

MALTEPE ÜNİVERSİTESİ

**Çevre ve Enerji Teknolojileri Uygulama ve Araştırma Merkezi
(ÇEVENTAM)**

RAPOR-2

Dünyada ve Türkiye’de İklim Değişikliği

Hazırlayanlar: Dr. Gamze Gürsu ve Prof. Dr. Nevin Taşaltın

Eylül 2022

Özet

Bu çalışmada, insan kaynaklı iklim değişikliği ile ilgili konular; küresel ısınma, dünyada ve Türkiye'de iklim değişikliği; Türkiye'nin iklim değişikliğine ilişkin uluslararası taahhütlere ilişkin tutumu; Türkiye'de atık, atık su ve hava kalitesi yönetimi raporlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: İklim değişikliği; küresel ısınma; atık; atık su; hava kalitesi yönetimi.

1. Giriş

Atmosfer, hidrosfer, kriyosfer, litosfer ve biyosfer olarak tanımlandırılan beş bileşeni kapsayan küresel iklim, bu bileşenlerin birbirleriyle olan etkileşimleriyle de ilgili kompleks bir tabirdir [1]. Dış zorlama kaynaklı etmenler, iklim sistemleriyle etkileşim halinde bulunan ve bu sistemlerden etkilenen değişikliklerdir. Volkanik püskürmeler; Güneş sistemindeki değişiklikler ve Yerküre ile Güneş'in astronomi unsurlarını içeren değişiklikler gibi doğal olaylarla atmosferin bileşimindeki antropojenik değişiklikleri içerir [2,3].

Temel olarak Litosfer'in sert kabuğundaki levha hareketleri, Güneş etkinlikleri ve Litosfer ile Güneş'in astronomik ilişkilerindeki değişiklikler, iklim değişikliğinin potansiyel dış nedenlerini kapsamaktadır. Dış zorlama kaynaklı etmenler, iklim sistemi dışındaki doğal olaylarla birlikte, antropojenik zorlama ve etmenlerle gelişmektedir. Milankovitch döngüleri, astronomik olaylara bağlı periyodik değişiklikleri kapsar ve uzun devreli iklim değişimlerinin ifade edilmesi açısından önemli veriler sunmaktadır [3,4]. Sera gazlarındaki (CFC, CH₄, CO₂, N₂O, O₃, vs.) antropojenik değişiklikler ve 2.5 µm'den büyük aerosoller, GÜDB yer ısınımını soğurarak ve daha düşük hava sıcaklığında daha az enerjiyi yeniden salarak GÜDB ısınımının miktarını ya da şiddetini değiştirebilmektedir. Yerküre yüzeyinin yansıtabilirliği, kara örtüsü ile vejetasyon, kar veya buz örtüsü, okyanus renk skalasında meydana gelen değişiklikler ve bozulmalar sebebiyle değişime uğrayabilmektedir. Tüm bu değişiklikler, doğal mevsimsel ve günlük değişimlerle birlikte, insan etkisi ve etkinlikleri vasıtasıyla denetlenebilir. Küresel iklim sistemi, Litosfer'in 4.6 milyar yıllık jeolojik süreçleri itibarıyla parametrelerde farklılaşma eğilimindedir [3] İklim, milyonlarca yılı kapsayan gezegenin dış yüzünde ölçülen geçerli sıcaklıkların polar alanlarında 10 °C'den daha yüksekteki sıcak koşullardan, kıta buzullarının veya buzul kalkanlarının enlem karalarındaki çoğunluğunu ihtiva eden, buzul devirlerindeki iklimleri arasında salınım göstermiştir. Bazı varsayımlar, geçmişteki soğuk dönemlerin bir kısmında Litosfer'in tüm yüzeyinin buzla kaplandığını ifade etmektedir. Güneş-Litosfer uzaklığında, Güneş'in Fotosfer tabakasından güneşe ulaşan bir radyasyon kaynağından yarıçap doğrultusunda yayılan enerji düzeyi (radyant enerji) Litosfer'in 4.6 milyarlık süreci boyunca %30 kadar artmıştır. Güneş irradyansındaki kısa zaman ölçeklerinde gerçekleşen değişimlerde benzer bir genlik gözlemlenmektedir. Litosfer'in orbitalinde oluşan düşük sıklıktaki değişimler, Litosfer yüzeyinde mevsim değişikliğine bağlı olarak Güneş enerjisi miktarını 0 değiştirirken, en önemli dalgalanmalar, 10000–100000 yıllık süreçte gözlenir. Volkan püskürmeleri, püskürmenin ilk yıllarında genel bir soğumaya neden olur [5]. AO (Arktik Salınım), ENSO (El Niño – Güney Salınımı) ve NAO (Kuzey Atlantik Salınımı) gibi atmosferik salınımlar, küresel iklim sisteminin atmosferik kökenli içsel zorlamalarına verilebilecek önemli örneklerindedir [6, 7, 8, 9, 10, 11, 12].

Litosfer'in yörüngesindeki orbital zorlamalar, Litosfer-Güneş arasındaki mesafeyi etkiler. Astronomik hesaplamalar, Litosfer'in dış merkezindeki periyodik değişimlerin, insolasyonun, mevsimsel ve enlemsel dağılımını denetler [3]. İnsolasyonun geçmiş ve gelecekteki olası değişiklikleri, milyonlarca yıllık bir süreç için yüksek bir güven düzeyinde hesaplanabilmektedir. Litosfer'in yıllık ortalama enerji miktarı, litosferin yörünge özelliği yuvarlakken düşük olur ve dışmerkezlik ile artar, dışmerkezlikteki değişimler görece daha küçük olduğunda Litosfer'in aldığı yıllık ortalama radyasyon tutarlarında minimum düzeyde farklılıklara neden olur.

Günümüzden yaklaşık 400000 yıl önce olduğu ve gelecek 100000 yıl boyunca olabileceği gibi, yörüngedeki küçük değişiklikler süresince devinimin neden olduğu mevsimsel Güneş ışınımı değişimleri, daha geniş dışmerkezlik süreçlerindeki kadar büyük değildir. Litosfer ekseninin eğikliği, litosferde mevsimlerin oluşumuna yol açar. 10000 yıllık zaman ölçeklerinde, Litosfer'in eksen eğikliği arttığında, mevsimsel enerji düzeyleri değişime uğrayarak sıcaklık zıtlıklarını kuvvetlendirdiğinden, her iki yarımkürede de kış mevsimlerinin daha soğuk ve yaz mevsimlerinin ise daha sıcak geçmesine neden olur. Litosfer ekseninin eğikliği azaldığında ise; mevsimlerin şiddetselliğinde azalış gözlenir, bu durum yazların beklenenden serin, kışların ise ılıman olmasına neden olur. Yazların beklenenden serin oluşunun pozitif etkisi olarak buz örtüsünün daha az eriyerek karların yüzeyde kalması ve karın yerde daha fazla kalmasına neden olarak, kutuplarda kütleli buzul tabakalarının oluşması gösterilebilir [3].

Günümüze yakın milyonlarca yılda, Litosfer'in eksen eğikliği, ortalama ~41000 yıllık yarı-dönemselliklerle birlikte ~22,5° ve 24,5° arasında değişim göstermiştir. Eksen eğikliğinin artış/azalış değeri, yıllık ortalama güneşlenme üzerinde ve yüksek enlemlerde birkaç W/m^2 'lik artışa neden olurken, Ekvator'da daha küçük bir azalma şeklinde seyreden bir etkiye neden olurken, global ölçekte ortalama güneşlenme üzerinde önemli bir etki oluşturmamaktadır [3]. Kutup yazı uzun olduğunda Litosfer Güneş'e daha yakınken, kutup kışı uzun olduğunda ise Güneş'e daha uzak olursa, yaz mevsimi süresince Kuzey Yarımküre'de daha sıcak olurken, kış mevsiminde ise daha soğuk olmaktadır, ayrıca mevsimler arası enerji ve sıcaklık zıtlığında artış olmaktadır. Litosfer, Güneş'e uzun kutup kış mevsiminde yakın olduğunda kış aylarının beklenenden sıcak olması ve Kuzey Yarımküre'deki mevsimlik zıtlığın daha küçük olması gözlemlenecektir İklimsel devinim değeri -0.05° ve 0.05° arasında değişmektedir ve bu değişiklikler, tüm enlemlerde $20 W/m^2$ 'den daha fazla farklılıklara neden olmaktadır. Bu nedenle, iklimsel devinim alçak ve orta enlemlerdeki güneşlenme değişimleri üzerinde daha etkilidir. Sonuç olarak, devinim, Litosfer'in, ~19000-23000 yıllık yarı-periyodik bir döngüsellikle birlikte, perihel gerçekleşme zamanındaki yarı-periyodik değişimlerine ya da devinimlerine eş denilebilir. Mevsimlerin uzunluğu, yörüngedeki farklılıklar, güneşlenmenin enlemsel ve mevsimsel açıdan yayılımını belirler [3]. Litosfer'in 11000 yıl önceki boreal yazı süresince Güneş'e en yakın açıdayken, günümüzde ise bu durumun aksine boreal kış yaşanır.

2. İnsan Kaynaklı İklim Değişikliği ve Küresel Isınma

Günümüzde tüm dünyanın en önemli gündem maddelerinden biri olan iklim değişikliği, insan faaliyetleri sonucunda meydana gelmektedir. İklim değişikliği "karşılaştırılabilen zaman dilimlerinde gözlemlenen doğal iklim değişikliğine ilaveten küresel atmosferin bileşimini de değiştiren doğrudan veya dolaylı bir şekilde insan faaliyetleri" olarak tanımlanmaktadır [13]. İklim değişikliğinin 1850' li yıllardan itibaren etkisini gösteren bir olgu olduğu

vurgulanmaktadır. Sanayi devriminden ardından insan etkisiyle atmosferde sera gazı birikiminde artış olduğu gözlenmektedir. Atmosferdeki insan kaynaklı sera gazı birikimlerinde sanayi devriminden beri gözlenen artış sürmektedir. Sera gazının birikim miktarı, artış seviyesi, Özellikle atmosferdeki sera gazının birikiminin yoğunluğu, artış hızı, 50-200 yıl arasında değişen yaşam süresi, kızılötesi ışınımının emme özelliği de hesaplandığında kızılötesi yer ışınımının büyük bölümünün emme özelliği dikkate alındığında, CO₂'in yerküredeki çok hızlı bir şekilde artışı önem arz etmektedir. CO₂ birikimi zaman dizileri incelendiğinde, Sanayi Devrimi'nden önce aylık ortalaması ~280 ppmv (hacimce milyonda bir), 1958'de yıllık ~315 ppmv, 2012'de ~394 ppmv ve 2018 Mayıs ayında ~411 ppmv'ye yükselerek artışları kayıt altına alınmıştır [14, 15]. Atmosferdeki CO₂ birikiminin günümüzdeki seviyesi, geçmiş ~700000 yıllık süredeki CO₂ düzeylerinin (~180-300 ppmv) bir hayli üzerindedir. Sera etkisi, Litosfer yüzeyindeki sera gazlarının (su buharı, CH₄, CO₂, N₂O ve O₃), yüzlerce milyon yıldan günümüze çalışan bir küresel düzenek olarak tanımlanan doğal sera etkisinin kuvvetlenmesi anlamına gelmektedir.

Küresel iklim değişikliği, sanayi devriminden bu yana, başta fosil yakıtların tüketimi, ormanların imha edilişi, tarım faaliyetleri ve sanayinin gelişmesi üzerine artan insan faaliyetleriyle atmosfere salınan sera gazlarının artışı, atmosfer yüzeyindeki birikimlerinin hızlı artışına bağlı olarak, şehirleşmenin de dahiliyle birlikte doğal sera etkisi nedeniyle gözlemlenen sıcaklık artışı şeklinde tanımlanabilmektedir [2, 16]. Atmosfere salınan sera gazlarının esas nedeni, fosil yakıtların çeşitli amaçlarla kullanımınıdır. Ormansızlaşma, arazi kullanımının değişimi, kentleşme, iklim değişikliğinin diğer ana nedenlerindedir [17]. İklim değişikliği ile enerji kullanımı, çevre kalitesi, insan yerleşim modelleri, ulaşım ve endüstriyel altyapı arasında ilişki bulunmaktadır [18]

İklim değişikliği ve orman yangınları arasında karşılıklı bir ilişki bulunmaktadır hem iklim değişikliği orman yangınlarını hem de orman yangınları iklim değişikliğini arttıran bir olgudur. IPCC (2021)'nin açıkladığı rapora göre, iklim değişikliği ile ilgili en olumlu senaryolarda dahi bu yüzyılın ortasına kadar küresel yüzey sıcaklıklarındaki artış sürecektir. Bu artış, sıcaklık ve orman yangınları arasındaki karşılıklı ilişkiye ekstradan önem verilmesi gereğini ifade etmektedir [19]. EFFIS (Avrupa Orman Yangınları Bilgi Sistemi) tarafından, 2022 yılı için sunulan veriler dahi sıcaklık ile orman yangınları arasındaki ilişkiyi açıkça gözler önüne sermektedir [20].

MGM (Meteoroloji Genel Müdürlüğü) tarafından sunulan RCP4.5 senaryosu temelindeki sıcaklık ve yağış projeksiyonlarına göre Türkiye'de yüzyılın sonuna kadar beklenen değişimler şu şekilde özetlenebilir [21]. 2016-2040 yılları arasında, ısınmanın 20°C civarında seyretmesi beklenirken, yaz mevsiminde Marmara Bölgesi'nde ve Batı Karadeniz bölümünde 2-30°C olarak gerçekleşmesi öngörülmektedir. Yağışlarda ise kış aylarındaki yağışların Kıyı Ege bölümü, Doğu Karadeniz bölümü ve Doğu Anadolu Bölgesi'nde artışının gözleneceği, ilkbahar aylarındaki yağışlarda Kıyı Ege bölümü ve Doğu Anadolu Bölgesi'nin haricinde ülkenin önemli bir kesiminde %20'lik bir oranda azalma eğiliminde olacağı öngörülmektedir. 2041-2070 yılları arasında, ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde ısınma 2-30°C civarında iken, yaz aylarında ise 40°C'ye kadar artacağı beklenmektedir. Doğu Anadolu Bölgesi ve Güney Doğu Anadolu Bölgesi ile Akdeniz'in orta ve doğu bölgelerinde ise kış yağışlarında %20'lik bir oranda azalma seyri gözlemleneceği, Doğu Anadolu'da yaz yağışlarında %30'luk bir azalış beklendiği; Kıyı Ege bölümü ve İç Anadolu Bölgesi'nin bazı bölümlerinde sonbahar yağışlarında ülke genelinde azalmaların beklendiği öngörülmektedir. 2071-2099 yılları arasında, kış sıcaklıklarında 20°C'lik, ilkbahar ve sonbahar mevsim sıcaklıklarında 30°C'lik sıcaklık artışı beklenirken, Kıyı Ege bölümü ve Güney Doğu

Anadolu Bölgesi' nin yaz mevsimi sıcaklıklarında 40 °C'yi aşan sıcaklık artışı dışında ise yaz yağışlarında %40'lara ulaşan azalmalar gözleneceği, sonbahar yağışlarında ise neredeyse tüm yurttan azalmalar olacağı hesaplanmaktadır.

3. Dünyada Gözlenen İklim Değişikliği

Sera gazlarının atmosferdeki birikim düzeyinin insan etkinlikleri aracılığıyla, sanayi devriminden bu yana hızlı artışı sera etkisinin pozitif ısınım salma ile kuvvetlenmesinin en önemli neticesi, dünya genelinde iklimin olduğundan daha da sıcak, bazı bölümlerde ise daha kurak ve daha değişken olma durumudur. Hem global hem de bölgesel ölçüde, hava ve iklim değişikliklerinin sıklaşmasında, şiddetinde, alansal dağılımında, uzunluğunda ve zamanlamasında değişikliklerin oluşmasına yol açmaktadır. Güney ve Kuzey Amerika'nın doğu bölümünde, Asya ve Kuzey Avrupa'nın kuzey kesimiyle orta bölgelerinde ve kaydedilen yağış miktarlarındaki artış eğilimleri gözlenirken, önemli bir kuraklaşma veya azalma eğilimleri, Türkiye'yi de içermekte olan Akdeniz havzası, Güney Asya'nın bir kesimiyle Afrika'nın güney bölümünde de etkili olmuştur [2, 14, 22, 23]. Bunun yanı sıra Türkiye'de de yağış şiddetlerinde ve ortalama hava sıcaklıklarında da önemli artışlar kaydedilmiştir [22, 24, 25].

IPCC tarafından yayımlanan, İklim Değişikliğinin Fiziksel Bilim Temeli Raporu'nun [22] değerlendirmesine göre, küresel iklimdeki ısınma nettir ve 1950'li yıllardan itibaren iklimde gözlenen değişimlerin çoğu son 1000 yıllık süreçte daha önce hiç gözlemlenmeyen düzeydedir. 1850'den bu yana kaydedilen global yüzey sıcaklıklarının, geçen 30 yılının her 10 yılı, tüm on yıllık dönemlerden daha sıcak olarak kaydedilmiştir. 1901-2010 dönemindeki küresel boyuttaki yüzey sıcaklığının verileri, 0,89°C'lik (0.69- 1.08 °C güven aralığında) artışın doğrusalılığı kayıtlara geçirilmiştir. Bu dönemde bütün Litosfer yüzeyinin troposferin, global ölçekte 20. yüzyılın ortasından günümüze ısınmaktadır. Küresel okyanuslar var olan ısınma eğilimi, iklim sistemlerindeki enerji birikiminin artış miktarıyla denetlenmektedir. Bu denetim kapsamında, üst okyanusun (0-700 m) 1971-2010 yılları arasındaki ısınması kesinlik kazanmışken, 1870-1971 arasındaki ısınması ise olasılık olarak ifade edilebilir. Buharlaştırmanın yağıştan fazla olduğu yüksek tuzluluk bölgeleri daha tuzluyken, yağışın buharlaşmasının fazla olduğu ve tuzluluk seviyesinin düşük olduğu bölgeler, 1950'li yıllardan günümüze oranla daha az tuzludur. Okyanus tuzluluğundaki bölgesel artış ve azalışlardaki eğilim seviyeleri, okyanuslardaki buharlaşma seviyelerinin ve yağış miktarının değiştiğine dair delilleri vurgulamaktadır. Grönland ve Antarktika'da yer alan buz kalkanları, 20 yıldır kütle olarak azalış eğiliminde, dağ, vadi ve takke buzulları global ölçekte küçülmekte, Arktik deniz buzu ve Kuzey Yarımküre'deki ilkbahar kar örtüsü alansal düzeyde azalmasını sürdürmektedir. 19. yüzyılın ortasından itibaren gözlenmiş olan deniz seviyesi yükselme hızı, bir önceki 2000 yıllık süreçte ortalama artış seyrinden oldukça daha fazladır. Geçmişteki deniz seviyesi değişikliklerinin, farklı etmenler (ör. Litosfer ve Güneş'in ilişkilerdeki farklılıklar) aracılığıyla oluştuğu düşünülmektedir [22].

1901'den günümüze Kuzey Yarımküre'nin yağış oranı yükselmiştir. Akdeniz Havzası ve Türkiye'de Akdeniz ikliminin baskın olduğu batı ve güney bölümlerini de kapsayan subtropikal ve tropikal bölgelerin bazılarında, 1901 yılından bu yana yağış miktarında belirgin oranda azalış gözlemlenmiştir. 1950'den günümüze yaşanan hava ve iklimsel olaylarda değişiklikler olduğu gözlenmiştir. Global düzeyde, soğuk gün ve gece sayısı azalış eğilimindeyken sıcak gün ve gecelerin sayısı artış eğilimindedir. Kuvvetli yağış olaylarının artış eğiliminde olduğu kara

yüzeyleri, yağışın kuvvetlendiği kara yüzeylerine oranla daha yüksektir. Yağış şiddetinin sıklığı Kuzey Amerika kıtasında ve Avrupa kıtasında da artış eğilimindedir.

CH₄, CO₂ ve N₂O'nun atmosferik birikim seviyeleri, geçtiğimiz 800,000 yıllık süreçte hiç olmadığı kadar yüksektir. CH₄, CO₂ ve N₂O'nun atmosfer birikim seviyeleri, insan etkinliklerinin yükselmesi nedeniyle 1750'den günümüze artış eğilimindedir. 2011 yılındaki bu gazlardaki birikimler, sanayi devrimi öncesindeki birikim düzeylerine göre; CH₄'te %40, CO₂'de %150 ve N₂O'da ise %20'lik artış göstererek, CH₄'te 391 ppmv (milyonda bir), CO₂'de 1803 ppbv (milyarda bir) ve N₂O'da ise 324 ppb (milyarda bir parçacık) seviyelerine ulaşmıştır.

4. Türkiye'de Gözlenen İklim Değişikliği

MGM'nin klimatoloji ve meteoroloji istasyon verilerindeki eğilimleri saptamak üzere, uzun süreli zaman dizilerinde M-K (Mann-Kendall) sıra ilişki katsayısı yöntemi uygulanmaktadır [26, 27]. Verilerin türdeş olma durumu, sürekli oluşu, aylık kayıt altına alınan verilerdeki maksimum %5 orandaki eksikliğin kabul edilebilir oluşu gibi şartlar dikkate alınarak [7, 28, 29], hava sıcaklığının aylık ortalaması ve toplam yağış eğilimlerinin istatistiksel analizi ve anlamlılık denemesi için 138 istasyondan alınan veriler değerlendirilmiştir. Maksimum ve minimum hava sıcaklıklarının ortalamasındaki eğilimlerinin saptanması amacıyla, detaylı türdeş olma durumu ve rastgelelik analizleri sonucunda [27] Türkiye'de sıcaklıktaki en uzun gözlemlenmelerine ait 70 meteoroloji istasyonundaki zaman dizileri kullanılmıştır. Analizler tüm veriler için mevsimlik ve yıllık diziler için yapılmasına rağmen, hava sıcaklığı ve yağış ortalamalarının toplamları için mevsimlik ve yıllık Mann-Kendall, en düşük ve en yüksek hava sıcaklıklarının ortalaması içinse yalnız yıllık M-K sonuçları verilmiştir.

Türkiye'deki M-K denemesinin verilerine göre, istatistiksel açıdan anlamlı olan ısınma eğilimleri Akdeniz Bölgesi'nde gözlemlenmektedir. Soğuma eğilimlerinde ise Karadeniz Bölgesi'nin iç ve Batı bölümlerinde istatistiksel açıdan küçük oranda anlamlı olduğu görülmektedir. İlkbahar ortalama hava sıcaklıklarında ise birkaç istasyon dışında, Türkiye'nin çok büyük bölümünde hava sıcaklığı artma eğilimindedir. Isınma eğilimleri, özellikle kentleşmenin hızlı ve yaygın olduğu, kentsel ısı adası etkilerinin kuvvetlendiği İstanbul yöresinde, Akdeniz ve Ege Bölgelerinin kıyı kesimlerinde ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde çoğunlukla %1 oranında anlamlılık düzeyindedir, bu anlamlılık düzeyi önemlidir ve klimatolojik açıdan ilgi çekicidir.

Zaman dizisi analizi verilerine göre, gözlemlenen ısınma eğilimi, kentleşme düzeylerini ayırt etmeksizin 1980 yılından sonra hız kazanmış ve önemli bir sıçrama eşliğinde son 20 yılda dikkat çeken sıcak bir döneme evrilmiştir. Uzun süreli ortalama alındığında ise daha sıcak koşulların hakim olduğu bir sürece geçiş eğilimini gösterirken (iklim değişikliği sinyali), bazı istasyonlarda da 1980'li yılların ortalarında, bazılarında ise 1990 yılının başında gözlenmiştir. Sonbahar dönemi hava sıcaklıkları ortalaması ise, çoğunlukla ısınma eğilimi göstermektedir. Bazı istasyonlarda gözlemlenen soğuma eğilimi ise sadece tek bir istasyonda istatistiksel açıdan anlamlı düzeydeyken, gözlemlenen ısınma eğilimleri, Akdeniz, Ege ve İç Anadolu Bölgeleri'nde çoğunluğu %1 anlamlılık düzeyinde istatistiksel açıdan önemli veriler sunmaktadır. Türkiye için daha önce gözlenen sıcaklık eğilimleri için yapılan çalışmaların verilerine göre yıllık ortalama sıcaklığın ısınmanın gün geçtikçe daha da kuvvetlendiği görülmektedir, ayrıca azalma eğilimi gösteren birkaç istasyon haricindeki istasyonların büyük bir bölümünde ısınma seyri

görülmektedir ve çoğu istasyonda istatistiksel açıdan anlamlıdır. İç Anadolu Bölgesi ve Doğu Anadolu Bölgesinin kuzey kesimlerinde ve Karadeniz Bölgesi'nde zayıf ısınma ve soğuma eğilimleri yayılmış durumdadır. İstatistiksel açıdan anlamlı olan ısınma sinyalleri ise, çok net alansal tutarlılık deseni göstermektedir. Tüm bu sonuçlar, diğerlerinin yanısıra antropojenik unsurlar küresel iklim değişikliğinin en belirgin ve izafi olarak kolay belirlenen sonuçlarından birisi olan küresel iklim değişikliğinin/ısınmanın Türkiye'de etkili olduğunu sunmaktadır.

WMO (Dünya Meteoroloji Örgütü)'ya göre, "bir yılın toplam yağışı bir alanın yarısından fazlasında birbirini takip eden 2 yıl süresince (minimum) , en fazla yağış ortalama (minimum 30 yıl) ya da standart yağış (genel olarak 30 yıllık) miktarın %60'ından az olduğunda bir alanın kuraklıktan etkilendiği" kabul edilmektedir. Bu tanım ve çeşitli kuraklık izleme yöntemlerine dayalı çalışmaların verilerine göre, Türkiye'de, İç Anadolu Bölgesi ve Doğu Anadolu Bölgesi'nin bir kısmında 2012 itibariyle 2013 itibariyle daha geniş bir alanda etkisini arttıran ve 2013 yazı ile şiddetlenen kuraklık sürecinin, 2014'ün ilk 6 ayında da Türkiye'nin önemli bir bölümünde etkili olduğu belirlenmiştir [30, 31]. Bölgesel yağışlardaki kısa süreli değişimler ve uzun süreli dalgalanmalar, yarı kurak ve kurak arazilerin tanımlanan bir niteliğidir. Sahel ve Sahra'daki (Afrika) yağış seviyeleri, 1960'lı yıllardan itibaren yüksek oranda azalmıştır. Benzer kurak dönemler, Kuvaterner jeolojik devirde (en son jeolojik dönem) ve tarihsel geçmişte de gözlenmesine rağmen, Sahra'daki son kurak dönemin ana karasal ölçekteki bir kurak döneme daha eğilimli olduğu kaydedilmiştir. Yağışlardaki uzun vadeli azalma eğilimleri ve belirgin kurak durumlar, 1970 yılından itibaren, subtropikal kuşağın ve Türkiye'yi de içermekte olan Akdeniz Havzası'nda etkili olmaktadır [14, 16, 25, 30].

Türkiye'de gözlemlenen mevsimsel ve yıllık yağış eğilimlerinin, hava sıcaklıklarında gözlenen eğilimler kadar şiddetli olmadığı görülmektedir. Dünyanın birçok bölgesinde olduğu gibi, yağışlardaki değişimler uzun vadeli eğilimlerden çok, kurak ve yağışlı dönemlerdeki sıklık ve büyüklüklerdeki kayda değer değişiklikler olarak nitelendirilebilir [7, 9, 14, 28, 29, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40]. Yağış değişmelerinin alansal değişkenliği de kuvvetli ölçektedir. Türkiye'de bahsedilen bu kuraklaşma eğiliminden en çok Akdeniz, Ege, Marmara, Güneydoğu Anadolu ve İç Anadolu Bölgeleri etkilenmiştir.

Geçtiğimiz 40 yıllık süreçte, özellikle kış mevsimi ve yıllık yağış değişimleri dikkate alındığında, Türkiye'deki kuraklık olaylarının en şiddetli ve en geniş dağılımlı olduğu süreçler, 1971-1974, 1983-1984, 1989-1990 ve 2007-2008 ile 1996 ve 2001 yıllarında belirlenmiştir [7, 9, 16, 28, 29, 32, 36, 37, 38, 39, 40]. Ülkemizde büyük bir bölümde etkili ve şiddetli su açığının ve yetmezliğinin yaşanmasına sebep olan 2007-2008 kuraklığından sonra 2009-2011 yılları arasında uzun vadeli ortalama ve normal yağışlardan daha nemli ya da yağışlı koşullar hakim olmuştur [14, 23, 25, 30]. 2012 yılında ise İç Anadolu'nun karasasında ve Doğu Anadolu'nun bazı kısımlarında tekrardan etkili olmaya başlayan meteorolojik kuraklık süreci yaz kuraklığıyla birleşerek, 2013 yılında Türkiye'nin büyük bir bölümünde, özellikle karasal Doğu Anadolu Bölgesi, İç Anadolu, Bölgesi, Orta Akdeniz ve Doğu Akdeniz bölümleri, Orta Karadeniz ve Doğu Marmara bölümlerinde sıradışı kuraklığa kadar artan şiddette kuraklık yaşanmasına neden olmuştur. 2013-2014 kuraklık sürecinde, 6 aydan uzun zamanda hesaplanan SPI dağılımı incelendiğinde görülüyor ki birçok alanda tarımsal ve hidrolojik kuraklıklar meydana gelmiştir [25, 30].

Ülkemizdeki uzun süreli yağışlar analiz edildiğinde kış ve ilkbahar yağış ortalamalarında, Türkiye’de Akdeniz yağış rejiminin baskın olduğu Akdeniz, Ege, Güneydoğu Anadolu, Marmara Bölgesi, İç Anadolu ve Doğu Anadolu Bölgelerinin iç ve güney kısımlarında yağışlarda belirgin bir azalma (kuraklaşma) seyri olduğu görülmektedir. Kış aylarında Akdeniz, Ege ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde gözlemlenen kuraklaşma eğilimlerinin bazıları istatistiksel açıdan anlamlıdır. Kış aylarında ülkemizin başta batı, güney ve karasal iç kesimi ile güney bölgelerinde gözlemlenen kuraklaşma eğilimi, yaklaşık olarak bu alanlarda son 2 yılda (2008-2010) baskın olan yağış ortalamasından daha yağışlı (nemli) şartların varlığına rağmen sürmektedir [30]. Yaz mevsiminde, önceki çalışmaların sonuçlarıyla uyumlu olarak, birkaç istatistiksel olarak artış ve azalış eğilimleri hakimdir. Sonbaharda mevsiminde, önceki çalışmalardan bağımsız olarak, daha önce gözlemlenen artış eğilimlerinin şiddetlendiği ve artışın gözlemlendiği konum sayısının arttığı görülmektedir. Sonbaharda, Türkiye’nin güneydoğu bölümünü kapsayan bir alan haricinde yağışlarda artış hakim durumdadır. Gözlemlenen artış, İç Anadolu, Batı Karadeniz Bölümü, Güney Marmara ve Kuzey Ege bölümlerinde çoğu %1 anlamlılık seviyesinde olmak üzere, istatistiksel olarak anlamlıdır, bu artışın meydana gelmesinde Azorlar bölgesindeki subtropikal yüksek basınçla Grönland ve İzlanda’daki orta enlem alçak basıncı arasındaki geniş ölçekli atmosferik basıncın tanımlanmasında NAO (-) evresiyle bağlantılı olarak yakın dönemde gözlemlenen ortalamadan daha nemli şartlar etkili olabilmektedir [2, 36].

Türkiye’deki toplam yıllık yağışlarda, temel olarak sonbahar ve kış yağışlarındaki eğilim ve değişimlerin beklenen bir göstergesi olarak, Türkiye’de Akdeniz yağışının baskın olduğu batı ve güney bölgelerinde bir azalma görülmektedir. Tekirdağ ve İstanbul, Karadeniz Bölgesi ile İç ve Doğu Anadolu Bölgelerinin kuzeyinde ve doğusunda yıllık toplam yağışlarda da yükselme eğilimi baskındır. Belirlenen artış ve azalış eğilimlerinin birkaç istatistiksel açıdan anlamlıdır. Ayrıca, uzun vadeli gözlemlerden elde edilen yeni veriler, 1950’lerden bu yana bazı aşırılıklarda, günlük en yüksek ve en düşük sıcaklıklar, tropikal ve yaz günleri, vb.), donlu geçen günlerde ve sıcak hava dalgalarının sıklığı ve uzun olmasında kayda değer değişimler gözlemlenmektedir [22]. “Birçok aşırı hava ve iklim olaylarında, 1950’den bu yana değişiklikler olduğu gözlenmiştir. Türkiye’de son çeyrek asırda, sıcaklık rejimi belirgin olarak daha ılıman ve sıcak koşullara doğru değişmişken, sıcak hava dalgalarının sıklığında ve şiddetinde kayda farklılıklar meydana gelmiştir [2, 14, 16]. Sera gazlarındaki artışlar, ülkemiz için gelecek iklim ve iklim değişkenliğine ait bölgesel ve küresel iklim modellerinin kestirimleri, ülkemizde önemli iklimsel değişimlerin olacağını ve Akdeniz havzasındaki birçok ülkeyle önümüzdeki yıllarda ülkemizin de iklim değişikliğinin negatif etkilerine maruz kalacağını göstermektedir [2, 14, 22, 25, 41]. Bu nedenlerle, ülkemizin iklim değişiminin incelenmesi ve gerekli çalışmaların yapılması son derece önemlidir.

5. İklim Değişikliğinde Uluslararası Taahhütler Açısından Türkiye’nin Konumu

Ülkeler arasındaki ilişkilerin arttığı ve karmaşık hal aldığı günümüzde çevre kirliliği ve iklim değişikliği gibi global etkileri olan hususlarda hükümetlerin bu konuları düzenlemesi, belli standartları saptaması ve izlemesi zorunluluk haline gelmiştir. İklim değişikliği alanında, antlaşma, sözleşme, protokol, vs. adı altında imzalanan metinlerin içerdiği düzenlemeler, taraf devletler için gerek iç hukukta gerekse uluslararası düzeyde hukuki bağlayıcılığa sahiptir.

T.C. Anayasası’nın 90. maddesine göre uluslararası antlaşmalar kanun hükmünde tanımlandığından iç hukukun parçası halindedir. Hukukun kaynak olduğu antlaşmalar

hükümleriyle doğrudan uygulanabilir ve içerdiği düzenlemelerin de ilave bir kanunla tekrarlanmasına, teyit edilmesine gerek bulunmamaktadır. Taraf olunan bir antlaşmaya dayanılarak yönetmelik çıkarılabilmektedir. Türkiye, doğrudan global iklim değişikliği konusunu düzenleyen “Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi”ne ve “Kyoto Protokolü”ne taraf ülke statüsündedir. Türkiye, Paris Anlaşması’nı imzalamış ancak henüz onaylamamıştır, ayrıca doğrudan iklim değişikliği konusunu içermemekle birlikte iklim değişikliği ile mücadeleyle ilgisi bulunan çevre odaklı bazı uluslararası antlaşmalara da dahil durumdadır. Bahsedilen antlaşmalardan doğan yükümlülükler çerçevesinde, Türkiye’nin iklim değişikliği ile mücadele unsurları ve uygun görülen politikalar ele alınmaktadır, ayrıca iklim değişikliği politikasının uluslararası küresel salım azaltımı çabalarına, ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar temelinde, tüm ülkelerin sürdürülebilir kalkınmalarını ve sosyo-ekonomik gelişmelerini engellemeyecek bir şekilde ve izafi olarak kapasiteleri dahilinde katkıda bulunması yaklaşımı bir gerekliliktir.

6. Dünyada ve Türkiye’de İklim Değişikliği Eylem Planlaması

Global ve ulusal düzeylerde olduğu gibi yerel düzeyde de iklim değişikliği ile mücadeleye başlangıçta, azaltım politikaları ve bu politikalara yönelik uygulamalar ön planda olmuştur. Şehirlerde iklim değişikliğine sebebiyet veren sera gazının emisyon miktarında anlamlı bir paya sahip olduğu değerlendirildiğinde bu durum olağan olmakla beraber, iklim değişikliği ile mücadelede tamamlayıcı olan diğer bileşenlerin ihmal edildiği ortaya çıkmaktadır. İklim değişikliğinin etkilerine karşı şehirlerde uyum sağlamak, başta mekansal planlama ön planda olmak üzere tüm planlama unsurlarını bütünleştirici stratejik bir planlama durumunu beraberinde getirmekte olup, bölgesel iklim eylem planlaması içerisinde bu konunun kaçınılmaz bir yeri vardır. Azaltıma dair eylemlerinin sonuçları hemen alınamamakla birlikte, bunlar global ölçekte fayda sağlayan uygulamalardır. Uyum faaliyetleri hem kısa vadede hem de uzun vadede görülebilmekte ve yerel düzeyde doğrudan fayda sağlayabilmektedir. İklim değişikliğiyle ilgili mücadelelerin bütünleştirilmesinde yerel politika tercihleri önem kazanmıştır. Kentlerde sera gazı emisyonlarını azaltıcı faaliyetler, iklim değişikliğinin etkilerine adaptasyon sağlayan önemli fırsatlardandır. Bir kentin, iklim değişikliği ile mücadele sürecinde ‘yeşil kent’ olması sürdürülebilir kentleşme hedeflerine ulaşmada doğrudan fayda sağlar. Sosyal, ekonomik ve çevresel bütün unsurların entegre edilmesi açısından bakıldığında, kentsel gelişimi tamamlanmış olan dünya üzerindeki yüzlerce kent için yerel iklim eylem planlarının hazırlandığı ve hazırlanmaya devam ettikleri bilinmektedir. Hazırlık süreci için başlangıç aşamasında olmak, kentsel emisyonları azaltma ve etkilere uyumla ilgili faaliyetleri daha hızla çoğaltacak fırsatlar sunabilmektedir.

İklim değişikliğiyle mücadele için yerel düzeyde doğrudan ele alınan politika planlama çalışmaları birçok ülkede uzun zamandır sürdürülmekte olup, 90’lı yılların başından bu yana dünyada kent yönetimleri, yetki ve sorumlulukları dahilinde global iklim değişikliğiyle ilgili olarak öncelikle; başta sera gazı emisyonlarını azaltmak olmak, çeşitli stratejiler sunmak, politikalar, programlar ve planlar üretilmekte ve uygulamaktadır. Bu sürece Kuzey Amerika ve Avrupa kentleri öncülük etmiştir. 20. yüzyılın son yıllarında ve 2000’li yılların başından itibaren bir çok eyalette 500.000’in üzerinde nüfusu olan kentlerde iklim eylem planları hazırlanmıştır. Birinci nesil kent iklim eylem planları kapsamında, kentlerde emisyon ölçümlerinin başlatılmasına, yerel yönetimlerin bu alanda kurumsallaşmasına ve iklim değişikliğiyle ilgili bireysel mücadele için kamuoyunun bilinçlendirilmesine katkı sağlamışlardır. Bu planların büyük bir çoğunluğu sadece sera gazı emisyonu azaltım hedeflerini ve eylemlerini kapsamakta ve iklim değişikliğinin etkilerine uyum

sağlama programını kapsamamaktadır. Sonraki süreçte uyum politikalarını kent düzeyinde dikkate alan, azaltım ile uyum müdahalelerinin entegrasyonuna olanak sağlayan ikinci nesil iklim eylem planları devreye girecektir. Sera gazları emisyonlarını azaltmaya yönelik programlara devam edilse, emisyon artışı tamamıyla önlenirse bile, iklim değişikliği nedeniyle meydana gelen olumsuz etkilerin artarak devam edeceği yönünde görüşler bildirilmiştir.

Türkiye’de 2009 yılında, belediyelerde iklim değişikliği ile mücadele faaliyetlerine ait ilk program REC-Türkiye’nin koordine ettiği “ICLEI-İklim Dostu Kentler Kampanyası” ile başlatılmıştır. Kampanyalar Alanya, Beyoğlu, Bodrum, Çankaya, Halkapınar, Kadıköy, Karadeniz Ereğli, Keçiören, Muğla, Nevşehir, Nilüfer, Sivas, Şişli, Yalova Belediyelerinin dahil olduğu 14 belediye ile etkinliklere dahil olmuştur. Belediyeler iklim değişikliği ile ilgili faaliyetleri kent hizmetlerine yansıtma kapsamında bazı projeleri hazırlamıştır, bunlar çoğunlukla atık yönetimi, enerji verimliliği ve bilinçlendirme üzerine gerçekleşmiştir. Son yıllarda Ülkemizde, il ve ilçe belediyelerinin bir kısmı yerel yönetimlerin yer aldığı iklim değişikliği mücadelesi başlatılmıştır ve Paris Anlaşması süreciyle de hız kazanmıştır. Son zamanlarda giderek artmakta olan yerel iklim eylem planlarında, öncelikle sera gazlarının emisyonlarının azaltım politikalarına odaklanıldığı görülmekte ve bu planlarda daha çok enerji sektörü, kent içi ulaşım ve atık sektörüne ait çalışmalar ön plandadır.

Dünya nüfusunun %50’den fazlası kentlerde yaşamakta ve kentlerde yaşama oranının kırsalda yükselmesi beklenmekte, 2050’de de bu oranın %68’e çıkması beklenmektedir [42]. Enerji tüketiminin %75’i kentlerde olup, sera gazı emisyonlarının ortalama %50-60 oranında bir bölümü de kentlerde ortaya çıkmaktadır [43]. Sera gazı emisyonları azaltım ve uyum politikaları çalışmaları için kentler önemli bir potansiyele sahiptir, ancak pek çok kentte gerekli kapasite mevcut halde değildir.

Türkiye’de sera gazı emisyon miktarı, 2017 yılı itibariyle toplam 526,3 milyon tonluk CO₂’e eşdeğer seviyededir. Sera gazı salınımlarının çoğu toplam salınımın %72,2’lik kısmına sebebiyet veren enerji sektöründen kaynaklanmaktadır [44]. Endüstriyel işlemlerle birlikte ürün kullanımı %12,6’lık, tarım faaliyetleri %11,9’lık, atık yönetimi ise %3,3’lük bir orana denk gelmektedir. En düşük orandaki atık yönetimi sektöründe alınması planlanan önlemler diğer sektörlerle göre düşük maliyetle, kolaylıkla uygulanabilir ve uyum çalışmalarına da katkıda sağlayabilir olduğundan, atık yönetimi sektöründe yapılacak azaltım çalışmaları önemlidir. Atık yönetimi birçok sektörle ilişkilendirilebildiği için, doğru atık yönetimi programları sera gazı azaltımında da önemlidir.

2017 yılında, Ülkemizde kişi başı CO₂ salınım miktarı 6,6 ton/kişidir. “İstanbul İklim Eylem Planı Sera Gazı Emisyon Envanteri”ne göre 2015’te İstanbul’un karbon ayak izi toplamı 47,3 milyon ton CO₂’a eşdeğerdir, bunun %37’si elektrik tüketimine, %28’i ulaşım, %25’i doğalgaz tüketimine, %6’sı atık yönetimine, %4’lük kısmı ise diğer yakıtlara bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. İstanbul’da karbon ayak izi 3,23 ton CO₂/kişidir [45]. Karbon ayak izinin global takip edildiği araştırmalara göre İstanbul’da karbon ayak izi 5,2 ton CO₂/kişi, Ankara’da ise 6,9 ton CO₂/kişi olarak açıklanmıştır. Toplam CO₂ eşdeğeri emisyonlara bakıldığında yerel ölçekte birinci sırada İstanbul, ikinci sırada ise Ankara, global ölçekte ise 26. sırada İstanbul ve 80. sırada Ankara bulunmaktadır [46].

1970-2019 yılları arasında, Türkiye'nin CO₂ salınımları 39,28 milyon tondan 383,26 milyon tona ulaşmıştır. Bu artış miktarı % 876 olarak kaydedilmiştir. Türkiye, bu verilerin ışığında dış ortam havasını ve iklim koruma için limitlerini ciddi oranda yükseltmiştir [47].

İklim değişikliğiyle mücadele sürecinde, yerel yönetimlerin uyum çalışmaları yapmaları gerekmektedir. Kentleri etkileyen risklerin başında artan sıcaklıklar, şiddetli hava olayları, denizlerdeki seviyelerin yükselme durumu, gıda ve su güvenliklerinin tehlikede olması eklenebilir [48]. Sıcaklık artışlarıyla meydana gelen problemlerden biri olan artan sağlık sorunlarına, hava kirliliğine ve kentsel ısı adası etkisine karşı, kentsel ısı yönetimi stratejilerinin belirlenmesi, yeşil alan ve çatı programlarının genişletilmesi, rüzgar koridoru projelerinin geliştirilmesi ve altyapıların kuvvetlenmesi giderek önem kazanmaktadır. Kanalizasyon altyapısının, iklim değişikliği gündeme alınmadan yapılması ve kentlerin, beton ve asfalt malzemelerle kaplı olması sebebiyle artan şiddetli yağışların etkisiyle sel baskınlarının oluşmasıyla kanallarda taşmalar gibi sorunlar meydana gelmektedir. Bu sorunları çözmek için yeşil alan sayılarının artırılması, altyapı güçlendirilmesi, atık suların ve sel sularının ayrı ayrı olarak biriktirilmesi için gerekli tekniklerin saptanması ve afet eylem planlarının geliştirilmesi gerekmektedir.

Deniz seviyelerinin yükselmesi ve fırtına kabarmasına karşı erken uyarı sistemlerinin planlanması, kıyısız altyapıların kuvvetlendirilmesi, kıyı şeritlerindeki hizmet binalarının iç sahalara aktarılması, kriz esnasında tahliye gibi durumlar acil durum eylem planları hazırlanmalıdır. Su kaynaklarındaki azalma seyri özellikle içme suyu sorunları, suya bağlı hastalıkların yaygınlaşması, gıda güvenliğindeki azalma ve yüksek gıda fiyatları gibi risklere yol açabilir.

7. Türkiye'de Atık Yönetimi ve İklim Değişikliği

Atık yönetimi eylem planları bölgelere ve ülkelere göre farklılık göstermekle birlikte, genel anlamda hiyerarşik ve interaktif bütünleşmiş atık yönetim sistemi olarak iki grupta planlanmaktadır. İnteraktif bütünleşmiş atık yönetim eylem planında, kaynakta azaltım ile yeniden kullanım aşamaları varken, hiyerarşik yönetim eylem planında ise kaynakta azaltım ile yeniden kullanım, geri dönüşüm ile aerobik kompostlaştırma, atık yakma/imha ve depolama işlemleri ardışık olarak işleme alınmaktadır. Hiyerarşik ve interaktif olarak bütünleşmiş atık yönetim sistemleri eylem planının yanında sürdürülebilir atık yönetimi de işleme alınabilmektedir. Sürdürülebilir atık yönetiminde atık azaltımıyla birlikte başlatılan atık yönetimi programı, yeniden kullanma ve geri dönüştürme, aerobik olmayan yöntemler, aerobik kompost, enerjinin geri kazanımı, düzenli depolama sahalarından metan gazının geri kazanılması, düzenli depo sahalarında metan gazı yakma, metan gazı kazanımı yapılamayan düzenli depo sahalarına bertaraf ve düzensiz depo sahalarına bertaraf edilerek ilk istenenden en son istenene doğru devam eden akış süreçlerini içerir [49].

Türkiye uzunca bir süre atıklarını vahşi depo sahalarında imha etmiş, son yıllarda ise düzenli depo sahalarını kullanmaya başlamıştır. 2016 yılı itibarıyla ise atıkların %61,2'si düzenli depolanırken, %28,8'i vahşi depolama tesisine aktarılmış, %9,8'i geri dönüşümde işlenmiş, %0,2'si ise diğer yöntemlerle uzaklaştırılmıştır [50]. Atığın depo sahalarına aktarımı aynı zamanda iklim değişikliği ve de doğanın korunması açısından da öncelikli olarak seçilmesi gereken bir metot değildir. 2017'de İngiltere'deki bir araştırma şirketince açıklanan bir çalışmanın verilerine göre Avrupa

ülkeleri içerisinde Ülkemiz en çok atık israf eden ülkelerdendir [51]. Katı atıkların içerisinde ise geri dönüştürülebilir değerli hammaddeler bulunmaktadır. Türkiye atık yönetimi karakterizasyonuna bakıldığında biyobozunur atıkların %56 ile atık içinde en fazla oranda olduğu aşikardır [50]. Türkiye'de atıklardaki azaltım, tekrardan kullanım, geri dönüşüm ve aerobik kompostlaştırma hızlıca işleme alınmalı, bu nedenle öncelikle atıklar ayrı ayrı toplanmalıdır.

8. Türkiye’de Atıksu Yönetimi ve İklim Değişikliği

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 ulaşabilme kapasitesi” ni içeren su güvenliği programı, iklim değişikliği aracılığıyla oldukça anlam kazanmıştır. Falkenmark Endeksi, ulaşılabilir suyun kişi başı 1000 m³-1700 m³/kişi-yıl arasında olması su stresi yaşandığı anlamına gelmektedir. Türkiye’de ise 1387 m³/kişi-yıl erişilebilir su oranıyla su stresi çeken bir ülke konumundadır. Sıcaklığın artması, yağışların azalması olumsuz etkiye sebep olurken, nüfustaki yükselme eğilimi, sosyal ve ekonomik gelişmeler kaynak kullanımını olumsuz etkilemektedir. Bu faktörler neticesinde Türkiye 2050’de su fakiri bir ülke statüsünü alacaktır [52]. Bu yüzden su kaynakları en verimli biçimde kullanılmalı, atık sular arıtım yoluyla alıcı ortama aktarılmalıdır. Atıksu sistemleri, atıksu iletimi, arıtımı ve bertarafı esnasında, atıksu arıtma çamurunun oluşumu sebebiyle metan gazına ve nitrözoksitlere (kanalizasyon ve atık su arıtımı kaynaklı) yol açmaktadır [53].

Atıksu arıtım sürecinin sera gazı emisyonuna neden olmasıyla beraber, iklim değişikliği de atıksu arıtma tesisleri ve arıtma proseslerini negatif etkilemektedir [54]. Sulardaki kirletici oranındaki artış, taşkınlar, seller, su baskınları, sedimantasyon, alg patlamaları bu süreçte ortaya çıkacak örneklerdendir [55]. İklim değişikliğinin su temini sistemlerindeki etkileri ise kuraklık, su sorunu, deniz seviyesinin yükselmesi ve sulara tuzlu su girişi örnekendirilebilir. Bu sorunlar dikkate alınıp; yerel yönetimlerin, su temini ve atıksu yönetimi planlamalarında iklim değişikliğini ve buna bağlı belirsizlikleri göz önünde bulundurarak uyum programlarını belirleyerek işleme almalarıdır.

Atıksu yönetimi eylem planındaki başlıca strateji, yağmur sularının atık sulardan ayrı olarak biriktirilmesidir. İklim değişikliği gözardı edilerek kurulan kanal sistemleri yoğun yağış esnasında şehrin yükünü taşıyamamaktadır. Türkiye’de özellikle büyük kentlerde yağışın büyük bölümü asfalt zeminler aracılığıyla yüzeysel akış olarak denizlere ve göllere ulaşırken, su kaynaklarının yüzeyaltı ve yeraltı sularına iletimi engellenmektedir. Suyun geri kazanımı, yağmur suyunu biriktirme, iyileştirilmiş arıtma sistemlerinin gerçekleştirilmesi, ağaçlandırma faaliyetlerinin artırılması, ormansızlaşmanın azaltılmasına yönelik eylem planlarını geliştirme, park ve bahçe alanlarının çoğaltılması, su dağıtım ağlarının iyileştirilmesi örnek olarak verilebilir.

9. Türkiye’de Hava Kalitesi Yönetimi ve İklim Değişikliği

Hava kirliliği, havadaki istenmeyen materyallerin doğal fon seviyeden yüksek seviyede bulunmasıdır. Hava kirliliği hem insan sağlığını ve hem de ekosistemleri olumsuz etkilediği gibi iklim değişikliğine de sebep olan sera etkisine de neden olmaktadır. İnsan sağlığı için zararlı olarak kabul edilen kirletici solar radyasyon miktarını etkileyerek atmosferik ısınmaya veya soğumaya yol açabilir. SLCP (kısa ömürlü iklim kirleticileri)’ler, CH₄, siyah karbon, yer düzeyi ozonunu ve

sülfat aerosollerini kapsamaktadır. Küresel iklim değişikliğinde; siyah C ve CH₄, CO₂'den sonra etkisi en yüksek olan kirleticilerdir [56].

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) verilerine göre yılda ortalama 7 milyon insan, hava kirliliğinden etkilenerek vefat etmektedir [57]. Ayrıca her on kişiden dokuzu kirli havaya maruz kalmaktadır. Türkiye'de fosil yakıtların kullanılmasına bağlı olarak açığa çıkan hava kirliliği sebebiyle yılda 2876 erken ölüm, 4311 hastaneye yatış gerçekleşirken, 3 milyar Euro'yu aşan da sağlık harcamasına yapılmıştır [58]. 2018 yılı Türkiye Hava Kirliliği Raporu'nun verileri kapsamında Ülkemizde yaklaşık 60 milyon kişi kirli hava solumaya maruz kalmaktadır [59].

Sera gazlarının ve kirleticilerin kaynakları benzer olduğu için, hava kirliliğinin kontrolü iklim değişikliği ile mücadelede büyük önem arz etmektedir. İklim kirleticilerinin kısa ömürlü olanları, neredeyse küresel iklim değişikliğinin yarısından mesul durumdadır. Azaltım planlarının birçoğu, CO₂ seviyelerinin düşürülmesiyle alakalı olsa da kısa ömürlü iklim kirleticileri de uluslararası iklim eylem planlarına dahil edilmelidir. Aerosol partiküllerinin büyük bir bölümü birkaç saatten bir kaç haftaya kadar, metan ise en az on yıllık bir süreyle atmosferde kalabilmektedir. Kirleticilerin kısa ömürlü oluşu, azaltım yapılabilindiğinde hava kirliliğinin ve iklim değişikliğinin belirtilerinin azaltımında hızlıca sonuca ulaşmayı sağlayabilir.

Hava kalitesinin kontrolündeki ilk aşama sürekli izlemedir, bu izleme, Türkiye'nin bütününe entegre edilen hava kalitesi izleme istasyonlarınca yapılmaktadır. İkinci adım, ülkedeki tüm kirletici kaynaklarını içeren, emisyon faktörlerini ve aktivitelerini açık ve şeffaf bir şekilde gösteren, ayrıca sonuçları da diğer ülkelerle şeffaf bir biçimde paylaşabilen sistematik emisyon envanterinin planlanmasıdır. Hesaplamaların teyit edilmesi, hesaplama süreçlerinin takip edilebilirliği ve doğrulanabilirliği de oldukça önemli bir aşamadır.

Hava Kalitesi Modelleme ile tesislerin çevreye olan etkisi kontrol edilebilir. Modelleme yapabilmek için kaynaklar, lokasyonları atmosfere bıraktığı zaman bağlamında kayıt altına alınmalıdır. Modelleme sonrası yapılacak raporlama büyük öneme sahiptir. Tesislerin, çevreye olan etkisi ile ilgili takip bu modelleme ile gözlemlenebilir. Bu çalışmaların akabinde temiz hava eylem planları ile hava kalitesinin iyileştirmesi için çalışmalar yapılabilir, ayrıca bu çalışmalar, iklim değişikliğine neden olan sera gazlarının azaltımı için anlamlıdır. Türkiye "Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği" (06.06.2008 tarih ve 26898 sayılı) ile hava kirliliğinin çevre ve insan sağlığı üzerindeki etkilerini azaltmayı, hava kalitesi sınır değerlerinde AB limit değerlerine ulaşmayı ve bazı kısımlarında da iklim değişikliğine yönelik hedeflere dikkat çekilmiştir [60, 61]. Ozon azaltımı için hedeflenen insan sağlığının ve vejetasyonun korunması amacıyla global iklim değişikliği düzeyi ön plana çıkartılmalıdır.

Kaynakça

- [1] Türkeş, M. 2010. *Klimatoloji ve Meteoroloji*. Birinci Baskı, Kriter Yayınevi: 650 + XXII sayfa, İstanbul.
- [2] Türkeş, M. 2012a. *Küresel İklim Değişikliği ve Çölleşme*. [N. Özgen (der.)] Günümüz Dünya Sorunları – Disiplinlerarası Bir Yaklaşım. Eğitim Kitap, Ankara. 1-42.
- [3] Türkeş, M. 2013a. İklim Değişiklikleri: Kambriyen'den Pleyistosen'e, Geç Holosen'den 21. Yüzyıla. *Ege Coğrafya Dergisi*, 22(1): 1-25.

- [4] Erlat, E. 2010). Geniřletilmiř 2. Baskı, Ege Üniversitesi Edebiyat Fakóltesi Yayınları: 155, İzmir.
- [5] Erlat, E. ve Türkeş, M. 2015a. 20. Yüzyılın İkinci Yarısında Tropikal Kuşakta Gerçekleşen Volkanik Püskürmelerin Türkiye’de Yaz Hava Sıcaklıklarına Etkisi. *Ege Coğrafiya Dergisi*, 24(1): 1-14.
- [6] şahin, S., Türkeş, M., Wang, S-H., Hannah, D. ve Eastwood, W. 2015. Large Scale Moisture Flux Characteristics of the Mediterranean Basin and Their Relationships with Drier and Wetter Climate Conditions. *Climate Dynamics*, 45(11): 3381- 3401.
- [7] Türkeş, M. 1998. Influence of Geopotential Heights, Cyclone Frequency and Southern Oscillation on Rainfall Variations in Turkey. *International Journal of Climatology*, 18: 649–680.
- [8] Türkeş, M. 2000. ‘El Niño-Güneyli Salınım Ekstremleri ve Türkiye’deki Yağış Anomalileri ile İlişkileri’. *Çevre, Bilim ve Teknoloji*, 1: 1-13.
- [9] Türkeş M, Erlat E. 2003. Precipitation changes and variability in Turkey linked to the North Atlantic Oscillation during the period 1930-2000. *International Journal of Climatology* 23: 1771-1796.
- [10] Türkeş, M., Erlat, E. 2006. “Influences of the North Atlantic Oscillation on Precipitation Variability and Changes in Turkey”, *Nuovo Cimento Della Societa Italiana Di Fisica C-Geophysics and Space Physics*, S. 29, s. 117-135.
- [11] Erlat, E. ve Türkeş, M. 2008. Türkiye’de don olaylı gün sayılarındaki değiklikler ve Arktik Salınım ile bağlantısı. İçinde: IV. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu Bildiri Kitabı, 426-436, 25-28 Mart 2008: İstanbul.
- [12] Erlat, E., Yavaşlı, D.D. 2009. Ege Bölgesi’nde Tropikal Gün ve Yaz Günü Sayılarındaki Değişim ve Eğilimler. *Ege Coğrafiya Dergisi*, 18 (1-2) , 1-15.
- [13]. BM. 1992. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi.
- [14] Türkeş, M. 2013b. Türkiye’de Gözlenen ve Öngörölen İklim Değişikliği, Kuraklık ve Çölleşme. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 4(2): 1-32.
- [15] Türkeş, M. 2018. İklim Değişikliğinin Etkileri, Türkiye’nin İklim Değişikliği Uyum Gereksinimleri, Etkilenebilirlik ve Risk Değerlendirmeleri. İklim Değişikliği ve Kalkınma (Ed. İzzet Arı). T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, Ankara.
- [16] Türkeş, M. 2008b. *İklim Değişikliği ve Küresel Isınma Olgusu: Bilimsel Değerlendirme*. [E. Karakaya (der.)] Küresel Isınma ve Kyoto Protokolü: İklim Değişikliğinin Bilimsel, Ekonomik ve Politik Analizi. Bağlam Yayınları, İstanbul. 21- 57.
- [17] Desonie, D. 2008. *Climate: causes and effects of climate change*. Chelsea House Publishers, ISBN-13:978–0-8160–6214–0, USA, 199p.
- [18] Hardy, J.H. 2003. *Climate Change: Causes, Effects, and Solutions*. Wiley, ISBN 0-470-85018-3, England, 247s.
- [19] IPCC. 2021. Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.
- [20] EFFIS (European Forest Fire Information System). https://effis.jrc.ec.europa.eu/apps/effis_current_situation/ (Erişim Tarihi: 05.09.2022)

- [21] MGM (Meteoroloji Genel Müdürlüğü. 2022. 2020-2021 yılı Aralık ayı ortalama sıcaklıklarının 1981-2010 normallerine göre mukayesesi. <https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/sicaklik-analizi.aspx> (Erişim tarihi: 05.09.2022).
- [22] IPCC. 2013. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. [Stocker, T.F. ve ark. (der.)] Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge and New York.
- [23] Türkeş, M. 2012b. Kuraklık, Çölleşme ve Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Savaşım Sözleşmesi'nin Ayrıntılı Bir Çözümlemesi. *Marmara Avrupa Araştırmaları Dergisi*, Çevre Özel Sayısı, 20: 7-56.
- [24] Türkeş, M. 2013c. *IPCC İklim Değişikliği 2013: Fiziksel Bilim Temeli Politikacılar İçin Özet Raporundaki Yeni Bulgu ve Sonuçların Bilimsel Bir Değerlendirmesi*. İklim Değişikliğinde Son Gelişmeler: IPCC 2013 Raporu. Sabancı Üniversitesi İstanbul Politikalar Merkezi, İstanbul.8-18.
- [25] Türkeş, M. 2014a. Örneklerle Dünya'da ve Türkiye'de İklim Değişikliği ve Değişkenliği. *Bilim ve Gelecek*, 129: 60-64.
- [26] Sneyers, R. 1990. On the Statistical Analysis of Series of Observations. WMO Technical Note 43, World Meteorological Organization, Geneva.
- [27] Türkeş, M., Sümer, U. M. ve Demir, İ. 2002. Re- evaluation of Trends and Changes in Mean, Maximum and Minimum Temperatures of Turkey for the Period 1929-1999. *International Journal of Climatology*, 22: 947-977.
- [28] Türkeş, M. 1996. Spatial and Temporal Analysis of Annual Rainfall Variations in Turkey. *International Journal of Climatology*, 16: 1057- 1076.
- [29] Türkeş, M. (1999). Vulnerability of Turkey to Desertification with Respect to Precipitation and Aridity Conditions. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Science*, 23: 363-380.
- [30] Türkeş, M. 2014b. Türkiye'deki 2013-2014 Kuraklığının ve Klimatolojik/Meteorolojik Nedenlerinin Çözümlemesi. *Konya Toprak Su Dergisi*, 2: 20-34.
- [31] Türkeş, M., Yıldız, D. 2014. Türkiye'de Hidroelektrik Santrallerin Geleceği. <http://www.hidropolitikakademi.org/tr/turkiyede-hidroelektrik-santrallerin-gelecegi-3.html>
- [32] Tatlı, H., Türkeş, M. 2008. Türkiye'deki 2006/2007 Kuraklığı ile Geniş Ölçekli Atmosferik Değişkenler Arasındaki Bağlantının Lojistik Regresyonla Belirlenmesi. IV. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu Bildiri Kitabı: 516-527, 25-28 Mart 2008, İstanbul.
- [33] Tatlı, H., Türkeş, M. 2011. Examinaton of the Dry and Wet Conditions in Turkey via Model Output Statistics (MOS). 5th Atmospheric Science Symposium Proceedings Book: 219-229, 27-29 April 2011, İstanbul.
- [34] Trenberth, K. E. 2007. *Observations: Surface and Atmospheric Climate Change*. [S. Solomon ve ark. (der.)] Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.
- [35] Trigo, R. 2006. *Relations Between Variability in the Mediterranean Region and Mid-Latitude Variability*. [Lionello, P., Malanotte-Rizzoli, P., ve Boscolo, R. (der.)] Chapter 3, Mediterranean Climate Variability. Elsevier Developments in Earth & Environmental Sciences 4, Amsterdam. 179-226.
- [36] Türkeş, M. 2011a. Dünyada ve Türkiye'de İklim Değişikliği, Kuraklık ve Çölleşme. II. Ulusal Toprak ve Su Kaynakları Kongresi Bildiri Kitabı (EK), 22- 25 Kasım 2011, Ankara. 5-19.
- [37] Türkeş, M., Erlat, E. 2005. Climatological Responses of Winter Precipitation in Turkey to Variability of the North Atlantic Oscillation during the Period 1930–2001. *Theoretical and Applied Climatology*, 81: 45–69.

- [38] Türkeş, M., Tatlı, H. 2009. Use of the Standardized Precipitation Index (SPI) and Modified SPI for Shaping the Drought Probabilities over Turkey. *International Journal of Climatology*, 29: 2270–2282.
- [39] Türkeş, M., Koç, T., Sarıış, F. 2009a. Spatiotemporal Variability of Precipitation Total Series over Turkey. *International Journal of Climatology*, 29: 1056-1074.
- [40] Türkeş, M., Akgündüz, A.S., Demirörs, Z. 2009b. Palmer Kuraklık İndisi'ne göre İç Anadolu Bölgesi'nin Konya Bölümü'ndeki Kurak Dönemler ve Kuraklık Şiddeti. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 7(2): 129-144.
- [41] IPCC. 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. [Solomon, S. ve ark. (der.)] Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge and New York.
- [42] 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>
- [43] 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.
- [44] TÜİK. 2016. *Seragazi Emisyon İstatistikleri, 2016*. <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=27675>
- [45] IBB, İklim.İstanbul ve İSTAÇ. 2019. *İstanbul İklim Değişikliği Eylem Planı: Sera Gazı Envanteri*. <https://www.iklim.istanbul/wp-content/uploads/SeraGaz%C4%B1EnvanterRaporu.pdf>
- [46] Moran, D. 2018. *Global Gridded Model of Carbon Footprints*. <http://citycarbonfootprints.info/>
- [47] Gökçin Özuyar, P., Gürçan, E. C., Bayhantopçu, E. 2021. Türkiye'nin güncel iklim değişikliği stratejisinin ana yönelimi. *Kuşak ve Yol Girişimi Dergisi*, 2(3). 31-46.
- [48] Van Staden, R. 201). *İklim Değişikliği: Şehirlere İlişkin Sonuçlar*. <http://sertifika.tema.org.tr/Ki/CevreKutuphanesi/Documents/SEHIRLER.pdf>
- [49] Rosenzweig, C. 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.
- [50] T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, (2017). *Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı 2023*. http://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/haberler/ulusal_atik_yonetim_ve_eylem_plan_20180328154824.pdf
- [51] 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.
- [52] Ağaayak, 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
- [53] Major, D.C. 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.

- [54] 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.
- [55] EPA. 2017. *Climate Impacts on Water Utilities*. <https://www.epa.gov/arc-x/climate-impacts-water-utilities#tab-3>
- [56] IASS, (t.y.). *Air Pollution and Climate Change*. <https://www.iass-potsdam.de/en/output/dossiers/air-pollution-and-climate-change> adresinden erişildi.
- [57] 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.
- [58] Sönmez, Y. (Aralık 2, 2017). Ölüm Soluyoruz. *Hürriyet Pazar*, <http://www.hurriyet.com.tr/kelebek/hurriyet-pazar/olum-soluyoruz-40665273> adresinden erişildi.
- [59] TMMOB Çevre Mühendisleri Odası. 2019. Hava Kirliliği Raporu 2018. http://www.cmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?p?kod=99283&tipi=78&sube=0 adresinden erişildi.
- [60] *Hava Yönetimi Dairesi Başkanlığı: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği*. <http://cygm.csb.gov.tr/yonetmelikler-i-440> adresinden erişildi.
- [61] 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.