

(*) Türkeş, M. 2003. Sera gazı salımlarının azaltılması için sürdürülebilir teknolojik ve davranışsal seçenekler (Sustainable technological and behavioral options for reducing of greenhouse gas emissions). V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi: ÇEVRE BİLİM ve TEKNOLOJİ Küreselleşmenin Yansımaları, Bildiriler Kitabı, 267-285, Ankara.

SERA GAZI SALIMLARININ AZALTILMASI İÇİN SÜRDÜRÜLEBİLİR TEKNOLOJİK VE DAVRANIŞSAL SEÇENEKLER (*)

Doç. Dr. Murat TÜRKEŞ, Jeomorfolog/İklimbilimci
Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, PK 401, Ankara

ÖZET

Yerküre iklimi, atmosfere salınan insan kaynaklı sera gazlarının doğal sera etkisini kuvvetlendirmesi yüzünden ısınmaktadır. Farklı sera gazı emisyon (salım) senaryolarına dayanan iklim modelleri, 21'nci yüzyılda önemli iklim değişikliklerinin olacağını öngörmektedir. Öngörülen iklim değişikliklerini önlemenin ve bu değişikliklerin, sosyoekonomik sektörler, doğal ekosistemler ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerini en aza indirmenin en iyi yolu ise, insan kaynaklı sera gazı salımlarını azaltmak ve ormanlar gibi karbon tutucu ortamları (yutakları) çoğaltmak ve kuvvetlendirmektir.

Teknolojik yenilikler, insan davranışlarındaki özellikle tüketim kalıplarındaki değişikliklerle birlikte, iklim değişikliğinin önlenmesi etkinlikleri açısından gelecekte de en önemli rolü oynayacaktır. İnsan kaynaklı sera gazı salımlarının önemli bir bölümü enerji üretimi ve kullanımıyla ilişkili olduğu için, yeni teknolojilerin çoğu, fosil yakıt çevrimi verimliliğinin iyileştirilmesine, enerji tasarrufunun ve verimliliğinin artırılmasına (örneğin, ulaştırma sektöründe ve elektrik kullanımında) ve düşük ya da sıfır karbonlu enerji kaynaklarının geliştirilmesine odaklanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Küresel iklim değişikliği; Sürdürülebilir kalkınma; Fosil yakıtlar; Sera gazı salımları; Yenilenebilir enerjiler; Yeni ve temiz teknolojiler.

SUSTAINABLE TECHNOLOGICAL AND BEHAVIORAL OPTIONS FOR REDUCING OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS

ABSTRACT

The Earth's climate has been warming due to the increased greenhouse effect caused by the anthropogenic greenhouse gases emitted into the atmosphere. Climate models based on the different greenhouse gas emissions scenarios have predicted that the significant climate changes will occur in the 21th Century. The best way for preventing of the projected climate changes, and for mitigating negative impacts of these changes on socio-economic sectors, natural ecosystems and the human health is to reduce the human-induced greenhouse gas emissions and to increase and strength the carbon sinks.

Technological innovations along with the changes in human behaviours, particularly in consumption patterns, will play the most important role in the future too, with respect to the activities of the climate change prevention. Many of new technologies focus on improving of the efficiency of fossil fuel conversion, increasing of the energy conservation and efficiency (e.g., in transportation sector and electricity use), and developing of the low or zero carbon energy sources, since an important portion of the anthropogenic greenhouse gas emissions is related to the energy production and use.

Key words: Global climate change; Sustainable development; Fossil fuels; Greenhouse gases; Renewable energies; New and clean technologies.

1. GİRİŞ

İklim değişikliği, çok genel bir yaklaşımla, "Nedeni ne olursa olsun iklim koşullarındaki büyük ölçekli (küresel) ve önemli yerel etkileri bulunan, uzun süreli ve yavaş gelişen

Türkeş, M. 2003. Sera gazı salımlarının azaltılması için sürdürülebilir teknolojik ve davranışsal seçenekler (Sustainable technological and behavioral options for reducing of greenhouse gas emissions). V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi: ÇEVRE BİLİM ve TEKNOLOJİ Küreselleşmenin Yansımaları, Bildiriler Kitabı, 267-285, Ankara.

değişiklikler” biçiminde tanımlanabilir (Türkeş, 1997a). İklimdeki değişiklikler, buzul ve buzularası çağlar arasında, dünyanın çeşitli bölgelerinde ortalama sıcaklıklarda oluşan büyük değişiklikler şeklinde ortaya çıktığı gibi, yağış değişimlerini de içermektedir (Türkeş, 2001a). Bugünkü bilgilerimize göre, Yerküre’in 4.5 milyar yıllık çok uzun jeolojik tarihi boyunca iklim sisteminde milyonlarca yıldan on yıllara kadar tüm zaman ölçeklerinde doğal etmenler ve süreçlerle birçok değişiklik olmuştur. Jeolojik devirlerdeki iklim değişiklikleri, özellikle buzul hareketleri ve deniz seviyesindeki değişimler yoluyla yalnız dünya coğrafyasını değiştirmekle kalmamış, ekolojik sistemlerde de kalıcı değişiklikler oluşturmuştur.

Ancak sanayi devriminden beri, iklimdeki doğal değişebilirliğe ek olarak, ilk kez insan etkinliklerinin de iklimi etkilediği yeni bir döneme girildi. Sanayi devriminden beri, özellikle fosil yakıtların yakılması, arazi kullanımı değişiklikleri, ormansızlaşma ve sanayi süreçleri gibi insan etkinlikleri sonucunda atmosfere salınan sera gazlarının atmosferdeki birikimleri hızla artmaktadır. Bu ise, doğal sera etkisini kuvvetlendirerek, şehirleşmenin de katkısıyla, dünyanın yüzey sıcaklıklarının artmasına neden olmaktadır. Bu yüzden, günümüzde iklim değişikliği, sera gazı birikimlerini arttıran insan etkinlikleri dikkate alınarak da tanımlanabiliyor. Örneğin Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi’nde (İDÇS), “Karşılaştırılabilir bir zaman döneminde gözlenen doğal iklim değişikliğine ek olarak, doğrudan ya da dolaylı olarak küresel atmosferin bileşimini bozan insan etkinlikleri sonucunda iklimde oluşan bir değişiklik” biçiminde tanımlanmaktadır.

Küresel ısınmaya yol açan sera gazları; esas olarak, fosil yakıtların yakılması (enerji ve çevrim), sanayi (enerji ilişkili; kimyasal süreçler ve çimento üretimi, vb. enerji dışı), ulaştırma, arazi kullanımı değişikliği, katı atık yönetimi ve tarımsal (enerji ilişkili; anız yakma, çeltik üretimi, hayvancılık ve gübreleme vb. enerji dışı) etkinliklerden kaynaklanmaktadır. Küresel hesaplamalara göre, atmosfere salınan insan kaynaklı sera gazı salımları nedeniyle, küresel karbon dengesi denk kapanmamaktadır. Küresel karbon döngüsünün normal akışlarına ek olarak, esas olarak arazi kullanımı değişiklikleri ve ormansızlaştırma yoluyla 1.6 milyar ton (Mt) ve fosil yakıt yanmasından 6.3 Mt olmak üzere her yıl toplam 7.9 Mt karbon (C) atmosfere salınır (IPCC, 2002a) (Şekil 1). Küresel karbon döngüsünün iki büyük ana bileşenini oluşturan karasal ekosistemler (ormanları da içeren tüm bitki örtüsü ve topraklar) ve okyanuslar, toplam tutarın 4.6 (2.3+2.3) MtC’lik bölümünü tutar. Karasal ekosistemlerin ve okyanusların tuttuğu ya da

Türkeş, M. 2003. Sera gazı salımlarının azaltılması için sürdürülebilir teknolojik ve davranışsal seçenekler (Sustainable technological and behavioral options for reducing of greenhouse gas emissions). V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi: ÇEVRE BİLİM ve TEKNOLOJİ Küreselleşmenin Yansımaları, Bildiriler Kitabı, 267-285, Ankara.

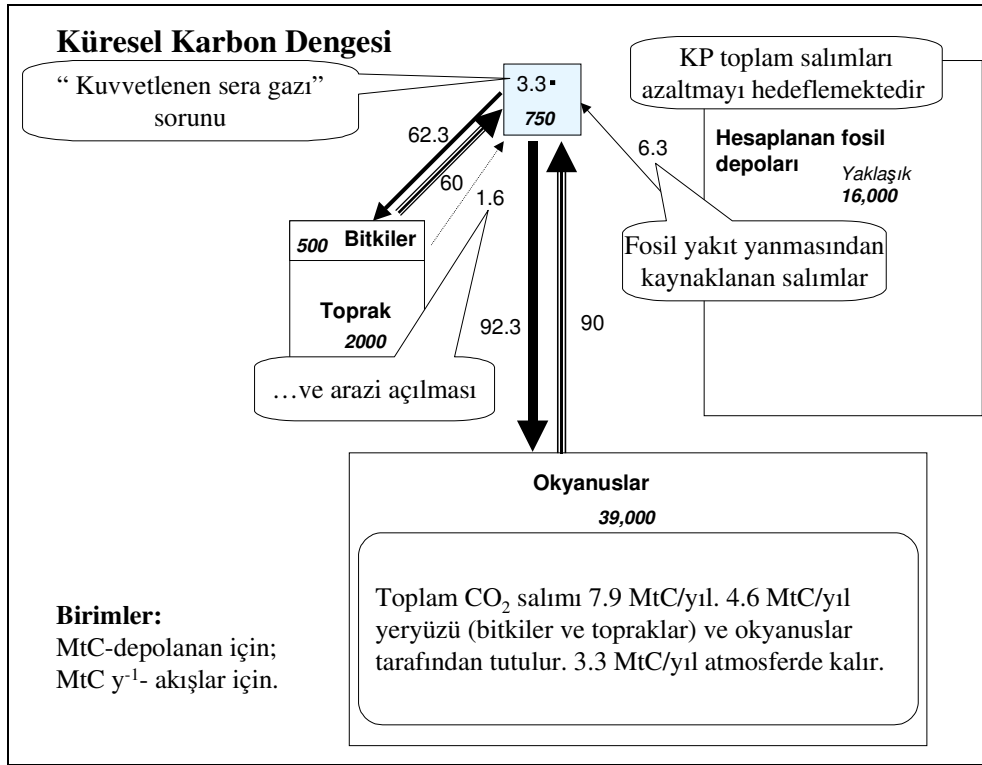
uzaklaştırdığı karbon tutarı atmosfere salınan toplam tutardan çıkarıldığında, her yıl insan kaynaklı net 3.3 MtC'nin atmosferde kaldığı bulunur. İklim değişikliğinin önlenemesinin odak noktasını da, her yıl atmosferde kalan bu yaklaşık 3.3 MtC'lik fazla karbonun kontrol edilmesi ve atmosferden uzaklaştırılması (azaltılması) oluşturur.

Temel olarak insan etkinlikleri sonucunda atmosferin kimyasal bileşiminde ortaya çıkan önemli değişiklikler sonucunda, küresel yüzey sıcaklıklarında 19. yüzyılın sonlarında başlayan ısınma, 1980'li yıllarla birlikte daha da belirginleşerek, hemen her yıl bir önceki yıla göre daha sıcak olmak üzere, küresel sıcaklık rekorları kırdı (Türkeş, 2000, 2001a, 2001b). Küresel olarak, 1990'lı yıllar 1860 yılından sonraki aletli gözlem kayıtlarındaki en sıcak on yıldır; 1998 ise, +0.58 C°'lik anomali ile en sıcak yıldır (Şekil 2). İkinci en yüksek sıcaklık rekoru +0.47 C° ile 2002 yılındadır (Türkeş, 2003). Benzer ısınma eğilimleri ve yüksek sıcaklık rekorları, kuzey ve güney yarım kürelerin yıllık ortalama sıcaklıklarında da gözlenmektedir.

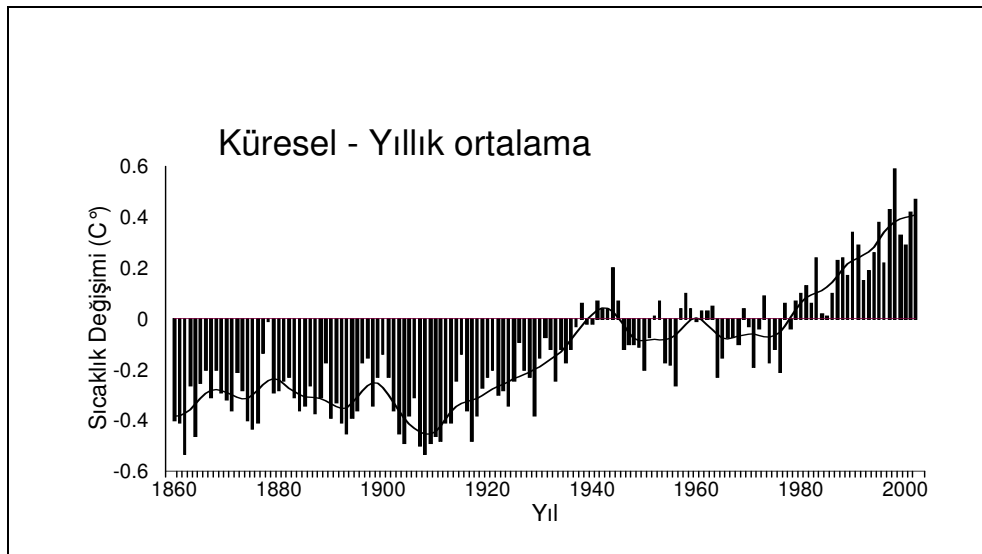
Küresel iklimde gözlenen ısınmanın yanı sıra, en gelişmiş iklim modelleri, küresel ortalama yüzey sıcaklıklarında 1990-2100 dönemi için 1.4 ile 5.8 C° arasında bir artış olacağını öngörmektedir (IPCC, 2001a). Küresel sıcaklıklardaki artışlara bağlı olarak da, hidrolojik döngünün değişmesi, kara ve deniz buzullarının erimesi, kar ve buz örtüsünün alansal daralması, deniz seviyesinin yükselmesi, iklim kuşaklarının yer değiştirmesi ve yüksek sıcaklıklara bağlı salgın hastalıkların ve zararlıların artması gibi, dünya ölçeğinde sosyo-ekonomik sektörleri, ekolojik sistemleri ve insan yaşamını doğrudan etkileyecek önemli değişikliklerin oluşacağı beklenmektedir (IPCC, 2001b; Türkeş, 2001b; Türkeş ve diğerleri, 2001).

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) 3. Değerlendirme Raporu'nda temel aldığı tüm salım senaryolarında, teknolojinin belirgin bir biçimde kuvvetlendiği görülmektedir (IPCC, 2000, 2001c). Bu da, teknoloji alanındaki gelişmelerin, iklim değişikliğiyle savaşım eylemlerinde ve iklim değişikliğinin önlenmesi etkinliklerinde gelecekte de en önemli rolü oynayacağına işaret etmektedir. Bu yüzden, çalışmada, *Türkiye'nin gelecekteki olanakları ve gereksinimleri de dikkate alınarak, küresel iklim değişikliğine neden olan insan kaynaklı sera gazı salımlarını azaltmada yararlanabilecek olan çağdaş ve sürdürülebilir davranışsal ve bilimsel/teknolojik seçeneklerin ve bazı makro politika araçlarının olabildiğince tam bir listesinin verilmesi ve bunların -özellikle de yeterli düzeyde Türkçe bilgi ve kaynak bulunmayanlarının- geniş açılı olarak değerlendirilmesi ve/ya da sentezinin yapılması* amaçlandı.

Türkeş, M. 2003. Sera gazı salımlarının azaltılması için sürdürülebilir teknolojik ve davranışsal seçenekler (Sustainable technological and behavioral options for reducing of greenhouse gas emissions). V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi: ÇEVRE BİLİM ve TEKNOLOJİ Küreselleşmenin Yansımaları, Bildiriler Kitabı, 267-285, Ankara.



Şekil 1. Küresel karbon döngüsü ve insan kaynaklı sera gazı salımlarının küresel karbon dengesinde yaptığı değişiklikler (IPCC (2002a)’den değiştirilerek).



Şekil 2. 1961-1990 dönemi ortalamalarından farklara göre hesaplanan küresel yıllık ortalama yüzey sıcaklığı anomalilerinin 1860-2002 dönemindeki değişimleri. Yıllararası değişimler, 13 noktalı düşük geçirimli Binom süzgeci (—) ile düzgünleştirildi (Türkeş, 2003).

Türkeş, M. 2003. Sera gazı salımlarının azaltılması için sürdürülebilir teknolojik ve davranışsal seçenekler (Sustainable technological and behavioral options for reducing of greenhouse gas emissions). V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi: ÇEVRE BİLİM ve TEKNOLOJİ Küreselleşmenin Yansımaları, Bildiriler Kitabı, 267-285, Ankara.



Şekil 3. İklim değişikliği konulu uluslararası görüşmeler sürecinde 1979-2001 dönemindeki önemli dönüm noktaları ve gelişmeler (Türkeş (2001c)'ten güncelleştirilerek).

2. KÜRESEL İKLİMİN KORUNMASI

İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi

Birleşmiş Milletler (BM) İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (İDÇS), insan kaynaklı sera gazı salımlarının küresel düzeyde azaltmasını sağlayabilecek en önemli hükümetlerarası çaba olarak görülmelidir. Haziran 1992'de Rio Zirvesi'nde imzaya açılan İDÇS'ye, aralarında Türkiye'nin de yer aldığı az sayıda ülke dışında, 186 ülke ve AB taraftır. İDÇS, küresel iklimi korumaya ve sera gazı salımlarını azaltmaya yönelik genel ilkeleri, eylem stratejilerini ve yükümlülükleri düzenlemektedir (Şekil 3). Gelişmiş ülkelerin İDÇS altındaki temel yükümlülüğü, insan kaynaklı sera gazı salımlarını 2000 yılına kadar 1990 düzeylerinde tutmaktır.

İDÇS ve Taraflar Konferansının kabul edebileceği herhangi bir ilgili yasal aracın (1997'de geliştirilen Kyoto Protokolü'nün) nihai amacı (Madde 2), "Atmosferdeki sera gazı birikimlerinin, insanın iklim sistemi üzerindeki tehlikeli etkilerini önleyecek bir düzeyde durdurulmasını başarmaktır" (UNEP/WMO, 1995). Öte yandan İDÇS, atmosferdeki sera gazı salımlarının belirli bir düzeyde durdurulması hedefi konusunda 3 koşul öngörmektedir. Buna göre, sera gazı salımlarının durdurulması, "ekosistemlerin iklim değişikliğine doğal olarak uyum göstermesine izin verme; gıda üretiminin tehdit edilmemesini sağlama ve ekonomik kalkınmanın sürdürülebilir bir yolla yapılmasına olanak vermeye" yeterli bir sürede gerçekleştirilmelidir. Bu sürece yol gösteren bazı önemli ilkeler de, İDÇS/Madde 3'te belirtilmektedir. Bunlar, "eşitlik", "ortak ama farklılaştırılmış sorumluluklar", "önceden belirlenen önlem (ya da önleyici

Türkeş, M. 2003. Sera gazı salımlarının azaltılması için sürdürülebilir teknolojik ve davranışsal seçenekler (Sustainable technological and behavioral options for reducing of greenhouse gas emissions). V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi: ÇEVRE BİLİM ve TEKNOLOJİ Küreselleşmenin Yansımaları, Bildiriler Kitabı, 267-285, Ankara.

yaklaşım)", "maliyet-etkin önlemler", "sürdürülebilir kalkınma hakkı" ve "saydam bir uluslararası ekonomik sistem" olarak özetlenebilir. İDÇS'nin sürdürülebilir kalkınma yaklaşımı, Madde 3.4'te, "Taraflar sürdürülebilir kalkınmaya erişme hakkına sahiptirler ve onu desteklemelidirler" biçimindedir.

Kyoto Protokolü

Sera gazı salımlarını 2000 sonrasında azaltmaya yönelik yasal yükümlülükleri ise, Kyoto Protokolü (KP) düzenlemektedir (Şekil 3). KP'ye göre, Ek I Tarafları (OECD, AB ve eski sosyalist doğu Avrupa ülkeleri), KP'de listelenen sera gazlarını 2008-2012 döneminde 1990 düzeylerinin en az % 5 altına indirmekle yükümlüdür (UNEP/CCS, 1998). Bazı Taraflar, bu ilk yükümlülük döneminde sera gazı salımlarını arttırma ayrıcalığı alırken (örneğin, Avustralya % 8 arttırabilecek), Yeni Zelanda, Rusya Federasyonu ve Ukrayna'nın sera gazı salımlarında 1990 düzeylerine göre herhangi bir değişiklik olmayacaktır. AB, hem birlik olarak hem de üye ülkeler açısından % 8'lik bir azaltma yükümlülüğü almıştır. ABD'nin salım azaltma yükümlülüğü % 7'dir.

Kyoto düzenekleri (Ortak Yürütme, Temiz Kalkınma Düzeneği ve Salım Ticareti), gelişmiş ülkelere, sera gazı salımlarını buna bağlı olarak da iklim değişikliğinin etkilerini azaltma etkinliklerini en düşük maliyetle yüklenmek için, ulusal sınırlarının dışına çıkma kolaylığı sağlamaktadır (Türkeş ve diğerleri, 2000; Türkeş, 2001c). KP'nin ve Kyoto düzeneklerinin uygulanmasına ilişkin yasal kuralların çerçevesi, Temmuz 2001'de kabul edilen Bonn Anlaşması ile çizildi (Türkeş, 2001d). Bonn Anlaşması'nın içerdiği ana politik uzlaşma konuları ise, Kasım 2001'de Fas'ın Marakeş kentinde yapılan İDÇS Taraflar Konferansı'nın 7. toplantısında (TK-7) kabul edilen Marakeş Anlaşması (Şekil 3) ile de yasal metinlere dönüştürüldü.

ABD'nin Tavrı ve KP'nin Geleceği

KP, İDÇS'ye taraf en az 55 ülke tarafından onaylandıktan sonra yürürlüğe girebilecek ve yasal olarak bağlayıcı olacaktır. Ancak, KP'ye taraf olması öngörülen bu 55 ülkenin arasında, gelişmiş ülkelerin 1990 yılı toplam karbondioksit (CO₂) salımlarının en az % 55'ini karşılayan sanayileşmiş ülkelerin de yer alması gerekmektedir. ABD Başkanı G. W. Bush, ülkesinin ekonomik çıkarlarına olumsuz bir etkide bulunacağını ileri sürerek, Mart 2001'de KP'ye taraf olmayacağını açıkladı (Türkeş, 2001d, 2002e). Başkan Bush yönetiminin bu olumsuz

Türkeş, M. 2003. Sera gazı salımlarının azaltılması için sürdürülebilir teknolojik ve davranışsal seçenekler (Sustainable technological and behavioral options for reducing of greenhouse gas emissions). V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi: ÇEVRE BİLİM ve TEKNOLOJİ Küreselleşmenin Yansımaları, Bildiriler Kitabı, 267-285, Ankara.

yaklaşımıyla, özellikle enerji tüketim kalıplarında ulusal düzeyde ciddi değişiklikler yapılmadıkça ve tüm sektörlerde gerekli yasal önlemler alınmadıkça, ABD'nin sera gazı salımlarının gelecek on yıllarda da azalmasının olanaksız olduğu bilinmektedir.

ABD, Ek I ülkelerinin 1990 yılı toplam CO₂ salımları açısından % 36.1 gibi çok büyük bir paya sahip olduğu için, Bush yönetiminin bu olumsuz tavrı, KP'nin yürürlüğe girmesinde bir zorluğa ve gecikmeye neden olmaktadır. Ancak, uluslararası toplum, ABD'nin tüm engellemelerine ve KP düzeneklerini kendi lehine çevirme baskısına karşın, KP'nin ABD olmaksızın yürürlüğe girebilmesi için büyük bir çaba ve işbirliği göstermektedir. KP'ye, Mayıs 2003'e kadar, 1990 yılı toplam salımlarının % 43.9'unu karşılayan -ABD ve Avustralya dışında- hemen tüm OECD ve AB ülkeleriyle birlikte toplam 107 ülke taraf oldu. 1990 salımlarının % 17.4'üne sahip olan Rusya Federasyonu'nun 2003 yılında KP'ye taraf olması beklenmektedir. Bu durumda % 61.3 oranına ulaşılacak ve KP 2003 yılında yürürlüğe girebilecektir.

3. SERA GAZI SALIMLARININ AZALTIKMASINDA TEKNOLOJİK VE SOSYOEKONOMİK POTANSİYELLER

İklim değişikliği, doğal, çevresel, ekonomik, politik, kurumsal, sosyal ve teknolojik süreçler arasındaki tüm karmaşık etkileşimleri kapsamaktadır. İklim değişikliği konusu, eşitlik ya da sürdürülebilir kalkınma gibi büyük toplumsal hedeflerden ya da bugünkü ve gelecekteki olası sıkıntı kaynaklarından soyutlanarak ele alınamaz. Bu yüzden, iklim değişikliğinin bu karmaşık yapısını unutmadan, iklim değişikliğini ve onunla ilişkili sorunları çözümlenmek amacıyla çok sayıda yaklaşım ortaya çıkmaktadır. Bunların çoğu, kalkınma, eşitlik ve sürdürülebilirlik kaygılarıyla birleşmektedir. Her yaklaşım sorunun bazı yönlerini ya da bileşenlerini öne çıkarmakta ve bazı karşı strateji sınıfları üzerinde odaklanmaktadır. Örneğin, optimum politika tasarımı, politikaların tasarlanması ve yürütülmesi için kapasite oluşturulması, iklim değişikliğinin etkilerini en aza indirme (ya da iklim değişikliğiyle savaşım) ve/ ya da uyum ve öteki toplumsal hedefler arasındaki ilişkinin ve birlikteliğin kuvvetlendirilmesi ve toplumsal bilinçlenmenin kuvvetlendirilmesine yönelik politikalar, benimsenen çok sayıda iklim değişikliği yaklaşımları arasında sayılabilir. Sıralanan bu yaklaşımlardan da görüleceği gibi, aslında tüm bu yaklaşımlar birbirlerini bütünleyicidir.

Türkeş, M. 2003. Sera gazı salımlarının azaltılması için sürdürülebilir teknolojik ve davranışsal seçenekler (Sustainable technological and behavioral options for reducing of greenhouse gas emissions). V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi: ÇEVRE BİLİM ve TEKNOLOJİ Küreselleşmenin Yansımaları, Bildiriler Kitabı, 267-285, Ankara.

Öte yandan, sera gazı salımlarını kontrol altında tutma ve azaltma teknolojileri ve uygulamaları sürekli geliyor. Sera gazı salımlarının büyük bir çoğunluğu enerji üretimi ve kullanımıyla ilişkili olduğu için, ileri teknoloji öngörülerine dayanan yeni teknolojilerin çoğu, fosil yakıt enerji çevriminin ya da elektrik kullanımının verimliliğini iyileştirme ve düşük ya da sıfır karbonlu enerji kaynaklarının geliştirilmesine odaklanmaktadır.

Enerji yoğunluğu (Enerji tüketimi/Gayri Safi Yurt İçi Hasıla (GSYİH)) ve karbon yoğunluğu (Fosil yakıtların yanmasından salınan CO₂/Enerji üretimi), karbonsuzlaştırma için belirlenen hükümet politikaları olmadan da, gelişmiş ülkelerde yaklaşık 100 yıllık bir zaman döneminde azalmıştır (IPCC, 2001c). Bu ülkelerdeki azalma potansiyellerinin daha fazla olduğu da bilinmektedir. Bu önemli değişikliklerin çoğu, kömür gibi yüksek karbonlu yakıtlardan doğal gaza dönüşümün, enerji çevriminde verimliliğin artırılmasının ve su ve nükleer güce yönelmenin sonucunda gerçekleşti. Fosil yakıtların dışındaki hızla geliştirilen öteki enerji kaynakları da, sera gazı salımlarının azaltılması için önemli bir potansiyele sahiptir. CO₂'nin biyolojik olarak uzaklaştırılması (İng., carbon sequestration) ve fiziksel olarak tutulması ve depolanması (İng., CO₂ capture and storage) da, sera gazı salımlarının gelecekte azaltılmasında önemli bir rol oynayabilecektir. Öteki teknolojiler ve önlemler, geri kalan ana sera gazı salımlarının (metan (CH₄), diazotmonoksit (N₂O), hidroflorokarbonlar (HFC'ler), perflorokarbonlar (PFC'ler) ve sülfür heksafluorid (SF₆)) azaltılması için enerji dışı sektörlere odaklanmaktadır.

Aşağıda verilenler, dünyada ve Türkiye'de gelecek 20 yılda sera gazı salımlarını azaltmak amacıyla yararlanabilecek olan, ileri teknoloji öngörülerini, yeni bilimsel ve teknik/teknolojik olanakları, önlemleri ve bazı makro politika araçlarını içerir (IPCC, 2001c; Moomaw ve Moreira, 2001; Türkeş, 1997b, 2001c, 2001d, 2002e):

Ana Sektörlerde Sera Gazı Salımlarını Azaltma Seçenekleri

1) Yerleşmeler ve Hizmet Sektörü

Çoğunlukla yerleşme (bina/konut) ve ticaret/hizmet sektörü olarak adlandırılan yerleşmeler ve ticari binalar için sera gazı salımlarının azaltılması olanaklarını içerir. Doğrudan kullanılan fosil yakıt enerjisinden kaynaklanan CO₂ salımları ve bu binalardaki iç ortam ya da hava koşullarının kontrolü (iklimlendirme -ısıtma ve soğutma-, havalandırma ve/ya da hava kalitesinin iyileştirilmesi) ve güç ekipmanı için kullanılan elektrik, sera gazı salımlarının bu

Türkeş, M. 2003. Sera gazı salımlarının azaltılması için sürdürülebilir teknolojik ve davranışsal seçenekler (Sustainable technological and behavioral options for reducing of greenhouse gas emissions). V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi: ÇEVRE BİLİM ve TEKNOLOJİ Küreselleşmenin Yansımaları, Bildiriler Kitabı, 267-285, Ankara.

sektördeki en büyük kaynağıdır. Öteki sera gazı kaynakları, izolasyon köpüğü üretiminden, konut ve ticari soğutucular ile iklimlendirme ve havalandırmadan kaynaklanan CFC'leri ve yemek ocaklarında ve fırınlarda biyokütle yanması aracılığıyla üretilen çok çeşitli sera gazlarını içermektedir.

Yeni Teknolojik ve Öteki Seçenekler:

Literatürde, yerleşmeler ve ticaret sektöründe enerji kullanımını azaltma ve enerji verimliliğini iyileştirme ve artırma da kullanılabilecek 200 teknoloji ve önlemin varlığı belirtiliyor (Moomaw ve Moreira, 2001). Çeşitli ülke çalışmalarında, belirli iklim bölgelerindeki yerleşme sektöründen kaynaklanan sera gazı salımlarını azaltmak ve enerji verimliliğini geliştirmek için çok sayıda teknoloji ve önlem tanımlanmıştır. Bu çalışmalara göre, yerleşmeler/ticaret sektörüne ilişkin belirlenen yeni teknolojik ve öteki seçenekler aşağıda verilenleri içermektedir:

(i) ***Bütüncül Bina Tasarımı:*** Bütüncül bina tasarımı, binanın yerleşimiyle (bakı, topografik ve mikroklimatik vb. özellikler) bağlantılı enerji tasarrufu olanaklarının kullanılmasının yanı sıra, pencereler, yalıtım, ekipman ve iklimlendirme ve havalandırma sistemleri gibi bina bileşenleri arasındaki uyumu ve ilişkileri en yüksek derecede kullanma üzerinde odaklanmaktadır.

(ii) ***Elektrikli alet ve araçlardaki enerji verimliliğinin artırılması ve enerji kayıplarının en aza indirilmesi;***

(iii) ***Binalarda fotovoltaik sistemlerin yaygınlaştırılması ve kullanımının artırılması;***

(iv) ***Toplu yerleşimlerde dağıtılmış güç jeneratörü uygulamalarının yaygınlaştırılması:*** Yerleşim yerinde ya da yakınında kurulu küçük ölçekli (500 kW'ın altında) güç üretim ve depolama sistemlerini içermektedir.

2) Ulaştırma ve Taşımacılık Sektörü

Yakıt hücreli motorlu trenler ve hava kirleticileri (CO, hidrokarbonlar, SO₂, azot oksitleri (NO_x) ve partikül madde) için ileri kontrol sistemleri gibi motorlu araçlar için öngörülen geleceğin ana teknolojilerine ilişkin son çalışmalar, ulaştırma sektöründe enerji kullanımı yolları ve onun çevre üzerindeki etkileri için köklü değişiklikler olacağını göstermektedir. Aynı

Türkeş, M. 2003. Sera gazı salımlarının azaltılması için sürdürülebilir teknolojik ve davranışsal seçenekler (Sustainable technological and behavioral options for reducing of greenhouse gas emissions). V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi: ÇEVRE BİLİM ve TEKNOLOJİ Küreselleşmenin Yansımaları, Bildiriler Kitabı, 267-285, Ankara.

zamanda, ulaşırmada dünya ölçeğindeki hızlı motorlaşma, düşük fiyatlı sıvı fosil yakıtların varlığı ve daha büyük ve daha güçlü araçlara olan istemin yol açtığı gerekli sabit yakıt ekonomisi düzeylerindeki son eğilimler, vb. tüm gelişmeler ve değişiklikler, yakın gelecekte ulaşırmadan kaynaklanan sera gazı salımlarının düzenli olarak artacağını göstermektedir.

Yeni Teknolojik ve Öteki Seçenekler:

10 yıldan daha kısa bir süre önce, 2005'ler için yapılan yakıt ekonomisi potansiyeline ilişkin öngörülerde ve değerlendirmelerde, 'çok uzun süreli' olarak düşünülen önemli enerji verimliliği teknolojileri, daha şimdiden en azından bazı OECD ülkelerinde satın alınabilmektedir.

(i) **Hibrit elektrikli araçların geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması:** Hibrit elektrikli araçlar, bir iç yanmalı motor (ya da başka bir yakıtlı güç kaynağı) ile bir elektrik motoru ve bataryasından (ya da ultrakapasitör gibi başka bir elektrik depolama düzeneğinden) oluşur. Bu araçlar, şehir içi kullanımında, uzun süreli düşük hızlarda yüksek yakıt ekonomisi (örneğin, yaklaşık 40 km/saat ortalama hızda, % 70-90 arasında bir verimlilik) sağlamaktadır (Moomaw ve Moreira, 2001).

(ii) **Hafif yapı malzemelerinin kullanımının artırılması;**

(iii) **Doğrudan enjeksiyonlu benzin ve dizel motorlarının yaygınlaştırılması;**

(iv) **Otomotiv yakıt hücrelerinin geliştirilmesi ve kullanımının yaygınlaştırılması:** Geleneksel iç yanmalı motorların enerji çevrim verimliliğinin iki katına ulaşma potansiyeli bulunan yakıt hücreleri, son yıllarda büyük otomotiv şirketlerince önemli bir ilgi görmekte ve bu ilginin şirketlerin en geç 2005 yılı modellerine yansımaları beklenmektedir. Yeni çözümler, hidrojenle çalışan tam yakıt hücreli motorlar için 40 ABD Doları/kW'ın altındaki maliyetlere gelecek birkaç on yılda ulaşabileceğini göstermektedir (Moomaw ve Moreira, 2001). Hidrojen, yakıt hücreleri için en temiz ve en verimli yakıt seçimidir, ancak hidrojen altyapısı ve araç üzerinde depolama koşulları henüz teknik ve ekonomik olanaklar sunmuyor. Gasolin, metanol ya da etanol olası alternatifler arasındadır. Öte yandan, hidrojen kullanan orta boyutlu yakıt hücreli yolcu arabalarının tam olarak uygulanabilmesi için, maliyetlerin önemli bir düzeyde azalması gerekmektedir.

Türkeş, M. 2003. Sera gazı salımlarının azaltılması için sürdürülebilir teknolojik ve davranışsal seçenekler (Sustainable technological and behavioral options for reducing of greenhouse gas emissions). V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi: ÇEVRE BİLİM ve TEKNOLOJİ Küreselleşmenin Yansımaları, Bildiriler Kitabı, 267-285, Ankara.

(v) **Salımların tam yakıt döngüsüyle azaltılması;**

(vi) **Biyoyakıtların geliştirilmesi ve kullanımının yaygınlaştırılması:** Methanol, etanol, pirolitik petrol, bitkisel yağ ürünlerinden elde edilen biyodizel, vb.;

(vii) **İleri uçak teknolojileri;**

(viii) **Deniz taşımacılığının verimliliğinin artırılması ve yaygınlaştırılması;**

(ix) **Kamyon taşımacılığında, turbo dizel motorlu kamyonların yaygınlaştırılması:** Günümüzde, özellikle gelişmiş ülkelerde, modern ağır kamyonlar, turbo şarjlı doğrudan enjeksiyonlu dizel motorlarla donatılmaktadır. Bu motorların en ileri olanları, % 45'lik bir termal verimliliğe ulaşmaktadır (Moomaw ve Moreira, 2001). Ancak, hala enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik olanakların bulunduğu bilinmektedir. Bunlar, sıkıştırılmış (basınçlı) ya da sıvılaştırılmış gazın bazı uygulamalarda kullanımı gibi düşük karbonlu alternatif yakıtlar için öngörülen olanakları içermektedir.

(x) **Sürdürülebilir Ulaştırma Sistemleri:** Bunlar, ülkelerin özel koşullarına ve kalkınma düzeylerine dayanan, kent içinde ve dışında tüm ulaşım olanaklarını, arazi kaynaklarını ve çevre koruma stratejilerini, hız, güvenlik, ekonomiklik ve yakıt ekonomisi ve verimliliği ölçütlerini dikkate alan bütüncül bir ulaşım sistemidir. Dünya ülkeleri ve kentler, motorlu ulaşım ve taşımacılığın sürmekte olan büyümesince üretilen dış maliyetlerin büyüyen düzeylerini dikkate alarak, sürdürülebilir ulaşım sistemlerine ulaşmak amacıyla planlar geliştirmektedir. Ulaşımada sistem yaklaşımı çerçevesinde, bugünkü durumdan sürdürülebilirliğe ulaşma isteğine yönelik senaryoların geliştirilmesi amacıyla, 3 politika yolu ya da aracı önerilmektedir (Moomaw ve Moreira, 2001):

(1) **Birinci politika aracı,** ileri yol trafik yöntemi projeleriyle birlikte arazi kullanımı yönetimi stratejileri (çevre koruma stratejisi, sıkı kirletici salım düzenlemeleri ve yakıt ekonomisi standartları, vb.) ve fiyatlandırma düzenekleriyle birlikte olmak üzere (motor yakıtları için vergiler, park ücretleri ve ücretli yol geçişleri, vb.), kentsel ulaşım politikasında “en iyi uygulamaları” temsil eder.

(2) **İkinci politika aracı,** transit yaya ve bisiklet yolu alt yapısına, arazi kullanımını biçimlendirmek amacıyla önemli bir yatırım olanağı sağlamaktadır. Bu alandaki yatırımlar, arazi kullanımında yolların gelişmesini kontrol etmeyi, yol yapımının sınırlandırılmasını, temiz

Türkeş, M. 2003. Sera gazı salımlarının azaltılması için sürdürülebilir teknolojik ve davranışsal seçenekler (Sustainable technological and behavioral options for reducing of greenhouse gas emissions). V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi: ÇEVRE BİLİM ve TEKNOLOJİ Küreselleşmenin Yansımaları, Bildiriler Kitabı, 267-285, Ankara.

yakıtları özendirmeyi ve kentsel hava kalitesi hedeflerinin oluşturulmasını, yolların kullanım fiyatlandırmasını (örneğin, kalabalık ya da çok kullanılan yolların ücretlendirilmesini), vb. içermektedir. İkinci politika aracının bugünkü uygulamalara eklenmesiyle, gelecek 20 yılda % 20'lik bir artışın öngörüldüğü ulaştırma sektöründen kaynaklanan CO₂ salımlarının büyümesini azaltacaktır.

(3) *Üçüncü politika aracı*, yakıt fiyatlarının ve motorlu araçların tüm dış maliyetlerinin birlikte yıllık olarak arttırılmasını ve yüksek verimli, düşük ağırlıklı, düşük kirletici otomobillerin, minibüslerin, kamyonların ve kent içi otobüslerin sağlanmasını destekleyecektir. Üçüncü politika aracının, 1995-2015 döneminde yakıt kullanımını % 40 düzeyinde azaltması öngörülmektedir.

Sürdürülebilir bir ulaştırma sistemine ulaşabilmek için, ulaştırma ve kent içi trafik sistemlerinin, motorlu taşıtların daha az yakıt tüketmelerini sağlayabilecek biçimde düzenlenmesi; ve kent içinde raylı toplu taşımacılığın, şehirlerarası yük ve yolcu taşımacılığında demiryollarının ve denizyollarının önemsenmesi ve uygulanması gerekir.

3) İmalat Sanayii Sektörü

Metal ve özellikle demir, çelik ve alüminyum üretimini içeren enerji yoğun ya da ağır sanayiiler, rafineriler, kağıt hamuru ve kağıt, temel kimyasallar (azotlu gübreler, petrokimyasallar ve klorin, vb.) ve başta çimento olmak üzere metal-dışı mineraller, imalat sanayiinde sera gazı salımlarının azaltılması önlemleri ve seçenekleri açısından öne çıkmaktadır. Hafif sanayii olarak da adlandırılan düşük enerji yoğun sektörler, gıda, içecek ve tütün üretimini, tekstil üretimini, odun ve odun üretimini, matbaa ve yayıncılığı, hassas kimyasallar ve metal işleme sanayiini (otomobilleri, elektronikleri ve çeşitli aletleri) içermektedir. Bu sanayilerin her biri, çok sayıda son ürünleri üretir. İmalat sektöründen kaynaklanan CO₂ dışı gazlar, N₂O, HFC'ler, PFC'ler ve SF₆'yı içerir. Adipik asit, nitrik asit, HCFC-22 ve alüminyum üretim süreçleri, bu gazları istenmeyen yan ürünler olarak salmaktadır. Bunların dışındaki öteki sanayiiler, ozon inceltici maddelerin yerine üretim yapan bir kaç sektörü de içerecek biçimde, bu kimyasalları imalat süreçlerinde kullanmaktadır.

Türkeş, M. 2003. Sera gazı salımlarının azaltılması için sürdürülebilir teknolojik ve davranışsal seçenekler (Sustainable technological and behavioral options for reducing of greenhouse gas emissions). V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi: ÇEVRE BİLİM ve TEKNOLOJİ Küreselleşmenin Yansımaları, Bildiriler Kitabı, 267-285, Ankara.

Yeni Teknolojik ve Öteki Seçenekler

İmalat sanayiinde sera gazı salımlarını azaltma seçenekleri, genel olarak, enerji verimliliğinin artırılmasını, yakıt dönüşümünü, CO₂ uzaklaştırmasını, madde verimliliği iyileştirmelerini ve CO₂ dışı sera gazı salımlarının azaltılması uygulamalarını içerir. Enerji verimliliğinin iyileştirilmesi ve artırılması, imalat sanayiinden kaynaklanan sera gazı salımlarının azaltılması açısından en önemli seçenek olarak kabul edilmektedir. İmalat sanayiinde enerji verimliliğini arttıran çok sayıda teknoloji bulunmaktadır:

(i) ***Yakıt dönüşümünün yaygınlaştırılması:*** Geleneksel kömür ve petrol yakma kazanlarının yerini, doğal gaz yakan birleşik ısı ve güç (CHP) sistemlerinin alması gibi yeni teknolojileri içerir. İmalat sanayiinde yakıt değişikliğine çok önem verilmektedir. Bu sektörde yakıt seçimi, önemli düzeyde sektörün kendi özelliklerine bağlıdır. Örneğin, demir-çelik sanayiindeki egemen süreçlerde, kömür ve kimya sanayiindeki büyük sektörlerde dönüşümün uygulanabilirliği ya da maliyeti, vb. konular henüz açık değildir. Öte yandan, enerji verimliliği iyileştirmeleriyle birlikte yürütülen yakıt dönüşümü uygulamaları açısından bazı özel seçenekler de bulunmaktadır. Konuya ilişkin örnekler, kömür ve petrol yakma kazanlarının doğal gazlı CHP santralleriyle değiştirilmesini; demir üretiminde kullanılan kömür temelli yakma fırınlarının doğal gaz temelli doğrudan indirgemeye yer değiştirmesini, vb. seçenekleri içerir. Bazı ekonomik değerlendirmeler, bu seçeneklerin Avrupa enerji piyasası fiyat koşullarından yüksek olduğunu gösteriyor.

(ii) ***Yenilenebilir enerjilerin kullanımının artırılması;***

(iii) ***CO₂'nin tutulması:*** Sanayi süreçlerinden kaynaklanan baca gazlarının ve gaz akışlarının içerisindeki CO₂'nin uzaklaştırılması ya da fiziksel olarak tutulması teknik olarak olası görülmektedir.

(iv) ***Malzeme verimliliğinin iyileştirilmesi:*** Madde verimli ürün tasarımı, madde değişikliği, ürün ve madde geri dönüşümü, kalite kontrol aşamaları ve iyi yönetimi, vb. içermektedir. Ağır sanayideki enerjinin büyük bölümü, çelik, çimento, plastik ve kağıt, vb. ham malzemelerin üretimi için kullanılır. Süreçten kaynaklanan CO₂ salımlarını doğrudan azaltan süreç değişiklikleri dışında, bu maddelerin kullanımındaki sınırlamalar da bu süreçlerden salınan CO₂ salımlarının azaltılmasına yardımcı olabilir. Madde verimli ürün tasarımı, madde geri

Türkeş, M. 2003. Sera gazı salımlarının azaltılması için sürdürülebilir teknolojik ve davranışsal seçenekler (Sustainable technological and behavioral options for reducing of greenhouse gas emissions). V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi: ÇEVRE BİLİM ve TEKNOLOJİ Küreselleşmenin Yansımaları, Bildiriler Kitabı, 267-285, Ankara.

dönüşümü, kalite aşamalandırılması ve iyi yönetim gibi, konuyla ilgili çok sayıda seçenek bulunmaktadır. Öte yandan, CO₂ dışı sera gazı salımlarının azaltılması için de çok sayıda seçeneğin bulunduğunu söylemek gerekir.

(v) *Enerji verimliliğinin ve tasarrufunun artırılması.*

4) Tarım Sektörü ve Enerji Ürünleri

Tarımın insan kaynaklı küresel sera gazı salımlarına katkısı % 20'nin üzerindedir (IPCC, 2001c). Bunlar: (i) Çiftliklerde kullanılan fosil yakıtlardan ve esas olarak ormansızlaştırma ve tarımsal üretim ile toprak işleme tekniklerindeki dönüşümlerden kaynaklanan CO₂ (toplam CO₂ salımlarının % 21-25'ini oluşturuyor); (ii) Çeltik tarlalarından, arazi kullanımını değişikliklerinden, biyokütle yanmasından, mide fermantasyonundan ve hayvansal atıklardan kaynaklanan CH₄ (toplam CH₄'ün % 55-60'ını karşılıyor); (iii) Esas olarak işlenen tarım topraklarında kullanılan azotlu gübrelerden ve hayvansal atıklardan kaynaklanan N₂O (toplam N₂O salımlarının % 65-80'ini karşılıyor).

Tarım sektöründeki doğrudan sera gazı salımları, tarımsal üretim süreçleri sırasında topraklardan ve hayvanlardan, ısı ve elektrik enerjisi üretimi ile traktör ve öteki ulaştırma araçlarının kullanımında gereksinimin duyulan yakıtın karşılanmasından kaynaklanır. Buna ek olarak, tarımsal etkinlikler dolaylı N₂O salımlarına neden olur; CO₂ ise, tarım makineleri, inorganik gübreler ve tarım kimyasalları gibi öteki tarımsal girdilerin üretiminden de kaynaklanır.

Gelişmekte olan ülkelerde, örneğin Hindistan'da, salımlar esas olarak geniş getiren hayvanların ürettiği metandan, tarımsal artıkların yakılmasından ve çeltik ekiminden kaynaklanır. Gelişmekte olan ülkelerdeki sığır sayısında 2020'ye kadar bir artış olması, buna bağlı olarak metan salımlarında bir artış olması beklenmektedir. Bu sektörden kaynaklanan sera gazı salımlarını azaltmak zor olmasına karşın, çeltik tarlalarının daha sık akaçlaması (drenajı), azotlu gübre kullanımını azaltma ve büyük baş hayvan besiciliğindeki iyileştirmeler, vb. konulardaki bilimsel araştırmalar sürmektedir.

Enerji girdisi dikkate alındığında, geleneksel tarımın, gelişmekte olan ülkelerin önemli bir bölümünde hala insan iş gücüne ve hayvan gücüne ve pişirme amacıyla yakacak odun kullanımına dayalı olduğu görülür. Sanayileşmiş ülkelerdeki modern tarım ise, gübre üretimi ve doğrudan fosil yakıt girdileri ile pazara yönelik ulaştırma etkinliklerine dayanır.

Türkeş, M. 2003. Sera gazı salımlarının azaltılması için sürdürülebilir teknolojik ve davranışsal seçenekler (Sustainable technological and behavioral options for reducing of greenhouse gas emissions). V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi: ÇEVRE BİLİM ve TEKNOLOJİ Küreselleşmenin Yansımaları, Bildiriler Kitabı, 267-285, Ankara.

Yeni Teknolojik Seçenekler, Sosyal ve Davranışsal Eğilimler

(i) *Yönetim tekniklerinin güçlendirilmesi*: Yönetim teknikleri, koruyucu sürme tekniklerini, ileri toprak, çayır/mera ve çiftlik hayvanı yönetimini, çeltik tarlası yönetimini, azotlu gübrelerin bilimsel araştırmalara dayanarak yeterli ve dikkatli kullanımını, daha iyi traktör uygulamalarını ve sulama takvimini içerir.

(ii) *Ürün artıklarının ve hayvan atıklarının değerlendirilmesi*: Ürün artıkları (sap, saman, ürün kabuğu, şeker kamışı ve şeker pancarı posası ve çeltik kabuğu, vb.), besin tazelenmesi ve toprak havalandırması amacıyla araziye geri verilmezse, kömürle ortak yanmada ve uygun çevrim ekipmanıyla birlikte gelecekte ısı ve güç üretimi için daha çok kullanılabilir. Küçük ölçekli biyokütle gazlaştırma silolarında kullanılan ağaç ve odun artıkları, zamanla daha maliyet-etkin yani ekonomik olacaktır. Hayvan gübreleri ve endüstriyel atıklar, biyogaz üretiminde kullanılmaktadır. Biyogaz, kojenerasyon, doğrudan ısıtma ya da ulaştırma yakıtı olarak kullanılabilir.

(iii) *Yeni teknolojilerin geliştirilmesi ve kullanımının artırılması*: Geleneksel orman ürünleri dışında çok sayıda yıllık ve çok yıllık türler, yüksek verimlilik özelliklerine sahip türler olarak tanımlanmaktadır. Bu özellikler, güneş enerjisi sonradan ısıya, elektriğe ya da sıfır ya da çok düşük CO₂ salımlı ulaştırma yakıtına dönüştürülebilen biyokütle depolanmasına dönüşürken ortaya çıkar.

(iv) *Bilimsel ve teknolojik gelişmelere ve yeniliklere yönelik davranış değişikliklerinin desteklenmesi*: Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerdeki çiftçilerin çoğunun, yeterli mali yatırımlar olmaksızın kendi geleneksel üretim yöntemlerini kısa vadede değiştirmeyecekleri düşünülmektedir. Ne yazık ki, yeni önlemleri kabul etmeyi amaçlayan davranışsal değişiklikler, çiftçi topluluklarının danışmanlarının ve eğitimli üyelerinin çabalarına karşın bu güne kadar istenen düzeyde başarılamamıştır. Daha çok bazı yerel başarılar söz konusudur. Kültürel etmenler, yeni düşüncelerin kabul edilmesine yönelik genel isteksizlik üzerinde kuvvetli bir etkiye sahiptir. Çiftçilerden beklenen davranış değişiklikleri, kazanç artışı, zaman tasarrufu, maliyet azalması, hayvan sağlığında ve toprak verimliliğinde artış, işlerin daha kolay yürütülmesi, vb. kişisel yararlar olmaksızın olanaksızdır. Bazı yasal düzenlemeler alternatif olabilir, ancak bunların özellikle gelişmekte olan ülkelerde izlenmesi ve uygulanması zor olabilir.

Türkeş, M. 2003. Sera gazı salımlarının azaltılması için sürdürülebilir teknolojik ve davranışsal seçenekler (Sustainable technological and behavioral options for reducing of greenhouse gas emissions). V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi: ÇEVRE BİLİM ve TEKNOLOJİ Küreselleşmenin Yansımaları, Bildiriler Kitabı, 267-285, Ankara.

Yerel görevlilerin eğitimi, yeni yöntemlerin benimsenmesinin sağlanması ve arazide hızla uygulanması açısından gereklidir.

5) Atıklar ve Atık Yönetimi

Atıklar ve atık yönetimi, sera gazı salımlarının düzeyini genel olarak 5 ana yolla etkiler:

(1) Düzenli katı atık (çöp) depolamasından (arazi dolgularından) kaynaklanan metan salımları;

(2) Atık yanmasından sağlanan enerjinin katkısıyla fosil yakıt kullanımının azalması;

(3) Doğal madde ve imalat sanayilerindeki enerji tüketiminde ve süreç gazı salımlarında, geri dönüşüm sonucunda azalma;

(4) Birinci el (kullanılmamış) kağıt istemindeki azalmaya bağlı olarak, orman kesiminin azalması, dolayısıyla ormanlarda karbon tutulması; ve

(5) Satış ya da geri dönüşüm için atık taşınmasında enerji kullanımı: Camın yeniden kullanımı ya da geri dönüşümü için uzun mesafeli taşınması dışında, ikinci materyallerin taşınmasından kaynaklanan salımların büyüklüğü, genellikle öteki 4 etmeden çok daha küçüktür.

Yeni Teknolojik ve Öteki Seçenekler

Atık yönetimine ilişkin yeni seçenekler, 6 başlık altında toplanabilir:

(i) **Arazi dolgusu yönetimi:** Arazi dolgusu (çöplük) gazından enerji üretimi, arazi dolgusu yönetimi uygulamalarında sıkça uygulanmaktadır. Günümüzde çöplük gazının tutulması ve gaz türbinlerinde yararlanılması konusunda çok sayıda teknik girişim ve uygulama bulunmaktadır. Bu tür olanaklar, elektrik üretiminde kullanılmaktadır. Konuyla ilgi olarak, özellikle maliyet-etkin uygulamalar konusunda gelişmiş ülkelerde çok sayıda çalışma vardır.

(ii) **Geri dönüşüm ve yeniden kullanım:** Geri dönüşüm, üretim sırasında ya da imalat sürecindeki yeniden kullanım için ürünlerin yararlı kullanım ya da yaşam süresinin sonunda ortaya çıkan materyallerin toplanmasını içerir. İyileştirmenin düzeyi, camın, alüminyumun ya da çeliğin basit olarak eritilmesinden, kağıdın ve tekstil ya da halı/kilim gibi öteki atıkların parçalara

Türkeş, M. 2003. Sera gazı salımlarının azaltılması için sürdürülebilir teknolojik ve davranışsal seçenekler (Sustainable technological and behavioral options for reducing of greenhouse gas emissions). V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi: ÇEVRE BİLİM ve TEKNOLOJİ Küreselleşmenin Yansımaları, Bildiriler Kitabı, 267-285, Ankara.

ayrılmasını ve yeniden değerlendirilmesine, plastiklerin ve sentetik maddelerin depolimerizasyonundan monomere kadar değişir.

Geri dönüşüm materyallerinden sağlanan fabrikasyon imalat ürünleri, çoğunlukla daha az enerji yoğunudur ve ham materyalden ürün elde edilmesine göre daha az sera gazı salmaktadır. Bu durum, özellikle enerji yoğun olan ve üretim sırasında önemli süreç sera gazları (CO₂ ve PFC'ler) salan alüminyum ve çelik için geçerlidir.

Geri dönüşümlü kağıt için harcanan tüm enerji tüketimi, ilk ürün kağıt için harcanana göre daha azdır. Ancak, kağıt geri dönüşümü ile enerji üretimi kağıt tüketimi arasında yaşam döngüsü sera gazı salımları konusunda bazı teknik tartışmalar da bulunmaktadır. Geri dönüştürmeden kaynaklanan sera gazı salımları ve yaşam döngüsü çevresel etkisi, yeniden kullanılan ürünlerden genellikle daha yüksektir. Eğer kullanılmış materyaller uzun mesafelere taşınmak zorundaysa, bu değerlendirme doğru olmayabilir.

(iii) **Çürütme:** Çürütme, organik atığın aerobik yumuşatılmasıdır. Kirletici içermeyen ayrılmış artıklar, toprak havalandırıcısı ve besin maddesi olarak kullanılabilir. Çürütmeden kaynaklanan sera gazı salımları, ahır atığının düzenli depolanmasıyla karşılaştırılabilir düzeydedir ve yiyecek atığının depolanmasından daha düşüktür. Hesaplamaya dayalı bu gerçek, fabrikasyon ve ulaştırma sırasında çıkan önemli düzeydeki CO₂ salımlarının ve kullanım sırasında açığa çıkan N₂O salımlarıyla bağlantılı olan sentetik gübreye duyulan gereksinimin en az % 20 düzeyinde azaltılabileceğini ve bununun sonucunda da net sera gazı salımlarında önemli bir azalma sağlanabileceğini göstermektedir.

Kötü koku, çürümüş atıkların ağır metal kirlenmesi, vb. bazı başka çevresel sorunları ve sakıncaları bulunmasına karşın, ahır atığının çürütülmesi gelişmiş ülkelerin birçoğunda yaygın bir uygulamadır. Gelişmiş ülkelerdeki bazı büyük kent yönetimleri, örneğin İsviçre'nin Zürih kentinde olduğu gibi, evsel yiyecek atıklarının da çürütülmesini sağlamaktadır. Öte yandan, yalnız ahır atığında kullanılan küçük ve düşük teknoloji olanakları da pahalı değildir ve genellikle sorunsuz olarak kabul edilmektedir.

Bazı Avrupa ve Kuzey Amerika kentleri, büyük ölçekli, karışık, ticari ve endüstriyel biyo-atık toplama ve çürütme uygulamalarında bazı zorluklarla karşılaşmaktadır. Bu sorunlar, kötü koku şikayetlerinden çürümüş atıkların ağır metal kirliliğine kadar değişmektedir. Bunların

Türkeş, M. 2003. Sera gazı salımlarının azaltılması için sürdürülebilir teknolojik ve davranışsal seçenekler (Sustainable technological and behavioral options for reducing of greenhouse gas emissions). V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi: ÇEVRE BİLİM ve TEKNOLOJİ Küreselleşmenin Yansımaları, Bildiriler Kitabı, 267-285, Ankara.

dışında, özellikle büyük ölçekli çürütme uygulamaları, çoğunlukla enerji yoğun olabilen mekanik havalandırmayı gerektirmektedir. Öte yandan, birleşik anaerobik ve aerobik çürütme olanakları, bu iş için kullanılan enerjiyi buradan çıkan metandan sağlayabilmektedir. Eğer atığın % 25 ya da daha fazlası anaerobik olarak çürütülebilirse, sistem kendine yeterli olabilmektedir (IPCC, 2001c). Tüm bunlar, süreçten çıkan metanın kontrol altında tutulması ve enerji amaçlı kullanımıyla olanaklıdır.

Düşük maliyetli ve basit olması ve atık suyunun yüksek organik içeriği, küçük ölçekli çürütmeyi gelişme yolundaki ülkeler için umut veren bir çözüm yapmaktadır. Belediye atıklarına yönelik çürütme uygulamalarının artması, atık yönetimi maliyetlerini ve salımlarını azaltabilirken, yeni iş olanakları ve çeşitli halk sağlığı yararları da yaratabilecektir.

(iv) **Yakma**: Atıkların yakılması yaklaşımı, Avrupa'nın sanayileşmiş bölgelerinde, Japonya'da ve ABD'nin özellikle kuzeydoğu eyaletlerinde yaygın bir uygulamadır. Bu bölgelerde arazinin sınırlı ve pahalı oluşu ile politik muhalefetin ve yerel ya da bölgesel toplumsal karşı çıkışların kuvvetli oluşu, yerleşim alanlarına yakın yerlerde arazi dolgusu oluşturulmasını ve arazide bertarafını sınırlamaktadır. Elektrik ve ısı, büyük ölçüde fotosentetik olarak üretilen kağıttan, ahır atığından ve organik çöpten üretildiği için, atıktan enerji elde eden santrallerden (WTE) çıkan net sera gazı salımları, genellikle düşüktür ve biyokütle enerji sistemlerinden çıkanlarla karşılaştırılabilir düzeydedir.

Bunların dışında, üretimde yüksek enerji verimliliği ile akışkan yatakta yakma (FBC), gazlaştırma (sınırlı havayla yakma) ve anaerobik koşullarda yakma ve fosil yakıtları atıklarla birlikte (karışım) yakma gibi düşük salımlı yeni yakma teknolojileri de gelişmektedir:

(v) **Atık su yönetimi**: Yerli ve endüstriyel atık-su yönetiminden çıkan CH₄ salımları, küresel insan kaynaklı CH₄ kaynaklarının yaklaşık % 10'una karşılık geliyor (IPCC, 2001c). Sanayi atık suyu ve esas olarak kağıt hamuru ile kağıt ve yiyecek işleme sanayilerinden çıkanlar, bu salımların % 90'undan fazlasını karşılamaktadır.

(vi) **Önleyici çevre yönetimi**.

Atık hiyerarşisi, genel olarak azaltma, yeniden kullanma, geri dönüşüm, yakma ve arazi dolgusu etkinliklerini ve süreçlerini içerir. Ekonomik potansiyellerinin belirlenmesi ve objektif bir karşılaştırmasının yapılabilmesi açısından, birçok ülkede atık politikasının temelini oluşturan

Türkeş, M. 2003. Sera gazı salımlarının azaltılması için sürdürülebilir teknolojik ve davranışsal seçenekler (Sustainable technological and behavioral options for reducing of greenhouse gas emissions). V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi: ÇEVRE BİLİM ve TEKNOLOJİ Küreselleşmenin Yansımaları, Bildiriler Kitabı, 267-285, Ankara.

atık hiyerarşisinin, henüz geniş kapsamlı olarak ülke ve materyal özeline dayalı olarak değerlendirilemediği görülmektedir.

Yalnız sera gazı salımları dikkate alındığında, en uygun yönetim seçenekleri, geri dönüşümün yüksek düzeye çıkarılmasıyla, fosil yakıtların üretimde ve imalattaki kullanımının azaltılması ya da atıkların enerji elde etmek amacıyla yakılmasıdır. Ancak, en ekolojik atık yönetimi yöntemleri üzerinde de bazı anlaşmazlıklar ya da bilimsel tartışmalar bulunmaktadır.

6) Enerji Temini ve CO₂'nin Fiziksel Uzaklaştırılması

Enerji kaynaklarına ilişkin çalışmalar ve son gelişmeler, başta fosil yakıtlarda çok verimli güç üretimi, yenilenebilir enerjilerin daha fazla kullanımı ve CO₂'nin uzaklaştırılması (tutulması ve depolanması) ve yönetimi gibi çok sayıda yeni ve alternatif teknolojinin varlığını ve bunların yakın gelecekte kullanılabileceğini göstermektedir. Enerji ilişkili CH₄ ve CO₂ dışındaki öteki sera gazlarının kontrol edilmesi ve/ya da azaltılması için de çok sayıda yeni olanaklar bulunmaktadır. Ancak, bunların bir bölümü henüz araştırma-geliştirme aşamasındadır ve maliyetleri bugün için oldukça yüksektir.

Geleceğe yönelik değerlendirmeler ve öngörüler, enerji temini ve çevrim sektörünün, esas olarak ucuz ve bol fosil yakıtların egemenliğinde kalacağını, buna karşılık salımları azaltma potansiyellerinin kömürden doğa gaza dönüşüm ve güç santrallerinin çevrim verimliliğindeki iyileştirmeler ile ısı ve enerji dağıtımını yapan büyük ölçekli kojenerasyon santrallerinin yaygınlaştırılmasıyla olacağını ortaya koymaktadır. Üretim, biyokütle, atık ve arazi dolgusu metanı, enerji ürünü üretimiyle desteklenebilecek olan önemli bir enerji kaynağı olarak görülmektedir. Rüzgar enerjisi ve su gücünün ise, güneş enerjisi göreceli olarak yüksek maliyetli olduğu için, güneşten daha fazla katkı sağlayacağı beklenmektedir.

Yeni teknolojik ve Öteki Seçenekler

(i) *Fosil yakıtlı elektrik üretiminde daha verimli, ekonomik ve temiz yakma teknolojilerinin geliştirilmesi ve kullanımının artırılması*: Günümüzde dünya elektrik üretiminin yaklaşık % 39'u kömürden ve % 17'si gazdan karşılanmaktadır (IEA, 2002). 2002 yılı verilerine göre, Türkiye kurulu gücünün yaklaşık % 61.3'ü termik, % 38.7'si hidrolik ve % 0.06'sı rüzgar enerjisidir (EÜAŞ, 2003). 2002 yılında, Türkiye kurulu gücü içinde, kömürün payı yaklaşık % 22.1 ve doğal gazın payı % 26.4'tür. Türkiye'de doğal gazın termik içindeki payı

Türkeş, M. 2003. Sera gazı salımlarının azaltılması için sürdürülebilir teknolojik ve davranışsal seçenekler (Sustainable technological and behavioral options for reducing of greenhouse gas emissions). V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi: ÇEVRE BİLİM ve TEKNOLOJİ Küreselleşmenin Yansımaları, Bildiriler Kitabı, 267-285, Ankara.

plansız ve dışa bağımlılık açısından çok tehlikeli bir biçimde artmaktadır. Örneğin, 1990 yılında kömürün termik içindeki payı % 54.6 ve doğal gazın % 23.2 iken, bu oranlar 2002 yılında sırasıyla % 36.0 ve % 43.1'dir. Öte yandan, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın projeksiyonlarına göre (TTGV, 2002), 2020'lere kadar ithal kömürün birincil enerji ve buna bağlı olarak da termik içersindeki payı, yerli linyitlerin aleyhine olmak üzere artacaktır. Bu nedenle, kömürün (yerli linyitlerin ve ithal taş kömürünün) elektrik enerjisi üretiminde kullanılmasında, yeni ve verimli sürdürülebilir enerji sistemlerinin ve teknolojilerinin uygulanması önem kazanmaktadır.

Elektrik üretiminden kaynaklanan CO₂ salımları, yeni ve verimli teknolojilerin uygulanması ile % 25 ya da daha fazla azaltılabilmektedir. Bu yüzden, yeni kurulacak olan kömüre dayalı termik santraller için, Türkiye koşullarına ve özellikle yerli linyitlerin kalitesine uygunluk göz önünde tutularak, ticari olarak kabul görmüş ve ekonomik açıdan maliyet-etkin olan yeni ve verimli teknolojilerin uygulanması, salımların azaltılmasında önemli bir rol oynayacaktır. Ayrıca, elektrik üretim planlama çalışmalarında, çevreye duyarlı yeni ve verimli teknolojiler dikkate alınmalı ve bunlara ilişkin senaryolar geliştirilmelidir. Teknoloji eskiliğinden dolayı verimlilikleri düşük olan santrallerde, verimliliği artırmak üzere gerekli iyileştirme çalışmalarının yapılması, yapılabilirliği bulunması durumunda kazan değişikliğine gidilmesi, elektrik üretiminden kaynaklanan salımların azaltılmasında önemli katkılar sağlayacaktır. Ayrıca, işletme hakkı özel sektöre devredilecek olan santrallerde, santralı devir alacak firma tarafından, yakma sistemlerini iyileştirmeye, verimliliği arttırmaya ve buna bağlı olarak da sera gazı salımlarını azaltmaya yönelik gerekli iyileştirme çalışmalarının yapılması, devir sözleşmelerinde sağlanmalıdır.

Gelişmiş teknolojilerde, verimliliğin yüksek olması, birim elektrik enerjisi üretimi için kullanılan yakıt tutarını düşürmekte ve dolayısıyla, birim elektrik enerjisi başına düşen CO₂ salımlarının azalmasına neden olmaktadır. Örneğin, elektrik üretiminde, verimliliğin % 1 artırılması, salımlarda % 2-2.5 dolayında bir azalma sağlayabilmektedir (Anonim, 2000). Akışkan yatak yakma teknolojileri, birleşik çevrim gaz türbini (CCGT) teknolojisi, bütüncül (kömür ve sıvı yakıt) gazlaştırma birleşik çevrim (IGCC) teknolojisi, süper-kritik ve kojenerasyon sistemleri ile yakıt hücreleri, bu gelişmiş teknolojilerin önde gelenlerindedir. Temiz ve verimli teknolojilerin bir bölümü gelişme aşamasında olduğu için, henüz yatırım

Türkeş, M. 2003. Sera gazı salımlarının azaltılması için sürdürülebilir teknolojik ve davranışsal seçenekler (Sustainable technological and behavioral options for reducing of greenhouse gas emissions). V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi: ÇEVRE BİLİM ve TEKNOLOJİ Küreselleşmenin Yansımaları, Bildiriler Kitabı, 267-285, Ankara.

maliyetleri yüksektir. Ancak, kısa bir sürede ticari olarak uygulamaya geçilmesi sonucunda, maliyetlerin düşeceği ve yaygınlaşacağı beklenmektedir. Geleneksel ve ileri santral teknolojileri arasında bir karşılaştırma yapabilmek açısından, bazı teknolojilerin maliyetleri Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Santral maliyetlerinin uygulanan teknolojilere göre karşılaştırılması (WB (1998)’e göre, Anonim (2000)’den).

Teknoloji	Yatırım maliyeti (ABD Doları/kW)
Geleneksel püskürtme kömür	800-1,000
Süperkritik	850-1,050
Atmosferik akışkan yatak	1,000-1,300
Basınçlı akışkan yatak	1,150-1,350
Bütüncül gazlaştırma birleşik çevrim	1,200-1,400

Pulverize kömür: Geleneksel termik güç santrallerinde, pulverize (püskürtme) kömür (ya da fuel oil, gaz, vb.), yüksek sıcaklık ve basınç altında buhar üretmek amacıyla bir kazanda yakılır ve sonra bir buhar kazanında elektrik üretmek amacıyla kullanılır. Yakıttan yararlanma düzeyi (ya da ortalama verimlilik) dünya ölçeğinde kurulu güçte yaklaşık % 30 düzeyinde olmasına karşın, modern güç santrallerinde bu oran % 40’ı geçmektedir (Moomaw ve Moreira, 2001). Kömür yakan modern güç santrallerinin tipik yatırım maliyeti, SO₂ ve NO_x kontrolleriyle birlikte, yaklaşık 1,300 ABD Doları/kW’dır. Bu maliyetler çok değişkendir ve yerine ve ülkesine göre, % 50’den fazla olabilir. Çevresel kontrol sistemleri daha zayıf olan düşük verimli tasarımlar ise daha ucuzdur.

Süperkritik santraller: Buhar basıncının ve sıcaklığın yüksek olduğu süperkritik santrallerde verimlilik % 45 dolayındadır. Bu teknolojide, ünite kapasitesi 900-1,000 MW’a kadar çıkabilmektedir. Yüksek basınca ve sıcaklığa dayanıklı malzemenin kullanılması, santral maliyetini arttırmaktadır. Süperkritik tasarımlarda kullanılan yeni malzeme konusundaki gelişmeler, daha yüksek buhar basıncı ve sıcaklıklarının elde edilmesine olanak vermektedir. Bu alandaki yeni gelişmelerin, bugünkü modern teknolojiye göre daha yüksek maliyetlerle, verimliliği 2020’ye kadar % 55’e çıkarması beklenmektedir (Moomaw ve Moreira, 2001).

Atmosferik akışkan yatak teknolojisi: Kullanılan yakıt konusunda oldukça esnek olan bu teknolojiye dayalı santrallerde, uygun tasarımla, ısı değeri düşük yakıtlar da kullanılabilir. Örneğin, düşük kaliteli linyitler, biyokütle + linyit karışımı, çöp vb.

Türkeş, M. 2003. Sera gazı salımlarının azaltılması için sürdürülebilir teknolojik ve davranışsal seçenekler (Sustainable technological and behavioral options for reducing of greenhouse gas emissions). V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi: ÇEVRE BİLİM ve TEKNOLOJİ Küreselleşmenin Yansımaları, Bildiriler Kitabı, 267-285, Ankara.

yakıtlar, akışkan yataklı kazanlarda verimli bir şekilde yakılabilmektedir. Verimlilikleri, geleneksel santrallerden görece olarak yüksektir; CO₂ salımları ise, geleneksel santrallerle karşılaştırıldığında görece olarak daha azdır. Ayrıca, SO₂ ve NO_x gibi hava kirletici salımların yanma sırasında kontrol altına alınması çevresel açıdan olumlu bir katkı sağlamaktadır.

Türkiye söz konusu olduğunda, linyite dayalı geleneksel termik santrallerde, yerli linyitlerin çok yüksek oranda kükürt içermesi nedeniyle, 'Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği'nde belirlenen sınır değerlere uyulması için baca gazı desülfürizasyon (BGD) sisteminin kurulmasının zorunlu hale geldiği bilinmektedir. Akışkan yatak teknolojisinde ise, SO₂ salımları, yanma sırasında kazanda kontrol altına alınabilmekte ve ek bir BGD sisteminin kurulmasına gerek kalmamaktadır (Anonim, 2000; Tüzüner, 2001). Bu nedenle, son yıllarda özellikle gelişmiş ülkelerde yaygın olarak kullanılan akışkan yatak teknolojisinin maliyeti, geleneksel santral + BGD'nin toplam maliyeti ile rekabet edebilir hale gelmiştir. Ayrıca BGD sistemine sahip olan bir geleneksel santrale göre, santral içi elektrik enerjisi tüketimi daha az olmakta ve üretilen birim elektrik enerjisi başına düşen CO₂ tutarı daha az olmaktadır. Hem düşük kaliteli linyitlerin daha verimli ve etkin bir şekilde yanmasının sağlanması, hem de ek bir BGD tesisi yatırım maliyeti gerektirmemesi ve CO₂ salımlarının daha düşük düzeylerde olması hesaba katıldığında, Türkiye elektrik enerjisi üretiminde akışkan yatak yakma teknolojilerinin uygulanması, sera gazı salımlarının azaltılması açısından öncelikli önlemler arasında yer almalıdır (Anonim, 2000; Tüzüner, 2001).

Basınçlı akışkan yatak teknolojisi: Basınçlı akışkan yatak teknolojisinde, atmosferik akışkan yatak teknolojisine benzer bir yakma işlemi uygulanmaktadır. Bu sistemlerin çeşitli katı yakıtların kullanımına elverişli olması, ayrı bir BGD tesisi gerektirmemesi vb. benzer üstünlükleri bulunmaktadır. İki teknoloji arasındaki en önemli fark, basınçlı akışkan yatak tipi santrallerde, kazan atmosferik basıncın üstünde bir basınçta çalıştırılmaktadır. Ayrıca, santral verimliliği, görece olarak daha yüksek olup, % 45'e düzeyine ulaşmaktadır. 2000'li yıllarda, bu teknolojinin gelişebileceği ve ticari olarak uygulanmaya başlayacağı beklenmektedir.

Birleşik çevrim gaz türbini (CCGT) teknolojisi: Gaz türbini teknolojisindeki gelişmeler, daha yüksek sıcaklıkları, dolayısıyla da daha yüksek termodinamik verimliliğin oluşmasını sağlayacaktır. Buhar türbiniyle elektrik üretmeye yönelik olarak buhar arttırmak amacıyla, kazanlardaki türbin egzozundan çıkan atık ısının tutulması yoluyla da, tüm yakıt verimliliği

Türkeş, M. 2003. Sera gazı salımlarının azaltılması için sürdürülebilir teknolojik ve davranışsal seçenekler (Sustainable technological and behavioral options for reducing of greenhouse gas emissions). V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi: ÇEVRE BİLİM ve TEKNOLOJİ Küreselleşmenin Yansımaları, Bildiriler Kitabı, 267-285, Ankara.

iyileştirilebilecektir. Bu tür CCGT santrallerinde elektrik, jeneratörleri çalıştıran hem gaz hem de buhar türbinleriyle üretilir. Bu günkü en iyi doğal gaz CCGT'lerinin verimliliği yaklaşık % 60'dır (Moomaw ve Moreira, 2001)ve bu oran artmaktadır.

Bütüncül gazlaştırma birleşik çevrim (IGCC) teknolojisi: CCGT teknolojisinin daha verimli olması ve düşük sermaye gerektirmesi gibi avantajları bulunmasına karşın, IGCC sistemleri de, kömür ya da fueloil gibi öteki yakıtlardan gazlaştırarak yararlanır. Bugünkü % 60 verimli en son CCGT teknolojisine dayanarak, IGCC'lerin potansiyel verimliliği, % 51 dolayındadır. 2020'ye kadar, daha iyi sıcak gaz ve ısı elde edilmesi ve CCGT'lerdeki teknolojik iyileştirmeler sonucunda, ticari olarak kullanılacak olan kömür ya da odun yakan IGCC güç santrallerinin gelecekte % 60 verimliliğe ulaşması beklenmektedir (Moomaw ve Moreira, 2001). Potansiyel yüksek verimliliğin yanı sıra, IGCC'ler CO₂ tutulması ve yönetimi açısından geleceğin en umut veren uygulamalardan birisi olabilecektir.

Kojenerasyon sistemleri: Kojenerasyon ya da birleşik ısı ve güç (CHP) üretimi sistemlerinde, verimlilik % 90'lara ulaşmaktadır (Moomaw ve Moreira, 2001). Bu sistemler, üretilen birim enerji başına düşen CO₂ salımları da oldukça düşük olduğu için de, etkili bir sera gazı azaltma seçeneğidir. CHP üretimi, birkaç kW'tan 1,000 MW'lık buhar-yoğunlaştırma güç santrallerine kadar tüm ısı makineleri ve yakıtları (nükleer, biyokütle ve termal güneş) ile olasıdır.

Yakıt hücreleri: Yakıt hücrelerinin, fosforik asit yakıt hücreleri (PAFCs) ve katı oksit yakıt hücreleri gibi giderek gelişen çeşitli teknolojik seçenekleri bulunuyor (Moomaw ve Moreira, 2001). Her tip, uygulama sıcaklığı, verimlilik düzeyi, kullanılan yakıt, pazar ve maliyet gibi kendine özgü özellikler gösterir. Yakıt hücrelerinin, gaz türbinlerine oranla, benzer verimlilikte daha küçük birim boyutlarını, kullanım noktasında düşük ya da sıfıra yakın sera gazı salımı teknolojisini, düşük işletme maliyetlerini, düşük gürültü ve en önemlisi daha iyi ekonomik başarımın varlığını içeren potansiyel avantajları vardır. İç yakıt esas olarak hidrojen, ama bazı yakıt hücresi tiplerinde, CO, metanol, doğal gaz ya da hatta dışarıdan santralde gazlaştırma ve buhar oluşturma ya da kısmi oksidasyonla hidrojene dönüştürülen kömür, vb yakıtlar da kullanılabilir. Alternatif olarak, bazı yakıt hücreleri, teknolojinin bütüncül bir parçası olarak hidrojen dönüşüm evresini içsel olarak başaracak biçimde tasarlanır.

Türkeş, M. 2003. Sera gazı salımlarının azaltılması için sürdürülebilir teknolojik ve davranışsal seçenekler (Sustainable technological and behavioral options for reducing of greenhouse gas emissions). V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi: ÇEVRE BİLİM ve TEKNOLOJİ Küreselleşmenin Yansımaları, Bildiriler Kitabı, 267-285, Ankara.

Hidrokarbon yakıtlardan hidrojen üretimi, NO_x, CO, CO₂, NMVOCs (metan dışı uçucu organik bileşikler), vb. bazı hava kirletici ve sera gazı salımlarını oluşturur, ama- CO₂ dışında- bunların düzeyleri yanma çevrimiyle bağlantılı olanlardan daha düşüktür (Moomaw ve Moreira, 2001). Çoğu yakıt hücresinin elektrokimyası, sülfürsüz ya da sülfürden arındırılmış doğal gaza gereksinim duyduğu için, SO₂ salımları da oluşmaz. CO₂ salımları elektriksel verimliliğin bir fonksiyonudur ve *birleşik çevrim gaz türbini* (CCGT) verimliliğiyle karşılaştırılabilir düzeydedir. Fosil yakıtlardan elde edilmeyen hidrojen, örneğin güneş enerjili elektroliz ya da biyokütleden elde edilen metanolden sağlanan hidrojen, neredeyse sıfır sera gazı salımıyla birlikte kullanılır.

(ii) **Yenilenebilir enerji çevrim teknolojileri:** Su gücü; biyokütle çevrimi; rüzgar gücü; güneş enerjisi (fotovoltaikler, termal güneş, vb.); hidrojen enerjisi; jeotermal enerji ve deniz enerjisi.

(iii) **Fiziksel ve biyolojik CO₂ uzaklaştırma ve tutma teknolojileri:** Elektrik santrallerinde, rafinerilerde ve büyük fabrikalarda CO₂ tutma; CO₂'nin taşınması ve yeraltında depolanması; karbon tutucu biyolojik ortamların geliştirilmesi ve artırılması, başlıca teknolojik seçenekler arasındadır.

CO₂'nin fiziksel olarak tutulması ve depolanması, iklim değişikliğiyle savaşım ve etkilerinin en aza indirilmesi için önemi son yıllarda hızla yükselen bir seçenek olarak görülüyor. Ancak, CO₂ tutma ve depolama uygulaması, bugün için çoğunlukla araştırma ya da sınav evresindedir. Bu yüzden, karar vericilere bu teknolojinin uygulanmasını dikkate almaları için iyi bir temel oluşturmak ya da gerekçe sağlamak açısından, bu teknolojiye ilişkin birçok konuda daha ayrıntılı çalışmaların yapılmasına gerek vardır. Bu çerçevede, konuyla ilgili, teknik, ekonomik, sosyal, çevresel ve güvenlik soruları yanıtlanmak zorundadır. CO₂ tutma ve depolama teknolojileri açısından, esas olarak aşağıdaki seçenekler üzerinde durulmaktadır (IPCC, 2002b):

1) CO₂ tutma: CO₂ tutmanın en iyi uygulanacağı yerler, termik santraller, petrol ve petrokimyasal rafinerileri ile gaz işleme tesisleri, çelik ve çimento fabrikaları, vb. büyük salım kaynaklarıdır. Termik santrallerde güç üretiminde CO₂ tutulması için üç ana teknik bulunmaktadır. Bunlar: (a) Yanma öncesi tutma; (b) Yanma sonrası tutma; ve (c) Oxy-yakıt yanması.

Türkeş, M. 2003. Sera gazı salımlarının azaltılması için sürdürülebilir teknolojik ve davranışsal seçenekler (Sustainable technological and behavioral options for reducing of greenhouse gas emissions). V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi: ÇEVRE BİLİM ve TEKNOLOJİ Küreselleşmenin Yansımaları, Bildiriler Kitabı, 267-285, Ankara.

- 2) Jeolojik depolama;
- 3) Okyanus depolaması; ve
- 4) Yeniden kullanma ve öteki depolama seçenekleri.

(iv) *Üretimden, ulaştırmadan, çevrimden ve dağıtımdan kaynaklanan sera gazı salımlarının azaltılması*: Örneğin, kömür, petrol ve gazın üretim, taşınım ve kullanımından salınan metan gazının azaltılmasına yönelik önleme araçları.

7) Politika araçları

Politika araçları ise, özellikle daha düşük karbon yoğun teknolojilerin pazara girmesini kolaylaştırmak ya da özendirmek ve gerekli düzenlemeleri yapmak biçiminde önemli bir görev üstlenebilir. Öte yandan, kalkınma düzeyi ve özel koşullar, örneğin enerjide fosil yakıtlara yüksek düzeyde bağımlılık vb., politika araçlarının ülkeden ülkeye farklılıklar göstermesine neden olabilir. Yine de, bunun ulusal düzeydeki en uygun karışımı, yerel yöneticilerle, özel ve kamu yatırımcı kuruluşlarıyla, bilimsel ve teknik araştırma-geliştirme kuruluşlarıyla, sanayi ve iş birliklerinin ya da kuruluşlarının temsilcileriyle gerçekleştirilecek olan geniş açılı ve etkili bir danışma süreciyle geliştirilebilir. Politika araçları aşağıda verilenleri içerebilir (Türkeş, 2001b, 2001d):

- (i) *Sera gazı salımlarını arttıran desteklerin azaltılmasını ya da kaldırılmasını (örneğin, ulaştırma destekleri, vb.);*
- (ii) *Enerji fiyatlandırma stratejilerini (örneğin, enerji desteklerinin azaltılmasını, karbon vergilerini, vb.);*
- (iii) *Ulusal ve uluslararası ticareti yapılabilir salım izinlerini ve ortak yürütme projelerini;*
- (iv) *Enerji, sanayi, tarım, ulaştırma, vb. sektörler ile ortak gönüllü programları ve görüşmelerle sağlanan anlaşmaları;*
- (v) *İsteme yönelik yönetim programlarını;*
- (vi) *Enerjinin yeterli ve verimli kullanım standartlarını içeren düzenleyici programları;*

Türkeş, M. 2003. Sera gazı salımlarının azaltılması için sürdürülebilir teknolojik ve davranışsal seçenekler (Sustainable technological and behavioral options for reducing of greenhouse gas emissions). V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi: ÇEVRE BİLİM ve TEKNOLOJİ Küreselleşmenin Yansımaları, Bildiriler Kitabı, 267-285, Ankara.

(vii) *İleri teknolojilerin geliştirilmesini ve uygulanmasını önemli düzeyde destekleyen ya da sağlayan pazar araçlarını ve tanıtım programlarını;* ve

(viii) *Ürün markalama düzenlemelerini ya da programlarını.*

4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Son yıllarda pek çok teknolojinin, 1990'lı yılların başlarında yapılan teknoloji çözümlerinde öngörülenden çok daha hızlı bir biçimde geliştiği görülmektedir. Uzun erimde, verimli hibrit motorlu otomobillerin pazara girişi, rüzgar türbini tasarımlarındaki hızlı ilerlemeler, yakıt hücresi teknolojisi, fosil yakıtlardan ve biyokütleden fiziksel karbon uzaklaştırılması, CO₂'nin yeraltında depolanması ve ormanlarda karbon tutulması ile adipik asit üretiminden kaynaklanan N₂O salımlarının kısmen azaltılması, vb. yeni yönetim biçimleri ve teknolojiler, potansiyel seçenekler arasında öne çıkanlar olacaktır.

Öte yandan, sera gazı salımlarındaki bazı azaltmalar, 'no regret' (her koşulda uygulanmaya değer) seçeneklerle, sıfır maliyetlerle elde edilebilir. Örneğin, dünyanın birçok bölgesinde, hava kirliliğini önleme ya da hava kalitesini iyileştirme ve asit depolanmasını azaltma vb. yerel ve bölgesel çevresel sorunlar için kabul edilen politikaların, önlemlerin, uygulamaların ve teknolojilerin, sera gazı salımlarını azaltma kapasitelerinin önemli düzeyde olduğu dikkate alınmalıdır. Bina/ticaret, sanayi ve ulaştırma sektörleri ile enerji temini için önemli enerji verimliliği olanakları bulunmaktadır. Bunların çoğunluğu, beklenenden daha düşük bir harcamayla gerçekleştirilebilir. Küresel ölçekte, 2010 yılına değin salımları azaltma olanaklarının çoğunluğu, elektrik güç sektöründe doğal gaz dönüşüm ve sanayide süreç sera gazlarının (örneğin, N₂O, perfluorometan (CF₄) ve HFC'ler) salımlarının azaltılması yoluyla yine son kullanım sektörlerinden kazanılan enerji verimliliğinden gelecektir. Gelişmiş ülkelerde ve ekonomileri geçiş sürecindeki ülkelerde bulunan güç santrallerinin bir bölümü, 2020 yılına değin yenilenmiş olacağından ve gelişmekte olan ülkelerde birçok yeni santral devreye gireceğinden, yenilenebilir enerji kaynaklarının artan kullanımı, CO₂ salımlarının azaltılmasına katkı sağlayabilir.

Toplam enerji kullanımı, özellikle gelişmiş ülkelerde ve gelişmekte olan ülkelerdeki yüksek gelir gruplarında artmaktadır. Bu yüzden, sera gazı salımlarının azaltılması için gerekli olan teknolojik ve ekonomik potansiyelin en hızlı rakibi, hızlı ekonomik kalkınma ve bazı

Türkeş, M. 2003. Sera gazı salımlarının azaltılması için sürdürülebilir teknolojik ve davranışsal seçenekler (Sustainable technological and behavioral options for reducing of greenhouse gas emissions). V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi: ÇEVRE BİLİM ve TEKNOLOJİ Küreselleşmenin Yansımaları, Bildiriler Kitabı, 267-285, Ankara.

sosyoekonomik ve davranışsal eğilimlerdeki hızlı değişikliklerdir. Birçok ülkede, konutlar (örneğin, Türkiye’de apartman daireleri) ve araçlar (örneğin, bazı Avrupa ülkelerinde ve ABD’de) boyut olarak büyümekte ve elektrikli aletlerin kullanımı artmaktadır. Bu eğilime koşut olarak da, ticari binalardaki (örneğin, iş hanları ve kuleleri, alışveriş merkezleri, çok amaçlı ticaret merkezleri, vb.) elektrikli büro ekipmanlarının kullanımı ve gelişmiş ülkelerde, özellikle ABD’de, geniş hacimli ve büyük motorlu araçların satışı da artmaktadır. Bunların dışında, dünyanın birçok bölgesinde perakende enerji fiyatlarındaki görece indirimler ve durgunluk, enerjinin verimli kullanımı ya da tüm sektörlerde enerji verimli teknolojilere sahip olma gayretlerinin ve yatırımlarının azalmasına neden olabilecektir.

Bazı gelişmiş ülkelerdeki uygulamaları içeren birkaç önemli örnek dışında, ülkelerin enerji verimliliğini arttırmak ya da yenilenebilir enerji teknolojilerini desteklemek amacıyla gereksinim duyulan politikaları ya da programları hayata geçirme konusunda çok az çaba gösterilmektedir. Bunların dışında, 1990’ların başından beri, sera gazı salımlarını azaltacak olan yeni teknolojilerin geliştirilmesi ve uygulanması için AR-GE’ye ayrılan kamu ve özel sektör kaynaklarında bir azalma gözlenmektedir.

Sosyal ilerleme alanlarında ise, genellikle teknolojik yenilik seçenekleriyle ilişkili önemli olanaklar vardır. Dünyanın tüm bölgelerinde, yaşam niteliğini iyileştirebilecek olan ve aynı zamanda kaynak tüketimiyle bağlantılı sera gazı salımlarında azalmaya yol açabilecek olan yaşam tarzı seçenekleri için birçok yol bulunmaktadır. Bu seçenekler, yerel ve bölgesel kültürlere ve önceliklere çok fazla bağımlıdır. Bu seçeneklerin bir bölümü yaşam tarzındaki önemli değişiklikleri gerektirmektedir; bir bölümü de öngörülen yaşam tarzı değişiklikleriyle bağlantılı olabilen teknolojik değişikliklerle çok yakından ilişkilidir. Günümüzde giderek dikkate alınmaya çalışılan tüm bu teknolojik, sosyoekonomik ve davranışsal seçeneklerin, gelecek yıllarda çok daha fazla önem kazanacağı beklenmektedir.

Lahey Konferansı’nda alınan karar gereğince, Türkiye’nin Ek II’den çıkararak İDÇS’ye bir Ek I ülkesi olarak taraf olma isteği, Kasım 2001’de Fas’ın Marakeş kentinde yapılan 7. Taraflar Konferansı’nda ilgili organlarca görüşülerek kabul edildi ve Türkiye’nin isminin Ek II listesinden silinmesi kararlaştırıldı. Bu yüzden, Türkiye’nin, kendisine en uygun politika araçları ile bunların uygulanmasını sağlayacak olan yasal önlemleri ve çok sektörlü/çok kullanıcı programları,

Türkeş, M. 2003. Sera gazı salımlarının azaltılması için sürdürülebilir teknolojik ve davranışsal seçenekler (Sustainable technological and behavioral options for reducing of greenhouse gas emissions). V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi: ÇEVRE BİLİM ve TEKNOLOJİ Küreselleşmenin Yansımaları, Bildiriler Kitabı, 267-285, Ankara.

kalkınma hedeflerini, önceliklerini, özel koşullarını ve gereksinimlerini dikkate alarak bir an önce belirlemesi gerekmektedir.

Aşağıda listelenenler, dünya ülkeleriyle birlikte Türkiye'nin de gelecek 20 yılda sera gazı salımlarını azaltmak amacıyla yararlanabileceği yeni bilimsel ve teknolojik olanaklar ve önlemlerdir:

1) Enerji temini ve CO₂'nin fiziksel uzaklaştırılması: (i) *Fosil yakıtlı elektrik üretiminde daha verimli, ekonomik ve temiz yakma teknolojilerinin kullanımının artırılması:* Süperkritik santraller; Akışkan yatak yakma teknolojileri; Birleşik çevrim gaz türbini (CCGT) teknolojisi; Bütüncül gazlaştırma birleşik çevrim (IGCC) teknolojisi; Kojenerasyon sistemleri; ve Yakıt hücreleri. (ii) *Yenilenebilir enerji çevrim teknolojilerinden yararlanarak, yenilenebilir enerji kaynaklarının birincil enerji kaynakları içindeki payının artırılması:* Hidrolik, Biyokütle, Rüzgar, Güneş, Hidrojen ve Jeotermal enerji. (iii) *Fosil yakıt kalitesinin iyileştirilmesi ve karbon içeriği daha düşük fosil yakıtlara geçiş;* (iv) *Fiziksel ve biyolojik CO₂ uzaklaştırma ve tutma teknolojileri* (Elektrik santrallerinde, rafinerilerde ve büyük fabrikalarda CO₂ tutma; CO₂'nin taşınması ve yeraltında depolanması; karbon tutucu biyolojik ortamların geliştirilmesi ve artırılması, vb.); (v) *Üretimden, ulaştırmadan, çevrimden ve dağıtımdan kaynaklanan sera gazı salımlarının azaltılması.*

2) Ulaştırma ve Taşımacılık Sektörü: (i) *Hibrit elektrikli araçların geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması;* (ii) *Hafif yapı malzemelerinin kullanımının artırılması;* (iii) *Doğrudan enjeksiyonlu benzin ve dizel motorlarının yaygınlaştırılması;* (iv) *Otomobil yakıt hücrelerinin geliştirilmesi ve kullanımının yaygınlaştırılması;* (v) *Salımların tam yakıt döngüsüyle azaltılması;* (vi) *Biyoyakıtların geliştirilmesi ve kullanımının yaygınlaştırılması;* (vii) *Deniz taşımacılığının verimliliğinin artırılması ve yaygınlaştırılması;* (viii) *Kamyon taşımacılığında, turbo dizel motorlu kamyonların yaygınlaştırılması;* (ix) *Sürdürülebilir Ulaştırma Sistemleri.*

3) İmalat Sanayii: (i) *Yakıt dönüşümünün yaygınlaştırılması;* (ii) *Yenilenebilir enerjilerin kullanımının artırılması;* (iii) *CO₂'nin tutulması;* (iv) *Malzeme verimliliğinin iyileştirilmesi;* (v) *Enerji verimliliğinin ve tasarrufunun artırılması.*

4) Tarım ve Ormanlık Sektörleri ve Enerji Ürünleri: (i) *Yönetim tekniklerinin güçlendirilmesi;* (ii) *Ormanlaştırma ve yeniden ormanlaştırmanın artırılması, ormansızlaşmanın*

Türkeş, M. 2003. Sera gazı salımlarının azaltılması için sürdürülebilir teknolojik ve davranışsal seçenekler (Sustainable technological and behavioral options for reducing of greenhouse gas emissions). V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi: ÇEVRE BİLİM ve TEKNOLOJİ Küreselleşmenin Yansımaları, Bildiriler Kitabı, 267-285, Ankara.

önlenmesi; (iii) *Bozulan tarım arazilerinin ve çayır/meraların onarılması*; (iv) *Tarımsal ormancılığın özendirilmesini içeren gelişmiş orman, çayır/mera ve tarım arazisi yönetiminin desteklenmesi*; (v) *Ürün ve hayvan artık ve atıklarının değerlendirilmesi*; (vi) *Toprak çözümlenmelerini ve bitki gereksinimini dikkate alan azotlu gübre kullanımının sağlanması*; (vii) *Geniş getiren hayvanların ıslahı ve yem kalitesinin iyileştirilmesi*; (viii) *Yeni teknolojilerin geliştirilmesi ve kullanımının artırılması*; (ix) *Bilimsel ve teknolojik gelişmelere ve yeniliklere yönelik olumlu davranış değişikliklerinin desteklenmesi*.

5) Yerleşmeler/Hizmet Sektörü: (i) *Bütüncül Bina Tasarımının yaygınlaştırılması*; (ii) *Elektrikli alet ve araçlardaki enerji verimliliğinin artırılması*; (iii) *Binalarda fotovoltaik sistemlerin yaygınlaştırılması ve kullanımının artırılması*; (iv) *Toplu yerleşimlerde dağıtılmış güç jeneratörü uygulamalarının yaygınlaştırılması*.

6) Atık Yönetimi: (i) *Düzenli katı atık (çöp) depolama alanlarının yönetimi*; (ii) *Geri dönüşüm ve yeniden kullanım*; (iii) *Çürütme*; (iv) *Yakma*; (v) *Atık su yönetimi*; (vi) *Önleyici çevre yönetimi*.

5. KAYNAKLAR

Anonim (2000) Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (2001-2005) İklim Değişikliği Özel İhtisas Komisyonu Raporu (Raportör: M. Türkeş). DPT-2532-ÖİK:548, Ankara.

FCCC/SBI/2001/L.8. (2001) Decision 7/CP.7, Proposal to amend the list in Annexes I and II to the Convention by removing the name of Turkey, SBI, Fifteenth session, Marrakesh, 29 October–6 November 2001.

<http://www.euas.gov.tr/Guc-Durumu/KuruluGuc2.htm>. (2003) Türkiye Kurulu Gücü (2002). Elektrik Üretim Anonim Şirketi (EÜAŞ).

IEA. (2002) Key World Energy Statistics from the IEA. International Energy Agency (IEA), Paris.

IPCC. (2000) Special Report on Emissions Scenarios – A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (Nakićenović, *et al.*, lead authors). Cambridge University Press, New York.

IPCC. (2001a) Climate Change 2001a: The Scientific Basis - Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (Houghton, JT., *et al.*, eds.). Cambridge University Press, Cambridge.

IPCC. (2001b) Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability - Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (McCarthy, JJ., *et al.*, eds.). Cambridge University Press, Cambridge.

- Türkeş, M. 2003. Sera gazı salımlarının azaltılması için sürdürülebilir teknolojik ve davranışsal seçenekler (Sustainable technological and behavioral options for reducing of greenhouse gas emissions). V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi: ÇEVRE BİLİM ve TEKNOLOJİ Küreselleşmenin Yansımaları, Bildiriler Kitabı, 267-285, Ankara.
- IPCC. (2001c). Climate Change 2001: Mitigation - Contribution of Working Group III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (Metz, B., *et al.*, eds). Cambridge University Press, Cambridge.
- IPCC. (2002a) Presentations by the IPCC Working Groups for the IPCC Third Assessment Report: IPCC Synthesis Report Part II (Habiba Gitay). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).
- IPCC. (2002b) Workshop on Carbon Dioxide Capture and Storage. Proceedings, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Regina, Canada 18-21 November 2002, Published by ECN, Canada.
- Moomaw, W.R. and Moreira, J.R. (Co-ordinating Lead Authors) (2001) “Technological and Economic Potential of Greenhouse Gas Emissions Reduction”, in *Climate Change 2001: Mitigation - Contribution of Working Group III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Metz, B., *et al.*, eds). Cambridge University Press: Cambridge, 167-277.
- TTGV. (2002) Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi Ulusal Hazırlıkları İklim Değişikliği ve Sürdürülebilir Kalkınma Ulusal Değerlendirme Raporu, (Raportör: M. Türkeş), Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı (TTGV), Ankara.
- Türkeş, M. (1997a) “Hava ve iklim kavramları üzerine”, TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi 355: 36-37.
- Türkeş, M. (1997b) “Sürdürülebilir enerji, iklim değişikliği ve insan”, Çevre ve Mühendis, TMMOB Çevre Mühendisleri Odası yayın organı, 14: 11-17, Ankara.
- Türkeş, M. (2000) “Küresel ısınma: yeni rekorlara doğru”, Cumhuriyet Bilim Teknik Dergisi 673: 20-21.
- Türkeş, M. (2001a) “Hava, iklim, şiddetli hava olayları ve küresel ısınma”, T.C. Başbakanlık Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü 2000 Yılı Seminerleri, Teknik Sunumlar, Seminerler Dizisi: 1, 187-205.
- Türkeş, M. (2001b) “Küresel iklim değişikliği: Tarım ve su kaynakları üzerindeki olası etkiler”, İklim Değişikliklerinin Tarım Üzerine Etkileri Paneli, Bildiriler Kitabı, 91-128, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, KKGGM.
- Türkeş, M. (2001c) “Küresel iklimin korunması, İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Türkiye”, Tesisat Mühendisliği, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Süreli Teknik Yayın organı, 61, 14-29.
- Türkeş M. (2001d) “Bonn Anlaşması ve küresel ısınmanın önlenmesindeki rolü”, TMMOB Türkiye III. Enerji Sempozyumu: “Küreselleşmenin” Enerji Sektöründe Yapısal Değişim Programı ve Ulusal Enerji Politikaları, 5-7 Aralık 2001, Bildiriler Kitabı, 339-353.

- Türkeş, M. 2003. Sera gazı salımlarının azaltılması için sürdürülebilir teknolojik ve davranışsal seçenekler (Sustainable technological and behavioral options for reducing of greenhouse gas emissions). V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi: ÇEVRE BİLİM ve TEKNOLOJİ Küreselleşmenin Yansımaları, Bildiriler Kitabı, 267-285, Ankara.
- Türkeş, M. (2002e) “İklim Değişikliği: Türkiye – İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi İlişkileri ve İklim Değişikliği Politikaları”, TÜBİTAK Vizyon 2023: Bilim ve Teknoloji Stratejileri Teknoloji Öngörü Projesi, Çevre ve Sürdürülebilir Kalkınma Paneli Vizyon ve Öngörü Raporu için hazırlandı. Ekim, 2002, Ankara.
- Türkeş, M. (2003) “Küresel iklim değişikliği ve gelecekteki iklimimiz”, 23 Mart 2003 Dünya Meteoroloji Günü Kutlaması, Gelecekteki İklimimiz Paneli Bildiriler Kitabı. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü yayını, Ankara. (Baskıda)
- Türkeş, M., Sümer, U.M. ve Çetiner, G. (2000) “Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizmaları”, *Tesisat Dergisi* **52**: 84-100, İstanbul.
- Türkeş, M, Sümer U.M. ve Çetiner G. (2001) “Küresel iklim değişikliği ve olası etkileri”, T.C. Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları (13 Nisan 2000, İstanbul Sanayi Odası), 7-24, ÇKÖK Gn. Md.
- Tüzüner, S. (2001) “Yeni teknolojilerin CO₂ emisyonu azaltılmasındaki etkisi”, T.C. Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları (13 Nisan 2000, İstanbul Sanayi Odası), 79-84, ÇKÖK Gn. Md.
- UNEP/WMO. (1995) United Nations Framework Convention on Climate Change. UNEP/WMO Information Unit on Climate Change and Climate Change Secretariat, Geneva.
- UNEP/CCS. (1998) The Kyoto Protocol to the Convention on Climate Change. UNEP/IUC and Climate Change Secretariat, Geneva.
- WB. (1998) Energy Issues, Technologies for Reducing Emissions in Coal-Fired Power Plants, The World Bank (WB).