Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti
tarafından finanse edilmektedir

İklim Değişikliği Eğitim Modülleri Serisi 13

iklimIN

TÜRKİYE'DE ATIK, ATIKSU VE HAVA KALİTESİ YÖNETİMİNDE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ KAPSAMLI YEREL ÇALIŞMALAR

Modüller
Elektronik versiyonu için QR kodu

Kent Modülü - Atık
Elektronik versiyonu için QR kodu

CFCU
WEglobal

TÜRKİYE'DE ATIK, ATIKSU VE HAVA KALİTESİ YÖNETİMİNDE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ KAPSAMLI YEREL ÇALIŞMALAR

Hazırlayan:
Dr. Tuğba Ağaçayak

2019, Ankara

TÜRKİYE'DE ATIK, ATIKSU VE HAVA KALİTESİ YÖNETİMİNDE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ KAPSAMLI YEREL ÇALIŞMALAR

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR **2**
YÖNETİCİ ÖZETİ **3**
1. KENTLER VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ **5**
1.1. Uluslararası Yükümlülükler 7
1.1.1. Ulusal Sera Gazı Emisyon Envanteri 7
1.1.2. Türkiye'nin Katkı Hedefleri 7
1.1.3. Ulusal Bildirim ve İki Yıllık Raporlar 8
1.2. Küresel Kent Ağları 8
1.3. Ulusal Yükümlülükler 9
2. ATIK YÖNETİMİ VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ **11**
2.1. Atık 11
2.2. Atık Yönetimi 11
2.3. Atık Yönetiminin Çevresel Etkileri 12
2.4. Türkiye'de Atık Yönetimi 15
2.5. Türkiye'de Atık Yönetimi Mevzuatı 16
2.6. Atıktan Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonları 18
2.7. Atıktan Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonlarının Azaltılması için Stratejiler 20
2.8. Stratejilerin Uygulanması için Öneriler 23
3. ATIKSU YÖNETİMİ VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ **24**
3.1. Atıksu Yönetimi 24
3.2. İklim Değişikliğinin Su Yönetimine Etkileri 25
3.3. Türkiye'de Atıksu Yönetimi 25
3.4. Atıksudan Kaynaklı Emisyonların Azaltımı ve Atıksu Yönetimi Uyum Stratejileri 27
4. HAVA KALİTESİ YÖNETİMİ VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ **29**
4.1. Kirleticiler 29
4.2. Hava Kalitesi Kontrolü 31
4.3. Hava Kalitesi Sınır Değerleri 32
4.4. Hava Kirliliğinin Azaltılması için Stratejiler 32
KAYNAKÇA **34**

KISALTMALAR

AB	Avrupa Birliği
BMİDÇS	Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
C40	Büyük Kentler İklim Liderlik Grubu
CO	Karbonmonoksit
CO_2	Karbondioksit
COP	Conference of Parties *Taraflar Konferansı*
EMEP/EEA	European Monitoring and Evaluation Programme/European Environment Agency *Avrupa İzleme ve Değerlendirme Programı/Avrupa Çevre Ajansı*
H_2SO_4	Sülfürik Asit
HCl	Hidrojen Klorür
HNO_3	Nitrik Asit
ICLEI	Local Governments for Sustainability *Kalkınma için Yerel Yönetimler*
INDC	Intended Nationally Determined Contribution *Ulusal Katkı Niyet Beyanı*
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change *Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli*
N_2O	Nitrözoksit
NO_2	Azotdioksit
NO_3	Nitrat
NOx	Azot Oksitler
PM	Partikül Maddeler
O_3	Ozon
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development *İktisadi İşbirliği ve Gelişme Teşkilatı*
SLCP'ler	Kısa Ömürlü İklim Kirleticileri
SOx	Kükürt Oksitler
SO_2	Kükürtdioksit
UCGL	United Cities and Local Governments *Birleşmiş Kentler ve Yerel Yönetimler*
UN	United Nations *Birleşmiş Milletler*
VOC	Volatile Organic Compounds *Uçucu Organik Bileşikler*

YÖNETİCİ ÖZETİ

Kentler artan sıcaklıklar, şiddetli hava olayları, deniz seviyesinin yükselmesi, su ve gıda güvenliğinin azalması gibi pek çok iklim değişikliği riskiyle tehdit edilmektedir. İklim değişikliğinin kentsel altyapıları ve üstyapıları etkilemesi ve bu sistemlerdeki sorunların da iklim değişikliğinin risklerini daha da arttırması söz konusu olmaktadır. Örneğin, atık ve atıksu yönetiminde yapılan yanlış ve eksik uygulamalar metan ve nitrözoksit emisyonlarına sebep olup sera gazı emisyonlarını arttırırken çevreye de zarar vermektedir. Yapılacak iyileştirmeler ise sera gazı emisyonlarını azaltırken, iklim değişikliği uyum çalışmalarına katkı sağlamaktadır.

Aynı şekilde hava kirliliğine neden olan kirleticilerin kısa ömürlü bir sera gazı olan ozona sebep olması ve ozon oluşumunun önlenmesi için hava kirletici emisyonların önlenmesinin gerekmesi hava kirliliği kontrolünün iklim değişikliğiyle mücadelede etkisini net bir şekilde ortaya koymaktadır. Partikül maddelerin bir bileşeni olan siyah karbon ise fosil yakıtların yakılması esnasında ortaya çıkarak, hem hava kirliliğine neden olup insan sağlığını etkiler hem de gelen radyasyonu emerek ısınmayı arttırır. Kar ve buz yüzeylerinde birikmesi durumunda ise yüzey albedosunu düşürerek yüzeyin ısınmasına ve erimenin hızlanmasına sebep olur.

İklim değişikliğiyle mücadele için kentlerde yapılması gereken en önemli çalışmalardan biri, azaltım ve uyum stratejilerinin net bir şekilde ortaya konduğu iklim değişikliği eylem planlarının hazırlanması ve eylem planlarının uygulanmasıdır. Azaltım için sera gazı emisyonuna sebep olan her bir sektör için en uygun stratejiler belirlenmeli ve net azaltım hedefi ortaya konmalıdır. Uyum için kritik altyapılar belirlenir ve değişen koşullar değerlendirilerek, risk olma olasılıklarına ve bölgesel etkilere göre sıralanır. Uyum stratejileri bölgesel koşullara göre zamansal sıralanarak, iklim değişikliğinin kritik altyapılara etkilerini azaltmak için planlama yapılmalıdır. Bu planlar çerçevesinde yapılacak birçok çalışma hem sera gazlarını azaltacak hem de kentleri iklim değişikliğinin sebep olduğu risklere hazırlayacaktır.

Bu çalışma, kentlerde atık, atıksu ve hava kalitesi yönetimi alanlarında yapılacak çalışmaların, iklim değişikliği ile mücadele için yapılacak sera gazı azaltımı ve uyum çalışmalarına katkısını ortaya koymak amacıyla hazırlanmıştır.

Bu amaçla tasarlanan çalışmanın ilk bölümünde Türkiye'de mevcut durum, uluslararası ve ulusal yükümlülükler, ikinci bölümde atık yönetiminin iklim değişikliği ile ilişkisi, atık yönetiminin çevresel etkileri, Türkiye'de atık yönetimi, atıktan kaynaklanan sera gazı emisyonları ve azaltım stratejileri ve stratejilerin uygulanması için öneriler, üçüncü bölümde atıksu yönetimi ve iklim değişikliği ile ilişkisi, iklim değişikliğinin su yönetimine etkileri, Türkiye'de atıksu yönetimi, atıksudan kaynaklı sera gazı emisyonlarının azaltımı ve atıksu uyum stratejileri, dördüncü bölümde ise hava kalitesi yönetimi ve iklim değişikliği ilişkisi, kirleticiler, Türkiye'de mevzuat, hava kalitesi kontrolü ve hava kirliliğinin azaltılması için stratejiler sunulmaktadır.

1. KENTLER VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

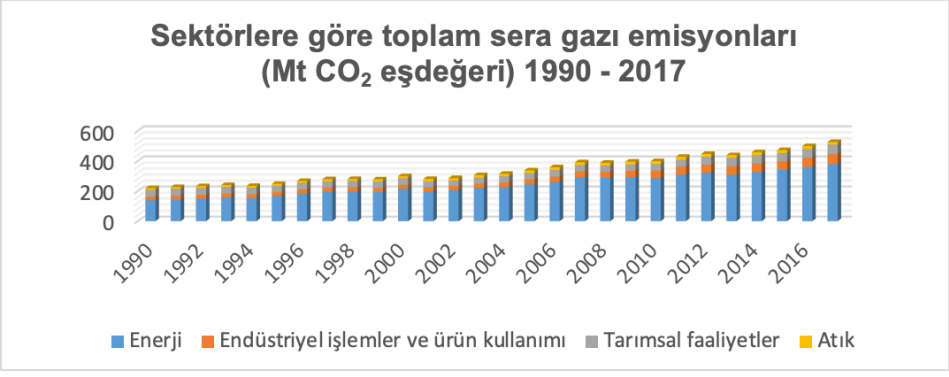
Dünya nüfusunun yarısından fazlası kentlerde yaşamaktadır. Kentlerde yaşama oranı kırsalda yaşama oranına göre önemli ölçüde artacak olup 2050'de bu oranın %68'e çıkması beklenmektedir (UN – Department of Economic and Social Affairs, 2018). Enerji tüketiminin %75'i kentlerde gerçekleşmekte, sera gazı emisyonlarının toplam %50-60 oranında bir kısmı kentlerde ortaya çıkmaktadır (UN HABITAT, 2019).

İklim değişikliğinin önemli bir sorumlusu olan kentler aynı zamanda iklim değişikliğinin risklerinden önemli ölçüde etkilenirler. Sera gazı emisyonları azaltımı ve uyum çalışmaları için kentler önemli bir potansiyel taşımaktadır. Ancak pek çok kentte gerekli kapasite mevcut değildir (a.g.e.). Bu nedenle iklim değişikliğiyle mücadele ve uyum stratejilerinin geliştirilmesinde yerel yönetimlerin rolü çok önemlidir.

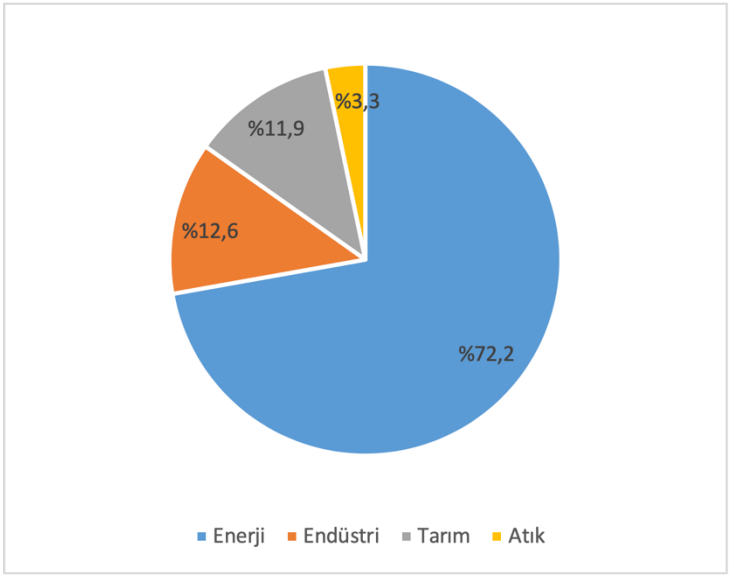
Türkiye'de sera gazı emisyonları 2017 yılı itibariyle toplam 526,3 milyon ton CO_2 eşdeğeridir. Sera gazı emisyonlarının büyük kısmı, toplamın %72,2'lik kısmına sebep olan enerji sektöründen kaynaklanmaktadır (Şekil 1, Şekil 2) (TÜİK, 2016). İkinci sırada %12,6 ile endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı, üçüncü sırada %11,9 ile tarımsal faaliyetler, dördüncü sırada ise %3,3 ile atık yönetimi gelmektedir. Bu sıralamada atık yönetimi en sonda yer almakla birlikte, bu sektörde alınacak önlemler diğer sektörlere göre daha düşük maliyetli ve kolay uygulanabilir olduğundan ve aynı zamanda uyum çalışmalarına da katkıda bulunduğundan atık sektöründe azaltım çalışması yapmak büyük önem taşımaktadır. Ayrıca atık yönetimi her sektörle ilişkili olduğu için, doğru atık yönetimi sera gazı azaltımında düşünüldüğünden daha fazla potansiyele sahiptir.

Türkiye'de kişi başına düşen CO_2 eşdeğeri emisyon 2017 yılında 6,6 ton/kişidir. İstanbul İklim Eylem Planı Sera Gazı Emisyon Envanteri'ne göre 2015 yılı için kentin toplam karbon ayak izi 47,3 milyon ton CO_2 eşdeğeridir. Bu miktarın %37'si elektrik tüketimi, %28'i ulaşım, %25'i doğalgaz tüketimi, %6'sı atık yönetimi, kalan %4'lük kısmı ise diğer yakıtların tüketilmesi nedeniyle ortaya çıkmaktadır. Kişi başına düşen karbon ayak izi 3,23 ton CO_2/kişidir (İBB, İklim.İstanbul ve İSTAÇ, 2019). Karbon ayakizinin küresel olarak takip edildiği çalışmalara göre ise İstanbul'da karbon ayakizi 5,2 ton CO_2/kişi iken Ankara'da 6,9 ton CO_2/kişi olarak hesaplanmıştır. Toplam emisyonlara bakıldığında İstanbul yerel ölçekte birinci, Ankara ikinci sıradadır. Global ölçekte ise İstanbul 26. Ankara 80. sıradadır (Moran ve ark., 2018).

Şekil 1: *Türkiye'de Sektörlere Göre Toplam Sera Gazı Emisyonları (Mt CO_2/yıl) (UNFCCC, 2019a)*



Şekil 2: *Türkiye'de Sera Gazı Emisyonlarının 2017 Yılı Payları (UNFCCC, 2019a)*



Kentlerin azaltım hedeflerini belirleyip bu hedeflere göre stratejiler belirlemeleri ülkelerin ulusal olarak belirlenmiş katkı beyanına taahhütlerini sağlamaları için çok önemlidir. Ayrıca, kentlerin azaltım ve uyum için gönüllü taahhütte bulunduğu küresel ağlar da kentlere sera gazı azaltımı ve uyum için destek olmaktadır. Özellikle sera gazı emisyonlarının en önemli sebebi olan kentlerde enerji, binalar, ulaşım, atık yönetimi ve tarımdan kaynaklanan emisyonların azaltılması için çalışmalar yapılmalıdır.

İklim değişikliğiyle mücadelede yerel yönetimler aynı zamanda uyum çalışmaları yapmakla yükümlüdür. Kentleri etkileyen en önemli riskler, artan sıcaklıklar, şiddetli hava olayları, deniz seviyesinin yükselmesi, su ve gıda güvenliğinin tehlike altında olması olarak sayılabilir (van Staden, 2014). Artan sıcaklıklarla birlikte ortaya çıkan sorunlardan biri olan artan sağlık problemlerine, hava kirliliğine ve kentsel ısı adası etkisine karşı, kentsel ısı yönetimi stratejilerinin geliştirilmesi, yeşil alanların ve yeşil çatı uygulamalarının arttırılması, rüzgar koridorlarının düzenlenmesi ve altyapının güçlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Özellikle kanalizasyon altyapısının, iklim değişikliği hesaba alınmadan yapılması ve kentlerin, beton ve asfalt malzemelerle kaplı olması nedeniyle şiddetli yağışlar sonucu sel baskınları ve kanallardan taşmalar gibi problemler ortaya çıkmaktadır. Bu problemlere karşı yeşil alanların arttırılması, altyapının güçlendirilmesi, atıksu ve sel sularının ayrık toplaması için uygun yöntemlerin belirlenmesi ve afet eylem planlarının oluşturulması gerekmektedir.

Yükselen deniz seviyeleri ve fırtına kabarmasına karşı erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesi, kıyısal altyapının güçlendirilmesi, kıyı şeridindeki hizmet binalarının iç bölgelere taşınması, kriz anında tahliyenin gerçekleştirilmesi için acil durum planları yapılmalıdır (a.g.e.).

Su varlıklarında azalma özellikle içme suyu sıkıntısı, suya bağlı hastalıkların yaygınlaşması, gıda güvenliğinde azalma ve yüksek gıda fiyatları gibi risklere sebep olabilir. Suyun sürdürülebilir kullanımı için, kayıp kaçakların azaltılması, ayrık toplama, yağmur bahçeleri, yeşil çatılar ve yağmur

depoları gibi yöntemlerle yağmur suyunun ayrı toplanması ve atıksu arıtımının iyileştirilmesi uygulanabilecek stratejiler arasındadır.

Bu çalışmada iklim değişikliğiyle mücadele ve uyum için atık, atıksu ve hava kirliliği ile ilgili mevcut durum değerlendirilecek, Türkiye'den ve dünyadan iyi uygulamalar anlatılacak ve Türkiye için çözüm önerileri sunulacaktır.

1.1. Uluslararası Yükümlülükler

Türkiye Cumhuriyeti, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne (BMİDÇS) taraf olan bir ülke olarak çeşitli yükümlülükleri yerine getirmekle sorumludur. Ulusal Sera Gazı Emisyon Envanteri, Ulusal Bildirimler, İki Yıllık Raporlar ve Ulusal Katkı Beyanı hazırlamak bu yükümlülüklerin başlıcalarıdır. Bu resmi belgeler Türkiye'de atık, atıksu ve hava kalitesi yönetimi ile yerel düzeyde iklim değişikliği ile mücadele ve iklim değişikliğine uyum konularını da kapsamaktadır.

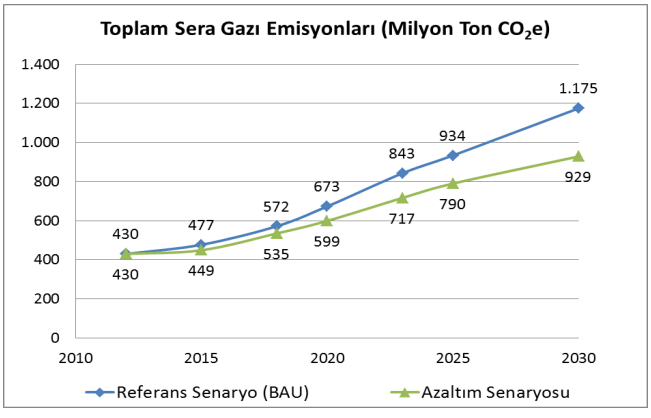
1.1.1. Ulusal Sera Gazı Emisyon Envanteri

BMİDÇS Ek-1 ülkesi olan Türkiye, her yıl Ulusal Sera Gazı Emisyon Envanteri'ni BMİDÇS Sekretaryası'na sunmakla yükümlüdür. 2006 yılından bu yana, 1996 Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) Rehberi kullanılarak, her yıl Ulusal Sera Gazı Emisyon Envanteri, Türkiye İstatistik Kurumu koordinasyonunda hazırlanmakta ve BMİDÇS'ye sunulmaktadır. Envanter; enerji, endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı, tarım ve atık sektörlerinden kaynaklanan sera gazı emisyon istatistiklerini içermektedir.

1.1.2. Türkiye'nin Katkı Hedefleri

"Ulusal Katkı Niyet Beyanları" (INDC'ler) 2015 yılında, COP21'den önce Birleşmiş Milletler'e sunulmuştur. "Avrupa Birliği ve Üye Ülkeler", INDC belgesinde, sera gazı emisyonlarını 2030 yılı itibariyle, 1990 yılına göre %40 azaltma taahhüdü vermiştir (UNFCCC, 2015). Türkiye Cumhuriyeti INDC Belgesi'nde ise, gelişmekte olan bir ülke olarak referans yılını 1990 yılı olarak almamaktadır (UNFCCC, 2019b). Referans yılı olarak 2012 yılı seçilmiştir. Türkiye, emisyonlarının 2030 yılında, 2012 seviyesine göre %116 artması öngörüsünde bulunmuştur. Sera gazı emisyonlarında 2030 yılında referans senaryosu olan 1175 $MtCO_2$ eşdeğeri emisyondan %21 azaltım yapılarak, 929 $MtCO_2$ eşdeğeri emisyona düşürüleceği öngörülmektedir. Şekil 3'te Türkiye'nin INDC Belgesi'nde sunduğu emisyon azaltım senaryosu görülmektedir.

Şekil 3: *Türkiye INDC Hedefleri (UNFCCC, 2019b)*



Azaltım hesaplamalarıyla ilgili hâlihazırda çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalarda büyüme senaryoları gözden geçirilerek ve her bir sektörün azaltım potansiyeli tekrar değerlendirilerek, INDC güncellenmelidir. Enerji planlaması ve enerjide verimlilik, fosil yakıtlardan yenilenebilir enerjiye geçiş, endüstriyel tesislerde emisyon azaltım tekniklerinin uygulanması, tarım, atık gibi emisyon azaltım maliyetlerinin düşük olduğu sektörlerde azaltım stratejilerinin hızla uygulanmaya başlaması öncelikli azaltım stratejileri olarak değerlendirilebilir.

1.1.3. Ulusal Bildirim ve İki Yıllık Raporlar

Birleşmiş Milletler Çerçeve Sözleşmesi'nde yer alan Ek-1 ülkeleri dört yılda bir Ulusal Bildirim sunmakla yükümlüdür. İktisadi İşbirliği ve Gelişme Teşkilatı (OECD) ülkelerinden biri olması nedeniyle Ek-1'de yer alan Türkiye, Birinci Ulusal Bildirimi'ni 2007 yılında, Altıncı Ulusal Bildirimi'ni 2016 yılında Birleşmiş Milletler'e sunmuştur. Ulusal bildirimler ülke koşulları, sera gazı emisyonu envanteri, politika ve önlemler, sera gazı projeksiyonları, etki, etkilenebilirlik ve uyum, finansman kaynakları ve teknoloji transferi, araştırma ve sistematik gözlem, eğitim, öğretim ve kamuoyunun bilinçlendirilmesi başlıklarını içermektedir.

Yine Ek-1 ülkesi olması nedeniyle Türkiye, Sekretarya'ya iki yıllık raporlar sunmaktadır. Türkiye birinci ve ikinci iki yıllık raporunu Ocak 2016'da sunmuştur. Üçüncü iki yıllık rapor ise Ocak 2018'de Sekretarya'ya teslim edilmiştir. Raporlarda sera gazı emisyon azaltımı, finans, teknoloji transferi ve kapasite arttırımı hakkında bilgi verilmektedir. Üçüncü iki yıllık raporda ise ulusal sera gazı envanterinin güncellenmiş hali yer almaktadır.

1.2. Küresel Kent Ağları

Küresel kent ağları iklim değişikliği mücadelesini kentler özelinde desteklemeyi hedeflemektedir. Bu dayanışma ağlarından bazıları, C40 (Büyük Kentler İklim Liderlik Grubu), ICLEI (Kalkınma için Yerel Yönetimler), UCLG (Birleşmiş Kentler ve Yerel Yönetimler) ve UN Habitat (Birleşmiş Milletler Habitat)'tır.

C40, sağlıklı kentler ve sürdürülebilir gelecek için iklim eylemini destekleyen büyük kentlerin oluşturduğu küresel koalisyon ve dayanışma ağıdır. 94 kenti ve 700 milyondan fazla insanı temsil etmektedir. C40'a dahil olan belediye başkanları yerel seviyede Paris Anlaşması'nın hedeflerini gerçekleştirmeye ve kent havasını temiz tutmaya katkıda bulunmaya çalışırlar.

ICLEI, 124 ülkede 1750 farklı ölçekteki kentten üyesi bulunmaktadır. ICLEI, yerel iklim politikası olarak kentlere düşük emisyonlu kalkınma, doğa tabanlı kalkınma, döngüsel kalkınma, dayanıklı kalkınma, adil ve insan merkezli kalkınmayı önermektedir. UCLG'nin temel amacı "Demokratik yerel yönetimin birleşik sesi ve dünya ölçeğinde savunucusu olmak ve yerel yönetimler ve uluslararası topluluk ile işbirliği içinde, değerlerini, amaçlarını ve çıkarlarını korumak"tır (UCLG-MEWA, 2015). UN Habitat hem sera gazlarını azaltmak, hem de iklim değişikliğine dayanıklı kentler inşa etmek için şehir ve bölge planları ölçeğinde çalışmalar gerçekleşmektedir.

Kent ağları bir araya gelerek 2008'de faaliyete geçen Avrupa Birliği Belediye Başkanları Sözleşmesi'ni (Covenant of Mayors) ve 2014'te faaliyete geçen Belediye Başkanları İklim Sözleşmesi'ni (Compact of Mayors) oluşturmuştur. Bu iki sözleşme ise daha sonra birleştirilerek Küresel İklim ve Enerji Sözleşmesi'ni oluşturmuştur. "Belediye Başkanları İklim ve Enerji Sözleşmesi", yerel iklim ve enerji girişimlerinin en büyüğüdür. Bu sözleşme yerel sera gazı emisyonunu azaltmayı, küresel ısınmaya karşı direnci arttırmayı ve gelişimi takip etmeyi amaçlamaktadır. Sözleşme'yi imzalayan şehir ve bölgeler; herkese sürdürülebilir ve düşük maliyetli enerji sağlayan, karbonsuz ve dirençli bölgeler oluşturma gibi uzun vadeli hedeflere

sahiptir. Bu şehir ve bölgeler; sulama, adaptasyon ve enerjiye erişime dair, bölgesel veya ulusal düzeyde belirlenen hedefleri gerçekleştirerek bu vizyona gönüllü olarak katkı sağlamakta, gözetim sürecine tabi olan *İklim ve Enerji Eylem Planlar'ı* hazırlamaktadırlar. Sözleşme'yi imzalayan şehir ve bölgeler, şehirlerin bölgelerle, devletlerle ve merkezi hükümetlerle birlikte çalışmasını teşvik etmektedir (UCLG-MEWA, 2018).

Türkiye'den Ankara Çankaya Belediyesi, Antalya Büyükşehir Belediyesi, Bursa Büyükşehir Belediyesi, Bursa Nilüfer Belediyesi, Eskişehir Büyükşehir Belediyesi, Eskişehir Tepebaşı Belediyesi, İstanbul Bağcılar Belediyesi, İstanbul Kadıköy Belediyesi, İstanbul Maltepe Belediyesi, İstanbul Pendik Belediyesi, İstanbul Şişli Belediyesi, Gaziantep Büyükşehir Belediyesi, Sakarya Büyükşehir Belediyesi, İzmir Bornova Belediyesi, İzmir Büyükşehir Belediyesi, İzmir Karşıyaka Belediyesi, İzmir Seferihisar Belediyesi, İzmir Bayındır Belediyesi, Balıkesir Karşıyaka Belediyesi imzacı olmuştur (Covenant of Mayors for Climate and Energy, t.y.).

1.3. Ulusal Yükümlülükler

Ulusal mevzuatta iklim değişikliği ile mücadele net bir şekilde yer almasa da yönetmeliklerdeki birçok madde iklim değişikliği ile mücadele anlamında önem taşımaktadır. Özellikle iklim değişikliği uyum stratejisi ve eylem planları, ayrıca ulusal strateji, politika, program ve eylem planlarında da atık, atıksu ve hava yönetimi için önemli hedefler bulunmaktadır. 10. Kalkınma Planı ve Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı, *iklim değişikliği ile mücadele* bakış açısıyla aşağıda irdelenmiştir.

Onuncu Kalkınma Planı'nda (2014-2018) çevre ve iklimle ilgili çok önemli noktalara değinilmiştir. İki kavram arasındaki bağlar ileriki aşamalarda daha fazla ön plana çıkartılabilir. Örneğin 981. Madde'de "Şehirlerde kanalizasyon ve atıksu arıtma altyapısı geliştirilecek, bu altyapıların havzalara göre belirlenen deşarj standartlarını karşılayacak şekilde çalıştırılmaları sağlanacak, arıtılan atık suların yeniden kullanımı özendirilecektir" ve 982. Madde'de "Katı atık yönetimi etkinleştirilerek atık azaltma, kaynakta ayrıştırma, toplama, taşıma, geri kazanım ve bertaraf safhaları teknik ve mali yönden bir bütün olarak geliştirilecek; bilinçlendirmenin ve kurumsal kapasitenin geliştirilmesine öncelik verilecektir. Geri dönüştürülen malzemelerin üretimde kullanılması özendirilecektir" denilmiştir. Bu iki madde kentlerde iklim değişikliğiyle mücadele açısından oldukça önemli politikalar içermektedir. İleriki aşamalarda iklim değişikliği ile ilişkilendirme çalışmaları oldukça değerli olacaktır.

Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı'nda (2017-2023) özellikle bina ve hizmetler, sanayi ve teknoloji, enerji, ulaştırma, tarım sektörü için enerji verimliliğinin arttırılması hedeflenmektedir (EYODER, 2017). Bina ve Hizmetler Sektörü altında B4 numaralı "Belediye hizmetlerinde enerji verimliliğinin arttırılması" isimli eylemle, belediyelerin öncelikli olarak su arzı, atıksu arıtma, katı atık toplama, katı atık geri kazanımı ve bertarafı ile toplu ulaşım alanlarında ve bunlarla sınırlı kalmaksızın enerji verimliliğine ilişkin fırsatların belirlenmesi ve önlemlerin uygulanması amaçlanmaktadır. Yalnızca bu eylemde atık ve atıksu için enerji verimliliği eylemi amaçlanmış olup, eylem planındaki bütün eylemler enerji verimliliği aracılığıyla hava kalitesinin iyileştirilmesine ve iklim değişikliğiyle mücadeleye hizmet etmektedir.

2. ATIK YÖNETİMİ VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

2.1. Atık

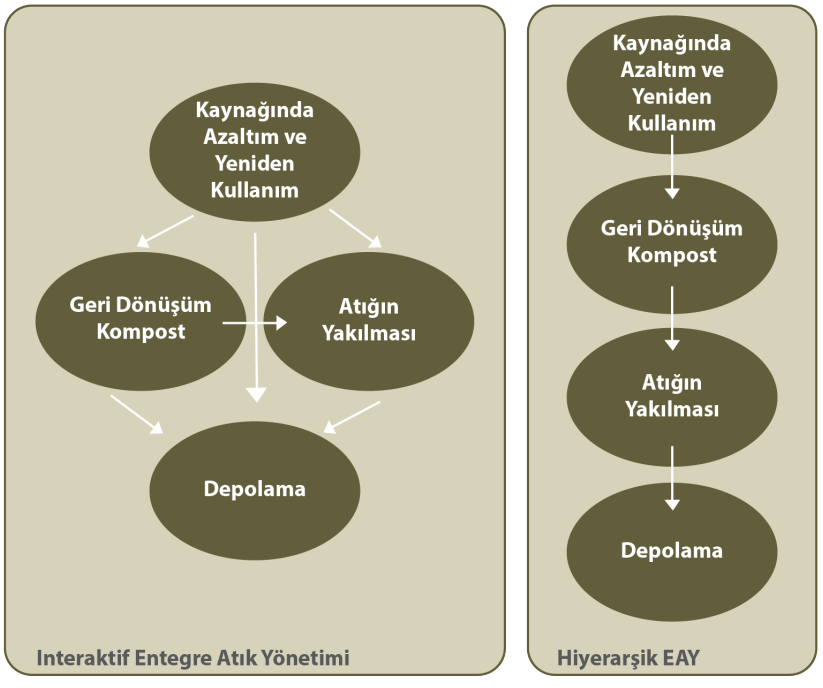
Sahibinin kurtulmak istediği herhangi bir madde atık olarak tanımlanır. IPCC atık türlerini evsel atık, endüstriyel atık ve diğer atıklar olarak üç kategoride değerlendirmektedir (IPCC, 2006). Bu atıklardan geri dönüşüme gönderilebilecek olanların ayrı toplanması sera gazı emisyonlarının azaltımı için büyük önem taşımaktadır.

Kentlerdeki atıkların büyük bölümünü evsel atıklar oluşturmaktadır. Evsel atıklar gıda artıkları, bahçe ve park atıkları, karton, ahşap, tekstil, bebek bezi, lastik ve deri, plastik, metal, cam ve diğer (kül, toz, pil, elektronik atık, vb.) atıklardan oluşur ve çok büyük bir kısmı geri dönüşebilir ve tekrar kullanılabilir malzemelerdir.

2.2. Atık Yönetimi

Atık yönetimi ülkelere ve bölgelere göre çeşitlilik göstermekle birlikte, genel anlamda hiyerarşik ve interaktif entegre atık yönetimi olarak ikiye ayrılabilir. İnteraktif entegre atık yönetiminde öncelikle kaynağında azaltım ve yeniden kullanım aşaması yer alacağı gibi buradan arta kalanların doğrudan depolamaya gönderilmesi söz konusu olabilir. Ancak hiyerarşik yöntemde kaynağında azaltım ve yeniden kullanım, geri dönüşüm ve kompost, atık yakma ve depolama sırasıyla uygulanır (Şekil 4). Bu yöntemde kaynağında azaltım ve yeniden kullanım öncelikle uygulanmalı, daha sonra geri dönüşüm ve kompost, kalan karışık atıkların yakılması ve en sonda cürufun depolanması olarak uygulanır.

Şekil 4: *Entegre Atık Yönetimi Modelleri (Tchobanoglous & Kreith, 2002)*



Avrupa'da ise bu model geliştirilerek ilk aşamaya yalnızca atığın önlenmesi getirilmiştir. Eğer atık oluşumu önlenemiyorsa entegre atık yönetimi basamakları uygulanmaktadır (Şekil 5). İnteraktif ve hiyerarşik entegre atık yönetiminin yanında sürdürülebilir atık yönetimi de uygulanabilmektedir. Sürdürülebilir atık yönetiminde ise atık azaltımı ile başlayan atık yönetimi, yeniden kullanım ve geri dönüşüm, anaerobik yöntemler, aerobik kompostlaştırma, enerji geri kazanımı, düzenli depo sahalarından metan geri kazanımı, düzenli depo sahalarında metan yakma, metan kazanımı olmayan düzenli depolara bertaraf ve düzensiz depo sahalarına bertaraf olarak en iyiden en son istenen yönteme doğru devam eder (Rosenzweig ve ark., 2015).

Şekil 5: *Avrupa'da Entegre Atık Yönetimi Modeli (UCCRN, 2015)*

2.3. Atık Yönetiminin Çevresel Etkileri

Depo Sahaları: Atık yönetiminde yer alan yöntemlerden her biri çevresel etkilere ve metan başta olmak üzere bazı sera gazı emisyonlarına sebep olmaktadır. Sera gazı emisyonlarının büyük kısmı depo sahalarından ortaya çıkmaktadır. Depo sahalarında, biyobozunur atıklar metan emisyonlarına sebep olurken, bu emisyonlar hem iklim değişikliğine, hem de yangın ve patlama riskine yol açmaktadır. Bu nedenle sera gazı azaltımı için özellikle depo sahalarından ortaya çıkan metan emisyonlarının engellenmesi önemlidir. Bu emisyonların önüne geçmek içinse kaynağında atık azaltımı ve atık ayırmanın ülke genelinde uygulanması önem taşımaktadır. Atıkların bozunmasıyla ortaya çıkan sızıntı suları da yeraltı ve yüzey sularına karışmakta, toprağı kirletmektedir. Atık depolama sahalarının ömrünü doldurması nedeniyle, yeni depo sahaları için arazi gerekmektedir. Bu nedenle bu arazilerin daha faydalı amaçlarla kullanılması fırsatının önüne geçilmiş olunur. Depo sahaları ayrıca gürültü ve kokuya sebep olarak civarda yaşayanlar için önemli sorun teşkil etmektedir.

Mekanik ve biyolojik ön işlemler ise organik maddeden kaynaklanan metan ve sızıntı suyu oluşumunu azaltır. İşlemlerden sonra maddeler geri dönüşüm ve enerji geri kazanımı için kullanılabilir. Atıkların tamamının depo sahalarına gitmesi önlenerek depo sahasının daha verimli kullanımı sağlanabilir.

Geri Dönüşüm: Geri dönüşüm enerji tasarrufu açısından büyük önem taşımaktadır. Geri dönüşümden kazanılan hammaddeden yapılan üretim saf hammaddeye göre daha az enerji sarfetmektedir. Örneğin kum ve diğer minerallerin yüksek sıcaklıklarda eritilmesiyle elde edilen cam üretiminin en enerji-yoğun kısmı karışımı eritmek için gereken enerjidir (EIA, 2013). Geri dönüşen camın eritilmek için yine enerjiye ihtiyaç duyması nedeniyle, burada enerji geri kazanımı oranı %10-15 aralığında kalmaktadır (AGI, 2019). Alüminyum cevherinden elde edilen alüminyum için, alüminyumun ayrılması esnasında çok yüksek miktarda ısı ve elektrik gerekmektedir. Geri dönüşen alüminyum için bu proses gerekli değildir. Sadece temizleme ve eritme aşamaları yeterliyken, alüminyum cevherinden alüminyum eldesine göre %94 enerji tasarrufu sağlanmaktadır (U.S. Department of Energy, 2007). Geri dönüşümden en fazla enerji tasarrufu genel olarak metallerden sağlanır. Hem geri dönüşümü kolaydır hem de enerji-yoğun madencilik ve üretim proseslerinin önüne geçilmiş olur. Örneğin, berilyum dönüşümünden enerji tasarrufu %80, kurşundan %75, demir ve çelikten %72, kadmiyumdan ise %50'dir (AGI, 2019). Enerji tasarrufuna bağlı olarak sera gazı emisyonlarında azaltım sağlanmaktadır. Ayrıca geri dönüşüm sınırlı hammadde rezervlerinin sürdürülebilir kullanılmasını sağlamaktadır. Geri dönüşüm saf hammaddenin çıkarılması için ortaya çıkabilecek çevresel etkinin önüne geçilmektedir.

Kompost: Kompost organik atıkların mikroorganizmalar tarafından aerobik ortamda bozunmasıyla oluşan humus benzeri bir üründür. Ortaya çıkan ürün kullanılan atığın çeşidine göre organik madde ve mineraller açısından farklılık gösterir. Evsel organik atıkların, bitkisel atıkların, hayvan dışkılarının ve arıtma çamurlarının kompostlaştırılmasıyla bu atıkların sebep olduğu çevresel problemlerin önüne geçilebilir. Ancak proses sonrası elde edilen ürünün kalitesi test edilmelidir. Üründe patojenler olmamalı, besin maddesi içeriği ve organik madde değerleri yeterli seviyede olmalıdır. Kalitesine göre, tarım arazilerinde, parklarda, bahçelerde uygulanabilir. Kompost kullanımıyla, hammaddesinin büyük kısmı ithal edilen kimyasal gübrenin yarattığı finansal ve çevresel problemler ortadan kalkacak, kompostlaştırmanın yaygınlaşmasıyla çiftçilerin kendi gübrelerini üretmesi mümkün olacaktır. Ancak birçok avantajı olan bu yöntem Türkiye'de yaygın olarak uygulanmamaktadır.

Kompost yöntemi ise organik atıkların depo sahasına daha az gönderilmesini sağlayarak organik atık bozunması sonucu ortaya çıkan metanı azaltır. Kompostlaştırma prosesinden sonra elde edilen kompost ürünü, mineral gübre kullanımı azaltılarak toprak iyileştirici olarak kullanılabilir. Toprak organik maddesini arttırarak toprağın karbon tutma kapasitesini arttırır. Toprak verimliliğini iyileştirerek, inorganik gübre ihtiyacını azaltır, toprağın su tutma kapasitesini arttırdığı için sulama ihtiyacını azaltır ve erozyon seviyelerini azaltır. Ancak kompostlaştırma sırasında ortaya çıkabilecek karbondioksit, metan ve nitröz oksit emisyonları açısından dikkatli olunmalıdır. Çalışmalar aerobik kompostlaştırma sistemlerinin anaerobik kompostlaştırma sistemlerine göre daha az emisyona sebep olduğunu ortaya koymuştur (Ministry of Agriculture and Forestry in Canada, 2019).

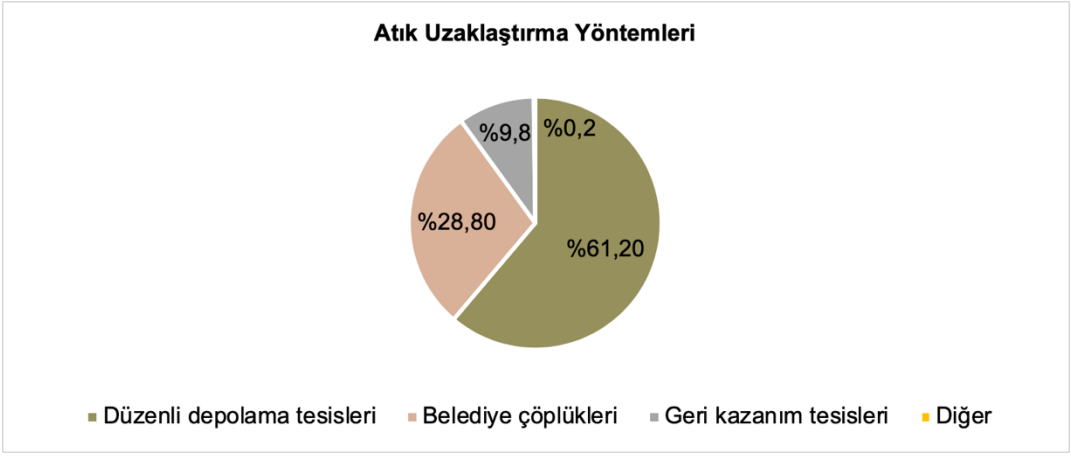
Yakma Tesisleri: Enerji geri kazanımı yapılan tesislerde fosil yakıt kullanımıyla birlikte farklı sorunlar ortaya çıkmaktadır. Evsel atıkların yakıldığı bir tesisten iklim değişikliğine neden olan CO_2 ve N_2O gibi sera gazları ortaya çıkabilmektedir. Hava kirleticilerin tutulmadığı bir yakma tesisi NOx, SO_2, HCl, partiküller, dioksin gibi kirleticilere neden olabilmektedir.

Atık yönetimi iklim değişikliği perspektifinden değerlendirildiğinde öncelikle düşünülmesi gereken depo sahalarından ortaya çıkan metan emisyonlarının kontrolüdür. Bunun için organiklerin depo sahasına gönderilmeden kontrolü büyük önem taşımaktadır. Diğer geri dönüşebilir materyallerin endüstride hammadde olarak kullanılması ve bu şekilde enerji tüketiminin azaltılması sayesinde daha az fosil yakıt kullanımında azaltım gerçekleşir. Bu şekilde sera gazı azaltımı sağlanmış olur. Kağıt geri dönüşümüyle daha az ağaç kesiminin gerçekleşmesi ve bu şekilde ağaçların korunması, karbon tutulumunun artması sağlanabilir. Atığın depo sahalarına uzun mesafeler taşınması yerine atığın oluştuğu yere yakın mesafelerde atık yönetiminin gerçekleştirilmesi bu mesafelerde tüketilen enerji kaynaklarının tasarrufunu sağlar (Ackerman, 2000). Bütün bu yöntemlerin başarıyla uygulanması için atılması gereken en önemli adım atık azaltımı ve atıkların kaynağında ayrılmasıdır.

2.4. Türkiye'de Atık Yönetimi

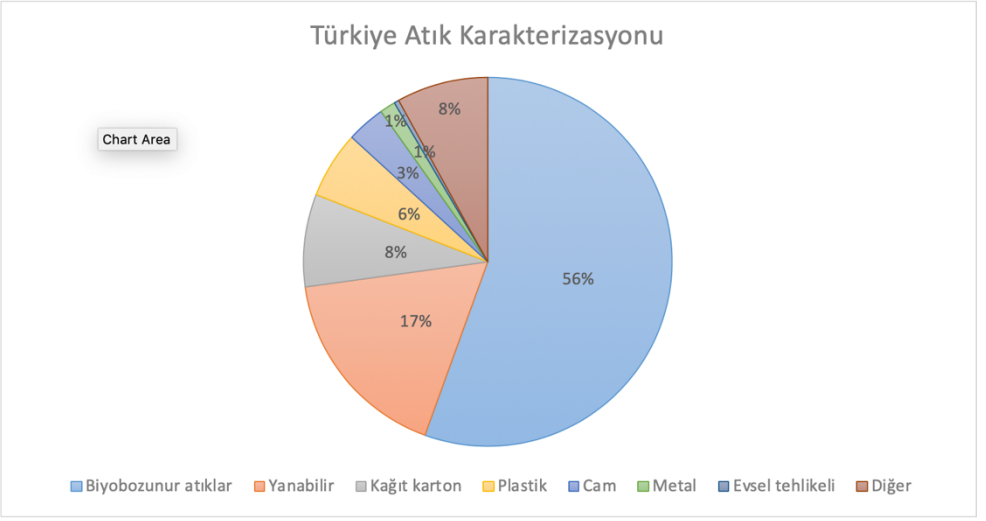
Türkiye uzun yıllar boyunca atığını vahşi depo sahalarında bertaraf etmiş, son yıllarda ise düzenli depo sahalarına geçiş yapmıştır. 2016 yılı itibariyle atıkların %61,2'si düzenli depolanmış, %28,8'i vahşi depolama tesisine gitmiş, %9,8'i geri dönüştürülmüş, %0,2'si ise diğer yöntemlerle uzaklaştırılmıştır (Şekil 6) (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017). Ancak atığın depo sahalarına gönderilmesi sadece iklim değişikliği değil, doğa koruma açısından da öncelikli olarak tercih edilmesi istenen bir yöntem değildir. İngiltere'den bir araştırma şirketinin 2017 yılında yaptığı araştırmaya göre Avrupa ülkeleri arasında Türkiye atığını en çok israf eden ülkeler arasında yer almaktadır (Hürriyet Daily News, 2017).

Şekil 6: *Türkiye'de Atık Uzaklaştırma Yöntemleri 2016 (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017)*



Katı atık içinde geri dönüşüme gidebilecek birçok kıymetli hammadde vardır. Türkiye atık karakterizasyonuna bakılınca biyobozunur atıkların %56 ile atık içinde en fazla oranda bulunduğu görülmektedir (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017). Kağıt karton (%8), plastik (%6), cam (%3) ve metal (%1) gibi geri dönüşümü gerçekleşebilir malzemeler de sırasıyla takip etmektedir (Şekil 7). Ülkemizde atığın azaltımı ve yeniden kullanımı, geri dönüşüm ve kompostlaştırma acil olarak uygulanması gereken yöntemlerdir. Bunun için de öncelikli şart, atığın ayrı toplanmasıdır.

Şekil 7: *Türkiye'nin Atık Karakterizasyonu, 2014 (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017)*



2.5. Türkiye'de Atık Yönetimi Mevzuatı

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Atık İşleme Dairesi Başkanlığı ve Sıfır Atık Yönetimi Dairesi Başkanlığı tarafından yürütülmesi gerçekleştirilen yönetmelikler ve yürürlüğe giriş tarihleri aşağıdaki şekildedir. Bu yönetmeliklerden en başta "Atık Yönetimi Yönetmeliği" olmak üzere "Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği", "Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik", "Kompost Tebliği" gibi yönetmelikler iklim değişikliğiyle mücadele açısından önem taşımaktadır. Yerel yönetimler bu yönetmelikleri uygulamak ve atığın en iyi şekilde yönetilmesini sağlamak zorundadır. Örneğin, "Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik"te biyobozunurların azaltılması için geçici bir madde bulunmaktadır. Biyobozunurların azaltılması - Geçici Madde 1'de 2015 yılında çöp sahasına 2005 yılı atığının %75'inin, 2018'de %50'sinin, 2025'te %35'inin gönderilebileceğini söylemektedir. Bu Madde'nin uygulanması, atık azaltımı, organik atıkların kompost veya diğer yöntemlerle kontrolü anlamına gelmektedir. Tüm bunlar yönetmelikte daha net bir şekilde ifade edilebilir ve uygulama alanında teşvik edici bir yapıya dönüşebilir.

Depo sahalarına giden atıkların azaltılması sayesinde depo sahalarında ortaya çıkan emisyonların azaltılması, hammadde rezervlerinin sürdürülebilir kullanılmasını sağlaması ve enerji tasarrufu sağlaması nedeniyle bu yönetmeliklerin uygulanması iklim değişikliğiyle mücadelede önemlidir (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018b).

Bu yönetmelikler dışında Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı da ulusal mevzuat ve AB uyum çalışmaları kapsamında hazırlanmıştır. Bu planda atık yönetim stratejileri, yöntemlerin atıklara ve bölgelere göre önceliklendirilmesine göre verilmiştir. Ayrıca, bu eylem planında 2023 yılında oluşan atığın hangi yöntemlerle kontrol edileceği detaylı olarak orta ve uzun vade hedefleriyle verilmiştir (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017).

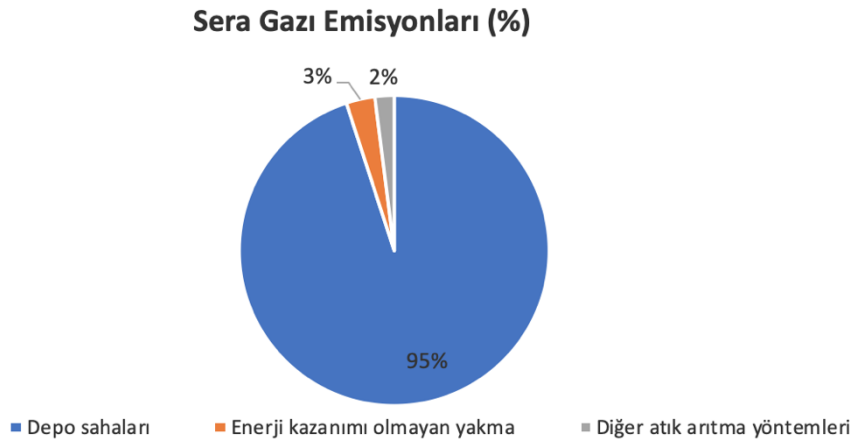
2.6. Atıktan Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonları

IPCC ulusal sera gazı envanteri rehberlerine göre (IPCC, 2006); atık kategorileri, katı atık bertarafı, biyolojik arıtma, yakma ve atıkların açıkta yakılması, atıksu arıtma ve deşarjı ve diğer olmak üzere beş kategoride değerlendirilir. Atıktan kaynaklanan emisyonlar özellikle bakteriyel faaliyetlerden ortaya çıkan metan ve nitrözoksitlerdir. Düzenli depo sahalarından en fazla ortaya çıkan sera gazı ise metandır.

Şekil 8: *IPCC Rehberlerine Göre Atıktan Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonları (a.g.e.)*

Avrupa Çevre Ajansı'nın çalışmasına göre atıktan kaynaklanan emisyonların en önemli sebebi %95'lik bir oranla depo sahalarıdır (Şekil 8) (EEA, 2014). Yakma ve yakma dışında kalan atık yönetimi yöntemleri ise daha sonra gelir. Türkiye'de ise yakma yöntemi çok kullanılmadığından depo sahaları ve atıksu arıtma tesislerinden kaynaklanan sera gazı emisyonları atık sektörü altında öncelikli iki kategoridir.

Şekil 9: *Atıktan Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonları (%) (EEA, 2014)*

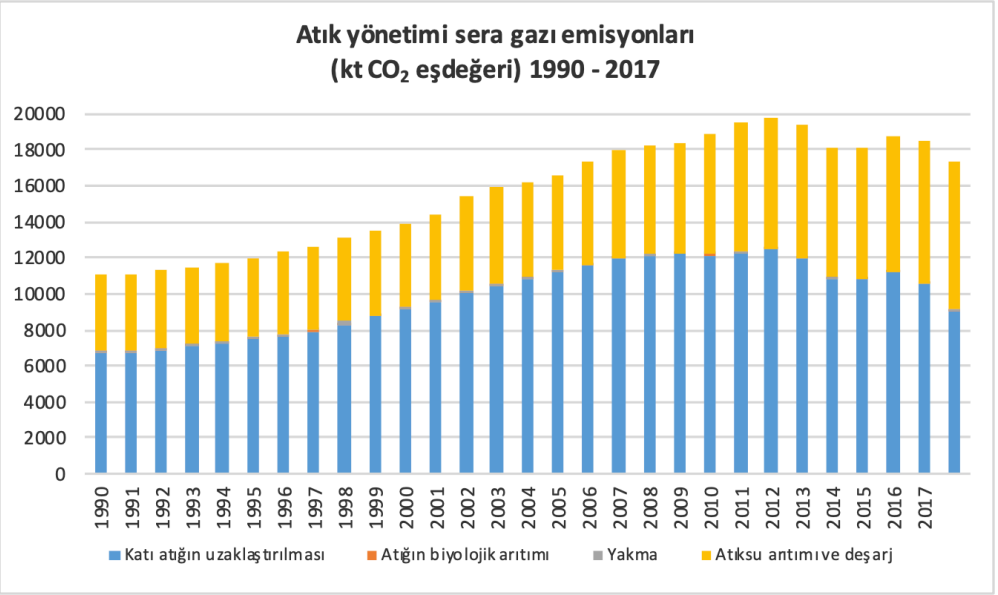


Türkiye'de atıktan kaynaklanan sera gazı emisyonları 2017 yılı itibariyle 17,3 $MtCO_2$ olup, %52'lik bir kısmı katı atık bertarafından yani depo sahalarından kaynaklanmaktadır. Atık sektöründe sonraki emisyon kaynağı ise %48'e yakın bir oranla atıksu arıtımıdır. Bu nedenle azaltım çalışmalarında katı atık bertaraf yöntemleri ve atıksu arıtımı ve deşarjı uygun bir şekilde ele alınmalı ve yönetilmelidir. Bu noktada özellikle arıtma çamurlarının kontrolü büyük önem taşımaktadır. Arıtma çamurlarının doğrudan toprağa uygulanması doğru değildir. Toprak şartlandırıcı olarak veya kompostlaştırılarak "Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik" uyarınca toprağa uygulanabilir.

Tablo 1: *Türkiye'de Atıktan Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonları - 2017 yılı ($ktCO_2$/yıl) (UNFCCC, 2018)*

	Toplam CO_2 eşdeğeri
Katı atığın uzaklaştırılması	9079
Atığın biyolojik arıtımı	14
Yakma	4
Atıksu arıtımı ve deşarj	8258
Toplam	17355

Şekil 10: *Türkiye'de Atıktan Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonları (UNFCCC, 2019a)*



2.7. Atıktan Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonlarının Azaltılması için Stratejiler

OECD ülkeleri 2018 yılı itibariyle atığın %36'sını geri dönüşüm ve komposta, %20'sini geri kazanımın olduğu yakma tesislerine, kalan %42'sini ise düzenli depo sahalarına göndermektedir. Türkiye'de güncel olarak geri dönüşüm oranı %10 civarındadır. (OECD, 2019).

Atığın Önlenmesi:

Atıktan kaynaklanan sera gazı emisyonlarının azaltılması için ilk adım atıkların önlenmesi, kaynağında azaltımı ve yeniden kullanımıdır. Eğer bu sağlanamıyorsa atık azaltımı veya malzemenin ömrü tükenene kadar yeniden kullanımı önerilebilir.

Geri Dönüşüm:

Atıkların ayrı toplanması sayesinde yapılacak olan geri dönüşüm, sınırlı hammaddenin sürdürülebilir kullanımı, geri dönüşüm sırasında daha az enerji tüketimi, daha az fosil yakıt kullanımı, daha az depo sahasına ihtiyaç duyulması gibi birçok avantaj sağlamaktadır. Organiklerin kompostlaştırılarak geri dönüşümü ise organik maddesi düşük olan topraklar için oldukça faydalıdır. Kompostun toprağa uygulanması sonucu toprak organik maddesi arttırılarak, toprağın karbon tutma kapasitesi genişler. Bu şekilde mineral gübre kullanımı azaltılarak, mineral gübrelerin üretiminden ve tüketiminden kaynaklanan emisyonların önüne geçilmiş olur. Bu şekilde hem azaltım hem de uyum anlamında iklim mücadelesine destek verilmektedir.

Geri Kazanım:

Geri kazanıma verilecek iyi bir örnek, organik atıkların bozunarak biyogaza dönüştürülmesi ve bu gazdan enerji elde edilmesidir. Biyogaz tesisleri, doğalgaz benzeri (%98 metan) bir ürün oluşmasını sağlayarak, yenilenebilir enerjide artış sağlayabilir, bu sayede tesiste ve çevresinde fosil yakıt kullanımında azaltım sağlayarak enerji sektörü emisyonları da azaltılabilir. Biyogaz hem yakıt olarak, hem de elektrik üretimi için kullanılabilir. Proses sırasında kullanılan organik ürünün dönüşümü ile ortaya çıkan ürün, toprak şartlandırıcı olarak kullanılabilir. Almanya'da organik atıklar biyogaz tesislerine gönderilmektedir. Hâlihazırda 9500 biyogaz tesisi mevcuttur (Buddle & Newman, 2019). Hayvansal gübrenin tesislerde kullanılması elde edilecek üründe patojen bulunması riski yaratacağından belediyelerde evsel organik atık tercih edilmektedir. Biyogaz prosesi sonucu ortaya çıkacak ürünün kullanımı ile mineral gübre üretiminde ve kullanımında ve buna bağlı sera gazı emisyonlarında azaltım sağlanabilir (Ağaçayak & Öztürk, 2017). Ayrıca toprağın organik madde miktarı arttırılarak karbon tutma kapasitesi arttırılır, yenilenebilir bir enerji çeşidi olan biyogaz kullanımı arttırılarak fosil yakıt tüketimi azaltılır.

Depolama:

Düzenli depo sahaları gelişmiş ülkelerde öncelikli tercih olmamakla beraber mevcut düzenli depo sahalarında depo gazı tutulumu ile metan geri kazanımının gerçekleştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Düzenli depo sahalarına giden organik atıkların kompost yöntemiyle azaltılması ile atık miktarında azaltım ve bu şekilde düzenli depo sahalarından ortaya çıkan emisyonlarda azaltım sağlanabilir.

Türkiye'nin INDC Raporu'nda yer alan Atık Bölümü'nde sunduğu stratejiler aşağıdaki şekildedir (EEA, 2014).

- Katı atıkların düzenli depolama alanlarına gönderilmesi
- Atıkların; yeniden kullanımı, geri dönüşümü ve ikincil hammadde elde etme amaçlı diğer işlemler ile geri kazanılması, enerji kaynağı olarak kullanılması veya bertaraf edilmesi
- Atıkların maddesel geri kazanımı, biyokurutma, biyometanizasyon, kompost, ileri termal işlemler veya yakma gibi işlemlere tabi tutularak atıktan enerji kazanımının sağlanması
- Düzenli ve düzensiz depolama alanlarından kaynaklanan depo gazından metan geri kazanımının gerçekleştirilmesi
- Endüstriden kaynaklanan atıkların başka bir sektörde alternatif hammadde veya yakıt olarak kullanılması, bir sektörden çıkan atığın başka bir sektörün hammaddesi olabilmesini sağlayan endüstriyel simbiyoz yaklaşımı
- Besi ve tavuk çiftliklerinden çıkan atıkların değerlendirilmesi için uygun çalışmaların yapılması
- Düzensiz depolama sahalarının rehabilite edilerek atıkların düzenli depolama sahalarında bertarafının sağlanması.

Bunlara ilaveten, atıksu için kapsamlı bir strateji geliştirilebilir. Yerel düzeyde ise belediyelerin katı atık yönetim planları mevcuttur ve bu kapsamdaki etkinliklerini iklim mücadelesiyle ilişkilendirmeleri çok önemli olacaktır. Belediye Başkanları Sözleşmesi'ni imzalayan belediyeler, emisyon azaltım stratejileri geliştirmiştir. Oysa sera gazı emisyonlarının büyük kısmına sebep olan kentlerin aynı zamanda iklim değişikliğinin etkilerine de ciddi anlamda maruz kalması, her bir yerel yönetime ciddi sorumluluklar yüklemektedir.

2.8. Stratejilerin Uygulanması için Öneriler

Önceki bölümde bahsedilen stratejilerin uygulanması için aşağıdaki stratejiler benimsenebilir.

Atığın Önlenmesi:

- Halkın atık ve ayrı toplama konusunda bilinçlendirilmesi
- Belediyelerin atıkla ilgili kampanyalar gerçekleştirmesi
- Doğa koruma ile ilgili kampanyalar düzenlenmesi

Geri Dönüşüm, Geri Kazanım:

- Atık yönetimi yönetmeliklerini uygulamak için gerekli kapasite ve altyapının sağlanması
- Düzensiz veya düzenli depo sahalarının yerine atık önleme, geri dönüşüm ve geri kazanım uygulamalarını arttırma amaçlı eğitimler düzenlenmesi
- Halkın atık azaltımı, yeniden kullanım ve geri dönüşüm için atığı kaynağında ayırmasını sağlamak amacıyla bilinçlendirme çalışmalarının düzenlenmesi
- Geri dönüşüm için atıkların ayrı toplanmasını teşvik edici yöntemlerin belirlenmesi ve uygulanması
- Ayrı toplama için gerekli altyapının sağlanması ve geri dönüşüm altyapısının geliştirilmesi
- Organik atıklardan kompost üretimi ve biyogaz üretimi için organiklerin ayrı toplanması, bunun için halkın bilinçlendirilmesi ve gerekli altyapının sağlanması
- Mineral gübrelerin zararları konusunda çiftçilerin bilgilendirilmesi ve kompost kullanımı konusunda teşvik edici uygulamaların geliştirilmesi

Depolama:

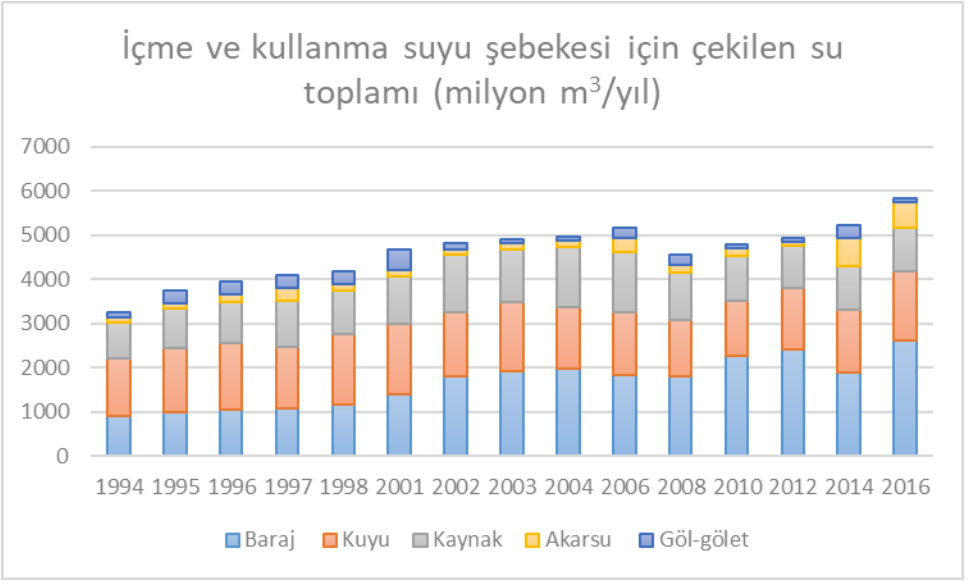
- Depolama alanlarının tamamının düzenli depolama haline getirilmesi
- Düzenli ve düzensiz depolama alanlarından kaynaklanan depo gazından metan geri kazanımının gerçekleştirilmesi için gerekli altyapının sağlanması

3. ATIKSU YÖNETİMİ VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

3.1. Atıksu Yönetimi

Birleşmiş Milletler tarafından «Bir toplumun yaşamını sürdürmek, sosyo-ekonomik gelişimi sağlamak, su kirliliğine ve suya bağlı afetlere karşı korunmak, ekosistemleri barış ve istikrar ortamında korumak için yeterli ve iyi kalitedeki suya sürdürülebilir olarak ulaşma kapasitesi» şeklinde tanımlanan su güvenliği iklim değişikliği nedeniyle büyük önem kazanmıştır. Falkenmark Endeksine göre erişilebilir suyun kişi başına 1000 m^3-1700 m^3/kişi-yıl arasında olması su stresi yaşandığı anlamına gelmektedir. Türkiye ise 1387 m^3/kişi-yıl erişilebilir su miktarıyla su stresi çeken bir ülke durumundadır. Artan sıcaklık, azalan yağış kaynağa yönelik olumsuz etki yaratırken, nüfus artışı, sosyal ve ekonomik gelişmeler kaynak kullanımını olumsuz etkilemektedir. Bütün bu faktörler nedeniyle Türkiye 2050 yılında su fakiri ülke konumuna gelecektir (Ağaçayak & Keyman, 2018). Bu nedenle su kaynakları en verimli şekilde kullanılmalı, atık sular da arıtılarak alıcı ortama verilmelidir. Hâlihazırda atık suların %86'sı arıtılarak alıcı ortama verilmektedir (TÜİK, t.y.). Atık suyun tamamının arıtmaya tabi tutulması için gerekli yatırımlar önceliklendirilmelidir.

Şekil 11: *Türkiye'de Belediyeler Tarafından Çekilen Toplam Su Miktarı (TÜİK, 2018)*



Atıksu sistemleri, atıksu iletimi, arıtımı ve bertarafı sırasında, ayrıca atıksu arıtma çamurunun oluşumu nedeniyle metan ve nitrözoksitlere sebep olmaktadır. Nitrözoksitlerin en önemli sebebi kanalizasyon sistemleri ve atıksu arıtımıdır (Major ve ark., 2011).

Atıksu arıtımı sürecinin sera gazı emisyonuna sebep olması ile birlikte, iklim değişikliği de atıksu arıtma tesisleri ve arıtma proseslerini olumsuz etkilemektedir (Zouboulis & Tolkou, 2014). Sularda kirletici artışı, taşkınlar, seller, su baskınları, sedimantasyon, alg patlamaları bunlara örnek verilebilir (EPA, 2017). İklim değişikliğinin su temini sistemleri üzerine önemli etkileri ise kuraklık, su

sıkıntısı, deniz seviyesinin yükselmesi ve sulara tuzlu su girişi olarak sıralanabilir. Bütün bu problemler göz önüne alınarak; yerel yönetimlerin, su temini ve atıksu yönetimi planlamalarında iklim değişikliğini ve buna bağlı belirsizlikleri göz önünde bulundurarak uyum çalışmaları yapmaları gerekmektedir.

Atıksu yönetiminde en önemli strateji, yağmur sularının atık sulardan ayrı toplanmasıdır. İklim değişikliği göz önüne alınmadan yapılan kanal sistemleri şiddetli yağışlarda şehrin yükünü taşıyamamaktadır. Türkiye'de büyük kentlerde yağışın büyük bölümünün asfalt yüzeyler nedeniyle yüzeysel akış olarak denizlere ve göllere ulaşması, su kaynaklarının yüzeyaltı ve yeraltı sularına iletilmesini engeller. Bu sorunlarla mücadele edebilmek için atıksu yönetimini hem azaltım hem de uyum açısından değerlendirmek gereklidir. Su geri kazanımı, yağmur suyunu ayrık toplama, iyileştirilmiş arıtmanın gerçekleştirilmesi, ağaçlandırma faaliyetlerini ve ormansızlaşmanın azaltılmasına yönelik yöntemler geliştirme, park ve bahçe alanlarının arttırılması, su dağıtım şebekelerinin iyileştirilmesi ve kaçak kayıpların önlenmesi örnek olarak sayılabilir.

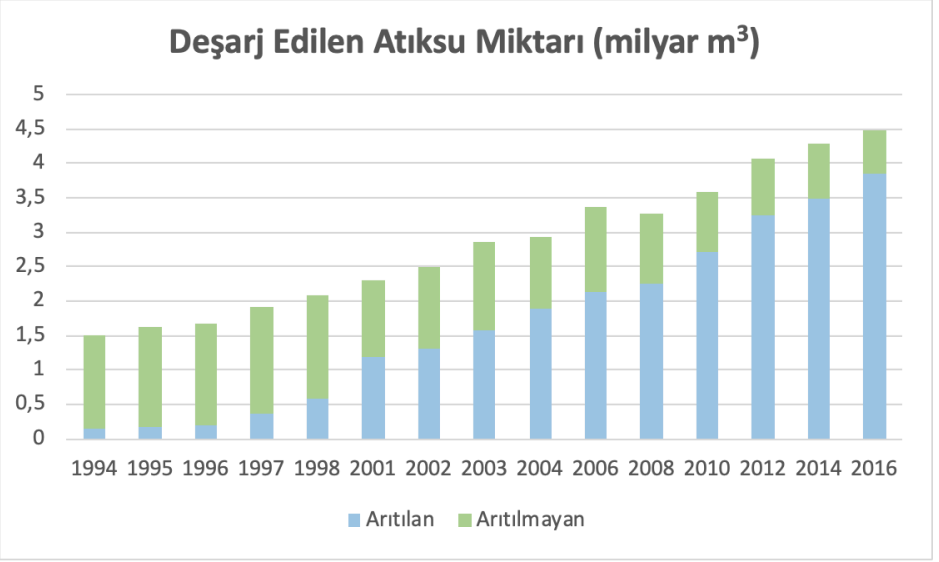
3.2. İklim Değişikliğinin Su Yönetimine Etkileri

Artan hava sıcaklıkları ve sıcak hava dalgaları, artan buharlaşma ve su talebinde artış olması nedeniyle su kaynaklarını olumsuz etkiler. İklim değişikliği arıtma sistemlerinde hem probleme yol açar hem de tesislerden sera gazlarının ortaya çıkması iklim değişikliğine olumsuz katkıda bulunur. Artan su sıcaklıkları, su kaynaklarında çözünmüş oksijenin azalmasına, anoksik bölgelerden ve sedimentlerden fosfor ve diğer kirleticilerin ortaya çıkmasına, azalan karışıma, azalan su kalitesine, artan alg patlamalarına (mavi yeşil toksik olanlar dâhil) neden olur. Su arıtımında su kalitesine etki, alglerden dolayı artan arıtım maliyeti, suda koku ve tat problemleri, azalan arıtma verimliliği gibi problemler ortaya çıkar. Azalan çözünmüş oksijen, dezenfeksiyon yan ürünlerinin fazla kullanılması gibi nedenlerle arıtma sırasında fazla maliyete sebep olmaktadır.

3.3. Türkiye'de Atıksu Yönetimi

Türkiye'de 1994 yılından 2016 yılına kadar deşarj edilen toplam su 1,5 milyar m^3'ten 4,5 milyar m^3'e çıkmıştır (Şekil 11). Atıksu arıtımı 1994 yılından 2016 yılına kadar %10'dan %86'ya kadar artmıştır. Arıtmanın artması iyi bir gelişme olmakla beraber %14'lük kısmın arıtılmadan alıcı ortama verilmesi önemli bir problemdir. Özellikle alıcı ortamların kalitesini korunmak için atık suyun tamamının arıtılması gereklidir. Deşarj edilen en önemli alıcı ortamlar denizler ve akarsulardır. Denizlere deşarj edilen miktar 1994'te toplam atık suyun %37'si iken 2016'da %40'a çıkmıştır. Akarsulara deşarj edilen ise %53'ten %48'e düşmüştür (TÜİK, t.y.).

Şekil 12: *Türkiye'de Belediyeler Tarafından Deşarj Edilen Arıtılmış Atıksu (TÜİK, t.y.)*



3.4. Atıksudan Kaynaklı Emisyonların Azaltımı ve Atıksu Yönetimi Uyum Stratejileri

IPCC'nin sera gazı emisyon sınıflandırmasına göre atık kategorisi altında değerlendirilen atıksu arıtma ve deşarjı, evsel atıksu ve endüstriyel atıksu olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Atıksulardan biyolojik prosesler aracığıyla özellikle metan ve nitrözoksit emisyonları ortaya çıkmaktadır. Ayrıca arıtma sonrası ortaya çıkan çamurun yönetimi de iklim mücadelesi açısından önem taşımaktadır.

- Öncelikle yağmur sularının ayrı toplanması hedeflenmelidir. Yağmur sularının atıksulara karışarak kanallara gönderilmesi hem kanal sistemine yük getirmekte hem de bir ön arıtmayla kullanılabilecek olan yağmur sularının israf edilmesine sebep olmaktadır. Ayrık toplama, suyun geri kazanımını sağlayacaktır. Ayrıca yağmur depoları, yağmur bahçesi gibi yöntemlerle de suyu kanal sistemine gitmeden toplayabilir.
- Şiddetli hava olayları sonucu taşkınlar, kanal sisteminde problemler ve sel baskınları yaşanabilir. Uyum için altyapı güçlendirilmeli, atıksu sel suları altyapısının yönetimi iyileştirilmeli ve acil durum önlemleri alınmalıdır.
- Sera gazı emisyonlarının, arıtma verimini etkilemeden azaltılması gerekmektedir. Bunun için proses değişikliği yapılabilir. Daha yenilikçi uygulamalar kullanılabilir. Örnek olarak, mikroalg uygulamaları ve fotosentetik bakteri kültürü uygulamaları atık suyu arıtırken sera gazı emisyonlarını azaltır (Yapıcıoğlu & Demir, 2017). Mikroalg kültürle arıtma yapmak hem CO_2'yi hem de N_2O'yu azaltacaktır. Aerobik fotosentetik bakteri türlerinin atık suya verilmesi sudaki CO_2 oranını azaltır. Biyoçar uygulaması karbonu yapısında tutarak CO_2'yi azaltır, amonyumu tutarak N_2O'yu azaltır.
- İklim değişikliğinin arıtma sistemlerine etkisi yüksektir. Sıcaklıkların aniden değişmesi arıtma reaksiyonlarını inhibe eder. Arıtmayı gerçekleştiren bakteriler sıcaklıktan etkilenebilir, bu nedenle arıtma sıcaklığının kontrol altında olması gerekmektedir.

- Deniz seviyesi yükselmesi ve taşkınlar nedeniyle arıtma tesislerinin sular altında kalması çok önemli bir risk faktörüdür. Taşkınlarla arıtma tesisindeki patojenler ve mikroorganizmaların taşınması sağlık açısından önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Sıcaklık değişikliklerinin tesislere olan etkisini azaltmak için tasarım, optimizasyon ve gerçek zamanlı otomasyon ve proses kontrol şemalarında kullanılmak üzere süreç modellerinin uyarlanması ve optimizasyonu yapılabilir (a.g.e.).
- Kıyı şeridindeki tesisler için, deniz seviyesi yükselmelerine karşı acil eylem planları oluşturulmalıdır. Ayrıca, hizmet binaları kıyı şeritlerinde ise iç bölgelere taşınmalıdır.
- Arıtma çamuru yönetiminin değerlendirilmesi de iklim değişikliği etkileri açısından oldukça önemlidir. Hâlihazırda çok büyük bir kısmı katı atık depolama tesislerine gönderilen arıtma çamuru, depo tesislerine büyük yük getirmekte aynı zamanda sera gazlarına sebep olmaktadır. Arıtma çamurları yakılarak elektrik üretiminde kullanılabilir ve bu şekilde enerji geri kazanımı sağlanır. Kompost veya toprak şartlandırıcı olarak "Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik" uyarınca toprağa uygulanabilir.

Su kaynakları ile ilgili; kuraklık, içme suyu kirliliği, elektrik kesintileri, suya bağlı hastalıklar, yüksek gıda fiyatları ve gıda güvencesinde azalma gibi problemler yaşanabilir. Uyum için su geri dönüşümü, atık suyun ayrık toplanması, arıtmanın iyileştirilmesi önemlidir. Nisan 2017'de gerçekleştirilen "Türkiye'de Atık Su Yönetimi Çalıştayı Sonuç Bildirgesi"nde alınan kararlarda özellikle Madde 6'da belirtilen "Küresel iklim değişikliğinden kaynaklanan baskılayıcı unsurlar, su geri kazanımının bir ihtiyaç haline gelmesi ve alıcı ortam bazlı deşarj standartlarının daha sıkı hale gelmesine bağlı olarak yüksek kaliteli su arıtma ihtiyacı, düşük enerji gereksinimi, kolay işletim olanağı sunan teknolojiler, düşük çamur üreten arıtma teknolojileri, düşük alan ihtiyacı, çamur süzüntü sularının arıtımı, modüler proseslere olan ihtiyaç ve entegre sistemlere olan ihtiyaç gibi sebeplerin söz konusu olduğu durumlarda, atıksu arıtımında yeni teknolojiler kullanılmalıdır. Yeni teknolojilerin, gerçek tesis uygulamalarından önce pilot ölçek niteliğinde çalışmalar ile test edilmesi önerilmektedir. Bu teknolojilerin, yerli olarak üretilmesi, geliştirilmesi desteklenmelidir" kararı iklim değişikliğiyle mücadele çalışmalarında dikkate alınmalıdır.

4. HAVA KALİTESİ YÖNETİMİ VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

Hava kirliliği havada istenmeyen maddelerin zarar verici seviyede bulunmasıdır. Hava kirliliği insan sağlığına ve ekosistemlere zarar verdiği gibi iklim değişikliğine neden olan bazı sera gazlarına da yol açar. İnsan sağlığına zararlı olan birçok kirletici gelen solar radyasyonun tutulan veya saçılan miktarını etkileyerek ısınmaya veya soğumaya neden olabilir. Bu kısa ömürlü iklim kirleticileri (SLCP'ler) metan, siyah karbon, yer seviyesi ozonu ve sülfat aerosollerini içermektedir. Özellikle siyah karbon ve metan, küresel ısınmaya karbondioksitten sonra en çok etkisi olan kirleticilerdir (IASS, t.y.).

Her yıl 7 milyon insan hava kirliliği nedeniyle hayatını kaybetmektedir (WHO, 2018). Dünya Sağlık Örgütü'nün yaptığı bir çalışmaya göre, dünyada on kişiden dokuzu kirli hava solumaktadır. Türkiye'de hava kirliliğine yol açan fosil yakıtlarının kullanılmasına bağlı olarak yılda 2876 erken ölüm ve 4311 hastaneye yatış, 3 milyar Euro'yu aşan sağlık harcamasına neden olmuştur (Sönmez, 2017). TMMOB Çevre Mühendisleri Odası'nın 2018 yılı Türkiye Hava Kirliliği Raporu'na göre Türkiye'de 60 milyon kişi kirli hava solumaktadır (TMMOB Çevre Mühendisleri Odası, 2019).

Sera gazlarının kaynakları ve kirletici kaynakları genellikle aynı olduğu için, hava kirliliği kontrolü iklim değişikliği mücadelesinde büyük önem taşımaktadır. Kısa ömürlü iklim kirleticileri mevcut küresel ısınmanın neredeyse yarısından sorumludur. Birçok azaltım planı karbondioksit seviyelerinin azaltılması ile ilişkili olsa da, kısa ömürlü iklim kirleticileri de uluslararası iklim hedeflerine dâhil edilmelidir.

Kısa ömürlü iklim kirleticileri karbondioksitten farklı olarak daha kısa atmosferik kalış süresine sahiptir. Birçok aerosol partikülü, örneğin siyah karbon ve kirletici gazlardan yer seviyesi ozonu birkaç saatten birkaç haftaya kadar bekleme süresine sahiptir. Metan ise en az on yıl süreyle atmosferde kalır. Kirleticilerin kısa ömürlü olması nedeniyle azaltım yapılması durumunda hem hava kirliliği hem de iklim değişikliği azaltımında hızlı sonuç alınır.

4.1. Kirleticiler

Kirleticiler çok farklı şekillerde kategorize edilebilirler.

Atmosferde oluşumlarına göre:

Birincil Kirleticiler: Bir kaynaktan havaya direkt olarak salınan zararlı formda kirleticilere (CO, SOx, NOx, PM) birincil kirletici denir.
İkincil Kirleticiler: Havaya salındıktan sonra kimyasal reaksiyonlarla zararlı hale gelen kirleticilere (H_2SO_4, NO_3, HNO_3) ikincil kirletici denir.

Emisyon kaynaklarına göre:

Doğal Kaynaklar: Doğal yangınların sebep olduğu CO, deniz suyu (sea spray) ve bitki örtüsünün bozunması nedeniyle ortaya çıkan reaktif sülfür bileşenleri, ağaçlar, çalılar, vb. bitki örtüsünün sebep olduğu uçucu organik bileşikler (terpenler ve isoprenler), polenler, sporlar, virüsler ve bakteriler aracılığıyla alerji ve hava yoluyla taşınan enfeksiyonlar, kurak bölgelerdeki fırtınalardan toz bulutları ve toz taşınımı, hayvanların yaptığı sindirim esnasında ortaya çıkan metan ve yıldırım düşmesiyle ortaya çıkan azot oksitler gibi kaynaklar mevcuttur.

Antropojenik Kaynaklar: Termik santrallerde enerji üretimi sırasında ortaya çıkan azot oksitler, kükürt dioksit, partikül maddeler, ulaşım emisyonları olan azot oksitler, karbon monoksit, endüstriyel proseslerden ortaya çıkan kurşun,

partikül maddeler, azot oksitler, kükürt dioksit, evsel ve endüstriyel yakıt kullanımından kükürt dioksit ve partikül maddeler ve solvent kullanımından ortaya çıkan uçucu organik bileşikler antropojenik kaynaklara örnek verilebilir.

Kaynak türüne göre: Nokta kaynaklar (termik santral), alan kaynaklar (yerleşimler, yerleşim bölgelerindeki motorlu taşıtlar), çizgi kaynaklar (yerleşim bölgeleri dışındaki motorlu taşıtlar) olarak ayrılır. Emisyon Kaynakları EMEP/EEA (Avrupa İzleme ve Değerlendirme Programı/Avrupa Çevre Ajansı)'nın hava kirleticiler envanter rehberine göre, enerji, endüstriyel prosesler, tarım, atık, doğal kaynaklar ve diğer olarak altı kategoriye ayrılmıştır (EEA, 2016). Burada dikkat edilmesi gereken sera gazlarının hava kirletici olarak sınıflandırılmıyor olmasıdır. Ancak sera gazı kaynaklarının çok büyük bir kısmının hava kirleticilerle aynı olması, hava kirliliği kontrolü çalışmalarının, sera gazlarını da azaltmaya fayda vereceğini göstermektedir. İklim değişikliğine sebep olan sera gazlarının azaltımı da aynı şekilde hava kirleticilerin azaltımını sağlamaktadır.

Kriter Hava Kirleticiler:

Kriter hava kirleticiler, hava kalitesinin insan sağlığını etkilemeyecek sınırlarda kalabilmesi için limit değerleri belirlenmiş kirleticilerdir. Bu bölümde iklim değişikliği ile ilişkisi olan kriter kirleticilerden bahsedilecektir.

Yer Seviyesi Ozonu (O_3)

Doğal veya antropojenik kaynaklar aracılığıyla ortaya çıkar. Kentlerde hava kirliliğinin en önemli nedenlerinden olan azot oksitler ve uçucu organik bileşiklerin yüksek sıcaklıklarda, parlak havada fotokimyasal reaksiyonlara girmesi yoluyla ortaya çıkar. Sıcaklık, rüzgar, solar radyasyon, atmosferik nem, vb. ozon öncüllerini ve ozon oluşumunu etkiler. Oluşumu güneş ışığına bağlı olduğundan özellikle yaz aylarında konsantrasyonu yükselebilir.

İklim değişikliği ozon oluşumunu arttıran bir etkendir. Aynı şekilde ozon da bir sera gazı görevi görerek sera gazı etkisini arttırır. Bu nedenle iklim değişikliğine hem sebep olan, hem de bu nedenle atmosferde bulunma riski artan bu kirleticinin azaltımı oldukça önemlidir.

Ozon kontrolü öncelikle ozon öncülleri olan azot oksitler ve uçucu organik bileşiklerin kontrolüyle yapılabilir. Azot oksitlerin özellikle enerji üretimi ve endüstriyel yakma tesislerinde sınırlandırılması, benzinden kaynaklanan uçucu organiklerin, azot oksitlerin ve diğer kirleticilerin azaltılması için temiz yakma teknolojilerinin kullanılması, araç bakımlarının gerçekleştirilmesi, solvent kullanımının sınırlandırılması ve benzin istasyonlarında ortaya çıkan uçucu organiklerin kontrolü için buhar geri kazanımı yöntemleri kullanılmalıdır. Ayrıca, çevre dostu ulaşımı tercih etmek, uçucu organik bileşiklerin güneşin parlak olduğu saatlerde ortaya çıkmaması için araçlara akşam saatlerinde benzin almak, özel araçlarla yolculukları azaltmak, araç motorunu rölantide bırakmamak ve buharlaşıp havaya karışan kimyasalları kullanmamak gibi önlemler almak gereklidir.

Azot Oksitler (NO_x)

Kahverengi veya turuncu kirleticilerdir. Motorlu taşıtlarda yakıtların yanması, elektrik üretimi, fabrikaların ısıtılması ve endüstriyel prosesler gibi çok farklı kaynaklardan atmosfere atılabilir. Solunum yollarında tahriş edici bir etkiye sahiptir. Azot oksitler ozon kirliliği, asit yağmurları ve ikincil formdaki partiküllerin oluşumuna neden olur, ekinler ve bitki örtüsü üzerinde zararlı etkilere sahiptir.

Kükürtdioksit (SO_2)

Renksiz bir gaz olup, fosil yakıtların yakılması nedeniyle ortaya çıkar. Özellikle termik santraller, endüstriyel tesisler, evsel ısınma gibi fosil yakıtların kullanıldığı sektörler sebep olur. Öksürük, akciğer fonksiyonlarında değişim, solunum sistemi tahribatı, taş binaların ve diğer materyallerin korozyonu, asit

yağmurları ve ikincil partiküllerin ortaya çıkması gibi sorunlara neden olmaktadır.

Partikül Maddeler (PM)

Birincil kaynaklardan katı veya sıvı büyük parçacıklar (PM10, çapı 10 μm'den küçük olan) olarak mekanik aşınma yoluyla, ikincil kaynaklardan küçük parçacıklar (PM2,5) olarak, yanma, buharlaşma ve yoğuşma yoluyla ortaya çıkar. İnsan sağlığına önemli etkileri vardır. Özellikle astım ve alerji gibi hastalıklara yol açar. PM2,5 olarak bilinen küçük parçacıklar insan sağlığı için çok daha tehlikelidir. Büyük kısmı PM2,5 sınıfında olan siyah karbonun, karbondioksitten sonra sera etkisi yapan en önemli kirletici olduğu tespit edilmiştir (C2ES, 2010). Trafikten, özellikle dizel motorlardan, fosil yakıtların yakılmasından ve orman yangınları sonucu ortaya çıkar. İnsan sağlığına etkisi olmakla birlikte, hava kirliliğini arttırırken, iklim değişikliğine de yol açan bir partikül çeşididir.

Siyah karbon iklimi iki yolla etkiler. Havada asılı kaldığında güneş ışığını soğurarak havayı ısıtır. Kar ve buz yüzeyinde yüzey albedosunu düşürerek yansıtıcılığı azaltır. Güneş ışığını emerek, hem havayı hem de kar ve buz kütlesini ısıtır. Sera gazlarından farklı olarak kısa ömürlüdür. Atmosferde 1-4 hafta arasında kalır, dolayısıyla etkileri bölgeseldir. Kısa ömürlü olması bu kirleticinin azaltılması durumunda etkilerinin kolayca azalmasını sağlar. Bu nedenle yerelde kontrolü oldukça önemlidir. Evsel enerji tüketiminde ve endüstriyel tesislerde temiz enerjiye yönelmek, ulaşım araçlarında dizel partikül filtresi kullanmak, Euro 6 araçlara geçiş, yüksek kirliliğe sebep olan dizel araçların kullanılmaması ve atıkların açıkta yakılmasının yasaklanması azaltım stratejileri olarak önerilebilir (Climate and Clean Air Coalition, t.y.).

Uçucu Organikler Bileşikler (VOC)

Boyalar, solventler, ahşap koruyucular, temizleyiciler, dezenfektanlar, yakıt depoları, kuru temizleme ve pestisitler gibi kimyasallar nedeniyle, uçucu organik bileşikler atmosfere atılır. Göz, burun, boğaz irritasyonu, başağrıları, koordinasyon bozukluğu, baş dönmesi, böbrek, karaciğer, sinir sistemi zararları, kanser gibi ciddi hastalıklara neden olabilmektedir. Ozon öncüllerinden biri olması nedeniyle kontrolü önem taşımaktadır.

4.2. Hava Kalitesi Kontrolü

Kentleşme hava kirliliğinin en önemli nedenlerinden biridir. Türkiye'de özellikle evsel ısınmada kullanılan fosil yakıtlar kentlerde hava kirliliğinin en önemli nedeni olmuştur.

Hava kalitesi kontrolünün ilk aşaması, sürekli izlemedir. Sürekli izleme, Türkiye'nin bütününe yayılmış olan hava kalitesi izleme istasyonları aracılığıyla yapılır. Bir sonraki adım, ülkedeki tüm kirletici kaynakları kapsayan sistematik bir emisyon envanterinin hazırlanmasıdır. Envanterde emisyon faktörleri ve aktiviteleri açık şekilde gösterilmelidir. Envanter açık ve şeffaf olmalı, sonuçları diğer ülkelerle karşılaştırılabilmelidir. Hesaplamaların onaylanması da oldukça önemli bir aşamadır. Bu şekilde hesaplama süreci takip edilebilir ve doğrulanabilir.

Hava Kalitesi Modelleme ile tesislerin çevreye etkisi kontrol edilebilir. Modelleme için kaynaklar, lokasyonları atmosfere atıldığı zaman bağlamında bilgi sahibi olmak gerekmektedir. Modelleme sonrası raporlama oldukça önemlidir. Bu şekilde tesislerin çevreye olan etkisi ile ilgili takip gerçekleştirilebilir. Bütün bu çalışmaların sonunda temiz hava eylem planları yapılarak hava kalitesini iyileştirme çalışmaları yapılabilir. Hava kalitesinin iyileştirilmesi için yapılan her çalışma iklim

değişikliğine neden olan sera gazlarının azaltımı için de büyük önem taşımaktadır.

4.3. Hava Kalitesi Sınır Değerleri

Türkiye "Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği" (06.06.2008 tarih ve 26898 sayılı) ile hava kirliliğinin çevre ve insan sağlığı üzerindeki etkilerini azaltmayı hedeflemektedir (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018a). Bu yönetmelikle hava kalitesi sınır değerlerinde AB limit değerlerine ulaşmak hedeflenmiştir. Yönetmeliğin bazı bölümlerinde iklim değişikliğine de değinilmiştir. Ozon azaltımı için hedeflerden birinin insan sağlığının korunması, diğerinin de vejetasyonun korunması olarak verilmesi uygun olmakla birlikte iklim değişikliği boyutu biraz daha ön plana çıkartılabilir. Ozon azaltımı iklim değişikliği azaltımı için de önem taşımaktadır. Ayrıca PM2,5 için bir sınır değer belirlenerek, PM2,5'in çoğunu oluşturan ve aynı zamanda iklimi etkileyen siyah karbonun kontrolü yapılabilir.

4.4. Hava Kirliliğinin Azaltılması için Stratejiler

Öncelikle hava kalitesi değerleri "Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği"nde belirlenen sınır değerlere çıkartılmalıdır. Ozon kirliliğinin iklim değişikliğiyle ilişkisi kurularak sınır değerler tekrar değerlendirilmelidir. PM2,5 için AB tarafından belirlenen sınır değerler yönetmeliğe alınmalıdır ve PM2,5 ölçümleri yaygınlaştırılmalıdır.

Hava kirliliğinin azaltılması için hava kalitesi kontrolü aşamaları gerçekleştirilerek, kirletici kaynaklar belirlenmelidir. En önemli kirletici kaynaklar için acil azaltım çalışmaları yapılmalıdır. Doğru kent politikalarıyla, kentlerde yeşil alanların arttırılması, toplu taşımanın yaygınlaştırılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması kriter kirleticilerin ve iklim değişikliğine neden olan sera gazlarının azaltımı için oldukça önemlidir.

Enerji sektöründe öncelikle enerji ihtiyacı ile ilgili doğru planlama yapmak, enerji verimliliği çalışmaları gerçekleştirmek ve fosil yakıtları kademeli ve adil bir biçimde toprağın altında bırakarak yenilenebilir enerji üretimini yaygınlaştırmak önceliklendirilmelidir.

Binalarda enerji verimliliği çalışmalarının yapılması en önemli stratejilerden biridir. Yapılardaki izolasyon varlığı, yazın soğutuculara, kışın ise ısıtıcılara ihtiyacı azaltarak enerji tasarrufu sağlamaktadır. Fosil yakıtların kullanımının sınırlandırılması, yenilenebilir enerjinin yaygınlaştırılması, çevreye dost boya ve temizleme malzemesi kullanılması, elektrik kullanımında israftan kaçınılması gereklidir.

Ulaşımda özel araçların trafiğe çıkmasını sınırlandırmak, elektrikli araç kullanımını yaygınlaştırmak, araç paylaşımı, toplu taşıma, bisiklet gibi ulaşımların yöntemlerini benimsemek, özel araç kullanımında araca çok kalkış yaptırmamak ve rölantide bekletmemek, araç bakımını yaptırmak, benzin deposunun iyice kapandığından ve kaçak olmadığından emin olmak önemlidir.

Endüstride, tesislere yenilenebilir enerji sistemlerini entegre etmek, tesislerin yer seçimlerini doğru yapmak, baca gazı kontrollerini gerçekleştirmek ve proseslerde hammadde kayıplarını önlemek gereklidir. Bu önlemler aynı zamanda iklim değişikliğine sebep olan sera gazlarının da azaltılmasını sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- Ackerman, F. (2000). Waste Management and Climate Change. *Local Environment*, 5(2): 223-229.
- AGI, (2019). *How Does Recycling Save Energy?*. https://www.americangeosciences.org/critical-issues/faq/how-does-recycling-save-energy adresinden erişildi.
- Ağaçayak, T. & Keyman, F. (2018). *Değişen Bir İklimde Türkiye'de Su ve Gıda Güvenliği*. http://ipc.sabanciuniv.edu/wp-content/uploads/2018/03/WaterAndFoodSecurity_PolicyBrief_web.pdf adresinden erişildi.
- Ağaçayak, T. & Öztürk, L. (2017). *Türkiye'de Tarım Sektöründen Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonlarının Azaltılmasına Yönelik Stratejiler*. http://ipc.sabanciuniv.edu/wp-content/uploads/2017/09/TurkiyedeTarim_PolicyBrief.26.09.17.web_.pdf adresinden erişildi.
- Buddle, B. & Newman, D. (Ocak 7, 2019). Biogas in Germany: Maintaining momentum. *Euractiv*, https://www.euractiv.com/section/climate-strategy-2050/opinion/biogas-in-germany-maintaining-momentum/ adresinden erişildi.
- C2ES, (2010). *What is Black Carbon: Black Carbon and Climate Change*. https://www.c2es.org/site/assets/uploads/2010/04/what-is-black-carbon.pdf adresinden erişildi.
- Climate and Clean Air Coalition, (t.y.). *Black Carbon*. https://www.ccacoalition.org/ru/slcps/black-carbon adresinden erişildi.
- Covenant of Mayors for Climate and Energy, (t.y.). *Covenant Community*. https://www.covenantofmayors.eu/about/covenant-community/signatories.html adresinden erişildi.
- EEA, (2016). *EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2016: Technical Guidance to Prepare National Emission Inventories*. No. 21, https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2016 adresinden erişildi.
- EEA, (2014). *Greenhouse Gas Data Viewer, 2014*. https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/greenhouse-gases-viewer adresinden erişildi.
- Eggleston, S. ve ark. (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Institute for Global Environmental Strategies: Hayama, Japan.
- EIA, (2013). *Glass Manufacturing is an Energy-Intensive Industry Mainly Fueled by Natural Gas*. https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=12631 adresinden erişildi.
- EPA, (2017). *Climate Impacts on Water Utilities*. https://www.epa.gov/arc-x/climate-impacts-water-utilities#tab-3 adresinden erişildi.
- EYODER, (2017). *Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı 2017-2023*. http://www.eyoder.org.tr/UlusalEVEP.pdf adresinden erişildi.
- Hürriyet Daily News, (Kasım 5, 2017). Report Names Turkey as Europe's 'Most Wasteful Country'. http://www.hurriyetdailynews.com/report-names-turkey-as-europes-most-wasteful-country-121924 adresinden erişildi.
- IASS, (t.y.). *Air Pollution and Climate Change*. https://www.iass-potsdam.de/en/output/dossiers/air-pollution-and-climate-change adresinden erişildi.

- IPCC, (2006). *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/ adresinden erişildi.
- İBB, İklim.İstanbul ve İSTAÇ, (2019). *İstanbul İklim Değişikliği Eylem Planı: Sera Gazı Envanteri*. https://www.iklim.istanbul/wp-content/uploads/SeraGaz%C4%B1EnvanterRaporu.pdf adresinden erişildi.
- Major, D.C. ve ark. (2011). *Climate Change, Water, and Wastewater in Cities*. [Rosenzweig, C. ve ark. (der.)] Climate Change and Cities: First Assessment Report of the Urban Climate Change Research Network. Cambridge University Press: Cambridge, UK. 113-143.
- Ministry of Agriculture and Forestry in Canada, (2019). *Greenhouse Gas Emissions from Composting of Agricultural Wastes - Things You Need to Know*. http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/cl3014 adresinden erişildi.
- Moran, D. ve ark. (2018). *Global Gridded Model of Carbon Footprints*. http://citycarbonfootprints.info/ adresinden erişildi.
- OECD, (2019). *Çevre Performans İncelemeleri*. http://www.oecd.org/environment/country-reviews/Highlights-Turkiye-2019-TURKISH-WEB.pdf adresinden erişildi
- Rosenzweig, C. ve ark. (2015). *Climate Change and Cities: Second Assessment Report of the Urban Climate Change Research Network*. ARC3.2 Summary for City Leaders, http://uccrn.org/arc3-2/ adresinden erişildi.
- Sönmez, Y. (Aralık 2, 2017). Ölüm Soluyoruz. *Hürriyet Pazar*, http://www.hurriyet.com.tr/kelebek/hurriyet-pazar/olum-soluyoruz-40665273 adresinden erişildi.
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, (2017). *Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı 2023*. http://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/haberler/ulusal_at-k_yonet-m--eylem_plan--20180328154824.pdf adresinden erişildi.
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, (2018a). *Hava Yönetimi Dairesi Başkanlığı: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği*. http://cygm.csb.gov.tr/yonetmelikler-i-440 adresinden erişildi.
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, (2018b). *Yönetmelikler*. http://cygm.csb.gov.tr/yonetmelikler-i-440 adresinden erişildi.
- Tchobanoglous, G. & Kreith, F. (2002). *Handbook of Solid Waste Management*. 2. Baskı, McGraw Hill Handbooks: New York.
- TMMOB Çevre Mühendisleri Odası, (2019). *Hava Kirliliği Raporu 2018*. http://www.cmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=99283&tipi=78&sube=0 adresinden erişildi.
- TÜİK, (t.y.). *Alıcı Ortamlara Göre Belediye Şebekesinden Deşarj Edilen Atık Su Miktarı (1994-2016)*. http://www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istab_id=1576 adresinden erişildi.
- TÜİK, (2016). *Seragazı Emisyon İstatistikleri, 2016*. http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=27675 adresinden erişildi.
- TÜİK, (2018). *Sektörel Su ve Atıksu İstatistikleri, 2016*. http://www.tuik.gov.tr/PdfGetir.do?id=27672 adresinden erişildi.
- UCCRN, (2015). *Climate Change and Cities: Second Assessment Report of the Urban Climate Change Research Network*. http://uccrn.org/files/2015/12/ARC3-2-web.pdf adresinden erişildi.

- UCLG-MEWA, (2015). *Demokratik Yerel Yönetimlerin Ortak Sesi ve Savunucusu*. http://arsiv.uclg-mewa.org/genel-bilgiler.html adresinden erişildi.
- UCLG-MEWA, (2018). *Belediye Başkanları İklim Sözleşmesi ve Belediye Başkanları Sözleşmesi Birleşiyor*. http://uclg-mewa.org/belediye-ba%C5%9Fkanlar%C4%B1-iklim-s%C3%B6zle%C5%9Fmesi-ve-belediye-ba%C5%9Fkanlar%C4%B1-s%C3%B6zle%C5%9Fmesi-birle%C5%9Fiyor/ adresinden erişildi.
- UN – Department of Economic and Social Affairs, (2018). *68% of the World Population Projected to Live in Urban Areas by 2050, says UN*. https://www.un.org/development/desa/en/news/population/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html adresinden erişildi.
- UNFCCC, (2015). *Submission by Latvia and the European Commision on Behalf of the European Union and its Member States*. http://www4.unfccc.int/Submissions/INDC/Published%20Documents/Latvia/1/LV-03-06-EU%20INDC.pdf adresinden erişildi.
- UNFCCC, (2018). *Turkey National Inventory*. https://unfccc.int/documents/65716 adresinden erişildi.
- UNFCCC, (2019a). *Turkey. 2019 Common Reporting Format (CRF) Table*. https://unfccc.int/documents/194818 adresinden erişildi.
- UNFCCC, (2019b). *Republic of Turkey, Intended Nationally Determined Contribution*. http://www4.unfccc.int/submissions/INDC/Published%20Documents/Turkey/1/The_INDC_of_TURKEY_v.15.19.30.pdf adresinden erişildi.
- UN HABITAT, (2019). *Energy*. https://unhabitat.org/urban-themes/energy/ adresinden erişildi.
- U.S. Department of Energy, (2007). *U.S. Energy Requirements for Aluminum Production Department of Energy*. https://www1.eere.energy.gov/manufacturing/resources/aluminum/pdfs/al_theoretical.pdf adresinden erişildi.
- van Staden, R. (2014). *İklim Değişikliği: Şehirlere İlişkin Sonuçlar*. http://sertifika.tema.org.tr/_Ki/CevreKutuphanesi/Documents/SEHIRLER.pdf adresinden erişildi.
- WHO, (Mayıs 2, 2018). 9 Out of 10 People Worldwide Breathe Polluted Air, but More Countries are Taking Action. https://www.who.int/news-room/detail/02-05-2018-9-out-of-10-people-worldwide-breathe-polluted-air-but-more-countries-are-taking-action adresinden erişildi.
- Yapıcıoğlu, P. & Demir, Ö. (2017). Atıksu Arıtma Tesisleri için İklim Değişikliğine ve Sera Etkisine Genel Bir Bakış. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 22(3): 235-250.
- Zouboulis, A.I. & Tolkou, A.K. (2014). *Effect of Climate Change in Wastewater Treatment Plants: Reviewing the Problems and Solutions*. [Shrestha, S. ve ark. (der.)] Managing Water Resources under Climate Uncertainty. Springer International Publishing: Switzerland. 197-220.

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü
Mustafa Kemal Mah. Eskişehir Devlet Yolu
(Dumlupınar Bulvarı) 9. Km No:278 Çankaya / Ankara
Tel: +90 (312) 410 10 00

Bu yayın Avrupa Birliğinin maddi desteği ile hazırlanmıştır. İçerik tamamıyla WEglobal Danışmanlık A.Ş.'nin liderliğindeki konsorsiyumun sorumluluğu altındadır ve Avrupa Birliğinin görüşlerini yansıtmak zorunda değildir.

iklimin.org

facebook.com/iklimin

twitter.com/iklimin

iklimIN Projesi

instagram.com/ikliminprojesi