük kaynağı karbonsuz nükleer fisyon santralleri güç üretimi gerçekleştirilmemiş olsaydı diğer nükleer olmayan konvansiyonel elektrik üretimi sistemleri yoluyla 2.2 milyar ton karbondioksit çevreye salınacaktı. Barajlar ve diğer hidroelektrik santralleri **HES** güç üretimleri sayesinde yine 2010 yılında 2.8 milyar ton emisyon sınırlandırılmıştır. Ancak, **HES** ve baraj rezervuarlarından kaynaklanan metan gazı emisyonları nedeniyle net etki düşük düzeylerde kalmaktadır. Baraj rezervuarları ve **HES** boyunca çevreden gelen olası pis atık sular ve kanalizasyon suları ile beraber aynı zamanda ağaç atıkları ve çürümüş bitki örtüsü kanalıyla metan gazı salımları oluşmaktadır. 2011 küresel **HES** elektrik üretimi 6000 terawatt-saat iken öteki global yenilenebilir enerji kaynakları **YEK** kökenli rüzgâr santralleri **RES** güç üretimi 450 terawatt-saat ve küresel güneş enerjisi santralleri **GES** elektrik üretimi ise daha az 60 terawatt-saat dolaylarında gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, hızla kurulmakta olan yeni küresel **RES** ve **GES** elektrik üretimleri ile birlikte global **HES** güç üretimleri arasında farkın kapanmasının da zaman alacağı öngörülmektedir. Çin’in tek çocuk politikası ile temin edilen karbon emisyonu indirimi miktarı güvensiz ve aldatmaca olarak kabul edilmektedir. Çin Dışişleri Bakanlığı’ndan Su Wei, Çin’in bir çocuk siyaseti uygulaması sayesinde 1970’li yılların sonlarından 2000’li yılların ortalarına kadar ülkenin canlı bebek doğumu sayısının 300 milyon azaldığını belirtmektedir. İnsan sayısının azalması ise kişi başına düşen Çin tüketim

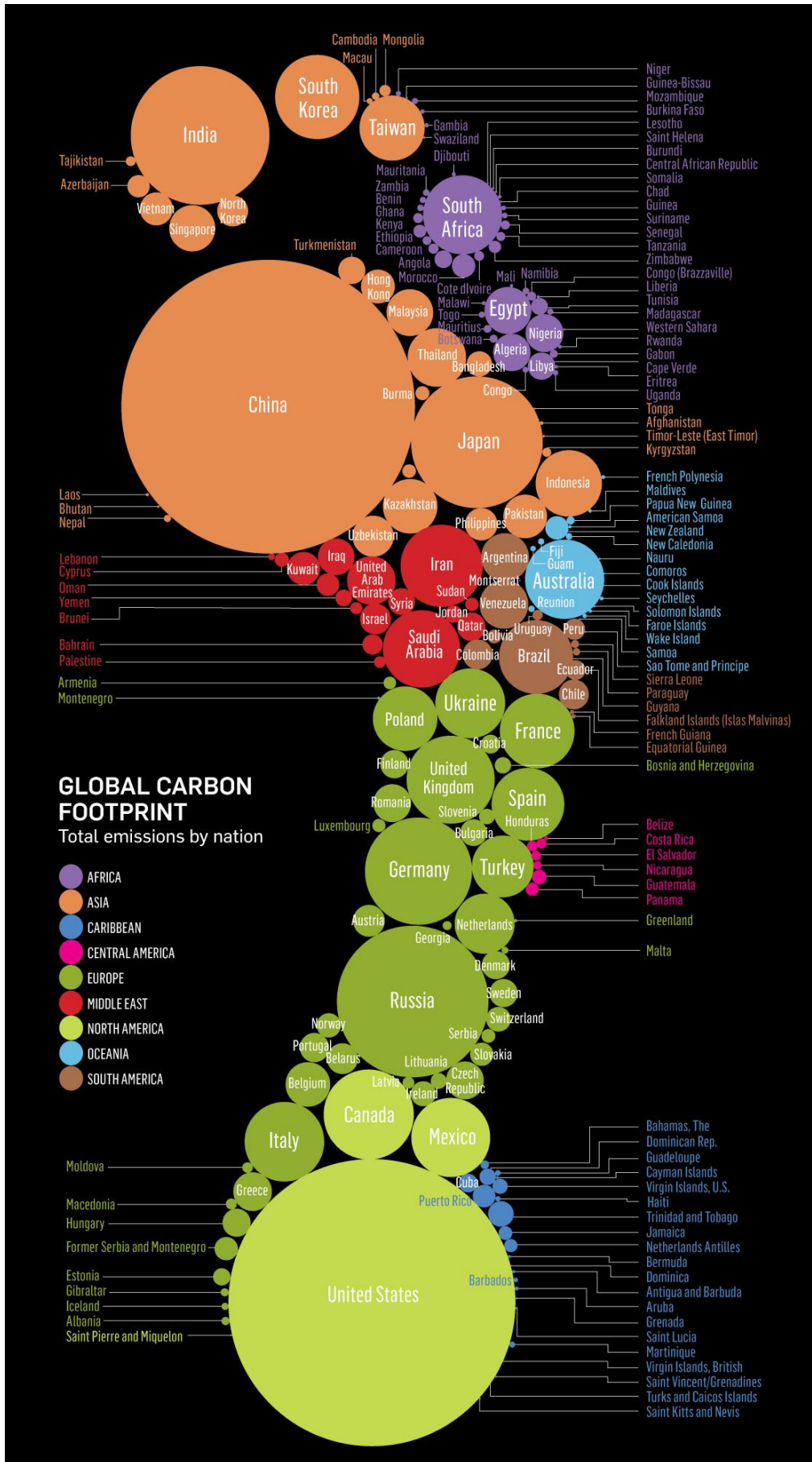


maddeleri ihtiyacını frenlemekte ve dolayısıyla ortaya çıkacak sera gazı salımları oranlarını aşağıya doğru çekmektedir. Sadece 2005 yılında 1.3 milyar ton Çin karbon emisyonu indirimi sağlandığı açıklanmaktadır. Bu görüş yıllara doğru yaygınlaştırıldığı takdirde 1960 yılından beri çok daha fazla miktarda emisyon sınırlaması gerçekleştirildiği ileri sürülmektedir. Ortaya atılan fikir tam anlamıyla dünya iklim politikası içeriğinde kabul edilmemektedir. Ancak, söz konusu sav global iklimsel değişim politikaları kapsamının çok daha ötesinde küresel sera gazı miktarlarını etkileyen önemli faktörler arasında sayılmaktadır. “Dünya karbondioksit salımları azaltma politikaları ve global emisyon eylem planları” çerçevesinde elde edilen ayrıca üç adet ders de belirgin hale gelmektedir.

Elde edilen dersler bağlamında beklentilere kıyasla daha büyük önem taşıyan küresel ormansızlaşmayı önleme ya da orman bozulmasını yavaşlatma politikaları yer almaktadır. Orman ağaçları büyüdükleri sırada atmosferdeki karbonu absorblar iken kesildikleri takdirde ise çevreye salmaktadır. Science Dergisi’nde yayımlanan son bir araştırma sonucu, Brezilya ormanlarının yok olmasının engellenmesi politikası ile birlikte atmosfere yılda 400 milyon ton karbondioksit emisyonunun durdurulduğunu işaret etmektedir. Böylece, Brezilya orman yıkımının önlenmesi eylem planı uygulamaları sayesinde 2005 ve 2013 tarihleri arasında toplam 3.2 milyar ton karbondioksitin atmosfere salınımı durdurulmuştur. Brezilya Amazon yağmur ormanları katliamı amansız şekilde sürdürülmesi durumunda yıllık 400 milyon ton olmak üzere 3.2 milyar ton karbondioksit çevreye salınacaktı. Tropikal iklim kuşağı ülkeleri içeriğinde sadece orman sahalarının tarımsal alanlara dönüştürülmesi için ağaç kesilmesi çalışmalarının yavaşlatılması projeleri ve politikaları, 20 yıl öncesine nazaran küresel sera gazı emisyonlarının %11 oranında azaltılması ve sınırlandırılmasına karşılık gelmektedir. Öte yandan, küresel orman tahribatları engellenmesi, çevreye salınan toplam karbondioksit miktarı açısından önemli ölçüde katkı sağlamasına rağmen endüstriyel boyutta global karbondioksit emisyonları miktarları artmaktadır. Bununla beraber küresel karbondioksit salımları miktarları artış hızı sınırlı düzeyde kalmaktadır. Örneğin, taşıt araçları verim artışı yönetmelikleri aynı zamanda yapı ve ev aletleri enerji verimliliği kuralları getirilmesi de global karbondioksit salınımları düşürülmesi eylem planları arasında ciddi yer tutmaktadır. **Amerika Birleşik Devletleri** 1970’li yılların ortalarından beri **ABD** kara nakil araçları

sera gazı emisyonları ve yakıt verimliliği standartları konularında yönetmelik çalışmaları sürdürmektedir. Birleşik Devletler Ulaştırma Bakanlığı (United States Department of Transportation – DOT), yeni ABD taşıt araçları sera gazı salınımları standartları kanalıyla yılda takribi 460 milyon ton karbondioksit miktarı olmak üzere 2012 – 2025 periyodu içinde toplam 6 milyar ton karbondioksit salımı limitlenmesi temin edileceğini tahmin etmektedir. Avrupa Birliği AB otomobil ve hafif nakil araçları emisyon standartları, Avrupa'ya açılmak isteyen deniz aşırı motorlu taşıt aracı üreticileri açısından sayısız fırsatlar ve avantajlar da doğurmaktadır.

Şemada küresel karbon ayak izi büyüklükleri ve toplam emisyon miktarları kıtalara göre ülkeler bazında gösterilmektedir. Gösterimde yukarıdan aşağıya Asya ülkeleri karbon emisyonları pembe renkli, Afrika ülkeleri karbon salımları eflatun renkli, Ortadoğu ülkeleri karbon salınımları kırmızı renkli, Güney Amerika ülkeleri karbon emisyonları bej renkli, Avustralya, Yeni Zelanda dâhil Orta ve Güney Pasifik adaları, Okyanusya (Oceania) ülkeleri karbon salınımları açık mavi renkli, Avrupa ülkeleri karbon salımları yeşil renkli, Orta Amerika ülkeleri karbon salınımları koyu pembe renkli, Kuzey Amerika ülkeleri karbon emisyonları açık yeşil renkli ve karayip ülkeleri (Karayipler, Caribbean) karbon salımları mavi renkli işaret edilmektedir. Küresel karbondioksit emisyonları yönünden, **Asya kıtasında Çin, Hindistan, Japonya ve Güney Kore**, **Afrika kıtasında Güney Afrika Cumhuriyeti**, **Ortadoğu'da İran ve Suudi Arabistan**, **Güney Amerika'da Brezilya**, **Pasifik Okyanusu'nda Avustralya**, **Avrupa kıtasında Rusya Federasyonu, Almanya, İtalya ve İngiltere**, **Kuzey Amerika'da ise ABD ve Kanada** dikkat çekmektedir. Global fosil yakıt kullanımları ve tüketimleri söz konusu ülkelerin karbon salımları artışları bağlamında önemli rol oynamaktadır. Sonuçta mevcut durum, küresel sera gazı emisyonları azaltma politikaları doğrultusunda “global iklim değişikliği eylem planları uygulamaları ve projeksiyonları” konularında uluslararası yasal çalışmaları zorunlu kılmaktadır [3].



Ondokuzuncu yüzyıl sanayi devriminden bu yana küresel karbondioksit emisyonları ve global karbon salınımları dizginlenemez şekilde artmaktadır. Ekonomik koşulları hangi düzeyde olursa olsun her ülkenin gezegenin geleceği açısından karbonsuz enerji sistemleri ile düşük karbon teknolojileri seçeneklerini titizlikle ve dikkatle değerlendirmesi gerekmektedir. Global çevresel kriterler ve düşük karbon ekonomileri çerçevesinde söz konusu seçeneklerin dikkate alındığına dair ciddi çalışmalar da önemli ölçüde göze çarpmaktadır. Çoğunlukla enerji tüketen zengin ülkeler tarafından oluşturulan Uluslararası Enerji Ajansı (**International Energy Agency – IEA**), 2014 yılı küresel karbondioksit salımları rakamlarının 2013 yılı rakamlarına eşit olduğunu hesaplamaktadır. Son kırk yıl içinde dünya karbondioksit emisyonlarının azalması sadece 1980 ve 2008 yıllarında ortaya çıkmıştır. Dünya karbondioksit salımlarının düşmesi o yıllarda global ekonomik durgunluk sonrası patlak veren küresel finansal krizler ve mali iflaslar nedeniyle gerçekleşmiştir. Bu defa dünya karbondioksit emisyonlarının düz seyir izlemesi ve geçmiş yıllara kıyasla bir artış kaydetmemesi ekonomik sebepler ile ilişkili değildir. Uluslararası Para Fonu (**International Monetary Fund – IMF**), 2014 küresel ekonomik büyüme rakamının 2013 yılına göre %3.3 oranında yükseldiğini açıklamaktadır. **IMF** tarafından açıklanan global ekonomik büyüme rakamına rağmen 2014 yılında küresel karbondioksit salımları bazında kayda değer artış gözlenmemiştir. **Avrupa Birliği AB** ülkeleri genelinde üretilen mal ve hizmetlerin tümünü kapsayan **Gayri Safi Yurt İçi Hâsıla GSYİH**, günümüzde ise kısaca takribi ulusal gelir olarak tanımlanan **Gross Domestic Product – GDP**, 2014 yılında %1.4 oranında yükselmiştir. **Avrupa Birliği AB GDP** rakamı yükselmesine rağmen enerji kullanımı ve tüketimi kaynaklı 2014 yılı **AB** karbondioksit emisyonları %6 oranında azalmıştır. Son beş yıl içinde zengin ülkeler **GDP** verisi %7 büyüme gösterirken söz konusu ülkelerin karbondioksit salımları ise %4 oranında düşmüştür. Böylece, zengin ülkeler karbondioksit emisyonlarının kontrol ve denetim altına alınması sayesinde kalkınmakta olan ülkeler menşeli küresel karbon salınımları artışları da dengelenmektedir. **IEA** bulguları, çevre kirliliği yasal düzenlemeleri ve uygulamalarının yürürlüğe girmesinin dünya karbondioksit salımlarının dizginlenmesi bağlamında etkin olduğunu işaret etmektedir. Örneğin, geçen on yıl zarfında **AB** ev aletleri sayısı %25 artmasına rağmen meskenlerde elektrik kullanımı düz bir seyir izlemiştir. **Avrupa Birliği AB** çevre kirliliği yasal düzenlemeleri kapsamında uygulanan **AB** ev aletleri verimliliği standartları, Avrupa

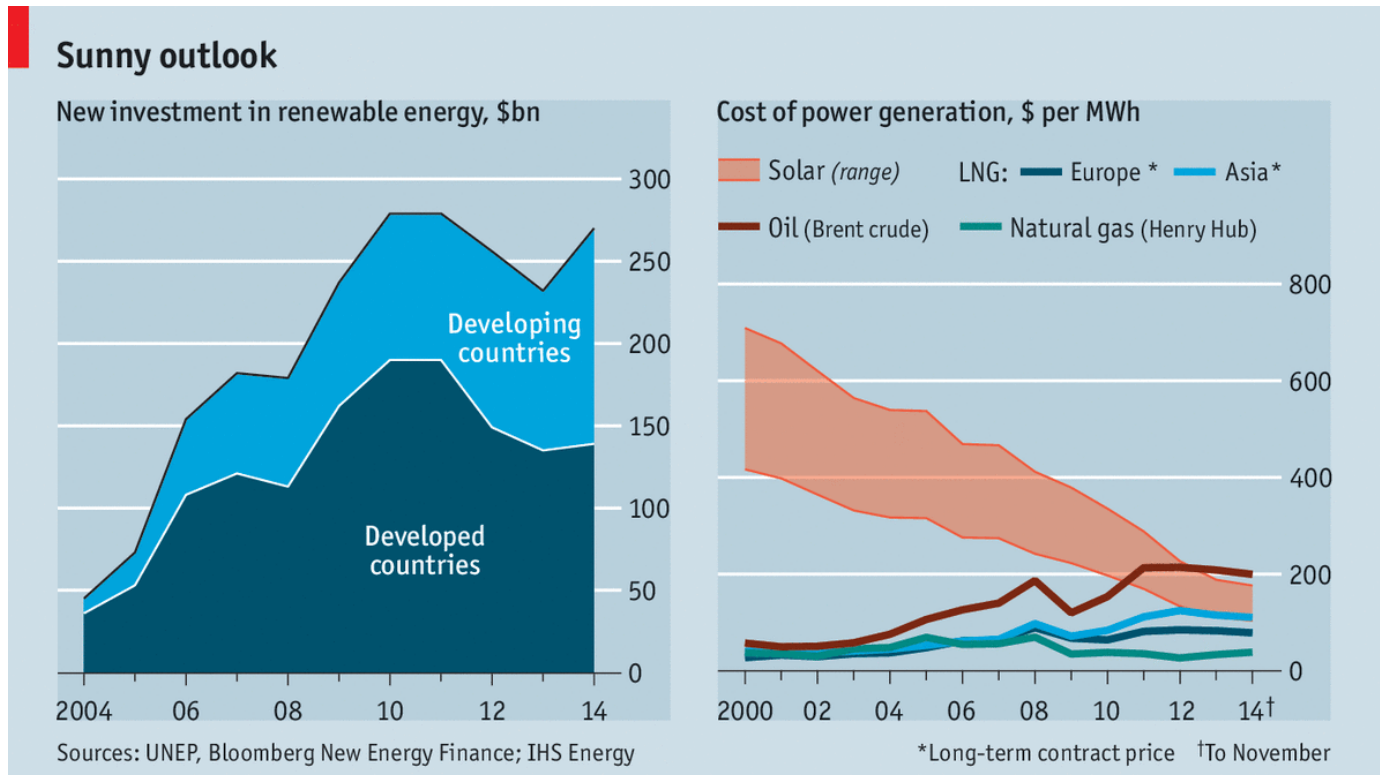
elektrik tüketimi ve kullanımı artışlarını sınırlayan en büyük faktör kabul edilmektedir. **IEA**, tüm dünyada 2014 yılında satılan otomobillerin dörtte üçünün taşıt araçları emisyon standartları ve diğer motorlu vasıta verimlilik kriterleri kapsamına uygun şekilde üretildiği ve piyasalara sürüldüğünü hesaplamaktadır. Örneğin, 2014 yılı **AB** otomobilleri yakıt verimliliği 2000 yılına kıyasla %28 oranında yükselmiştir. Küresel boyutta otomobillerin yakıt verimliliği de aynı periyot zarfında yine önemli sayılabilecek %16 artış göstermiştir. **IEA**, **ABD** sera gazı emisyonlarının 2014 yılında küçük bir yükselme trendi içine girdiğini saptamıştır. Ancak, Amerikan nakil vasıtaları karbondioksit emisyonları standartları uygulamaları ile birlikte aşırı salım artışı önlenmiştir. Ayrıca, Amerika karbondioksit salınımlarının sınırlandırılması bağlamında temel yük kaynağı demode kömür yakıtlı termik santraller yerine baz enerji kaynağı yeni kuşak doğalgaz kombine çevrim santralleri kurulması da önemli ölçüde katkı sağlamaktadır. **ABD** yenilikçi doğalgaza dayalı güç santralleri ünitelerinde kullanılan yakıt ise klasik gaz türleri arasında olmayan ülkenin zengin yeni nesil şeyl – kaya gazı rezervleri ve yatakları yoluyla temin edilmektedir. Dünyanın en büyük sera gazı üreticisi kabul edilen Çin'in ekonomik büyüme hızı rakamlarında görülen durgunluk belirtisi de dünya karbondioksit emisyonlarının düşme eğilimi yönünde önemli sayılmaktadır. **GDP** rakamları içerisinde can alıcı rol oynayan Çin imalat ve ağır sanayi sektörleri ekonomik sıkıntıları, ülkenin kömür talebinin düşmesine neden olmaktadır. Çin Ulusal İstatistik Bürosu (**National Bureau of Statistics China – NBS**), ülkede 2014 yılı kömür tüketimi ve kullanımı rakamlarının yaklaşık %3 azaldığını açıklamaktadır. Kömür tüketiminin düşmesi atmosfere salınan Çin karbondioksit emisyonlarının kısıtlanması, kontrol ve denetim altına alınması yönünde az da olsa olumlu sonuç vermektedir. Küresel sera gazı emisyonları düz bir seyir izlemesine karşın iklim üzerindeki etkisi çok sınırlı seviyede kalmaktadır. Global karbon emisyonları miktarları artış göstermemesine rağmen yine de 2014 yılında çok büyük oranlarda karbondioksit atmosfere salınmıştır. Bu nedenle Hawaii Mauna Loa Gözlem İstasyonu tarafından alınan atmosferik karbondioksit konsantrasyonu standart ölçümü, sadece marjinal düzeyde yukarıya doğru bir artış kaydetmiştir. Kuzey yarı kürede büyük ormanların büyüme ve aktif olmayan zamanlarına uyumlu med cezir olayları süreçleri de dikkate alındığı takdirde küresel karbondioksit konsantrasyonu Ocak 2015 de atmosferdeki milyon başına parçacık sayısı kritik kabul edilen 400 **ppm** (**parts per million**) değerini aşmıştır. Dünya karbondioksit

salınımları hiç yükselme göstermeden düz bir seyir izlese bile sanayi devrimi öncesi değerine kıyasla 2100 yılına kadar küresel sıcaklık artışı yaklaşık 3°C olacağı hesaplanmaktadır. İklim bilimcilerin çoğunluğu dünya sıcaklık artışı değerinin 2°C ile sınırlanması gerektiğini savunmaktadır. Bu nedenle söz konusu bilim insanları dünya karbondioksit emisyonları ve karbon salımlarının azaltılması için önlemler alınmasına vurgu yapmaktadır. Her şeye rağmen **IEA** bulgusu büyük önem taşımaktadır. Ortaya çıkan durum ilginç şekilde küresel iklim değişikliği anlaşması sağlanmadan ve global karbon fiyatı üzerinde bir mutabakat temin edilmeden gerçekleşmiştir. Gerçek anlamda karbondioksit emisyonlarını dizginleyen kanıtın gözlenebilmesi ise 2015 yılı sonunda düzenlenecek olan **Birleşmiş Milletler BM Paris Küresel İklim Değişikliği Anlaşması Zirvesi** müzakerelerinin başarı şansını biraz daha artırmaktadır. Türkiye kökenli **IEA** üst düzey yetkilisi ekonomist Fatih Birol, son verilerin uluslararası anlaşmaya varılması konusunda kendisini son derece umutlandırdığını belirtmektedir. Sonuçta, Paris **BM** iklim mutabakatı müzakereleri fiyasko ile sonuçlanması halinde bilim insanlarınca ortaya atılan muhtemel “2°C’lik kritik global sıcaklık artışı” hedefine kolayca ulaşılabileceği da yine aynı yetkili uzman tarafından vurgulanmaktadır [4].

**Yenilenebilir enerji kaynakları YEK** e dayalı rüzgâr elektrik santralleri **RES** ve güneş enerjisi santralleri **GES** kompleksleri güç üretimi yatırımları tutarı 2014 yılı itibariyle küresel ölçekte yaklaşık %18 oranında artarak 270 milyar dolara yükselmiştir. Söz konusu küresel **YEK** yatırımları artışı içeriğinde zengin ülkeler sübvansiyonları ve mali destekleri özellikle de **GES** üniteleri projeleri için %30 oranında sağlanan **Amerika Birleşik Devletleri** federal vergi kredisi sistemi oldukça büyük bir dilimi oluşturmaktadır. Net metering mahsuplaşma adı verilen sistem gereği küçük ölçekli **GES** tesisleri bulunan tüketiciler, ödedikleri elektrik fiyatına eşit bir tarife üzerinden ürettikleri güç arzı fazlalıklarını şebekeye satabilmektedir. Araştırma Firması Bernstein, sistem içinde vergi kredisi kesilse bile 2019 yılına kadar Amerikan perakende elektrik satışları rakamlarının %9.7 oranında **GES** elektrik üretimi yoluyla gerçekleşeceğini hesaplamaktadır. Söz konusu **GES** güç üretimi sağlandığı takdirde şimdikine kıyasla 2019 yılında 30 kat daha yüksek güneş enerjisi elektrik üretimi kapasitesine erişim temin edilecektir. Çok büyük **GES** tesisleri küçük boyutlu **GES** ünitelerine kıyasla düşük maliyetli olmaktadır. **YEK** tesis maliyetleri ve kazançları çerçevesinde değerlendirildiği takdirde küçük **GES** sistemleri ekonomik getirisi de

önemsiz kalmaktadır. Bununla beraber **YEK** ünitelerinin dünyanın zengin ülkeleri tüketicileri arasında tam anlamıyla yaygınlaşması halinde sözü edilen maliyetler ve getiriler kayda değer bir önem kazanacaktır. Global **YEK** yatırımları takribi %50 oranında kalkınmakta olan ülkeler tarafından yapılmaktadır. Gelişmekte olan ülkeler **YEK** üniteleri yatırımları açısından ilk sırada ise Çin gelmektedir. Çin sera gazı emisyonları günden güne hızla artmaktadır. Temel yük kaynağı düşük kaliteli linyit ve kömür yakıtlı termik santraller elektrik üretimi bağımlılığı %80 düzeyinde olan Çin'in tüm yerleşim yerlerinin hava kirliliği ölçümleri insan sağlığı perspektifleri ve çevre güvenliği standartları bağlamında sürekli alarm vermektedir. Ayrıca, dünya nüfusunun beşte birini oluşturan Çin küresel ısınma ve iklim değişiklikleri mekanizmaları zararlı etkilerini en aza indirmek için karbondioksit salınımlarının engellenmesi yönünde de ciddi çabalar harcamaktadır. Çin hava kirliliği yasal düzenlemeleri birer birer yürürlüğe girmektedir. Gelişmiş ülkeler arasında Amerika federal düzeyde yeni çevre kirliliği yasal düzenlemeleri çıkarmaktadır. Yaklaşık kırk yılı kapsayan **Energiewende** enerji dönüşüm politikası izleyen Almanya ise karbondioksit salınımları ve karbon salımları için çok sıkı tedbirler getirmektedir. Almanya **Energiewende** enerji değişim stratejisi fosil yakıtlar ve nükleer enerji tabanlı elektrik üretimi sistemlerinden yenilenebilir enerji kaynakları **YEK** güç üretimi üniteleri komplekslerine çevrim biçiminde nitelendirilmektedir. **Energiewende** enerji dönüşüm programı ve planı gereğince 2050 yılına kadar Almanya elektrik üretimi temelinde %80 oranında **YEK** kökenli güç santralleri kanalıyla karşılanması hedeflenmektedir. Öte yandan, 2011 yılında maksimum değere ulaşan küresel **YEK** güç üniteleri yatırımları 2014 yılında biraz yavaşlamıştır. Bununla beraber şimdilerde **YEK** yatırımcıları, yatırılan kapitale nazaran daha fazla enerji sağlamaktadır. Gelecekteki **GES** ünitelerinin en önemli sorunu, enerji depolama bataryaları maliyetleri üzerine yoğunlaşmaktadır. Ancak, enerji depolama aküleri maliyetleri de 2005 yılına kıyasla %60 oranında azalmıştır. **GES** elektrik üniteleri toplam maliyeti ise 2000 yılına göre %75 seviyesinde bir düşüş kaydetmiştir. Danışmanlık Firması **IHS**, 2025 yılına kadar **GES** sistemleri maliyetleri kümülatif düşüş oranını %90 olarak öngörmektedir. Düşünce kuruluşu ve müşavirlik hizmeti veren Rocky Mountain Institute 07 Nisan 2015 tarihinde bir rapor yayımlamıştır. Yayımlanan raporda **YEK** yatırım maliyetlerinin hızla düşmesinin getireceği olası değişimler vurgulanmaktadır. Rapor içeriğinde **ABD** New York Eyaleti Westchester kenti çarpıcı örnek olarak gözönüne alınmaktadır. Örnekte 2030 yılına

kadar şebekeye bağlı olan ortalama elektrik faturası aylık bazda 357 dolar olacağı, bununla beraber enerji depolayan batarya sistemli **GES** güç ünitesine bağlı tasarımın aylık ortalama elektrik faturası da daha düşük sadece 268 dolar düzeyinde kalacağı hesaplanmaktadır. Diğer taraftan, çoğunlukla bugün için şebekeye tamamen bağlı konumda olan ticari müşteriler 2030 yılına kadar güçlerini %25 oranında şebekeden karşılayacak ve 2050 yılında ise ana şebekeden güç karşılama oranı %5 den daha az bir seviyeye kadar düşecektir. Hidroelektrik santralleri **HES** elektrik üniteleri hariç tutulmak üzere hâlihazırdaki global elektrik üretimi yaklaşık %10 oranında **YEK** güç sistemleri vasıtasıyla sağlanmaktadır. Mevcut eğilimler ve trendlere göre 2020 yılı küresel elektrik üretimi portföyü içinde **YEK** üretimleri %20'ye çıkararak iki misli artacaktır. Sonuçta, küresel ısınma ve ortalama global sıcaklık artışı miktarlarının hangi düzeyde sınırlandığını ise gerçekte “dünya düşük karbon teknolojileri **YEK** üniteleri verimlilik değişimleri ve yükselişleri” belirleyecektir [5].



Economist.com

Yukarıda sol taraftaki grafikte yeni yenilenebilir enerji kaynakları yatırımları maliyetleri yıllara göre dağılımı milyar dolar bazında hem [kalkınmakta ülkeler için mavi renkli](#) hem de [kalkınmış olan ülkeler için lacivert renkli](#) olarak gösterilmektedir. Sağdaki grafikte ise çeşitli enerji kaynakları yönünden megawatt saat başına dolar olarak güç üretim maliyetleri rakamlarının yıllara göre değişimi işaret edilmektedir.





71 megawatt kapasiteli Lieberose **Güneş Enerjisi Santrali GES** üniteleri Berlin – Almanya



Yukarıdaki resimde Almanya **Rüzgâr Enerjisi Santralleri RES** görüntülenmektedir.



Yukarıda fotoğrafta İngiltere deniz üstü Rüzgâr Enerjisi Santralleri RES çiftliği resmedilmektedir.

**Kaynaklar:**

[1] The Economist Dergisi, 01 Aralık 2012.

[2] The Economist Dergisi, 30 Mart 2013.

[3] The Economist Dergisi, 20 Eylül 2014.

[4] The Economist Dergisi, 21 Mart 2015.

[5] The Economist Dergisi, 11 Nisan 2015.

[6] Ahmet Cangüzel Taner, “Yenilikçi Düşük Karbon Teknolojileri Profili ile Küresel Hidrokarbon Kaynaklar Dönüşüm Sürecinde Global Termal Kömür ve Kok Kömürü Fiyatları Düşüşleri” Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2015, ss. 4-5.