Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti
tarafından finanse edilmektedir.

MODÜL 1

İklim Değişikliğine Uyum Konusunda Kurumsal Kapasitenin Geliştirilmesi Eğitimi Projesi

T.C. ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI

Çevre ve İklim Eylemi
Sektör Operasyonel Programı

İKLİMİ DUY

WEglobal

İKLİMİ DUY
İklim Değişikliğine Uyum Eğitimi

Kitabın elektronik haline QR kodu okutarak ulaşabilirsiniz.

Proje Ekibi

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı

Eyyüp Karahan *Kıdemli Program Görevlisi (SPO)*
Orhan Solak *Program Koordinatörü*
Dr. Çiğdem Tuğaç *Şube Müdürü / Proje Yürütücüsü*
Ayçin Kızılbey *Çevre ve Şehircilik Uzmanı*
Elif Özcan Özturgut *Çevre ve Şehircilik Uzmanı*
Fatih Kılıç *Mühendis*
Neslihan Ağartan *Çevre ve Şehircilik Uzmanı*
Emine Çelebioğlu *Uzman*
Gökhan Öktem *Mühendis*

Teknik Destek Ekibi

Prof. Dr. Gülen Güllü *Takım Lideri*
Selma Güven *İstatistikçi*
Evren İlke Dener Kalaç *Proje Direktörü*
Emel Beliz Demircan *Proje Sorumlusu*
İrem Hatipoğlu Koca *Proje Sorumlusu*

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR
YÖNETİCİ ÖZETİ

İklim Değişikliği Bilimine Giriş

1. GİRİŞ 3
2. KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİKLERİ VE NEDENLERİ 4
   2.1. İklim Değişikliğinin Ana Yönlendiricileri 4
   2.2. İklim Değişikliğinin Doğal Nedenleri 6
   2.3. İnsan Kaynaklı İklim Değişikliği ve Küresel Isınma 10
3. DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE GÖZLENEN İKLİM DEĞİŞİMLERİ 12
   3.1. Küresel İklimde Gözlenen Değişimler 13
   3.2. Türkiye İkliminde Gözlenen Değişimler 14
      3.2.1. Hava Sıcaklıklarında Gözlenen Değişimler ve Eğilimler 18
      3.2.2. Yağışlarda Gözlenen Değişimler ve Eğilimler 18
   3.3. Ekstrem Hava ve İklim Olaylarında Gözlenen Değişimler ve Eğilimler 21
4. KÜRESEL VE BÖLGESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ KESTİRİMLERİ 23
5. BİRLEŞMİŞ MİLLETLER İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ ÇERÇEVE SÖZLEŞMESİ 27
6. KISA TARTIŞMA 29

KAYNAKÇA 32

Atmosferdeki Sera Gazları, Kuvvetlenen Sera Etkisi ve Küresel Isınma

1. ATMOSFERDEKI DEĞIŞKEN GAZLAR VE AEROSOLLER 40
   1.1. Su buharı 44
   1.2. Karbondioksit 45
   1.3. Metan 52
   1.4. Diazotmonoksit 53
   1.5. Kloroflorokarbonlar 54
   1.6. Aerosoller 55
2. SERA GAZLARININ KÜRESEL ISINMA POTANSİYELİ 57
3. DOĞAL SERA ETKISI 60
4. KUVVETLENEN SERA ETKISI VE KÜRESEL ISINMA 64

KAYNAKÇA 66

Doğal ve Antropojenik Sera Etkisi

1. GİRİŞ 68
1.1. Doğal Sera Etkisi 68
1.2. Artırılmış Sera Etkisi 69
2. SERA GAZLARI 71
3. SOLAR KONSTANT 75
3.1. Kızılötesi radyasyon nedir ve neden önemlidir? 76
4. SERA GAZI EMİSYONLARI 81
4.1. Doğal Sistem Sera Gazı Emisyonları 81
4.1.1. Orman yangınları 81
4.1.2. Okyanuslar 81
4.1.3. Sulak alanlar 82
4.1.4. Permafrost 82
4.1.5. Volkanlar 83
4.1.6. Çamur volkanları 84
4.2. İnsan faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazı emisyonları 85
4.3. Küresel sera gazı emisyonlarına doğal sistemler ve insan faaliyetlerinin katkıları 87
5. SONUÇLAR 90
KAYNAKÇA 91

Yutak Mekanizmaları ve Dayanımı

1. GİRİŞ 94
2. YUTAKLAR 96
2.2. Karasal Yutaklar 96
2.2.1. Küresel karbon stokları 99
2.2.2. Atmosferle yıllık karbon değişimi 100
2.2.3. Karbon döngüsünde güncel değişiklikler 100
3. OKYANUSLARDAKİ YUTAK MAKENİZMASI 101
4. KARBON DÖNGÜSÜNE İNSAN ETKİSİ 105
5. KARASAL KAYNAKLAR VE YUTAKLARDAKİ GÜNCEL EĞİLİMLER 110
6. KARBON DÖNGÜSÜ VE KARBON TUTULMASI 111

7. CO_2 GERİ ALMA 117
KAYNAKÇA 118

Dünya'da ve Türkiye'de İklim Değişikliğinin Doğal Kaynaklara Muhtemel Etkileri ve Riskler

1. GİRİŞ 120
2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN DOĞAL KAYNAKLARA OLASI ETKİLERİ 122
2.1. İklim değişikliğinin hidrolojik çevrimde meydana getirdiği önemli değişikler 122
2.1.1. Yağış Desenindeki Değişiklikler 123
2.1.2. Yüzey Akışındaki Değişiklikler 123
2.1.3. Kıyı Alanlarında Hidrolojik Etkiler 124
2.1.4. Su Kalitesindeki Değişiklikler 124
2.1.5. İklim Değişikliğinin Su Sıcaklıklarına Etkisi 126
2.1.6. Yeraltı Suyundaki Değişiklikler 126
2.2. İklim Değişikliğinin Taşkınlara Etkisi 128
2.3. İklim Değişikliğinin Kuraklığa Etkisi 130
2.4. Su Talebindeki Değişiklikler 131
2.5. Hidro-meteorolojik afetler ve riskler 132
2.6. İklim değişikliğinin topraktaki etkileri 134
2.7. İklim değişikliğinin ekosisteme etkileri 135
KAYNAKÇA 137

Senaryolar ve Ülkelerin Konumları

1. GİRİŞ 140
2. İKLİM PROJEKSİYONLARI 142
2.1. Küresel Model Simülasyonları 142
2.2. Bölgesel Model Simülasyonları 144
3. ÜLKELERİN KONUMLARI 145
KAYNAKÇA 163

IPCC İklim Değişikliği Senaryoları

1. GİRİŞ 165

1.1. İklim Modeli Kavramı 165
1.2. Küresel İklim (Genel Sirkülasyon) Modellerinin Tarihsel Gelişimi 165
1.3. Birleştirilmiş Model Projesi Faz:5 (CMIP5) 169
1.4. İklim Modeli Çalışmalarında Kullanılan Senaryoların Tarihi 170
2.YENİ SENARYOLAR 172
2.1. Yeni Nesil Konsantrasyon Senaryoları 172
2.2. Türkiye İçin Seçilen Küresel Modeller 178
2.2.1. Hadley Küresel Çevre Modeli (HadGEM2-ES) 179
2.2.2. MaxPlank Meteoroloji Enstitüsü 180
2.2.3. Jeofizik Akışkanlar Dinamiği Laboratuarı 182
2.3. Bölgesel İklim Modelleri ve Ölçek Küçültme 183
2.3.1. Dinamik Ölçek Küçültme 184
2.3.2. RegCM-4.3.4 185
2.3.3. Koordineli Bölgesel İklim Ölçek Küçültme Deneyi (CORDEX) 186
2.4. Referans Periyot ve Bölge Seçimi 187
2.5. Modelin Sınanması (Parametrizasyonu) 187
KAYNAKÇA 188

Ortak Tepki ve Senaryo Hedeflerine Uyum

1. GİRİŞ 190
2. PARİS KÜRESEL KARBONSUZLAŞMAYA GİDEN YOLDA BİR DÖNÜM NOKTASI OLACAK MI? 194
3. G20 ÜLKELERİNİN DURUMLARI 195
3.1 Uyum 195
3.2. Azaltım 195
3.2.1 Ulusal Olarak Belirlenen Katkılar (Ndcs) - 2030 Emisyon Hedefi 196
3.2.2. Uzun Vadeli Stratejiler - 2050 Emisyon Hedefi 197
3.2.3. Enerji 197
3.2.4. Ulaşım 198
3.2.5. İnşaat Sektörü 199
3.2.6. Sanayi 199
3.2.7. Tarım ve Arazi Kullanımı 200

3.3. FİNANS 200
3.3.1. Mali Politikalar Ve Düzenlemeler 200
3.3.2. Mali Politika Seviyeleri 201
3.3.3 Kamu Maliyesi 201
4.SONUÇ 204
KAYNAKÇA 208

İklim Değişikliğinin Dünyada ve Türkiye'de Sektörlere Muhtemel Etkileri ve Riskler

1. GİRİŞ 210
2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN DÜNYADA SEKTÖRLERE MUHTEMEL ETKİLERİ VE BAŞLICA RİSKLER 214
2.1. Tatlısu Kaynakları 214
2.1. Ekosistemler ve Biyoçeşitlilik 215
2.2.1. Karasal ve Tatlısu Ekosistemleri 216
2.2.2. Deniz Ekosistemleri 217
2.3. Gıda Güvenliği ve Gıda Üretim Sistemleri 218
2.4. Kıyı Sistemleri ve Alçak Alanlar 219
2.5. Kentsel Alanlar 219
2.6. Kırsal Bölgeler 220
2.7. Aşırı Hava Olayları 220
2.8. İnsan Sağlığı 221
2.9. Güvenlik 222
2.10. Geçim Kaynakları ve Yoksulluk 223
3. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN TÜRKİYE'DE SEKTÖRLERE MUHTEMEL ETKİLERİ VE BAŞLICA RİSKLER 225
3.1. Su Kaynakları 225
3.2. Tarım ve Gıda Güvencesi 227
3.3. Doğal Afetler ve Risk Yönetimi 229
3.4. Ekosistemler ve Biyoçeşitlilik 231
3.4.1. İç su Ekosistemleri 231
3.4.2. Karasal Ekosistemler 233
3.4.3. Denizel Ekosistemler 236

3.5. Kıyı Alanları 238
3.6. Sağlık 240
3.7. Yerleşme Alanları ve Turizm 241
SONUÇ 244
KAYNAKÇA 246

Dünya'da ve Türkiye'de İklim Değişikliğinin Sağlik Üzerine Muhtemel Etkileri ve Riskler
KAYNAKÇA 260

Tarımsal Üretimin İklim Değişikliğine Uyarlanması ve Modellenmesi
1. GİRİŞ 262
2. TARIMSAL ÜRETİM DE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE MODEL KULLANIMI 264
2.1. Tarımsal Modeller Ve Bileşenleri 265
3. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ, TARIMSAL KURAKLIK, SU VE ARAZİ KULLANIMI 269
3.1. İklim Değişikliği ve Su Yönetimi 269
3.2. Tarımsal Kuraklık Ve İklim Değişikliği 273
4. TARIMSAL KURAKLIKLA MÜCADELE STRATEJİSİ VE EYLEM PLANI FAALİYETLERİ 276
4.1. Eylem Planı İçesinde Belirlenen Tedbirler 277
4.1.1. Kuraklık Öncesi Yapılması Gereken Çalışmalar 277
4.1.2. Kuraklık Esnasında Yapılması Gereken Çalışmalar 279
4.1.3. Kuraklık Sonrasında Yapılması Gereken Çalışmalar 279
4.2. Kuraklık Yönetimini Etkileyen Şartların Sistematik Olarak İncelendiği Güçlü Yönler 280
4.3. Kuraklık Yönetimini Etkileyen Şartların Sistematik Olarak İncelendiği Zayıf Yönler 280
4.4. Eylem Planlarında Oluşması muhtemel Fırsatlar 281
4.5. Eylem Planlarında Oluşması Muhtemel Tehditler 282
5. ÜLKEMİZDE VERİM VE SULAMA SUYU İHTİYACI 283

6. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE ARAZİ KULLANIMI 285
6.1. Orman Miktarının Azaltımına Karşı Önlemler 285
6.2. Arazi Toplulaştırması ve Etkileri 285
SONUÇ 287
KAYNAKÇA 288

İklim Değişikliğine Etkiler Arazi Örtüsü Kullanımı

1. GİRİŞ 294
2. ARAZİ ÖRTÜSÜ/KULLANIMI ÜZERİNE ULUSLARARASI PROGRAM 298
2.1. GMES ve Copernicus 298
2.2. CORINE ve CLC Programı 299
2.3. Diğer Ulusal Arazi Örtüsü / Kullanımı Sınıflandırma Çalışmaları 301
3. ARAZİ ÖRTÜSÜ/KULLANIMI DEĞİŞİMİ 305
3.1. Cebir (Algebra) 305
3.2. Dönüştürme 306
3.3. Sınıflama 306
3.4. İleri Modeller 308
3.5. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) 308
3.6. Görsel Analizler 309
4. ARAZİ KULLANIMI/ARAZİ ÖRTÜSÜ DEĞİŞİMİNİN EKOSİSTEMLER ÜZERİNDEKİ ETKİSİ 311
KAYNAKÇA 318

Dünya'da ve Türkiye'de İklim Değişikliğinin Sanayi Üretim Sektörüne Muhtemel Etkileri ve Riskler

1. GİRİŞ 321
2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN SANAYİ SEKTÖRÜNE ETKİLERİ 325
2.1. Hammadde veya Emtia Temininde Meydana Gelen Değişkenlik ve Güçlüklerin Sanayi Sektörüne Olası Yansımaları 327
2.2. Su Kalitesi ve Su Mevcudiyetindeki Değişimler Nedeniyle Üretimde Yaşanacak Olası Kısıtlamalar ve Güçlükler 330
2.3. Ulaşım Sektöründe Yaşanacak Sorunlar ve Sanayiye Olası Yansımaları 332

2.4. Aşırı Hava Olayları ve Su Baskını Nedeniyle Altyapı Hasarları ve Operasyonlarda Aksama 335
2.5. Sanayinin İtici Gücü Olan Enerji Kaynaklarında Yaşanacak Sorunların Sanayi Sektörüne Etkileri 338
2.6. İklim Değişikliğinin İşgücüne Olacak Olası Etkileri 339
2.7. İklim Değişikliğinin Sanayi Sektörüne Günümüzdeki ve Olası Etkileri İçin Özet 340
SONUÇ 341
KAYNAKÇA 342

İklim Değişikliğinin Dünyada ve Türkiye'de Toplumsal Muhtemel Etkileri ve Riskler
1. GIRIŞ 346
2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE İNSAN SAĞLIĞI 346
2.1. Sıcaklığa Bağlı Ölümlerde Gelecekteki Artışlar 346
2.1.1. Aşırı Sıcaklığa Değişen Tolerans 348
2.1.2. Büyük Risk Altındaki Nüfus 348
2.2. Hava Kalitesinin Etkisi 348
2.2.1. Artan Ozonun Sağlık Etkileri 349
2.2.2. Orman Yangınlarından Artan Sağlık Etkileri 349
2.2.3. Kronik Alerji ve Astım Koşulları 350
2.3. Aşırı Hava Olaylarının İnsan Sağlığına Etkileri 350
2.3.1. Aşırı Olaylara Artan Maruziyet 351
2.3.2. Temel Altyapının Bozulması 351
2.3.3. Kıyı Taşkınlarına Karşı Güvenlik Açığı 351
2.4. Vektör Kaynaklı Hastalıklar 351
2.4.1.Vektörlerin ve Vektör Kaynaklı Hastalıkların Değişen Dağılımları 352
2.4.2. Daha Erken Başlayan Kene Etkinliği ve Kuzeye Yayılımı 352
2.4.3. Sivrisinek Kaynaklı Hastalık Dinamiğini Değiştirme 352
2.4.4. Yeni Vektör Kaynaklı Patojenlerin Ortaya Çıkışı 353
2.5. Su Kaynaklı Hastalık Riskinde Mevsimsel ve Coğrafi Değişiklikler 353
2.5.1. Su Altyapısı Yetersizliği 354

2.6. Gıda Güvenliği, Beslenme ve Dağıtım 354
2.6.1. Gıda Kaynaklı Hastalık Riski Artar 355
2.6.2. Gıda Zincirindeki Kimyasal Kirleticiler 355
2.6.3. Yükselen Karbondioksit Gıdanın Besin Değerini Düşürür 355
2.6.4. Aşırı Hava Olayları Güvenli Gıdalara Erişimi Sınırlar 355
2.7. Zihinsel Hastalıklar ve Esenlik 356
2.7.1. Zihinsel Sağlık Üzerinde Afetlere Maruz Kalma Sonuçları 356
2.7.2. Belirli İnsan Grupları Yüksek Risk Altında 356
2.7.3. İklim Değişikliğine Bağlı Tehditlerin Akıl Sağlığı ve Sosyal Etkiler Üzerindeki Sonuçları 358
2.7.4. Aşırı Isı, Zihinsel Hastalığı Olan Kişilerin Risklerini Artırır 358
2.8. Endişeli Nüfuslar 358
3.EŞİTSİZLİK, YER DEĞİŞTİRME VE KÜLTÜREL DEĞİŞİM 359
3.1.Belirsizlik ve Güçsüzlük 359
3.2. Adalet ve eşitlik 360
3.3. Kızgınlık ve Çatışma 361
3.4. İşsizlik 361
3.5. Göç 362
4. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE İSTİHDAM FIRSATI 364
4.1. İklim değişikliğinin ve aşırı hava şartlarının istihdama olumsuz etkileri 365
4.2. Adaptasyon önlemleri, yeni iş imkanları yaratabilir, çalışanları ve geliri koruyabilir 366
5. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN TÜRKİYE'YE SOSYOEKONOMİK ETKİLERİ 372
5.1. Sağlık 372
5.2. Toplumsal Etkiler 373
KAYNAKÇA 375

Dünyada ve Türkiye'de İklim Değişikliğinin Kentsel Ekosistemlere Muhtemel Etkileri ve Riskler

1.GİRİŞ 377
2. KENTSEL ALANLAR İÇİN İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN GENEL ETKİLERI VE SONUÇLARI 380
2.1. Kentsel Sıcaklıklar Üzerindeki Etkisi 383
2.2. Kentsel Hidrolojiye Etkisi 384
2.3. Kentsel Yaşam Alanları ve Biyoçeşitlilik Üzerindeki Dolaylı Etkileri 385
3. YEŞİL ALTYAPI VE DOĞA BAZLI ÇÖZÜMLERİ KULLANARAK İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE UYUM OLANAKLARI 387
3.1. Kentsel Yeşil Altyapı ve Doğa Bazlı Çözümler 387
3.2. Yeşil Veya Mavi Altyapı ve Doğa Bazlı Çözümler İle Kentsel Sıcaklığın Azaltılması 388
3.3. Değişen İklim Koşullarında Kentsel Vejetasyon Seçimi ve Yönetimi 389
3.4. Yeşil Altyapı, Doğa Bazlı Çözümler ve Kentsel Hidroloji 391
4. YEŞİL ALTYAPININ PLANLAMA VE TASARIM YÖNLERİ VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE UYUM İÇİN DOĞA BAZLI ÇÖZÜMLER 393
5. SONUÇ 395
KAYNAKÇA 399

İklim Değişikliği ve Şehir Selleri

1.GİRİŞ 402
2. KENTSEL GELİŞİMİN ÇEVRESEL ETKİLERİ 406
2.1. Kentsel Pedosfer ve Litosfer 406
2.2. Kentsel Hidrosfer 406
2.3. Kentsel Biyosfer 407
2.4. Kentsel Atmosfer 408
2.5. Kentsel Form Atmosferi Nasıl Etkiler 408
3. KENTSEL İŞLEV ATMOSFERİ NASIL ETKİLER 409
4. YÜZEY HİDROLOJİSİNİN TEMELLERİ VE SU DENGESİ 410
4.1. Hidrolojik Çevrim 410
4.2. Yüzey Suyu Dengesi 410

4.3. Yüzey akışı 413
4.4. Kentsel Sistemlerde Boşalma Eğrileri 415
4.5. Taşkınlar 416
4.6. Su baskını 418
6. SONUÇ 421
6.1. Her bir risk senaryosu farklıdır: Taşkın yönetimi planı yoktur 421
6.2. Taşkın yönetimi için tasarımlar, değişen ve belirsiz bir gelecekle başa çıkabilmelidir 421
6.3. Hızlı kentleşme, mevcut risk yönetiminin düzenli kentsel planlama ve yönetişimine bütünleşmiş edilmesini gerektirir 421
6.4. Bütünleşmiş bir strateji, "dengeyi doğru yapmak" için hem yapısal hem de yapısal olmayan önlemlerin ve iyi ölçümlerin kullanılmasını gerektirir 422
6.5. Ağır mühendislik yapıları riskleri yukarı ve aşağı yönde transfer edebilir 422
6.6. Taşma riskini tamamen ortadan kaldırmak imkânsızdır 422
6.7. Birçok saha yönetimi önleminin birden fazla faydası vardır 423
6.8. İşletme yönetimi harcamalarının daha geniş sosyal ve ekolojik sonuçlarını dikkate almak önemlidir 423
6.9.Taşkın riski programlarının oluşturulması ve çalıştırılmasında sorumluluğun netliği önemlidir 423
6.10. Sel riski yönetimi önlemlerinin uygulanması, çok paydaşlı işbirliği gerektirir 424
6.11. Farkındalığı artırmak ve hazırlıklılığı güçlendirmek için sürekli iletişim gereklidir 424
6.12. Taşkın sonrasında hızlı bir şekilde toparlanmayı planlayın ve toparlanma kapasitesini artırmak için kullanın 424
KAYNAKÇA 425

Dünyada ve Türkiye'de İklim Değişikliğinin Afetlerin Artmasına Muhtemel Etkileri ve Riskler

1. GİRİŞ 427
2. DÜNYADA ve TÜRKİYE'DE AFETLER 427
3. İKLİM-İLİŞKİLİ DOĞAL AFETLERİN ARTMASI 432
   3.1. Tarım ve Ormancılık 433
   3.2. Enerji Arzı 435
   3.3. Turizm 436
   3.4. Küresel Isınmanın Diğer Etkileri 437
4. KÜRESEL ISINMANIN DÜNYA EKONOMİSİNE ETKİLERİ 439
5. KÜRESEL ISINMANIN TÜRKİYE EKONOMİSİNE ETKİLERİ 442
6. SONUÇLAR 445
KAYNAKÇA 447

Meteorolojik Karakterli Afetler ve Sigorta Sektörü

1. GİRİŞ 450
2. AFET RİSKİ YÖNETİMİ 455
   2.1. Afet riskinin azaltılması 455
   2.2. Afet riski ile başa çıkma 456
   2.3. Önleme ve başa çıkma 462
3. GÜVENLİK VE DOĞAL TEHLİKE TRENDLERİ 463
4. SİGORTA EDİLEBİLİRLİK İÇİN İKLİM ZORLUKLARI 464
5. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE KARŞI YENİLİKÇİ SİGORTA ÜRÜNLERİ 466
   5.1. Küçük çiftçiler için endeks sigortası 466
   5.2. Afete müdahale için egemen risk programları 467
   5.3. Enerji, kuraklık ve petrol ithalatı için Uruguay sigortası 468
SONUÇ 469
KAYNAKÇA 470

İklim Göçü

1.GİRİŞ 473
2. İKLİME BAĞLI GÖÇÜN ZORLUĞU 476
2.1. Mülteci Kanunu 478
3. İKLİM GÖÇÜ ÖRNEKLERİ 479
3.1. Hızlı ve Ani Gelişen İklim Değişikliği Etkilerine Bağlı Olarak Gerçekleşen Göçler 479
3.1.1. Seller ile İlintili Göç Hareketleri 479
3.1.2. Fırtınalar ve Tropikal Siklonlar ile İlintili Göç Hareketleri 484
3.2. Yavaş ve Kademeli Gelişen İklim Değişikliği Etkilerine Bağlı Olarak Gerçekleşen Göçler 487
3.2.1. Deniz Seviyesi Yükselmesi ile İlintili Göç Hareketleri 488
3.2.2. Artan Sıcaklıklar, Kuraklık ve Çölleşme ile İlintili Göç Hareketleri 492
4. SONUÇ 501
KAYNAKÇA 503

KISALTMALAR

AÇA (EEA)	Avrupa Çevre Ajansı
AKAKDO	Arazi kullanımı, arazi kullanım değişikliği ve ormancılık
AKAÖ	Arazi kullanımı-arazi örtüsü
AO	Arktik Salınım
APSIM	Tarımsal Üretim Sistemleri similatör
Ar	Argon
AR5	IPCC Beşinci Değerlendirme Raporu
Ar-Ge	Araşrıma ve Geliştirme
BMÇP (UNEP)	Birleşmiş Milletler Çevre Programı
BMİDÇS (UNFCCC)	Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
C	Karbon
CAT	İklim Eylem Takipçisi
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
CERES	(Crop Estimation through Resource and Environment Synthesis) Kaynak ve Çevre Sentezi ile Mahsul Tahmini
CFC	Kloroflorokarbon
CFC-11	Triklorofloremetan
CFC-113	Triklorotrifloroetan
CFC-12	Diklorodifloremetan
CH4	Metan
CLC	CORINE Arazi örtüsü
CLCC	CORINE Arazi Örtüsündeki Değişim
CO	Karbonmonoksit
CO_2	Karbondioksit
CO_2e	Karbondioksit eşdeğer
COP21	21. Taraflar Konferansı
CORINE	Çevresel Bilginin Koordinasyonu
COVID 19	Corona Virus Hastalığı
CRF	(Common Reporting Format) Ortak Raporlama Formatı
CropSyst	(Cropping Systems Simulation Model) Mahsül Modeli
CROPWAT / AquaCrop	Mahsüllerin Su ve sulama İhtiyacını Belirleyen Model
CRU	İklim Araştırma Birimi
CVA	Change Vector Analysis
DMÖ (WMO)	Dünya Meteoroloji Örgütü
DSÖ (WHO)	Dünya Sağlık Örgütü

DSSAT	Tarım Teknoloji Transferi için Karar Destek Sistemi
EC	Elektriksel İletkenlik
ECHAM5	5 nolu Küresel Atmosferik Sirkülasyon Modeli
EIONET	Avrupa Çevre Bilgi ve Gözlem Ağı
EM-DAT	Uluslararası Afetler Veritabanı
ENIAC	Elektronik Sayısal Birleştirici ve Bilgisayar
ENSO	El Nino Güney Salınımı
EPIC	Erozyon Verimliliği Etki Hesaplayıcısı
ES	Ekosistem Servisleri
ESA	Avrupa Uzay Ajansı
EUMETSAT	Avrupa Meteoroloji Uyduları İşletme Teşkilatı
FAO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
FAO	Birlesmis Milletler Gida ve Tarım Örgütü
FAST	Serbest Hava Tutma Teknolojileri
G20	20 Maliye Bakanı ve Merkez Bankası Başkanı Grubu
GAIN	Yeşil İş Değerlendirme Kurumları Ağı
GCM	Küresel İklim Modeli
GIO	GMES Initial Operations
GKDB	Gelen Kısa Dalga Boyu
GMES	Avrupa Dünya Takip Programı
GPG	İyi Uygulama Kılavuzu
GS	Gramm-Scmidt
GSMH	Gayri Safi Milli Hasıla
GSYH	Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
GT	Gigaton
GUDB	Gelen Uzun Dalga Boyu
GWP	Küresel Isınma Potansiyeli
H_20	Su / Su buharı
HCFC-22	Klorodiflorometan
HFC	Hidroflorokarbon
HRL	High Resolution Layers
ICD	Uluslararası Hastalık Kodları
ICTP	Uluslararası Abdüsselam Teorik Fizik Merkezi
İDKK	İç Denetim Koordinasyon Kurulu
IEA	Uluslarası Enerji Ajansı
IEEFA	Enerji Ekonomisi ve Finansal Analizi Enstitüsü
İ-KÖS ES	Kritik Öneme Sahip Ekosistem Servisleri
IMF	Uluslararası Para Fonu

INSPIRE	Avrupa Topluluğunda Mekansal Bilgi Altyapısı
IPCC	Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli
IR	Kızılötesi
IRS LISS	Hindistan Uzaktan Algılama Uydu Sensörleri
İSO	İstanbul Sanayi Odası
ITCP	Uluslararası Teorik Fizik Merkezi
İTÜ	İstanbul Teknik Üniversitesi
KDBR	Kısa Dalga Boylu Radyasyon
KOAH	Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı
KP	Kyoto Protokolü
LPIS	Arazi Parsel Tanımlama Sistemi
LPJmL	Lund-Potsdam-Jena yönetilen Arazi modeli
LUCAS	Arazi kullanımı/örtü alanı çerçeve araştırması
LULUCF	Arazi kullanımı, arazi kullanım değişikliği ve ormancılık
MECLEP	Göç, Çevre ve İklim Değişikliği: Politika için Kanıt
Met Office	İngiltire Meteoroloji Servisi
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MIKE	Nehirler ve Kanallar için Modelleme Sistemi
M-K	Mann-Kendall
Mt	Milyar Ton
MtC	Milyar ton karbon
$MtCO_2e$	Milyar Ton CO2 eşdeğer
N_2O	Diazotmonoksit
NAO	Kuzey Atlantik Salınımı
NDC	Ulusal Olarak Belirlenmiş Katkı
NIR	Ulusal Sera Gazı Envanter Raporu
NOAA	Ulusal Okyanus ve Atmosfer Dairesi
NOx	Azot Oksitler
O_3	Ozon
ÖÇK	Özel Çevre Koruma
OH	Hidroksit
PAGE	Yeşil Ekonomi için Eylem Ortaklığı
PCA	Ana Bileşen Analizi
PFC	Perflorokarbon
Pg	Petagram
PgC	Petagram Karbon
PPBV	Milyar Hacimde Bir Molekül
PPMV	Milyon Hacimde Bir Molekül

RCM	Bölgesel İklim Modeli
RCP	Temsili Konsantrasyon Rotaları
REDD	Ormansızlaşma ve Orman Bozulmasından Kaynaklanan Emisyonların Azaltılması
RegCM	Bölgesel İklim Model Sistemi
RegCM3	Bölgesel İklim Model Sistemi-3
RMSE	Kök Ortalama Kare Hatası
ROYGBIV	Kırmızı, Turuncu, Sarı, Yeşil, Mavi, İndigo ve Menekşe
SARS COV-2	Şidddetli Akut Solunum Yolu Sendromu Corona Virüsü 2
SF_6	Sülfür Heksafluorit
SG (GHG)	Sera Gazı
SGS	Sera Gazı Salımı
SPI	Standart Yağış İndeksi
SPOT	Fransız Dünya Gözlem Uydusu
SRES	Emisyon Raporları Özel Raporu
STICS	Standart Mahsuller için çok disiplinli simülatör
STK	Sivil Toplum Kuruluşları
SWAT / SWIM	Toprak Suyu Değerlendirme Aracı / Toprak ve Su Entegre Modelidir
SYGM	Su Yönetimi Genel Müdürlüğü
TM/ETM	Tematik Haritalama/Çoğaltılmış Tematik Haritalama
TOBB	Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği
TPES	Toplam Birincil Enerji Kaynağı
UDBR	Uzun Dalga Boylu Radyasyon
UDELe	Delaware Üniversitesi
UHK	Umumi Hıfzıssıhha
UKAA	Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı
UML	Birleşik Modelleme Dili
UNCTAD	Birleşmiş Milletler Ticaret ve Kalkınma Konferansı
UNCTs	Birleşmiş Milletler Ülke Ekipleri
UNDESA	BM Ekonomik ve Sosyal İşler Dairesi
UNIRKK	Uluslararası Non-iyonizan Radyasyondan Korunma Komisyonu
UV	Ultraviole
UVI	Ultraviole Endeksi
UVR	Ultraviole Radyasyonu
WCRP	Dünya İklim Araştırma Programı
YE	Yenilenebilir Enerji

YÖNETİCİ ÖZETİ

1. İklim Değişikliği Bilimine Giriş

Prof. Dr. Murat Türkeş

Küresel iklim yaklaşık 4,6 milyar yıl yaşındaki Yerküre'nin oluşumundan günümüze değin, tüm alan ve zaman ölçeklerinde önemli değişiklikler ve değişimler göstermiştir. Bu değişiklikler sırasında Dünya'nın ve oluşmaya başladığı ilk zamanlardan beri Anadolu'nun fiziki coğrafyasında (yeryüzü şekilleri, hava ve iklimi, toprak ve bitki örtüsü, yüzey ve yeraltı suları, akarsu ve gölleri, buzulları, ekosistem, biyom ve biyolojik çeşitliliği, vb.) da çok önemli ve büyük değişiklikler gerçekleşmiştir.

Sera gazlarının atmosferdeki birikimlerinin çeşitli insan etkinlikleri nedeniyle sanayi devriminden beri hızla artması sonucunda kuvvetlenen sera etkisinin en önemli sonucu, Yerküre'nin enerji dengesi üzerinde ek bir pozitif ışınımsal zorlama oluşturarak, dünya ikliminin daha sıcak ve daha değişken olmasını sağlamasıdır. Öte yandan, ister küresel isterse bölgesel ölçekte olsun, iklim değişikliği, ekstrem (aşırı) hava ve iklim olaylarının sıklığında, şiddetinde, alansal dağılışında, uzunluğunda ve zamanlamasında da önemli değişikliklerin gerçekleşmesine neden olmaktadır. Örneğin, alansal ve zamansal olarak yüksek bir değişkenlikle nitelenen yağışlarda, 1950 - 2011 döneminde dünyanın çeşitli bölgelerinde önemli azalış ve artış eğilimleri gözlenmiştir. Ayrıca, dünyanın birçok bölgesinde ve Türkiye'deki şiddetli yağış olaylarında da artışlar gözlenmiş; bazı ekstremlerde de önemli değişiklikler ortaya çıkmıştır.

Gözlenen değişme ve eğilimlere ek olarak, iklim model benzeşimleri, genel olarak alt troposfer ve yüzey hava sıcaklıklarında öngörülen artış eğilimi, artan termal enerji (pozitif ışınımsal zorlama) ve hızlanan ve/ya da kuvvetlenen hidrolojik döngü ile bağlantılı olarak, 21. yüzyılda Dünya'nın birçok bölgesinde aşırı hava ve iklim olaylarının sıklık ve/ya da şiddetinde artışlar olabileceğini göstermektedir.

İklim Değişikliği Bilimi'ne Giriş modülünün birinci amacı, iklim değişikliğinin kavramsal ve kuramsal olarak ne olduğunu, iklim değişikliğinin kapsamını, nedenlerini ve anlaşılmasını ana çizgileri ile tartışmak ve iklim değişikliği konusunun bilimsel bir çerçeveye (iklim değişikliğinin fiziksel bilim temeli) oturmasını sağlamak olarak özetlenebilir. İkinci amacı, Dünya'da ve Türkiye'de gözlenen iklim değişikliği ile çeşitli sera gazı salım senaryolarına dayanarak çalıştırılan iklim model kestirimlerine göre gelecekteki iklim değişikliği ve değişkenliğinin geniş açılı ve çok disiplinli bilimsel bir sentezini (bireşimini) yapmaktır. Modülün üçüncü amacıysa, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) hakkında kısa bir bilgi vererek, insan kaynaklı iklim değişikliğini önleme konusundaki rolünü açıklamaktır.

2. Atmosferdeki Sera Gazları, Kuvvetlenen Sera Etkisi ve Küresel Isınma

Prof. Dr. Murat Türkeş

Atmosferdeki insan kaynaklı sera gazı birikimlerinde sanayi devriminden beri gözlenen artış sürmektedir. En genel anlamıyla doğal ve insan kaynaklı (antropojen) iklim değişikliğinin nedenlerini anlayabilmek için, diğer etmenlerin yanı sıra, Yerküre-atmosfer sisteminin ısınması ve yaşanacak bir sıcaklığa ulaşması için gerekli olan ışınımsal olarak etkin ve atmosferdeki birikimleri (konsantrasyon) değişken sera gazları ve sera etkisinin çalışma ilke ve düzeneklerinin bilinmesi gerekir. Bu temel bilgi, sanayi devrimi sonrasında, özellikle de 20. Yüzyılın son çeyreğinden günümüze değin küresel iklim sisteminin değişmesine yol açan insan etkisini, insan kaynaklı iklim değişikliğini ve insan kaynaklı iklim değişikliğiyle savaşım ve etkilerinin azaltılması açısından da yaşamsaldır.

Hava, atmosferdeki birikimleri zamandan zamana ve yerden yere önemli düzeyde değişen birçok gaz ve partikülden, daha açık bir söyleyişle havada asılı durabilen (uçucu) parçacıklardan oluşur. Karbondioksit (CO_2), su buharı (H_2O), diazotmonoksit (N_2O), metan (CH_4), çeşitli asılı parçacıklar ve ozon (O_3), değişken gazların ve aerosollerin önemli örneklerindendir. Bu gazların atmosferdeki birikimlerinin oranları küçük olmasına karşın, hava ve iklim üzerindeki etkileri

çok önemlidir. CO_2, CH_4 ve N_2O, hem doğal hem de antropojen kaynaklara sahiptir. Burada verilmemesine karşın, örneğin hidroflorokarbonlar (HFC'ler), perflorokarbonlar (PFC'ler), kloroflorokarbonlar (CFC'ler) ve bunların çeşitli türevleri ise 20. yüzyıldan beri sanayi süreçleri ile üretilmekte (insan kaynaklı) ve atmosfere salınmaktadır.

Fosil yakıtların yakılması, ormansızlaşma, sanayi süreçleri, tarımsal etkinlikler vb. gibi çeşitli insan etkinlikleri ve fosil yakıt kökenli enerji kullanımları sonucunda atmosferdeki birikimleri artan sera gazları, Yerküre'nin uzun dalga boylu ışınım yoluyla soğuma etkinliğini zayıflatarak, onu daha fazla ısıtma eğilimindeki bir pozitif ışınımsal zorlamanın oluşmasını sağlar. Yerküre/atmosfer ortak sisteminin enerji dengesine yapılan pozitif katkı, kuvvetlenen sera etkisi olarak adlandırılır. Bu ise, Yerküre atmosferindeki doğal sera gazları (su buharı, CO_2, CH_4, N_2O ve O_3) yardımıyla yüz milyonlarca yıldan beri çalışmakta olan doğal sera etkisinin kuvvetlenmesi anlamını taşır.

Bu kapsamda, küresel ısınma, sanayi devriminden beri, özellikle fosil yakıtların yakılması, ormansızlaşma, tarımsal etkinlikler ve sanayi süreçleri gibi çeşitli insan etkinlikleri sonucunda atmosfere salınan sera gazlarının atmosferdeki birikimlerindeki hızlı artışa bağlı olarak, şehirleşmenin de katkısıyla doğal sera etkisinin kuvvetlenmesi sonucunda, yeryüzünde ve atmosferin alt katmanlarında saptanan sıcaklık artışı şeklinde tanımlanabilir.

Tanımdan da anlaşılabileceği gibi, insan kaynaklı iklim değişikliğine ve küresel ısınmaya yol açan sera gazları; çoğunlukla fosil yakıtların yakılması (enerji ve çevrim), sanayi (enerji ilişkili; kimyasal süreçler ve çimento üretimi, vb. enerji dışı), ulaştırma, arazi kullanımı değişikliği, atık yönetimi ve tarımsal (enerji ilişkili; anız yakma, çeltik üretimi, hayvancılık ve gübreleme vb. enerji dışı) etkinliklerden kaynaklanır. Kuvvetlenen sera etkisinden kaynaklanan küresel ısınmanın büyüklüğü ise, her sera gazının birikimindeki artışın boyutuna, bu gazların ışınımsal özelliklerine (küresel ısınma potansiyellerine), atmosferik yaşam sürelerine ve atmosferdeki varlıkları sürmekte olan öteki sera gazlarının birikimlerine bağlıdır.

3. Doğal ve Antropojenik Sera Etkisi

Prof. Dr. İhsan Çiçek

Sera gazı emisyonlarının kaynakları doğal sistemler ve antropojenik aktivitelere bağlı kaynaklardan olmak üzere iki gruba ayrılabilir. Doğal kaynaklardan salınan sera gazlarını orman yangınları, okyanuslar, sulak alanlar, permafrost, volkanlar ve çamur volkanlarından gelen emisyonlar oluşturur.

Yeterli volkanik emisyon verisi olmadığında ve sismik emisyonlar dikkate alınmadan, doğal küresel sera gazı emisyonlarının yılda 181,3 ila 393 Mt CO_2-eş aralığında olduğu tahmin edilmektedir. Orman yangınları, toplamın % 37,8'i ile en büyük doğal emisyon kaynağını oluştururken, bunu sırasıyla % 21,05, % 20,64 ve % 17,2 ile okyanuslar, permafrost ve sulak alanlar izlemektedir. Volkan ve çamur yanardağ emisyonları toplam sera gazı emisyonlarının sadece % 1 -% 3'ünü oluşturmaktadır. Küresel antropojenik sera gazı emisyonları 2016 yılında toplam 36,2 Gt CO_2-eş ve küresel yıllık sera gazı emisyonları yaklaşık 54,33-75,5 Gt CO_2-eş olduğundan, antropojenik emisyonlar toplam küresel emisyonların % 47,9-% 66,6'sını ortalama % 55,4 oluşturmaktadır. Doğal olanın antropojenik sera gazı emisyonlarına oranı yaklaşık 0,5-1,09 olup, en muhtemel oran 0,8'dir. Doğal sistemlerden kaynaklanan toplam sera gazı emisyonları antropojenik faaliyetlerden biraz daha azdır. Depremler ve volkanik sera gazı emisyonları dahil edilirse, doğal sistem sera gazı emisyonlarının oranı artacaktır.

Yutak etkisiyle okyanus ve karasal ekosistemler tarafından emilen toplam sera gazı miktarı, yılda 14,4-26,5 Gt CO_2-eş'dir ve bu da doğal sistemlerden kaynaklanan emisyonlarla yaklaşık aynı büyüklüktedir. Bu nedenle, Dünya'nın doğal sisteminin kendi kendini dengelediği düşünülebilir ve insan faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazı emisyonları Dünya sistemi üzerinde ekstra baskı oluşturur.

4. Yutak Mekanizmaları ve Dayanımı

Prof. Dr. İhsan Çiçek

Atmosferdeki karbonun iklimi değişikliğinin olumsuz etkileri azaltan okyanus ve karasal yutaklarına doğru hareketi karbon tutulması olarak adlandırılmaktadır. Sera gazının kara ve okyanuslardaki biyolojik sistemlere daha fazla alınmasını sağlamak için bir takım mekanizmaların geliştirilmesi gerekmektedir. Neredeyse tüm bu karbonlar sonunda solunum sürecinde atmosfere geri döndüğünden, bu tür sabitleme esasen geçici bir çözümdür. Ancak karbon tutma süresi (yani alım ve depolama), ürün ve yönetim rejimlerinin seçimi ile mümkün olan en uzun tutma sürelerinin gerçekleşmesini sağlar. Bu nedenle, sabit karbonun çoğunun ağaç ve yüzyıllarca toprak organik maddesinde tutulduğu ormanlar, kara karbonu yutaklarının olası iyileştirmeleri için doğal adaylardır.

Bir karbon yutağı, atmosferin karbonunu fiziksel ve biyolojik mekanizmalarla emen ve depolayan doğal veya yapay bir rezervuardır. Kömür, petrol, doğal gazlar, metan hidrat ve kireçtaşı, karbon bu yutakların örnekleridir. Uzun süreçlerden sonra ve belirli koşullar altında, bu yutaklara binlerce yıldır karbon depolanmaktadır. Aksine, fosil olarak kabul edilen bu kaynakların kullanımı, atmosfere taşıdıkları karbonu yeniden enjekte etmektedir. Günümüzde, humus depolayan topraklar (turba gibi), bazı bitki yetiştirme ortamları (ormanları oluşturmak gibi) ve elbette deniz ortamında gerçekleşen bazı biyolojik ve fiziksel süreçler gibi diğer karbon yutakları devreye girmektedir.

Sağlıklı kıyı ekosistemleri, özellikle karbonu tutarak iklim değişikliğine karşı hafifletici bir rol oynamaktadır. Örneğin, mangrovlar, deniz otlakları ve tuz bataklıkları önemli karbon yutaklarıdır. Bu üç örnek, kalsiyum iskeletinde karbon tutarak geliştiklerinde ormanlardan en az on kat daha fazla karbon depolamaktadır. Küresel olarak, karasal sistemler, fosil yakıtların yakılmasından kaynaklanan CO_2 olarak atmosfere yayılan karbonun yaklaşık dörtte birini emen büyük bir karbon yutağı olmuştur.

Biyolojik çözümler çok riskli veya kısa ömürlü ise, karbonu uzun vadeli rezervlere taşımanın fiziksel yolları var mı? CO_2'yi kaynağında gidermek için kullanılan teknikler nelerdir? Bu bölümde bu sorunların cevaplarına yer verilmektedir.

5. Dünya'da ve Türkiye'de İklim Değişikliğinin Doğal Kaynaklara Muhtemel Etkileri ve Riskler

Prof. Dr. Ayşe Gül Tanık

Yerüstü ve yeraltı su kaynakları ile denizel sistem başta olmak üzere toprak kaynakları, ekosistem, biyolojik çeşitlilik ve ormancılık dünyanın doğal kaynaklarıdır. İklim değişikliğinin dünyada ve Türkiye'de bu doğal kaynaklara olası etkileri bu bölümde ele alınmıştır. Su kaynaklarıyla ilgili görülmekte olan ve beklenen etkiler daha az kar yağışı, daha az buzul, daha çeşitli yağış desenleri ve daha yoğun sağanakların gerçekleşmesidir. Çeşitli iklim model sonuçlarına göre, bazı bölgeler günümüzdekine kıyasla daha az yağış alacak iken, bazı bölgeler daha fazla alacaktır. Aşırı hava olayları taşkın ve kuraklığın tekerrür oranını da artıracağından suyun depolanması daha önemli hale gelecektir. İklim değişikliğinin su kalitesine olan etkilerinin tespiti; ekoloji, tür çeşitliliği, insan sağlığı, tarım, sanayi, içme suyu, rekreasyon ve sigorta sektörü gibi hususlarda politika belirlenmesi açısından büyük öneme sahiptir. Akarsu akışlarındaki azalma ve göllerdeki su seviyelerindeki düşüş, besin ve kirleticilerin daha az hacimdeki su içerisinde bulunmasından dolayı su kalitesinin bozulmasına sebep olur. İklim değişikliğinin akış ve yeraltı suları etkisi bölgesel olarak değişir ve bu değişim iklim senaryolarına bağlı olarak en çok yağışta öngörülen değişikliklerden etkilenmektedir. Deniz seviyesinin yükselmesi adalara ve kıyı akiferlerine tuzlu su girişimine neden olabilir.

2080 yılı itibariyle dünya nüfusunun %20'sinin iklim değişikliği etkisiyle taşkın zararlarının arttığı havzalarda yaşayacağı belirtilmekte, 100-yıl frekanslı taşkınların daha sık yaşanacağı bildirilmektedir. İklim değişikliğinin en önemli etkilerinden biri de kuraklık ve su kıtlığı olaylarıdır. Kuraklığın kısa vadeli etkisi kullanılabilir su miktarının azalmasıdır. Uzun vadede yeraltı su kaynaklarının ve rezervuarların, aşırı tüketimi karşılayamayacak duruma gelmesine, yeni kuraklık dönemlerinin

de etkisiyle durumun daha da kötüye gitmesine ve su kıtlığının ortaya çıkmasına neden olacaktır. İklim değişikliğine bağlı olarak su miktarındaki azalma ve kuraklık özellikle içme suyu, tarım, enerji ve ormancılık başta olmak üzere çoğu sektörde ciddi sonuçlar doğurabilir. İçme suyu talebi, sulama, hidroelektrik enerji üretimi, sanayi, soğutma suyu vb. kullanımı gibi çok miktarda suyun çekilmesini gerektiren aktiviteler akış rejimlerinin değişmesi ve yıllık su miktarının azalmasıyla etkileneceklerdir. Birçok bölgede sulanan alanda ve sulama için su çekiminde artış olabilecektir. Toprak, iklim sisteminde önemli ve genellikle ihmal edilen bir unsurdur. Okyanuslardan sonra ikinci en büyük karbon deposu ya da "yutağıdır". Toprak üzerindeki kilit ekosistemlerin yeniden iyileştirilmesi ile kentsel ve kırsal alanlarda toprağın sürdürülebilir bir şekilde kullanılması, iklim değişikliğini hafifletmeye ve uyum sağlanmasına yardımcı olabilir.

6. Senaryolar ve Ülkelerin Konumları

Prof. Dr. İhsan Çiçek

İklim Değişikliği Performans İndeksi 2020'ye göre ülkelerin performansları değerlendirilmiştir. İsveç, son iki yılda olduğu gibi, yüksek performanslı ülkeler grubuna liderlik etmiştir. Danimarka, bu yılki İklim Değişikliği Performans İndeksi en iyi performans gösteren ikinci ülke olmak için on sıra yükselmiştir. Fas genel sıralamada bir sıra düşmesine rağmen genel performansını korumaktadır.

İklim Değişikliği Performans en kötü üç ülke ise Tayvan, Suudi Arabistan ve ABD'dir. Bu sene Tayvan üç sıra düşerek 59. sırada yer almıştır. Suudi Arabistan hala çok düşük sırada olup ilk kez endeksin alt sıralarında yer almamıştır. Amerika Birleşik Devletleri, geçen yılki sıralamasından üç sıra düştükten sonra, sıralamanın en altına inerek düşüş eğilimini sürdürmüştür. Hiçbir ülke tüm endeks kategorilerinde endekste genel olarak çok yüksek bir derecelendirme elde edecek kadar iyi performans göstermemiştir. Bu nedenle, bir kez daha genel sıralamanın ilk üç sıralaması boş kalmıştır.

Sadece iki G20 ülkesi yüksek performans gösterenler (İngiltere ve Hindistan) arasında yer alırken, sekiz G20 ülkesi çok düşük performans gösterenler altında yer almıştır. Polonya, bu yılki endekste en kötü performans gösteren AB ülkesi olarak yerini almıştır. Sekiz AB ülkesi yüksek performansa sahipken, AB bir bütün olarak altı sıra düşmüş ve bu yılki endekste orta performans grubu altında yer almıştır.

Yalnızca tüketime dayalı salımlara dayanarak, İsveç, 2 °C'nin altındaki uyumlulukları için çok yüksek olarak derecelendirilen, kişi başına toplam en düşük salımlara sahiptir. Kişi başına salımların nispeten düşük seviyeli mevcut sera gazı, son yıllarda daha fazla salım azaltımı ve 2030'luk bir çevre hedefi olan Mısır, kategorideki performansı nedeniyle yüksek puan almıştır. Birleşik Krallık, halen kişi başına düşen mevcut salım seviyesi için orta dereceli olarak derecelendirilmektedir, ancak sera gazı salımları kategorisinde geri kalan göstergeler için yüksek derecelendirmeler elde etmektedir. Bu, 2030 sera gazı salım hedefinin nispeten yüksek dereceli 2 °C'nin altında iyi uyumluluğunu içerir.

Kore Cumhuriyeti, hem kişi başına salımların mevcut seviyesi hem de ülkenin 2030 sera gazı hedefi ile 2 °C'nin altında uyumluluğu nedeniyle çok düşük olan sera gazı salımları kategorisinde ilerleme kaydedememektedir. Tayvan, sera gazı salımları kategorisindeki tüm göstergeler için çok düşük bir derecelendirmeye sahiptir. Suudi Arabistan, bu yılki endekste kişi başına düşen sera gazı salımlarının geçmiş trendi için düşük, oysa kişi başına düşen salımların nispeten yüksek seviyesi hala 2 °C uyumluluğu için çok düşük olarak derecelendirilmiştir.

Seçilmiş bazı ülkelerin kişi başına sera gazı salımları incelenerek, yüksek ve düşük performanslı ülkeler sıralanmıştır. Ülkelerin yenilenebilir enerji performanslarına göre değerlendirmeleri de yapılmıştır. G20 ülkelerinden on tanesi Yenilenebilir Enerji kategorisindeki performansları nedeniyle düşük veya çok düşük olarak derecelendirilmiştir. Bu ülkeler için, yenilenebilir enerjinin mevcut payları, iddiasız 2030 yenilenebilir enerji hedefleri ve 2 °C'nin altındaki uyumluluklarından dolayı nispeten düşük olarak derecelendirilmiştir.

Brezilya ve İngiltere, Yenilenebilir Enerji kategorisindeki performansları nedeniyle yüksek puan alan tek iki G20 ülkesidir. Brezilya'nın performansı, enerji karmasındaki yenilenebilir enerji kaynaklarının yüksek payına dayanmakla birlikte, Birleşik Krallık, 2012 2017 yılları arasında yenilenebilir kalkınmadaki olumlu eğilim için çok yüksek bir puan almıştır. Ülkelerin Uyguladıkları İklim Politikaları açısından değerlendirme yapılarak, ülkeler gruplandırılmıştır.

7. IPCC İklim Değişikliği Senaryoları

Prof. Dr. İhsan Çiçek

Gelecekte görülmesi muhtemel iklimin tahmin edilmesinde en önemli çalışma iklimin modellenmesidir. Bu sayede hali hazırdaki şartlar dikkate alınarak, belli fiziksel denklemler ile bu şartların değişimi hesaplanmaya ve belli bir süre sonraki hava ya da iklim şartlarının genel çerçevesi çizilmeye çalışılır. İklimin modellenmesindeki en büyük zorluk, iklim şartlarındaki değişimlerin gerçek zamansal sürecinden çok daha hızlı bir şekilde simülasyonlarının yapılması gereğidir.

Küresel iklim modelleri (GCMs, Genel Dolaşım Modelleri olarak da bilinir), küresel ortalama yüzey sıcaklığı gibi küresel iklim istatistiklerinin tanımlanmasında çok önemli bir işlevi yerine getirmektedirler. GCMs, atmosferdeki, okyanuslardaki, kriyosferdeki ve arazi yüzeyindeki fiziksel süreçleri temsil etmektedirler. Bu modeller, yükselen sera gazları emisyonlarına iklim sisteminin tepkisini göstermede en gelişmiş araçlardır.

Atmosferde meydana gelmesi tahmin edilen bu değişimler, uyum ve etki çalışmalarına girdi teşkil etmekte ve bunlara bağlı olarak politika üretilmesi ile karar verme süreçleri tamamlanmaktadır. Bu yaklaşım IPCC 3. ve 4. Değerlendirme Raporlarında Emisyon Raporları Özel Raporu (SRES) senaryoları ile iklim değişikliği senaryoları oluşturulurken kullanılmıştır. SRES senaryoları dört ana senaryo ailesi (A1, A2, B1 ve B2) ve bunların da kendi içlerinde farklı senaryolara ayrıştırılması ile üretilmiştir.

Hesaplama zorluklarından dolayı Küresel İklim Modelleri (GCMs) genellikle 100-300 km yatay çözünürlüğe sahiptirler. Bu çözünürlükle bölgesel iklimsel değişimler, topografyanın, kıyı alanlarının ve arazi yüzeyinin ayrıntıları uygun şekilde yansıtılamamaktadır. Dolayısı ile, cephe sistemleri ya da yağış sistemleri gibi küçük ölçekli hava olayları ve atmosfer süreçleri ya GCM'lerde gösterilememekte ya da çok basit şekilde yer almaktadır. Sınırlı alanlarda sahip olunan hesaplama kapasitesini en uygun şekilde kullanmak ve yukarıda bahsedilen eksiklikleri gidermek amacıyla bölgesel iklim modellerinden (RCMs) yararlanılmaktadır. Bu bölümde genel olarak küresel ve bölgesel iklim modelleri hakkında bilg verilmiş, SRES senaryoları tanıtılmıştır.

8. Ortak Tepki ve Senaryo Hedeflerine Uyum

Prof. Dr. İhsan Çiçek

İklim Değişikliği Performans İndeksindeki sıralama sonuçları, bir ülkenin "Sera Gazı Salımları", "Yenilenebilir Enerji" ve "Enerji Kullanımı" kategorilerindeki 14 göstergeyle ilgili olarak, göstergenin küresel olarak benzersiz bir politika bölümünde toplam performansı ile tanımlanır.

İklim Değişikliği Performans İndeks 2019 sonuçları, değerlendirilen 56 ülke ve AB içindeki iklim koruma ve performanstaki temel bölgesel farklılıkları göstermektedir. Hiçbir ülke 2019'da endekste ilk üç sıralamaya ulaşmak için yeterince iyi bir performans gösterememiştir (Burck vd., 2019).

2019 yılı endeksinde İsveç, Fas ve Litvanya ilk sıralara yerleşti. Orta performans sergileyen ülkeler grubu Fransa, Meksika, Almanya ve Çek Cumhuriyeti gibi ülkeleri içermektedir. Genel olarak düşük performans gösterenler arasında Endonezya, Avusturya ve Yeni Zelanda bulunmaktadır. Bu yılın İklim Değişikliği Performans İndeksindeki en alttaki beş ülke, Suudi Arabistan, ABD, İran İslam Cumhuriyeti, Kore Cumhuriyeti ve Tayvan'dır ve neredeyse tüm kategorilerde düşük veya çok düşük puan almışlardır.

9. İklim Değişikliğinin Dünyada ve Türkiye'de Sektörlere Muhtemel Etkileri ve Riskler

Prof. Dr. Mehmet Somuncu

İklim değişikliği artık sadece gelecek senaryosu değil, zaten devam eden ve etkileri dünyanın birçok yerde hissedildiği bir olgudur. Giderek daha sık görülen sıcaklık dalgaları ve kuraklıklar, eriyen buzullar ve permafrost, yoğun yağışlardaki artışlar, büyüme mevsiminin erken başlaması gibi örnekler bu durumun kanıtıdır. Bütün bunlar değişen iklimimizin göstergeleridir. Bu nedenle iklim değişikliğine uyum hem insanlar hem de ekosistemin geleceği için hayati önemdedir. Son çalışmalar, sera gazı emisyonlarının tamamen durmasının bile küresel sıcaklıklardaki artışı engellemeyeceğini göstermiştir. Önümüzdeki on yıllarda, iklim değişikliğini azaltma konusundaki tüm çabalara ve kazanımlara rağmen, iklim değişikliğine uyumda karşılaşılan zorluklar artacaktır.

İklim değişikliği mevcut riskleri artıracak ve doğal ve insan sistemleri için yeni riskler oluşturacaktır. Riskler eşit olmayan bir şekilde dağılmıştır ve genellikle tüm gelişme düzeylerindeki ülkelerdeki dezavantajlı insanlar ve topluluklar için daha fazladır. Isınmanın artması, insanlar, türler ve ekosistemler için şiddetli, yaygın ve geri döndürülemez etkiler olasılığını arttıracaktır. Devam eden yüksek emisyonlar, tatlısu kaynakları, ekosistemler ve biyoçeşitlilik, gıda güvenliği ve gıda üretim sistemleri, kıyı sistemleri ve alçak alanlar, kentsel alanlar, kırsal bölgeler, aşırı hava olayları, insan sağlığı üzerinde çoğunlukla olumsuz etkilere yol açacaktır.

Türkiye'nin büyük bir kısmı yazı kurak subtropikal Akdeniz iklim bölgesinde yer almaktadır. Dolayısıyla, Türkiye hem mevcut iklim, iklim değişikliği ve değişkenlik hem de gelecekteki iklim açısından orta-yüksek riskli ülkeler arasında yer almaktadır. İklim değişikliğinin etkileri zaten Türkiye'de hissedilmektedir. En belirgin sonuçlar, daha sıcak kışlar, daha kurak ve daha sıcak yazlar, biyolojik çeşitlilikteki değişiklikler ve dağlardaki buzulların geri çekilmesidir. İklim değişikliğinin karasal, deniz ve tatlı su ekosistemleri üzerinde etkisi vardır ve çevre üzerindeki genel

baskıyı arttırmaktadır. Hava ve iklim kaynaklı aşırı olay ve afetlerden kaynaklanan sosyal ve ekonomik kayıplar, Türkiye'de önemli bir alan ve yıllar arası değişkenlikle birlikte artmaktadır. Türkiye'deki iklimin önümüzdeki on yıllar boyunca önemli değişiklikler geçirmesi beklenmektedir.

10. Dünya'da ve Türkiye'de İklim Değişikliğinin Sağlık Üzerine Muhtemel Etkileri ve Riskler

Prof. Dr. E. Didem Evci Kiraz

İklim değişikliği, temiz hava, temiz içme suyu, yeterli gıda ve güvenli barınak gibi sağlığın, sosyal ve çevresel belirleyicilerini etkileyerek sağlık üzerine doğrudan ya da dolaylı olarak etki edebilmektedir. Doğrudan etkileri sıcak ve soğuk hava dalgaları ve aşırı hava olaylarının açtığı sağlık sorunlarıdır. Aşırı hava olayları yaralanmalara, afet sonrası salgın hastalıklara, yetersiz beslenme gibi sorunlara ve akıl sağlığı üzerinde olumsuz etkilere neden olabilmektedir. Özellikle yaşlılarda sıcaklık artışı ile birlikte kardiyovasküler hastalıklar, inme, hipertansiyon, böbrek ve solunum sistemi bozuklukları ve metabolik bozukluklara bağlı ölüm riski artmaktadır.

İklim değişikliğinin dolaylı sağlık etkileri ise çok daha karmaşıktır. İklim değişikliğine bağlı kuraklık ile ilişkili hastalıklar, değişen bulaşıcı hastalık etkenleri, vektörlerle ilişkili hastalıklar, ruhsal hastalıklar, yeniden ortaya çıkan ve yeni hastalıklar iklim değişikliğinin beklenen sonuçlarıdır. Aralık 2019'da başlayıp, 2020 yılında Dünya'yı başka bir Dünya haline getiren Covid-19 (SARS CoV-2) pandemisi insanlığın, bilim adamlarının ve karar vericilerin bu konulara dönüp bakmasına neden olmuştur. Henüz gıda, su ve vektörlerle ile ilişkili hastalıklar, değişen bulaşıcı hastalıklar etkenleri ve yeniden ortaya çıkan ya da yeni hastalıklarla ilgili "iklimle ilişkilendirmeye yarayacak veri ve kanıt toplama sistemi" yoktur. İklim değişikliğinin sağlık etkilerini bir bütün olarak ele alacak insan gücüne, zamana, bütçeye ulaşmak ve sürdürülebilir politik kararlılıkla başlamak için mahalle, şehir, bölge, düzeyinden başlayarak uluslararası düzeye kadar gözlenen olaylara yönelik bilimsel çalışmaların başlatılması gereklidir. Bu amaçla, "Bölgesel İklim ve Sağlık Araştırma Merkezleri" kurulmasında yarar görülmektedir.

11. Tarımsal Üretimin İklim Değişikliğine Uyarlanması ve Modellenmesi

Prof. Dr. Zeynep Zaimoğlu

İklim değişikliğinin etkisi karar vericiler için giderek artan bir endişe kaynağıdır. Tarımda, mahsul üretimi, aralarındaki karmaşık etkileşimlerle (iklimsel, fizyolojik, teknolojik, hidrolojik, ekonomik) faktörlerin bir kombinasyonundan etkilenecektir. Bu bağlamda, farklı modelleri tek bir modelleme sisteminde birleştirmek çeşitli avantajlar sunmaktadır:

İklim Değişikliğinin Tarımsal Etkileri için Modelleme Sistemi, iklim değişikliğinin tarım üzerindeki etkisini, ürün verimindeki farklılıkları ve bunların ulusal ekonomiler üzerindeki etkileri de dahil olmak üzere geleceğe yönelik planlamalar yapabilmenin ilk aşaması entegre model olmaktadır. Bununla beraber model kullanımında kısa vadeli ve yerel çıktıları olanların mı yoksa uzun vadeli ulusal ve sonrasında uluslararası olanların mı daha uygun olduğunun karar verilmesi gerekmektedir.

Ekim tarihlerinde, tarlada veya mahsul seçiminde değişiklikler ve su, besin, kalıntı ve kanopi yönetiminin uyumu içerebilir. Ekim tarihini değiştirerek, çiftçiler iklim ısınması ile ilişkili genişletilmiş büyüme mevsiminden yararlanabilirler. Ayrıca, ekim tarihi vardiyaları, hassas fenolojik aşamalar sırasında ısı veya kuraklık gibi belirli iklimsel streslere mahsus maruziyetin önlenmesi olasılığını sağlar. Büyüme mevsimi uzarsa, çift kırpma veya hatta üç kez kırpma, iklim değişikliği altında arazi verimliliğini arttırmak için uygun seçenekler olabilir. En baskın stres faktörlerine daha fazla toleransla çeşitler ya da ekinlere geçiş yapmak iklim risklerini azaltmaya yardımcı olabilir.

Üretim bölgelerindeki mekânsal değişimleri, çiftçilik faaliyetlerinde önemli değişimlere işaret eden üretim sistemlerinde yapısal değişiklikler veya yeni mahsul ve çeşitlerin yetiştirilmesini içerebilir. Çiftçiler için bu, yeni üretim sistemleri için gerekli altyapıya yatırım anlamına gelebilir. Bunun için çiftçilerin gerekli eğitim

altyapısına sahip olması, ilgili kurum ve kuruluşlar tarafından mümkün olan çalışmaların ivedilikle yapılması ciddi önem arz etmektedir.

12. İklim Değişikliğine Etkiler Arazi Örtüsü Kullanımı

Prof. Dr. Süha Berberoğlu

Karasal ekosistemlerin iklim değişikliğindeki rolünün kabul edilmesi ile birlikte "Arazi kullanımı, arazi kullanım değişikliği ve ormancılık (AKAKDO)- (LULUCF)" kavramı ortaya çıkmıştır. Canlı biyokütle, çürüyen organik madde ve toprak içinde tutulduğu karasal ekolojik sistemler, küresel karbon döngüsünde önemli rol oynamaktadır. Karbon doğal olarak bu sistemler ile atmosfer arasında fotosentez, solunum, ayrışma ve yanma olayları vasıtasıyla yer değiştirir. Arazi kullanımında meydana gelen değişimler ise bu döngünün değişimine sebep olmaktadır.

Halihazırda karasal ekosistemler tarafından yılda 2,3 Gt karbon ya da insan kaynaklı salımların yaklaşık % 30'unun uzaklaştırıldığı tahmin edilmektedir. Diğer taraftan, arazi kullanımındaki değişiklikten dolayı karasal ekosistemlerin karbon havuzlarından verilen salımlar yılda 1,6 Gt karbon ya da insan kaynaklı salımların %20'sinden fazlasını oluşturmaktadır. Ancak, her yıl atmosfere salınan toplam 7,9 Gt karbonun 4,6 Gt'luk kısmı karasal ekosistemler ve okyanuslar tarafından tutulduğunda geri kalan 3,3 Gt karbon atmosferde kalmaktadır.

13. Dünya'da ve Türkiye'de İklim Değişikliğinin Sanayi Üretim Sektörüne Muhtemel Etkileri ve Riskler

Prof. Dr. Mehmet Somuncu

İklimin sanayi üzerindeki doğrudan etkisi, tarım veya turizm sektörü gibi doğa temelli veya doğaya bağımlı sektörlerde olduğu kadar güçlü ve belirgin değildir. Ancak sanayinin bileşenleri olan hammadde, su, ulaşım, enerji gibi ögelerle bazı sanayi kollarının yer seçimi başta olmak üzere sanayi iklimden dolaylı olarak etkilenir. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından sağlanan

rakamlara göre, toplam küresel emisyonların %25'ine elektrik ve ısı üretimi, %21'ine sanayi, %14'üne ulaşım ve %10'una ise enerji ile ilgili diğer faaliyetler neden olmaktadır (IPCC, 2014). Bu yönüyle sanayi sektörü ile iklim değişikliği olgusunda karşılıklı etkilenme sözkonusudur.

Sanayi sektörü, Dünya'da ve Türkiye'de iklim değişikliğinden çok farklı yollarla etkilenmektedir. Bu etkiler negatif yönde olabileceği gibi yaratacağı fırsatlar da olabilir. İklim değişikliği işletmelerin çalışma biçimlerini etkileyebilir, faaliyetlerinin karlılığını etkileyebilir veya fırsatlar yaratabilir. Dolayısıyla işletmeler, iklim değişikliğinin bir sonucu olarak farklı risklere maruz kalabilirler. Bu riskler hem doğrudan hem de dolaylı olabilir. Sözkonusu riskler, fiziksel riskler, tedarik zinciri ve hammadde riskleri, itibar riskleri, finansal riskler, ürün talep riskleri, düzenleyici riskler olabilir. Şirketlerin bu risklere maruz kalması, ticari faaliyetlerine ve faaliyet gösterdikleri sektöre bağlı olarak değişecektir.

Sanayi üretimine bütüncül olarak bakıldığında, ana hatlarıyla; hammadde temininden başlayarak, üretim, pazarlama gibi birbiriyle bağlantılı olan ve değer zinciri olarak nitelenen bir kavram çerçevesinde gerçekleştirilir. Bu çerçevede sanayi sektörü iklim değişikliğinden; hammadde veya emtia temin indeki değişkenlik ve güçlükler; su kalitesi ve su mevcudiyetindeki değişimler nedeniyle üretimde yaşanacak olası kısıtlamalar ve güçlükler; ulaşım sektöründe yaşanacak sorunlar ve sanayiye olası yansımalardan; aşırı hava olayları ve su baskını nedeniyle altyapı hasarları ve operasyonlarda aksama ve iklim değişikliğinin işgücüne olacak olası etkilerinden etkilenecektir.

14. İklim Değişikliğinin Dünyada ve Türkiye'de Toplumsal Muhtemel Etkileri ve Riskler

Prof. Dr. İhsan Çiçek

Yirminci yüzyılın son çeyreğinden bu yana çevre alanındaki en temel sorunlardan biri iklim değişikliğinin olumsuz etkileridir. Bu açıdan iklim güvenliği kavramı,

çevresel güvenlik kavramının bir alt başlığı olarak değerlendirilebilir. Küresel iklim değişikliğinin yol açtığı fiziksel etkilerin su, tarım, sağlık, enerji ve çevre gibi sürdürülebilir kalkınmanın başlıca öğeleri üzerinde yarattığı baskılar, güvenlik kavramının yeniden değerlendirilmesine yol açmaktadır. Bu bağlamda, iklim güvenliği kavramı, kuraklıklar, sıcak hava dalgaları, seller ve yangınlarla kendisini gösteren iklim değişikliğinin güvenlik algısı, değerlendirmeleri ve uygulamaları üzerinde etkili olmasını içermektedir.

15. Dünyada ve Türkiye'de İklim Değişikliğinin Kentsel Ekosistemlere Muhtemel Etkileri ve Riskler

Prof. Dr. İhsan Çiçek

Dünyada bir yandan küresel iklim değişimi olgusu yaşanırken diğer yandan hızlı bir kentleşme süreci yaşanmaktadır. 2007 yılında dünya nüfusunun yarısı kentsel alanlarda yaşamaktaydı ve 2050 yılına kadar dünya nüfusunun %66'sının kentsel alanlarda yaşayacağı tahmin edilmektedir. Kentsel iklim, genellikle daha kirli, daha sıcak, daha yağışlı ve daha az rüzgarlı olmasıyla kırsal alanlardan farklılık göstermektedir. Bu, iklim değişikliğinin sıcaklıkta beklenen artış ve daha aşırı hava olayları ile etkisinin, kentsel alanlarda kırsal alanlara göre daha fazla yaşanacağını göstermektedir. Değişen iklim, artan kentsel sıcaklıklar ve sel baskını gibi olaylar hâlihazırda yaşanan kentleşmenin olumsuz etkilerini de artırabilir.

Doğa tabanlı çözümler, yaşanabilir ve sürdürülebilir olan gelecekteki kompakt bir şehre ulaşmada önemli bir role sahiptir. Farklı formlardaki vejetasyon, doğaya dayalı çözümler tipine ve kalitesine, iklim ve sosyo-ekolojik bağlamlara bağlı olarak iklim uyumuna çeşitli derecelerde katkıda bulunabilir. Modelleme tekniklerini işbirlikçi süreçlerle bütünleştirerek, iklim etkin ve çevresel adaleti sağlayan yeşil alan müdahalelerinin stratejik bir planlamasını sağlayabiliriz.

Ortaya çıkan küresel iklim risklerinin çoğu kentsel alanlarda yoğunlaşmıştır. Düşük ve orta gelirli ülkelerdeki hızlı kentleşme ve büyük şehirlerin hızlı büyümesine, çoğu aşırı hava koşulları nedeniyle yüksek risk altında olan, gecekondularda yaşayan,

oldukça savunmasız kentsel toplulukların hızlı büyümesi eşlik etmiştir.

Kentsel iklim uyumu, hem artan hem de dönüştürücü kalkınma için fırsatlar sağlamaktadır. Kentsel uyum, etkili çok düzeyli kentsel risk yönetişimi, politikaların ve teşviklerin uyumlaştırılması, güçlendirilmiş yerel yönetim ve topluluk uyum kapasitesi, özel sektörle sinerji ve uygun finansman ve kurumsal kalkınma yoluyla dayanıklılık ve sürdürülebilir kalkınmaya yönelik kalkınma yörüngelerinde kademeli ve dönüştürücü ayarlamalar için fırsatlar sağlamaktadır.

Ekosistem temelli uyum, kentsel dayanıklılığa önemli bir katkı sağlar. Etkili kentsel gıda güvenliği ile ilgili uyum önlemleri (özellikle sosyal güvenlik ağları, aynı zamanda kentsel tarım, yerel pazarlar ve yeşil çatılar dahil) özellikle düşük gelirli kent sakinleri için iklim kırılganlığını azaltabilir.

Temel hizmet açıklarını azaltmak ve dayanıklı altyapı sistemleri oluşturmak, özellikle bunlar için tehlikeye maruz kalma ve iklim değişikliğine karşı savunmasızlığı önemli ölçüde azaltabilir. Kentsel alanlardaki iklim değişikliğiyle ilişkili temel tehlikelerin çoğu için, risk seviyeleri şu andan (mevcut uyumla) yakın vadeye kadar artmaktadır, ancak yüksek uyum bu risk seviyelerini önemli ölçüde azaltabilir. Uzun vadede, özellikle 4 °C'lik küresel ortalama sıcaklık artışı altında bunu yapmak daha az mümkündür.

Yerel yönetimler içinde ve aynı zamanda tüm ölçeklerde liderlik, başarılı bir uyum sağlamak ve kentsel uyum gündemine yönelik geniş bir destek tabanı oluşturmak ve sürdürmek için önemlidir.

Uluslararası finans kuruluşları, kentsel alanlarda uyum için sınırlı mali destek sağlamaktadır. Farklı düzeylerdeki hükümet ve uluslararası kuruluşlardan kentsel uyumu finanse etmek için sınırlı mevcut taahhüt vardır.

Etkili bir uyum eylemi için yerel risk ve güvenlik açığı değerlendirmelerini ve mevcut ve gelecekteki risk ile uyarlama ve geliştirme seçeneklerini dikkate almak için bilgi ve verilere ihtiyaç vardır. İklim değişikliği tahminleriyle ilişkili belirsizlikle başa çıkmak ve bunları mevcut kırılganlıklara ve uyum maliyetlerine yönelik eylemlerle dengelemek, kentsel alanlarda uygulamaya yardımcı olmaya yardımcı olur.

16. İklim Değişikliği ve Şehir Selleri

Prof. Dr. İhsan Çiçek

Şehirlerde sellerle mücadele için yapılması gereken bir takım eylemler vardır. Bunlardan bazılarını kısaca belirtebiliriz.

Her bir risk senaryosu farklıdır: Taşkın yönetimi planı yoktur. Taşkın yönetimi için tasarımlar, değişen ve belirsiz bir gelecekle başa çıkabilmelidir. Hızlı kentleşme, mevcut risk yönetiminin düzenli kentsel planlama ve yönetimine bütünleşmesini gerektirir. Bütünleşmiş bir strateji, "dengeyi doğru yapmak" için hem yapısal hem de yapısal olmayan önlemlerin ve iyi ölçümlerin kullanılmasını gerektirir. Ağır mühendislik yapıları riskleri yukarı ve aşağı yönde transfer edebilir. Taşma riskini tamamen ortadan kaldırmak imkânsızdır. Birçok saha yönetimi önleminin birden fazla faydası vardır. İşletme yönetimi harcamalarının daha geniş sosyal ve ekolojik sonuçlarını dikkate almak önemlidir. Taşkın riski programlarının oluşturulması ve çalıştırılmasında sorumluluğun netliği önemlidir. Sel riski yönetimi önlemlerinin uygulanması, çok paydaşlı işbirliği gerektirir. Farkındalığı artırmak ve hazırlığı güçlendirmek için sürekli iletişim gereklidir. Taşkın sonrasında hızlı bir şekilde toparlanmayı planlanmalı ve toparlanma kapasitesini artırmalıdır.

Sel olayları, en iyi sel riski yönetimi uygulamalarına rağmen toplulukları tahrip etmeye devam edeceğinden, hızlı bir iyileşme planlamak önem arz etmektedir. Bu, doğru insan ve finansal kaynakların mevcut olmasını planlamayı da içerir. En iyi kurtarma planları, ileride sellere daha iyi dayanabilecek kapasiteye sahip, daha güvenli ve daha güçlü topluluklar inşa etmek için yeniden yapılanma fırsatını kullanmaktadır.

17. Dünyada ve Türkiye'de İklim Değişikliğinin Afetlerin Artmasına Muhtemel Etkileri ve Riskler

Prof. Dr. İhsan Çiçek

Dünya Bankası ve diğer pek çok veriye göre afetlerin ekonomik zararları hızla artmaktadır. Bunun nedeni afetlerin artmasına bağlanamaz. Dönemsel artışlar olmasına rağmen afetlerin giderek arttığına ilişkin bilgiler çok güvenilir değildir. Sorun afetlerin artması değil, afetlerin daha az zarar verebilir hale gelmesidir. Bölgesel gelir dağılımı farklılıkları afetlerde zarar görebilirliği arttırmaktadır.

Küresel iklim zaten değişiyor ve önümüzdeki on yıllar ve yüzyıllar boyunca değişmeye devam edecektir. Birçok yerde, iklim değişikliğine bağlı olarak ortalama sıcaklık ve yağıştaki yerel eğilimler günümüzde anlamlı hale gelmiştir. Bu anlamlı eğilimler geleceğe yönelik oldukça güvenilir projeksiyonlar yapılmasına olanak sağlamaktadır. Ancak, iklim değişikliği sadece kademeli veya doğrusal değişikliklerle ilgili değildir. İklim değişikliğinin temel etkileri, iklim değişkenliği ve aşırı hava koşullarındaki değişikliklerden kaynaklanacaktır.

18. Meteorolojik Karakterli Afetler ve Sigorta Sektörü

Prof. Dr. İhsan Çiçek

Hava değişkenliği, aşırı iklim koşulları ve jeofizik olaylara bağlı doğal tehlikelerin ekonomik refah ve insan kayıpları üzerindeki etkisi endişe verici bir şekilde artmıştır. Son zamanlardaki kayıpların dörtte üçünden fazlası rüzgâr fırtınası, sel, kuraklık gibi klimatolojik ve meteorolojik olaylarla ilgili diğer tehlikelere atfedilebilir. Düşük ve orta gelirli ülkeler ve özellikle bu ülkelerdeki savunmasız topluluklar can ve mal kayıplarına bağlı zararlardan en fazla etkilenenlerdir. Son çeyrek yüzyılda (1980-2004), doğal afet ölümlerinin %95'inden fazlasının gelişmekte olan ülkelerde meydana gelmiştir ve doğrudan ekonomik kayıplar yıllık ortalama 54 milyar ABD doları olmuştur. Bu kayıp sürekli olarak artmaktadır ve 2016 yılında 175 milyar ABD dolara ulaşmıştır.

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler sadece doğal afetlerin insani ve ekonomik yükünde değil, aynı zamanda sigorta kapsamında da farklılık göstermektedir. Zengin ülkelerde bu dönemde kayıpların yaklaşık %30'u (GSMH'nın yaklaşık %3,7'si) sigortalanmıştır. Buna karşılık, düşük gelirli ülkelerde kayıpların sadece %1'i (GSMH'nın %12,9'u tutarında) sigortalanmıştır.

Sigorta ürünleri, özellikle gelişmekte olan piyasalarda, iklim değişikliğinin ekonomik kalkınma risklerini yönetmek ve azaltmak için yenilikçi yöntemler sunan pek çok yaklaşımdan biridir. Sigorta, işletmelere ve tüketicilere iklim ile ilgili olayların getirdiği finansal şoklara dayanma konusunda da yardımcı olabildiği gibi iklim değişikliğinin büyüme üzerindeki etkisini yönetmek için önemli bir bileşen olabilir. Yine de, bu ekonomilerde sigorta piyasalarının oluşturulması ve iklim değişikliği risklerini yöneten ürünlerin geliştirilmesi konusunda zorluklar devam etmektedir.

19. İklim Göçü

Prof. Dr. İhsan Çiçek

Antropojenik iklim değişikliği mevcut çevresel, ekonomik ve sosyal kırılganlıkları daha da artırmaktadır. Sonuç olarak, iklim değişikliğine uyum, antropojenik iklim değişikliğinin marjinal artan etkisiyle mücadele etmekten daha geniş olmalıdır. İklim değişikliğinin yerel bağlamda etken olmadan etkilerine odaklanmak, bazı tuhaf politika çarpıklıklarına yol açmaktadır. Örneğin, Filipinler'de politika yapıcılar, yılda 1 ila 3 milimetre iklim değişikliğinden kaynaklanan yıllık deniz seviyesinin öngörülen taşkın tehditlerini kabul etmeye başladılar. Ancak aynı zamanda taşkın riskini arttırmanın ana nedeninden biri olan arazi yüzeyini yılda birkaç santimetre alçaltan aşırı yeraltı suyu çekiminiden habersizdirler veya görmezden gelmektedirler. Mevcut iklim değişikliği senaryolarında, arttırılmış iklim değişikliğine bağlı göç anahtar noktadır. Ancak bunun miktarı azaltma ve uyum planlarına uluslararası toplumların ne kadar uyacağına bağlıdır. Uluslararası toplumun iklim değişikliğinden dolayı büyük çaplı yerinden edilme beklentisiyle yüzleşmesi kaçınılmazdır. Sorunun uluslararası olarak tanınmasına, boyutlarının daha iyi anlaşmasına ve onunla başa

çıkma istekliliğine ihtiyaç vardır. Bu birkaç şekilde olabilir.

1. Uluslararası toplumun, zorunlu iklim göçmenlerinin çıkmazını resmi olarak kabul etmesi gerekmektedir. Çevresel bozulmayı "geçerli" bir yerinden etme itici gücü olarak içeren genişletilmiş bir mülteci tanımının tüm (geleneksel ve çevresel) mülteciler için net faydalar sağlayacağı açık olmasa da, bir tür uluslararası farkındalık için konumun uluslararsı gündemde tutulması gereklidir.

2. Zorunlu iklim göçmenlerinin potansiyel kaynak ülkelerindeki kalkınma ve uyum politikaları, insanların iklim değişikliğine karşı kırılganlıklarını azaltmaya, insanları marjinal alanlardan uzaklaştırmaya ve daha dayanıklı geçim kaynaklarını desteklemeye odaklanmalıdır. Özellikle mevcut kaynakların daha verimli kullanılması, iklim değişikliğinin öngörülen bazı etkilerini dengeleyecektir. Örneğin Pakistan'da sulamalı tarım ülkenin tatlı su arzının %85'ini kullanıyor, ancak sızıntı ve buharlaşma bunun %50 ile %65'inin verimli olduğu anlamına geliyor.

3. İklim göçünün nedenlerini ve sonuçlarını anlamak ve sayıları izlemek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Bu arada uygulayıcılar, nüfusun yerinden edilmesine yanıt verme yetkisini paylaşan farklı insan hakları, nüfus, çevre ve göç kuruluşları arasında daha iyi iletişim ve çalışma ilişkileri geliştirmelidir.

4. Son olarak, uluslararası toplumun gelişmekte olan ülkelerde vasıflı emeği korumak için teşvikler üretmeye yardım etmesinin yanı sıra gelişmekte olan ülkelere de akıcı işgücü piyasalarının getirebileceği faydalardan yararlanmasına izin vermesi gerekmektedir. İşgücü göçünün uluslararası düzenlemesi, iklim değişikliğine uyum ve savunmasız ülkelerde kapasite geliştirmeyle doğası gereği iç içedir. Göç, kırılgan ülkelerdeki bazı haneler tarafından iklim değişikliğine uyum sağlama aracı olarak kullanılacaktır. Açıkçası, işçilerin uluslararası emek hareketliliğinin kapısını kapatmazken kendi ülkelerinde kalmaları için teşvikleri destekleyen bir politika dengesi olmalıdır.

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BİLİMİNE GİRİŞ

Prof. Dr. Murat Türkeş

Küresel iklim yaklaşık 4,6 milyar yıl yaşındaki Yerküre'nin oluşumundan günümüze değin, tüm alan ve zaman ölçeklerinde önemli değişiklikler ve değişimler göstermiştir. Bu değişiklikler sırasında Dünya'nın ve oluşmaya başladığı ilk zamanlardan beri Anadolu'nun fiziki coğrafyasında (yeryüzü şekilleri, hava ve iklimi, toprak ve bitki örtüsü, yüzey ve yeraltı suları, akarsu ve gölleri, buzulları, ekosistem, biyom ve biyolojik çeşitliliği, vb.) da çok önemli ve büyük değişiklikler gerçekleşmiştir.

Sera gazlarının atmosferdeki birikimlerinin çeşitli insan etkinlikleri nedeniyle sanayi devriminden beri hızla artması sonucunda kuvvetlenen sera etkisinin en önemli sonucu, Yerküre'nin enerji dengesi üzerinde ek bir pozitif ışınımsal zorlama oluşturarak, dünya ikliminin daha sıcak ve daha değişken olmasını sağlamasıdır. Öte yandan, ister küresel isterse bölgesel ölçekte olsun, iklim değişikliği, ekstrem (aşırı) hava ve iklim olaylarının sıklığında, şiddetinde, alansal dağılışında, uzunluğunda ve zamanlamasında da önemli değişikliklerin gerçekleşmesine neden olmaktadır. Örneğin, alansal ve zamansal olarak yüksek bir değişkenlikle nitelenen yağışlarda, 1950 - 2011 döneminde dünyanın çeşitli bölgelerinde önemli azalış ve artış eğilimleri gözlenmiştir. Ayrıca, dünyanın birçok bölgesinde ve Türkiye'deki şiddetli yağış olaylarında da artışlar gözlenmiş; bazı ekstremlerde de önemli değişiklikler ortaya çıkmıştır.

Gözlenen değişme ve eğilimlere ek olarak, iklim model benzeşimleri, genel olarak alt troposfer ve yüzey hava sıcaklıklarında öngörülen artış eğilimi, artan termal enerji (pozitif ışınımsal zorlama) ve hızlanan ve/ya da kuvvetlenen hidrolojik döngü ile bağlantılı olarak, 21. yüzyılda Dünya'nın birçok bölgesinde aşırı hava ve iklim olaylarının sıklık ve/ya da şiddetinde artışlar olabileceğini göstermektedir.

1. GİRİŞ

İklim değişikliği, "iklimin ortalama durumunda ya da onun değişkenliğinde onlarca ya da daha uzun yıllar boyunca süren istatistiksel olarak anlamlı değişimler" olarak tanımlanabilir (Türkeş, 2008a ve 2008b). İklimsel değişkenlik ise, "tüm zaman ve alan ölçeklerinde iklimin ortalama durumunda ve standart sapmalar ile uç olayların gerçekleşme sıklık ve olasılıkları gibi öteki istatistiklerinde ortaya çıkan değişimler" şeklinde tanımlanabilir (Türkeş, 2008a ve 2008b). İklim değişikliği ve değişkenliği, iklim sistemi içerisindeki doğal iç süreçlere ya da insan (antropojen) ve doğal kaynaklı dış zorlama etmenlerindeki değişimlere bağlı olarak oluşabilir.

Küresel iklim, atmosfer (havaküre), hidrosfer (suküre), buz küre, litosfer (taşküre) ve biyosfer (yaşamküre) olarak adlandırılan başlıca beş bileşeni bulunan ve bu bileşenler arasındaki karşılıklı etkileşimleri de içeren çok karmaşık bir sistemdir ve kısaca iklim sistemi olarak da adlandırılır (Türkeş, 2010). Dış zorlamalar ve etmenler, iklim sisteminin alt sistemleri ile etkileşim içinde bulunan ve onlardan etkilenen değişiklikleri, örneğin volkanik püskürmeler, Güneş etkinliklerindeki değişimler ve Yerküre – Güneş arasındaki astronomik ilişkilerdeki değişiklikler gibi doğal olaylar ile atmosferin bileşimindeki antropojen değişiklikleri içerir (Türkeş, 2012a ve 2013a). İnsan etkinlikleri sonucunda atmosfere salınan sera gazları ve aerosoller, etki süreleri değişmekle birlikte, iklim değişikliklerine neden olabilecek başlıca dışsal zorlama ve etmenlerdir.

İklim değişikliğinin potansiyel 'dış' nedenleri, temel olarak Yerküre'nin katı kabuğundaki levha hareketlerini, Güneş etkinliklerindeki ve Yerküre ile Güneş arasındaki astronomik ilişkilerdeki değişiklikleri içerir. Başka bir deyişle, dış zorlama ve etmenlerin neden olduğu değişiklikler, iklim sisteminin dışındaki doğal olaylar ile antropojen zorlama ve etmenlerin denetiminde ve etkisiyle gelişir. Astronomik ilişkiler, Milankovitch döngüleri olarak da adlandırılan bir dizi dönemsel değişiklikleri içermekte ve uzun dönemli iklim değişikliklerinin açıklanması açısından önemli kanıtlar sunabilmektedir (Erlat, 2010; Türkeş, 2013a).

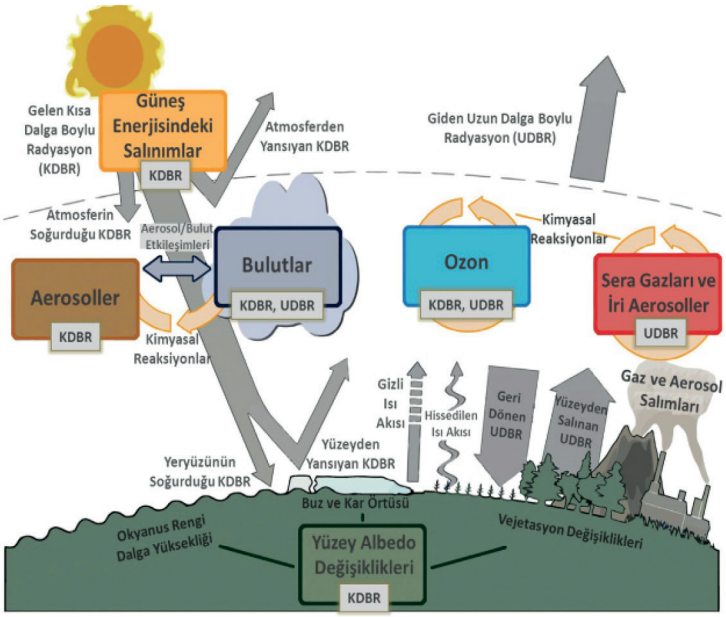
2. KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİKLERİ VE NEDENLERİ

2.1. İklim Değişikliğinin Ana Yönlendiricileri

Atmosferdeki birikimleri (konsantrasyon) değişken olan ve pek çok insan etkinliğinden etkilenen ve doğal sera etkisi düzeneğinin çalışmasından sorumlu olan başlıca doğal sera gazları, karbondioksit (CO_2), su buharı (H_2O), diazotmonoksit (N_2O), metan (CH_4) ve ozon (O_3) ile insan ürünü (yapay) kloroflorokarbonlar (CFC'ler), hidroflorokarbonlar (HFC'ler), perflorokarbonlar (PFC'ler) ve bunların çok çeşitli türevlerini içerir.

Şekil 1, Güneş'ten atmosferin üst sınırına ulaşan (gelen, G) kısa dalga boylu radyasyondan (KDBR) ve yeryüzünden salınan (giden, G) uzun dalga boylu radyasyondan (UDBR), aerosoller, bulutlar, ozon katmanı, sera gazları ve iri aerosollerin iklim sistemi ile olan etkileşimleri ve ışınımsal zorlamalarına, yeryüzündeki ve atmosferdeki enerji akılarından yeryüzündeki albedo ve vejetasyon değişikliklerine kadar çok geniş bir perspektifte iklim değişikliğinin ana yönlendiricilerinin ve nedenlerinin çizimsel bir bireşimini göstermektedir.

Şekil 1: İklim değişikliği ana yönlendiricilerinin çizimsel gösterimi (Cubasch et al., 2013'e göre yeniden çizildi ve düzenlendi).



GKDB Güneş radyasyonu (ışınım) ve GUDB yer ışınımı arasındaki ışınımsal denge, küresel ölçekte birçok iklim yönlendiricisi ('sürücüler') tarafından etkilenmektedir. Güneş akısı çıktılarındaki doğal salınımlar (Güneş döngüleri), GKDB Güneş ışınımı değerindeki ya da şiddetindeki salınımlar yoluyla Yerküre'nin enerji dengesinde değişikliklere neden olabilmektedir. Fosil yakıtların yakılması, sanayi süreçleri, arazi kullanımı değişiklikleri ve ormansızlaşma vb. insan etkinlikleri, havadaki O_3 ve aerosol tutarlarındaki değişikliklerle sonuçlanan atmosferdeki kimyasal tepkimelerle bağlantılı gaz ve aerosol salımlarını değiştirmektedir. Atmosferdeki O_3 ve aerosol parçacıkları, GKDB Güneş ışınımını emerek, saçarak ve yansıtarak enerji dengesini değiştirmektedir. Bazı aerosol türleri, bulut yoğunlaşma (yoğuşma) çekirdeği olarak görev yaparak, bulut damlacıklarının özelliklerini değiştirerek ya da bozarak olasılıkla yağış oluşumunu ve karakteristiklerini etkileyebilmektedir (Şekil 1). Bulutların KDBR ve UDBR ile olan etkileşimleri kuvvetli olduğu için bulut özelliklerindeki küçük değişiklikler bile iklim sisteminin ışınım ya da enerji bütçesi açısından önemli sonuçlar doğurabilmektedir.

Atmosferde bulunan sera gazlarındaki (ör. CO2, CH4, N2O, O3, CFC'ler) antropojen değişiklikler ve iri aerosoller (> 2.5 μm), GUDB yer ışınımını soğurarak ve daha düşük hava sıcaklığında daha az enerjiyi yeniden salarak GUDB ışınımın tutarını ya da şiddetini değiştirir. Yerküre yüzeyinin albedosu ise, arazi (kara) örtüsü ve vejetasyon, kar ya da buz örtüsü ve okyanus renginde oluşan değişiklikler ve bozulmalar nedeniyle değişebilir. Tüm bu değişiklikler, doğal mevsimsel ve günlük değişiklikler (ör. kar örtüsü) ile insan etkisi ve etkinlikleri (ör. arazi kullanımı değişiklikleri, vejetasyon formasyonlarının ya da tiplerinin değiştirilmesi, vb.) tarafından yönlendirilir ve/ya da denetlenir.

2.2. İklim Değişikliğinin Doğal Nedenleri

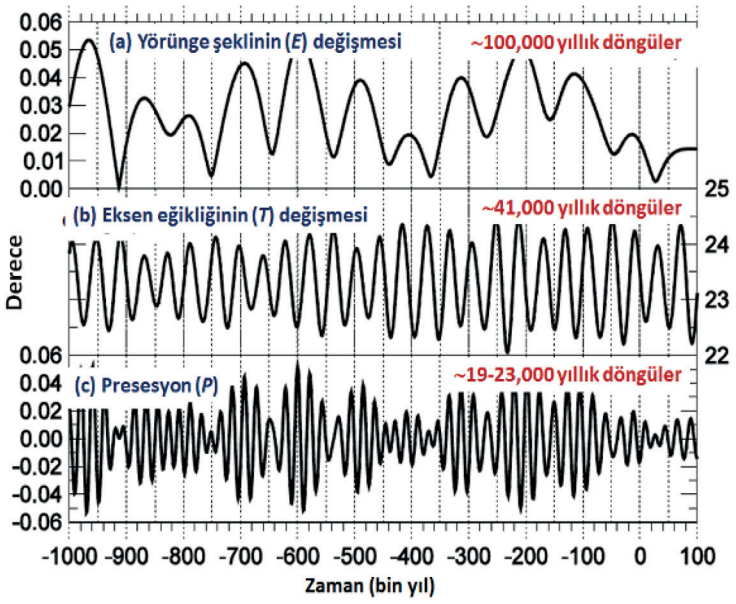
Bugünkü bilgilerimize göre, iklim milyonlarca yıl boyunca yıllık ortalama yüzey sıcaklıklarının kutup (polar) bölgelerinde 10 °C'nin üzerindeki hava sıcaklıklarıyla nitelenen çok sıcak koşullardan, inlandsis'lerin (buzul kalkanlarının ya da kıta buzullarının) orta enlem karalarının çoğunluğunu kapladığı buzul devirlerinde ya da çağlarındaki iklimleri arasında salınım göstermiştir (Türkeş, 2013a). Paleozoik'ten (Birinci Zaman) günümüze yaklaşık 545 milyon yıl uzunluğundaki zaman dizisi izgesinin, günümüze yakın bölümünde daha düşük genlikli dalgalanmaların, içinde bulunduğumuz yaklaşık son 10,000 yıllık Holosen dönemindeyse neredeyse bir yılın kendinden önceki yıla göre tam olarak aynı olduğu bir yılın gözlenmediği yıllararası, onlarca ya da daha uzun yıllık zaman ölçeklerinde geliştiği görülür (Erlat, 2010; IPCC, 2013; Türkeş, 2010, 2012a ve 2013b).

Kendi evrimiyle bağlantılı olarak, ortalama Güneş-Yerküre uzaklığında Güneş'in fotosfer katmanından tüm dalga boylarında yaydığı ve atmosferin üst sınırında Güneş ışınlarına dik bir birim alana birim zamanda ulaşan toplam radyant enerji (toplam Güneş irradyansı ya da Güneş sabiti, W/m^2), Yerküre'nin 4.6 milyar yıllık tarihi boyunca yaklaşık % 30 kadar artmıştır. Toplam Güneş irradyansında daha kısa zaman ölçeklerinde gerçekleşen değişimlerse, genellikle benzer bir genliğe sahip olmaktadır. Yerküre'nin orbital karakteristiklerinde oluşan düşük sıklıklı

değişmeler, Yerküre yüzeyindeki her nokta üzerinde belirli bir mevsimde alınan Güneş enerjisi tutarını değiştirir. Bu kapsamda oluşan en önemli dalgalanmalar, 10,000 – 100,000 yıl aralığında gözlenir. Tek volkan püskürmeleri, püskürmeyi izleyen ilk yıllarda genel bir soğumaya yol açar (Erlat ve Türkeş, 2019). Ayrıca, volkanik etkinlikler, belirli bir on yıllık ya da yüz yıllık dönemde yoğunlaşırsa, düşük sıklıklı bir zorlamadan da sorumlu olabilir. Daha uzun zaman ölçeklerinde, örneğin, özellikle levha tektoniğine bağlı olarak bir okyanusal levha ile bir kıtasal levhanın ve/ya da iki okyanusal levhanın birbirine yaklaşması ve çarpışması sonucunda oluşan sırasıyla büyük ölçekli dağ oluşum alanları (ör. Güney Amerika'da And Dağları) ve ada yayları (ör. Büyük Okyanus'takiler) ile bağlantılı artan volkanik etkinlikler, binlerce yıldan milyonlarca yıla kadar uzun dönemler boyunca sürebilen kuvvetli bir soğuma eğiliminin oluşmasına neden olabilir (Türkeş, 2010).

Bu kapsamda, El Niño – Güney Salınımı (ENSO), Kuzey Atlantik Salınımı (NAO) ya da Arktik Salınım (AO) gibi atmosferik salınımlar ya da uzakbağlantı desenleri, küresel iklim sisteminin atmosfer kökenli içsel zorlamalarına verilebilecek önemli örneklerdir (Şahin ve ark., 2015; Türkeş, 1998, 2000; Türkeş ve Erlat, 2003, 2006, 2008 ve 2009). İkinci olarak, okyanusların ve inlandsis'lerin büyük ataleti nedeniyle, yüksek sıklıklı değişimler bastırılırken, herhangi bir perturbasyonun (sarsımın) baskın etkisi, zorlamanın uzun zaman ölçeklerindeki birleşmesi ya da bütünleşmesi ile bağlantılı olabilir.

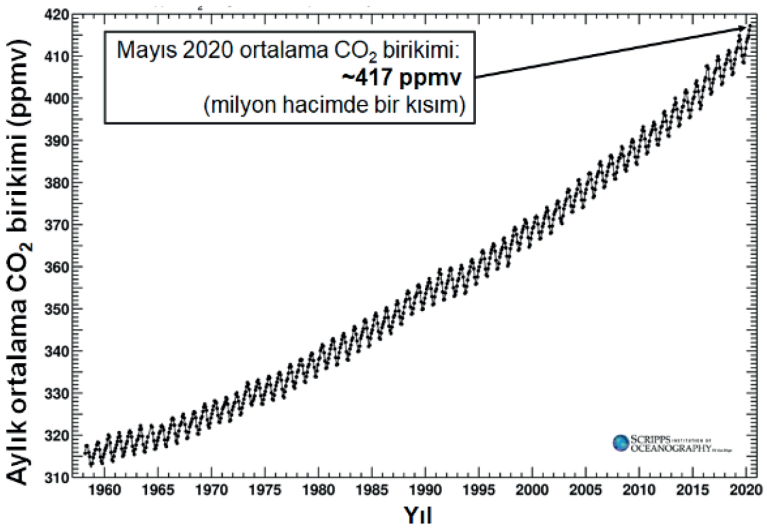
Şekil 2: Olasılıkla son bir milyon yılda ve gelecek 100 bin yılda (Yıl 0, Milattan Sonra 1950'ye karşılık gelir), Yerküre'nin eksantrite (E), eksen eğikliği (T, derece cinsinden) ve iklimsel presesyon (P) hareketindeki değişimler. İklimsel presesyonun en düşük değeri, günberi zamanında boreal (KYK kutupsal) kış (Aralık) gündönümüne karşılık gelir.



"Atmosferin tepesinde (ya da atmosferin etkisini gözardı ettiğimizde yeryüzünde) 1 m^2 genişliğindeki yatay bir düzlemde birim zamanda (s) alınan anlık Güneş enerjisi (W/m^2)" şeklinde tanımlanan insolasyon, Güneş-Yerküre arasındaki uzaklığın ve Güneş'in zenith uzaklığının kosinüsünün bir fonksiyonudur. Klimatolojide, Yerküre ile Güneş arasındaki astronomik ilişkiler Milankovitch Döngüleri olarak adlandırılır. Astronomik ilişkiler, özellikle Yerküre'nin eksen eğikliği (tilt, T), Yerküre'nin Güneş'in çevresindeki yörüngesinin şekli ya da eksantrite (E) ve presesyon (P) olarak bilinen üç orbital parametre tarafından belirlenir. Kısaca, eğiklik (T),"ekliptik düzleminin ekvator düzlemine göre olan eğikliğinin bir ölçüsü" (daha eğik ya da daha dik) ve eksantrite (E), "Yerküre'nin Güneş'in çevresindeki yörünge şeklinin bir ölçüsü" [ör. daha fazla eliptik (yuvarlaklık az) ya da daha az eliptik (daha yuvarlak)] olarak tanımlanır. İklimsel presesyon (P) ise, yaz gündönümünde (solstis) Güneş-Yerküre uzaklığındaki daha açık bir söyleyişle, 'günberi zamanındaki' değişikliklerle

bağlantılıdır. Bu yüzden, küresel iklimin değişmesine neden olabilecek başlıca astronomik ilişkiler, Yerküre'nin Güneşin çevresindeki yörüngesinin şeklindeki (orbital zorlama), eksen eğikliğindeki ve presesyonundaki (günberi zamanındaki) değişiklikleri içerir (Türkeş, 2013a) (Şekil 2).

Şekil 3: Atmosferdeki CO2 birikiminin 1958-2020 yılları arasındaki aylık değişimleri ve uzun süreli eğilimi [1].



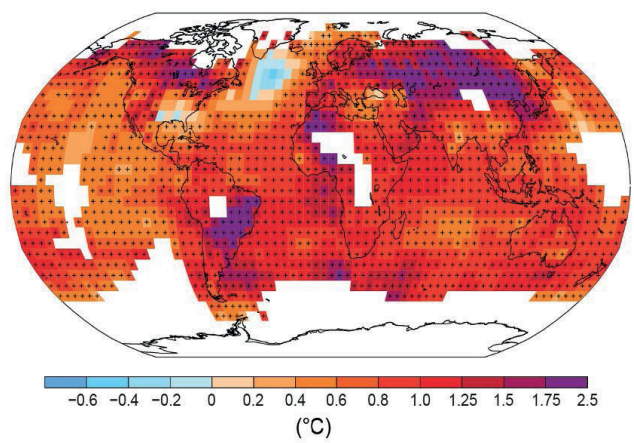
2.3. İnsan Kaynaklı İklim Değişikliği ve Küresel Isınma

Atmosferdeki insan kaynaklı sera gazı birikimlerinde sanayi devriminden beri gözlenen artış sürmektedir. Özellikle atmosferdeki birikiminin büyüklüğü, artış hızı, 50-200 yıl arasında değişen yaşam süresi ve GUDB kızılötesi yer ışınımının büyük bölümünü emme özelliği dikkate alındığında, CO_2'nin önemi daha iyi anlaşılır. Yerküre atmosferindeki CO_2 birikimi çok hızlı bir biçimde artmaktadır. Aylık ortalama CO_2 zaman dizileri incelendiğinde, sanayi öncesinde yaklaşık 280 ppmv (milyon hacimde bir molekül ya da milyonda bir parçacık) ve 1958 yılında yaklaşık 315 ppmv olan atmosferdeki yıllık ortalama CO_2 birikimi, 2020'de 414 ppmv'ye ulaştı (Türkeş, 2013b ve 2020) (Şekil 3). Atmosferdeki CO_2 birikiminin günümüzdeki düzeyi, geçmiş yaklaşık 700 bin yıllık kayıttaki doğal CO_2 birikimi

değişimlerinin (yaklaşık 180-300 ppmv arasında değişmiş) çok üzerindedir. Sera gazı birikimlerindeki bu artışlar, Yerküre'nin GUDB kızılötesi ışınım yoluyla soğuma etkinliğini zayıflatarak, onu daha fazla ısıtma eğilimindeki bir pozitif ışınımsal zorlamanın oluşmasını sağlar. Bu yüzden, Yerküre/atmosfer ortak sisteminin enerji dengesine yapılan pozitif katkı, kuvvetlenen sera etkisi olarak adlandırılır (Türkeş, 2008a ve 2008b). Bu ise, Yerküre atmosferindeki doğal sera gazları (su buharı, CO_2, CH_4, N_2O ve O_3) sayesinde yüz milyonlarca yıldan beri çalışan bir küresel düzenek olan doğal sera etkisinin kuvvetlenmesi anlamını taşır.

Bu kapsamda, küresel ısınma, sanayi devriminden beri, özellikle fosil yakıtların yakılması, ormansızlaşma, tarımsal etkinlikler ve sanayi süreçleri gibi çeşitli insan etkinlikleri ile atmosfere salınan sera gazlarının atmosferdeki birikimlerindeki hızlı artışa bağlı olarak, şehirleşmenin de katkısıyla doğal sera etkisinin kuvvetlenmesi sonucunda, yeryüzünde ve atmosferin alt katmanlarında saptanan sıcaklık artışı şeklinde tanımlanabilir (Türkeş, 2012a). Tanımdan da anlaşılabileceği gibi, insan kaynaklı iklim değişikliğine ve küresel ısınmaya yol açan sera gazları; çoğunlukla fosil yakıtların yakılması (enerji ve çevrim), sanayi (enerji ilişkili; kimyasal süreçler ve çimento üretimi, vb. enerji dışı), ulaştırma, arazi kullanımı değişikliği, atık yönetimi ve tarımsal (enerji ilişkili; anız yakma, çeltik üretimi, hayvancılık ve gübreleme vb. enerji dışı) etkinliklerden kaynaklanır.

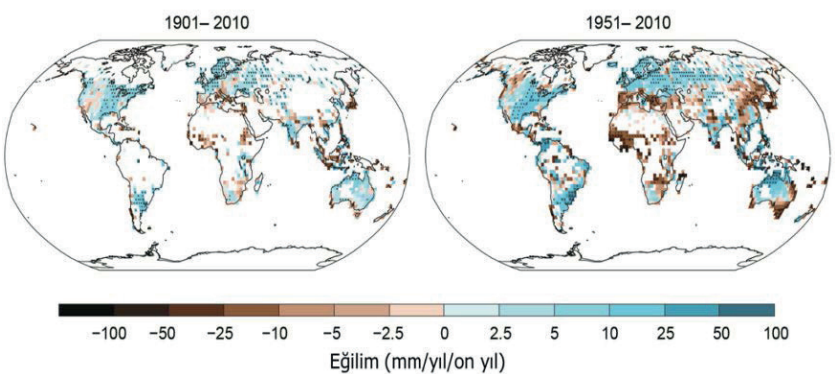
Şekil 4: Yıllık ortalama yüzey sıcaklıklarında 1901-2012 dönemi için hesaplanan doğrusal eğilim oranlarına göre gözlenen değişikliklerinin alansal dağılışı (IPCC, 2013).



3. DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE GÖZLENEN İKLİM DEĞİŞİMLERİ

Sera gazlarının atmosferdeki birikimlerinin çeşitli insan etkinlikleri nedeniyle sanayi devriminden beri hızla artması sonucunda kuvvetlenen sera etkisinin en önemli sonucu, Yerküre'nin enerji dengesi üzerinde ek bir pozitif ışınımsal zorlama oluşturarak, dünya ikliminin daha sıcak (Şekil 4), bazı bölgelerde daha kurak (Şekil 5) ve daha değişken olmasını sağlamasıdır. İster küresel isterse bölgesel ölçekte olsun, iklim değişikliği aşırı hava ve iklim olaylarının sıklığında, şiddetinde, alansal dağılışında, uzunluğunda ve zamanlamasında değişiklikler oluşmasına neden olmaktadır. Örneğin, yağış, küresel ölçekte 1900–2012 döneminde alansal ve zamansal olarak yüksek bir değişkenlik göstermiş ve yağış tutarlarında bölgesel ölçekte kuraklaşma ve artış eğilimleri gözlenmiştir (Şekil 5). Kuzey ve Güney Amerika'nın doğu bölümleri, Kuzey Avrupa ve Asya'nın orta bölgeleri ile kuzeyinde kaydedilen yağış tutarlarında önemli artış eğilimleri gözlenirken, önemli kuraklaşma ya da azalış eğilimleri ise Sahel, Türkiye'yi de içeren Akdeniz havzası, Güney Asya'nın bir bölümü ile Afrika'nın güneyinde etkili olmuştur (IPCC, 2013; Türkeş, 2012a ve 2012b, 2013b). Ayrıca, dünyanın birçok bölgesi ve Türkiye'deki şiddetli yağış olaylarında (aşırı yüksek ve aşırı düşük yağışlar, vb.) ve ortalama hava sıcaklıklarında da önemli artışlar gözlenmiştir (IPCC, 2013; Türkeş, 2013c ve 2014a).

Şekil 5: Doğrusal eğilim hesaplamalarına göre, (a) 1901 – 2010 ve (b) 1951 – 2010 dönemlerinde gözlenen yağış değişikliklerinin alansal dağılış desenleri (IPCC, 2013).



3.1. Küresel İklimde Gözlenen Değişimler

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'ne (IPCC, 2013) göre, küresel iklimdeki ısınma kesindir ve 1950'li yıllardan beri iklimde gözlenen değişikliklerin çoğu son bin yıllık döneme kadar daha önce hiç görülmemiş düzeydedir. Geçen 30 yılın her 10 yılı, yeryüzünde 1850'den beri kaydedilen küresel yüzey sıcaklıklarının tüm on yıllık dönemlerinden daha sıcak olmuştur. 2020 dâhil güncellenmiş yüzey sıcaklığı gözlemlerini de içeren hesaplamalara göre, insan kaynaklı küresel ısınma değeri yaklaşık 1,15 °C'ye ulaşmıştır. Bu dönemde, hemen tüm Yerküre yüzeyi ile atmosferin yaşamın ve hava olaylarının oluştuğu en alt katmanı olan Troposfer ve okyanuslar, küresel olarak 20'nci yüzyılın ortalarından beri ısınmış, kar ve buz tutarları azalmış, ortalama deniz düzeyi yükselmiş ve sera gazlarının atmosferdeki birikimleri artmıştır.

Beklendiği gibi, küresel okyanuslardaki ısınma iklim sisteminde biriken enerjideki artışı denetlemektedir. Bu kapsamda, 1971-2010 döneminde okyanuslarda biriken enerjinin %90'dan fazlası okyanuslardaki ısınmayla bağlantılıdır. Ayrıca, buharlaşmanın yağıştan fazla gerçekleştiği yüksek tuzluluk bölgeleri daha tuzlu olurken, yağışın buharlaşmadan fazla olduğu düşük tuzluluk bölgeleri 1950'lerden beri daha az tuzlu olmuştur. Okyanus tuzluluğunda gözlenen bu bölgesel eğilimler, okyanuslar üzerindeki buharlaşma ve yağışın değiştiğine ilişkin dolaylı kanıtlar sunmaktadır.

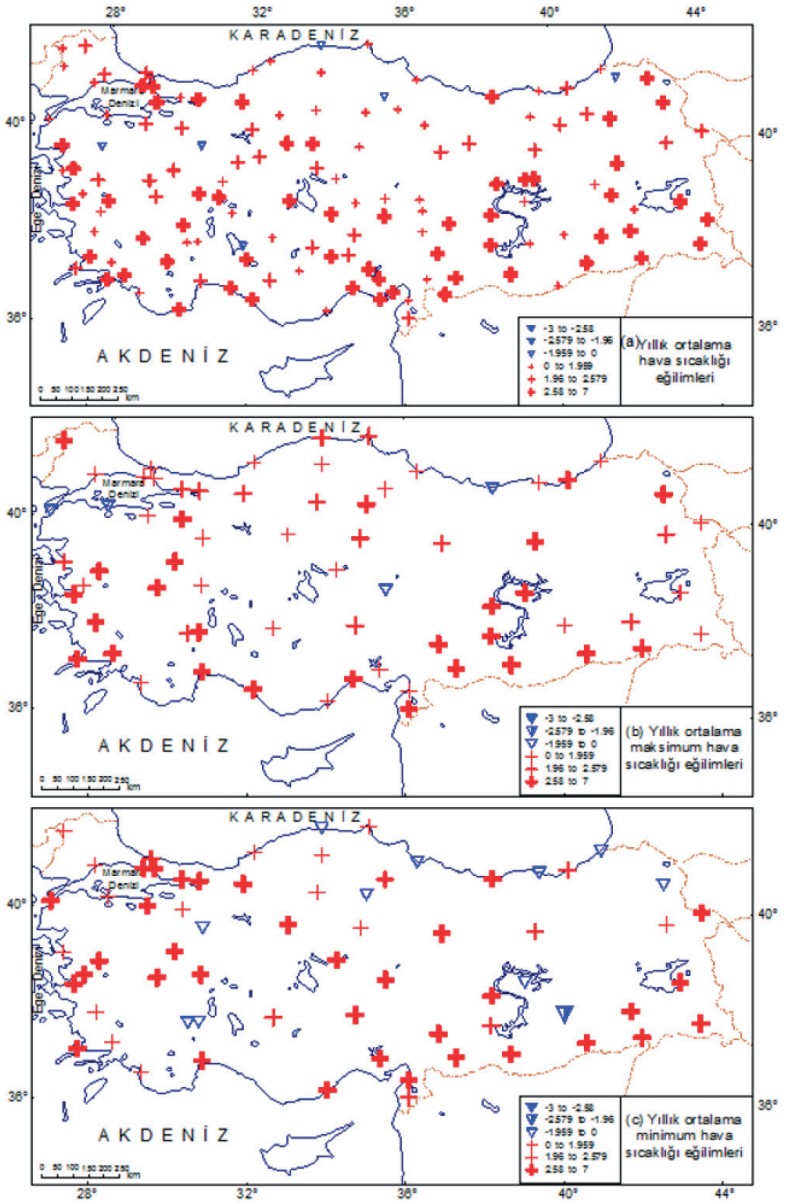
Grönland ve Antarktika buz kalkanları geçen 20 yıllık dönemde kütle kaybetmekte, dağ vadi ve takke buzulları buzullar neredeyse küresel ölçekte küçülmekte, Arktik deniz buzu ve Kuzey Yarımküre ilkbahar kar örtüsü alansal olarak azalmasını sürdürmektedir. 19'ncu yüzyıl ortasından beri gözlenmiş olan deniz düzeyi yükselmesinin hızı, önceki iki bin yıllık dönemdeki ortalama yükselme oranından daha büyüktür. Küresel ortalama deniz düzeyi 1901 – 2010 döneminde 19 cm (0.19 [0.17 – 0.21] m) yükselmiştir (IPCC, 2013).

Kuzey Yarımküre karalarında yağışlar, 1901'den beri artmıştır. Akdeniz Havzası'nı ve Türkiye'nin Akdeniz ikliminin egemen olduğu batı ve güney bölgelerini içeren subtropikal ve bazı tropikal bölgelerde ise, aynı dönemde yağış tutarlarında belirgin azalışlar gözlenmiştir (Şekil 5). Birçok aşırı hava ve iklim olaylarında 1950'den beri değişiklikler olduğu gözlenmiştir. Yüksek olasılıkla, küresel ölçekte soğuk gün ve gecelerin sayıları azalmış, sıcak gün ve gecelerin sayısı artmıştır. Avrupa, Asya ve Avustralya'nın geniş bölgelerinde sıcak hava dalgalarının sıklığı olasılıkla artmıştır. Kuvvetli yağış olaylarının sayısının artış gösterdiği kara bölgeleri, kuvvetli yağışların azaldığı karalardan olasılıkla daha fazladır. Kuvvetli yağış olaylarının sıklığı ya da şiddeti olasılıkla Kuzey Amerika ve Avrupa'da artmıştır.

3.2. Türkiye İkliminde Gözlenen Değişimler

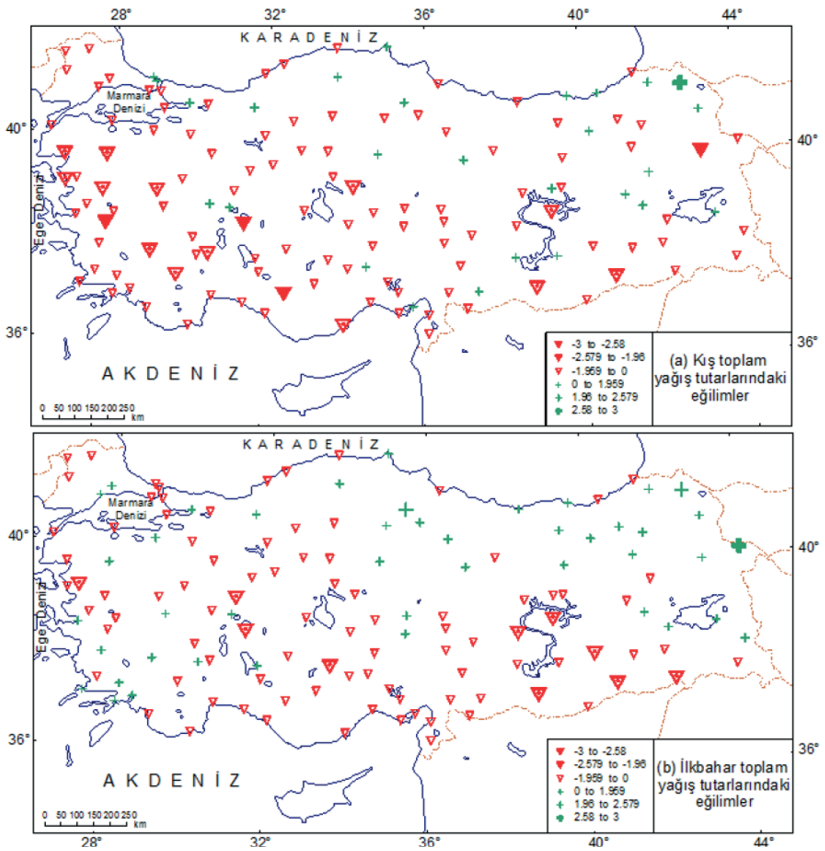
Bu bölümde, Türkeş (2013b)'in Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün (MGM) klimatoloji ve meteoroloji istasyonlarında 1950-2010 döneminde kaydedilen aylık ortalama, aylık ortalama maksimum (en yüksek) ve aylık ortalama minimum (en düşük) hava sıcaklığı verilerinin (°C) ile aylık toplam yağış (mm) istatistiksel ve klimatolojik zaman dizisi çözümlemelerinin sonuçları kullanılarak, Türkiye'deki yağış ve hava sıcaklığı dizilerindeki uzun süreli eğilimler ve değişimler incelendi. İstasyon verilerindeki eğilimleri belirlemek amacıyla, uzun süreli zaman dizilerine Mann-Kendall (M-K) sıra ilişki katsayısı yöntemi uygulandı (Sneyers, 1990; Türkeş ve ark., 2002). Verilerin türdeşliği, sürekliliği, aylık eksik verilerin o istasyondaki toplam verinin %5'ini aşmaması vb. koşullar ve kurallar dikkate alınarak (Türkeş, 1996, 1998, 1999), aylık ortalama hava sıcaklığı ve toplam yağış eğilimlerinin istatistiksel çözümlemesi ve anlamlılık sınaması için 138 istasyonun verileri kullanıldı.

Şekil 6: M-K sıra ilişki katsayısı anlamlılık sınamasına göre, Türkiye yıllık ortalama (a), yıllık ortalama maksimum (b) ve yıllık ortalama minimum (c) hava sıcaklıklarındaki uzun süreli eğilimlerin alansal dağılış desenleri (Türkeş, 2016). Ters üçgen simgeleri, hava sıcaklığı dizilerindeki azalış eğilimlerini gösterirken, artı simgeleri dizilerdeki artış eğilimlerini gösterir. İçi noktalı ve dolu daha iri üçgen simgeler (görece kalın ve daha kalın artı simgeler), M-K u(t) sınama örneklem değerlerine karşılık gelen harita simgelerini içeren lejanta göre, sırasıyla dizilerdeki %5 ve %1 anlamlılık düzeyindeki azalma (artma) eğilimlerini gösterir.



Ortalama maksimum ve ortalama minimum hava sıcaklığı dizilerindeki eğilimlerinin belirlenmesi içinse, ayrıntılı türdeşlik ve rasgelelik çözümlemeleri sonucunda Türkeş ve ark. (2002) tarafından belirlenen Türkiye'deki en uzun sıcaklık gözlemlerine sahip 70 istasyonun zaman dizileri kullanıldı. Analizler tüm verilerin mevsimlik ve yıllık dizileri için yapılmasına karşın, yağış toplamları için yıllık ve mevsimlik M-K sonuçları, ortalama, ortalama maksimum ve ortalama minimum hava sıcaklıkları içinse yalnızca yıllık M-K sonuçları verildi.

Şekil 7: M-K sıra ilişki katsayısı anlamlılık sınamasına göre, Türkiye kış (a) ve ilkbahar mevsimi toplam yağış tutarlarındaki uzun süreli eğilimlerin alansal dağılış desenleri (Türkeş, 2016). Ters üçgen simgeleri, toplam yağış dizilerindeki azalma ya da kuraklaşma eğilimlerini gösterirken, artı simgeleri toplam yağış dizilerindeki artma ya da daha yağışlı (nemli) olma eğilimlerini gösterir. İçi noktalı ve dolu daha iri üçgen simgeler (görece kalın ve daha kalın artı simgeler), M-K u(t) sınama örneklem değerlerine karşılık gelen harita simgelerini içeren lejanta göre, sırasıyla dizilerdeki %5 ve %1 anlamlılık düzeyindeki azalma (artma) eğilimlerini gösterir.



3.2.1. Hava Sıcaklıklarında Gözlenen Değişimler ve Eğilimler

Yıllık ortalama, yıllık ortalama maksimum ve yıllık ortalama minimum hava sıcaklıklarında da mevsimlik hava sıcaklıklarında belirlendiği gibi (mevsimlik çözümleme sonuçlarının tümü burada verilmedi), Türkiye için yapılan önceki gözlenen sıcaklık eğilimleri çalışmalarının sonuçlarına göre ısınmanın giderek daha da kuvvetlendiği görülür (Şekil 6a, 6b ve 6c). Yıllık ortalama, yıllık ortalama maksimum ve yıllık ortalama minimum hava sıcaklıklarında, rastgele bir dağılış gösteren azalma eğilimiyle nitelenen birkaç istasyon dışında, istasyonların çoğunluğunda belirgin bir ısınma eğilimi görülür. Gözlenen ısınma eğilimi, çoğu istasyonda istatistiksel açıdan önemlidir. Zayıf ısınma ve soğuma eğilimleri, genel olarak Karadeniz Bölgesi ile İç ve Doğu Anadolu bölgelerinin kuzey bölümlerine dağılmış durumdadır. İstatistiksel açıdan anlamlı ısınma sinyalleriyse, çok belirgin bir alansal tutarlılık deseni gösterir. Tüm bu sonuçlar, ötekilerin yanı sıra, insan kaynaklı küresel iklim değişikliğinin en belirgin ve görece kolay belirlenen sonuçlarından birisi olan küresel ısınmanın Türkiye'de etkili olduğunu ortaya koymaktadır.

3.2.2. Yağışlarda Gözlenen Değişimler ve Eğilimler

Türkiye'de gözlenen mevsimlik ve yıllık yağış eğilimlerinin (Şekil 7), hava sıcaklıklarında gözlenen eğilimler kadar kuvvetli değildir. Dünyanın birçok bölgesinde olduğu gibi, yağışlardaki değişmeler uzun süreli eğilimlerden çok, çeşitli değişim ve dalgalanma biçimleriyle birlikte kurak ve nemli (yağış) dönemlerin sıklıklarında ve büyüklüklerinde belirlenen önemli değişiklikler biçiminde olmaktadır (Tatlı ve Türkeş, 2008 ve 2011; Trenberthet al., 2007; Trigoet al., 2006; Türkeş, 1996, 1998, 2011, 2013b; Türkeş ve Erlat, 2003, 2005; Türkeş ve Tatlı, 2009; Türkeş ve ark., 2009a ve 2009b, vb.). Yağış değişmelerinin alansal değişkenliği de kuvvetlidir. Sözü edilen bu kuraklaşma eğiliminden Türkiye'de en fazla, Ege, Akdeniz, Marmara, İç ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri etkilenmiştir.

Son 40 yılda özellikle kış mevsimindeki ve yıllık yağış değişiklikleri dikkate alındığında, Türkiye'deki kuraklık olaylarının en şiddetli ve geniş yayılımlı olanları, 1971-1974, 1983-1984, 1989-1990 ve 2007-2008, 2013-2014 ve 2019-2020 dönemleri ile 1996 ve 2001 yıllarında oluşmuştur (Tatlı ve Türkeş, 2008; Türkeş, 1996, 1998, 1999, 2008b, 2014ab, 2020, 2021; Türkeş ve Erlat, 2003 ve 2005; Türkeş ve Tatlı, 2009; Türkeş ve ark., 2009a ve 2009b, vb.). Türkiye'nin büyük bölümünde etkili ve şiddetli su açığının ve yetersizliğinin yaşanmasına yol açan 2007-2008 kuraklığının ardından, 2009-2011 döneminde genel olarak uzun süreli ortalamadan ya da normal yağıştan daha yağışlı koşullar (yağışlı ya da ıslak devre) etkili oldu. Sonrasındaysa, 2013-2014 ve 2019-2020 dönemlerinde genel olarak normal yağıştan daha az yağışlı koşullar (kuraklık olayı ya da kurak devre) egemen olmuştur (Türkeş, 2014a, 2014b, 2021). Örneğin, 2013-2014 ve 2019-2020 kuraklıkları, 6 ay ve daha uzun zaman ölçekleri için hesaplanan standartlaştırılmış yağış indisi (SPI) dağılış desenlerine bakıldığında, bir meteorolojik kuraklık olayı olmaktan çıkarak birçok bölgede ve yörede tarımsal ve hidrolojik kuraklıklara dönüştü (Türkeş ve Yıldız, 2014; Türkeş, 2014a, 2014b, 2021).

Türkiye yağışlarındaki uzun süreli eğilimler ve değişimler incelendiğinde, genel olarak kış ve ilkbahar yağış toplamlarında Türkiye'nin Akdeniz yağış rejiminin egemen olduğu Marmara, Ege, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri ile İç ve Doğu Anadolu bölgelerinin iç ve güney bölümlerinde belirgin bir azalma eğiliminin (kuraklaşma) olduğu görülür (Şekil 7a ve 7b). Kış mevsiminde Ege, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde gözlenen kuraklaşma eğilimlerinin bazıları istatistiksel olarak önemlidir (Şekil 7a). Bu sonuç Türkiye için daha önce yapılan yağış eğilimleri ve değişimlerine ilişkin çalışmalarla genel olarak uyumludur (Türkeş 2014b).

Yazın, önceki çalışmaların sonuçlarına benzer olarak, birkaçı istatistiksel olarak önemli olmak üzere hem artış hem de azalış eğilimleri egemendir. Sonbaharda ise, önceki çalışmalardan ayrı olarak, daha önce gözlenen artış eğilimlerinin kuvvetlendiği ve artış eğilimi gösteren istasyon sayısının arttığı görülür. Sonbaharda, Türkiye'nin güneydoğu köşesini kaplayan bir alan dışında yağışlarda artış egemendir.

Türkiye'deki yıllık toplam yağışlardaysa, temel olarak kış ve sonbahar yağışlarındaki eğilim ve değişimlerin beklenen bir yansıması olarak, Türkiye'nin Akdeniz yağış rejiminin egemen olduğu batı ve güney bölgelerinde bir azalma eğilimi görülür.

Ayrıca, uzun süreli klimatolojik ve meteorolojik gözlemlerden elde edilen yeni bulgular, 1950'lerden beri bazı ekstremlerde özellikle günlük ekstrem hava sıcaklıklarında (ör. en yüksek ve en düşük sıcaklıklar, tropikal ve yaz günleri, vb.), donlu gün sayılarında ve sıcak hava dalgalarının sıklığı ve uzunluğunda da önemli değişiklikler ortaya çıktığını göstermektedir. Bu tür değişiklikler, genel olarak Doğu Akdeniz ve Türkiye'de, özellikle 1990'lı yıllarla birlikte donlu ve kar yağışlı günlerin belirgin bir şekilde azalması; önemli bir bölümü istatistiksel olarak anlamlı olmak üzere, sıcak günlerin ve gecelerin sayıları ile gece en düşük ve gündüz en yüksek hava sıcaklıklarının artması; gündüz en yüksek-gece en düşük sıcaklık farklarının azalması şeklinde kendisini hissettirmiştir (Erlat ve Türkeş, 2008, 2012 ve 2013; Türkeş ve ark., 2002; Türkeş ve Sümer, 2004; Kartum ve ark., 2011; vb.). Başka bir deyişle, Türkiye'de yaklaşık son 30 yıllık dönemde, hem sıcaklık rejimi belirgin olarak daha sıcak (tropikal) koşullara doğru değişmiş, hem de sıcak hava dalgalarının sıklığında ve şiddetinde önemli değişimler gerçekleşmiştir (Türkeş, 2008b, 2012a, 2013b).

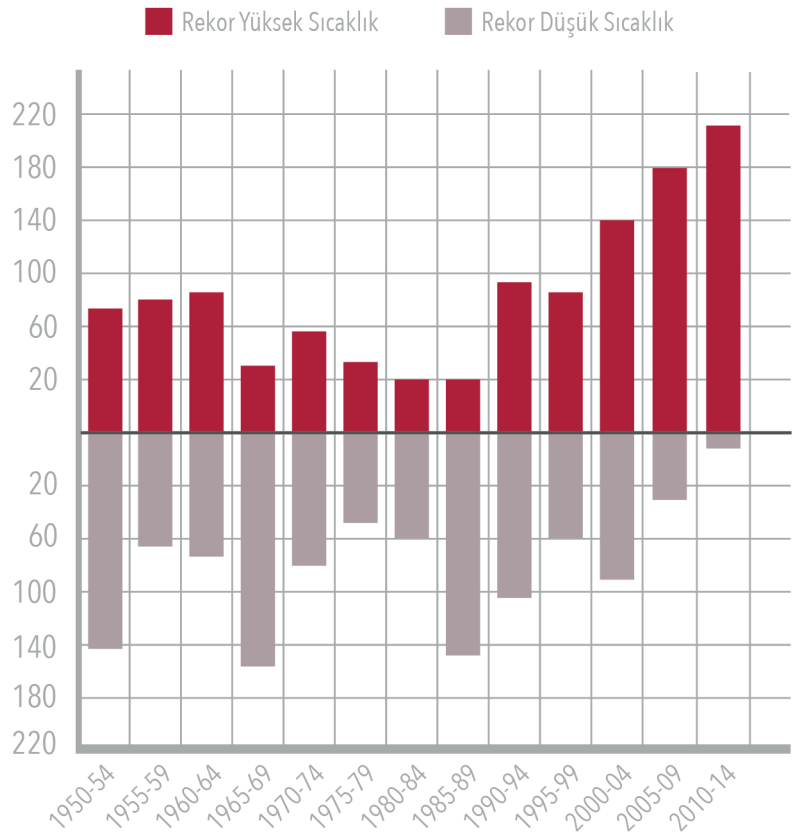
3.3. Ekstrem Hava ve İklim Olaylarında Gözlenen Değişimler ve Eğilimler

Aşırı hava ve iklim olayları sık oluşmamakla birlikte başta tarım ve gıda güvenliği gibi sektörler olmak üzere ekonomik koşullar ve insan sağlığı üzerinde büyük etkilere sahiptir. Ağırlıklı olarak kentler ve kıyılarda yoğunlaşan ve giderek artan nüfus, daha karmaşık hale gelen alt yapı tesisleri, geçmişe göre günümüzde toplumların aşırı hava/iklim olaylardan olumsuz etkilenme potansiyelini de arttırmaktadır (Türkeş ve Erlat, 2018).

1950-2010 döneminde Türkiye'de yaz (≥ 25 °C) ve tropikal gün ≥ 30 °C) sayılarındaki değişimler incelendiğinde, alansal ve zamansal olarak farklılıklar bulunduğu gözlenir. Yaz ve tropikal gün sayıları 1950-1975 döneminde hafif bir azalma eğilimi, 1975 sonrası değerlerde belirgin bir artış eğilimi göstermiştir. Türkiye'de yaz ve tropikal gün sayıları açısından en dikkat çekici yıl 2010'dur. Bu yılda, başta Kuzeydoğu Anadolu bölümü olmak üzere Türkiye'de incelenen istasyonların yaklaşık yarısında yaz ve tropikal gün sayıları 1961-1990 ortalamasının 3 standart sapma değeri üzerine çıkmıştır.

Konuyla ilgili bir başka iklim değişikliği göstergesi 'tropikal gece' olarak adlandırılan bir iklim indisidir. Tropikal gece, 2 metrede gözlenen gece en düşük (minimum) hava sıcaklıklarının (Tmin) 20 °C'den büyük olduğu gece olarak tanımlanmakta ve günlük Tmin'lerin 20 °C'den yüksek olduğu günler sayısı olarak adlandırılan basit bir indis aracılığıyla yıllık olarak incelenmektedir. Türkiye'deki 92 klimatoloji ve meteoroloji istasyonunda 1950–2016 döneminde kaydedilen yıllık tropikal gece sayılarında gözlenen değişmeler ve eğilimlerin incelendiği yeni bir çalışmaya göre (Erlat ve Türkeş, 2017), tropikal gece sayılarının istasyonların çoğunluğunda (92'nin 87'sinde) istatistiksel olarak anlamlı artış eğilimi gösterir.

Şekil 8: 1950-2014 döneminde Türkiye'deki 81 istasyonda gözlenen rekor maksimum ve rekor minimum hava sıcaklığı olaylarının yıllık sayılarının pentadlara göre değişimi (Türkeş ve Erlat, 2018).



Türkiye'de 1950-2014 döneminde kaydedilen rekor maksimum ve minimum hava sıcaklıklarının yıllık sayılarındaki zamansal değişimler incelendiğinde, rekor minimum hava sıcaklığı frekansının 1950'li yıllardan günümüze doğru azaldığı görülmektedir (Türkeş ve Erlat, 2018). Buna karşın özellikle 2000'li yıllarla birlikte rekor maksimum hava sıcaklığı frekansında ise bir artış eğilimi olup, 1950 yılından bu yana rekor maksimum sıcaklık olaylarının yarısı 2000-2014 döneminde kaydedilmiştir (Şekil 8). Çalışmada kullanılan 81 istasyonda en yüksek sıcaklık değerleri 2000 yılında, en düşük sıcaklıklar ise 1950 yılında kaydedilmiştir.

4. KÜRESEL VE BÖLGESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ KESTİRİMLERİ

IPCC'ye (2013) göre, sera gazlarının sürmekte olan salımları, daha fazla ısınmaya ve başta buharlaşma ve yağış gelmek üzere iklim sisteminin tüm bileşenlerinde değişikliklere neden olacaktır. İklim değişikliğinin sınırlandırılması, sera gazı salımlarının önemli ve sürekli azaltılmasını gerektirecektir. IPCC 2013'teki yeni senaryolara (Temsili Konsantrasyon Yolu - RCP) dayalı öngörülen iklim değişikliği, senaryo farklılıkları hesaba katıldıktan sonra, hem desenler hem de büyüklük açısından bir önceki IPCC Raporu'ndakine (2007) benzemektedir.

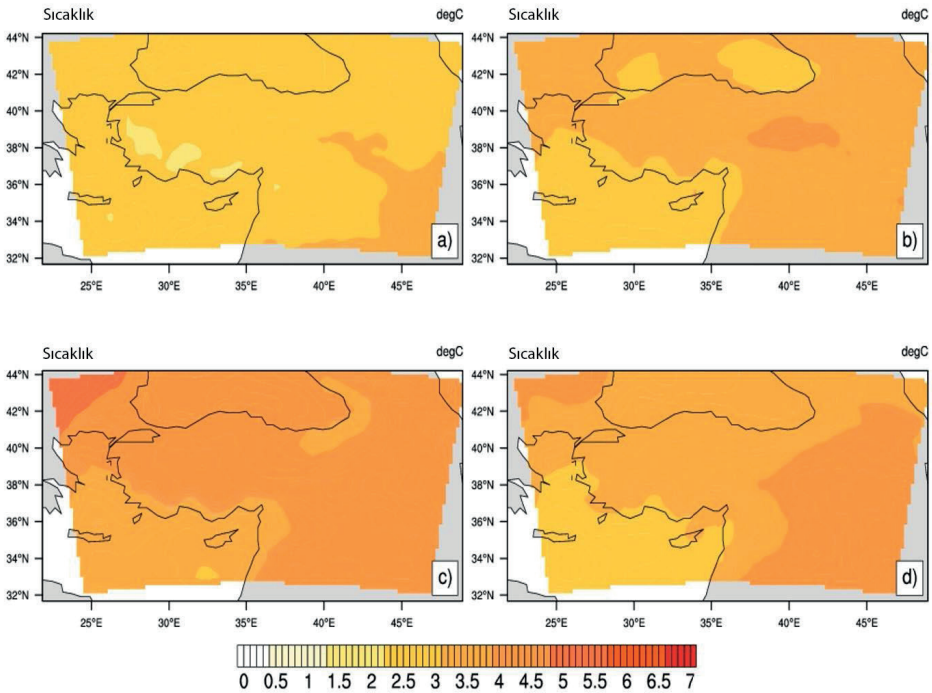
Küresel yüzey sıcaklığı değişikliği, 21'nci yüzyılın sonuna kadar, biri (RCP2.6) dışında tüm yeni IPCC senaryolarına (RCP'ler) dayanarak olasılıkla 1850 - 1900 dönemine göre 1.5 °C'yi ve iki yeni senaryoya (RCP6.0 ve RCP8.5) göre olasılıkla 2 °C'yi aşacaktır. Küresel ısınma, 2100 yılı sonrasında da sürecektir. Isınma ve yağış değişimleri, yıllararası değişkenlikten on yıllık değişkenliklere kadar çeşitli değişkenlikler sergilemeyi sürdürecek ve bölgesel olarak türdeş olmayacaktır. Okyanuslar, 21'nci yüzyıl boyunca ısınmayı sürdürecektir. Yüzeyde biriken ısı enerjisi, derin okyanusa doğru geçecek ve okyanus dolaşımını etkileyecektir. Arktik deniz buzu örtüsü olasılıkla azalmaya ve incelmeye devam edecek ve Kuzey Yarımküre ilkbahar kar örtüsü, küresel ortalama yüzey sıcaklığı yükseldikçe, 21'nci yüzyıl boyunca azalacaktır. Küresel ortalama deniz düzeyi 21'nci yüzyıl boyunca yükselmesini sürdürecektir. Tüm IPCC senaryoları, deniz düzeyi yükselmesinin oranının, artan okyanus ısınması ve buzullar/buz kalkanlarından artan kütle kaybı nedeniyle, yüksek olasılıkla, 1971-2010 döneminde gözlenen yükselmeyi geçeceğini göstermektedir.

Türkiye'de ve onu çevreleyen bölgelerde (genel olarak Balkanları ve Orta Doğu Bölgesini içeren Doğu Akdeniz Havzası) gözlenen iklim değişikliği ve değişkenliğine ilişkin çalışmalar ile küresel ve bölgesel iklim modellerinin benzeştirmeleri

ve kestirimleri, Türkiye'de önemli iklimsel değişimlerin olduğunu ve Akdeniz havzasındaki birçok ülke ile birlikte gelecekte Türkiye'nin de iklim değişikliğinden olumsuz etkileneceğini gösterir (IPCC, 2007, 2013; Trigoet al., 2006; Türkeş, 1996, 1998, 1999, 2008b, 2012a ve 2012b, 2013b ve 2014a; Türkeş ve Sümer, 2004; Türkeş ve Tatlı, 2009; Türkeş ve ark., 2002; Türkeş ve ark., 2009a ve 2009b; Türkeş ve ark., 2011; Turp ve ark., 2014; Öztürk ve ark., 2015, vb.). Tüm bu nedenlerle, iklim değişikliğinin etkilerini önlemek ya da en azından azaltabilmek ve ona uyum açısından, Türkiye'nin gelecekteki ikliminin öngörülmesi yaşamsal bir önem taşır. Tatlı ve Türkeş (2008, 2011), Önol ve Semazzi (2009), Altınsoy ve ark. (2012), Önol ve Unal (2014); Öztürk ve ark. (2012, 2013, 2015), Turp ve ark. (2014), Türkeş ve ark. (2011, 2020) ve Sen ve ark. (2012), Türkiye'nin gelecek iklimini ve iklimsel değişkenliklerini ortaya koymaya yönelik sınırlıdır bölgesel iklim modeli çalışmalarına örnek olarak verilebilir.

HadGEM2 iklim modeli ve RCP4,5 salım senaryosuna göre, Türkiye'de 2070-2100 yılları arasında yaz mevsimi hava sıcaklıklarının 1970-2000 klimatolojisine göre 4-6,5 °C arasında artması beklenmektedir. Ortalama hava sıcaklıklarındaki artışlar, kış mevsimi için 3,5 °C dolaylarında seyrederken, ilkbahar ve sonbahar mevsiminde bu artışlar 4-4,5 °C'ye kadar çıkar. HadGEM2 iklim modeli ve RCP8,5 salım senaryosuna göreyse (şekil verilmedi) 2070-2100 yılları arasında yaz mevsiminde kestirimi yapılan hava sıcaklıklarının 1970-2000 klimatolojisine göre 5,5-7 °C arasında değişen bir değerde artması beklenmektedir. Kış mevsimi için, ortalama hava sıcaklıklarındaki artışının 4,5 °C dolayında olduğu, ilkbahar ve sonbahar mevsimleri için ise, doğuya gidildikçe artarak 5-7 °C arasında olduğu görülmektedir.

Şekil 9: Küresel iklim modeli HadGEM2 RCP4,5 salım senaryosu çıktıları kullanılarak bölgesel iklim modeli RegCM'in 1970-2000 referans dönemi klimatolojisine göre gelecek 2070-2100 dönemi (a) kış, (b) ilkbahar, (c) yaz ve (d) sonbahar mevsimleri için kestirilen ortalama hava sıcaklıklarındaki değişikliklerin Türkiye ve yakın çevresi üzerindeki coğrafi dağılış desenleri (Öztürk ve ark., 2014).



Toplam yağış kestirimleri incelendiğinde, HadGEM2 iklim modeli ve RCP4,5 salım senaryosu kullanılarak yapılan benzeştirmede, Türkiye'de 2070-2100 yılları arasında 1970-2000 dönemi klimatolojisine göre yağış değişiminin kış mevsimi için ülkenin güneyinde 2 mm/gün kadar azalmasının (negatif sapma), kuzeydoğusunda ise 1,6 mm/gün artmasının (pozitif sapma) beklendiği görülür. Buna karşın, yaz mevsiminde yağışların negatif yönde çok az değişeceği, ilkbahar ve sonbaharda ise kış mevsimindeki eğilimin daha zayıf süreceği görülür (şekil verilmedi).

5. BİRLEŞMİŞ MİLLETLER İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ ÇERÇEVE SÖZLEŞMESİ

Günümüzde, iklim değişikliğinin, çok önemli, gerçek, baskıcı, ilerleyen, tüm sosyoekonomik ve ekolojik sistemler ile canlı yaşamı üzerinde önemli olumsuz etkiler yaratan küresel sorunların başında geldiği büyük ölçüde kabul görmektedir. Öte yandan, iklimin ne kadar değişeceği, değişikliğin alansal ve zamansal boyutları, hangi etkilerin hangi boyutlarda ortaya çıkacağı, hangi sektörleri nasıl ve hangi düzeyde etkileyeceği, iklim değişikliğine en iyi nasıl uyum gösterileceği ya da daha da önemlisi küresel iklim değişikliğinin, birincil olarak fosil yakıtların yanmasından kaynaklanan artan sera gazı salımları, ormansızlaşma ve arazi kullanımı değişikliklerini içeren insan kaynaklı nedenleriyle savaşmanın en iyi yolu ne olmalıdır gibi önemli tartışma konularıysa varlığını sürdürmektedir. Tüm bunlara karşın, politikacı ve karar vericilerin büyük bir bölümü, iklim değişikliklerinin etkilerinin çok büyük olduğu ve iklim değişikliğine yönelme konusundaki erteleme, hiçbir şey yapmama ya da onu göz ardı etmenin maliyetinin ciddi bir şeyler yapma maliyetinden çok daha yüksek olduğu konusunda giderek daha fazla bilgi sahibi olmaktadır.

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS), insan kaynaklı sera gazı salımlarının (SGSler) küresel düzeyde azaltmasını sağlayabilecek en önemli hükümetler arası çabadır (Türkeş, 1995). BMİDÇS, küresel iklimi korumaya ve sera gazı salımlarını azaltmaya yönelik genel ilkeleri, eylem stratejilerini ve yükümlülükleri düzenler. Gelişmiş ülkelerin BMİDÇS altındaki temel yükümlülüğü, insan kaynaklı sera gazı salımlarını 2000 yılına kadar 1990 düzeylerinde tutmaktı. BMİDÇS'nin nihai amacı, "Atmosferdeki sera gazı birikimlerini, insanın iklim sistemi üzerindeki tehlikeli etkilerini önleyecek bir düzeyde durdurmayı başarmaktır" (Türkeş, 2001). Atmosferdeki sera gazları ve atmosfere olan salımları, hem doğal hem de insan kaynaklı olup, kızıl ötesi ışınımı emen ve tekrar yayan ışınımsal olarak etkin gaz oluşumlarıdır (Türkeş, 2010). BMİDÇS'ye göre, Taraf ülkelerden her biri, insan

kaynaklı sera gazı salımlarını sınırlandırarak ve sera gazı yutak ve haznelerini koruyarak iklim değişikliğini azaltmak için ulusal politikalar benimseyecekler ve uygun önlemler alacaklardır. Sözleşmenin amacına uygun olarak, gelişmiş ülkelerin insan kaynaklı salımlarının uzun süreli eğilimlerini değiştirmede öncü rol oynayacaklarını gösterecek ve Montreal Protokolü ile denetlenmeyen sera gazlarının insan kaynaklı salımlarının daha önceki düzeylerine çekilmeleri bu değişikliğe katkıda bulunacaktır (Türkeş, 2001).

6. KISA TARTIŞMA

İklim Değişikliği günümüzde üzerinde çok durulan ve çok sayıda bilimsel araştırma yapılan ve hükümetlerarası düzeyde en çok tartışılan küresel değişiklik konularının başında gelmektedir. Fosil yakıtların yakılması, ormansızlaşma ve arazi kullanımı değişiklikleri, kentleşme, sanayi süreçleri gibi insan etkinlikleri, CO_2, CH_4, N_2O, CFCler, HFCler, PFCler gibi sera gazlarının atmosferdeki birikimlerinin sanayi devriminden beri hızla artmasına neden olmaktadır. Bu ise, Yerküre-Atmosfer sisteminin enerji dengesini değiştirerek (küresel iklim değişikliği), yeryüzünün ve atmosferin yeryüzüne yakın katmanının daha fazla ısınmasına (küresel ısınma) yol açmaktadır.

Öngörülen iklim değişiklikleri, su kaynakları, tarım, doğal ekosistemler ve insan sağlığı üzerinde hem olumlu hem de olumsuz etkilere sahiptir. İklimdeki değişiklikler büyüdükçe, olumsuz etkilerin egemenliği de artar. Sosyoekonomik sektörler (ör. tarım, ormancılık, balıkçılık, su kaynakları ve insan yerleşmeleri, vb.), kara ve su ekosistemleri ile insan gelişimi ve refahı için çok yaşamsal olan insan sağlığı, hava ve iklim ekstremleri ve afetleri ile iklimsel değişkenlikteki değişiklikler kadar, iklim değişikliklerinin büyüklük ve hızlarına karşı da oldukça duyarlıdır.

Küresel iklim değişikliğinin pek çok özelliği ve etkisi, CO_2 ve diğer sera gazı salımları durdurulsa bile yüzyıllarca sürebilecektir. Ayrıca bu olgu, insan kaynaklı sera gazlarının geçmiş, günümüz ve gelecek salımlarının neden olduğu yüzyıllarca sürecek önemli bir iklim değişikliği yükümlülüğünün (ör. BMİDÇS, Kyoto Protokolü ve Paris Antlaşması) de varlığını sürdüreceğini göstermektedir.

Yeni iklim model benzetimi çalışmalarından (ör. Öztürk ve ark, 2015; Turp ve ark., 2014; Türkeş ve ark., 2020) elde edilen bulgular, Türkiye'nin genel olarak artan hava sıcaklıkları ve azalan yağış tutarları nedeniyle, iklim değişikliğinden çok fazla etkileneceğini göstermektedir. Türkiye'nin Akdeniz kıyı kuşağı ve Toroslar dışında- genel olarak bugünkü iklim koşulları altında zaten az yağışlı, çok sıcak ve kuru bir

sıcak dönemin (ilkbahar sonundan sonbahar ortasına kadar etkili olan yaz kuraklığı) yaşandığı, mevsimlik ve yıllararası yağış değişkenliğinin, dolayısıyla kuraklık olasılıklarının da yüksek olduğu güney ve orta-güney bölgeleri, gelecekte daha sıcak ve kuru bir iklime sahip olacaktır. Tüm bu sonuçlar ayrıca, Türkiye'nin gelecek insan kaynaklı iklim değişikliğine ve olası sonuçlarına karşı çok açık ve etkilenebilirlik düzeyinin çok yüksek olduğunu da açık bir biçimde ortaya koymaktadır.

KAYNAKÇA

- Altınsoy, H., Öztürk, T., Türkeş, M. and Kurnaz M. L. 2012. Simulating the climatology of extreme events for the central Asia domain using the RegCM 4.0 regional climate model. pp. 365-370: C.G. Helmis and P. Nastos (eds.), Advances in Meteorology, Climatology and Atmospheric Physics. Springer-Verlag, Berlin.
- Erlat, E. 2010. İklim Sistemi ve İklim Değişmeleri. Genişletilmiş 2. Baskı, Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları: 155, İzmir.
- Erlat, E. ve Türkeş, M. 2008. Türkiye'de don olaylı gün sayılarındaki değişiklikler ve Arktik Salınım ile bağlantısı. IV. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu Bildiri Kitabı: 426-436. 25-28 Mart 2008, İstanbul.
- Erlat, E. and Türkeş, M. 2012. Analysis of observed variability and trends in numbers of frost days in Turkey for the period 1950–2010. International Journal of Climatology, 32: 1889–1898.
- Erlat, E. and Türkeş, M. 2013. Observed changes and trends in numbers of summer and tropical days, and the 2010 hot summer in Turkey. International Journal of Climatology, 33 (8): 1898–1908.
- Erlat, E. and Türkeş, M. 2019. Temperature responses of Turkey's climate to the tropical volcanic eruptions over second half of the twentieth century. Theoretical and Applied Climatology 137(3): 2369-2379. https://doi.org/10.1007/s00704-018-2711-2
- IPCC. 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Solomon, S., et al. (eds.): Cambridge University Press, Cambridge and New York.
- IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Stocker, T.F., et al. (eds.): Cambridge University Press, Cambridge and New York.
- Kartum, Ş., Koç, T. ve Türkeş, M. 2011. Türkiye'de kar yağışlarının başlangıç

ve bitiş tarihlerinde gözlenen değişiklikler ve eğilimler. V. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu Bildiri Kitabı: 195-200, 27-29 Nisan 2011, İstanbul.

- Önol, B. and Semazzi, F.H.M. 2009. Regionalization of climate change simulations over the Eastern Mediterranean. Journal of Climate, 22: 1944-1960.
- Önol, B. and Unal, Y. 2014. Assessment of climate change simulations over climate zones of Turkey. Regional Environmental Change, 14(5): 1921-1935.
- Ozturk, T., Altınsoy, H., Türkeş, M. and Kurnaz M. L. 2012. Simulation of temperature and precipitation climatology for central Asia CORDEX domain by using RegCM 4.0. Climate Research, 52: 63–76.
- Öztürk, T., Ceber, Z. P., Türkeş, M. and Kurnaz, M. L. 2015. Projections of climate change in the Mediterranean Basin by using downscaled global climate model outputs. International Journal of Climatology, 35: 4276–4292. DOI: 10.1002/joc.4285
- Sen, B., Topcu, S., Türkeş, M., Sen, B. and Warner, J. F. 2012. Projecting climate change, drought conditions and crop productivity in Turkey. Climate Research, 52: 175–191.
- Sneyers, R. 1990. On the Statistical Analysis of Series of Observations. WMO Technical Note 43, World Meteorological Organization, Geneva.
- Şahin, S., Türkeş, M., Wang, S-H., Hannah, D. and 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. DOI 10.1007/s00382-015-2545-x
- Tatlı, H. ve 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.
- Tatlı, H. and 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.
- Trenberth, K. E. et al. 2007. Observations: Surface and Atmospheric Climate Change. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental

Panel on Climate Change. Eds. S. Solomon, et al., Cambridge University Press, Cambridge.

- Trigo, R. et al. 2006. Relations between variability in the Mediterranean region and mid-latitude variability. Pp. 179-226: Lionello, P., Malanotte-Rizzoli, P., and Boscolo, R. (Eds.), Chapter 3, Mediterranean Climate Variability. Elsevier Developments in Earth & Environmental Sciences 4, Amsterdam.
- Turp, M. T., Öztürk, T., Türkeş, M. ve Kurnaz, M. L. 2014. RegCM4.3.5 bölgesel iklim modelini kullanarak Türkiye ve çevresi bölgelerin yakın gelecekteki hava sıcaklığı ve yağış klimatolojileri için öngörülen değişikliklerin incelenmesi. Ege Coğrafya Dergisi, 23(1): 1-24.
- Türkeş, M. 1995. İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Türkiye. Çevre ve Mühendis, TMMOB Çevre Mühendisleri Odası yayın organı 9: 16-20.
- Türkeş, M. 1996. Spatial and temporal analysis of annual rainfall variations in Turkey. International Journal of Climatology, 16: 1057-1076.
- Türkeş, M. 1998. Influence of geopotential heights, cyclone frequency and southern oscillation on rainfall variations in Turkey. International Journal of Climatology, 18: 649–680.
- 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.
- Türkeş, M. 2000. 'El Niño-Güneyli Salınım ekstremleri ve Türkiye'deki yağış anomalileri ile ilişkileri'. Çevre, Bilim ve Teknoloji, 1: 1-13.
- Türkeş, M. 2001. Küresel iklimin korunması, İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Türkiye. Tesisat Mühendisliği, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Süreli Teknik Yayın 61: 14-29.
- Türkeş, M. 2008a. Küresel iklim değişikliği nedir? Temel kavramlar, nedenleri, gözlenen ve öngörülen değişiklikler. İklim Değişikliği ve Çevre, 1: 45-64.
- Türkeş, M. 2008b. İklim değişikliği ve küresel ısınma olgusu: Bilimsel değerlendirme. S: 21-57. E. Karakaya (ed.). Küresel Isınma ve Kyoto Protokolü: İklim Değişikliğinin Bilimsel, Ekonomik ve Politik Analizi. Bağlam Yayınları, İstanbul.

► Türkeş, M. 2010. Klimatoloji ve Meteoroloji. Birinci Baskı, Kriter Yayınevi: 650 + XXII sayfa, İstanbul.

► Türkeş, M. 2011. Akhisar ve Manisa yörelerinin yağış ve kuraklık indisi dizilerindeki değişimlerin hidroklimatolojik ve zaman dizisi çözümlemesi ve sonuçların çölleşme açısından coğrafi bireşimi. Coğrafi Bilimler Dergisi, 9 (1): 79-99.

► Türkeş, M. 2012a. Küresel İklim Değişikliği ve Çölleşme. S: 1-42. Ed. N. Özgen. Günümüz Dünya Sorunları – Disiplinlerarası Bir Yaklaşım. Eğiten Kitap, Ankara.

► 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.

► Türkeş, M. 2013a. İklim Değişiklikleri: Kambriyen'den Pleyistosene, Geç Holosen'den 21. Yüzyıla. Ege Coğrafya Dergisi, 22(1): 1-25.

► Türkeş, M. 2013b. Türkiye'de gözlenen ve öngörülen iklim değişikliği, kuraklık ve çölleşme. Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi, 4(2): 1-32.

► Türkeş, M. 2014a. Örneklerle Dünya'da ve Türkiye'de iklim değişikliği ve değişkenliği. Bilim ve Gelecek, 129: 60-64.

► Türkeş, M. 2014b. Türkiye'deki 2013-2014 kuraklığının ve klimatolojik/meteorolojik nedenlerinin çözümlenmesi. Konya Toprak Su Dergisi, 2: 20-34.

► Türkeş, M. 2016. Küresel İklim Değişiklikleri ve Başlıca Nedenleri ile Dünya'da ve Türkiye'de Gözlenen ve Öngörülen İklim Değişiklikleri ve Değişkenliği. İçinde: "Küresel İklim Değişikliği ve Etkileri" Engin Ural Anısına, s. 71-115. Türkiye Çevre Vakfı Yayını, Ankara.

► Türkeş, M. 2020. İklim değişikliğinin fiziksel bilim temeli -II: Dünyada ve Türkiye'de Gözlenen ve Öngörülen İklim Değişiklikleri ve Değişkenliği. Toplum ve Hekim, 35(1): 3-31.

► Türkes, M. 2021. Türkiye'nin Su İklimi, İklim Değişikliği ve 2019-2020 Kuraklığı. EKOIQ, Ocak-Şubat, 90-97.

► Türkeş, M. and 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.

- Türkeş, M. and 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.
- Türkeş, M. and 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, 29: 117-135.
- Türkeş, M. and Erlat, E. 2008. Influence of the Arctic Oscillation on variability of winter mean temperatures in Turkey. Theoretical and Applied Climatology, 92: 75-85.
- Türkeş, M. and Erlat, E. 2009. Winter mean temperature variability in Turkey associated with the North Atlantic Oscillation. Meteorology and Atmospheric Physics, 105: 211–225.
- Türkeş, M. and Sümer, U.M. 2004. Spatial and temporal patterns of trends and variability in diurnal temperature ranges of Turkey. Theoretical and Applied Climatology, 77: 195-227.
- Türkeş, M. and 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.
- Türkeş, M. and Erlat, E. 2018. A scientific assessment of observed changes and trends in extreme weather and climate events in the world and Turkey. In Meltem Ucal (Ed.), Climate Change and Green Perspective: Green Economy, Green Growth (pp. 5-38). Istanbul, Turkey: Heinrich Böll Stiftung Foundation.
- Türkeş, M. ve Yıldız, D. 2014. Gözlenen Bugünkü ve Benzeştirilen Gelecek Yağış Değişimleri ve Kuraklık Olayları Perspektifinde Türkiye'de Hidroelektrik Santrallerin Geleceği. 22 Ocak 2014. Hidropolitik Akademi İklim Değişikliği ve Kuraklık Çalışmaları, Ankara.
- Türkeş, M., Sümer, U. M. and 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.
- Türkeş, M., Koç, T. and Sarış, F. 2009a. Spatiotemporal variability of precipitation total series over Turkey. International Journal of Climatology, 29: 1056-1074.

- Türkeş, M., Akgündüz, A.S. ve 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.
- Türkeş, M., Kurnaz, M. L., Öztürk, T. and Altınsoy, H. 2011. Climate changes versus 'security and peace' in the Mediterranean macroclimate region: are they correlated? Pp: 625-639. Proceedings of International Human Security Conference on Human Security: New Challenges, New Perspectives. 27-28 October 2011, İstanbul.
- Turkes, M., Turp, M. T., An, N., Ozturk, T. and Kurnaz, M. L., 2020. Impacts of Climate Change on Precipitation Climatology and Variability in Turkey, Chapter 14. In Harmancioglu, N. B., Altinbilek, D. (Eds.), Water Resources of Turkey. World Water Resources, vol 2. Springer, Cham, pp 467-491. https://doi.org/10.1007/978-3-030-11729-0_14

İnternet Kaynakları

- [1]https://scrippsco2.ucsd.edu/graphics_gallery/mauna_loa_record/mauna_loa_record.html
- [2] http://www.globalwarmingindex.org/

ATMOSFERDEKİ SERA GAZLARI, KUVVETLENEN SERA ETKİSİ VE KÜRESEL ISINMA

Prof. Dr. Murat Türkeş

Atmosferdeki insan kaynaklı sera gazı birikimlerinde sanayi devriminden beri gözlenen artış sürmektedir. En genel anlamıyla doğal ve insan kaynaklı (antropojen) iklim değişikliğinin nedenlerini anlayabilmek için, diğer etmenlerin yanı sıra, Yerküre-atmosfer sisteminin ısınması ve yaşanacak bir sıcaklığa ulaşması için gerekli olan ışınımsal olarak etkin ve atmosferdeki birikimleri (konsantrasyon) değişken sera gazları ve sera etkisinin çalışma ilke ve düzeneklerinin bilinmesi gerekir. Bu temel bilgi, sanayi devrimi sonrasında, özellikle de 20. Yüzyılın son çeyreğinden günümüze değin küresel iklim sisteminin değişmesine yol açan insan etkisini, insan kaynaklı iklim değişikliğini ve insan kaynaklı iklim değişikliğiyle savaşım ve etkilerinin azaltılması açısından da yaşamsaldır.

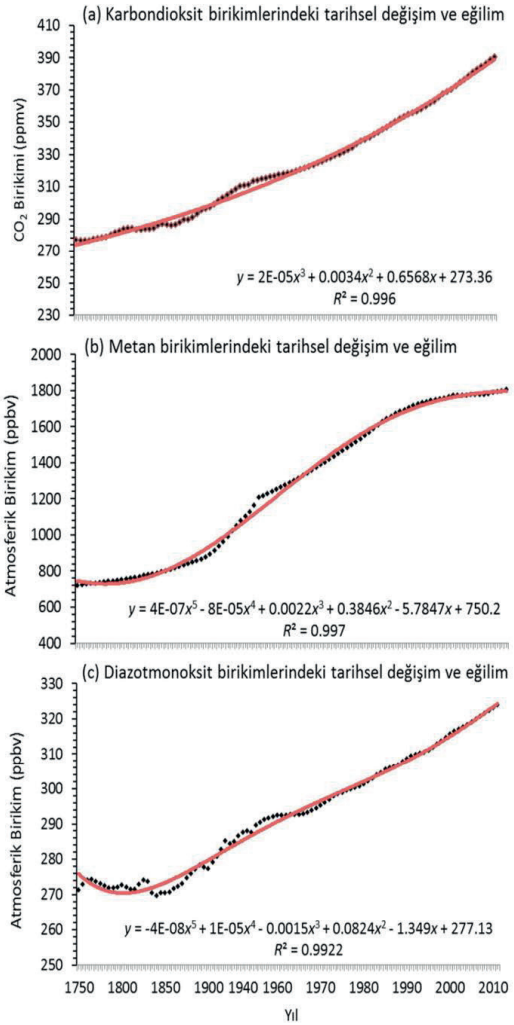
Bu kitapçık, klimatoloji ve meteorolojinin geniş kapsamlı ele alındığı iki ders kitabının (Türkeş, 2010, 2017) ilgili bölümleri doğrudan kullanılarak hazırlanmıştır.

1. Atmosferdeki Değişken Gazlar ve Aerosoller

Hava, atmosferdeki birikimleri zamandan zamana ve yerden yere önemli düzeyde değişen birçok gaz ve partikülden, daha açık bir söyleyişle havada asılı durabilen (uçucu) parçacıklardan oluşur. Karbondioksit (CO_2), su buharı (H_2O), diazotmonoksit (N_2O), metan (CH_4), çeşitli asılı parçacıklar ve ozon (O_3), değişken gazların ve aerosollerin önemli örneklerindendir. Bu gazların atmosferdeki birikimlerinin oranları küçük olmasına karşın, hava ve iklim üzerindeki etkileri çok önemlidir.

Atmosferdeki birikimleri değişken ve insan etkinliklerinden etkilenen CO_2, N_2O ve CH_4 gibi önemli sera gazlarının atmosferdeki tutarları arasında bir karşılaştırma yapabilmek için, bu sera gazlarının ayrıntılı olarak sanayi öncesinden günümüze kadarki değişimleri Şekil 1'de verilmiştir. CO_2, CH_4 ve N2O, hem doğal hem de antropojen kaynaklara sahiptir. Burada verilmemesine karşın, örneğin hidroflorokarbonlar (HFC'ler), perflorokarbonlar (PFC'ler), kloroflorokarbonlar (CFC'ler) ve bunların çeşitli türevleri ise 20. yüzyıldan beri sanayi süreçleri ile üretilmekte (insan kaynaklı) ve atmosfere salınmaktadır.

Şekil 1: Atmosferdeki (a) CO_2, (b) CH_4 ve (c) N_2O gazlarının sanayi öncesinden günümüze değin yıllık ortalama birikimlerinde gözlenen uzun dönemli değişimler ile 3. ve 5. dereceden polinom regresyon eğrilerine göre uzun süreli eğilimler (Türkeş, 2010, 2017).



Tablo 1'de yer almamalarına karşın, su buharı ve ozon da önemli sera gazlarıdır. En büyük sera etkisi CO_2 ile birlikte su buharınındır. Ancak, su buharının iklim sisteminin kendi iç süreçleriyle ve küresel boyutta değerlendirilen troposferdeki birikimi antropojen kaynaklardan ve yutaklardan etkilenmez. Günümüzde, küresel ısınmanın atmosferdeki su buharı birikimini arttıracağına ve artan su buharı

birikiminin de doğal sera etkisini kuvvetlendirerek görece uzun bir süre küresel ısınmayı arttıracağına inanılmaktadır. Bu yüzden su buharı ve değişimleri, önemli atmosfer girdileri olarak iklim modellerine sokulmaktadır. Ozon birikimi, çeşitli insan etkinlikleri sonucunda hem stratosferde hem de troposferde değişmektedir. Sanayi devriminden bin yıl önce, atmosferdeki sera gazı tutarları görece sabit kalmıştır. Ancak, Dünya nüfusundaki hızlı artışa, hızlı sanayileşmeye, fosil yakıtlara dayalı enerji üretimindeki artışlara ve tarımsal gelişmelere koşut olarak, atmosferdeki sera gazı birikimleri belirgin olarak artmıştır (Şekil 1). Sonuç olarak, atmosferdeki sera gazı birikimlerinin buzul çağları boyunca doğal olarak değiştiği ve insan etkinlikleri sonucunda sanayi devriminden beri artış gösterdiği iyi bilinmektedir (bkz. Şekil 6).

Tablo 1: Su buharı içermeyen havanın (kuru hava) kimyasal bileşimi ve gaz birikimleri (Türkeş 2017'ye göre güncellendi).

Gaz (atom ve moleküller)	Birikim (ppmv)*	Hacim (%)
Kuru hava	1,000,000.0	100.0
Azot (N_2)	780,790.0	78.079
Oksijen (O_2)	209,450.0	20.945
Argon (Ar)	9,339.0	0.934
Karbondioksit (CO_2) (2019 yılında)	413.0	0.0413
Neon (Ne)	18.2	0.001818
Helyum (He)	5.2	0.000524
Metan (CH_4)	1.8	0.000179
Kripton (Kr)	1.1	0.000114
Hidrojen (H_2)	0.55	0.000055
Diazotmonoksit (N_2O)	0.33	0.000033

(*) Bir arada değerlendirildiklerinde, gazların atmosferdeki birikimleri, milyon hacimde kısım (ppmv), başka bir söyleyişle milyonda birim olarak gösterilir. Burada gazın niceliksel değeri, 1 milyon üyeden oluşan bir kuru hava örneğine dayandırılarak açıklanır. Örneğin, CO_2 birikiminin 413 ppmv (kısaca ppm) olması, bu sera gazının bir milyon gaz molekülü içeren kuru hava hacminde 413 molekül birikimine sahip olduğunu gösterir. 413 ppm yüzde cinsinden % 0.0413 olarak gösterilebilir.

1.1. Su buharı

Havadaki su buharı (H_2O) tutarı, önemli ölçüde değişkendir. Yine de birikimi hacimde yaklaşık % 4'ü geçmez. Öyleyse, oranı bu kadar küçük olan bir gaz, neden bu kadar önemlidir? Kesin olan gerçek, su buharının tüm yoğunlaşma ürünlerinin (sisin, bulutların, yağışın, vb.) kaynağı olmasıdır. Su buharının başka görevleri de vardır. Su buharı, CO_2 gibi Güneş enerjisinin bir bölümünü ve Yerküre'nin saldığı uzun dalga boylu ışınımı (ısı enerjisini) emme yeteneğine sahiptir. O yüzden, su buharı da CO_2 gibi ışınımsal olarak etkili bir sera gazıdır ve atmosferin ısınma sürecinin anlaşılmasındaki rolü çok önemlidir. Su bir durumdan ya da fazdan (evreden) öteki faza geçtiği zaman (örneğin sıvı sudan su buharına ya da buza), ısı emer ya da ısı salar. Bu enerji, gizli ısı olarak adlandırılır. Evre (durum) değişikliğinin çeşidine bağlı olarak, örneğin buharlaşma sırasında alınan ısı buharlaşma gizli ısısı, yoğunlaşma sırasında salınan ise yoğunlaşma gizli ısısı olarak adlandırılır.

Kitabın sonraki bölümlerinde göreceğimiz gibi, atmosferdeki su buharı, gizli ısıyı bir bölgeden bir başka bölgeye taşır. Gizli ısının taşınması ise, gök gürültülü fırtınalar, süper hücre fırtınaları ya da hortumlar ve tropikal siklonlar vb. gibi şiddetli hava olaylarının ve fırtınaların oluşmasına yardım eden ana enerji kaynağıdır.

Tablo 2: Atmosferdeki başlıca sera gazlarının ve uçucu parçacıkların kaynakları ve yutakları (Türkeş, 2017).

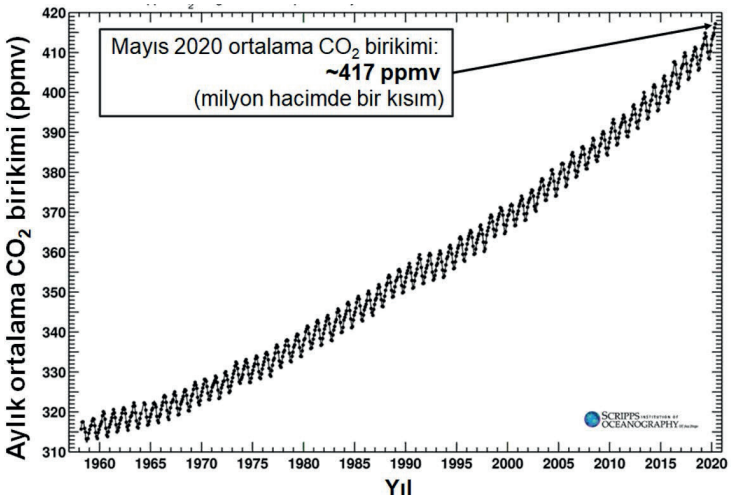
Madde	Kaynak	Yutak
H_2O	Geniş su yüzeylerinden (okyanus, deniz, göl ve bataklıklar, barajlar, vb.) buharlaşma, uçak izleri (hava trafiği), yanma, soğutma kuleleri, vb.	Bulut damlacıkları, yağışlar, kar-buz örtüsü ve buzullar
CO_2	Fosil yakıtların (petrol, kömür, doğal gaz, vb.) yakılması, ormansızlaşma, biyokütle yakılması, çimento üretimi, bitki solunumu, organik madde ayrışması, okyanuslardaki biyolojik ve fizikokimyasal süreçler, vb.	Temel olarak fotosentez yoluyla okyanus ve kara biyosferinde tutulma

Madde	Kaynak	Yutak
CH_4	Çeltik tarlaları, doğal sulak alanlar, geviş getiren çiftlik hayvanları, biyokütle yakılması, fosil yakıt üretimi (madencilik, gaz kuyusu delme, maden-galeri havalandırması, iletme, taşıma, vb.), termitler, hayvansal ve evsel atıklar, vb.	Atmosferde hidroksil radikallerle tepkime
N_2O	Su ve topraklardaki biyolojik kaynaklar, gübre kullanımı, biyokütle yakılması, endüstriyel kaynaklar, vb.	Atmosferde fotokimyasal bozulma
CFCler ve halonlar	Endüstriyel kaynaklar: püskürtücüler, soğutucular, köpük sıkıcı aletler, solventler, yangın örtücüler ve söndürücüler, vb.	Stratosferde fotokimyasal bozulma
Aerosoller	Fosil yakıt yanması, kurum, biyokütle yakılması, yanardağ etkinliği, toz, deniz tuzu, bitkiler, vb.	Yağış ile yıkanma

1.2. Karbondioksit

İnsan etkinliklerinin doğrudan etkisi altında bulunan en önemli sera gazı karbondioksittir. CO_2'nin bir başka özelliği Yerküre sisteminin her yerinde bulunmasıdır. Öte yandan karbondioksit, Yerküre sisteminin edilgen bir unsuru olarak değil, tersine biyosferi olduğu kadar okyanusları ve atmosferi de içeren karbon döngüsü evriminin tamamlayıcı bir parçası olarak kabul edilmelidir. Karbondioksit temel olarak, fosil yakıt yanması, sanayi süreçleri, biyosferde bitki solunumu ve organik madde ayrışması ile okyanuslarda fizikokimyasal süreçler yoluyla üretilmekte (kaynaklar), biyosferde fotosentez ve okyanuslarda fizikokimyasal süreçlerle tüketilmektedir (yutaklar) (Tablo 2; Şekil 3).

Şekil 2: Atmosferdeki CO2 birikiminin 1958-2020 yılları arasındaki aylık değişimleri ve uzun süreli eğilimi [1].

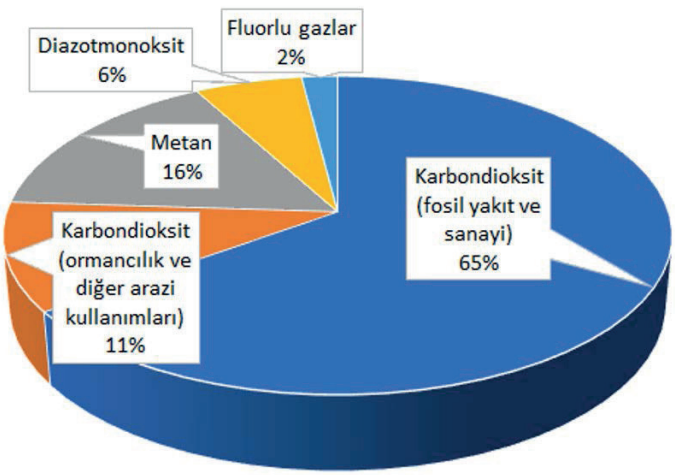


Atmosferdeki birikimi çok küçük olmasına karşın, CO_2 (Tablo 1) Yerküre'nin saldığı uzun dalga boylu enerjiyi etkili bir biçimde emdiği (soğurduğu) ve bu nedenle de atmosferin ısınmasını sağladığı için, iklim ve atmosfer bilimciler açısından çok önemli ve dikkat çekici bir gazdır. Özellikle atmosferdeki birikiminin büyüklüğü, artış hızı, 50-200 yıl arasında değişen yaşam süresi ve giden uzun dalga boylu (GUDB) kızılötesi yer ışınımının büyük bölümünü emme özelliği dikkate alındığında, CO_2'nin önemi daha iyi anlaşılır. Gerçekte CO_2'nin atmosferdeki oranı fazla değişken olmamakla birlikte (dağılışı oldukça türdeş), bu oran sanayi devriminden (genel olarak kabul edilen başlangıç yılı 1760, dönemi 1760-1840) beri yaklaşık 250 yıldır sürekli yükselmektedir (Şekil 1a).

Büyük Hawaii adasında Mauna Loa volkanı üzerinde bulunan Mauna Loa Gözlemevi'nde 1958 yılından beri yapılmakta olan güncel aletli CO_2 ölçümleri de Yerküre atmosferindeki CO_2 birikiminin hızlı bir biçimde arttığını göstermektedir. Mauna Loa'da ölçülen aylık ortalama CO_2 zaman dizileri incelendiğinde, sanayi öncesinde yaklaşık 280 ppmv (milyon hacimde bir molekül ya da milyonda bir parçacık) ve 1958 yılında yaklaşık 315 ppmv olan atmosferdeki yıllık ortalama

CO_2 birikimi, 2020'de 414 ppmv'ye ulaştı (Şekil 2). Atmosferdeki CO_2 birikiminin günümüzdeki düzeyi, geçmiş yaklaşık 700 bin yıllık kayıttaki doğal CO_2 birikimi değişimlerinin (yaklaşık 180-300 ppmv arasında değişmiş) çok üzerindedir. CO_2'deki bu artış, temel olarak fosil yakıtların (petrol, kömür, doğal gaz, vb.) sürekli artan bir oranda yakılması ve sanayi süreçleri ile büyük ölçekli arazi kullanımı değişiklikleri ve ormansızlaştırmayla açıklanır (Şekil 3). Karbondioksit tek başına küresel insan kaynaklı sera gazı salımlarının % 76'sından sorumludur.

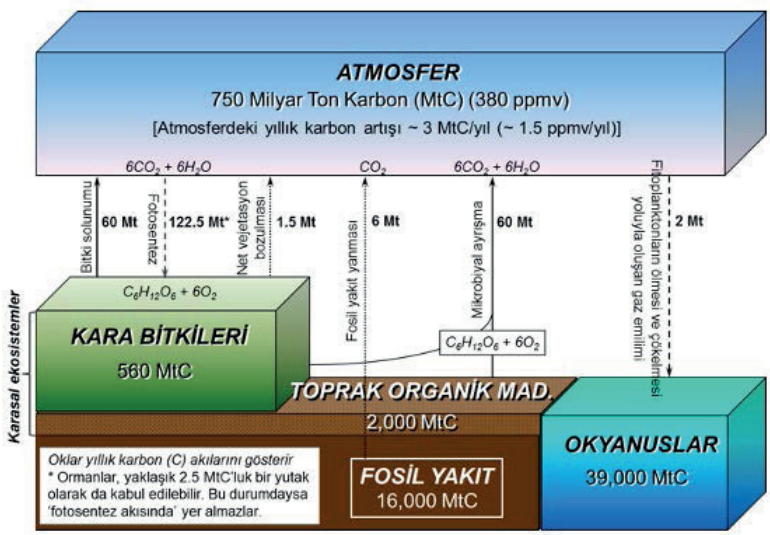
Şekil 3: Gazlara göre 2018 yılı sera gazı salımlarının payları (%) (IPCC, 2014).



Sözü edilen bu ek CO_2'nin çoğu okyanus sularında emilir ya da fotosentez sırasında bitkilerce kullanılır. Yine de insan kaynaklı CO_2 salımlarının yaklaşık yarısı atmosferde kalır. Sera gazı birikimlerindeki bu artışlar, Yerküre'nin GUDB kızılötesi ışınım yoluyla soğuma etkinliğini zayıflatarak, onu daha fazla ısıtma eğilimindeki bir pozitif ışınımsal zorlamanın oluşmasını sağlar. Bu yüzden, Yerküre/atmosfer ortak sisteminin enerji dengesine yapılan pozitif katkı, kuvvetlenen sera etkisi olarak adlandırılır (Türkeş, 2010, 2017). Bu ise, Yerküre atmosferindeki doğal sera gazları (su buharı, CO_2, CH_4, N_2O ve O_3) sayesinde yüz milyonlarca yıldan beri çalışan bir küresel düzenek olan doğal sera etkisinin kuvvetlenmesi anlamını taşır.

Küresel hesaplamalara göre, atmosfere salınan insan kaynaklı sera gazları nedeniyle, küresel karbon dengesi artık denk kapanmamaktadır (Şekil 4). Küresel karbon döngüsünün normal akılarına ek olarak, çoğunlukla arazi kullanımı değişiklikleri ve ormansızlaştırma yoluyla net vejetasyon bozulmasından yaklaşık 1,5 Mt ve fosil yakıt yanmasından yaklaşık 6,0 Mt olmak üzere, her yıl toplam 7,5 Mt dolayındaki karbon (C) atmosfere salınmaktadır. Küresel karbon döngüsünün iki büyük ana bileşenini oluşturan karasal ekosistemler (ormanları da içeren tüm kara bitkileri ve topraklar) ve okyanuslar, toplam tutarın yaklaşık 4,5 MtC'lik bölümünü tutar (Şekil 4). Karasal ekosistemlerin (biyotop ya da biyomlar) fotosentez ve okyanusların fitoplanktonlar yoluyla atmosferden uzaklaştırdığı karbon tutarı atmosfere salınan antropojen (insan) kökenli toplam 7,5 MtC tutarından çıkarıldığında, her yıl insan kaynaklı net 3,0 MtC'nin atmosferde kaldığı bulunur. Bu yüzden, insan kaynaklı iklim değişikliğini önleyebilmenin odak noktasını, atmosfere salınan sera gazı salımlarını sınırlandırma ve/ya da azaltmanın yanı sıra, her yıl atmosferde kalan yaklaşık 3,0 MtC'lik fazla karbonun çeşitli yutaklar aracılığıyla atmosferden uzaklaştırılması ve haznelerde biriktirilmesi çabaları oluşturur.

Şekil 4: Yıllık küresel karbon döngüsü ve insan kaynaklı sera gazı salımlarının 1990'lı yıllarda küresel karbon dengesinde yaptığı değişiklikler (Ochsner 1998 ve Türkeş 2010'e göre yeniden düzenlendi ve çizildi). Birimler milyar ton karbon (MtC) olarak verilmiştir. 1 birim C ~ 3,7 birim CO_2'ye eşit olduğuna göre, bu katsayıdan yararlanarak, C birimleri CO_2'ye dönüştürülebilir.



Bu kapsamda, dolotaşı (dolomit) ve kireçtaşı (kalker) gibi kimyasal ve biyokimyasal kökenli çeşitli çökelti kayaçlarının ve suların içindeki karbonat döngüsünün de karbon döngüsü üzerinde düzenleyici bir rol oynadığı bilinmektedir. Gerçekte, okyanuslar ve kayaç döngüsü, Yerküre'nin jeolojik geçmişi boyunca CO_2 için önemli bir yutak görevi üstlenmiştir. Karbondioksitin, ormansızlaşma ve orman arazilerinin tarım arazilerine dönüştürülmesi şeklindeki biyolojik kaynakları ile iklim değişikliği üzerindeki etkileri konularındaki belirsizlikler, endüstriyel CO_2 yutakları içinde geçerlidir.

Çeşitli sera gazı salım senaryolarına dayanan CO_2 projeksiyonları (kestirimleri), 20. Yüzyılın hemen başlarındaki CO_2 düzeylerinin 21. Yüzyılın ikinci yarısında yaklaşık ikiye katlanacağını gösterir. Atmosferde giderek artan CO_2 birikiminin ise, öteki sera gazlarındaki artış eğilimleriyle birlikte, alt atmosferde (troposferde) bir ısınmaya neden olarak, küresel iklim değişikliğini tetikleyeceği ve hızlandıracağı konusunda atmosfer ve iklim bilimcilerin çoğu uzlaşmış durumdadır. Bu olgu, doğal sera etkisinin kuvvetlenmesi ve insan kaynaklı iklim değişikliği olarak adlandırılır.

Tablo 3: Atmosferdeki önemli sera gazı birikimlerinin stabilizasyonu (IPCC, 1990).

Sera gazları	Gerekli olan azaltma (%)
CO_2	60 <
CH_4	15 - 20
N_2O	70 - 80
CFC-11	70 - 75
CFC-12	75 - 85

Bu yüzden, atmosferdeki insan kaynaklı sera gazlarının (GHG) tutarlarının, bu gazları günümüz birikim düzeylerinde tutmak (stabilizasyon) amacıyla azaltılması gerekir (Tablo 3). Atmosferik stabilizasyon terimi, çoğu kez sera gazı birikimlerini belirli bir düzeyde durdurma ya da sınırlama anlamında kullanılır. Bu gazların her birinde sağlanabilecek olan durdurma ise, iklim sistemi üzerinde farklı etkilere sahiptir ve bu durum yüksek olasılıkla gelecekte de böyle olacaktır. Tablo 3'ten görüleceği gibi, örneğin CO_2 birikimlerini 1990 düzeyinde durdurabilmek için

ya CO_2 salımları 1990'lı yıllarda %60'dan fazla azaltılmalıydı ya da 1990 yılından sonraki her yıl %2 oranında bir azaltmanın yapılması gerekiyordu.

Gerçekte, bugüne değin söz konusu öngörü ve beklentilerin hiçbirisi, ne Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) ve Kyoto Protokolü kapsamında gerçekleştirilebilmiştir, ne de bunu Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) 1,5 ºC Küresel Isınma Özel Raporu'na (IPCC ÖR1,5 °C, 2018) göre Paris Antlaşması gerçekleştirebilecektir. IPCC ÖR1,5 °C, Paris Antlaşması'nın hedeflerinden birisi olan küresel ısınma düzeyini 1,5 °C'de sınırlandırmanın ya da 2 °C'nin altında tutmanın hala olanaklı olduğunu vurgulamaktadır. Ancak örneğin küresel ısınma düzeyini 1,5 °C'de sınırlandırmak için, 2030 yılına kadar 2010 yılına göre insan kaynaklı CO_2 salımlarının mutlaka %45 oranında azaltılması ve 2050 yılına değin net sıfır salıma düşülmesi gerekmektedir. Bu ise, ancak enerji, sanayi, tarım, konut, ulaştırmadan kaynaklanan CO_2 salımlarının 2050 yılına gelindiğinde 2010 yılına göre %75-90 oranında azaltılmış olması anlamına gelmektedir.

Güncel küresel GHG salımlarına ve Paris Antlaşması kapsamında ülkelerin BM'ye sunduğu Ulusal Olarak Belirlenmiş Katkıları (NDC'ler) ya da 'Niyet Beyanları'na baktığımızda, bu küresel ısınma düzeyinin başarılamayacağı açıkça görülüyor. 1,5 °C küresel ısınma yolunu izlemek (ya da 1,5 °C'lik bir sıcaklık artışı) için, 2016 yılında yaklaşık 52 Milyar Ton CO_2 eşdeğer / yıl ($MtCO_2e$ / yıl) düzeyinde olduğu kestirilen küresel GHG salımlarını 2030 yılında 25-30 $GtCO_2e$ ile sınırlandırmış olmak gerekir. NDC'lere göre kestirilen koşulsuz 52-58 (ya da koşullu 50-54) $GtCO_2e$ hedefleri ise, '25-30 $GtCO_2e$ sınırlandırmaya göre çok daha yüksektir. Başka bir deyişle Paris Antlaşması kapsamında ülkelerin sunmuş oldukları bugünkü NDC'lerle küresel ısınmayı ne 2030 yılına ne de yüzyılın sonuna kadar 1,5 °C'de sınırlandırmak olanaklıdır.

1.3. Metan

Metanın (CH_4) çok sayıda doğal ve antropojen kaynağı vardır. Metan, oksijensiz (anaerobik) koşullar altında ayrışma ya da çürüme (dekompozisyon) yoluyla açığa çıkar. Başlıca CH_4 kaynakları, çeltik tarımı, sulak alanlar, yabani ve evcil hayvanlar (özellikle antilop, manda ve sığırların mide fermantasyonu), beyaz karıncalar, doğal gaz ve kömür işletmeciliği, biyokütle yanması ve kentsel çöplerin biriktirildiği arazi dolgularıdır.

Günümüzde (2011) atmosferdeki metan birikimi, sanayi öncesi değerinin 2,5 katını aşarak 1803 ± 4 ppbv'ye ulaşmıştır (Şekil 1b) ve her yıl yaklaşık olarak %1 oranında artmaktadır. Bu artışın bir bölümü, çiftlik hayvancılığının özellikle sığır yetiştiriciliğinin yaygınlaşması ve çeltik tarımındaki artışlarla, doğal gaz kaçakları ve çöp biriktirme alanları gibi antropojen kaynaklardaki artışlara bağlanmaktadır.

Metan atmosferden kimyasal süreçlerle uzaklaştırılır. Ana yutak, hidroksil radikal (OH) ile olan reaksiyondur. Atmosferdeki OH birikimi, CH_4, karbonmonoksit (CO), metan dışı öteki hidrokarbonlar, azot oksitleri (NOx) ve troposferik ozonu (O_3) içeren karmaşık bir fotokimyasal tepkime dizisiyle denetlenir. Bu yüzden, bazı çalışmalarda genel olarak sera gazlarının atmosferdeki artışı karşısında OH birikiminde beklenen azalmaya bağlı olarak, söz konusu yutak etkisinin 20. yüzyıl boyunca azalmış olabileceği belirtilmiştir. Metan'ın atmosferdeki yaşam ömrü 11 yıl olarak öngörülmüştür. Bu süre, öteki sera gazlarının yaşam ömürleriyle karşılaştırıldığında görece kısadır. Örneğin, metan salımlarını 1990 düzeyinde tutmak ya da durdurmak için insan kaynaklı küresel salımlarda ivedilikle % 15-20 oranında bir azaltmanın gerekli olduğu önerilmiştir.

Doğal kaynaklardan çıkan metan salımlarındaki değişimler de iklimin değişmesinde etkili olabilir. Tropikal sulak alanlardaki ve çeltik tarlalarındaki CH_4 üretimi, toprak nemine ve bu nedenle de buharlaşmadaki ve yağıştaki değişikliklere bağlıdır. Ancak, sözü edilen bu değişikliklerin boyutu ve belirtileri henüz iyi bilinmemektedir. Bunun

dışında, yüksek kuzey enlemlerdeki sürekli donmuş ve yarı donmuş toprakların çözülmesi, bu arazilerde tutulmuş olan metan gazının salınmasına yol açabilir. Küresel ısınmanın gerçekleşmesi durumunda, bu yolla önemli ölçüde ek metan salımı da üretilebilir. Bu kaynağın büyüklüğünü kestirmek de zordur.

1.4. Diazotmonoksit

Diazotmonoksit (N_2O) çeşitli biyolojik kaynaklar tarafından üretilmektedir. Toprak ana kaynaktır; öteki önemli kaynak ise okyanuslardır. Salımların, özellikle topraktan kaynaklanan salımların nicel bir değerlendirmesini yapmak, sürecin karmaşıklığı (ör. N_2O hem toprakta üretilmekte, hem de toprakta bozulabilmektedir) ve gözlemsel verilerin azlığı gibi koşullar yüzünden zordur. Yine de küresel N_2O salımlarının yaklaşık % 90'ının topraktan kaynaklandığı öngörülür.

Günümüzde (2011) atmosferdeki diazotmonoksit (N_2O) birikimi, küresel ortalama 324 ± 1 ppbv değeri ile sanayi öncesi dönemden yaklaşık olarak % 17 oranında daha yüksektir (Şekil 1c). Atmosferdeki N_2O artışından sorumlu olduğu düşünülen temel süreçler, azot ve amonyum gübrelerinin uygulanması sonucunda toprakta N_2O üretimi ve daha az önemli olmakla birlikte, fosil yakıt tüketimi ve biyokütle yakılmasıdır.

Diazotmonoksit için ana atmosferik yutak ise, atmosferdeki fotokimyasal bozulmadır. Bu gazın atmosferdeki yaşam ömrü, yaklaşık 150 yıl olarak öngörülmüştür. Uzun dalga boylu yer ışınımının bazı dalga boyu aralıkları için etkili bir emici olduğu ve atmosferde çok uzun süre kalabildiği için, N_2O'nun küresel ısınma üzerindeki potansiyel katkısı büyüktür. Atmosferdeki N_2O birikimlerini 1990 yılı düzeyinde tutabilmek için, 1990 sonrası N_2O salımlarında ivedilikle % 70-80 dolayında bir azaltma yapılmasının gerekli olduğu belirlenmiştir.

1.5. Kloroflorokarbonlar

Stratosferdeki ozonun bozulmasına yol açarak ozon tabakasını incelten klorofluorokarbonlar (CFC'ler), aynı zamanda önemli sera gazlarının arasında yer alır. Tümü insan kaynaklı olan CFC'lerin en önemlileri, CFC-11, CFC-12, CFC-113 ve HCFC-22 maddeleridir. Başlıca kullanım alanları, aerosol püskürtücü, köpük sıkıcı, soğutucu ve solvent gibi alet ve maddelerdir. CFC'ler, başka nedenlerin yanı sıra kimyasal olarak etkin olmadıkları ve kararlı oldukları için insanoğlu tarafından yaygın olarak kullanılmıştır. Kloroflorokarbonların bu özellikleri onlara, bir kere atmosfere salındıklarında bozulmaya karşı direnç kazandırır. CFC'leri atmosferden uzaklaştıracak tek önemli işlem, stratosferdeki fotokimyasal bozulmadır; ancak bu süreç yavaş işlemektedir. CFC-11 ve CFC-12'nin yaşam süreleri, sırasıyla 65 ve 130 yıldır. Öteki CFC'ler de bunlara yakın ya da daha uzun yaşam sürelerine sahiptir.

Atmosferdeki CFC'lerin ve hidro-klorofluorokarbonların birikimi, bu maddelerin kullanımının artmaya başladığı 1960'lu yıllarla birlikte hızlı bir artış göstermiştir. CFC'lerdeki yıllık artış oranı, 1990'lara kadar öteki sera gazlarının artış oranlarından daha fazla olmakla birlikte, kullanımlarının küresel ölçekte gerçekleştirilen sınırlandırmaları sonucunda, atmosferdeki birikimleri 1995 yılından sonra görece azalmaya başlamıştır. Bu gazların atmosferdeki birikimleri, çoğunlukla 2000'li yıllarla birlikte önemli bir değişim göstermeden ya da çok az azalarak varlıklarını sürdürmektedir.

Kloroflorokarbonların ozon katmanı üzerindeki zararlı ya da bozucu etkisinin yaygın bir kabul görmesi sonucunda, önce 1985 yılında "Ozon Tabakasının Korunmasına İlişkin Viyana Sözleşmesi", ardından 1987 yılında "Ozon Tabakasını İncelten Maddelere İlişkin Montreal Protokolü çok sayıda hükümet tarafından imzalanmış ve taraf olunmuştur. Montreal Protokolü ile çok sayıda CFC'nin üretimini azaltmaya ve dondurmaya yönelik önlemler ve yükümlülükler konusunda anlaşmaya varılmıştır. Montreal Protokolü'ne taraf olan ülkelerin sürdürmekte oldukları görüşmelerde, CFC ve halonların salımlarını gelecekte önemli ölçüde

azaltacak ya da tümüyle durduracak daha etkili önlemlerin üzerinde durulmuştur; bunda başarılı olunmaya da başlanmıştır. Bunun yanında, başlangıçtaki listeye yeni maddeler eklenmektedir. Ancak, Montreal Protokolü'nde üzerinde anlaşmaya varılan tüm yükümlülükler gerçekleştirilse bile, bu maddelerin atmosferdeki yaşam süreleri oldukça uzun olduğu için, CFC'lerin atmosferdeki birikimleri en azından 21nci yüzyılda da yüksek olabilecektir.

1.6. Aerosoller

Atmosfer hareketleri, büyük tutarlarda katı ve sıvı parçacığı havada asılı tutmaya yetecek düzeydedir. Havadaki görünür tozlar (ör. özellikle sıcak çöllerden kaynaklanan toz bulutları), bazen gökyüzünü kapatmasına ya da bulutlandırmasına karşın, bu parçalar havada uzun süre kalabilmeleri açısından oldukça ağırdır. Yine de bu parçacıkların çoğu mikroskobik özelliktedir ve önemli bir hava olayı dönemi boyunca havada asılı kalabilir. Havada asılı küçük parçacıklar (aerosoller), doğal ve insan kökenli birçok kaynaktan gelmektedirler. Bunlar, orman yangınlarından ve fosil yakıtların yakılmasından kaynaklanan is ve dumanı (karbon), termik santrallerin ve çimento fabrikalarının bacalarından salınan partikülleri, dalga kırılmasından kaynaklanan tuzları, havaya uçan ince toprağı, rüzgârın havaya kaldırdığı polen ve mikro organizmaları, volkanik püskürmelerden kaynaklanan volkanik kül ve tozu içerir.

Aerosoller, birincil kaynaklarına yakın alt atmosferde daha fazla bulunur. Ancak, yüksek atmosferde de aerosoller bulunur. Bunun nedeni, bazı tozların, yükselen hava akımları sonucunda atmosferin yukarılarına kadar taşınmasıdır. Meteoritlerin (göktaşlarının) atmosfere girerek parçalanmasıyla oluşan öteki parçacıklarsa, atmosferdeki aerosol tutarına katkı sağlar. Bu ince ve çoğunlukla görünmez parçacıklar klimatolojik ve meteorolojik açıdan önemlidir. Öncelikle, havada asılı durabilen ve atmosfer hareketleri ile taşınabilen bu parçacıkların çoğu, üzerinde su buharının yoğunlaşabildiği yüzeyler yani yoğunlaşma çekirdekleri olarak görev yaparlar. Bu özellik, bulut ve sislerin oluşumu açısından önemli bir işlevdir. Toz

ve benzeri parçacıkların bu özelliğine, yoğunlaşma çekirdeği adı verilir. İkincisi, aerosoller, gelen Güneş radyasyonunu emebilirler ya da yansıtırlar. Bu nedenle, hava kirliliğinin oluştuğu dönemlerde ya da volkanik püskürmeler sonrasında küllerin gökyüzünü kapladığı zamanlarda, yeryüzüne ulaşan Güneş ışığı belirgin olarak azalabilir. Son olarak, gün doğumu ve gün batımında gözlenen, kırmızı ve turuncunun çeşitli tonlarıyla görünen bir optik olayın oluşumuna da katkı sağlar.

2. SERA GAZLARININ KÜRESEL ISINMA POTANSİYELİ

İnsan kaynaklı iklim değişikliği ve küresel ısınma kapsamında bilinmesi gereken bir başka önemli kavram küresel ısınma potansiyelidir (GWP). Bir sera gazının küresel ısınma potansiyeli, karbondioksite oranla ya da karbondioksitle karşılaştırıldığında, o gazın belirli bir sürede atmosferde görece daha fazla (ekstra) ısı enerjisi emme yeteneğidir. GWP çoğunlukla 100 yıllık bir dönem için hesaplanır ve bu nedenle de 100 yıllık GWP olarak adlandırılır (Tablo 4).

Tablo 4: IPCC 4. Değerlendirme Raporu'na (IPCC, 2007) göre bazı sera gazlarının 100 yıllık küresel ısınma potansiyeli değerleri.

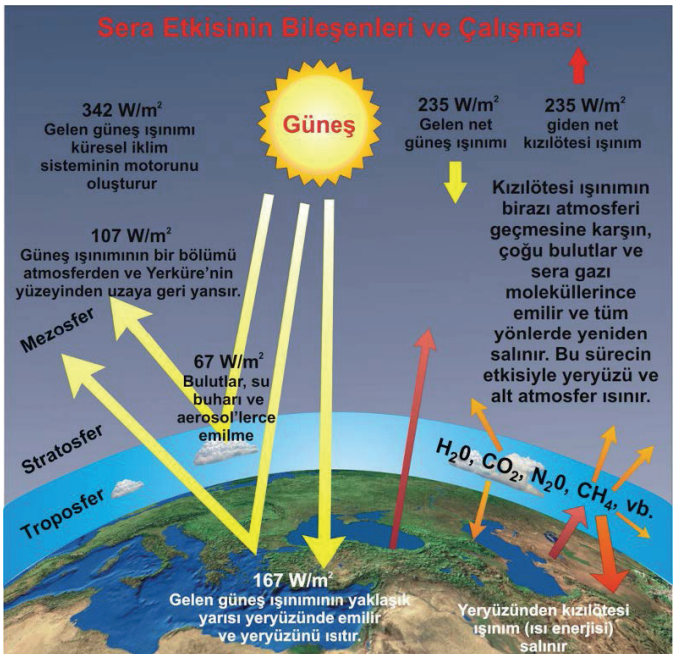
Sera Gazları	Kimyasal formül	Küresel Isınma Potansiyeli
Karbondioksit	CO_2	1
Metan	CH_4	25
Diazotmonoksit	N_2O	298
Sülfür heksafluorid	SF_6	22,800

GWP iki etmene yakından bağlıdır. Bunlardan birincisi, söz konusu sera gazı atmosferdeyken ısı emmede ne kadar etkilidir? Diğeriyse, bir sera gazı molekülü atmosferde bozuncaya ve/ya da çeşitli düzenekler yoluyla uzaklaştırılıp yutaklarda tutuluncaya ya da biriktirilinceye kadar atmosferde ne kadar süre kalır? Örneğin metan molekülü ortalama olarak yaklaşık 12 yıllık bir sürede oldukça hızlı bir biçimde atmosferde bozunur, yok olur. Öte yandan, metan, CO_2'den daha etkili bir biçimde ısı enerjisi emer ve ortalama koşullarda metanın daha uzun bir yaşam ömrü vardır.

GWP ayrıca şu sorunun yanıtını vermemizi kolaylaştırır ve/ya da sağlar. Eğer bir sera gazı (ör. CO_2, CH_4, N_2O, vb.) belirli bir ısı tutarını emerse, aynı tutarda enerjiyi ne kadarlık bir CO_2 tutarı emer? Örneğin, metan molekülünün 100 yıllık GWP 25'dir (Tablo 4). Bu yüzden, eğer atmosfere 1 ton tutarında metan gazı salınırsa, bu tutardaki metan 25 ton tutarındaki CO_2'nin yarattığı ile aynı düzeydeki bir ısınmaya yol açar. Bu durum, örneğin metan açısından 25 ton CO_2 eşdeğer (CO_2e) olarak da açıklanır.

GWP gibi tüm sera gazları için geliştirilmiş olan bir ortak ölçek, farklı insan etkinlikleri ve sektörlerden kaynaklanan sera gazı salımları arasında nesnel bir karşılaştırma olanağı vermektedir. Bu olanak çeşitli sera gazlarının salım düzeylerini azaltmaya yönelik ne kadar çaba gösterilmesi gerektiğine olabildiğince nesnel olarak karar vermeyi de kolaylaştırır. Ayrıca, salım azaltma stratejilerine ilişkin olarak, ekonomik etkileri en aza indirirken farklı sera gazlarına ilişkin hedeflerin belirlenmesini de sağlar.

Şekil 5: Sera etkisinin şematik gösterimi (Türkeş, 2010). Yerküre'nin sıcaklık dengesinin kuruluşundaki en önemli süreç olan doğal sera etkisi, temel olarak, atmosferin yüksek enerjili kısa dalga boylu Güneş ışınımını geçirme, buna karşılık düşük enerjili uzun dalga boylu yer ışınımını tutma eğiliminde olması nedeniyle oluşur.



CO2

3. DOĞAL SERA ETKİSİ

İklim sistemi için önemli olan doğal etmenlerin başında sera etkisi gelir (Şekil 5). Bitki seraları GKDB Güneş ışınımını geçirmekte, buna karşılık salınan GUDB yer ışınımının büyük bölümünün kaçmasına engel olmaktadır. Sera içinde tutulan kızılötesi ışınım, seranın ısınmasını sağlayarak, hassas ya da ticari değeri bulunan bitkiler için uygun bir yetişme ortamı oluşturur. Atmosfer de benzer bir davranış sergiler. Sera etkisi sadeleştirilerek açıklanabilir: Bulutsuz ve açık bir havada, kısa dalga boylu Güneş ışınımının önemli bir bölümü atmosferi geçerek yeryüzüne ulaşır ve orada emilir. Ancak, yeryüzünden salınan kızılötesi ışınımının bir bölümü, uzaya kaçmadan, çoğunlukla troposferde bulunan çok sayıdaki ışınımsal olarak etkin eser gazlar (sera gazları) tarafından emilir ve sonra tekrar salınır. Doğal sera gazlarının en önemlileri, başta en büyük katkıyı sağlayan H_2O olmak üzere, CO_2, CH_4, N_2O ve O_3 gazlarıdır.

Yerküre'nin sıcaklık dengesinin kuruluşundaki en önemli süreç olan doğal sera etkisinin oluşumu atmosferin GKDB Güneş ışınımını geçirme, buna karşılık GUDB yer ışınımını tutma eğiliminde olmasına bağlıdır (Şekil 5). Enerji akılarının nicelikleri dikkate alındığında, gelen Güneş ışınımının (342 W m-2) yaklaşık % 31'i (107 W m-2) yüzeyden, atmosferdeki aerosol'lerden ve bulut tepelerinden yansıyarak uzaya geri döndüğü görülür (Şekil 5). Bu yüzden, Yerküre'nin ortalama albedosu yaklaşık % 31 ve sisteme giren Güneş ışınımı net olarak % 69'dur (235 W m-2). Gelen net Güneş ışınımının, yaklaşık üçte ikisi (168 W m-2) yüzey ve üçte biri (67 W m-2) atmosferce emilir. Güneş enerjisinin Yerküre-atmosfer birleşik sisteminde tutulan bu % 69'luk bölümü, küresel iklim sistemini oluşturan ana bileşenlerce (atmosfer, hidrosfer, litosfer ve biyosfer) emilir ve onların ısınmasını sağlar.

Yeryüzünde ve atmosferde tutulan enerji, atmosfer ve okyanus dolaşımıyla yeryüzüne dağıtılır ve UDB yer ışınımı olarak atmosfere geri verilir. GUDB kızıl ötesi ışınımın önemli bir bölümü, sera gazlarınca ve bulutlarca emilir ve yeniden salınır. Sonuç olarak, Güneş ışınımının net girdisi (235 W/m^2), kızılötesi yer ışınımının

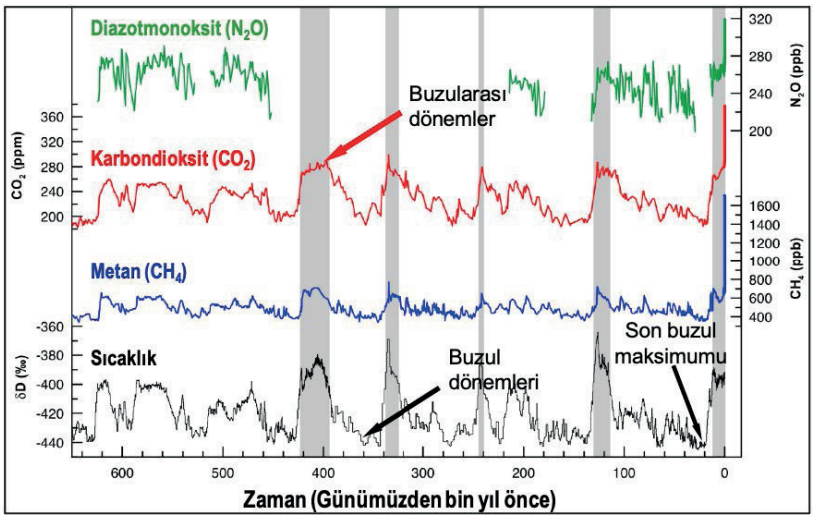
net çıktısı (235 W/m^2) ile dengelenir (Şekil 5). Yeryüzü, sera etkisi sayesinde, bu sürecin bulunmadığı ortam koşullarına göre yaklaşık 33 °C daha sıcaktır. Bu noktada şu soruları sorabiliriz. Bu olgu önemli midir ve ne anlama gelmektedir? Fizik yasalarına göre sera etkisi olmasaydı Yerküre'nin salım sıcaklığı –18 °C olurdu. Gerçekte yeryüzünün ortalama sıcaklığı yaklaşık 15 °C'dir. Başka bir deyişle, sera etkisi sayesinde Yerküre'nin ortalama yüzey hava sıcaklığı sera etkisinin bulunmadığı koşullara oranla yaklaşık 33 °C daha yüksektir. Bu açıklamalar çerçevesinde, sera etkisi, atmosferdeki gazların gelen Güneş ışınımına karşı geçirgen, buna karşılık geri salınan uzun dalga boylu yer ışınımına karşı çok daha az geçirgen olması nedeniyle, Yerküre'nin beklenenden daha fazla ısınmasını sağlayan ve ısı dengesini düzenleyen doğal süreç olarak tanımlanabilir.

Yerküre'de, bilimsel ilkeler ışığında, doğal sera etkisinin işleyişine ilişkin birçok kanıt bulunmaktadır:

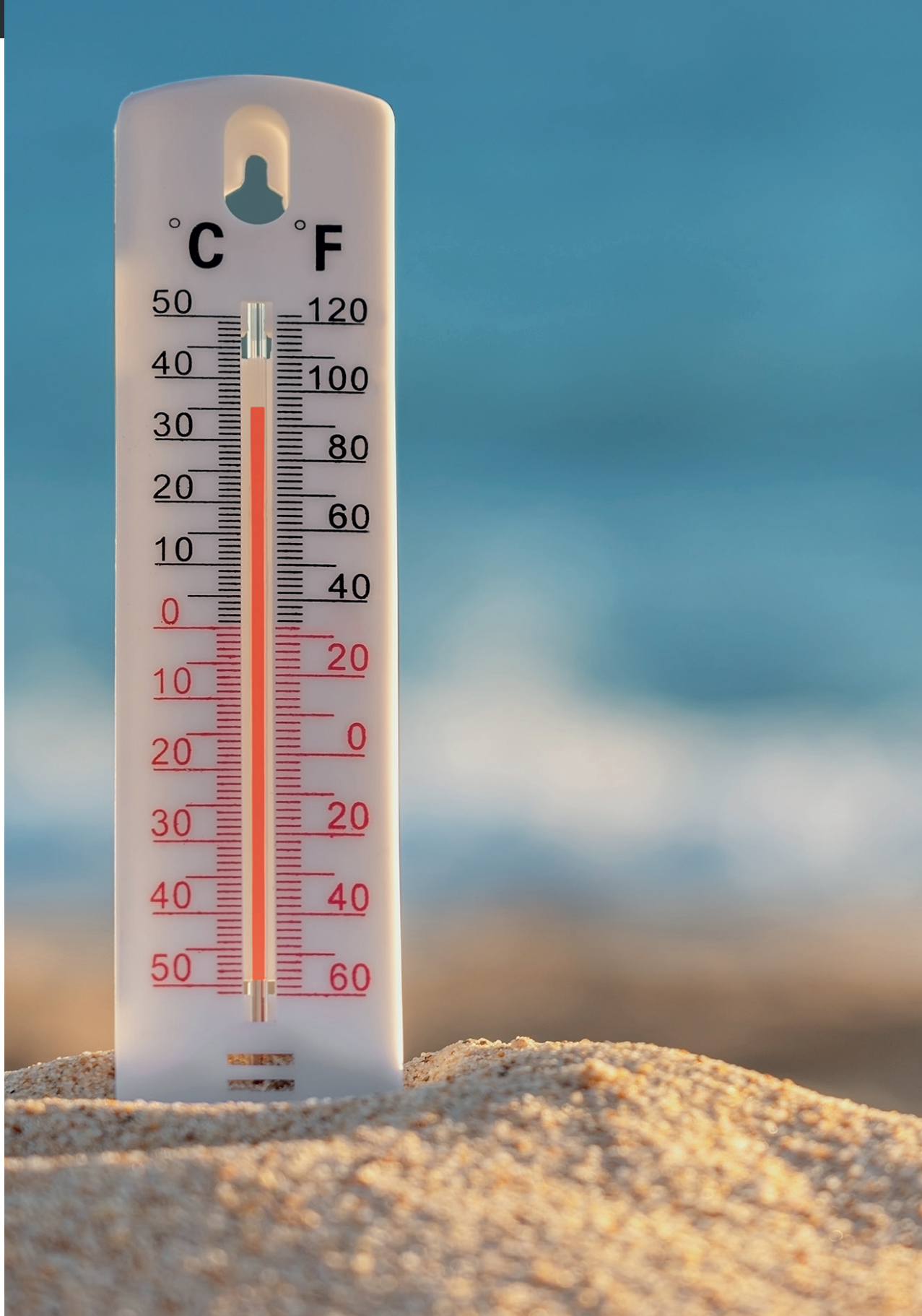
Bunların birincisi; eğer atmosferde doğal sera gazları bulunmasaydı, Yerküre'nin GKDB Güneş ışınımını yansıtma özelliğinin değişmediği kabul edildiğinde, yeryüzünün sıcaklığı (salım sıcaklığı) bugünküne göre yaklaşık 33 °C daha soğuk yani -18 °C olurdu. Sera gazlarının bu etkisi, yeryüzünden ve atmosferden salınan GUDB kızılötesi ışınıma ilişkin olarak son yıllarda yapılan uydu gözlemleriyle de kanıtlanmıştır.

İkincisi; Yerküre, Venüs ve Mars'ın atmosfer bileşimlerinin çok farklı olduğu bilinmektedir ve bu gezegenlerin yüzey sıcaklıkları genel olarak sera etkisi kuramıyla açıklanmaktadır.

Şekil 6: Antarktika'dan alınan 650 bin yıllık ardışık buz karotu verilerine göre, döteryum (δD) değişimlerinin dolaylı olarak temsil ettiği geçmiş hava sıcaklıklarında atmosferdeki metan, karbondioksit ve diazotmonoksit birikimlerindeki değişimlerle yakından bağlantılı olarak gerçekleşen uzun süreli değişiklikler (Türkeş 2010; Jansen et al., 2007'ye göre yeniden düzenlendi).



Üçüncüsü; yaşlandırmaları günümüzden 650 bin yıl öncesine uzanan buz örneklerinden elde edilen dolaylı iklim kayıtlarına göre, Yerküre'nin sıcaklığının atmosferdeki diazotmonoksit, metan ve karbondioksit birikimleri ile yakından bağlantılı olarak değişmiş ve değişmekte olduğudur (Şekil 6). Örneğin, Antarktika buzulundan alınan buz örnekleri içinde hapsolmuş havanın çözümlemeleri, atmosferdeki CH_4, CO_2 ve N_2O birikimlerinin Kuvaterner'in son 650 bin yıllık dönemi boyunca yerel sıcaklık koşulları için iyi bir dolaylı kayıt ve gösterge olan döteryum değişimleriyle ve buna bağlı olarak da buzul ve buzularası çağlarla uyum içinde olabildiğini göstermiştir (Şekil 6). Şekildeki gri gölgeli kuşaklar, 650 bin yıllık dönemde oluşan önceki ve en sonuncu (Holosen) buzularası sıcak dönemleri gösterir. Daha pozitif döteryum değerlerine karşılık gelen bu sıcak dönemlerin arasında ise, daha negatif döteryum değerlerinin egemen olduğu uzun ve belirgin buzul çağları yer alır. Nedenler ve etkiler konusundaki ayrıntılar bilinmemesine karşın, hesaplamalar sera gazlarındaki değişikliklerin dönemsel olduğunu, bunun da buzul ve buzularası çağları arasında gerçekleşen önemli sıcaklık salınımlarını olasılıkla denetlemiş olduğunu göstermektedir.


°C
°F
50
40
30
20
10
0
10
20
30
40
50
120
100
80
60
40
20
0
20
40
60

4. KUVVETLENEN SERA ETKİSİ VE KÜRESEL ISINMA

Atmosferdeki insan kaynaklı sera gazı birikimlerinde sanayi devriminden beri gözlenen artış sürmektedir. Özellikle atmosferdeki birikiminin büyüklüğü, artış hızı ve yaşam süresi ile uzun dalga boylu yer ışınımını kuvvetli emme özelliği dikkate alındığında, öteki sera gazlarına göre CO_2'nin önemi daha iyi anlaşılır. 1958 yılından beri yapılmakta olan Mauna Loa ölçümlerine göre, Yerküre atmosferindeki CO_2 birikimi çok hızlı bir biçimde artmaktadır (bkz. Şekil 1 ve 2). Küresel ölçümler, öteki önemli sera gazlarının atmosferik birikimlerinin de arttığını göstermektedir.

'Normal koşullarda', Yer/atmosfer sistemine giren GKDB Güneş enerjisi ile geri salınan GUDB yer ışınımı ortalama koşullarda dengededir. Güneş ışınımı ile yer ışınımı arasındaki bu dengeyi ya da enerjinin atmosferdeki ve atmosfer ile kara ve okyanus arasındaki dağılışını değiştiren herhangi bir etmen, iklimi de etkileyebilir. Yer/atmosfer sisteminin enerji dengesindeki herhangi bir değişiklik ise ışınımsal zorlama olarak adlandırılır.

BMİDÇS Kyoto Protokolü (KP) ile denetim altında tutulan sera gazları [CO_2, CH_4, N_2O, hidroflorokarbonlar (HFCler), perflorokarbonlar (PFCler) ve sülfür heksafluorid (SF6)], en önemli ışınımsal zorlama etmenleridir. BMİDÇS ve Kyoto Protokolü'nün içerdiği (insan etkinliklerinden etkilenen ve insan kaynaklı) bu sera gazlarının dışında, stratosferdeki ozon tabakasının incelmesine neden oldukları için, Montreal Protokolü'nce denetlenen CFCler, aerosoller, Güneş ışınımı ve albedo değişiklikleri gibi başka ışınımsal zorlama etmenleri de vardır.

Öte yandan, Yerküre'nin Güneş'in çevresinde izlediği yörüngedeki ve kendi eksen eğimindeki yavaş değişimler Güneş ışınımının mevsimsel ve enlemsel dağılışını etkilemektedir. Bu yüzden, bazı iklimbilimciler, eskiden beri iklim değişikliklerinin (ör. buzul ve buzularası çağların) oluşmasından, öteki etmenlerin yanı sıra,

Yerküre'nin eksen eğimindeki ve yörüngesinin şeklindeki değişmeleri ya da sapmaları da sorumlu tutmuştur. Tüm bunların yanı sıra, iklimin çok farklı alan ve zaman ölçekleri için geçerli olan kendine özgü bir doğal değişkenliğinin bulunduğu unutulmamalıdır. Yeryüzünün jeolojik geçmişi bunun zengin örnekleriyle doludur. Sera gazı birikimlerindeki bu artışlar, Yerküre'nin uzun dalga boylu ışınım yoluyla soğuma etkinliğini zayıflatarak, onu daha fazla ısıtma eğilimindeki bir pozitif ışınımsal zorlamanın oluşmasını sağlar. Yerküre/atmosfer ortak sisteminin enerji dengesine yapılan pozitif katkı, kuvvetlenen sera etkisi olarak adlandırılır (Türkeş, 2010). Bu ise, Yerküre atmosferindeki doğal sera gazları (su buharı, CO_2, CH_4, N_2O ve O_3) yardımıyla yüz milyonlarca yıldan beri çalışmakta olan doğal sera etkisinin kuvvetlenmesi anlamını taşır.

Bu kapsamda, küresel ısınma, sanayi devriminden beri, özellikle fosil yakıtların yakılması, ormansızlaşma, tarımsal etkinlikler ve sanayi süreçleri gibi çeşitli insan etkinlikleri sonucunda atmosfere salınan sera gazlarının atmosferdeki birikimlerindeki hızlı artışa bağlı olarak, şehirleşmenin de katkısıyla doğal sera etkisinin kuvvetlenmesi sonucunda, yeryüzünde ve atmosferin alt katmanlarında saptanan sıcaklık artışı şeklinde tanımlanabilir (Türkeş, 2017). Tanımdan da anlaşılabileceği gibi, insan kaynaklı iklim değişikliğine ve küresel ısınmaya yol açan sera gazları; çoğunlukla fosil yakıtların yakılması (enerji ve çevrim), sanayi (enerji ilişkili; kimyasal süreçler ve çimento üretimi, vb. enerji dışı), ulaştırma, arazi kullanımı değişikliği, atık yönetimi ve tarımsal (enerji ilişkili; anız yakma, çeltik üretimi, hayvancılık ve gübreleme vb. enerji dışı) etkinliklerden kaynaklanır. Kuvvetlenen sera etkisinden kaynaklanan küresel ısınmanın büyüklüğü ise, her sera gazının birikimindeki artışın boyutuna, bu gazların ışınımsal özelliklerine (küresel ısınma potansiyellerine), atmosferik yaşam sürelerine ve atmosferdeki varlıkları sürmekte olan öteki sera gazlarının birikimlerine bağlıdır.

KAYNAKÇA

- IPCC, 2013a: Annex II: Climate System Scenario Tables [Prather, M., G. Flato, P. Friedlingstein, C. Jones, J.-F. Lamarque, H. Liao and P. Rasch (eds.)]. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. pp. 1395-1445.]
- IPCC, 2013b: Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007 Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.) Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC, 2014: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Jansen, E. et al. 2007. Palaeoclimate. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Solomon, et al. (eds.): Cambridge University Press, Cambridge and New York.
- Türkeş, M. 2010. Klimatoloji ve Meteoroloji. Birinci Baskı, Kriter Yayınevi - Yayın No. 63,
Fiziki Coğrafya Serisi No. 1, ISBN: 978-605-4613-26-7, 650 + XXII sayfa: İstanbul.
- Türkeş, M. 2017. Genel Klimatoloji: Atmosfer, Hava ve İklimin Temelleri. Gözden Geçirilmiş İkinci Baskı, Kriter Yayınevi Fiziki Coğrafya Serisi No: 4, ISBN: 978-605-9336-28-4, xxiv + 520 sayfa. Kriter Yayınevi, Berdan Matbaası: İstanbul.

İnternet Kaynakları

- [1]https://scrippsco2.ucsd.edu/graphics_gallery/mauna_loa_record/mauna_loa_record.html

DOĞAL VE ANTROPOJENİK SERA ETKİSİ

Prof. Dr. İhsan Çiçek

1. GİRİŞ

1.1. Doğal Sera Etkisi

Sera etkisi, Dünya'nın yüzeyi tarafından yayılan kızılötesi radyasyonun bir kısmının sera gazları tarafından "yakalandığı" süreçtir. Bu, Dünya yüzeyindeki sıcaklıkların ılımlı hale getirilmesine yardımcı olmaktadır. "Yakalandığı" denildiğinde, sera gazı moleküllerinin bazı kızılötesi radyasyonları emdiği kastedilmektedir. Daha sonra bu gazlar kızılötesi radyasyonun bir kısmını Dünya'ya geri gönderirler. Bu, yüzeydeki sıcaklıkları diğerlerinden daha sıcak hale getirir. Sera etkisi, atmosfer ilk oluştuğundan beri sera gazları içerdiğinden milyonlarca yıldır doğal olarak Dünya'da meydana gelmiştir. Bu nedenle, şimdi doğal sera etkisi olarak bilinen bu süreç, yaşamın bu gezegende gelişmesini sağlamıştır. Onsuz, Dünya'da yaşanan sıcaklıklar Güneş'ten aynı mesafede olan Ay'daki sıcaklıklara benzerdi. Bu, hayatta kalabilmek için gündüz çok sıcak ve gece boyunca çok soğuk olacağı anlamına gelir. Ay'ın atmosferi yoktur ve bu nedenle yüzeyindeki sıcaklıkları hafifletmeye yardımcı olacak sera gazları yoktur. Ay'daki ortalama zemin sıcaklığı -18 °C'dir. Sera gazı içeren bir atmosfere sahip olan Dünya, ortalama sıcaklık 15 °C, Ay'dan 33 °C daha yüksektir.

Tablo 1: İç güneş sisteminin gezegenlerindeki sera etkisi

Gezegen	Güneşten ortalama uzaklığı (106 km)	Atmosferindeki temel sera gazlarının oranı	Ortalama albedo değeri	Sera etkisi olmadığında yüzey sıcaklığı	Gözlenen ortalama yüzey sıcaklığı	Sera etkisi
Merkür	58	Atmosferi yok	0,06	167 °C	167 °C	0 °C
Venüs	108	>%90 dan fazla CO_2 (Yüzey basınç Dünya'dan 100 kat fazla olduğu için çok yoğun)	0,78	-48 °C	464 °C	510 °C
Dünya	150	Yaklaşık %0,003 CO_2, yaklaşık %1 H_2O	0,30	-18 °C	15 °C	33 °C

Gezegen	Güneşten ortalama uzaklığı (106 km)	Atmosferindeki temel sera gazlarının oranı	Ortalama albedo değeri	Sera etkisi olmadığında yüzey sıcaklığı	Gözlenen ortalama yüzey sıcaklığı	Sera etkisi
Mars	228	>%90 dan fazla CO_2 (Yüzey basınç Dünya'dan 0,01 oranında az olduğu için çok ince)	0,17	-57 °C	Yaklaşık -53 °C	4 °C

Kaynak: URL1

1.2. Artırılmış Sera Etkisi

Artırılmış sera etkisi, Dünya atmosferindeki sera gazı miktarındaki artışın neden olduğu Dünya atmosferinin, toprağının ve okyanuslarının ekstra ısınmasını tanımlamak için kullanılan terimdir. Atmosferimizdeki sera gazlarındaki artış, özellikle fosil yakıtları (kömür, petrol ve doğal gaz) yakan insan faaliyetlerinden, tarım ve arazi açılmasından kaynaklanmaktadır. Atmosferle ilgili bilim adamları ve meteorologlar tarafından buz çekirdeği çalışmalarından toplanan veriler ve atmosferdeki atmosfer sıcaklıkları ve gaz konsantrasyonlarının ölçümlerini kullanarak bilimsel modelleme, atmosferdeki sera gazlarının doğal seviyelerinin üzerindeki konsantrasyonundaki artışın küresel ısınmanın başlıca nedeni olduğunu göstermektedir.

2. SERA GAZLARI

Sera gazları karbondioksit ve su buharını içerir. Atmosferdeki diğer bazı gazlar da sera gazı olarak işlev görür, ancak alt atmosferdeki yüzdeleri karbon dioksit ve sudan çok daha azdır. Bu gazlar arasında metan ve azot oksit bulunur. Sera gazlarının ortak bir yanı moleküllerinin 3 veya daha fazla atom içermesidir (Tablo 2).

Tablo 2: Atmosferi oluşturan temel gazlar ve atom sayıları

Gaz	Havadaki yaklaşın oranı (kuru havada)	Kimyasal formülü	Her moleküldeki toplam atom sayısı	Sera gazı olup olmadığı
Oksijen	20,9	O_2	2	Değil
Azot	78,1	N_2	2	Değil
Argon	0,9	Ar	1	Değil
Karbondioksit	0,03	CO_2	3	Evet
Metan	0,0002	CH_4	5	Evet
Azot oksit	0,00004	N_2O	3	Evet

Not: Argon, asal gaz olarak sınıflandırılır. Asal gazlar, doğada ayrı atomlar olarak bulunur, bu nedenle bunlara molekül adı verilmiyor.

Kaynak: URL2

Sera gazı moleküllerindeki daha fazla sayıda atom, Dünya'nın yüzeyinden yayılan kızılötesi radyasyonu emmelerini ve daha sonra yüzeye bir miktar geri yaymalarını sağlar. Bu Dünya'yı daha da ısıtır.

Tablo 3: Sera gazlarının yaşam süreleri, radyasyon verimliliği ve CO_2'ye göre doğrudan (CH_4 hariç) küresel ısınma potansiyelleri

Endüstriyel Tanım veya Genel İsim	Kimyasal Formül	Yaşam süresi (yıl)	Radyatif Etkinlik (W m-2 ppb-1)	Küresel Isınma Potansiyeli	Verilen zaman ufku 20-yr 100-yıl		500-yıl
Karbon dioksit	CO_2	Değşken	1.4x10−5	(100-yıl)	1	1	1
Metan	CH_4	12	3.7x10−4	21	72	25	7.6
Nitröz oksit	N_2O	114	3.03x10−3	310	289	298	153
Montreal Protokolü tarafından kontrol edilen maddeler							
CFC-11	CCl_3F	45	0.25	3,800	6,730	4,750	1,620
CFC-12	CCl_2F_2	100	0.32	8,100	11,000	10,900	5,200
CFC-13	$CClF_3$	640	0.25		10,800	14,400	16,400
CFC-113	CCl_2FCClF_2	85	0.3	4,800	6,540	6,130	2,700
CFC-114	CClF2CClF2	300	0.31		8,040	10,000	8,730
CFC-115	CClF2CF3	1,700	0.18		5,310	7,370	9,990
Halon-1301	CBrF3	65	0.32	5,400	8,480	7,140	2,760
Halon-1211	$CBrClF_2$	16	0.3		4,750	1,890	575
Halon-2402	$CBrF_2CBrF_2$	20	0.33		3,680	1,640	503
Karbon tetraklorit	CCl_4	26	0.13	1,400	2,700	1,400	435
Metil bromit	CH_3Br	0.7	0.01		17	5	1
Metil kloroform	CH_3CCl_3	5	0.06		506	146	45
HCFC-22	$CHClF_2$	12	0.2	1,500	5,160	1,810	549
HCFC-123	$CHCl_2CF_3$	1.3	0.14	90	273	77	24
HCFC-124	$CHClFCF_3$	5.8	0.22	470	2,070	609	185
HCFC-141b	CH_3CCl_2F	9.3	0.14		2,250	725	220
HCFC-142b	CH_3CClF_2	17.9	0.2	1,800	5,490	2,310	705
HCFC-225ca	$CHCl_2CF_2CF_3$	1.9	0.2		429	122	37
HCFC-225cb	$CHClFCF_2CClF_2$	5.8	0.32		2,030	595	181
Hidroflorokarbonlar							
HFC-23	CHF_3	270	0.19	11,700	12,000	14,800	12,200
HFC-32	CH_2F_2	4.9	0.11	650	2,330	675	205
HFC-125	CHF_2CF_3	29	0.23	2,800	6,350	3,500	1,100
HFC-134a	CH_2FCF_3	14	0.16	1,300	3,830	1,430	435
HFC-143a	CH_3CF_3	52	0.13	3,800	5,890	4,470	1,590
HFC-152a	CH_3CHF_2	1.4	0.09	140	437	124	38
HFC-227ea	CF_3CHFCF_3	34.2	0.26	2,900	5,310	3,220	1,040

Endüstriyel Tanım veya Genel İsim	Kimyasal Formül	Yaşam süresi (yıl)	Radyatif Etkinlik (W m-2 ppb-1)	Küresel Isınma Potansiyeli	Verilen zaman ufku 20-yr	100-yıl	500-yıl
HFC-236fa	$CF_3CH_2CF_3$	240	0.28	6,300	8,100	9,810	7,660
HFC-245fa	$CHF_2CH_2CF_3$	7.6	0.28		3,380	1030	314
HFC-365mfc	$CH_3CF_2CH_2CF_3$	8.6	0.21		2,520	794	241
HFC-43-10mee	$CF_3CHFCHFCF_2CF_3$	15.9	0.4	1,300	4,140	1,640	500
Perflorlu bileşikler							
Sülfür hekzaflorit	SF_6	3,200	0.52	23,900	16,300	22,800	32,600
Nitro0jen triflorit	NF_3	740	0.21		12,300	17,200	20,700
PFC-14	CF_4	50,000	0.10	6,500	5,210	7,390	11,200
PFC-116	C_2F_6	10,000	0.26	9,200	8,630	12,200	18,200
PFC-218	C_3F_8	2,600	0.26	7,000	6,310	8,830	12,500
PFC-318	$c\text{-}C_4F_8$	3,200	0.32	8,700	7,310	10,300	14,700
PFC-3-1-10	C_4F_{10}	2,600	0.33	7,000	6,330	8,860	12,500
PFC-4-1-12	C_5F_{12}	4,100	0.41		6,510	9,160	13,300
PFC-5-1-14	C_6F_{14}	3,200	0.49	7,400	6,600	9,300	13,300
PFC-9-1-18	$C_{10}F_{18}$	>1,000[d]	0.56		>5,500	>7,500	>9,500
Triflometil fluoromethyl	SF_5CF_3	800	0.57		13,200	17,700	21,200
sulfur pentaflorit							
Florlu eterler							
HFE-125	CHF_2OCF_3	136	0.44		13,800	14,900	8,490
HFE-134	CHF_2OCHF_2	26	0.45		12,200	6,320	1,960
HFE-143a	CH_3OCF_3	4.3	0.27		2,630	756	230
HCFE-235da2	$CHF_2OCHClCF_3$	2.6	0.38		1,230	350	106
HFE-245cb2	$CH_3OCF_2CHF_2$	5.1	0.32		2,440	708	215
HFE-245fa2	$CHF_2OCH_2CF_3$	4.9	0.31		2,280	659	200
HFE-254cb2	$CH_3OCF_2CHF_2$	2.6	0.28		1,260	359	109
HFE-347mcc3	$CH_3OCF_2CF_2CF_3$	5.2	0.34		1,980	575	175
HFE-347pcf2	$CHF_2CF_2OCH_2CF_3$	7.1	0.25		1,900	580	175
HFE-356pcc3	$CH_3OCF_2CF_2CHF_2$	0.33	0.93		386	110	33
HFE-449sl (HFE-7100)	$C_4F_9OCH_3$	3.8	0.31		1,040	297	90

Endüstriyel Tanım veya Genel İsim	Kimyasal Formül	Yaşam süresi (yıl)	Radyatif Etkinlik (W m-2 ppb-1)	Küresel Isınma Potansiyeli	Verilen zaman ufku 20-yr	100-yıl	500-yıl
HFE-569sf2 (HFE-7200)	$C_4F_9OC_2H_5$	0.77	0.3		207	59	18
HFE-43-10pccc124 (H-Galden 1040x)	$CHF_2OCF_2OC_2F_4OCHF_2$	6.3	1.37		6,320	1,870	569
HFE-236ca12 (HG-10)	$CHF_2OCF_2OCHF_2$	12.1	0.66		8,000	2,800	860
HFE-338pcc13 (HG-01)	$CHF_2OCF_2CF_2OCHF_2$	6.2	0.87		5,100	1,500	460
Perfloropoli eterler							
PFPMIE	$CF_3OCF(CF_3)CF_2OCF_2OCF_3$	800	0.65		7,620	10,300	12,400
Hidrokarbonlar ve diğer bileşikler - Doğrudan Etkiler							
Dimetilether	CH_3OCH_3	0.015	0.02		1	1	<<1
Metilen klorit	CH_2Cl_2	0.38	0.03		31	8.7	2.7
Metil klorit	CH_3Cl	1.0	0.01		45	13	4

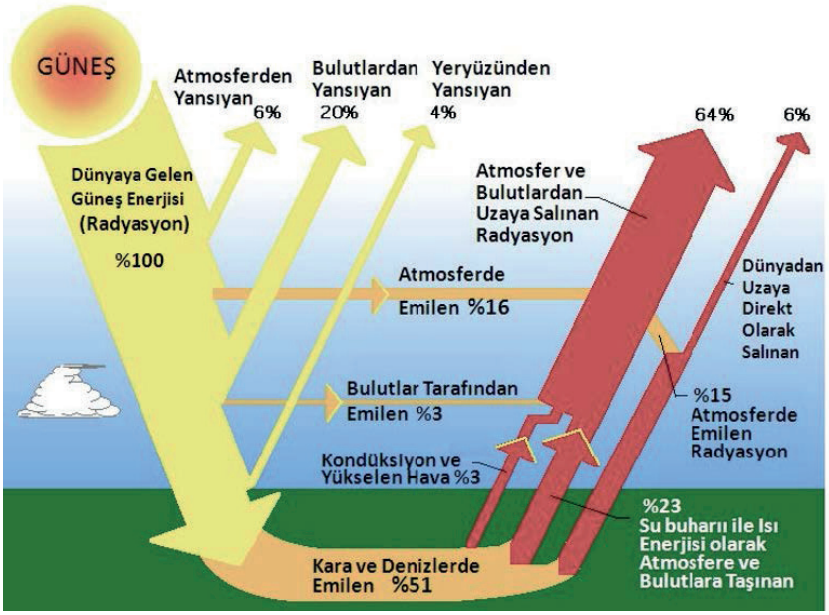
Kaynak: Climate Change 2007 - The Physical Science Basis

Karbondioksit eşdeğerleri (CO_2-eş), gazın küresel ısınma potansiyeline bağlı olarak belirli bir gazın atmosferik ısınma üzerindeki göreceli etkisini temsil eden birimlerdir. Örneğin, bir ton metan (CH_4) 21 ton CO_2-eş olarak ifade edilebilir ve bir ton nitröz oksit (N_2O) 310 ton CO_2-eş olarak ifade edilebilir. Ortak bir ünite kullanmak, sera gazı envanterleri hazırlarken veya sera gazı emisyonlarını azaltma stratejilerini karşılaştırırken yardımcı olmaktadır.

3. SOLAR KONSTANT

Şekil 1, Güneş radyasyonunun dünyaya ulaştığında ne olduğunu göstermektedir.

Şekil 1: Güneş radyasyonunun dağılımı



Kaynak: URL2

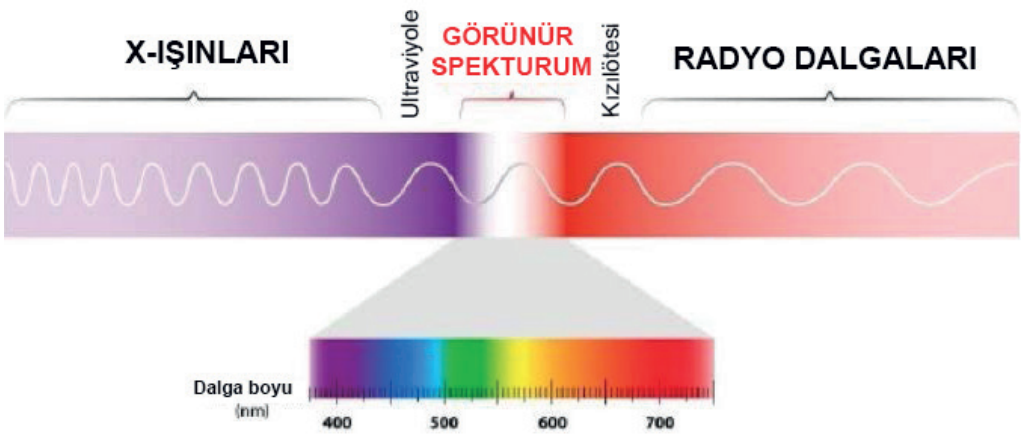
Sistem dengede olduğunda, Dünya'dan uzaya yayılan toplam enerji, gelen toplam enerjiye eşittir. Güneşten gelen radyasyon Dünya'ya ulaştığında Güneş radyasyonunun yaklaşık %30'u atmosferdeki parçacıklar, bulutlar ve Dünya'nın yüzeyi tarafından tekrar Uzay'a yansıtılır. Bazıları atmosferdeki su buharı ve bulutlar tarafından emilir. Bazıları (yaklaşık %3) ozon tabakası tarafından emilir. Atmosfer tarafından emilim %19'a ulaşır. Güneş enerjisinin geri kalan %51'i Dünya'nın yüzeyi (toprak ve okyanuslar) tarafından emilir. Eğer gelen güneş ışınları atmosfer ve yer tarafından emilmeye devam etse ve uzaya enerji kaçışı olmasaydı Dünya çok daha fazla ısınır ve okyanuslardaki tüm buharlaşırdı.

Neyse ki bizim için bu gerçekleşmez, çünkü Dünya ısı enerjisini kızılötesi radyasyon şeklinde atmosfere geri yayar ve sonuçta atmosfer ısı enerjisini tekrar uzaya yayar.

3.1. Kızılötesi radyasyon nedir ve neden önemlidir?

Güneş tarafından uzaya yayılan ışık enerjisi sadece görebileceğiniz ışık değildir. Görünür ışığın yanı sıra, Güneş ayrıca ultraviyole ışık (UV) ve kızılötesi ışık (IR) yayar. Bunlar çıplak insan gözüyle görülemez. Tüm radyasyon aralığı elektromanyetik spektrum olarak bilinir.

Şekil 2: Elektromanyetik spektrumun şematik diyagramı



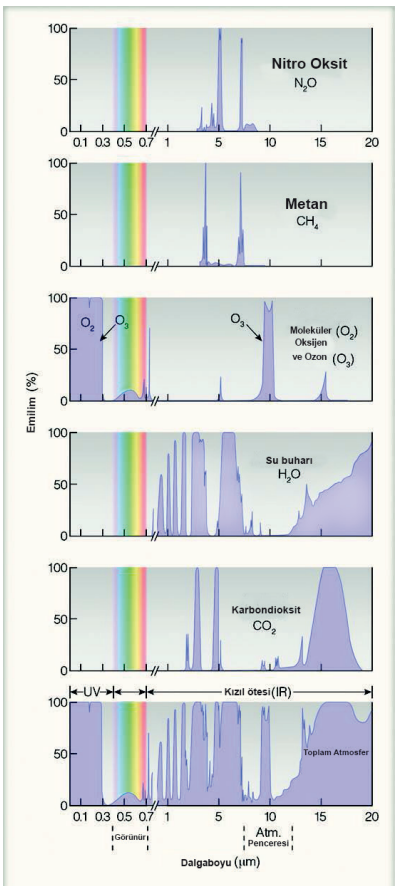
Kaynak: URL2

Şekil 2, elektromanyetik spektrumu göstermektedir. Güneş'in radyasyonu uzayda dalgalar halinde yayılır. Bu nedenle spektrumun farklı kısımları dalgaların frekansı veya dalga boyları ile ayırt edilir. En yüksek enerji radyasyonu diyagramın solundadır - yani x ışınları (ve gama ışınları). UV ışığının görünür ışığa göre daha fazla enerjisi vardır, bu yüzden ışığa çok fazla maruz kalırsak zarar verebilir. IR ışığı görünür ışıktan daha az enerjiye sahiptir, ancak hissettiğimiz sıcaklıktan sorumludur. Radyo dalgaları çok düşük enerjiye sahiptir.

Şekil 2'de görünür ışığa uyan dalga boyu bandının birlikte görünür ışığı oluşturan renkleri gösterecek şekilde genişlemektedir. Aslında iyi bilinen "ROYGBIV" de (Kırmızı, Turuncu, Sarı, Yeşil, Mavi, İndigo ve Menekşe) listelenen yedi ayrı renk değil, sürekli bir renk yelpazesi vardır.

Koyu mor gölgeli alan, her gaz tarafından emilen radyasyonun yüzdesini temsil eder. Kızılötesi radyasyonun en güçlü emicileri su buharı ve karbondioksittir. Alttaki rakam, tüm atmosferik gazlar tarafından emilen radyasyonun yüzdesini temsil etmektedir.

Şekil 3: Radyasyonun atmosferdeki gazlar tarafından emilmesi.



Kaynak: Ahrens, C., D., Henson, R., (2014)

Şekil 3, atmosferimizdeki en önemli seçici emilim yapan gazlardan bazılarını göstermektedir. Gölgeli alan, her gazın çeşitli dalga boylarında emilim özelliklerini temsil eder. Hem su buharının (H_2O) hem de karbondioksitin (CO_2) güçlü kızılötesi radyasyon emicileri ve görünür güneş radyasyonunun zayıf emicileridir. Diğer, daha az önemli seçici emiciler arasında, stratosferde en fazla bulunan nitröz oksit (N_2O), metan (CH_4) ve ozon (O_3) bulunur. Bu gazlar Dünya'nın yüzeyinden yayılan kızılötesi radyasyonu emdikçe kinetik enerji (hareket enerjisi) kazanırlar. Gaz molekülleri, bu enerjiyi oksijen ve azot gibi komşu hava molekülleriyle çarpışarak paylaşırlar (her ikisi de kızılötesi enerjinin zayıf emicileri). Bu çarpışmalar havanın ortalama kinetik enerjisini arttırır, bu da hava sıcaklığının artmasına neden olur. Böylece, Dünya'nın yüzeyinden yayılan kızılötesi enerjinin çoğu, alt atmosferi sıcak tutar. Seçici emiciler olmasının yanı sıra, su buharı ve CO_2 kızılötesi dalga boylarında seçici olarak radyasyon yayar. Bu radyasyon her yönden bu gazlardan uzaklaşır. Bu enerjinin bir kısmı Dünya›nın yüzeyine doğru yayılır ve emilir, böylece zemini ısıtır. Dünya, sırayla, sürekli olarak kızılötesi enerjiyi yukarı doğru yayar, burada emilir ve alt atmosferi ısıtır. Bu şekilde, su buharı ve CO_2 kızılötesi enerjiyi emer ve yayar ve Dünya›nın kızılötesi radyasyonunun bir kısmını hızla uzaya kaçmasını önler. Sonuç olarak, Dünya'nın yüzeyi ve alt atmosferi, seçici olarak emilim yapan gazlar nedeniyle olduğundan daha sıcaktır. Aslında, daha önce gördüğümüz gibi, Dünya'nın CO_2 ve su buharı olmadan ortalama radyasyon denge sıcaklığı şu andakinden yaklaşık -18 °C veya yaklaşık 33 °C daha düşük olurdu. Su buharı, CO_2 ve metan ve azot oksit gibi diğer gazların (Şekil 3'te gösterildiği gibi) emme özelliklerinin bir zamanlar bir çiçekçinin serasının camına benzer olduğu düşünülmüştür. Bir serada, cam görünür radyasyonun içeri girmesine izin verir, ancak bir dereceye kadar giden kızılötesi radyasyonun geçişini engeller. Bu nedenle, kızılötesi radyasyonun Dünya'dan su buharı ve CO_2 ile emilimine popüler olarak sera etkisi denir. Bununla birlikte, çalışmalar bir sera içindeki sıcak havanın muhtemelen daha fazla havanın kızılötesi enerjinin tuzaklanmasından ziyade havanın dışarıdaki hava ile dolaşamaması ve karışamamasından kaynaklandığını göstermiştir. Bu bulgular nedeniyle, bazı bilim adamları sera etkisinin atmosfer etkisi olarak adlandırılması gerektiğini önermektedir. Herkese uyum sağlamak için, su buharı, CO_2 ve diğer sera gazlarının Dünya'nın ortalama yüzey sıcaklığını

normalden daha yüksek tutmada oynadığı rolü açıklarken genellikle atmosferik sera etkisi terimini kullanılmaya devam edilmektedir. Şekil 3'e görüldüğü gibi alt şemada, ne su buharının ne de CO_2'nin kızılötesi radyasyonu kolayca emmediği yaklaşık 8 ila 11 μm arasında bir bölge vardır. Atmosfer ve uzaya doğru, belirli dalga boyu aralığındaki (8 ila 11 μm arasında) boşluk atmosferik pencere olarak bilinir. Bulutlar atmosferik sera etkisini artırabilir. Küçük sıvı bulut damlacıkları, kızılötesi radyasyonun iyi emicileri, ancak görünür güneş radyasyonunun zayıf emicileri oldukları için seçici emicilerdir. Bulutlar, aksi takdirde su buharı ve CO_2 tarafından "geçirilen" 8 ila 11 μm arasındaki dalga boylarını bile emer. Böylece, atmosferik pencereyi kapatarak atmosferik sera etkisini artırma etkisine sahiptirler. Bulutlar - özellikle düşük, kalın olanlar - mükemmel kızılötesi radyasyon yayıcılarıdır. Üstleri kızılötesi enerjiyi yukarı yayarken taban kısımları Dünya yüzeyine geri yayar. Bu süreç sakin, bulutlu geceleri, sakin açık olanlardan daha sıcak tutar. Zemin tam güneş ışığında olduğu kadar ısınmadığından, bulutlu ve sakin günlerde normalde, açık ve sakin günlerden daha serindir. Bu nedenle, bulutların varlığı gece sıcaklıklarını daha yüksek ve gündüz sıcaklıklarını daha düşük tutma eğilimindedir. Özetle, atmosferik sera etkisi, su buharı, CO_2 ve diğer sera gazlarının seçici emiciler olması nedeniyle oluşmaktadır. Güneşin görünür radyasyonunun çoğunun yüzeye ulaşmasına izin verirler, ancak Dünya'nın giden kızılötesi radyasyonunun büyük bir kısmını emerek uzaya kaçmasını önlerler. Öyleyse, gezegenimizin sıcaklığını hayatın hayatta kalabileceği bir seviyede tutan atmosferik sera etkisidir. Sera etkisi sadece "iyi bir şey" değildir; Dünyadaki yaşam için çok önemlidir, çünkü onsuz, yüzeydeki hava çok soğuk olurdu (Ahrens, C., D., Henson, R., 2014).

4. SERA GAZI EMİSYONLARI

4.1. Doğal Sistem Sera Gazı Emisyonları

Doğal sistemlerden kaynaklanan sera gazı emisyonlarına ilişkin çalışmalar, küresel ve bölgesel toplam emisyon tahminlerini ve belirli kaynaklardan oluşan emisyon gözlemlerini içermektedir (Yue X., L., Gao, Q., X., 2018).

4.1.1. Orman yangınları

Orman yangınları sera gazı emisyonlarının önemli bir kaynağıdır ve doğal nedenleri arasında kuraklık, ısı ve yıldırım sayılabilir. Orman yangınlarından yayılan gazların yaklaşık %90'ı CO_2'dir. Küresel ölçekte uzmanlar, çeşitli teknik ve araçları kullanarak bu sera gazı emisyon kaynağını tahmin etmek için kapsamlı araştırmalar yapmıştır. Bölgesel ölçekte, boreal orman yangınları yaygın ilgi görmüştür ve birçok nicel sera gazı sonucu yayınlanmıştır. Akademisyenler ayrıca orman yangın akılarını analiz etmişlerdir. Orman yangınları sonucu oluşan emisyonların mod sonuçlarını kullanarak, orman yangınlarından kaynaklanan yıllık küresel sera gazı emisyonlarını 7-16 Gt CO_2-eş olarak hesaplamışlardır.

4.1.2. Okyanuslar

Okyanuslar büyük bir karbon rezervi oluşturur. Okyanusların karbon içeriği atmosferin 50 katı ve biyosferin 20 katıdır. Küresel okyanuslar aynı anda bir karbon kaynağı ve karbon rezervi olarak hizmet ettiğinden, atmosferdeki sera gazı konsantrasyonlarının düzenlenmesinde son derece önemli bir rol oynarlar. 40° N kuzeyindeki Kuzey Atlantik ve kıyı Norveç Grönland okyanusların güçlü CO_2 yutaklarıdır. Bununla birlikte, Kuzey Pasifik CO_2 değişimi, mevsimsel olarak belirgin bir değişim göstermektedir, yani kışın güçlü bir CO_2 kaynağı ve yaz aylarında güçlü bir CO_2 yutağı görevi görmektedir. Elliott ve Angell (1987) ekvatoral suların

küresel CO_2'nin en büyük kaynağı olduğunu buldular. Sadece Ekvatoral Pasifik'te, okyanuslar tarafından salınan toplam CO_2'nin % 60'ını oluşturan 1.0 Pg C her yıl atmosfere yayılır (Yue X., L., Gao, Q., X., 2018). Okyanuslar yılda yaklaşık 6,12 Gt CO_2-eş salar ve okyanus tarafından emilen CO_2 miktarı yılda yaklaşık 9,3-12,6 Gt'dur. Bu nedenle, okyanuslar büyük bir karbon yutağı görevi görmektedir.

4.1.3. Sulak alanlar

Sulak alanlar bataklıklar, turba alanları ve gölleri içeren hayati ekosistemlerdir. Aynı zamanda toplam kara yüzeyi karbonunun yaklaşık % 15'ini oluşturan karbon stokları ile karadaki en önemli karbon rezervlerinden biridir. Sulak alanlar, doğal CH_4 emisyonlarının ana kaynağıdır. Değişen sıcaklıklar ve hidrolojik koşullar CH_4 emisyonlarının yoğunluğunu etkileyebileceğinden, doğal tatlı su sulak alanlarından gelen küresel yıllık CH_4 emisyonları büyük ölçüde değişmektedir. Yıllık emisyonlar, toplam küresel CH_4 emisyonlarının yaklaşık % 15 - % 30'unu oluşturarak 110 Tg veya daha fazlasına ulaşabilir. Küresel ölçekte, sulak alan sistemlerinden kaynaklanan CH_4 emisyonları geniş çapta incelenmiştir. Kirschke vd. (2013), 2000-2009 yıllarında sulak alanlardan yayılan toplam küresel CH4, yılda yaklaşık 177-284 Tg idi ve bu da yılda 4.4-7.1 Pg CO_2'ye eşdeğerdir (Yue X., L., Gao, Q., X., 2018). Mevcut çalışmalar, mod değerlerini kullanarak, sulak alanlardan gelen küresel yıllık sera gazı emisyonlarının yaklaşık 2.4-7.5 Gt CO_2-eş olduğunu ve en olası değerin yaklaşık 5 Gt CO_2 -eş olduğunu göstermektedir.

4.1.4. Permafrost

Permafrost alanlar özellikle Sibirya, Kanada ve Alaska'da yayılış göstermektedir. Küresel permafrost alanı yaklaşık 18.782.106 km^2'dir. Permafrost kaynaklı sera gazı emisyonları üzerine yapılan araştırmalar, çoğu akı gözlemi olan C, CO_2, CH_4 ve N_2O'ya odaklanmıştır. Örneğin, Koven vd. (2011), üç büyük donmuş bölge için yüksek enlemlerde 1860-2100 dönemi için farklı senaryolar altında CH_4 emisyonlarını simüle etmiştir. Yazar, 19. yüzyılın sonundan 21. yüzyılın başına

kadar, yüksek enlemlerdeki yıllık CH_4 emisyonlarının 30-40 Tg (0.75-1 Pg CO_2- eş) olarak kaldığını, ancak 2080 yılında 71-74 Tg ulaşacağını ortaya koymuştur. Batı Kanada'da nicel bir akı araştırması, CO_2 ve CH_4 akışlarının sırasıyla 0.2 ila 14.6 mmol CO_2 $m^{-1}d^{-1}$ ve -24 ila 344 mmol CH_4 arasında değiştiğini göstermektedir. Bu arada, Marushchak vd. (2011), en yüksek günlük N_2O emisyonının bitki örtüsü olmayan alanlarda 2.6-31.4 mg m^{-2} ve seyrek bitki örtüsü olan bölgelerde 0.6 ila 0.4 mg m^{-2} olduğunu göstermektedir (Yue X., L., Gao, Q., X., 2018). Permafrost kaynaklı yıllık sera gazı emisyonları için mod değerleri 2,3 ile 7,8 Gt CO2-eş arasında değişmektedir ve en olası değer yılda yaklaşık 6 Gt CO^2-eş'dir.

4.1.5. Volkanlar

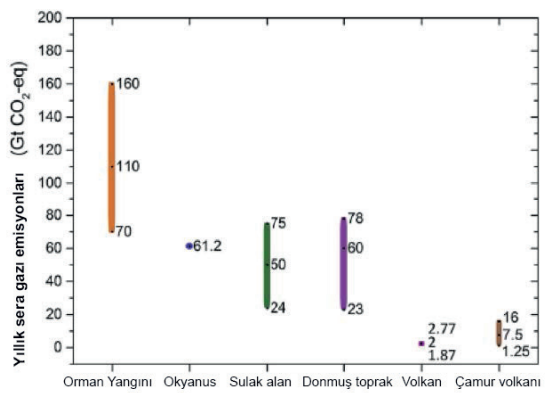
Volkanik patlamalar atmosfere CH_4 ve CO_2 de dahil olmak üzere çok sayıda volkanik gaz çıkarabilir. Volkanik patlamalar hızlı olabilir ve yüksek akılara sahip olabilir. Aralıklı aktivite gösteren volkanlar gazı çok daha yavaş serbest bırakırlar, ancak daha uzun süre salım yaparlar, bu nedenle aralıklı aktivite gösteren volkanlar tarafından salınan toplam sera gazı miktarı, patlamalı volkanlardan daha fazla olabilir. Simkin (1993), yeryüzünde 1300 volkanın mekânsal dağılımını, bazıları spot benzeri desenlerde dağılmış ve en çok yaklaşık 20 bant alanında yoğunlaştığını bildirmiştir. Volkanik sera gazı emisyonları hakkında çok az araştırma yapılmıştır. Volkanik akı ve volkanik olayların tahminleri üzerine çeşitli çalışmalar mevcuttur. Büyük volkanik patlamalardan kaynaklanan sera gazı emisyonları seviyesi çok yüksektir. Örneğin, Haziran 1991'de Filipinler'de Pinatubo yanardağının patlaması atmosfere 20 Mt SO_2 ve 200 Mt CO_2'den daha fazla salındı ve 20. yüzyılın en büyük volkanik bulut olayını oluşturdu. McCartney vd. (1990), patlama zirvesindeki (1,36 Ma) Tegan bazaltından kaynaklanan CO_2 emisyonlarının 13.000 Gt olduğunu tahmin etmişlerdir. Sibirya yanardağlarının yaydığı toplam C miktarının 20.000 Gt olduğunu tahmin edilmektedir. Bununla birlikte, uydu gözlemleri, volkanik aktivitenin ortalama olarak atmosfere yılda yaklaşık 0,1 Gt CO_2 katkıda bulunduğunu göstermektedir. Mod değerlerini seçerek, küresel volkanik patlamalardan kaynaklanan sera gazı emisyonlarının yılda yaklaşık 20 ile 110 Mt CO_2-eşdeğeri arasında olduğu ve

yaklaşık 167 Mt CO_2-eş'in ara yüzünde olduğu tahmin edilmektedir. Bu nedenle, volkanlardan gelen yıllık toplam sera gazı emisyonları yaklaşık 187 ila 277 Mt CO_2-eş arasındadır ve en muhtemel değer yılda 200 Mt CO_2-eş'dir.

4.1.6. Çamur volkanları

Çamur volkanları, çamur patlaması ile karakterize edilen "volkanlardır". Oluşumları ve sonraki aktiviteleri sırasında, büyük miktarlarda hidrokarbon gazı da üretebilirler. Çamur volkanları tarafından yayılan ana sera gazı, az miktarda CO_2 ile birlikte toplam hidrokarbon gazının %95'ini oluşturan CH_4'tür. Çamur volkanı patlaması sırasında açığa çıkan sera gazlarının toplam gaz içeriğinin yaklaşık% 60-80'i olduğu tahmin edilmektedir. Sakin dönemlerinde büyük miktarlarda gaz açığa çıkabilir. Milkov (2000), dünya genelinde çamur volkanlarının sayısının gözlemlenen volkanik yoğunluklara bağlı olarak 103 ila 105 arasında değişeceğini tahmin etmiştir. Bu sayı göz önüne alındığında, bilim adamları kıta ve deniz çamur volkanlarının aralıklı ve patlamalı faaliyetlerinden kaynaklanan küresel CH_4 emisyonlarını tahmin etmek için CH_4 emisyon akısı gözlemlerini kullandılar. Mod değerlerine dayanarak, çamur volkanlarından elde edilen küresel yıllık CH_4 emisyonlarının yaklaşık 0,5 ila 6,15 Mt arasında değiştiği tahmin edilmektedir, bu da 0,125-1,6 Mt CO_2-eş'dir. Çamur volkanlarından toplam sera gazı salımı yılda yaklaşık 750 Mt CO_2-eş'dir.

Şekil 4: Küresel doğal kaynaklı sera gazı emisyonları; maksimum, minimum ve önerilen (nokta) değerler.



Kaynak: Yue X.,L., Gao, Q.,X., (2018)

Şekil 4, doğal sistemlerden kaynaklanan sera gazı emisyonlarını ve bunların değişim aralığını göstermektedir. Doğal sistemlerden kaynaklanan küresel sera gazı emisyonlarının yılda yaklaşık 18,13 ila 39,30 Gt CO_2-eş aralığında olduğu ve bunun en olası değerinin 29,07 Gt CO_2-eş olduğu tahmin edilmektedir. Orman yangınlarından kaynaklanan emisyonlar, toplam emisyonların %37,8 ile büyük bileşenini oluştururken, bunu sırasıyla %21,05, %20,64 ve %17,20 ile okyanuslar, permafrost ve sulak alanlar izlemektedir. Volkanlar ve çamur volkanları, nispeten düşük miktarlarda sera gazı emisyonlarına, yani toplamın yaklaşık %1 - %3'üne katkıda bulunur.

4.2. İnsan faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazı emisyonları

BM tarafından derlenen insan faaliyetlerinden kaynaklanan (antropojenik) sera gazı emisyonları envanter verilerine göre (GCP, 2017), küresel fosil yakıt kullanımı ve çimento üretiminden kaynaklanan CO_2 emisyonları, 1990 yılında 22,3 Gt'tan 2016'da %70 lik bir artışa 36,2 Gt'ye yükselmiştir. Fosil yakıt enerji tüketimi, sera gazı emisyonlarının birincil kaynağı olmaya devam etmektedir. 2016 yılında kömür, petrol, doğal gaz ve çimento üretiminden kaynaklanan emisyonlar sırasıyla toplamın %40,3, %34,7, %19,4 ve %5,6'sını oluşturarak sırasıyla 14,5, 12,5, 7,0 ve 2,0 Gt olmuştur (GCP, 2017). Yaklaşık % 1.3'lük görece daha düşük yıllık büyüme ile 2018'de, toplam küresel sera gazı emisyonlarındaki büyüme (arazi kullanımındaki değişim hariç) %2,0 oranında yeniden başladı ve altı yıl sonra 51.8 $GtCO_2$ eşdeğeri oldu. 2018 küresel toplam küresel sera gazı emisyonları, arazi kullanımı değişikliğinden kaynaklananlar da dahil edildiğinde 55,6 $GtCO_2$ eşdeğeri olarak gerçekleşti. Bu artış, 2018'deki küresel ekonomik büyüme 2012'den bu yana ortalama yıllık %3,4 oranında devam ederken meydana geldi. Arazi kullanımı değişikliğinin dışındaki mevcut toplam küresel sera gazının oranı 1990'dakinden yaklaşık %57, 2000'dekinden ise % 43 daha yüksektir (Olivier, Peters 2020).1960'lardan bu yana, 5 Gt'den 14,5 Gt'ye, 3 Gt'den 12,5 Gt'ye ve 0,8 Gt'den 7,0 Gt'a yükselen sırasıyla kömür, petrol ve gaz yanmasından kaynaklanan sera gazı emisyonlarında (GCP, 2017) belirgin bir artış olmuştur. Bu arada, petrolden kaynaklanan sera gazı emisyonları

1960-1980 döneminde önemli ölçüde artmış ve kömür yanmasından kaynaklanan sera gazı emisyonları 21. yüzyılın başında önemli bir büyüme göstermiş, ancak 2014'ten bu yana biraz azalmıştır. Gazdan kaynaklanan sera gazı emisyonları istikrarlı ve sürekli bir büyüme eğilimi göstermiştir. Kömür ve petrol, iki ana insan kaynaklı sera gazı emisyon kaynağını oluşturmuştur ve en yüksek CO_2 emisyon oranına katkıda bulunmaktadır. Çimentodaki sera gazı emisyonları, nispeten küçük bir katkıyı temsil eden yılda 1-2 Gt CO_2-eş kalmıştır. Buna ek olarak, arazi kullanımındaki değişime bağlı küresel sera gazı emisyonları da 1850'den 2016'ya kadar yılda yaklaşık 4-5 Gt'dır.

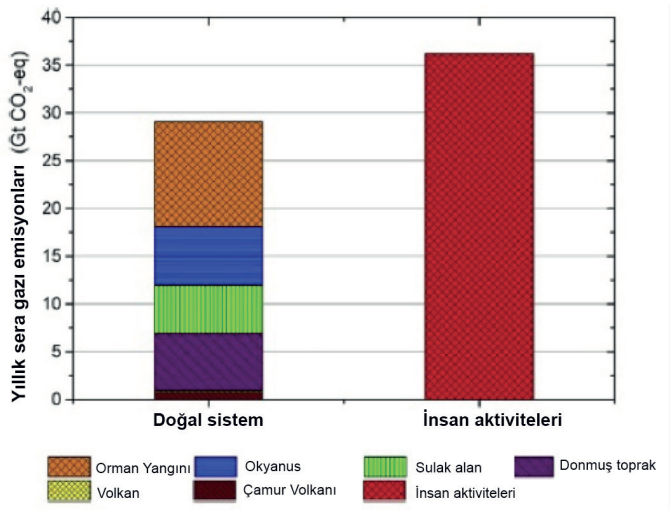
GCP 'ya (2017) göre, 2016 yılında, Çin'deki toplam yıllık sera gazı emisyonu miktarı 10,5 Gt ile dünya çapında en büyük emisyon üretici olmuş ve bunu toplam 5,3, 3,5 ve 2,5 Gt emisyonla sırasıyla ABD, AB ve Hindistan izlemiştir. Bununla birlikte, kişi başına emisyonlar açısından, 16,5 ton CO_2 -eş değeri ile ABD dünyada birinci sırada, Çin 7,2 ton CO_2 -eş ile ikinci sırada AB ise 6,7 ton CO_2 -eş ile üçüncü sırada, yer almaktadır. Bu ülkelerin tümü, kişi başına 4,2 ton CO_2 -eş emisyonu aşmıştır (GCP, 2017).

1870-2016'da fosil yakıtlardan ve çimento üretiminden kaynaklanan kümülatif emisyonlar açısından, Kuzey Amerika ve AB toplamın % 70'inden fazlasını oluşturdu. 1960'dan önce, kümülatif emisyonlar Kuzey Amerika ve AB'de en yüksek seviyedeyken, diğer ülkeler emisyonların sadece küçük bir yüzdesini oluşturuyordu. 1960'lardan bu yana, fosil yakıtlardan ve çimento üretiminden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının AB'deki payı, toplam küresel insan kaynaklı emisyonlar bakımından belirgin bir düşüş eğilimi göstermiştir. Buna karşılık, ABD için önemli bir oransal eğilim yoktu ve Çin, Rusya, Hindistan ve diğerleri gibi gelişmekte olan ülkeler belirgin bir yükseliş trendi gösterdi. Bununla birlikte, toplam miktarla ilgili olarak, Kuzey Amerika ve AB emisyonların büyük bir kısmından sorumlu olmaya devam etmektedir.

4.3. Küresel sera gazı emisyonlarına doğal sistemler ve insan faaliyetlerinin katkıları

Yukarıdaki analize dayanarak, toplam küresel insan kaynaklı sera gazı emisyonlarının şu anda 36,2 Gt civarında olduğu tahmin edilmektedir. Doğal sistem emisyonlarının yılda yaklaşık 18,13-39,30 Gt CO_2-eş olduğu ve büyük olasılıkla yılda 29,07 Gt CO_2-eş olduğu tahmin edilmektedir. Dolayısıyla, toplam yıllık küresel sera gazı emisyonları yaklaşık 54,26 ile 75,43 Gt CO_2-eş'dir. Doğal olanın insan kaynaklı emisyonlara oranı 0,5 ile 1,09 arasında değişmektedir ve büyük olasılıkla 0,8'dir. Bu insan kaynaklı ve doğal sera gazı emisyonlarının aynı büyüklükte olduğunu göstermektedir. İnsan kaynaklı sera gazı emisyonları, toplam küresel sera gazı emisyonlarının yaklaşık %47,9-66,6'sını oluşturur ve en olası değeri % 55,4'tür (Şekil 5). Bununla birlikte, volkanik patlamalardan kaynaklanan sera gazı emisyonları dahil edilirse, doğal sera gazı emisyonlarının insan kaynaklı sera gazı emisyonlarını aşması muhtemeldir (Yue X., L., Gao, Q., X., 2018).

Şekil 5: Doğal sistemlerden ve insan faaliyetlerinden kaynaklanan küresel sera gazı emisyonları.



Kaynak: Yue X.,L., Gao, Q.,X., (2018)

Atmosfer, okyanuslar ve karasal ekosistemler sera gazı için üç olası yutaktır. Küresel olarak mevcut CO_2 bütçesinin yarısı atmosferde yer alır ve geri kalanı yüzey sisteminden, yani okyanus ve karasal ekosistemlerde depolanır. Okyanus karbon yutağı yılda yaklaşık 9,13-12,6 Gt'dir. Karasal ekosistem karbon yutakları için simülasyon sonuçları, küresel karbon yutaklarının 1990'larda yılda 5,1-13.9 Gt CO_2-eş olduğunu gösteriyor. Bu nedenle, okyanus ve karasal ekosistemler (14,4-26.5 Gt CO_2-eş.) tarafından emilen toplam sera gazı miktarı, doğal emisyonlardan (18,13-39,3 Gt CO_2-eş.) biraz daha azdır, ancak kabaca aynı büyüklüktedir. Dünyanın doğal sistemleri kendi kendini dengeleyici olarak düşünülebilirken, fosil yakıt yanmasından kaynaklanan sera gazı emisyonları, yani insan faaliyetleri 36,2 Gt CO_2-eş ulaşmış ve Dünya sistemi üzerinde ek baskı uygulamaktadır (Yue X., L., Gao, Q., X., 2018).

5. SONUÇLAR

Sera gazı emisyonlarının kaynakları doğal sistemler ve insan kaynaklı aktivitelere bağlı kaynaklardan olmak üzere iki gruba ayrılabilir. Doğal kaynaklardan salınan sera gazlarını orman yangınları, okyanuslar, sulak alanlar, permafrost, volkanlar ve çamur volkanlarından gelen emisyonlar oluşturur.

Yeterli volkanik emisyon verisi olmadığında ve sismik emisyonlar dikkate alınmadan, doğal küresel sera gazı emisyonlarının yılda 181,3 ila 393 Mt CO_2-eş aralığında olduğu tahmin edilmektedir. Orman yangınları, toplamın % 37,8'i ile en büyük doğal emisyon kaynağını oluştururken, bunu sırasıyla % 21,05, % 20,64 ve % 17,2 ile okyanuslar, permafrost ve sulak alanlar izlemektedir. Volkan ve çamur yanardağ emisyonları toplam sera gazı emisyonlarının sadece % 1 -% 3'ünü oluşturmaktadır. Küresel insan kaynaklı sera gazı emisyonları 2016 yılında toplam 36,2 Gt CO_2-eş ve küresel yıllık sera gazı emisyonları yaklaşık 54,33-75,5 Gt CO2-eş olduğundan, insan kaynaklı emisyonlar toplam küresel emisyonların % 47,9-% 66,6'sını ortalama % 55,4'ini oluşturmaktadır. Doğal olanın insan kaynaklı sera gazı emisyonlarına oranı yaklaşık 0,5-1,09 olup, en muhtemel oran 0,8'dir. Doğal sistemlerden kaynaklanan toplam sera gazı emisyonları insan kaynaklı faaliyetlerden biraz daha azdır. Depremler ve volkanik sera gazı emisyonları dahil edilirse, doğal sistem sera gazı emisyonlarının oranı artacaktır.

Yutak etkisiyle okyanus ve karasal ekosistemler tarafından emilen toplam sera gazı miktarı, yılda 14,4-26,5 Gt CO_2-eş'dir ve bu da doğal sistemlerden kaynaklanan emisyonlarla yaklaşık aynı büyüklüktedir. Bu nedenle, Dünya'nın doğal sisteminin kendi kendini dengelediği düşünülebilir ve insan faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazı emisyonları Dünya sistemi üzerinde ekstra baskı oluşturur (Yue X., L., Gao, Q., X., 2018).

KAYNAKÇA

- Ahrens, C., D., Henson, R., (2014) Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate, and the Environment, Eleventh Edition ISBN-13: 978-1-305-11358-9 Cengage Learning Boston
- Doll, J. E., Baranski M. (2011) Greenhouse Gas Basics Climate Change and Agriculture Fact Sheet Series E3148 April 2011 W.K. Kellogg Biological Station, Michigan State University
- Elliott,W.P., Angell, J.K., (1987) On the relation between atmospheric CO2 and equatorial seaesurface temperature. Tellus B 39 (1e2), 171-183.
- GCP (Global Carbon Project), (2017) Global Carbon Budget 2017. http:// www. globalcarbonproject.org/.
- IPCC, 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA,
- Kirschke, S., Bousquet, P., Ciais, P., Marielle Saunois, Josep G. Canadell, Edward J. Dlugokencky, Peter Bergamaschi, Daniel Bergmann, Donald R. Blake, Lori Bruhwiler, Philip Cameron-Smith, Simona Castaldi, Frédéric Chevallier, Liang Feng, Annemarie Fraser, Martin Heimann, Elke L. Hodson, Sander Houweling, Béatrice Josse, Paul J. Fraser, Paul B. Krummel, Jean-François Lamarque, Ray L. Langenfelds, Corinne Le Quéré, Vaishali Naik, Simon O'Doherty, Paul I. Palmer, Isabelle Pison, David Plummer, Benjamin Poulter, Ronald G. Prinn, Matt Rigby, Bruno Ringeval, Monia Santini, Martina Schmidt, Drew T. Shindell, Isobel J. Simpson, Renato Spahni, L. Paul Steele, Sarah A. Strode, Kengo Sudo, Sophie Szopa, Guido R. van der Werf, Apostolos Voulgarakis, Michiel van Weele, Ray F. Weiss, Jason E. Williams, Guang Zeng (2013) Three decades of global methane sources and sinks. Nat. Geosci. 6 (10), 813-823

► Koven, C.D., Ringeval, B., Friedlingstein, P., Ciais, P., Cadule, P., Khvorostyanov, D., Krinner, G., Tarnocai, C., (2011). Permafrost carbonclimate feedbacks accelerate global warming. Proc. Natl. Acad. Sci. Unit. States Am. 108 (36), 14769-14774

► Marushchak, M.E., Pitkämäki, A., Koponen, H., Biasi, C., Seppala, M., . Martikainen P.J. (2011) Hot spots for nitrous oxide emissions found in different types of permafrost peatlands. Global Change Biol. 17 (8), 2601-2614.

► McCartney, K., Huffman, A.R., Tredoux, M., (1990) A paradigm for endogenous causation of mass extinctions. In: Virgil, L.S., Peter, D.W. (Eds.), Global Catastrophes in Earth History; an Interdisciplinary Conference on Impacts, Volcanism, and Mass Mortality. The Geological Society of America, Inc., Boulder https://doi.org/10.1130/SPE247-p125.

► Milkov, A.V., (2000). Worldwide distribution of submarine mud volcanoes and associated gas hydrates. Mar. Geol. 167 (1-2), 29-42.

► Olivier, J.G.J, Peters, J.A.H.W. (2020) Trends in global CO_2 and total greenhouse gas emissions: 2019 Report Netherlands Environmental Assessment Agency The Hague, 2020, PBL publication number: 4068

► Simkin, T., (1993) Terrestrial volcanism in space and time. Annu. Rev. Earth Planet Sci. 21 (1), 427-452.

URL1:

► http://www.ff.bg.ac.rs/Katedre/KFAMJGPL/GreenhouseEffectAndClimateChange.pdf

URL2:

► https://stelr.org.au/wp-content/uploads/2018/08/GreenhouseEffect%E2%80%93NaturalandEnhanced.pdf

► Yue X.,L., Gao, Q.,X., (2018) Contributions of natural systems and human activity to greenhouse gas Emissions Advances in Climate Change Research 9 243-252

YUTAK MEKANİZMALARI VE DAYANIMI

Prof. Dr. İhsan Çiçek

1.GİRİŞ

Karbon döngüsünün iki bileşeni vardır. Bunlar hızlı karbon döngüsü ve yavaş karbon döngüsüdür. Hızlı karbon döngü fotosentez ve ayrışma gibi biyolojik süreçleri içerirken, yavaş karbon döngüsü kayaların ve toprakların ayrışması gibi inorganik karbon geçişlerini içermektedir. Yavaş karbon döngüsü, milyonlarca yıllık bir zaman diliminde iklim değişikliğini yönetirken, hızlı karbon döngüsü ise on yıldan bin yılla gözlenen iklim değişiklikleri ile ilişkilidir.

Atmosferdeki ana doğal CO_2 kaynağı, okyanus ortası sırtlarından ve volkanlardan gelen volkanik gazların salınmasından kaynaklanmaktadır. Karbonat kayaları yoğun basınç ve sıcaklığa maruz kaldığında, tektonik plakaların kenarlarındaki karışma bölgelerinden CO_2 salınır. Atmosfere salınan CO_2 okyanuslarda çözünür ve canlı organizmalar tarafından alınır. Büyük küresel karbon rezervlerinden bazıları bu nedenle atmosferik CO_2, okyanuslarda çözünmüş CO_2 ve onun iyonları ve canlı maddelerdeki karbondur.

2. YUTAKLAR

2.2. Karasal Yutaklar

Atmosferik sera gazları (GHG'ler) ve iklim değişikliği arasındaki bağlantının kanıtı arttıkça, uluslararası çabalar sera gazlarının emisyonlarının azaltılabileceği yollara odaklanmıştır. 1997 Kyoto Protokolü, gelişmiş ülkeleri 1990-2012 yılları arasında 1990 yılında toplam sera gazı emisyonlarını emisyonlarının % 5,2 altında azaltmaya karar vermişti. (Readet al., 2001). Kyoto Protokolü'nün 2020 yılında sona erecek olması sebebiyle, 2015 yılında Fransa'nın Paris kentinde gerçekleştirilen 21. Taraflar Konferansı'nda (COP21), 2020'den sonra geçerli olacak Paris Anlaşması kabul edilmiştir. Anlaşma, 5 Ekim 2016 itibariyle, küresel sera gazı emisyonlarının % 55'ini oluşturan en az 55 tarafın anlaşmayı onaylaması koşulunun karşılanması sonucunda, 4 Kasım 2016 itibariyle yürürlüğe girmiştir. Anlaşma, sürdürülebilir kalkınma ve yoksulluğun ortadan kaldırılması bağlamında BMİDÇS'nin uygulamasını geliştirmeyi hedeflemektedir. Anlaşmanın uzun dönemli hedefi, küresel ortalama sıcaklık artışının sanayileşme öncesi döneme göre 2°C altında tutulması; ilave olarak ise bu artışın 1,5°C'nin altında tutulmasına yönelik küresel çabaların sürdürülmesi olarak ifade etmektedir. İklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı uyum kabiliyetinin ve iklim direncinin arttırılması; düşük sera gazı emisyonlu kalkınmanın temin edilmesi ve bunlar gerçekleştirilirken, gıda üretiminin zarar görmemesi diğer bir temel hedef olarak belirtilmektedir. Son olarak, düşük emisyonlu ve iklim dirençli kalkınma yolunda finans akışının istikrarlı hale getirilmesi hedefler arasında yerini almaktadır. Gerek belirtilen hedeflere ulaşmada, gerek diğer maddelerde uygulamada "ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar ve göreceli kabiliyetler" ilkesi prensip olarak benimsenmiştir. Buna göre ülkelerin küresel iklim eylemlerine, kendi imkanları doğrultusunda mümkün mertebe katkı sunmaları öngörülmüştür. Ülkelerin ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar ve göreceli kabiliyetler ilkesi uyarınca gerçekleştirecekleri azaltım, uyum, finans, teknoloji transferi ve kapasite inşası konusundaki Anlaşma'nın temel hedefini yerine

getirmeye yönelik faaliyetlerinin yer aldığı "Ulusal Katkı Beyanlarını" her 5 yılda bir sunmaları öngörülmüştür.

1800'den bu yana Dünya atmosferindeki CO_2 konsantrasyonları 280 ppm'den 418 ppm üzerine yükselmiştir. 1957'den bu yana Antarktika ve Arktik buz tabakaları içindeki CO_2 konsantrasyonlarının analizleri, atmosferdeki CO_2 konsantrasyonlarının doğrudan ölçümleri ile bu sera gazının birikmesinin son zamanlarda giderek daha hızlı hale geldiğini göstermiştir. Artış, insan toplumunun sanayileşmesi ile örtüşmekte ve insan faaliyetlerinden kaynaklanan CO_2 emisyonlarından kaynaklandığını gösteren kanıtlara sahipir. Küresel atmosferik CO_2 stokundaki son artışa en önemli katkı fosil yakıtların (örneğin elektrik santrallerinde) yakılması ve özellikle tropik bölgelerdeki yoğun ormansızlaşmadır. Karbondioksit, daha düşük konsantrasyonlarda (metan (CH_4) ve azot oksit (N_2O) gibi 'eser gazlar' olarak adlandırılır) bulunan bir dizi diğer gazla birlikte, Dünya yüzeyinden yayılan termal radyasyonu yakalar ve böylece Dünya atmosferinin ısınmasına neden olur. Bu gazların özellikle 19. ve 20. yüzyıllarda birikmesi ile arttırılan bu ısınma («sera etkisi» olarak bilinir), yüzey sıcaklığında yaklaşık 0,6 ^oC'lik bir küresel ortalama artışa yol açmıştır. Devam eden CO_2 emisyonlarının gidişatına dayanan projeksiyonlar, önümüzdeki 100 yıl boyunca küresel ortalama yüzey sıcaklığının 1,4 ila 5,8 ^oC arasında artabileceğini göstermiştir. Paleoiklimatik veriler, bu büyüklükteki sıcaklık değişikliklerinin daha önce meydana geldiğini, ancak değişikliğin gerçekleştiği hızın, en azından son 10.000 yıl boyunca devam ettiğini göstermektedir. Ayrıca yağış, bulutluluk ve nem dağılımında ve yoğunluğunda büyük değişikliklerin meydana gelmesi beklenmektedir. Bu tür değişiklikler insan toplumları için doğrudan ve dolaylı sorunlara neden olurken, ortaya çıkma hızları da doğal ekosistemlerin dengesi için bir tehdit oluşturmaktadır (Read et al., 2001).

Küresel iklim değişikliğinin yarattığı sorunların ölçeğinin giderek daha fazla tanınması, bilim insanlarını ve politika yapıcıları ısınma eğilimini azaltmak için yaklaşımları düşünmeye itmiştir. Artan atmosferik CO_2 konsantrasyonunun iklim değişikliğinin ana itici gücü olacağı göz önünde bulundurulduğunda, bir yandan CO_2 ve diğer sera gazı emisyonlarının azaltılması veya diğer yandan sera gazı

emisyonlarının uzaklaştırılması olasılıklarına vurgu yapılmıştır. Açıkçası, fosil yakıtların kullanımı ve çeşitli arazi kullanımı ve arazi örtüsü değişikliği, özellikle de ormansızlaşma, başlıca insan kaynaklı CO_2 kaynakları olarak tanımlandığından, her iki faaliyetin de kısıtlanmasına dikkat edilmelidir. Günümüzde küresel insan kaynaklı CO_2 emisyonlarının yaklaşık % 75'ine katkıda bulunan enerji üretimi ve kullanımı, ekonomik kalkınmanın merkezinde yer almaktadır ve bu alanda azaltma sağlamak için tasarlanmış politikalar büyük bir dirençle karşılanmaktadır. Karbon yutaklarının en uygunu ve maliyeti en düşük olanı karada ve okyanuslarda CO_2 için doğal "karbon yutakları" nın geliştilmesidir. Sera gazının kara ve okyanuslardaki biyolojik sistemlere daha fazla alınmasını sağlamak için bir takım mekanizmaların geliştirilmesi gerekmektedir. Hem karasal hem de sucul ortamlarda bu alım için en önemli mekanizma, CO_2'nin önce şekerlere, daha sonra selüloz ve lignin gibi yapısal bitki polimerlerine dönüştürüldüğü fotosentez sürecidir. Neredeyse tüm bu karbonlar sonunda solunum sürecinde atmosfere geri döndüğünden, bu tür sabitleme esasen geçici bir çözümdür. Ancak karbon tutma süresi (yani alım ve depolama), ürün ve yönetim rejimlerinin seçimi ile mümkün olan en uzun tutma sürelerinin gerçekleşmesini sağlar. Bu nedenle, sabit karbonun çoğunun ağaç ve yüzyıllarca toprak organik maddesinde tutulduğu ormanlar, kara karbonu yutaklarının olası iyileştirmeleri için doğal adaylardır (Read D. et al., 2001).

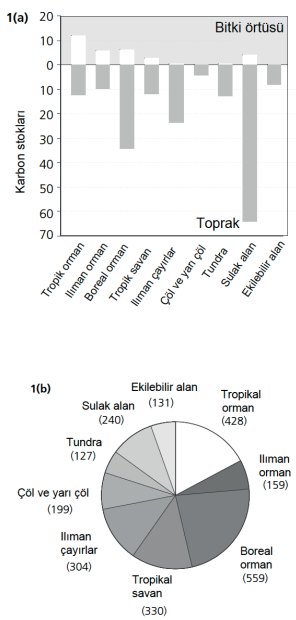
Ormanların ve tarım arazilerinin CO_2 emisyonlarını azaltmak için düzenlenmesi gerekliliği 1992 yılında Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nde (UNFCCC) belirtilmiştir. 1997'deki Kyoto Protokolü, hem hükümetlerin karasal alanların yutak kapasitesini geliştirmek için politikalar kullanması gerektiği, hem de toprakların doğal karbon yutak kapasitelerinin yanı sıra, fosil yakıt tüketiminden kaynaklanan emisyonların azaltılması için kullanılma yollarının geliştirilmesi fikrini onaylamamıştır. Okyanusların CO_2 için potansiyel bir yutak oluşturduğunu kabul ederken, Kyoto Protokolü okyanus havzasından ziyade karasal yutaklar üzerinde durmuştur. Çünkü mülkiyet ve egemenlik konularının birinci durumda çözülmesi çok zor olması ve karasal karbon yutaklarının daha kolay geliştirilebilmesi az gelişmiş ülkelerde temiz kalkınmayı da teşvik edecektir. Denizlerde fotosentez yapan fitoplankton yoğunluğunu artırmak için demir de dahil olmak üzere besinlerle

gübreleme yoluyla okyanusun CO_2 alımını artırmaya yönelik öneriler son derece spekülatiftir ve son modellemeler ve gözlemler, bu şekilde sabitlenen karbonun hızla geri dönüştürüldüğünü göstermektedir (Read D. et al., 2001).

2.2.1. Küresel karbon stokları

Küresel olarak, bitki örtüsü 550 +100 petagram karbon (PgC) içerir, topraklar çok daha fazla miktarda 1750+250 PgC içerir. Topraklar ve bitki örtüsü birlikte atmosferden yaklaşık üç kat daha fazla karbon içerir (760 PgC içerir). Bitki karbonunun çoğu ormanlarda, özellikle tropik bölgelerde bulunurken, toprak karbonunun çoğu kuzey yüksek ve ılıman enlemlerdeki hem ormanlarda hem de otlaklarda görülür. Toprak karbonunun vejetasyon karbonuna oranı boreal ormanlarda yaklaşık 5'tir, ancak çoğu tropikal ormanda 1'den azdır (Şekil 1).

Şekil 1: Toprak ve bitki örtüsündeki karbon stokları: a) Farklı karasal sistemler için toprakta depolanan karbon kütlesi ve metre kare başına bitki örtüsü (kg C m^{-2}); b) Farklı karasal sistemlerde, karbon stokunun karasal sistemin toplam alanı ile çarpılmasıyla hesaplanan karbonun nispi yüzdesi (Parantez içindeki sayılar, PgC'deki toplam küresel karbon stokunun bir tahminidir).



Kaynak: Read D. et al., 2001

2.2.2. Atmosferle yıllık karbon değişimi

Tüm atmosferik CO_2 yaklaşık 10 yıllık bir zaman ölçeğiyle değiştirilecek şekilde toprak ve atmosfer arasında aktif olarak çevrilir. Karbon fotosentez sırasında atmosferden bitkiler tarafından uzaklaştırılır (yılda yaklaşık 120 $PgCy^{-1}$). Bitki solunumu (yaklaşık 60 $PgCy^{-1}$), topraktaki ayrıştırıcılar tarafından organik maddenin parçalanması (yaklaşık 55 PgC y^{-1}) ve doğal ve insan kaynaklı yangınlar (yaklaşık 4 $PgCy^{-1}$) ile atmosfere geri döndürülür. Okyanuslar ve atmosfer arasında benzer akılar meydana gelir (Read et al., 2001).

2.2.3. Karbon döngüsünde güncel değişiklikler

Bu akılar arasındaki küçük dengesizlikler, mevcut fosil yakıt emisyonlarıyla karşılaştırılabilir büyüklükteki toprak tarafından net tutuluma veya karbon salımına neden olabilir (6,4+0,4 PgC y^{-1} olarak tahmin edilmektedir). Karbon bütçe kısıtlamaları (yani çeşitli karbon kaynakları ve yutakları göz önünde bulundurulduğunda), bitki örtüsü ve toprak tarafından ortalama net karbon tutulumunun 1990'lara kadar 1,5+0,7 $PgCy^{-1}$ olduğunu göstermektedir. Bitki örtüsü ve toprak 3,2 PgC y^{-1}'i tutuyor olsa da, yaklaşık 1,7 PgC y^{-1} ormansızlaşma nedeniyle geri salınmaktadır, dolayısıyla net 1,5 PgC y^{-1} tutulumu). Bu net karbon tutulumu, fosil yakıtlardan kaynaklanan emisyonların yaklaşık %23'ünü temsil etmektedir. Dolayısıyla, küresel karasal karbonu yutağı güncel karbon bütçesinin önemli bir bileşenidir. Ne yazık ki, karasal karbon rezervinin büyüklüğünü ve yerini kısmen ölçmek zordur. Çünkü önemli ölçüde yıldan yıla önemli farklılıklar göstermektedir. Bu yıllık değişimler öncelikle El Niño olayları veya büyük volkanik patlamalar gibi iklim anormalliklerinden kaynaklanmaktadır (Read et al., 2001).

3. OKYANUSLARDAKI YUTAK MAKENİZMASI

Bir karbon yutağı, atmosferin karbonunu fiziksel ve biyolojik mekanizmalarla emen ve depolayan doğal veya yapay bir rezervuardır. Kömür, petrol, doğal gazlar, metan hidrat ve kireçtaşı, karbon bu yutakların örnekleridir. Uzun süreçlerden sonra ve belirli koşullar altında, bu yutaklara binlerce yıldır karbon depolanmaktadır. Aksine, fosil olarak kabul edilen bu kaynakların kullanımı, atmosfere taşıdıkları karbonu yeniden enjekte edmektedir. Günümüzde, humus depolayan topraklar (turba gibi), bazı bitki yetiştirme ortamları (ormanları oluşturmak gibi) ve elbette deniz ortamında gerçekleşen bazı biyolojik ve fiziksel süreçler gibi diğer karbon yutakları devreye girmektedir (Bussi-Copin et al., 2016).

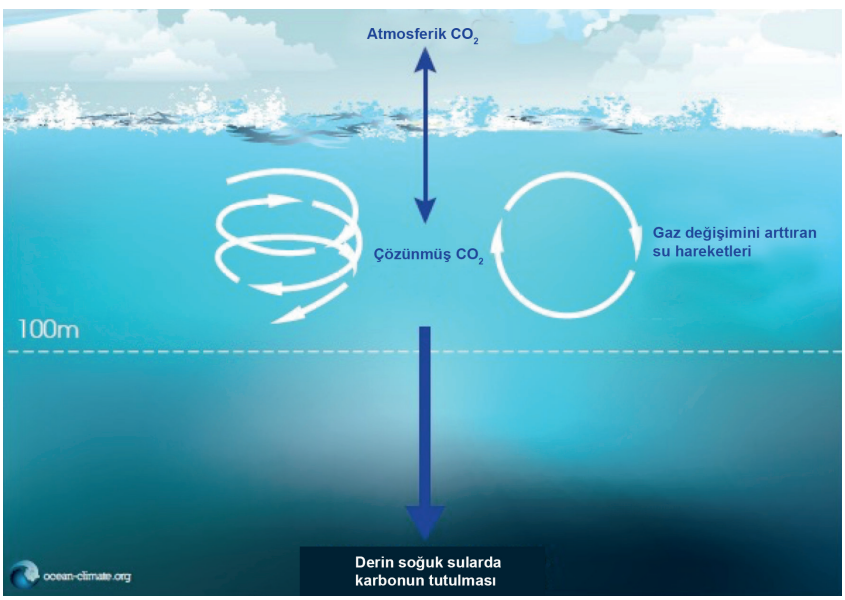
Bu süreçler iyi bilinen "okyanus karbon pompası" nı oluşturur. Bu pompa iki bölümden oluşmaktadır. Bunlrndan birincisi yüzey karbonunu gıda ağı yoluyla deniz tabanına aktaran bir biyolojik pompa (orada uzun vadede depolanır) diğeri ise okyanus dolaşımından kaynaklanan fiziksel pompadır (Şekil 2 ve 3). Kutup Bölgelerinde, daha yoğun su çözünmüş karbonu da taşıyarak derin denize doğru hareket eder. Aslında, yüksek enlemlerde su, CO_2'yi daha kolay depolar çünkü düşük sıcaklıklar atmosferik CO_2 çözünmesini kolaylaştırır (Kutup Bölgelerinin karbon döngüsündeki önemi bundan kaynaklanmaktadır). Bu mekanizmalar tarafından depolanan karbon miktarını belirlemek zordur, ancak okyanuslarda atmosferden 50 kat daha fazla karbon yoğunlaştığı tahmin edilmektedir (Şekil 2). Bazı bilim adamları için derin denizler ve su sütunu Dünya'daki en büyük karbon yutağı olabilir, ancak büyük ölçekli yapısı hala bilinmemektedir. Ayrıca, okyanus asitlenmesi ile bu işlem mevcut karbonatların eksikliği nedeniyle daha az verimli hale gelebilir (Bussi-Copin et al., 2016).

Karbon depolamasında zaman kavramı çok önemlidir. Biyolojik pompa parazitlere duyarlıdır. Sonuç olarak, dengesizleştirilebilir ve atmosfere yeniden karbon yayabilir.

Fiziksel pompa başka bir zaman ölçeğinde etki eder ve atmosferik ve okyanusal döngüdeki karışıklıklara karşı daha az duyarlıdır, ancak uzun vadede etkilenir. Makine etkinleştirildikten sonra, durdurulması zordur. Okyanus sirkülasyonu nedeniyle derin denize transfer edilen karbon geçici olarak yüzey döngüsünden çıkarılır, ancak bu süreç oldukça zayıf bir şekilde ölçülür.

Biyolojik pompayı değerlendirmek aslında daha kolaydır. Biyolojik pompa ekosistemlerin sağlığı ile ilişkilidir. Örneğin açık denizlerde planktonlar önemli bir rol oynamaktadır. Dibe ulaşan tüm organik malzemeler biyolojik pompaya katılmaktadır ve koşullar izin verdiğinde yağ oluşumuna da katılmaktadırlar. Mikroskopik tek hücreli bir alg gibi kokolitikosfor gibi kalsiyum içeren materyaller, karbonun doğal döngüden çıkarılmasına katılmaktadır. Öldüklerinde, dikey bir net karbon akışı üretirler. Bu karbon daha sonra jeolojik dönemler için derin denizde depolanmaktadır (Şekil 3) Bu işlemler oluşturdurdukları tortullarda kanıtiz bırak oluştururlar. Örneğin, tebeşir falezleri, okyanus tabanında, daha sonra jeolojik hareket nedeniyle deniz yüzeyi üzerine ulaşmış kokolitforlar (kireçtaşından yapılmış kabuğa sahip mikro algler) birikimidir (Bussi-Copin et al., 2016).

Şekil 2: Fiziksel karbon pompası

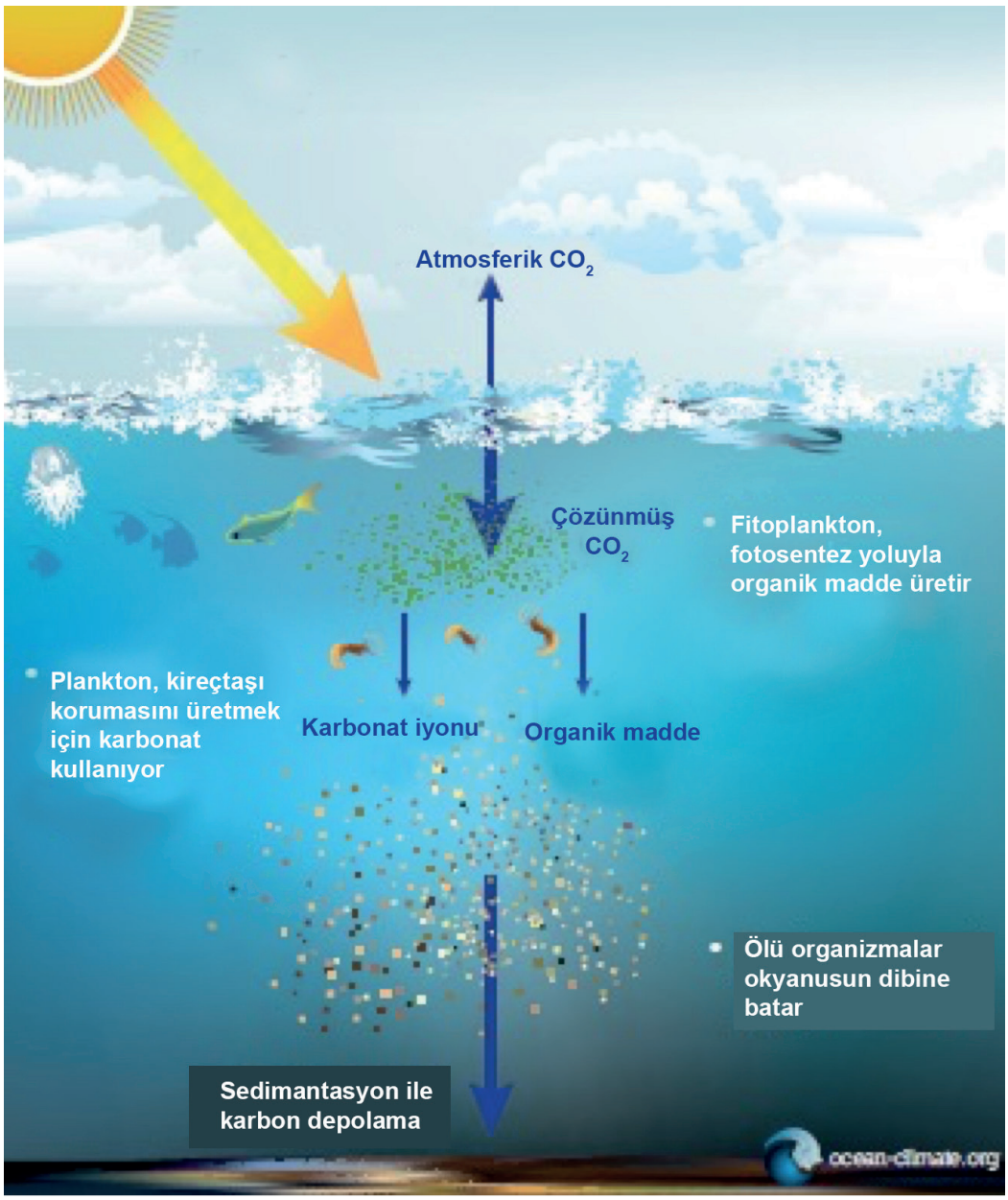


Kaynak: Bussi-Copin et al., 2016.

Sağlıklı kıyı ekosistemleri, özellikle karbonu tutarak iklim değişikliğine karşı hafifletici bir rol oynamaktadır. Örneğin, mangrovlar, deniz otlakları ve tuz bataklıkları önemli karbon yutaklarıdır. Bu üç örnek, kalsiyum iskeletinde karbon tutarak geliştiklerinde i ormanlardan en az on kat daha fazla karbon depolamaktadır. Bununla birlikte, bu kıyı ekosistemleri küresel ölçekte çok az yüzeyi kaplamaktadır. Ayrıca, bu ekosistemler kıyılardaki kentleşme ve ekonomik faaliyetler nedeniyle zayıflamaktadır. Ekosistem restorasyonu, atmosfere aşırı miktarda salınan karbonun depolanmasını geliştirmek için öncelikli olmaya devam etmeyi ve iddialı politikalar gerektirmektedir (Bussi-Copin et al., 2016).

İklim değişikliği ile mücadele etmek için, CO_2'yi okyanus karbon yutaklarında yapay olarak depolamak için jeomühendislik teknikleri geliştirilmektedir. Bilim insanları potansiyel dengesizliğin olumsuz sonuçlarının henüz araştırılmamış olması nedeniyle endişe bu tekniklerden duymaktadır. Bununla birlikte, karbon yutağı kavramı çok tartışmalıdır. Karbon döngüsü, küresel ısınmayı destekleyen diğer döngülerle ilişkili olduğundan oldukça karmaşıktır. Sonuç olarak, CO_2 depolamak, sera etkisinde önemli bir rol oynayan su buharını da serbest bırakılmasına neden olur. Ayrıca, sera gazı konsantrasyonundaki artıştan dolayı, su sıcaklığı ve asitliği de değişmektedir. Bu fiziksel, kimyasal ve biyolojik dengeleri değiştirir ve okyanus pompasını etkileyebilir. Tüm bu veriler insanları deniz ekosistemlerinin geleceği hakkında düşünmeye sevk etmektedir. Bu belirsizlik bizi daha dikkatli olmaya ve deniz ekosistemlerini korumaya teşvik etmelidir (Bussi-Copin et al., 2016).

Şekil 3: Biyolojik karbon pompası



Kaynak: Bussi-Copin et al., 2016.

4. KARBON DÖNGÜSÜNE İNSAN ETKİSİ

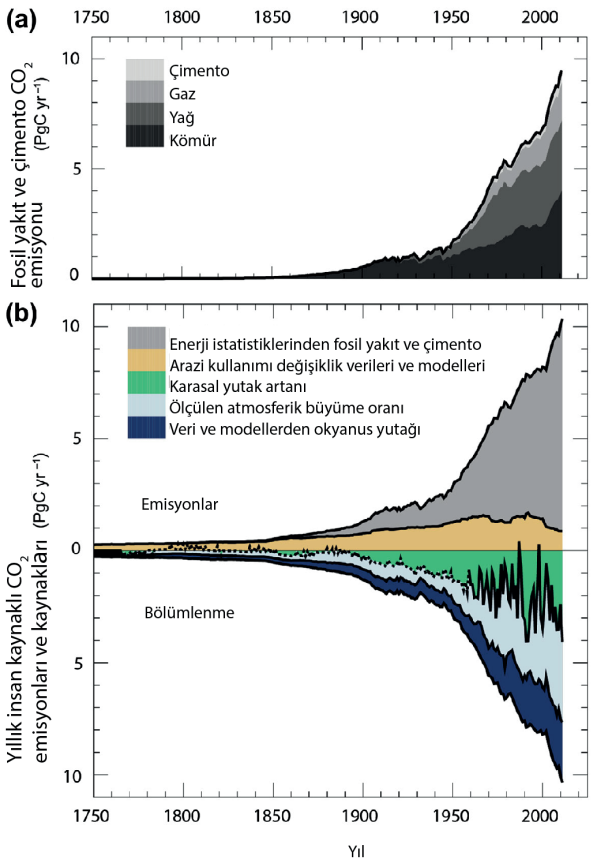
İnsanlar daha önce depolanmış karbonu fosil yakıtları yakarak atmosferik karbon rezervine çok miktarda CO_2 salmışlardır. CO_2 karbon içerdiğinden, atmosfere salınmasının küresel karbon döngüsü için de etkileri vardır (Hannah L., 2015).

Sanayi Devrimi'nden günümüze, fosil yakıtların yakılması Dünya'nın atmosferine yaklaşık 330 milyar metrik ton (330 Pg) karbon eklemiştir. Arazi kullanımındaki değişimler, çoğunlukla orman açma ve yakma, aynı dönemde yaklaşık 158 milyon metrik ton (158 Pg) eklemiştir. Tropik bölgeler dışındaki arazi kullanım değişikliğinden kaynaklanan CO_2 yaklaşık 2000 yılına kadar önemliydi, ancak o zamandan beri neredeyse tüm arazi kullanım değişikliği emisyonları tropik bölgelerden gelmiştir (Hannah L., 2015).

Her yıl mevcut fosil yakıt emisyonları atmosfere 8,4 milyar metrik ton (8,4 Pg) karbon eklenmektedir. Arazi kullanımı, 1,5 milyar metrik ton (1,5 Pg) daha ekleyerek yıllık CO_2 emisyonunun yaklaşık 10 milyar mt (9,9 Pg) ulaşmasını sağlamaktadır. Toplam emisyonlar yılda yaklaşık yarım milyar metrik ton artmaktadır ve 1990'dan bu yana % 35 artmıştır (Hannah L., 2015).

Tüm bu CO_2 nereye gidiyor? Atmosfer, insan tarafından salınan emisyonların yaklaşık % 45'ini barındırmaktadır (Şekil 4). Okyanus ve karasal karbon rezervlerinin her biri yaklaşık dörtte bir oranında karbon tutmaktadır (kara yutaklarında %30 ve okyanus yutaklarında %24).

Şekil 4: Karbon döngüsünde bölümlenen yıllık CO_2 emisyonları. Fosil yakıt kullanımı ve arazi kullanım değişikliğinden (panel b'nin üst yarısı) kaynaklanan yıllık CO_2 emisyonları atmosfere, okyanus ve kara rezervlerine (panel b'nin alt yarısı) bölünerek dengelenir. Panel a, fosil yakıt emisyonlarının kaynak türüne göre dağılımını göstermektedir.



Kaynak: Hannah L., 2015

Bu karbon ilavelerinin iklim değişikliği için büyük etkileri olsa da, doğal karbon rezervleri ve akıları açısından miktarları büyük değildir. Yaklaşık 10 Pg karbon yıllık insan emisyonu, atmosferle yıllık karasal veya okyanus karbon değişiminin %10'undan ve karasal ve okyanus akılarının bileşiminden %5 daha azdır. Sanayi Devrimi'nden bu yana toplam 330 Pg toplam kümülatif insan emisyonu, Dünya'nın büyük karbon rezervlerine kıyasla, özellikle tek başına 3700 Pg karbon içeren derin

okyanusunkine kıyasla küçüktür. Topraklar 2300 Pg karbon içermektedir. Kümülatif insan emisyonları, toplam küresel birleşik atmosferik, okyanus ve karasal karbon rezervlerinin %1'i kadardır (Hannah L., 2015).

Bununla birlikte, insan emisyonları atmosferik rezervlerle ilişkili olarak büyüktür ve salınan karbon, iklimi etkilemektedir. 330 Pg toplam kümülatif insan emisyonu, toplam atmosferik karbon havuzunun (800 Pg karbonun üzerinde) neredeyse yarısı kadardır. İnsan kaynaklı emisyonların yaklaşık %45'i atmosferde kaldığından, atmoferde kalan toplam karbon miktarı yaklaşık 150 Pg karbondur. Bu değer atmosferik karbon havuzunun yaklaşık %20'sidir (Hannah L., 2015).

İnsan kaynaklı CO_2 atmosfere eklendiğinde, karbon döngünün akışları, rezervleri ve pompaları devreye girer. Atmosferdeki artan CO_2, okyanus sularında çözülür, burada yüzey karışımı vasıtasıyla yüzeyden uzaklaştırılır ve derin sular ile yüzey suları arasındaki çözünmüş tuz yoğunluğu farklılığının oluşturduğu termohalin sirkülasyonuyla derinliklere taşınır (Hannah L., 2015).

Çözünürlük pompası yüzey suyunda çözünmüş CO_2'yi okyanusların derin kısımlarına taşımaktadır. İnsan etkisiyle atmosferdeki CO_2 seviyeleri yükseldikçe, deniz suyunda daha fazla CO_2 çözünür ve daha fazla çözünmüş CO_2 çözünürlük pompasıyla derinlere doğru taşınır. Tropik bölgelerde derin denizlerde yüzlerce veya binlerce yıl süren bu birkim sonunda CO_2'yi yeniden yüzeye taşınarak serbest bırakacak olsa da, çözünürlük pompası insan kaynaklı CO_2 salımı için kısa vadeli önemli bir yutak mekanizmasıdır (Hannah L., 2015).

Öte yandan biyolojik pompa, insan kaynaklarından atmosfere salınan CO_2'nin modüle edilmesinde güçlü bir rol oynamaz. Bunun nedeni, CO_2'nin okyanuslardaki fotosentez için sınırlayıcı bir faktör olmamasıdır. Sonuç olarak, insan kaynaklı daha yüksek CO_2, okyanus fotosentezi oranlarını değiştirmez ve biyolojik pompanın hızını etkilemez (Hannah L., 2015).

Atmosferde kalan CO_2, bitkilerde fotosentezi uyarır ve karasal karbon tutulumunu arttırır. CO_2 fotosentez için temel bir girdi olduğundan, atmoferdeki artan CO_2 konsantrasyonları fotosentetik reaksiyonları hızlandırır. Serin, yüksek enlem bölgeleri ısındıkça, sıcaklığın kimyasal reaksiyonlar üzerindeki hızlandırıcı etkisi nedeniyle fotosentez artar. Ağaçların ve diğer bitki örtüsünün büyümesi, daha yüksek CO_2 ve sıcaklık ile uyarılır, bu da bitkilerde daha fazla karbon depolanması ile sonuçlanır. Küresel olarak, karasal sistemler, fosil yakıtların yakılmasından kaynaklanan CO_2 olarak atmosfere yayılan karbonun yaklaşık dörtte birini emen büyük bir karbon yutak olmuştur.

5. KARASAL KAYNAKLAR VE YUTAKLARDAKİ GÜNCEL EĞİLİMLER

Karbon kaynaklarındaki ve yutaklarındaki bazı yeni eğilimler, karbon döngüsünün insan kaynaklarından gelen CO_2 girişine nasıl tepki verdiğine dair önemli sonuçlara sahiptir. Son iki yüzyıldır karbon kaynağı olan bazı bölgeler karbon yutaklarına geçiş yaparken, diğer alanlar son zamanlarda yutaktan kaynağa geçmiştir (Hannah L., 2015).

Net birincil verimlilik, fotosentez yoluyla bitki biyokütlesinde biriken karbon miktarıdır. Artan net birincil verimlilik alanları karbon depoları ve karbon yutaklarıdır. Net birincil verimliliğininin azaldığı alanlar karbon salmaktadır ve karbon kaynaklarıdır (Hannah L., 2015).

Geniş alanlarda yaşanan kuraklık, daha önce yutak olan alanların kaynak alanlara dönüşmesine neden olmaktadır. Kuraklık devam ettikçe, bitkilerin fotosentezde kullanma suyu azalır ve net birincil verimlilik düşer. Bu, Güney Amerika, Avustralya, Güney Afrika ve Güneydoğu Asya'daki geniş alanlarda gerçekleşmektedir. Özellikle Amazon bir karbon rezervinden bir karbon kaynağına dönüşmektedir. Genel olarak, tüm Güney Yarımküre'de net birincil verimlilik 2000 ila 2009 yılları arasında arazi alanının % 70'inden fazlasında düşmüştür (Hannah L., 2015).

Ancak Kuzey Yarımkürede, daha önce tarım için temizlenmiş alanlarda ormanlar yeniden büyümektedir ve bu da artan net birincil verimliliğe neden olmaktadır. Kuzey Yarımkürede net birincil verimlilik bitki örtüsünün % 65'in de artmıştır. Büyümesi eskiden soğukla kısıtlanan yüksek enlem ormanlarında, iklimler ılık olduğu için net birincil verimlilik de artmaktadır. Bu kuzey karbon yutakları, karasal sistemlerin net bir CO_2 kaynağı olması durumu yutaktan emisyon kaynağına dönüşen Amazon gibi Güney Yarımküre sistemleri tarafından etkisiz hale gelmesine neden olmaktadır (Hannah L., 2015).

6. KARBON DÖNGÜSÜ VE KARBON TUTULMASI

CO_2'nin atmosferden karasal veya okyanus karbon rezervlerine taşınması, küresel iklim değişikliğinin etkisini azaltacaktır. Okyanus ve karasal sistemler halihazırda insan kaynaklı CO_2 emisyonlarının yarısından fazlasını tutmaktadır. Okyanus ve karasal karbon rezervleri yıllık insan emisyonlarına göre daha büyük yapılar olduğundan, bu yutaklar hala karbon tutulma işlevine devam etmektedir. Atmosferikdeki karbonun iklimi değişikliğinin olumsuz etkileri azaltan okyanus ve karasal yutaklarına doğru hareketi karbon tutulması olarak adlandırılmaktadır (Hannah L., 2015).

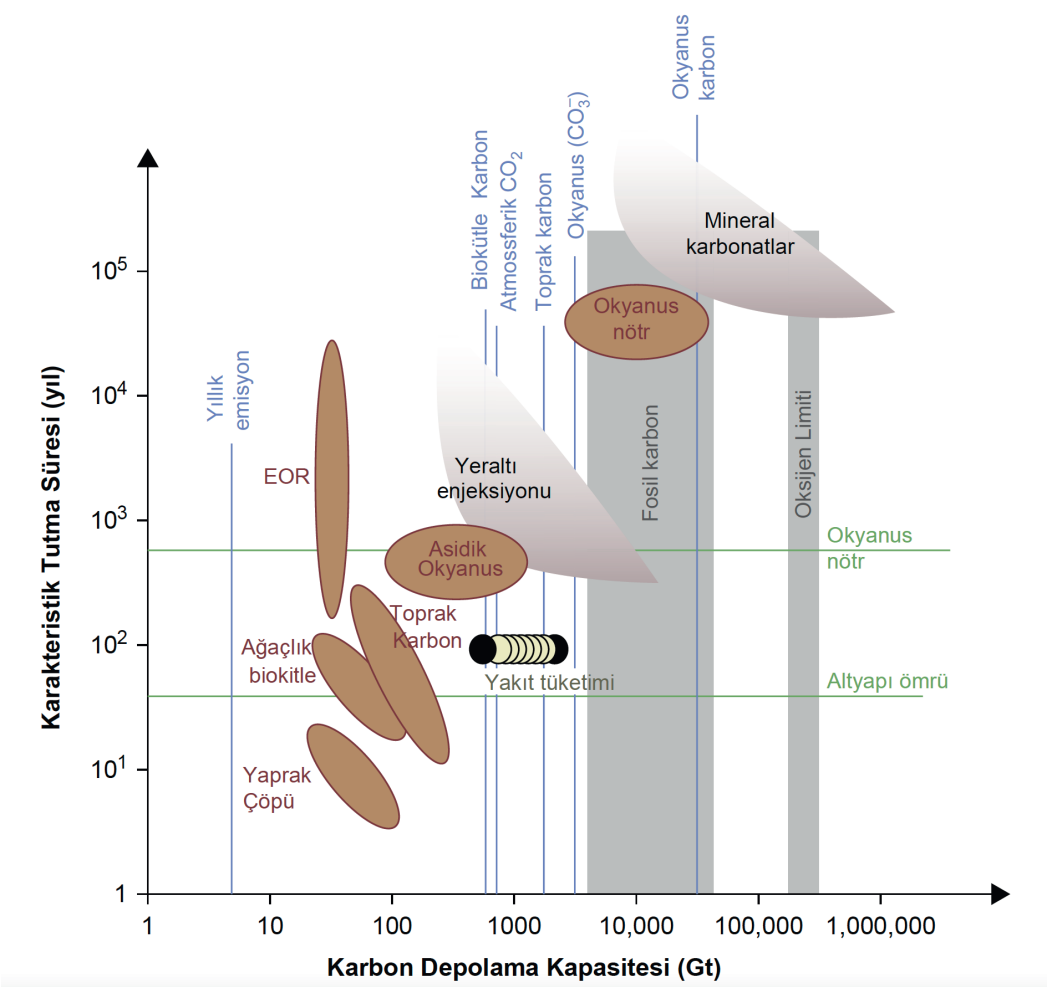
Soruna bir üst sınır koymak için, öncelikle insanların atmosferdeki tüm oksijeni tüketmeden fosil yakıtları yakmaya devam edip edemeyeceklerini sorabiliriz. Milyonlarca yıl boyunca fotosentezle üretilen organik madde ayrıştırmada oksijenle tamamen birleştirilmemiştir, bunun yerine kayalarda hidrokarbon olarak kalmaktadır (ağaçlar gezegenin sadece jeolojik zaman aralıklarında akciğerleridir). Tüm bu hidrokarbonlar yakılabilseydi, solumak için güvendiğimiz oksijen tüketilirdi. Jeolojik hidrokarbonların sadece küçük bir yüzdesi, yakıt olarak kullanılabilen kömür, yağ veya katran kumu gibi formlardadır. Bu nedenle, küresel fosil yakıt rezervlerinin iyimser tahminlerini kullanarak bile, fosil yakıtların yakılmasının gezegeni O_2 ile nefes alabilmek açısından yaşanmaz hale getirmeyeceği açıktır (Hannah L., 2015).

Fosil yakıtların yakılması insanın hayatta kalması için gerekli olan tüm oksijeni tüketmeyecektir. Fosil yakıt kullanımının temel problemi CO_2 emisyonlarının küresel iklim üzerindeki etkisidir. Bu kaygıyı azaltmanın bir yolu, karbon yutaklarında fosil yakıt kullanımıyla salınan karbonu tutmaktır. Karbonun tutulması için büyük bir gösterge, karbonun farklı rezervlerde kalma süresidir. Yıllar veya on yıllar boyunca atmosfere karbon veren bir yutağın iklim değişikliğinin etkilerini

azaltmak üzerindeki etkisi azdır. Ancak yüzyıllardır karbon tutan bir yutak, birden fazla nesil boyunca iklim değişikliğinin azaltılmasında önemli bir rol oynar. Gelecekte yutaklardan atmosfere geri dönen karbon iklim değişikliğinin etkilerinn daha da artmasına neden olabilir. Ancak bu zaman zarfında daha sofistike tutulum yöntemleri geliştirilebilir. Yüzlerce yıllık bir yutak düşünülmeye değer, ancak gelecek nesiller için sonuçları olduğu unutulmamalıdır. Binlerce ya da on binlerce yıl boyunca karbonu tutan bir yutak, kabaca insan zaman ölçeklerindeki kalıcı bir yutağa eşdeğerdir (Hannah L., 2015).

Kolayca yutak durumu değiştirilebilen karbon rezervlerinin çoğu küçüktür veya kısa kalma sürelerine sahiptir (Şekil 5). Orman karbon rezervleri, ormanlar restore edilerek arttırılabilir. Ancak ormanlardaki küresel karbon sadece yaklaşık 300 Pg veya 30 yıllık yıllık CO_2 emisyonudur. Küresel orman örtüsünün yaklaşık % 30'u ortadan kaldırıldığında, en iddialı orman yutak programı bile sadece birkaç yıllık küresel CO_2 emisyonlarını depolayacaktır. Ormandan dönüşen otlakların tutunma potansiyeli daha da küçüktür ve toprakların restorasyon potansiyeli çok daha büyük olmakla birlikte, birikmesi on yıllar alacaktır. Bu karasal rezervleri içeren çözümler kısa vadeli tutma sağlayabilirken, iklim değişikliğini azaltmak için daha uzun vadeli seçeneklere ihtiyaç vardır (Hannah L., 2015).

Şekil 5: Karbon depolama seçenekleri – kapasite ve ömür süresi. (Günlük ölçeklerde, her seçenek için kapasite ve saklama süresi çizilir. Örneğin, kullanılmış petrol kuyularına CO_2 enjeksiyonları düşük kapasiteye sahiptir, ancak orta ve değişken depolama süresine sahiptir. Biyokütle ve toprak karbonu düşük kapasiteye ve kısa kalma sürelerine (hızlı karbon döngüsü) sahiptir, bu nedenle kısa vadeli çözümlerin bir parçasıdır, ancak jeolojik karbon döngüsüne özgü kalma süreleri ile uzun vadeli çözümlerle birleştirilmesi gerekir. Okyanus asidik sıvı CO_2'nin okyanus dip sularına derin enjeksiyonudur. Değişen fosil yakıt tüketimi, toplam fosil yakıt rezervuarları (petrol kumları ve şeyller dahil) ve atmosferin toplam oksijen içeriği (fosil yakıt yakmada oksijen limiti) karşılaştırma için gösterilmiştir.)



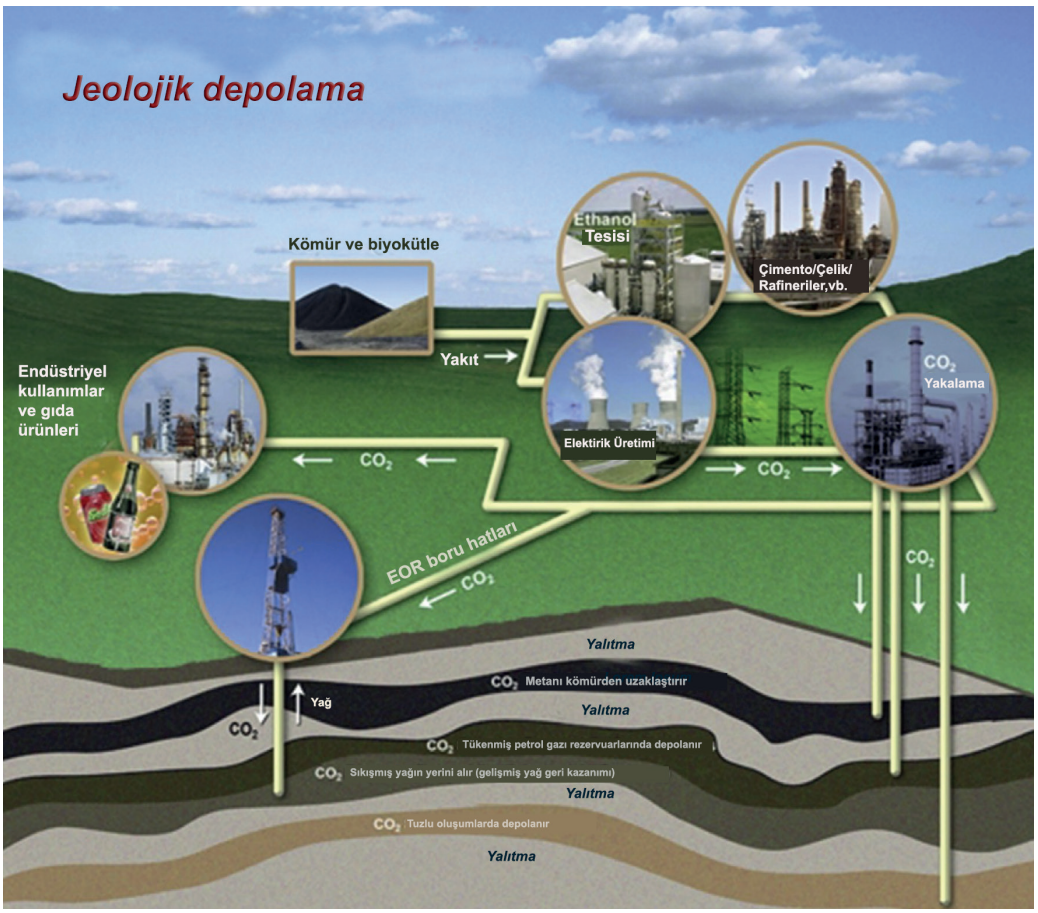
Kaynak: Hannah L., (2015)

Daha uzun süreli depolama için bir seçenek, biyolojik pompayı okyanuslarda hazır hale getirmektir. Fotosentez güney okyanuslarda demir ile sınırlıdır. Bu nedenle yüzey sularının demir ile gübrelenmesi alg patlamasına neden olur. Algler ölürken, vücutları biyolojik pompanın döküntü yağmuruna katılarak CO_2'yi yüzey deniz suyundan yüzlerce veya binlerce yıl boyunca tutulacağı derin okyanus yavaş karbon döngüsüne taşıyacaktır. Bununla birlikte, demir gübrelemesi ile yapılan deneyler, teorinin öngördüğünden daha düşük verime sahip olduğunu göstermiştir. Binlerce kilometrekarelik doğal deniz ağlarına müdahale edildiğinden başka çevre sorunlarının ortaya çıkması olasıdır (Hannah L., 2015).

Biyolojik çözümler çok riskli veya kısa ömürlü ise, karbonu uzun vadeli rezervlere taşımanın fiziksel yolları var mı? CO_2, derin okyanuslarda hakim olan yüksek basınçlarda sıvı hale gelir, bu nedenle bir öneri, CO_2 emisyonlarını farklı mekanizmalarla yakalamak ve onu yüksek basınçta derin okyanuslara enjekte etmek olmuştur. Yine, okyanus ekolojisi üzerindeki etkiler endişe vericidir. Derin okyanus sıvı rezervlerinden gelen CO_2, termohalin dolaşımına girecek ve sonunda yüzeye geri taşınacaktır. Ancak daha da önemlisi, derin okyanuslarda yaşayan organizmalar için okyanus pH'ını ve kimyasını bilinmeyen bir şekilde değiştirecektir (Hannah L., 2015).

Arazide jeolojik tutma daha ümit verici olabilir (Şekil 6). CO_2, gelişmiş petrol geri kazanım operasyonlarında yeraltı oluşumlarına enjekte edilerek yeraltı enjeksiyonunun ve muhafazasının mümkün olduğunu kanıtlamaktadır. CO_2'yi (tuz domları gibi) tutabilen veya CO_2'yi (karbonatlar veya bikarbonatlar gibi) nötralize edebilen büyük yeraltı jeolojik oluşumları mevcuttur. Ancak tuz domları ve tuzlu su akiferlerinin kapasitesi sınırlıdır ve nötralizasyon ek maliyetler gerektirmektedir (Hannah L., 2015).

Şekil 6: Jeolojik tutma. (Kaynakta tutulan CO_2, terk edilmiş petrol kuyularına veya jeolojik oluşumlara enjekte edilebilir. Endüstriyel üretimde az miktarda bir miktar kullanılabilir, bu amaçlar için CO_2 üretimini ortadan kaldırır.)



Kaynak: Hannah L., (2015)

Tüm jeolojik tutma seçeneklerinin karşılaştığı bir sorun, atmosfere salınan CO_2'nin yeniden yakalanmasıdır. CO_2 yakalama ve depolama girişimlerinin ilk adımı olan büyük tesisler ve belirli noktalardaki kaynakları için emisyon noktasında yakalanabilir. Ancak otomobil gibi küçük veya mobil kaynaklar veya arazi kullanımı değişikliğinden kaynaklanan CO_2'yi yakalamak mümkün değildir. Bu, atmosfere yeniden yakalanması gereken büyük miktarlarda emisyon bırakmaktadır (Hannah L., 2015).

7. CO_2 GERİ ALMA

Bir kez atmosfere CO_2 salındığında, yakalanması ve tutulması çok daha zordur. Ancak CO_2'yi kaynağında gidermek için kullanılanlara benzer emme teknikleri geliştirilerek mümkündür. Atmosferde bulunan CO_2'yi geri kazanan teknolojilere serbest hava tutma teknolojileri (free air sequestration technologies FAST) denir (Şekil 7).

FAST sistemlerindeki en büyük teknik engel, emilim yüzeyi üzerinde büyük miktarda hava taşımaktır. CO_2 konsantrasyonları 400 ppm'nin altında olduğundan, bir litre CO_2'yi ayrıştırmak için 2500 litreden fazla hava taşınmalıdır. Bir ton CO_2'nin atmosferden uzaklaştırılması, bir emilim yapan gereçten üzerinden bir milyon litreden fazla hava geçirilmesini gerektirecektir. İşlemin düşük maliyetli olması önündeki en büyük engel bu havanın hacmini mekanik olarak hareket ettirmenin çok masraflı olmasıdır (Hannah L., 2015).

Şekil 7: Tasarlayıcının FAST dizisi anlayışı. (FAST, CO_2'yi atmosferden uzaklaştırır. Bu, geçmiş veya yaygın emisyonların tutulmasına izin verir. Serbest atmosferik CO_2'yi giderme ve ayırma teknolojileri hala geliştirilmektedir.)

Kaynak: Hannah L., (2015)

FAST gelişim aşamasındadır. Bazı prototipler herhangi bir yerde saklanabilecek ve nispeten etkisiz bir mineral ürün üretecektir. Diğer süreçler saf CO_2 oluşturmak için adsorbanı geri dönüştürür, bu daha sonra jeolojik oluşumlarda tutulur. Hiçbir teknoloji prototip aşamasının ötesine geçmemiştir. Cihazların ticari uygulanabilirliği tartışmalıdır ve uygulanabilirlikleri dünya piyasalarındaki karbon fiyatına oldukça bağımlıdır (Hannah L., 2015).

KAYNAKÇA

- Bussi-Copin, C., Capet, X., Delorme, B., Gascuel,D., Grillet, C., Hignette, M., Lecornu, H., Le Bris N., Messal F., (2016) Ocean And Clımate, 2016 – Fact sheets, Second Edition.
- Hannah L., (2015) Climate Change Biology Second Edition Academic Press is an imprint of Elsevier ISBN: 978-0-12-420218-4 London
- Read D., Beerling D. Cannell M., Cox P., Curran P., Grace J., Ineson P., Jarvis P., Malhi IY., Powlson D., Shepherd J., Woodward I. (2001) The role of land carbon sinks in mitigating global climate change The Royal Society, London

DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN DOĞAL KAYNAKLARA MUHTEMEL ETKİLERİ VE RİSKLER

Prof. Dr. Ayşe Gül Tanık

1. GİRİŞ

Su, toprak, hava ve doğal bitki örtüsü dünyanın doğal kaynaklarıdır. İklim değişikliği (hava olayları) ile doğal yapı ve kaynaklar etkilenmektedir. Başlıca doğal kaynaklar aşağıda sıralanmıştır.

- Su Kaynakları
- Yerüstü su kaynakları (durgun sular-göl, gölet ve sulak alanlar), akarsular-dere, nehir, akarsu) yeraltı su kaynakları, denizel sistem)
- Toprak kaynakları
- Ekosistem hizmetleri, biyolojik çeşitlilik ve ormancılık

Bu bölümde iklim değişikliğinin dünyada ve Türkiye'de doğal kaynaklara olası etkileri anlatılacaktır.

2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN DOĞAL KAYNAKLARA OLASI ETKİLERİ

2.1.İklim değişikliğinin hidrolojik çevrimde meydana getirdiği önemli değişikler

Şekil 1'de doğal hidrolojik çevrim (su döngüsü) gösterilmektedir.

Şekil 1: Doğal hidrolojik çevrim.

Kaynak: Url-1

Bu döngüde iklim değişikliği sonucu meydana gelebilecek değişiklikler ise;

- Yağışların mevsimsel dağılımı ve miktarında değişiklikler,
- Ortalama yıllık yüzey akışındaki değişiklikler,
- Kıyı alanlarındaki hidrolojik etkiler,

- Su kalitesindeki değişiklikler,
- Yeraltı suyundaki değişiklikler,
- Taşkınlara ve kuraklığa olan etkiler,
- Su sıcaklıklarına olan etkiler,
- Su talebindeki değişiklikler.

Su kaynaklarıyla ilgili görülmekte olan ve beklenen etkiler öncelikle daha az kar yağışı, daha az buzul, daha çeşitli yağış desenleri ve daha yoğun sağanakların gerçekleşmesidir (Karabay, 2015; On Birinci Kalkınma Planı, 2018; İklim Değişikliği ve Uyum, 2020). Alt bölümlerde bu değişikliklere kısaca değinilecektir.

2.1.1. Yağış Desenindeki Değişiklikler

İklim değişikliğinin yağış üzerindeki etkileri sıcaklıkta beklenen etkilere nazaran daha karmaşık ve belirsizdir. Yağış miktarı ve desenindeki olası değişimler tüm dünyada bölgesel olarak farklılıklar göstermektedir. Kuvvetli yağış olaylarının sıklığı ya da şiddeti dünyanın birçok ülkesinde artmıştır. Sıcaklık artışları ile ortalama yağış ve buharlaşmada da artışlar beklenecektir. Isınmayla birlikte buharlaşma artacaktır ve sıcaklık artışının buharlaşma hızını artırmasından dolayı daha sıcak olan atmosfer daha fazla nem tutacaktır. Çeşitli iklim model sonuçlarına göre, bazı bölgeler günümüzdekine kıyasla daha az yağış alacak iken, bazı bölgeler daha fazla alacaktır. Aşırı hava olayları taşkın ve kuraklığın tekerrür oranını da artıracağından suyun depolanması daha önemli hale gelecektir.

2.1.2. Yüzey Akışındaki Değişiklikler

Yüzey akışı, yeryüzünde akarak ya da toprak yüzeyinden sızarak yüzeydeki su oluşumlarıyla yeniden birleşen su ve yağmur suyudur. Yüzey akışındaki değişiklikler, diğer değişkenlerle birlikte özellikle sıcaklık ve yağıştaki değişikliklere bağlıdır. Avrupa Çevre Ajansı'nın (EEA) 2017 yılında yayınlanan raporuna göre; iklim değişikliği neticesinde Avrupa'daki nehir akışlarında önemli mevsimsel

değişikliklerin olması beklenmektedir (EEA, 2017). Yıllık akışların artacağı tahmin edilen bölgeler de dâhil olmak üzere Avrupa'nın pek çok bölgesinde yaz akışlarının azalacağı, kar yağışlarının yerini yağmura bırakacağı, ilkbahar ve yaz akışlarındaki pik debilerin görüldüğü tarihlerin daha öne kayması beklenmektedir.

2.1.3. Kıyı Alanlarında Hidrolojik Etkiler

İklim değişikliğinin gözlenen temel etkilerinden biri de küresel deniz seviyesindeki artıştır. IPCC'nin 3. Değerlendirme Raporu'nda deniz seviyesindeki artışın kıyı alanlarındaki su kullanıcılarına olabilecek önemli etkileri belirlenmiştir (IPCC, 2001). Bunlar;

- Ovaların (lowland) su altında kalması ve sulak alanların yer değiştirmesi,
- Gel-git mesafelerinin nehir ve körfezlerde değişmesi,
- Sedimantasyon desenindeki değişiklikler,
- Taşkına neden olan daha şiddetli fırtınalar,
- Haliçlere ve tatlı su akiferlerine tuzlu su girişindeki artış,
- Tropikal siklonlara meyilli bölgelerde rüzgâr ve yağmur hasarlarında artıştır.

2.1.4. Su Kalitesindeki Değişiklikler

Su kalitesi gerek suyun miktarındaki değişiklik, su sıcaklıklarındaki değişiklik, göçlere bağlı kirlilik yükünün artması gibi çok sayıda etkene doğrudan bağlıdır. İklim değişikliği neticesinde su kalitesinin birçok yerde olumsuz yönde etkilenmesi beklenmektedir.

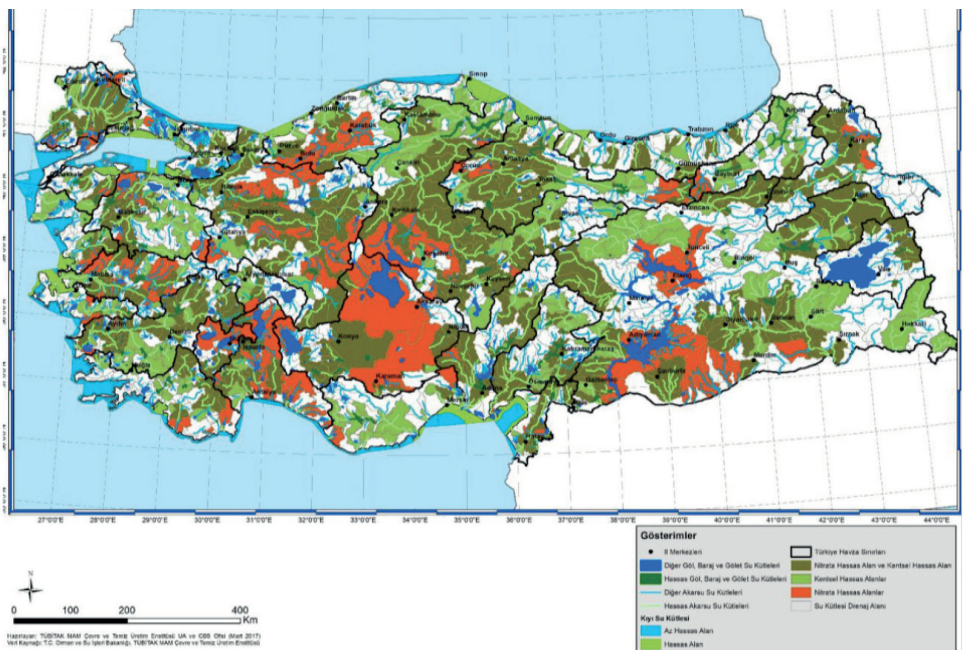
İklim değişikliğinin su kalitesine olan etkilerinin tespiti; ekoloji, tür çeşitliliği, insan sağlığı, tarım, sanayi, içme suyu, rekreasyon ve sigorta sektörü gibi hususlarda politika belirlenmesi açısından büyük öneme sahiptir. Akarsu akışlarındaki azalma ve göllerdeki su sevilerindeki düşüş, besin ve kirleticilerin daha az hacimdeki su içerisinde bulunmasından dolayı su kalitesinin bozulmasına sebep olur. Su sıcaklıklarındaki artış, çözünmüş oksijen miktarını düşürerek su kalitesini doğrudan

etkilemektedir.

Uzun süre devam eden kuraklık, kirleticilerin toprak yüzeyinde birikmesine yol açarak yağışlar başladığında su kaynaklarının kalitesinde risk oluşmasına neden olmaktadır. Bir diğer aşırı (ekstrem) olay ise yağışların yoğun bir şekilde sedimentleri ve yayılı kirletici kaynakları dere yataklarına taşımasıdır. Taşkınlar özellikle kentlerde kanalizasyonların taşması, tarımsal alanlar ve kentsel yüzey akışları ile su kaynaklarının kalitesinin bozulması riskini artırır.

Şekil 2'de Türkiye Hassas Su Kütleleri, Kentsel Hassas Alanlar ve Nitrata Hassas Alanlar Haritası verilmektedir. Bu haritadan da görüleceği üzeri, ülkemizde birçok alan kentsel özelliktedir. Halen bir tarım ülkesi de olduğundan nitrata hassas alanlar açısından da zengindir. Dolayısıyla, su kalitesindeki olası değişiklikler evsel ve tarımsal nitelikli kirleticilerden kaynaklanmaktadır. İklim değişikliği etkisi ile de bu olasılık ve kirlenme riski daha da artacaktır.

Şekil 2: Türkiye hassas su kütleleri, kentsel hassas alanlar ve nitrata hassas alanlar haritası

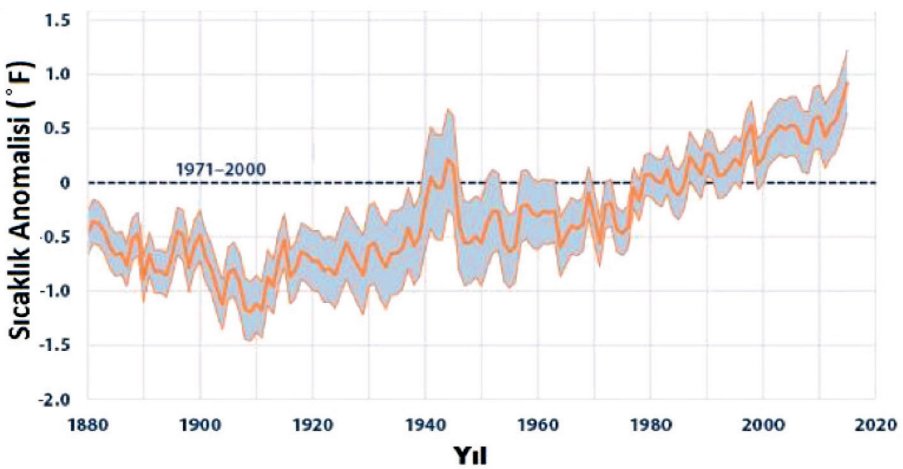


Kaynak: TÜBİTAK-MAM, 2017.

2.1.5. İklim Değişikliğinin Su Sıcaklıklarına Etkisi

İklim değişikliği, diğer su kalitesi parametreleri gibi su sıcaklıklarını da etkilemektedir. Deniz yüzeyi sıcaklığı 20. yüzyılda artmış ve yükselmeye devam etmektedir. 1901'den 2015'e kadar sıcaklık, her on yıl boyunca ortalama 0,07 °C hızında yükselmiştir.

Şekil 3: Deniz yüzey suyu sıcaklığı



Kaynak: İklim Değişikliği ve Uyum, 2020.

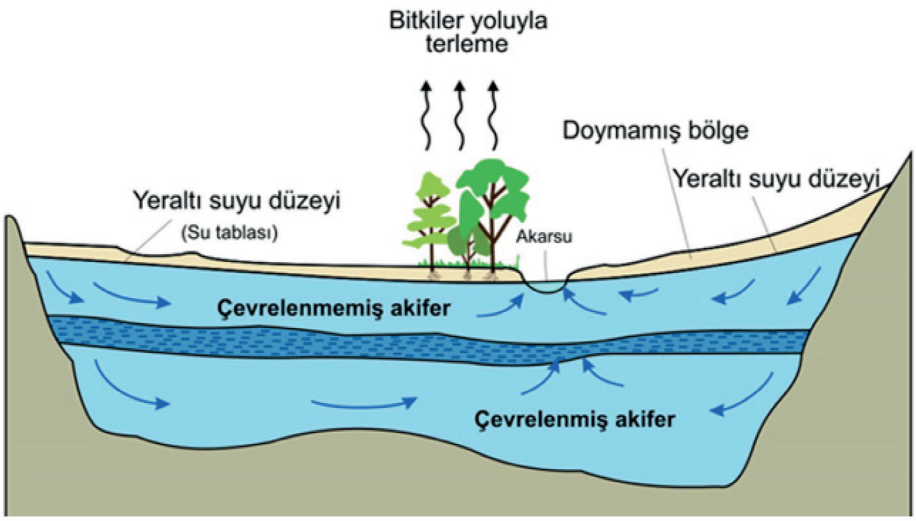
Avrupa'nın büyük nehirlerindeki su sıcaklığı geçtiğimiz yüzyıla nazaran 1-3 °C artmıştır. 1900'lü yılların başından bu yana Avrupa çapında göl ve nehir sıcaklıklarının arttığını göstermektedir. Göl ve nehir yüzey suyu sıcaklıklarının, hava sıcaklığında öngörülen artışlarla artacaktır. Artan su sıcaklığı, türlerin çeşitliliğinde ve sucul ekosistemlerin işlevinde belirgin değişikliklere neden olabilecektir (Gönençgil, 2017).

2.1.6. Yeraltı Suyundaki Değişiklikler

Yeraltı suyu, dünyada çoğu bölgede sulama, içme-kullanma ve endüstri suyu temini için ana su kaynağıdır. "Yeraltı suyu seviyesi" veya "yeraltı su tablası" iki

zon arasında atmosfer basıncı ile su basıncının eşit olduğu yüzeye denilmektedir. Gözenekleri yeraltı suyu ile doldurulmuş olan ve bu suyun hareketine imkân veren jeolojik formasyonlara akifer denilmektedir. Şekil 4 çevrelenmiş ve çevrelenmemiş akifer görüntüsünü toprak kesiti üzerinde göstermektedir.

Şekil 4: Akifer kesit görüntüsü

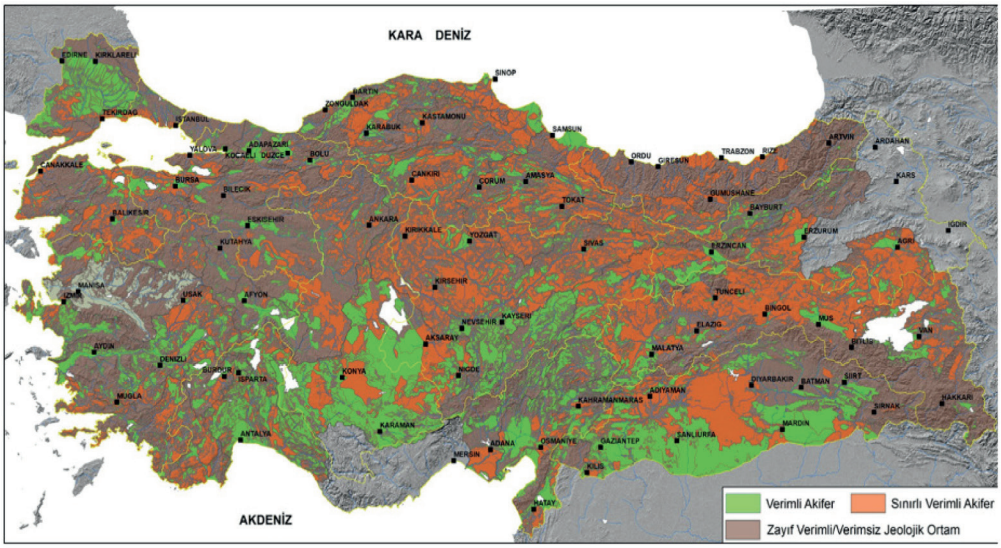


Kaynak: Url-2

İklim değişikliğinin akış ve yeraltı suları etkisi bölgesel olarak değişir ve bu değişim iklim senaryolarına bağlı olarak en çok yağışta öngörülen değişikliklerden etkilenmektedir. Yeraltı suları özellikle kurak ve yarı kurak bölgeler için önemli bir tatlısu kaynağıdır. Ancak, iklim değişikliğinin bu kaynaklara olan etkisi üzerine çalışmalar oldukça azdır. Deniz seviyesinin yükselmesi adalarda ve kıyı akiferlerinde tuzlu su girişimine neden olabilir. Yağışlardaki değişim karbonat kayaçlarında seyrelme ile CO_2 konsantrasyonunun değişimine neden olabilir. Dolayısıyla karstik yeraltı suyu akiferlerinin oluşumu ve gelişimi etkilenir.

Şekil 5'de Türkiye 1/500 000 Ölçekli Hidrojeoloji Haritası yer almaktadır. Bu haritada ülkemizin akiferlerindeki verim durumları gösterilmektedir.

Şekil 5: Türkiye 1/500 000 ölçekli hidrojeoloji haritası



Kaynak: Karşılı, 2011

2.2. İklim Değişikliğinin Taşkınlara Etkisi

IPCC'nin 4. Değerlendirme Raporu'nda, gelecek yıllarda aşırı yağışların sel ve taşkın olaylarının sıklığını ve şiddetini arttıracağı, bununla birlikte su kalitesinde bozulma, su kaynaklarının kirlenmesi, su kıtlığı gibi etkilerle can ve mal kaybını arttıracağı belirtilmektedir (IPCC, 2007). Ayrıca, 2080 itibariyle dünya nüfusunun %20'sinin iklim değişikliği etkisiyle taşkın zararlarının arttığı havzalarda yaşayacağı belirtilmekte, 100-yıl frekanslı taşkınların çok daha sık yaşanacağı bildirilmektedir. Bu sıklığın miktarına ilişkin çalışmalarda tespit edilen sayılarda tutarlılık olmasa da artışın yaşanacağı tüm çalışmalarda belirtilmektedir. Dünyanın pek çok yerinde 1950 yılından bu yana toplanan kayıtlara göre, aşırı hava olaylarının istatistiksel anlamda önemli miktarda arttığına dair somut kanıtlar sunulmaktadır. Son 30 yılda küresel ölçekte şiddetli hava olaylarının neden olduğu sigorta ödemeleri de 20 kat artmıştır (Kadıoğlu, 2012). Şekil 6'da ülkemizde Karadeniz Bölgesi'nde 2005 ve 2016 yıllarında gerçekleşen taşkın afetlerinin görüntülerine yer verilmektedir.

1897
DENİZ M
NAVAL MU

2.3. İklim Değişikliğinin Kuraklığa Etkisi

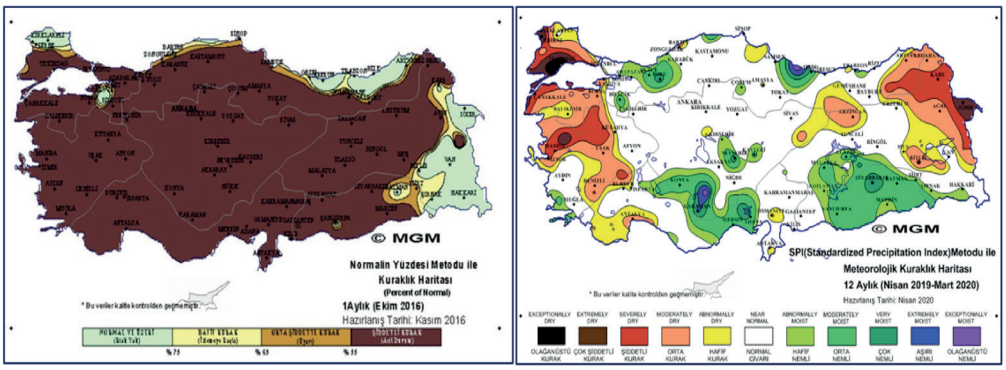
İklim değişikliğinin en önemli etkilerinden biri de kuraklık ve su kıtlığı olaylarıdır. Kuraklığın kısa vadeli etkisi kullanılabilir su miktarının azalmasıdır. İnsan ihtiyaçları sonucu su talebinin artmasıyla, su miktarındaki azalma insanlar ve ekolojik sistemler için susuzluk baskısına neden olmaktadır. Uzun vadede yeraltı su kaynaklarının ve rezervuarların, aşırı tüketimi karşılayamayacak duruma gelmesine, yeni kuraklık dönemlerinin de etkisiyle durumun daha da kötüye gitmesine ve su kıtlığının ortaya çıkmasına neden olacaktır.

Şekil 6: (a) Ağustos 2005 Rize-Çamlıhemşin, (b) ve (c) 01 Eylül 2016 Arhavi sel, taşkın, kütle hareketleri afeti

(a) **(b)** **(c)**

Kuraklığın da içinde olduğu hidro-meteorolojik afetler özellikle son yıllarda giderek artan bir şiddette, sıklıkta ve sürede meydana gelmektedir. Dünya'da küresel iklim değişimi nedeniyle "katastrofik" olarak adlandırılan büyük ölçekli doğal afetlerden hidro-meteorolojik karakterli olanların sayısında 1980 yılından beri sürekli ve önemli artışlar görülmektedir. Şekil 7'de ülkemizin (a) normalin yüzdesi metodu ile ve (b) SPI metodu ile hazırlanmış olan kuraklık haritaları gösterilmektedir.

Şekil 7: (a) Normalin yüzdesi metodu, (b) SPI metodu ile meteorolojik kuraklık haritası



Kaynak: MGM, 2020

Ülkemizde, iklim değişikliğinin etkileriyle kuraklık afetinin etkilerini arttırması beklenmektedir. Gerek IPCC raporu, gerekse yürütülen bir dizi ulusal ve uluslararası bilimsel model çalışmaları Türkiye'nin yakın gelecekte daha sıcak, daha kurak ve yağışlar açısından daha belirsiz bir iklim yapısına sahip olacağını ortaya koymuştur. Küresel iklim modelleri ile yapılan ilk tahminlere göre 2030 yılında Türkiye'nin de büyük bir kısmı oldukça kuru ve sıcak bir iklimin etkisine girecektir. Yağışlar kışın az bir artış gösterirken yazın %5-15; yaz aylarında toprak neminin de %15-25 arasında azalacağı tahmin edilmektedir. Kuraklık, Avrupa ikliminin tekrarlayan bir özelliğidir. 2006-2010 döneminde, Avrupa bölgesinin ortalama %15'i, nüfusunun ise ortalama %17'si her yıl meteorolojik kuraklıktan etkilenmiştir.

2.4. Su Talebindeki Değişiklikler

İklim değişikliğine bağlı olarak su miktarındaki azalma ve kuraklık özellikle içme suyu, tarım, enerji ve ormancılık olmak üzere çoğu sektörde ciddi sonuçlar doğurabilir. İçme suyu talebi, sulama, hidroelektrik enerji üretimi, sanayi, soğutma suyu vb. kullanımı gibi çok miktarda suyun çekilmesini gerektiren aktiviteler akış rejimlerinin değişmesi ve yıllık su miktarının azalmasıyla etkileneceklerdir. Birçok

bölgede sulanan alanda ve sulama için su çekiminde artış olabilecektir. Sulak alanlar ve sucul ekosistemler sağladıkları mal ve hizmetlere bağlı olarak da zarar görecektir. Şekil 8'de ülkemizin su kaynakları haritası verilmektedir.

Kış aylarındaki kar yağışındaki azalma suyun daha az depolanmasına sebep olacağından hidroelektrik potansiyeli de etkilenebilecektir. Değişen iklim şartlarından ve daha sık olan aşırı akımlardan baraj güvenliği de etkilenebilir. Azalan ham su kalitesi yüksek su kalitesine ihtiyaç duyan suyla ilgili rekreasyon faaliyetleri gibi sektörleri de etkileyecektir. En kötü durumda ise halk sağlığı olumsuz olarak etkilenebilecektir.

Şekil 8: Su Kaynaklarımız

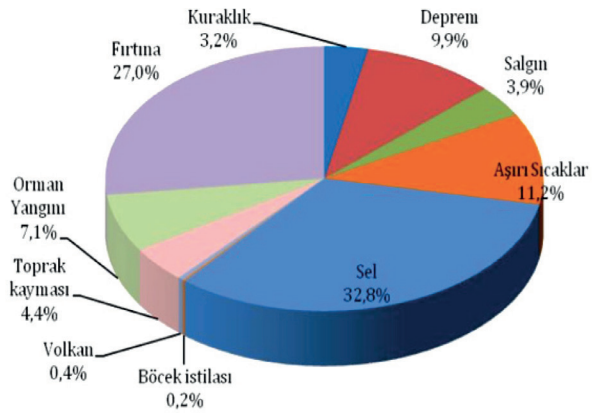
Kaynak: Url-3

2.5. Hidro-meteorolojik afetler ve riskler

Küresel iklim değişikliği ile ilişkili olarak meteorolojik, iklimsel ve hidrolojik afetlerin oluşum sayılarında önemli artışlar olmuştur. Büyük doğal afetlerin %91'ine atmosferik koşullar neden olmuştur. Avrupa'da da, 1980 yılından beri yaşanan afetlerin %64'ünden doğrudan taşkınlar, fırtınalar, kuraklık ve sıcak hava

dalgaları gibi şiddetli hava ve iklim koşulları sorumludur. Avrupa'da hava ve iklim koşullarından kaynaklanan ve afete neden olan olayların yıllık ortalama sayısı, 1990'lı yıllarda, bir önceki on yılla karşılaştırıldığında ikiye katlanmış, bunun karşılık depremler gibi iklime bağlı olmayan afetlerin sayısı aynı kalmıştır. Şekil 9'da 1980-2010 yılları arasında Dünya'da görülen doğal afetlerin türleri ve yüzde dağılımları, Şekil 10'da ise ülkemizden bazı doğal afet görüntülerine yer verilmektedir.

Şekil 9: 1980-2010 yılları arasında dünyada görülen doğal afetlerin türleri ve dağılımları



Kaynak: İklim Değişikliği ve Uyum, 2020

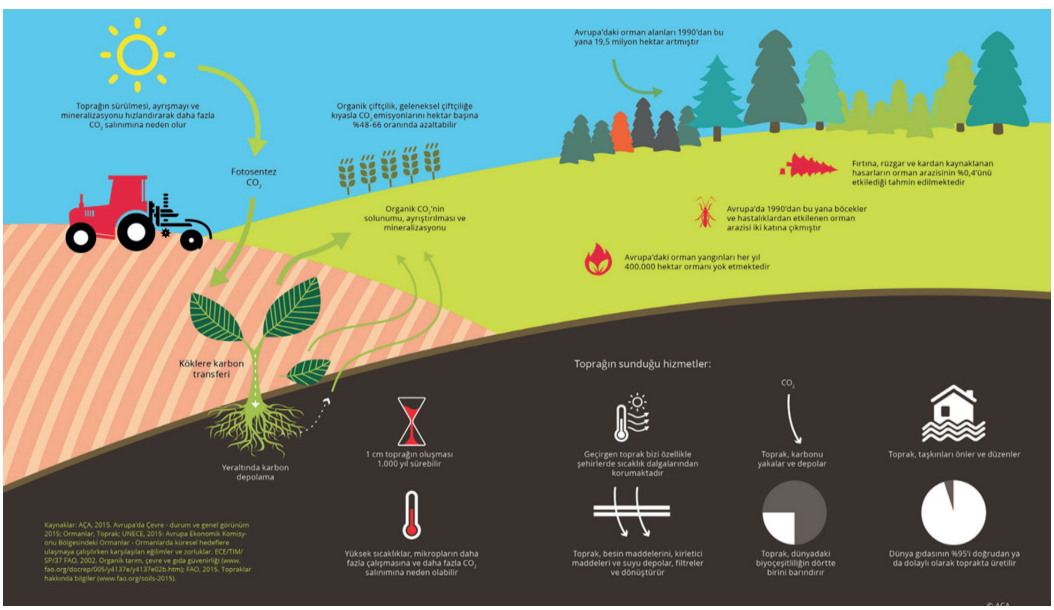
Şekil 10: Türkiye'den doğal afet görüntüleri

2.6. İklim değişikliğinin topraktaki etkileri

Toprak, iklim sisteminde önemli ve genellikle ihmal edilen bir unsurdur. Okyanuslardan sonra ikinci en büyük karbon deposu ya da "yutağıdır". Toprak üzerindeki kilit ekosistemlerin yeniden iyileştirilmesi ile kentsel ve kırsal alanlarda toprağın sürdürülebilir bir şekilde kullanılması, iklim değişikliğini hafifletmeye ve uyum sağlanmasına yardımcı olabilir.

Avrupa ormanlarının karbon rezervi, orman yönetimindeki değişiklikler ve çevresel değişikliklerle artmaktadır. Karbon rezervinin yaklaşık yarısı orman topraklarında depolanır. Ormanlar azaldığında ve yok olduğunda, depolanan karbon tekrar atmosfere salınır. Dolayısıyla ormanlar atmosfere net karbon katkısı yapabilir. Şekil 11'de topraklar hakkında genel bilgiler sunulmaktadır.

Şekil 11: Topraklar hakkında bilgi



Kaynak: EEA, 2015

2.7. İklim değişikliğinin ekosisteme etkileri

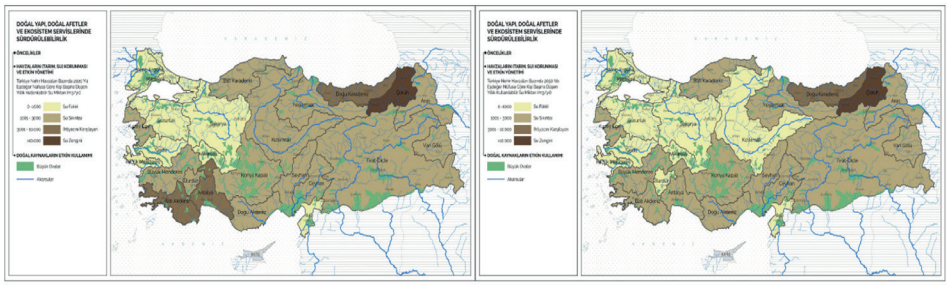
İklim değişikliğinin, küresel ölçekte ekosistemlerde bozulmaya yol açan doğrudan etkenler içerisinde ilk beş etken arasındadır. İklim değişikliğinin diğer etkenlerin (Arazi kullanımı-arazi örtüsü değişimi (AKAÖ), kirlilik, kaynakların aşırı kullanımı ve istilacı türler) etkilerinin şiddetlenmesine doğrudan sebep olduğu bilinmektedir. İklim değişikliği, iklim ile ilişkili risklerin şiddetini ve sıklığını (sel, orman yangınları ve kuraklık) arttırarak ekosistem hizmetlerinin (EH) bozulmasına sebep olmakta ve bu durumda ekosistem hizmetlerinin dayanıklılığını olumsuz yönde etkileyerek iklim değişikliğine uyumu destekleyememe, toplumların sosyo-ekonomik açıdan kırılganlaşması ile sonuçlanmaktadır. Tüm ekosistem hizmetlerinin, iklim değişikliğine uyum anlamında çeşitli boyutlarda katkısı bulunmaktadır.

Küresel iklim düzenleme ve yerel iklim düzenleme hizmetleri, atmosferdeki karbonun tutulması ve depolanması ile ilişkili olarak iklim değişikliği azaltımı ve uyumunda küresel ve yerel ölçekte önem taşımaktadır. Su akışı düzenleme ve su döngüsü ekosistem hizmetleri, yağmur suyu akışını düzenleme, evapotranspirasyon, suyu filtreleme ve yeraltı suyunun depolanması ile ilişkili olarak havzaların hidrolojik işlevleri ile ilgili hizmetler sunarak bu bağlamıyla iklim değişikliğine uyum konusunda önem taşımaktadır.

Ekosistemlerin havayı temizlemek, suyu regüle etmek, sıcaklığı dengelemek veya gıda ve enerji sağlamak gibi farklı ekosistem hizmetleri sunması nedeniyle iklim değişikliğine uyum açısından Kritik Öneme Sahip Ekosistem Servisleri (İ-KÖS ES) sunan alanlar olarak belirlenmiştir (MSP, 2019).

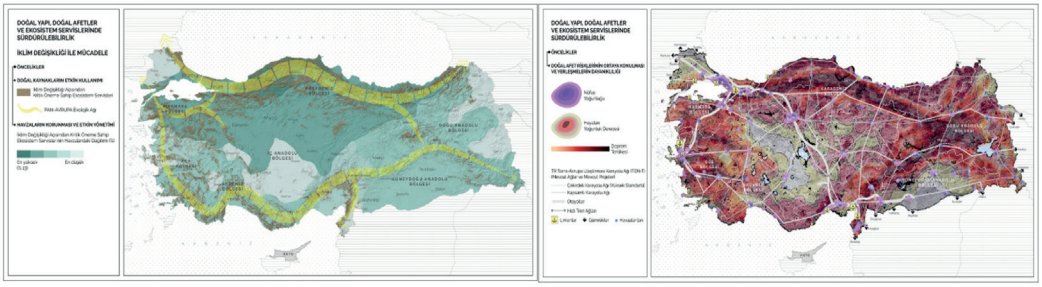
Şekil 12 ve Şekil 13'de 2019 yılında yapılan ve ülkemizin mekânsal planlaması doğrultusundaki sentez haritalarından örnekler sunulmaktadır. Şekil 12 günümüzde ve 2050 yılındaki öngörüler ışığında hazırlanmış olan kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı baz alınarak nehir havzalarındaki durum ortaya konmaktadır. Şekil 13'de ise mevcut durumda havzalardaki ekosistem hizmetlerinin dağılımı ve doğal afet risklerinin ortaya konulduğu harita gösterilmektedir.

Şekil 12: İklim Değişikliğinin kişi başı su kullanımına etkisi (a) 2020 yılı, (b) 2050 yılı



(a) (b)

Şekil 13: (a) Havzaların Korunması ve Etkin Yönetimi, (b) Doğal Afet Risklerinin Ortaya Konulması ve Yerleşmelerin Dayanıklılığı



(a) (b)

KAYNAKÇA

- Gönençgil, B. (2017). Küresel iklim değişikliği ve doğal afetler. İstanbul Üniversitesi, Açık ve Uzaktan Eğitim Fakültesi, Coğrafya Lisans Programı, Ders notları, 330 s. Istanbul.
- EEA (2015). Topraklar Hakkında Bilgiler. Alıntılanma adresi.https://www.eea.europa.eu/tr/isaretler/isaretler-2015/makaleler/toprak-ve-iklim-degisikligi
- EEA (2017). Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016: An indicator-based report, European Environment Agency (EEA), Report No: 1/2017, 424 p. Copenhagen, Denmark.
- IPCC (2001). Intergovernmental Panel on Climate Change, The Global Climate of the 21st Century WG-I (Science) Summary for Policy-Makers, Third Assessment Report, 2001.
- IPCC (2007). Intergovernmental Panel on Climate Change, The Physical Science Basis, Fourth Assessment Report, 2001.
- İklim Değişikliği ve Uyum (2020), TC Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Taşkın ve Kuraklık Yönetimi Daire Başkanlığı, Ankara, 220 s.
- Kadıoğlu, M. (2012). Türkiye'nin Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne İlişkin İkinci Ulusal Bildirimi Hazırlık Faaliyetlerinin Desteklenmesi Projesi, Türkiye'de Doğal Afetler ve İklim Değişikliği Raporu, 2012.
- Karabay, S. (2015). Türkiye ile benzer iklim koşullarına sahip ülkelerin uyum politikaları ve tedbirlerin Türkiye'ye uygunluğunun değerlendirilmesi, Uzmanlık Tezi, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, TC Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara, 170 s.
- Karşılı C. (2011). Türkiye'de su havzalarında kişi başına düşen su miktarının coğrafi bilgi sistemleri ile analizi, Y. Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, 144 s.
- On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023) (2018). Çevre ve Doğal Kaynakların Sürdürülebilir Yönetimi, Çalışma Grubu Raporu, TC Kalkınma Bakanlığı, Ankara.

► TÜBİTAK-MAM (2017). Türkiye'de Havza Bazında Hassas Alanların ve Su Kalitesi Hedeflerinin Belirlenmesi Projesi, TC Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Mart, 2017.

► MGM (2020). Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Kuraklık Verileri ve Analizi, https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/kuraklik-analizi.aspx

► MSP (2019). Türkiye Mekânsal Strateji Planı Vizyonu, Öncelikleri ve Mekânsal Gelişme Senaryosu Raporu, Türkiye Mekânsal Strateji Planının Hazırlanması Projesi, I. Etabı, TC Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, İTÜ, Aralık 2019, 57 s.

► On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023) (2018). Çevre ve Doğal Kaynakların Sürdürülebilir Yönetimi, Çalışma Grubu Raporu, TC Kalkınma Bakanlığı, Ankara.

► TÜBİTAK-MAM (2017). Türkiye'de Havza Bazında Hassas Alanların ve Su Kalitesi Hedeflerinin Belirlenmesi Projesi, TC Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Mart, 2017.

► MGM (2020). Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Kuraklık Verileri ve Analizi, https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/kuraklik-analizi.aspx

► MSP (2019). Türkiye Mekânsal Strateji Planı Vizyonu, Öncelikleri ve Mekânsal Gelişme Senaryosu Raporu, Türkiye Mekansal Strateji Planının Hazırlanması Projesi, I. Etabı, TC Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, İTÜ, Aralık 2019, 57 s.

► Url-1: https://www.mgm.gov.tr/genel/hidrometeoroloji.aspx?s=4

► Url-2: http://nevsehirjeofizik.blogspot.com/2017/04/hidrojeoloji-ders-notlari.html

► Url-3: http://cografyaharita.com/haritalarim/2eturkiyenin-akarsular-goller-haritasi1.png

SENARYOLAR VE ÜLKELERİN KONUMLARI

Prof. Dr. İhsan Çiçek

1. GİRİŞ

Paris Anlaşması çerçevesinde, hükümetler, küresel sıcaklık artışını sanayileşme öncesi seviyelerin en fazla 2 °C üzerinde sınırlandırmak ve bu artışı 1,5 °C'nin altında tutmak için çaba harcamak konusunda taahhütte bulundular. Bu amaca yönelik mevcut çabalar yetersiz kalıyor: İklim Eylem Takipçisi'nin (Climate Action Tracker – CAT) tahminlerine göre, 2030 yılı için belirlenen toplam azaltım hedefleri 2100 yılına gelindiğinde yaklaşık 3 °C'lik bir küresel ısınmaya yol açmış olacak. Bu hedeflerin uygulanmasında eksiklikler bulunuyor; hâlihazırda uygulanan politikalar kapsamında sera gazı salımlarının yaklaşık 3,3 °C'lik bir küresel ısınmaya neden olacağı tahmin ediliyor.

1,5 °C hedefi üzerine yayımlanan Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) Özel Raporu bulgularına göre, küresel olarak kabul edilmiş sınırın altında kalabilmek için küresel sera gazı salımlarının mümkün olan en kısa sürede tepe noktasına ulaşması beklenmektedir. Bu salımların 2030 yılına kadar 2010 yılı seviyesine kıyasla %45 oranında azaltılması ve CO_2 salımlarının 2050 yılı, toplam sera gazı salımlarının ise 2070 yılı civarında net sıfır düzeyine indirilmesine yönelik çabaların artırılması gerekmektedir.

Artık iklim değişikliği ile mücadelenin başlı başına bir yük olmaktan çıktığı ve tüm sosyoekonomik yönleriyle birlikte ele alındığında giderek en uygulanabilir seçenek haline geldiği bir dünyada yaşıyoruz. Düşük maliyetli bir küresel mücadele için, bu mücadele eylemlerine tüm ülkelerin erişebilmesinin ve bu ülkelerde kalan engellerin aşılmasının sağlanması zorunludur. Son yıllarda, sera gazı salımlarını azaltmaya yönelik önlemler, tüm dünyada politika belirleyiciler ve özel yatırımcılara birçok durumda daha cazip gelmeye başladı. Düşen teknoloji maliyetleri ve bunun yanı sıra önlenmesi gereken olumsuz etkilere ve sıfır-karbon teknolojisi ve altyapı geliştirme gibi azaltım önlemlerinin sağladığı hava kalitesinin iyileştirilmesi ve yeni iş alanları yaratılması gibi faydalara dair farkındalığın artması bu durumun başlıca sebepleridir (CAT, 2019).

2. İKLİM PROJEKSİYONLARI

2.1. Küresel Model Simülasyonları

İklim değişikliği projeksiyonları küresel ölçekte model çalıştırmayı gerektirir. Sera gazı salımları, nüfus artışı, ekonomik büyüme, enerji ve gıda (tarım) talebindeki artış ve teknolojik değişim gibi faktörlere bağlıdır. Gelecek salım senaryoları ise bu faktörler üzerine kurulu farklı hikayeler ile oluşturulur. Bu senaryolar, önümüzdeki yıllarda atmosfere ne kadar salım salınacağı ve bu salımlar neticesinde atmosferde sera gazı miktarlarının nasıl değişeceği bilgisini içerir.

Atmosferde birikecek sera gazlarının hangi seviyede sera etkisine yol açacağı ve bu durumun iklimi nasıl değiştireceği ancak senaryo bilgilerinin bir "Küresel İklim Modeli"ne entegre edilmesi ve modelin gelecek için çalıştırılması ile ortaya çıkarılabilir. IPCC'nin değerlendirme çalışmaları öncesinde farklı senaryolar için model çalıştırma deneyleri düzenlenerek bu raporlara altlık teşkil edecek projeksiyon verisi hazırlanır. 2007 yılında açıklanan 4. Değerlendirme Raporu için bu şekilde gerçekleştirilen deneye CMIP3 (Third Coupled Model Intercomparison Project) adı verildi. 2013 yılında dünya kamuoyuna duyurulan 5. Değerlendirme Raporu için ise gerçekleştirilen deneye CMIP5 (Fifth Coupled Model Intercomparison Project) adı verildi. Bu deneylerde 40 civarında farklı Küresel İklim Modeli çalıştırılmaktadır.

Bu modeller büyük oranda benzer olmakla beraber çözünürlük, fizik parametrizasyonu, grid yapısı vb. bakımlardan farklılıklar barındırmaktadır. Bu farklardan dolayı model projeksiyonlarında da farklar ortaya çıkmaktadır. Tablo 1'de iklim değişikliği çalışmasında kullanılabilecek küresel ve bölgesel veri setleri hakkında genel bilgiler sunulmaktadır.

Tablo 1: İklim değişikliği çalışmasında kullanılabilecek küresel ve bölgesel projeksiyon veri setleri

Kaynak	Referans Dönem	Gelecek Dönem	Senaryolar	GCM'ler	Yersel Çözünürlük	Adres (URL)
CMIP	1986-2005	2006-2100	RCP2.6 RCP4.5 RCP6.0 RCP8.5	40'tan fazla model	~100 km	KNMI climatechange atlas https://climexp.knmi.nl/
CORDEX	1989 -2008	2006-2100	RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5	19-26 farklı RCM-GCM kombinasyon simülasyonu	~ 12.5 m ve ~50km	http://esgfdata.dkrz.de http://esgfindex1.ceda.ac.uk http://cordexesg.dmi.dk http://esgfnode.ipsl.fr http://esg-dn1.nsc.liu.se
MGM	1971 -2000	2016-2100	RCP4.5, RCP8.5	HadGEM2-ES MPI-ESM-MR GFDL-ESM2M	20 km	http://mgm.gov.tr
SYGM	1971 -2000	2015-2100	RCP4.5, RCP8.5	HadGEM2-ES NewCBS MPI-ESM-MR CNRM-CM5	10km	http://iklim.ormansu.gov.tr/NewCBS
İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü	1986 -2005	2046-2065 2081-2100	RCP4.5, RCP8.5	EC-EARTH	12km atmosfer, 3km yüzey	
World Clim		2041-2060 2061-2080 (Klimatoloji)	RCP2.6 RCP4.5 RCP6.0 RCP8.5	CMIP5 Modelleri arasından seçili 18 model	~1km	http://worldclim.org/cmip5_30s

Kaynak: IBB., 2018.

2.2. Bölgesel Model Simülasyonları

Küresel iklim modelleri yüksek hesaplama ihtiyacı nedeniyle çoğunlukla düşük çözünürlükte çalıştırılırlar. Ne var ki, özellikle mekânsal değişimin fazla olabileceği bölgelerde düşük çözünürlüklü model çıktıları arzu edilen detayda bilgi sağlamaz. Bu durumu aşmak için en fazla tercih edilen metotlardan birisi bölgesel iklim modeli kullanımıdır. Bölgesel iklim modelleri, küresel iklim modellerinin bölgeselleştirilmiş versiyonlarıdır. Ancak tanımlanan bir bölge üzerinde çalıştırılacağı için sınır şartlarına ihtiyaç duyar ve bu şartlar küresel model çıktılarından sağlanır. Dolayısıyla bölgesel modellemeden amaç küresel model simülasyonunun çözünürlüğünün artırılması ve bilginin yersel olarak detaylandırılmasıdır. Bu durumda bölgesel model çıktılarının küresel model çıktılarından çok farklı olması beklenmez. Özellikle mekânsal değişimin fazla olmadığı bölgelerde, küresel modelden ve sınır şartlarını aynı küresel modelden alan bölgesel modelden elde edilen değişim desenleri çok benzer olacaktır. Ancak kompleks topografyaya sahip bölgelerde büyük resim uyuşsa dahi yerel ölçekte olumlu anlamda farklılıkların ortaya çıkması kaçınılmazdır.

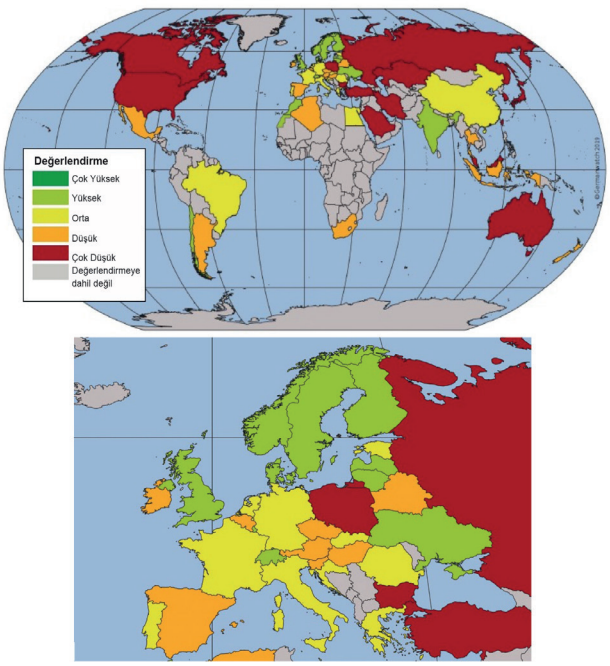
Bölgesel model, topografya (dağlar, vadiler, vd.) ve bitki örtüsü gibi yüzeyin morfolojik özelliklerini daha iyi çözebildiği için yağmur gölgesi ve mikroklima gibi daha küçük ölçekli yerel iklim özelliklerini ortaya koyarak küresel modellere göre yerel ölçekte katma değer sağlar.

3. ÜLKELERİN KONUMLARI

İklim Değişikliği Performans İndeksi 2020'ye göre İsveç, son iki yılda olduğu gibi, yüksek performanslı ülkeler grubuna liderlik etmiştir. Danimarka, bu yılki İklim Değişikliği Performans İndeksi en iyi performans gösteren ikinci ülke olmak için on sıra yükselmiştir. Fas genel sıralamada bir sıraya düşmesine rağmen genel performansını korumaktadır (Şekil 1, Tablo 2).

İklim Değişikliği Performans en kötü üç ülke ise Tayvan, Suudi Arabistan ve ABD'dir. Bu sene Tayvan üç sıra düşerek 59. sırada yer almıştır. Suudi Arabistan hala çok düşük sırada olup ilk kez endeksin alt sıralarında yer almamıştır. Amerika Birleşik Devletleri, geçen yılki sıralamasında üç sıraya düştükten sonra, sıralamanın en altına inerek düşüş eğilimini sürdürmüştür.

Şekil 1: Ülkeleri iklim değişikliğine karşı performansları

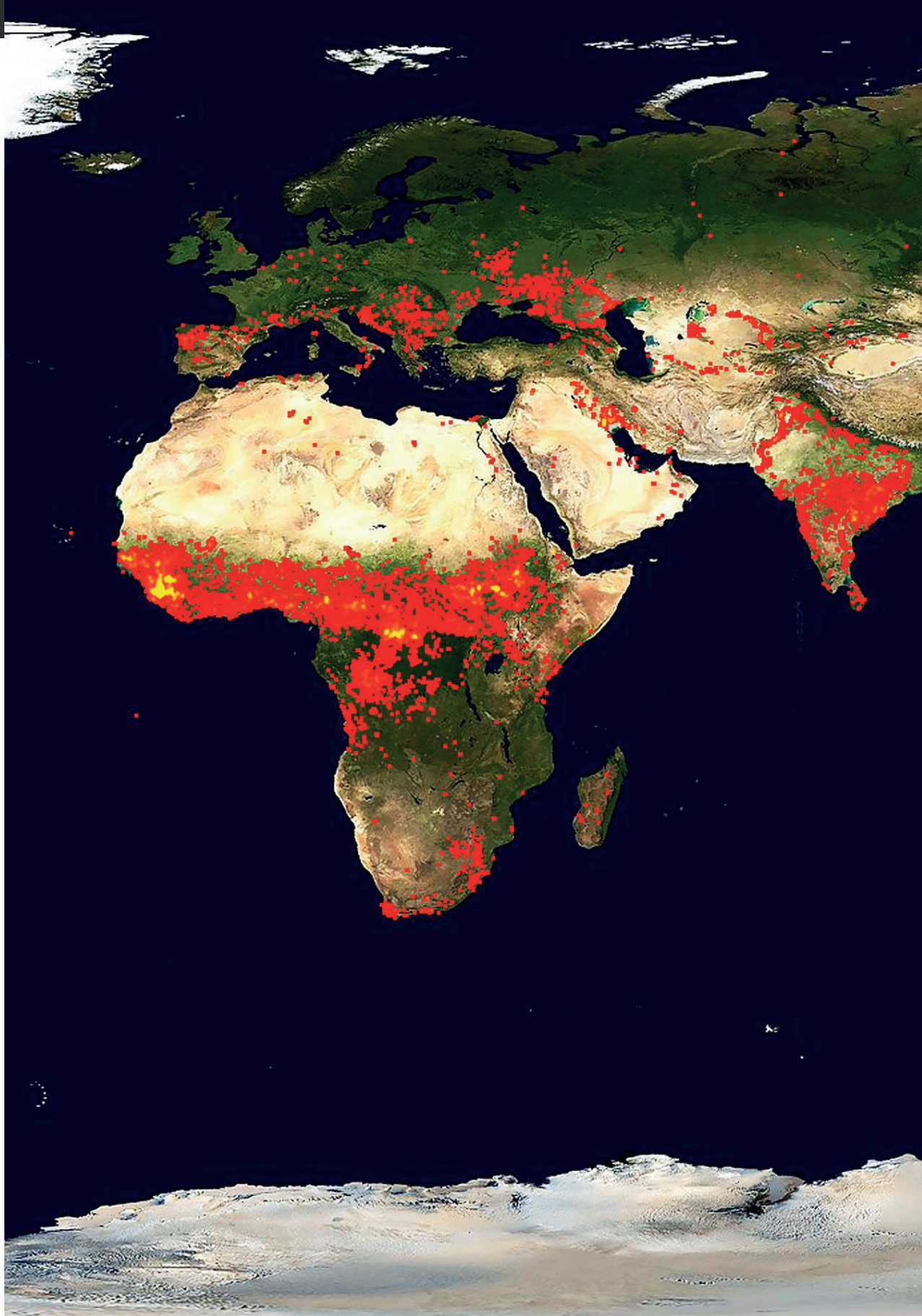


Kaynak: Burck et al., 2020

Tablo 2'te görüldüğü gibi hiçbir ülke tüm endeks kategorilerinde endekste genel olarak çok yüksek bir derecelendirme elde edecek kadar iyi performans göstermemiştir. Bu nedenle, bir kez daha genel sıralamanın ilk üç sıralaması boş kaldı.

Sadece iki G20 ülkesi yüksek performans gösterenler (İngiltere ve Hindistan) arasında yer alırken, sekiz G20 ülkesi çok düşük performans gösterenler altında yer almıştır.

Polonya, bu yılki endekste en kötü performans gösteren AB ülkesi olarak yerini aldı. Sekiz AB ülkesi yüksek performansa sahipken, AB bir bütün olarak altı sıraya düştü ve bu yılki endekste orta performans grubu altında yer aldı.



Tablo 2: Ülkelerin İklim Değişikliği Performans İndeks Puanları

Sıra		Ülke	Puan***	Kategoriler
1.*		–	–	
2.		–	–	
3.		–	–	
4.	–	İsveç	75.77	
5.	▲	Danimarka	71.14	
6.	▼	Fas	70.63	
7.	▲	Birleşik krallık	69.80	
8.	▼	Litvanya	66.22	
9.	▲	Hindistan	66.02	
10.	▲	Finlandiya	63.25	
11.		Şili	62.88	
12.	–	Norveç	61.14	
13.	▲	Lüksemburg	60.91	
14.	▼	Malta	60.76	
15.	▼	Letonya	60.75	
16.	▼	İsviçre	60.61	
17.**	▲	Ukrayna	60.60	
18.	▲	Fransa	57.90	
19.	▲	Mısır	57.53	
20.	▼	Hırvatistan	56.97	
21.	▲	Brezilya	55.82	
22.	▼	Avrupa Birliği	55.82	
23.	▲	Almanya	55.78	
24.	▼	Romanya	54.85	
25.	▼	Portekiz	54.10	
26.	▼	İtalya	53.92	
27.	▼	Slovakya	52.69	
28.	▲	Yunanistan	52.59	
29.	▼	Hollanda	50.89	
30.	▲	Çin	48.16	
31.	▲	Estonya	48.05	
32.	▼	Meksika	47.01	
33.	▲	Tayland	46.76	
34.	▲	İspanya	46.03	
35.	▼	Belçika	45.73	
36.	▲	Güney afrika	45.67	
37.	▲	Yeni zelanda	45.67	
38.	▼	Avusturya	44.74	
39.	▼	endonezya	44.65	
40.	▼	Belarus	44.18	
41.	▲	Irlanda	44.04	
42.	▼	Arjantin	43.77	
43.	▼	Çekya	42.93	
44.	▼	Slovenya	41.91	
45.	▲	Kıbrıs	41.66	
46.	▲	Cezayir	41.45	
47.	▼	Macaristan	41.17	
48.	▲	Türkiye	40.76	
49.	▼	Bulgaristan	40.12	
50.	▼	Polonya	39.98	
51.	▼	Japonya	39.03	
52.	–	Rusya	37.85	
53.	▼	Malezya	34.21	
54.	▼	Kazakistan	33.39	
55.	▼	Kanada	31.01	
56.	▼	Avusturalya	30.75	
57.	▲	Iran	28.41	
58.	▼	Kore	26.75	
59.	▼	Çin taipeisi	23.33	
60.	–	Suudi Arabistan	22.03	
61.	▼	Amerika	18.60	

* Hiçbir ülke bir ile üç arasında pozisyon alamadı. Hiçbir ülke tehlikeli iklim değişikliğini önlemek için yeterince şey yapmıyor.
** Ukrayna'nın genel sıralamadaki konumu, Donbas bölgesinde devam eden çatışmanın temel CCPI göstergeleri üzerindeki etkilerinden oldukça etkilenmektedir.

© Germanwatch 2019

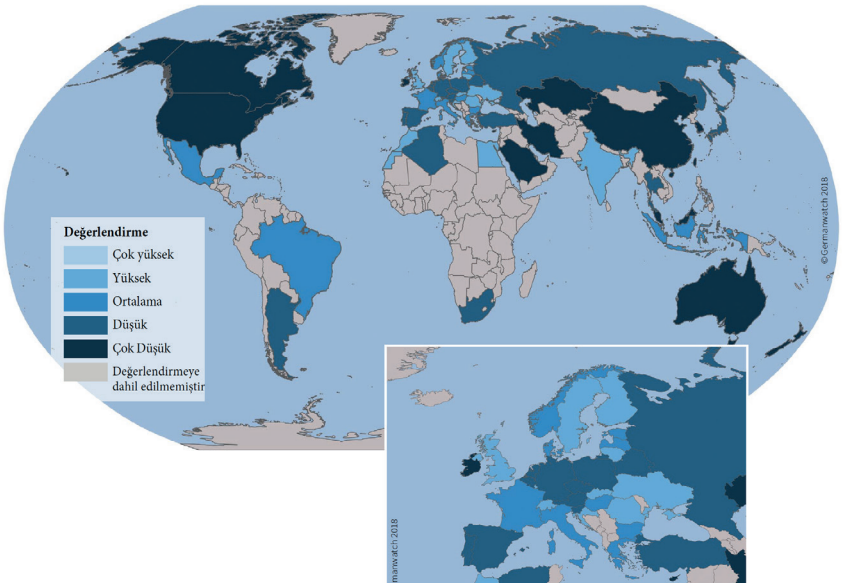
Kaynak: Burck et al., 2020

Ülkelerin sera gazı salımları küresel olarak, bazı ülkelerde azalan salımlara rağmen, sera gazı salımları büyümeye devam etmektedir. 2009-2018 arasında, salımlar yılda %1,5 artmıştır, sadece 2014-2016 yılları hafif bir yavaşlama yaşanmıştır. 2018 için ön veriler, küresel sera gazı salımlarının %1,9 arttığını göstermektedir.

Yalnızca tüketime dayalı salımlara dayanarak, İsveç, 2 °C'nin altındaki uyumlulukları için çok yüksek olarak derecelendirilen, kişi başına toplam en düşük salımlara sahiptir. Kişi başına salımların nispeten düşük seviyeli mevcut sera gazı, son yıllarda daha fazla salım azaltımı ve 2030'luk bir çevre hedefi olan Mısır, kategorideki performansı nedeniyle yüksek puan almıştır. Birleşik Krallık, halen kişi başına düşen mevcut salım seviyesi için orta dereceli olarak derecelendirilmektedir, ancak sera gazı salımları kategorisinde geri kalan göstergeler için yüksek derecelendirmeler elde etmektedir. Bu, 2030 sera gazı salım hedefinin nispeten yüksek dereceli 2 °C'nin altında iyi uyumluluğunu içerir.

Kore Cumhuriyeti, hem kişi başına salımların mevcut seviyesi hem de ülkenin 2030 sera gazı hedefi ile 2 °C'nin altında uyumluluğu nedeniyle çok düşük olan sera gazı salımları kategorisinde ilerleme kaydedememektedir. Tayvan, sera gazı salımları kategorisindeki tüm göstergeler için çok düşük bir derecelendirmeye sahiptir. Suudi Arabistan, bu yılki endekste kişi başına düşen sera gazı salımlarının geçmiş trendi için düşük, oysa kişi başına düşen salımların nispeten yüksek seviyesi hala 2 °C uyumluluğu için çok düşük olarak derecelendirilmiştir (Şekil 2, Tablo 3).

Şekil 2: Ülkelerin Sera Gazı Salımları



Tablo 3'de sera gazı salımları kategorisini tanımlayan dört göstergedeki G20 ülkelerinin performansı hakkında ayrıntılı bilgi vermektedir.

Hiçbir ülkenin performansı, Sera Gazı Salımları kategorisindeki tüm göstergeler için çok yüksek değildir ve yalnızca iki G20 ülkesi yüksek performans gösteren ülkeler altında yer almaktadır. Hindistan en büyük büyüme trendlerinden birine sahip olmasına rağmen, kişi başına salımlar nispeten düşük bir seviyede kalıyor ve 2 °C'nin altındaki uyumlulukları için çok yüksek olarak değerlendiriliyor.

G20 ülkelerinden 13'ü çok düşük veya düşük performans gösteren ülkeler olarak sıralanmıştır. Çin, Sera Gazı Salımları kategorisinde hala çok düşük olmasına rağmen, ilk defa Sera Gazı Salımları kategorisinde ilk on içinde yer almıyor.

AB, geçen yıl olduğu gibi, Sera Gazı Salımları kategorisindeki performansı nedeniyle orta olarak derecelendirilmiştir. Altı AB ülkesi bu yılın sera gazında yüksek performans sergiliyor. Salım derecesinde. Kıbrıs ve Portekiz en kötü performansı

sergilemiştir. Her ikisi de bu kategoride genel olarak çok düşük bir dereceye sahip olan AB ülkesidir.

Tablo 3: Ülkelerin Sera Gazı Salım Değerleri

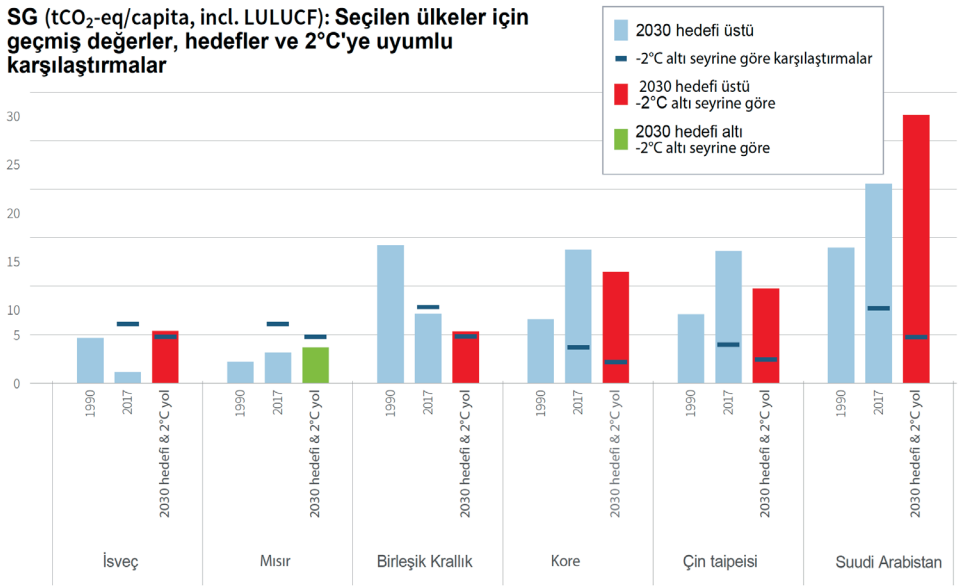
Sera gazı emisyonu – G20 ülkelerinin*değerlendirilmesi							
Sıra	**Ülke**	**Puan**	**Genel değerlendirme**	**Mevcut Kişi başına sera gazı miktarı(AKAKDO dahil)**	**Kişi başına düşen sera gazının mevcut eğilimi (AKAKDO hariç)**	**Kişi başı SG (AKAKDO dahil) 2C'nin altı seyrine göre**	**SG 2030 hedefi – 2C'nin altı seyrine göre**
7.	Birleşik krallık	75.9	Yüksek	Ortalama	High	Ortalama	Yüksek
12.	Hindistan	71.8	Yüksek	Çok Yüksek	Çok Düşük	Çok Yüksek	Yüksek
18.	İtalya	67.0	Ortalama	Ortalama	Yüksek	Ortalama	Ortalama
22.	Fransa	62.1	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Ortalama
23.	Avrupa Birliği (28)	61.6	Ortalama	Düşük	Ortalama	Ortalama	Ortalama
25.	Brezilya	60.6	Ortalama	Ortalama	Düşük	Ortalama	Ortalama
28.	Endonezya	58.8	Ortalama	Düşük	Yüksek	Çok Düşük	Düşük
29.	Meksika	58.7	Ortalama	Ortalama	Düşük	Düşük	Ortalama
34.	Almanya	55.5	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Ortalama
37.	Türkiye	54.1	Düşük	Ortalama	Çok Düşük	Ortalama	Düşük
39.	Güney Afrika	52.7	Düşük	Düşük	Yüksek	Düşük	Düşük
44.	Rusya	49.1	Düşük	Çok Düşük	Düşük	Yüksek	Düşük
46.	Arjantin	46.4	Düşük	Düşük	Düşük	Çok Düşük	Düşük
47.	Japonya	46.1	Düşük	Düşük	Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük
49.	Avusturalya	44.2	Çok Düşük	Çok Düşük	Ortalama	Düşük	Ortalama
51.	Çin	43.6	Çok Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Çok Düşük
54.	Kanada	32.5	Çok Düşük	Çok Düşük	Ortalama	Çok Düşük	Düşük
57.	Amerika	21.4	Çok Düşük	Çok Düşük	Ortalama	Çok Düşük	Çok Düşük
59.	Kore	13.5	Çok Düşük	Çok Düşük	Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük
60.	Suudi Arabistan	2.3	Çok Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük

* 56 ülkenin ve AB'nin derecelendirmeleri için: www.climatechangeperformanceindex.org

© Germanwatch 2018

Seçilmiş bazı ülkelerin kişi başına sera gazı salımları incelendiğinde İsveç Mısır ve Birleşik Krallığının 2030 hedeflerinin küresel sıcaklık artışını 2 °C'nin altında tutmam hedeflerinin çok az üzerinde veya altında olduğu görülür. Bu ülke bu nedenle kişi başına sera gazı performası en yüksek olan 3 ülkedir. Bu yüksek performanslı ülkeler yanında Suudi Arabistan, Tayvan ve Kore Cumhuriyeti 2030 yılında hedeflenen kişi başı salımlarının çok üzerinde kişi başı sera gazı salımına sahiptirler. Bu salım Suudi Arabistan'da 2030 yılında eşik değerin 4 katından fazla olacaktır. Bu nedenle sera gazı salımları performansı en kötü ülke Suudi Arabistan'dır (Şekil 3).

Şekil 3: Sera Gazı Emisyonları (tCO_2-eş/kişi, Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık dahil): Seçilmiş ülkeler için tarihi değerler, hedefler ve 2 °C uyumlu kriterler

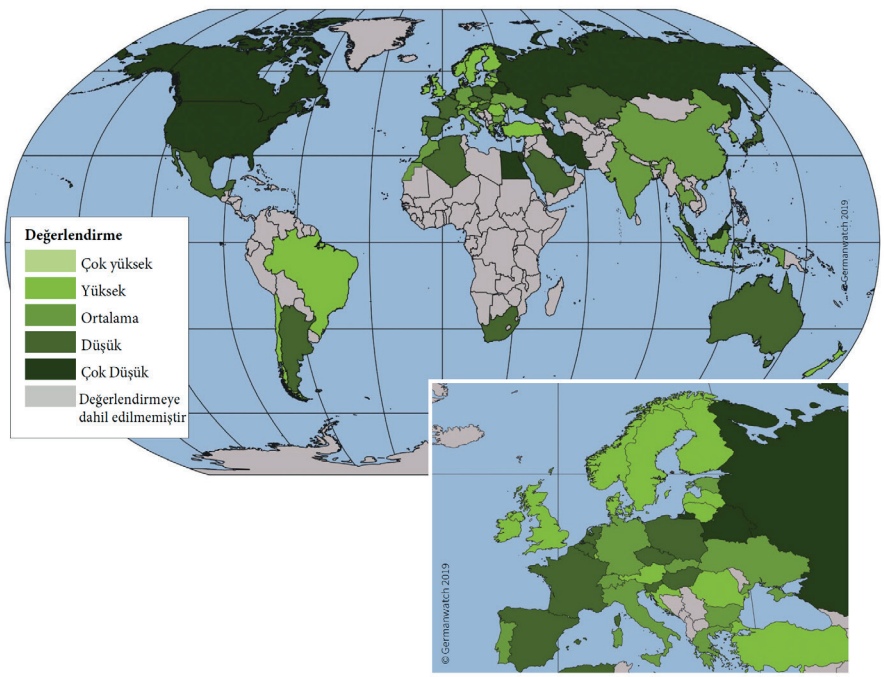


2018 yılında, yenilenebilir enerji üretim kapasitesinin eklenmesi, dördüncü yıl üst üste net fosil yakıt ve nükleer enerji kurulumlarını geride bıraktı. Açık deniz rüzgar sektöründe, bugüne kadar yenilenebilir enerji dağıtımının sadece küçük bir kısmını oluşturan önemli büyüme potansiyeli görülmektedir. Küresel sera gazı salımlarının üçte ikisi elektrik ve ısı, binalar, ulaşım ve sanayi gibi sektörlerle ilgili olduğundan, küresel enerji geçişini hızlandırma ihtiyacı açıktır.

Ülkelerin yenilenebilir enerji performansları incelendiğinde Letonya mevcut nispeten yüksek yenilenebilir enerji payı, 2 °C'nin altındaki uyumluluğu nedeniyle yüksek olarak derecelendirilen ülkedir. İsveç'te, yenilenebilir enerjinin payı çok büyük bir orana sahiptir ve ayrıca 2 °C'nin altındaki uyumluluk konusunda yüksek puan alan ülkeler arasında yer almaktadır. Danimarka, mevcut yenilenebilir enerji payının 2 °C'nin altında bir uyumluluğa sahip olduğu için yüksek derecelendirildi ve 2030 hedefi için yüksek bir puan aldı.

Malezya, ülkeyi 2 °C'nin altında bir uyumlu yola koymak için gerekli olan yenilenebilir enerji kategorisinde herhangi bir iyileştirme yapmamaktadır. İran İslam Cumhuriyeti, kategorideki tüm göstergelerde çok düşük derecelendirilmiştir. Rusya Federasyonu bu kategoride en kötü performans gösteren ülkedir. 2012-2017 dönemine ait veriler, yenilenebilir enerjinin payında azalan bir gelişme göstermekle kalmayıp, aynı zamanda ülkenin 2030 hedefinde hırs eksikliği olduğunu göstermektedir (Şekil 4, Tablo 4).

Şekil 4: Ülkelerin Yenilenebilir Enerji Performansları



Tablo 4'de, Yenilenebilir Enerji kategorisini tanımlayan dört göstergede G20 ülkelerinin performansı hakkında ayrıntılı bilgi verilmektedir. Yenilenebilir Enerji kategorisini tanımlayan tüm göstergeler için hiçbir ülke çok yüksek derecelendirilmemiştir. Enerji sektörü bir ülkenin CO_2 salımlarına büyük katkıda bulunduğundan, Yenilenebilir Enerji derecelendirmesinin sonuçları, yenilenebilir enerjinin hızlandırılmış dağıtımıyla salımların azaltılmasında iyileştirilecek çok şey olduğunu göstermektedir.

G20 ülkelerinden on tanesi Yenilenebilir Enerji kategorisindeki performansları nedeniyle düşük veya çok düşük olarak derecelendirilmiştir. Bu ülkeler için, yenilenebilir enerjinin mevcut payları, iddiasız 2030 yenilenebilir enerji hedefleri ve 2 °C'nin altındaki uyumluluklarından dolayı nispeten düşük olarak derecelendirilmiştir.

Brezilya ve İngiltere, Yenilenebilir Enerji kategorisindeki performansları nedeniyle yüksek puan alan tek iki G20 ülkesidir. Brezilya'nın performansı, enerji karmasındaki yenilenebilir enerji kaynaklarının yüksek payına dayanmakla birlikte, Birleşik Krallık, 2012-2017 yılları arasında yenilenebilir kalkınmadaki olumlu eğilim için çok yüksek bir puan almıştır.

Geçen yıl olduğu gibi, AB orta düzeyde performans gösterenler arasında yer almaktadır. Bu yılki endekste Yenilenebilir Enerji kategorisindeki performansları nedeniyle yüksek puan alan 17 ülkenin 12'si AB ülkesidir. Hollanda ve Polonya, kategoriyi tanımlayan tüm göstergeler için düşük veya çok düşük olarak derecelendirilen en kötü performans gösteren AB ülkesidir.

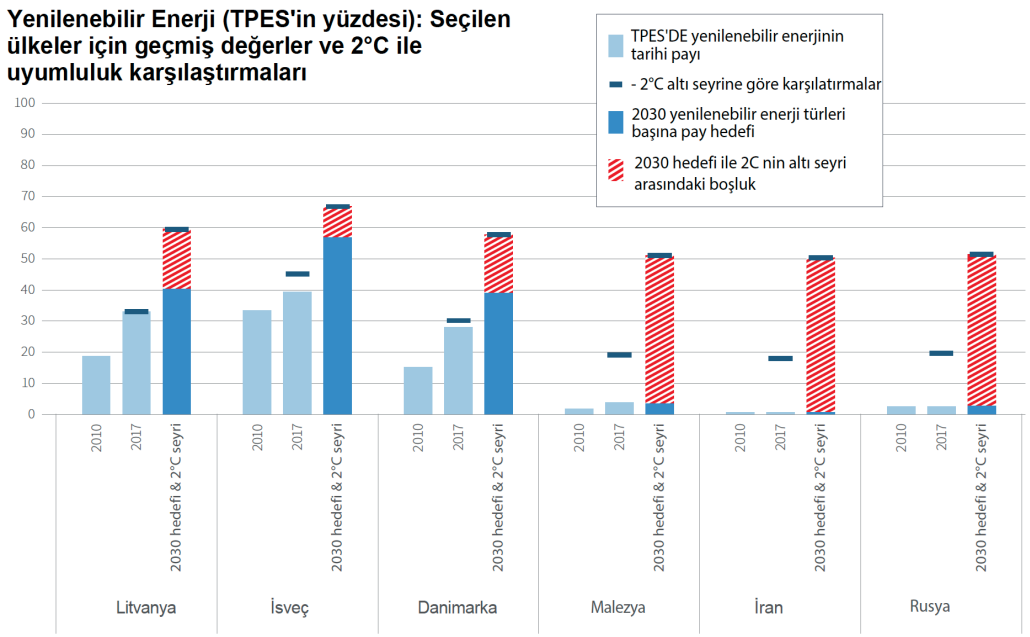
Tablo 4: G20 Ülkelerinin Yenilenebilir Enerji Performansları

Yenilenebilir Enerji (RE) - G20 ülkeleri için derecelendirme tablosu *							
Sıra	**Ülke**	**Puan****	**Ortalama Puan**	**Enerji kullanımında YE'nin payı(TPES) mevcut seviyesi (hidro dahil)**	**Enerji kullanımında YE'nin payı (TPES) mevcut eğilim (hidro hariç)**	**Enerji kullanımında YE nin payı (TPES) (Hidro hariç)- 2C'nin altı seyrine göre**	**YE Hedefi (Hidro dahil)- 2C nin altı seyrine göre**
12.	Brezilya	54.8	Yüksek	Çok Yüksek	Düşük	Yüksek	Ortalama
13.	Turkey	47.5	Yüksek	Ortalama	Çok Yüksek	Ortalama	Düşük
16.	Birleşik krallık	45.3	Yüksek	Düşük	Çok Yüksek	Yüksek	Çok Düşük
22.	Almanya	40.4	Ortalama	Ortalama	Yüksek	Yüksek	Düşük
25.	Çin	38.7	Ortalama	Düşük	Çok Yüksek	Düşük	Çok Düşük
26.	Hinditan	37.3	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Düşük	Yüksek
27.	Avrupa Birliği(28)	37.2	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Ortalama
29.	İtalya	36.0	Ortalama	Ortalama	Düşük	Yüksek	Ortalama
32.	Kore	33.0	Ortalama	Çok Düşük	Çok Yüksek	Çok Düşük	Çok Düşük
34.	Endonezya	31.8	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Düşük	Düşük
41.	Fransa	28.5	Düşük	Düşük	Yüksek	Düşük	Düşük
44.	Suudi Arabistan	27.0	Düşük	Çok Düşük	Çok Yüksek	Çok Düşük	Çok Düşük
45.	Japonya	25.7	Düşük	Düşük	Yüksek	Düşük	Düşük
50.	Avustralya	23.0	Düşük	Düşük	Yüksek	Düşük	Çok Düşük
51.	Meksika	21.8	Düşük	Düşük	Ortalama	Çok Düşük	Düşük
52.	Arjantin	19.2	Düşük	Ortalama	Düşük	Düşük	Çok Düşük
53.	Güney Afrika	19.1	Düşük	Çok Düşük	Ortalama	Çok Düşük	Düşük
54.	Kanada	17.8	Çok Düşük	Yüksek	Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük
55.	ABD	16.6	Çok Düşük	Düşük	Ortalama	Düşük	Çok Düşük
61.	Rusya	3.9	Çok Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük

© Germanwatch 2019

Ülkelerin 2030 yılı yenebilir enerji hedefleri ile küresel sıcaklığı 2°C altında tutma hedefi için eşik değere yaklaşmadıkları görülür. En iyi yenilenebilir enerji performansı olan ülkelerin bile hedefleri eşik değerden aşağıdadır (Şekil 5). Bu eşik değere ulaşmak için Malezya, İran ve Rusya Federasyonu 2030 hedeflerini yaklaşık 10 kat kadar arttırmalıdır.

Şekil 5: Yenilenebilir Enerji: Seçilen ülkeler için tarihi değerler ve 2 °C uyumluluk kriterleri

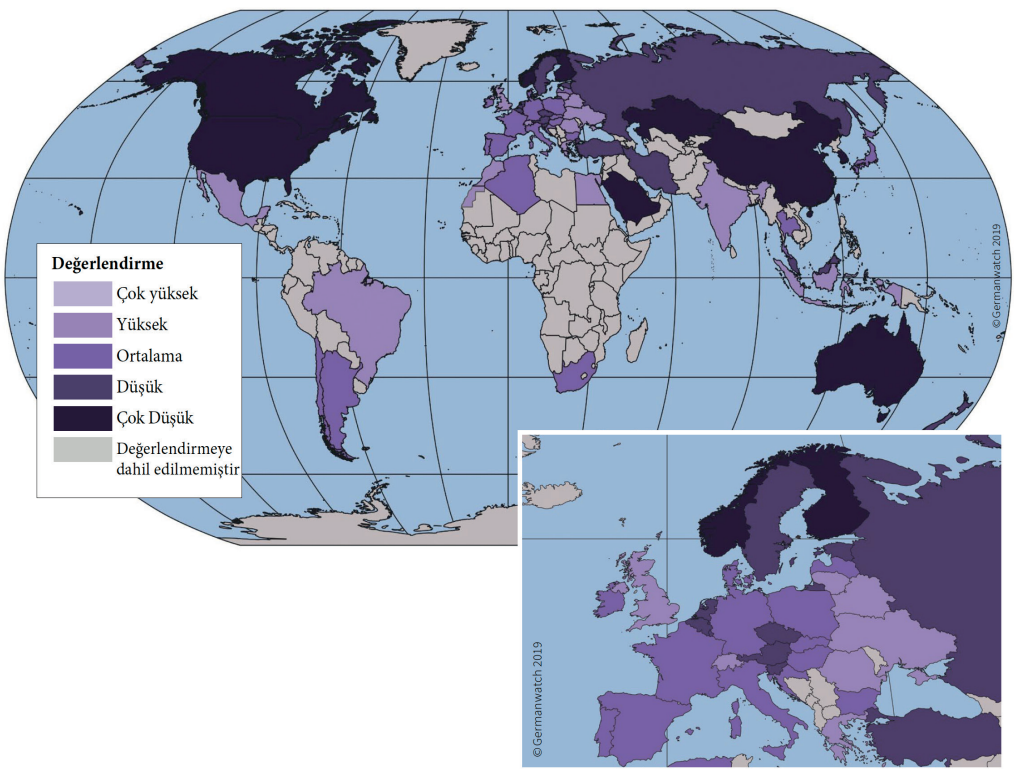


En son IAE Enerji Verimliliği Raporuna göre, 2018 yılı enerji verimliliği iyileştirmelerinde tarihi bir yavaşlamaya işaret etti. Yavaşlama faktörleri, sosyal ve ekonomik eğilimlerin yanı sıra aşırı hava gibi belirli faktörlerin bir kombinasyonudur. Uygun maliyetli teknolojiler zaten mevcut olsa da, mevcut politika önlemleri ve yatırımlar artan enerji taleplerine ayak uyduramıyor.

2012-2017 yılları arasında Malta, bu yılki İklim Değişikliği Performans İndeksi'nde değerlendirilen ülkelerin kişi başına enerji kullanımında en büyük düşüşü gerçekleştirmiştir. Ülkenin mevcut kişi başına enerji kullanımı ve 2030 enerji kullanımı hedefi, 2 °C'nin altında uyumlulukları nedeniyle yüksek puan almıştır. Kişi başına düşen enerji kullanımındaki son eğilim için düşük olarak değerlendirilirken, Fas'ın kişi başına düşen nispeten düşük enerji kullanımı düzeyi, 2 °C›nin altındaki uyumluluğu nedeniyle çok yüksektir. Meksika hala kişi başına nispeten düşük bir enerji kullanımı seviyesine sahiptir, bu da 2 °C'nin altında uyumluluğu nedeniyle yüksek derecelendirilmiştir.

Suudi Arabistan, kişi başına enerji kullanımının geçmiş eğilimindeki küçük gelişmelere rağmen, enerji kullanımı kategorisindeki performansı için çok düşük bir derecelendirmeye sahiptir. Kanada, kişi başına enerji kullanımının en yüksek olduğu ülkeler arasındadır ve enerji kullanımı kategorisinde herhangi bir iyileştirme yapamamaktadır. Kore Cumhuriyeti'nin şu anki kişi başına enerji kullanımı ve ülkenin 2030 hedefi, 2 °C'nin altında uyumlulukları nedeniyle çok düşük olarak değerlendirilmiştir ve bu da bu yılın enerji kullanımı derecelendirmesinde en kötü performans gösteren ülke olmuştur (Şekil 6, Tablo 5).

Şekil 6: G20 Ülkelerinin Enerji Kullanımı Performansları



Tablo 5'de, Enerji Kullanımı kategorisini tanımlayan dört göstergede G20 ülkelerinin performansı hakkında ayrıntılı bilgi verilmektedir. Enerji Kullanımı kategorisini tanımlayan tüm göstergeler için hiçbir ülke çok yüksek olarak değerlendirilmemiştir. Bu nedenle, Enerji Kullanımı sıralamasının ilk üç sırası boş kalmaktadır.

G20 dışındaki beş ülke, Enerji Kullanımı kategorisindeki performansları nedeniyle yüksek puan almıştır. Meksika ve Hindistan, bu yılki İklim Değişikliği Performans İndeksinde 2030 enerji kullanım hedeflerinin 2 °C'lik iyi uyumlulukları için çok yüksek puan alan birkaç ülke arasında yer almıştır. Enerji Kullanımı reytingindeki on düşük performanstan altısı G20 ülkesidir. AB, geçen yıl olduğu gibi, Enerji Kullanımı kategorisindeki performansından dolayı orta olarak derecelendirilmiştir. Beş AB ülkesi Enerji Kullanımında üst sıralarda yer almaktadır.

Tablo 5: G20 Ülkelerin Enerji Kullanım Performansları

Enerji kullanımı – G20 Ülkeleri için değerlendirme							
Sıra	**Ülke**	**Puan****	**Genel değerlendirme**	**Enerji kullanımı (TPES) kişi başına - mevcut seviye**	**Kişi başına enerji kullanımı(TPES)- mevcut eğilim**	**Kişi başı enerji kullanımı (TPE) -2C nin altı seyrine göre**	**2030 yılı enerji kullanım hedefi -2Cnin altı seyrine göre**
7.	Meksika	79.3	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Çok Yüksek
9.	Hindistan	75.5	Yüksek	Çok Yüksek	Çok Düşük	Çok Yüksek	Çok Yüksek
13.	Brezilya	69.6	Yüksek	Yüksek	Ortalama	Yüksek	Yüksek
15.	Birleşik krallık	68.1	Yüksek	Ortalama	Yüksek	Yüksek	Düşük
17.	Endonezya	65.4	Yüksek	Çok Yüksek	Çok Düşük	Yüksek	Yüksek
18.	Güney Afrika	63.3	Ortalama	Ortalama	Yüksek	Ortalama	Ortalama
21.	Arjantin	60.3	Ortalama	Yüksek	Düşük	Düşük	Ortalama
24.	Avrupa Birliği (28)	58.0	Ortalama	Düşük	Ortalama	Düşük	Ortalama
25.	İtalya	57.8	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Düşük	Düşük
29.	Almanya	55.5	Ortalama	Düşük	Ortalama	Düşük	Düşük
31.	Japonya	55.3	Ortalama	Düşük	Yüksek	Düşük	Düşük
32.	Fransa	54.8	Ortalama	Düşük	Yüksek	Düşük	Düşük
44.	Rusya	49.9	Düşük	Çok Düşük	Ortalama	Düşük	Ortalama
47.	Türkiye	48.0	Düşük	Yüksek	Çok Düşük	Düşük	Düşük
52.	Avustralya	39.8	Çok Düşük	Çok Düşük	Yüksek	Çok Düşük	Çok Düşük
53.	Çin	38.6	Çok Düşük	Ortalama	Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük
58.	ABD	25.1	Çok Düşük	Çok Düşük	Ortalama	Düşük	Çok Düşük
59.	Suudi Arabistan	17.9	Çok Düşük	Çok Düşük	Ortalama	Çok Düşük	Çok Düşük
60.	Kanada	16.3	Çok Düşük	Çok Düşük	Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük
61.	Kore	14.4	Çok Düşük	Çok Düşük	Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük

© Germanwatch 2019

Artan küresel iklim hareketinden yararlanan artan kamu bilinci, hükümetlerin iklim politikasını öncelik haline getirmeleri için baskı yapmaktadır. Bu yıl birçok ülkede yapılan seçimlerin ve sonuçların, iklimin seçmenler için giderek daha önemli

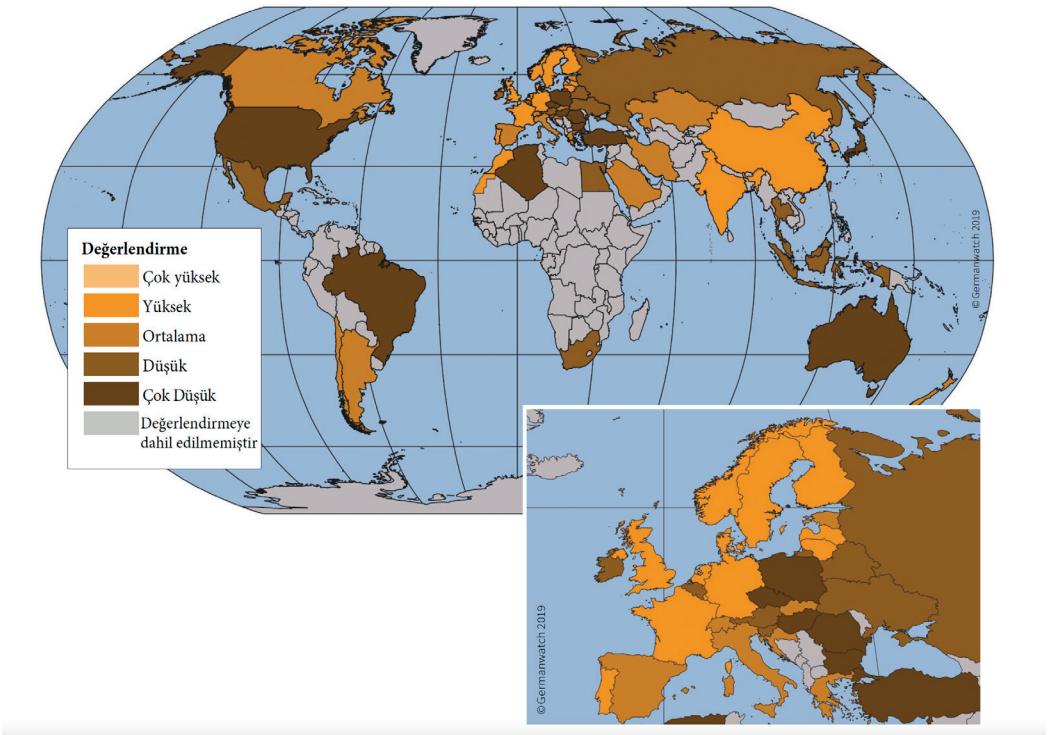
bir konu olduğunu vurgulanmaktadır. Ancak, ülkelerin uluslararası düzeyde ortaya koydukları hırs ve bunların ulusal düzeyde politikaların uygulanması yeterli değildir. 2020 yılı, Ulusal Olarak Belirlenmiş Katkı geliştirmeleri için ilk fırsat ve net sıfır salımlı bir geleceğe imza atmak ve ulusal uygulama için sektörler arası stratejiler geliştirmek için artan siyasi ivmeyi yakalama fırsatıdır.

Ülkelerin Uyguladıkları İklim Politikaları açısından değerlendirme yapıldığında ise en iyi üç performansı Portekiz, Finlandiya ve Fas göstermiştir (Şekil 7, Tablo 6). Portekiz, ülkenin uzmanlar tarafından müzakerelerde iddialı pozisyon aldığını gözlemledikçe uluslararası iklim politikası performansı için çok yüksek puan alan birkaç ülke arasında yer almıştır. AB düzeyinde, Portekiz 2050 yılına kadar net sıfır salım hedefi ve 2030 yılına kadar % 55 salım azaltımı çağrısı yapmıştır. Finlandiya, 2020 yılının İklim Politikası derecelendirmesinde 12 basamak yükselmiştir. Uzmanlar, yeni seçilen hükümeti 2035 yılına kadar Finlandiya karbonunu nötr hale getirme hedefini belirledikleri için övgüde bulmuştur. Ayrıca Parlamento, bu yılın başlarında 2029 yılına kadar kömür yakma yasağını onaylamıştır. Fas, büyük ölçüde ülkeyi bu konuda ön plana çıkaran iddialı 2030 hedeflerine dayanan İklim Politikası performansı için üst sıralarda yer almaya devam etmiştir. Ancak uzmanlar uygulamanın sürekli koordineli çaba gerektirdiğine dikkat çekmektedir.

Türkiye, Paris Anlaşması'nı henüz onaylamadığı için ülke, kategoride genel olarak çok düşük bir derece almaya devam etmiştir. Trump İdaresi altında ABD, ulusal politikaların büyük bir geri dönüşü ile iklim eyleminde başarısızdır ve uluslararası iklim politikasının tüm seviyelerinde yıkıcı bir güç haline gelmiştir. Çok az seviyede olumlu sinyallere rağmen, ABD çok düşük performans gösterenlerin altında kalmıştır.

Uzmanlar yeni seçilen hükümetin hem ulusal hem de uluslararası düzeyde performansı kötüleştirmeye devam ettiğini gözlemledikçe Avustralya bu yılın İklim Politikası derecelendirmesinde en düşük puanı almıştır.

Şekil 7: Ülkelerin İklim Politika Performansları (2020)



Tablo 6, İklim Politikası kategorisini tanımlayan iki göstergede 57 ülkenin ve AB'nin performansı hakkında ayrıntılı bilgi vermektedir.

Birkaç ülke uluslararası iklim politikası performansları için çok yüksek bir dereceye sahipken, hiçbir ülke İklim Politikası kategorisi için genel olarak çok yüksek bir dereceye ulaşmamaktadır.

Dokuz G20 ülkesi, İklim Politikası kategorisindeki performansları nedeniyle düşük veya çok düşük olarak derecelendirilmiştir. Güney Afrika ve Meksika düşük performans grubuna geri dönüyor.

Altı G20 ülkesi, bu yılki İklim Politikası derecelendirmesinde Hindistan ve Almanya'nın orta performans göstergelerinden yükselişiyle yüksek performans grubunda yer almıştır.

AB, İklim Politikası derecelendirmesinde on sıra gerilemeye rağmen bu yılki endekste hala yüksek performans gösteren ülkeler arasında yer almıştır. Bu yılki İklim Politikası derecelendirmesinde 11 AB ülkesi yüksek performansta yer alıyor. Polonya ve Bulgaristan, her ikisi de genel olarak çok düşük bir derecelendirmeye sahip en kötü performans gösteren AB ülkeleridir.

Tablo 6: Ülkelerin İklim Politika Puanları

İklim politikaları – Ülkeler için değerlendirme tablosu					
Sıra	**Ülke**	**Puan***	**Genel Değerlendirme**	**Ulusal iklim politikaları performansı**	**Uluslararası iklim politikaları performansı**
4.	Portekiz	98.7	Yüksek	Yüksek	Çok Yüksek
5.	Finlandiya	93.0	Yüksek	Yüksek	Çok Yüksek
6.	Fas	88.0	Yüksek	Yüksek	Yüksek
7.	İsveç	87.2	Yüksek	Yüksek	Çok Yüksek
8.	Letonya	86.8	Yüksek	Yüksek	Yüksek
9.	Danimarka	83.3	Yüksek	Yüksek	Yüksek
10.	Çin	81.0	Yüksek	Yüksek	Ortalama
11.	Fransa	80.4	Yüksek	Yüksek	Yüksek
12.	Bileşik Krallık	79.9	Yüksek	Yüksek	Yüksek
13.	Litvanya	79.7	Yüksek	Yüksek	Yüksek
14.	Norveç	79.7	Yüksek	Ortalama	Çok Yüksek
15.	Hindistan	73.6	Yüksek	Yüksek	Ortalama
16.	Hollanda	73.6	Yüksek	Yüksek	Yüksek
17.	Almanya	67.5	Yüksek	Ortalama	Yüksek
18.	Luksemburg	66.6	Yüksek	Düşük	Yüksek
19.	Avrupa Birliği (28)	65.2	Yüksek	Ortalama	Yüksek
20.	Hırvatistan	62.1	Ortalama	Ortalama	Ortalama
21.	Kanada	58.6	Ortalama	Düşük	Yüksek
22.	İtalya	57.7	Ortalama	Ortalama	Ortalama
23.	İsviçre	57.5	Ortalama	Ortalama	Ortalama
24.	Arjantin	56.4	Ortalama	Düşük	Ortalama
25.	İran	55.3	Ortalama	Ortalama	Düşük
26.	Yunanistan	55.3	Ortalama	Ortalama	Düşük
27.	Şili	55.3	Ortalama	Düşük	Ortalama
28.	Slovakya	54.3	Ortalama	Düşük	Ortalama
29.	Kore	54.0	Ortalama	Ortalama	Düşük
30.	Yeni Zelanda	53.3	Ortalama	Ortalama	Düşük
31.	İspanya	52.9	Ortalama	Düşük	Yüksek
32.	Kıbrıs	50.2	Ortalama	Düşük	Ortalama
32.	Kazakistan	50.2	Ortalama	Düşük	Ortalama
34.	Suudi Arabistan	46.9	Ortalama	Ortalama	Düşük
35.	Estonya	46.1	Ortalama	Ortalama	Düşük
36.	Belarus	45.5	Düşük	Ortalama	Düşük
37.	Mısır	42.8	Düşük	Düşük	Düşük
38.	Güney Afrika	42.7	Düşük	Çok Düşük	Ortalama
39.	Belçika	41.6	Düşük	Düşük	Düşük
40.	Çin Taipeisi	41.1	Düşük	Düşük	Ortalama
41.	Endonezya	38.8	Düşük	Çok Düşük	Ortalama
42.	Tayland	38.2	Düşük	Düşük	Düşük
43.	Malezya	37.6	Düşük	Düşük	Çok Düşük
44.	Meksika	37.4	Düşük	Düşük	Düşük
45.	Slovenya	36.6	Düşük	Düşük	Düşük
46.	Avusturya	35.8	Düşük	Çok Düşük	Düşük
47.	İrlanda	35.1	Düşük	Çok Düşük	Düşük
48.	Rusya	34.0	Düşük	Çok Düşük	Düşük
49.	Ukrayna	30.6	Düşük	Çok Düşük	Düşük
50.	Brezilya	29.3	Çok Düşük	Düşük	Çok Düşük
51.	Malta	26.9	Çok Düşük	Çok Düşük	Düşük
52.	Çekya	26.6	Çok Düşük	Düşük	Çok Düşük
53.	Macaristan	25.8	Çok Düşük	Çok Düşük	Düşük
54.	Romanya	25.4	Çok Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük
55.	Polonya	25.2	Çok Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük
56.	Japonya	21.2	Çok Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük
57.	Cezayir	11.9	Çok Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük
57.	Bulgaristan	11.9	Çok Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük
59.	Türkiye	4.8	Çok Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük
60.	ABD	2.8	Çok Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük
61.	Avustralya	0.0	Çok Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük

KAYNAKÇA

- Burck, J., Hagen, U., Marten, F., Höhne, N., Bals C., (2020) Climate Change Performance Index, Results 2020, ISBN 978-3-943704-75-4
- CAT (2019) İklim Eylemini Artırmak Serisi Türkiye Kasım 2019
- İBB (2018) İstanbul İklim Değişikliği Eylem Planı, İklim Senaryoları

IPCC İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ SENARYOLARI

Prof. Dr. İhsan Çiçek

1. GİRİŞ

1.1. İklim Modeli Kavramı

Gelecekte görülmesi muhtemel iklimin tahmin edilmesinde en önemli çalışma iklimin modellenmesidir (Akçakaya, A., vd., 2013; Demir, Ö., vd., 2013; Demircan, M., vd., 2014; Demircan, M., vd., 2014). Bu sayede hali hazırdaki şartlar dikkate alınarak, belli fiziksel denklemler ile bu şartların değişimi hesaplanmaya ve belli bir süre sonraki hava ya da iklim şartlarının genel çerçevesi çizilmeye çalışılır. İklimin modellenmesindeki en büyük zorluk, iklim şartlarındaki değişimlerin gerçek zamansal sürecinden çok daha hızlı bir şekilde simülasyonlarının yapılması gereğidir. Bu durum modellemede birçok basitleştirilmiş varsayımın kullanılmasını ve yüksek bir hesaplama kapasitesi ihtiyacını beraberinde getirmektedir. Dolayısı ile iklim modelinin kurgusu bir, iki yâda üç boyutlu, iklim sisteminin bileşenlerinin basit fiziksel özelliklerinin ya da tüm etkileşimlerinin gösterildiği karmaşık bir yapıda olabilir (Akçakaya, vd., 2015).

1.2. Küresel İklim (Genel Sirkülasyon) Modellerinin Tarihsel Gelişimi

İklim, kendini oluşturan ve birbiri ile ilişkili çok sayıda bileşenin olması ve geniş alansal ve zamansal fizik süreçleri nedeni ile simülasyon yapılması en zor jeofiziksel sistemlerden biridir. İklim atmosfer (bulutlar, aerosoller, atmosferik gazlar vb.), hidrosfer (okyanuslar, göller ve sulak alanlar), litosfer (toprak nemi ve farklı fazları) ve biyosfer (vejetasyon, karbon döngüsü vb.) gibi sistemlerle doğrudan etkileşim içerisindedir. Bu büyük etkileşim ve mikro düzeyde yağmur damlası oluşumundan makro düzeyde okyanus akıntılarına kadar içerdiği farklı boyutlardaki fiziksel süreçleri içermektedir. Bu durum iklimin doğrusal olmayan (non-linear) çok karmaşık bir özelliğe sahip olmasına neden olmaktadır (Akçakaya, vd., 2015).

Küresel iklim modelleri (GCMs, Genel Dolaşım Modelleri olarak da bilinir), küresel ortalama yüzey sıcaklığı gibi küresel iklim istatistiklerinin tanımlanmasında çok önemli bir işlevi yerine getirmektedirler. GCMs, atmosferdeki, okyanuslardaki, kriyosferdeki ve arazi yüzeyindeki fiziksel süreçleri temsil etmektedirler. Bu modeller, yükselen sera gazları emisyonlarına iklim sisteminin tepkisini göstermede en gelişmiş araçlardır. Karbondioksit konsantrasyonundaki artışlar (ya da karbon eşdeğerine sahip diğer sera gazlarının konsantrasyon artışları) belli kriterler çerçevesinde GCM içerisinde yer almaktadır (Akçakaya, vd., 2015).

GCM'ler, iklimi, atmosferde 10 ila 80 seviye kadar (okyanuslarda bazen 30 seviye) ve yatayda 200 ila 600 km çözünürlükteki 3 boyutlu (3D) kutucuklar (grid) yardımı ile tanımlarlar. Bu temsil yeteneği, küresel resmi görmemize yardımcı olurken etki analizleri için oldukça yetersiz kalmaktadır. Özellikle bulut oluşumu gibi mikro düzeydeki birçok fiziksel süreç bu modellerde uygun şekilde modellenememektedir. Bu eksiklik, geniş alanlarda, modelin sınanması (parametrizasyon) olarak adlandırılan modelin bilinen özelliklerinin ortalamalarının alınması tekniği ile giderilmeye çalışılmaktadır. Bu yöntem model bulguları ile ilgili belirsizliklerin temel kaynaklarından birini oluşturmaktadır. Diğer belirsizlikler ise, su buharı, ısınma, bulut ve radyasyon, okyanus döngüsü, buz ve kar albedosu gibi model içindeki geri bildirim mekanizmalarının simülasyonu ile ilgilidir. Dolayısı ile parametrizasyon farklılıkları ve farklı geri besleme modellemeleri nedeni ile GCM'ler aynı zorlama etmenlerine oldukça farklı şekilde tepki verebilmekte ve bulgular farklı olabilmektedir. Yani aynı zaman aralığı için, aynı başlangıç koşullarında, aynı emisyon senaryosu ile çalıştırılan iki farklı küresel model, parametrizasyon farklılıkları gibi nedenlerden dolayı farklı sonuçlar ortaya koyabilmektedirler (IPCC, 2013).

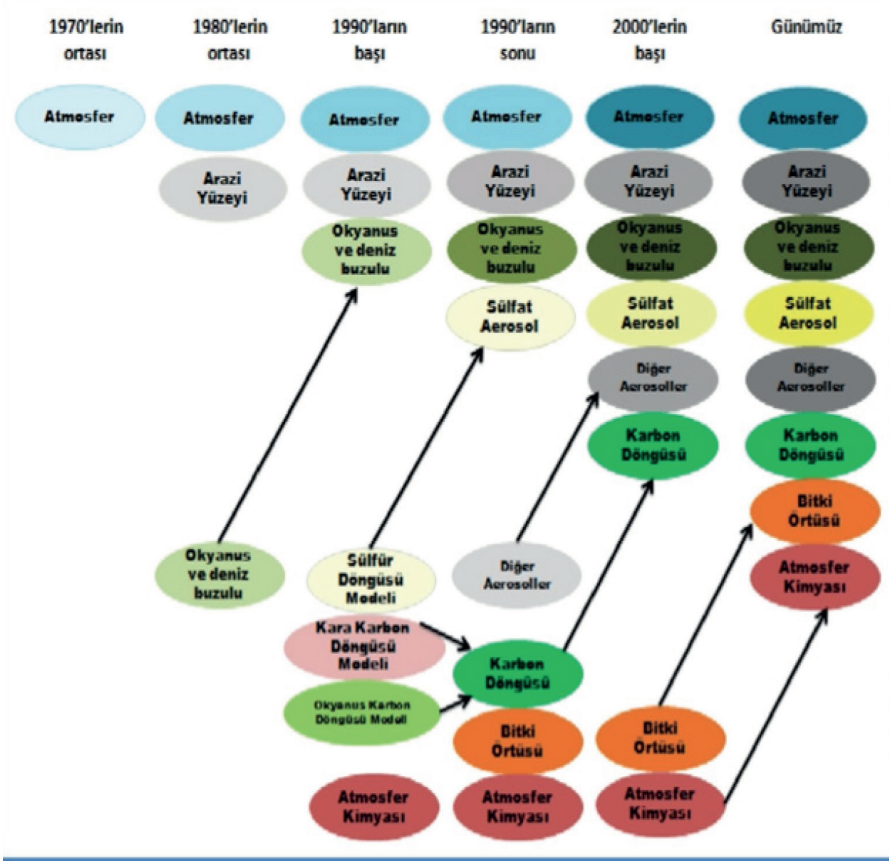
Bütün karmaşıklığına ve uygulamalardaki zorluklarına rağmen gelecek iklimin tahmin edilmesinde en önemli araç iklimin modellenmesidir. Bu sayede hali hazırdaki şartlar dikkate alınarak, belli fiziksel denklemler ile bu şartların değişimi hesaplanmaya ve belli bir süre sonraki hava ya da iklim şartlarının genel çerçevesi çizilmeye çalışılmaktadır. Bu konudaki ilk çalışmalar 19. yy'da başlamasına rağmen, o zamanki bilim insanlarının çabaları, fizik kuralları ile atmosferdeki gazların gezegen

etrafında nasıl hareket ettiklerini açıklamaya yetmemiş, gerçek bir matematiksel çözüm ortaya koyamamıştır. 20. yy başlarında Norveçli bilim insanı Vilhelm Bjerknes ısı, hava kütlesi ve nemin davranışlarını açıklamak için 7 temel eşitlik tanımlamış ve büyük alanlar için hava tahmini yapmak amacı ile kullanılmıştır. Bjerknes'in metodu "grafiksel hesaplamayı" hedefliyordu ve hava haritalarına dayanıyordu. Bu metot 1950'lere kadar geliştirildi. Fakat yöntemi doğrulamak için yeterli gözlem olmaması gelişimini sınırlandırdı. Bundan sonra en ciddi çalışma Lewis Fry Richardson'un çalışmalarıdır. Richardson tahmin yapacağı alanı kutucuklara bölmüş ve Bjerknes'in denklemlerini bu kutucuklar içinde çözmüş, rüzgâr hızını ve yönünü basınç farkından yararlanarak hesaplayabilmiştir. Fakat küçük bir alan için bile çok karmaşık hesaplamalar ve bunların yapılması çok uzun süreler aldığından çalışmaları belli bir sınırın ötesine gidememiştir. Buna rağmen bu yöntem bu günkü bilgisayar temelli modellemelerin temelini oluşturmaktadır (Akçakaya, vd., 2015).

II. Dünya Savaşı sonuna kadar matematiksel ve istatistiksel yöntemlerle devam eden modelleme çalışmaları, bu tarihten sonra bilgisayarların kullanılmaya başlaması ile yeni bir boyut kazanmıştır. 1950 yılında, Elektronik Sayısal Birleştirici ve Bilgisayar (Electronic Numerical Integratorand Computer–ENIAC) olarak adlandırılan ilk büyük dijital bilgisayar gerçek zamanlı hava tahmini yapmıştır. Bilgisayar kapasitelerinin artması ile birlikte iklim modelleri de gelişmiş ve daha karmaşık bir hale gelmiştir. 1970'lerin başında okyanus ve atmosfer süreçlerini birleştiren ilk matematiksel model geliştirilmiştir. 1975'te ise zamanının en yüksek kapasiteli bilgisayarı ile 500km çözünürlüklü, 3 dikey seviyeli ve 10 dakika zaman adımına sahip 300 yıllık tahmin üreten yeni nesil modeller geliştirilmiştir (Akçakaya, vd., 2015).

Modeller geliştikçe, kutucuk boyutları küçüldü, zaman adımları kısaldı, yatayda ve dikeyde kutucuk sayısı, model bileşenlerinin sayısı arttı. Kısacası iklim ya da hava tahmin modellerinin gelişimi doğrudan bilgisayar kapasitelerinin gelişimi ile gerçekleşmiştir (Şekil 1).

Şekil 1: Küresel İklim Modellerinin (GCMs) Gelişimi (IPCC, 2001).



Kaynak: IPCC Sentez Raporu, 2007, s.26 (Climate Change 2007: The Synthesis Report)

Kısa tarihçeden de anlaşılacağı gibi, iklimin modellenmesindeki en büyük zorluk, iklim şartlarındaki değişimlerin gerçek zamansal sürecinden çok daha hızlı bir şekilde simülasyonlarının yapılması gereğidir. Bu durum modellemede birçok basitleştirilmiş varsayımın kullanılmasını ve yüksek bir hesaplama kapasitesi ihtiyacını beraberinde getirmektedir. Dolayısı ile model kurgusu bir, iki ya da üç boyutlu, iklim sisteminin bazı bileşenlerinin ya da hepsinin, basit fiziksel özelliklerin (örneğin korunum kanunları) ya da tüm etkileşimlerin gösterildiği basitten karmaşığa doğru değişen bir yapıda olabilmektedir (Akçakaya, vd., 2015).

1.3. Birleştirilmiş Model Projesi Faz:5 (CMIP5)

Eylül 2008'de, Dünya İklim Araştırma Programı (WCRP) üyesi 20 iklim modelleme grubu, uyumlaştırılmış yeni iklim model çalışmaları setini oluşturmak amacı ile bir araya gelmiştir. Bu çalışmaların bir arada olduğu çok modelli bir kaynak oluşturması amaçlanmıştır. Çalışmalar kapsamında aşağıdaki kazanımlara ulaşılmak istenmiştir:

- Farklı modellerin çıktılarının farklı olmasına neden olan, çok iyi anlaşılmayan karbon döngüsü ve bulutlarla ilgili geri bildirimlerin değerlendirilmesi,
- On yıllık ya da daha uzun zaman periyotları için modellerin iklim tahmini kapasitelerinin araştırılması ve iklimin tahmin edilebilirliğinin sorgulanması,
- Benzer şekilde kurgulanan modellerin farklı sonuçlar verme nedenlerinin belirlenmesi.

"Birleştirilmiş Model Projesi Faz: 5" (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 - CMIP5) projesi kapsamında yapılan model çalışmalarının sonuçları IPCC WG1 tarafından düzenlenerek 2013 Eylül ayında yayınlanmıştır.

CMIP5, aşağıda belirtilen ürünleri elde etmek için standart bir model simülasyon setinin oluşturulmasını benimsemektedir. Bunlar şu şekilde sıralanabilir:

- Modellerin yakın geçmiş iklimini nasıl görüntülediklerinin değerlendirilmesi (kontrol denemeleri)
- Kısa dönem (2035) ve uzun dönem (2100 ve sonrası) için iklim projeksiyonlarının üretilmesi
- Model projeksiyonları arasındaki farklara neden olan, karbon döngüsü ve bulutlanma gibi temel geri bildirimlerin aralarında bulunduğu faktörlerin sayısal değerlerinin belirlenmesi (Akçakaya vd., 2015).

1.4. İklim Modeli Çalışmalarında Kullanılan Senaryoların Tarihi

Işınımsal (Radyatif) zorlama ve bu zorlamalara iklim sisteminin tepkisi ile ilgili seçeneklerin temel olarak yer aldığı insan kaynaklı (antropojenik) iklim değişikliği senaryoları, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) çalışmalarının en önemli bileşenlerinden birisidir. IPCC, 25. genel oturumuna kadar senaryo geliştirme süreçlerini koordine etmiştir. Fakat 25. oturumunda (26-28 Nisan 2006), IPCC'nin senaryo geliştirme çalışmalarını koordine etme yerine kolaylaştırma misyonunu üstlenmesine karar verilmiş ve IPCC 5. Değerlendirme Raporu için yeni emisyon senaryolarını geliştirme işlevini araştırma camiasının yürütmesi kararlaştırılmıştır (Akçakaya vd., 2015).

İklim modelleme çalışmalarında geçmişte sıralı yaklaşım adı verilen iklim değişikliği değerlendirme süreci kullanılmıştır. Bu süreç birbirini takip eden fazlar şeklindedir. Bu yaklaşımda öncelikle sosyo-ekonomik senaryolar oluşturulmakta, sonrasında sosyo-ekonomik gelişmelerin neden olacağı emisyon salımlarına göre senaryolar oluşturulmaktadır. Ardından da emisyon seviyelerine göre, emisyonların neden olacağı ışınımsal zorlamalar hesaplanmakta ve girdi olarak iklim modellerinde kullanılmaktadır (Akçakaya, vd., 2015).

Bu yolla iklim parametrelerinde meydana gelmesi muhtemel değişimler saptanmaya çalışılmaktadır. Son olarak atmosferde meydana gelmesi tahmin edilen bu değişimler, uyum ve etki çalışmalarına girdi teşkil etmekte ve bunlara bağlı olarak politika üretilmesi ile karar verme süreçleri tamamlanmaktadır. Bu yaklaşım, sıralı fazlardan oluştuğundan emisyon senaryolarının oluşturulması ile etki değerlendirme modelleri sonuçlarının elde edilmesi arasında geçen süre çok uzun olmaktadır. Bu yaklaşım IPCC 3. ve 4. Değerlendirme Raporlarında Emisyon Raporları Özel Raporu (SRES) senaryoları ile iklim değişikliği senaryoları oluşturulurken kullanılmıştır. SRES senaryoları dört ana senaryo ailesi (A1, A2, B1 ve B2) ve bunların da kendi içlerinde farklı senaryolara ayrıştırılması ile üretilmiştir. Bu senaryolar 1997'de oluşturulmaya başlandı ve tamamlanması yaklaşık 3 yıl sürdü. İlk model sonuçları, 2001'de IPCC 3. Değerlendirme Raporu'nda kullanılmasına rağmen, ayrıntılı değerlendirmeler 2007'deki IPCC 4. Değerlendirme Raporu'nda görülebilmiştir (Akçakaya vd., 2015).

2. YENİ SENARYOLAR

2.1. Yeni Nesil Konsantrasyon Senaryoları

IPCC 4. Değerlendirme Raporu'nun yayınlanmasının ardından, 2007 yılında Hollanda'da gerçekleştirilen ve daha sonra IPCC Uzmanlar Toplantısı'nda IPCC 5. Değerlendirme Raporu'nda yer alan senaryolar ile ilgili bir dizi kararlar alınmış ve senaryoların ana hatları yeniden belirlenmiştir (Akçakaya vd., 2015).

Yeni iklim değişikliği senaryolarının oluşturulmasında, SRES senaryolarındaki sıralı değerlendirme metodu yerine paralel değerlendirme metodu kullanılması benimsenmiştir. Geçmişte sıralı yaklaşım yolu ile oluşturulan SRES senaryoları çalışmanın uzun sürmesi nedeniyle emisyon senaryolarının geliştirilmesi ve iklim model sonuçlarının etki değerlendirme araştırmalarında kullanımı arasındaki zamanı kısaltmak için yeni bir değerlendirme yaklaşımı oluşturulması düşünülmüştür. Bu amaç ile etki araştırma çevreleri ile entegre model ve iklim araştırma çevreleri iş birliği yapmışlardır. Bu yeni yaklaşımın paralel fazında iklim modelleri, sosyo-ekonomik ve emisyon modelleri sıralı olarak değil, eş zamanlı çalışmakta ve böylece sıralı yaklaşımdan farklı olarak zaman açısından ciddi bir kazanım sağlanmaktadır (Akçakaya vd., 2015).

Bu yeni yaklaşımla geliştirilen yeni konsantrasyon senaryoları Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCP: Representative Concentration Pathways) olarak adlandırılmıştır. Aynı toplantıda belirlenen özellikler bakımından literatür taranmış ve ışınımsal zorlama seviyeleri ve rotaları için 4 adet RCP tipi tanımlanmıştır. Bunlar ışınımsal zorlama değerleri en küçükten en büyüğe sırası ile RCP3-PD (RCP2.6), RCP4.5, RCP6.0 ve RCP8.5'dir (Akçakaya vd., 2015).

SRES senaryoları ile RCP'ler konsantrasyon değerleri açısından karşılaştırıldığında (Tablo 1): RCP8.5 senaryosunun A1F1 ve A2 ile, RCP6.0 senaryosunun A1B ile

yakın değerlere sahip olduğu görülmektedir. B2 ve A1T senaryolarının RCP4.5 ve RCP6.0 arasında yer almaktadır. RCP4.5 ise B1 senaryosu ile paralellik göstermektedir. RCP3-PD(RCP2.6)ise, SRES senaryolarının hiç biri ile uyumluluk göstermemektedir (Akçakaya vd., 2015).

Tablo 1: SRES ve RCP senaryoları için 2100 Yılında Yaklaşık Eşdeğer CO_2 Konsantrasyonları (ppm). Eşdeğer Karbondioksit Konsantrasyonları Diğer Sera Gazları ve Aeresolleri İçermektedir.

SRES	RCP	2100 yılında yaklaşık eşdeğer CO_2 konsantrasyonları (ppm)
A1FI		1550
	8.5	>1370
A1B		850
	6	850
B2		800
	4.5	650
B1		600
	2.6	490

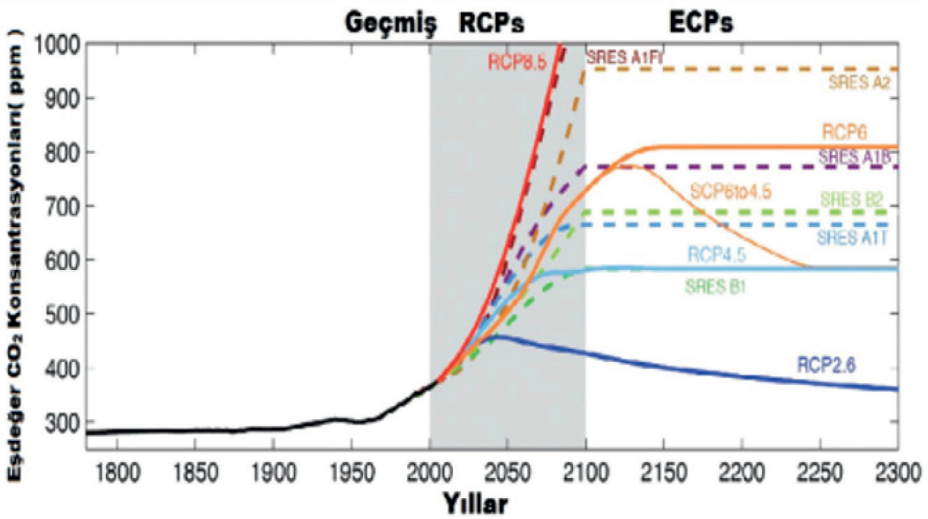
Kaynak: IPCC Sentez Raporu, 2007, s.26 (Climate Change 2007: The Synthesis Report)

Daha uzun periyotta iklim değişikliğinin anlaşılması amacıyla, RCP senaryoları 2300 sonuna kadar, emisyon ve konsantrasyon seviyeleri bağlamında basit şekilde ve çok da zorunlu kıstaslara bağlı kalmadan uzatılmıştır. Bu kapsamda, RCP2.6 ve RCP8.5 için 2100 sonrasında sabit CO_2 emisyon ve konsantrasyon seviyeleri öngörürken, RCP4.5 ve RCP6.0; 2150'ye kadar kademeli şekilde CO_2 emisyon ve konsantrasyonların sabitleneceğini öngörmektedir. RCP8.5 CO_2 konsantrasyonunun 2000 ppm civarında 2250 de ancak sabitleneceğini öngörmektedir ve bu seviye endüstri öncesi seviyenin neredeyse 7 katı kadardır. RCP3-PD (RCP2.6) ise, 2070'ten sonra emisyonların azalmaya başlayacağını, buna bağlı olarak konsantrasyonlarında 2300'e kadar zaman içerisinde azalarak 360 ppm seviyesini yakalayacağını öngörmektedir (Akçakaya vd., 2015).

RCP senaryoları ile SRES senaryoları, CO_2 konsantrasyonları bağlamında karşılaştırıldığında, RCP4.5'in SRES B1 senaryosuna yakın olduğu, RCP6'nın SRES A1B'ye özellikle 2100'den sonra yakınlaştığı ve RCP8.5'in ise 2100'de A2'den biraz daha yüksek değerlere sahip olduğu SRES A1F1'e yakın olduğu görülmektedir. RCP3-PD (RCP2.6)'nın ise bütün SRES senaryolarından daha düşük değerler ihtiva ettiği görülmektedir (Akçakaya vd., 2015).

RCP8.5 yüksek ışınımsal zorlama ve konsantrasyon rotasıdır (Tablo 2, Şekil 2, 3, 4). SRES senaryoları içerisinde A2 ve A1F1 senaryoları ile benzerlik göstermektedir. Düşük rota (RCP3-PD/RCP2.6) ile arasındaki fark, iklimin bu senaryoya karşı Atmosfer-Okyanus Küresel Sirkülasyon Modelleri (AOGCM) yardımı ile görüntülenen tepkisinin değerlendirilmesinde önemli rol oynamaktadır (Akçakaya vd., 2015).

Şekil 2: SRES ve RCP'lerin Gelecek Dönem İçin Ortaya Koyduğu Eşlenik CO_2 (ppm) Konstrasyonları

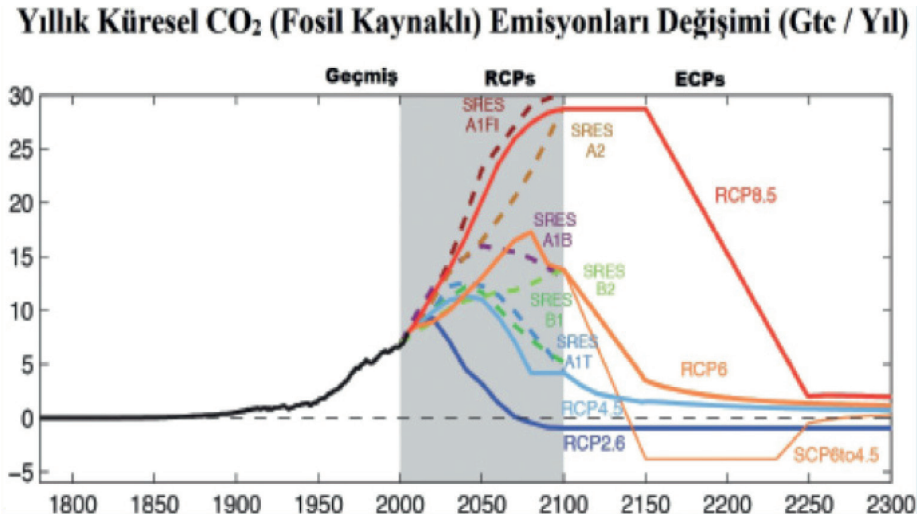


Kaynak: IPCC Sentez Raporu, 2007, s.26 (Climate Change 2007: The Synthesis Report)

RCP3-PD/RCP2.6 ise düşük ışınımsal zorlama ve konsantrasyon rotasıdır. Senaryonun temelini yüzyıl sonlanmadan emisyonların ya da ışınımsal zorlamanın zirve yaparak düşüşe geçeği varsayımı oluşturmaktadır. Önce zirveye ulaşma ve

sonra düşme varsayımı, iklim camiası için yeni bir yaklaşımdır. Bundan dolayı, senaryonun iklim değişikliğinin ve onun etkilerinin "geri çevrilebilirliği" konusunda yeni bilimsel bulgular üretmesi beklenmektedir (Akçakaya vd., 2015).

Şekil 3: SRES ve RCP'lerin Gelecek Dönem İçin Ortaya Koyduğu Yıllık Küresel CO_2 (Fosil Kaynaklı) Emisyonları Değişimi (GtC/Yıl)



Kaynak: IPCC Sentez Raporu, 2007, s.26 (Climate Change 2007: The Synthesis Report

RCP4.5 ise orta bir dengede tutma rotası olup 2100-2150 yılları arasında ışınımsal zorlamanın 4,5W/m²'de sabitleneceğini varsayılmaktadır. Bu senaryonun diğer senaryolara göre iki avantajı bulunmaktadır. Bunlardan birincisi yüksek rota ile arasındaki farktan dolayı çok iyi sinyal elde edilebilmesi, ikincisi ise literatürde bu rota ile ilgili çok sayıda yayınlanmış çalışmanın bulunmasıdır (Akçakaya vd., 2015).

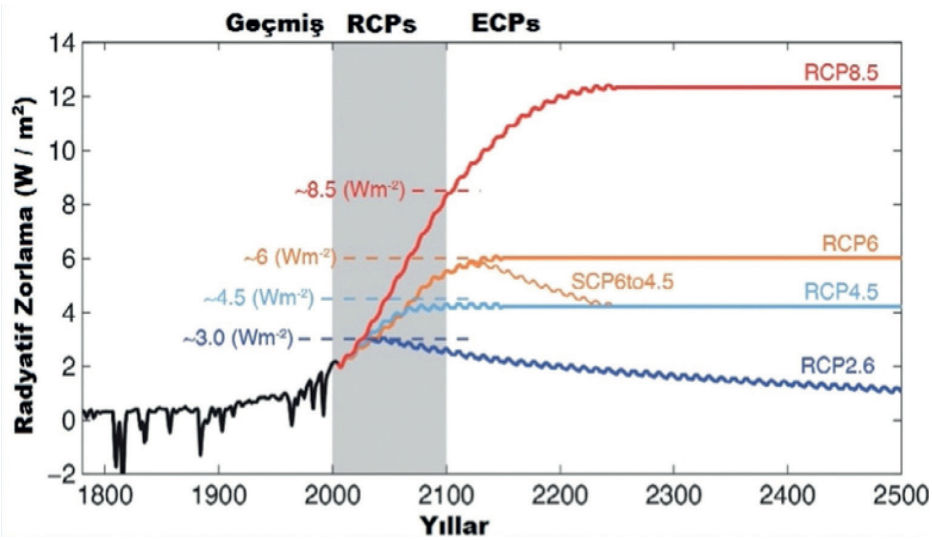
Tablo 2: RCP Tipleri ve özellikleri

RCPs	Işınsal Zorlama	Zaman	Işınsal Zorlama Değişimi	Toplam Konsantrasyon (CO_2 eşdeğer)	Emisyonlar (KYOTO protokolü sera gazları)
RCP 8.5	>8,5 W/m^2	2100'de	Yükselme	~1370 ppm (2100'de)	2100'e kadar artış devam ediyor
RCP 6.0	~6,0 W/m^2	2100 sonrası	Hedefi geçmeden Stabilizasyon	~850 ppm (2100'de)	Yüzyılın son çeyreğinden düşüş
RCP 4.5	~4,5 W/m^2	2100 öncesi	Hedefi geçmeden Stabilizasyon	~650 ppm (2100'de)	Yüzyılın ortalarından itibaren düşüş
RCP3-PD/ PCP2.6	~3,0 W/m^2	2100 öncesi	3,0 W/m^2'ye ulaşmadan zirve ve düşüş	Zirve ~490 ppm ve düşüş (2100'de)	Yüzyılın ilk çeyreğinde düşüş

Kaynak: Moss et al., 2008.

RCP6 ikinci orta rotadır ve 2100'den sonra yaklaşık 6W/m^2 civarında ışınımsal zorlamanın sabitleneceği varsayılmaktadır. İklim model grupları açısından, iki farklı orta konsantrasyon rotasının olması bütün RCP'leri çalıştırabilmesi açısından oldukça büyük kolaylık sağlayabilecektir (Akçakaya vd., 2015).

Şekil 4: Küresel Toplam Işınımsal Zorlama



Kaynak: IPCC Sentez Raporu, 2007, s.26 (Climate Change 2007: The Synthesis Report.)

2.2. Türkiye İçin Seçilen Küresel Modeller

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün (MGM) başlattığı Türkiye için ölçek küçültme yöntemi ile üretilen bölgesel iklim projeksiyonları, CMIP5 projesi kapsamındaki küresel modellere ve IPCC tarafından oluşturulan RCP senaryolarına dayanmaktadır. Senaryolardan mutedil olarak nitelendirebilen RCP4.5 ve kötümser olarak nitelendirebilen RCP8.5 seçilmiştir (Akçakaya vd., 2015).

Bölgesel iklim projeksiyonları üretme çalışmalarına başlamadan önce bir dizi hazırlık çalışmaları yürütülmüştür. Bunların arasında 2011 yılında gerçekleştirilen yüksek kapasiteli bilgisayar alımı yapılmış, çalışmaları yürütecek personelin kapasite geliştirme eğitimleri ve çalışmalarda danışmanlık hizmetleri için İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) Meteoroloji Mühendisliği Bölümü öğretim üyeleri ile işbirliği gerçekleştirilmiştir (Akçakaya vd., 2015).

Bölgesel iklim projeksiyonları çalışmaları için, İTÜ Meteoroloji Mühendisliği öğretim üyeleri ile yapılan mülakatlar sonucu, CMIP5 kapsamında üretilen küresel model veri setlerinden yaygın olarak kullanılan ve bölgemiz için uygun 3 tanesinin (HadGEM2-ES, GFDL-ESM2M, MPI-ESM-MR) verilerinin kullanılması kararlaştırmıştır (Akçakaya vd., 2015).

Bu kapsamda gerek bölgesel modelin ve küresel modellerin seçimi gerekse çalışma (domain) alanı seçimi konularda eksiklikler giderilmiştir. Bölgesel iklim modeline girdi oluşturan Küresel İklim Modeli projeksiyon çıktılarından üç adet küresel model veri seti (3 adet küresel model ve bunların 6 adet RCP senaryoları) merkezi İtalya'da bulunan Uluslararası Teorik Fizik Merkezi'nden (ICTP) MGM bilgisayarlarına indirilmiştir. Bu veri setlerinin yüksek boyutlarda (24 TB) olmasından dolayı, indirme işlemi yaklaşık 3 ay sürmüştür. İndirilen verilerin bölgesel model ile çalışıp çalışmadığı kontrol edilmiştir. Bu işlemlerle birlikte çalışma için dönem aralıklarının, referans döneminin ve çalışma alanının belirlenmesi de yapılmıştır. Bu işlemlerden sonra bölgesel iklim modeli gelecek için koşturulmadan önce en iyi model yapılandırmasını bulmak için modelin sınanması (parametrizasyon) çalışmaları yapılmıştır (Akçakaya vd., 2015).

2.2.1. Hadley Küresel Çevre Modeli (HadGEM2-ES)

HadGEM2-ES, İngiltere Meteoroloji Servisi'ne (Met Office) bağlı bir araştırma kuruluşu olan Hadley Merkezi tarafından geliştirilen 2. Nesil küresel bir modeldir. Bu modelin benzer fiziksel özelliklere sahip fakat farklı yapılarda birçok sürümü bulunmaktadır. HadGEM2 serisi birleştirilmiş atmosfer-okyanus yapılandırması ile içerisinde dinamik vejetasyon, okyanus biyolojisi, atmosfer kimyasının bulunduğu bir kara-sistem yapılandırması da içermektedir (Tablo 3). HadGEM2 serisi IPCC 5. Raporu hazırlıklarında kullanılan modellerden bir tanesidir. Standart atmosfer birleşimi, 40 km'ye kadar yükselen 38 seviyeden oluşmaktadır. Modelin yatay çözünürlüğü, enlemi 1,25 derece ve boylamı 1,875 derece olan, 192x145 adet grid hücresi ile küre temsil edilmektedir. Bu çözünürlük değerleri yaklaşık olarak

Ekvator'da 208x139 km, 55. enlemlerde 120x139 km'dir. Genişletilmiş dikey yükseklik, stratosferin özelliklerini ve küresel iklime etkisinin incelenmesi amacı ile 60 seviye ile dikeyde 85. km'ye kadar çıkabilmektedir. Okyanus bileşeni ise, kutuplar ile 30 enlemler arasında, boylam çözünürlüğü 1 derece ve enlem çözünürlüğü 1 derece olan, toplamda 360x216 adet grid hücresinden oluşmaktadır. Dikeyde ise eşit olmayan 40 seviyeden (yüzeyde çözünürlüğü 10 m'ye kadar ulaşabilmektedir) oluşmaktadır. HadGEM2 serisinde HadGEM2-A, HadGEM2-O, HadGEM2-AO, HadGEM2-CC, HadGEM2-CCS, HadGEM2-ES sürümleri bulunmaktadır. MGM tarafından yapılan çalışmada HadGEM2 serisinin en kapsamlı sürümü olan HadGEM2-ES'in ürünleri kullanılmıştır (Akçakaya vd., 2015).

Tablo 3: Güncel HadGEM2 sürümleri

HadGEM2-A	Troposfer, Arazi Yüzeyi, Hidroloji ve Aerosoller
HadGEM2-O	Okyanus ve Deniz Buzu
HadGEM2-AO	Okyanus ve Deniz Buzu, Troposfer, Arazi yüzeyi, Hidroloji ve Aerosoller
HadGEM2-CC	Troposfer, Arazi Yüzeyi, Hidroloji, Aerosoller, Okyanus ve Deniz Buzu, Kara Karbon Döngüsü, Okyanus Biyokimyası
HadGEM2-CCS	Troposfer, Arazi Yüzeyi, Hidroloji, Aerosoller, Okyanus ve Deniz Buzu, Kara Karbon Döngüsü, Okyanus Biyokimyası, Stratosfer
HadGEM2-ES	Troposfer, Arazi Yüzeyi, Hidroloji, Aerosoller, Okyanus ve Deniz Buzu, Kara Karbon Döngüsü, Okyanus Biyokimyası, Kimya

Kaynak: The HadGEM2 Development Group Team, 2011

2.2.2. MaxPlank Meteoroloji Enstitüsü

Küresel Modeli (MPI-ESM-MR) MPI-ESM-MR, Merkezi Almanya Hamburg'da bulunan Enstitü tarafından sürdürülen beş yıllık çalışmaların sonucunda, Avrupa Merkezi Hamburg Modeli (ECHAM5) atmosfer modeli ile MPIOM okyanus genel sirkülasyon modelleri kullanılarak geliştirilmiş yeni nesil Yer Sistemi Modelidir (ESMEarth System Model). MPI-ESM'nin ECHAM5 ve MaxPlank Meteoroloji Enstitüsü Okyanus Modeline (MPIOM) göre en büyük farklılıkları atmosferdeki yeni ışınımsal transfer şeması, yeni bir aerosol klimatolojisinin kullanımı,

karbon döngüsünün (okyanus biyojeokimyası dahil) ve yüzeyde interaktif ile dinamik vejetasyon şemasının dahil edilmesidir. MPI-ESM enerji, momentum, su ve karbondioksit gibi önemli iz gazlar arasındaki alışverişi değerlendirerek; atmosfer, okyanus ve kara yüzeyini model içerisinde kullanmaktadır. Bu model, CMIP5 bünyesindeki küresel bazlı karşılaştırmalı model hesaplamalarında tercih edilen Genel Sirkülayon Modellerinden bir tanesidir. OASIS3 birleştirme programı sayesinde atmosfer ve kara ayrı, okyanus ve biyojeokimya ayrı bir şekilde birleştirilmiştir. Model içerisinde enerji, momentum, su ve CO_2 alışverişi bu birleştirme ile sağlanmıştır (Akçakaya vd., 2015).

MPI-ESM hem kara modelini hem de okyanus modelinin aynı anda çalıştırıldığı bütünleşmiş bir küresel iklim modelidir. MPI-ESM'de standart atmosfer bileşeni 192x96 grid hücresi ile temsil edilirken, dikeyde atmosferin kaç farklı seviyede araştırıldığı modelin sürümlerine göre değişiklik göstermektedir. Modelin 3 farklı sürümü geliştirilmiştir (Akçakaya vd., 2015).

MPI-ESM-LR: MPI-ESM'nin düşük çözünürlükteki sürümüdür. Bu sürümde karada yaklaşık olarak 1,9° (~210 km) çözünürlükte, yatayda 63 seviye dikeyde ise 47 seviye bulunmaktadır. Okyanus modeli ise başlangıç koşulları için daha detaylı bilgi oluşturabilmek için yatayda 1,5° çözünürlükte ve 40 seviyeden oluşmaktadır.

MPI-ESM-MR: Orta-karma ölçekli olarak adlandırılan bu sürüm düşük çözünürlüğe göre daha yüksek çözünürlüğe sahiptir. Bu sürüm de MPI-ESMLR'de olduğu gibi karada 1,9° (~210 km) çözünürlüğe ve yatayda 63 seviyeden oluşmaktayken dikeyde ise 95 seviye içermektedir.

MPI-ESM-LR ile MPI-ESM-MR sürümleri arasındaki fark, her iki sürüm de troposfer ve stratosferi 0,01 hPa'a (~80 km'ye) kadar analiz edebilmekteyken düşük çözünürlüklü sürümde bu analiz 47 seviye, daha yüksek çözünürlüklü sürüm olan MPI-ESM-MR'de ise bu analiz 95 farklı seviye içermektedir. Bu sayede atmosfer daha detaylı bir şekilde analiz edilebilmekte ve atmosferin farklı seviyelerinde gerçekleşen değişimler daha ayrıntılı bir şekilde ortaya konulabilmektedir (Akçakaya vd., 2015).

MPI-ESM-P as LR: Bu sürüm düşük çözünürlükteki sürümün tarihsel (paleo) seçimi olan, yani tarihsel verileri dikkate alarak projeksiyonların ortaya koyulması şeklinde hazırlanan versiyondur. Tarihsel veriler aletsel olarak meteorolojik ölçümlerin yapılmadığı devirlere ait bilgilerin çeşitli yollarla (ağaç halkaları, buzul kütleleri, mağara çökelleri vb.) elde edilmesi ile oluşur.

CMIP5 çalışmaları kapsamında MPI-ESM'ler içerisinden MPI-ESM-LR ve MPI- ESM-MR sürümleri diğer sürüme göre daha çok tercih edilmiştir. MGM çalışmasında atmosferin katmanlarını daha detaylı bir şekilde ele alan MPI-ESM-MR sürümü tercih edilmiştir (Akçakaya vd., 2015).

2.2.3. Jeofizik Akışkanlar Dinamiği Laboratuarı

Küresel Modeli (GFDL-ESM2M) GFDL-ESM2M, Amerika Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi (NOAA)'ne bağlı Jeofizik Akışkanlar Dinamiği Laboratuarı (GFDL-Geophysical Fluid Dynamics Laboratory) tarafından geliştirilen küresel bir Yeryüzü Sistem Modeli'dir. GFDL dünyadaki madde döngüleri (karbon, su vb.) ile insan aktivitelerinin iklim sistemleri üzerine etkileşimini bir arada inceleyen birleştirilmiş bir küresel iklim modelidir. Modelin geliştirilmesi aşamasında iklimin ve ekosistemin birbirleri arasındaki etkileşimleri ve bunlarda hem doğal hem de insan kaynaklı nedenlerle oluşabilecek olan değişimlerin en uygun bir şekilde ortaya konulabilmesi için çalışmalar yapılmıştır. Model birleştirilmiş atmosfer ve okyanus sirkülasyonunun yanı sıra atmosfer kimyasını da (CO_2, NO_x, SO_4, aerosol vb.) içermektedir. Ayrıca model bitki biyolojisi ve bitki yüzey kullanımı, yüzey fiziği ve hidrolojisi, okyanus ekolojisi ve biyojeokimyası, okyanus sirkülasyonu ve deniz buzulları bileşenleri konfigürasyonları ile geliştirilmiştir (Akçakaya vd., 2015).

Modelin arazi bileşeni yağış ve buharlaşma, akarsu, göl, ırmak, ve yüzeysel akışının yanı sıra dinamik karbon ve diğer elementlerin birikimlerinin simülasyonunu oluşturabilmek için karasal ekoloji bileşenini de içermektedir. GFDL modelinin standart atmosfer bileşeni 2° Enlem ve 2,5° boylam çözünürlüğündeki 144x90

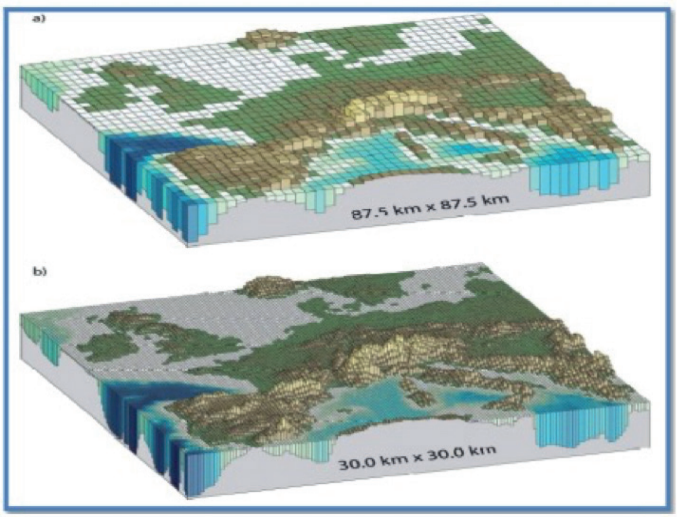
grid hücresi tarafından temsil edilmekte ve dikeyde 40 farklı seviye içermektedir. GFDLESM2M ve GFDL-ESM2G olmak üzere iki sürümü bulunmaktadır. Bu iki sürümün ortak tarafı ikisinin de CM2.1 isimli iklim modelinin geliştirilmesi, Lm^3 adı verilen yeni kara modeli, SIS adı verilen deniz buzulları modeli kullanılarak okyanus fiziği ve alternatif sayısal çerçeveler ilave edilerek üretilmiş olmasıdır (Akçakaya vd., 2015).

Bu iki model yalnızca fiziksel okyanus bileşeni yönünden birbirinden ayrılır. ESM2M'de dikey basınç tabakaları olan Modüler Okyanus Model (MOM) sürüm 4.1'i kullanırken; ESM2G, bağımsız olarak geliştirilen Genelleştirilmiş Okyanus Tabakası Dinamikleri (GOLD) kod temelini kullanan izopiknik bir modeldir. Karada iki ESM birden, vejetasyon, toprak ve atmosfer arasındaki karbon döngüsünü de kapsayan karmaşık vejetasyon dağılımının ve fonksiyonlarının simülasyonu için değiştirilmiş bir kara modelini içermektedir. Okyanusta, her iki model de 1° çözünürlüktedir ve esnek bir stokiyometri ile fitoplankton fonksiyon grup dinamiklerini de içeren yeni biyojeokimyasal algoritmalara sahiptir. MGM projeksiyon çalışmasında GFDL-ESM2M modeli tercih edilmiştir (Akçakaya vd., 2015).

2.3. Bölgesel İklim Modelleri ve Ölçek Küçültme

Küresel iklim modellerinden elde edilen veriler çok büyük alanları temsil ettiğinden ayrıntılı değildir ve bölgesel analizlere imkân tanımamaktadır. Çok düşük çözünürlükteki gridlenmiş bu bilgileri, tekrar girdi olarak kullanarak daha küçük alanlar için daha ayrıntılı ve yüksek çözünürlüklü bilgiler üretilmesini sağlayan modeller bölgesel iklim modelleri (RCMs) olarak nitelendirilmektedir (Şekil 5).

Şekil 5: Düşük Çözünürlük (a) ve Yüksek Çözünürlük (b) Arasındaki Fark.



Kaynak: IPCC Sentez Raporu, 2007, s.26 (Climate Change 2007: The Synthesis Report)

Hesaplama zorluklarından dolayı Küresel İklim Modelleri (GCMs) genellikle 100-300 km yatay çözünürlüğe sahiptirler. Bu çözünürlükle bölgesel iklimsel değişimler, topografyanın, kıyı alanlarının ve arazi yüzeyinin ayrıntıları uygun şekilde yansıtılamamaktadır. Dolayısı ile, cephe sistemleri ya da yağış sistemleri gibi küçük ölçekli hava olayları ve atmosfer süreçleri ya GCM'lerde gösterilememekte ya da çok basit şekilde yer almaktadır. Sınırlı alanlarda sahip olunan hesaplama kapasitesini en uygun şekilde kullanmak ve yukarıda bahsedilen eksiklikleri gidermek amacıyla bölgesel iklim modellerinden (RCMs) yararlanılmaktadır (Akçakaya vd., 2015).

2.3.1. Dinamik Ölçek Küçültme

Atmosferik dinamik ölçek küçültme teknikleri, düşük çözünürlüklü küresel modellerde iyi yansıtılamayan bölgesel şartları elde etmek için kullanılan yaygın bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım birkaç metotla uygulanabilmektedir. Bu yöntemde, RCM'de belirli bir alan tanımlanır ve GCM'den elde edilen belli dinamik iklim faktörleri belirlenen alana uygulanmaktadır.

Temel olarak RCM de GCM gibi dinamik bir yapı sergiler, fakat 3 ana süreçten oluşur. Bunlar:

- GCM'den sınır değerlerinin alınması,
- Tanımlanan alan için kendi yerel verilerinin elde edilmesi,
- RCM'nin kendi dinamik denklemlerinin bu iki veri yardımı ile çözülerek yeniden tanımlanan alan için değerlerin üretilmesidir.

Sonuçlar bir anlamda GCM ve yerel özelliklerin birlikte belirlediği yerel tahminler olarak nitelendirilebilir. Buradaki en büyük zorluk ise, alan küçülmesine rağmen çözünürlüğün artması ve yerel şartların hesaplamalara dâhil olması nedeniyle önemli bir bilgisayar kapasitesine ihtiyaç duyulmasıdır (Akçakaya vd., 2015).

2.3.2. RegCM-4.3.4

Bölgesel İklim Model Sistemi (Regional Climate Model System-RegCM) olarak tanımlanan aslında Amerikan Ulusal Atmosfer Araştırmaları Merkezi (NCAR) tarafından geliştirilmiş bir modele dayanmaktadır. Uluslararası Abdüsselam Teorik Fizik Merkezi'nin (ICTP) Yer Sistem Fiziği Bölümü (ESP) tarafından bölgesel iklim modeli olarak uyarlanmış ve geliştirilmesi halen devam etmektedir. İlk sürümü olan RegCM1, 1989 yılında bilim camiasına sunulmuş ve daha sonra üst sürümleri geliştirilmiştir (RegCM2-1993, RegCM2.5-1999, RegCM3-2006, RegCM4 2010). Günümüzde en güncel sürümü olan RegCM4 modeli kullanılmakta ve tamamen ESP tarafından desteklenmektedir. Bu sürüm dünyanın istenilen herhangi bir bölgesi için gerek gelecek iklim simülasyonları gerekse tarihsel (paleo) klimatolojik çalışmalar için kullanılabilmektedir. RegCM4 modeli ile hidrostatik limit olan 10 km'ye kadar çözünürlükte çıktılar üretilebilmektedir (http://www.ictp.it/, 2012).

2.3.3. Koordineli Bölgesel İklim Ölçek Küçültme Deneyi (CORDEX)

Koordineli Bölgesel İklim Ölçek Küçültme Deneyi (Coordinate Regional Climate Downscaling Experiment – CORDEX), bölgesel iklim değişikliği uyum ve etki değerlendirme çalışmalarında kullanılacak yüksek çözünürlüklü iklim projeksiyonları üretmek amacı ile oluşturulmuş bir yapıdır. CORDEX Dünya İklim Araştırma Programı (WCRP) tarafından desteklenmektedir. CORDEX kapsamında dünya 13 farklı bölgeden oluşan çalışma alanına (domain) ayrılmıştır (Tablo 3). Her bir bölge için, daha önce çalıştırılan küresel modellerin çıktıları bölgesel iklim modelleri ile ölçek küçültmeye tabi tutularak yüksek çözünürlükteki yeni projeksiyonlar üretilmektedir. Bu proje kapsamında farklı araştırma grupları ve enstitüler bulunmaktadır. Çalışmalarımızda kullandığımız RegCM bölgesel modelinin geliştiricisi olan ICTP, CORDEX'e üye enstitülerden biridir (Akçakaya vd., 2015).

Tablo 4: CORDEX bölgeleri

Cortex Bölgeleri	Ülkemizin Kısmen ya da Tamamen İçerip İçermediği
Avrupa Bölgesi	✓
Akdeniz Bölgesi	✓
Afrika Bölgesi	✓
Güney Asya Bölgesi	✓
MENA (Orta Doğu-Kuzey Afrika) Bölgesi	✓
Kuzey Amerika Bölgesi	✓
Orta Amerika Bölgesi	x
Avustralya Bölgesi	x
Arktik Bölgesi	x
Güney Amerika Bölgesi	x
Antarktika Bölgesi	x
Doğu Asya Bölgesi	x

✓= Ülkemizi Kısmen ya da tamamen içermektedir. X= Ülkemiz bölge sınırları içerisinde yer almamaktadır.

Kaynak: http://wcrp-cordex.ipsl.jussieu.fr/

Ülkemiz Avrupa, Afrika, Güney Asya, Orta Asya, Akdeniz ve MENA bölgelerinin sınırları içerisinde kısmen yer almaktadır. Ancak hiçbir bölge MGM çalışma alanını tam olarak içermemektedir. Bu altı bölge ya ülkemizin bir kısmını içermemekte ya da ülkemiz bölgenin sınır noktalarında yer almaktadır.

2.4. Referans Periyot ve Bölge Seçimi

MGM çalışma alanı seçiminde bir yandan bilgisayar kapasitesi ve iş süresi göz önüne alınmış; diğer yandan bölgemizi etkileyen denizsellik ve hava sistemlerinin etkilerini yansıtacak şekilde en uygun bölge seçilmeye gayret edilmiştir. Seçilen çalışma alanı 27.00°-51.00° kuzey enlemleri ve 5.00°-55.00° doğu boylamları arasında yer almaktadır (Akçakaya, vd., 2015).

2.5. Modelin Sınanması (Parametrizasyonu)

Modelin sınanması (parametrizasyonu) iklimsel değerlerin her bir grid içerisinde gerçeğe en yakın şekilde yansıtılması açısından çok büyük önem arz etmektedir. Örnek olarak; her grid içerisindeki nem ve sıcaklık değerleri bulut oluşumunu, aeresol miktarları da yağış miktarını etkilemektedir. İyi parametrelendirilmiş bir model sonucu, karar vericilerin iklim değişikliğine uyum faaliyetleri konusunda karar almalarında yardımcı olacaktır (Akçakaya vd., 2015).

Parametrelendirmede bazı zorluklar bulunmaktadır. Modelin sınanması grid bazlı yapılamadığından kötü sonuç aldığımız bir bölgedeki değerleri düzeltmek için parametrelendirme yaptığımızda, iyi sonuç aldığımız diğer bölgeleri de etkilemektedir. Bu nedenle yüzde yüz doğrulukta bir parametrizasyon günümüz imkânlarında mümkün görünmemektedir. Modelin sınanması çalışmalarımızda CRU (Climate Research Unit) ve UDEL'e (University of Delaware) ait gridlenmiş iklim verileri model sonuçları ile kıyaslanmış, gridlere ait eşik değerleri yeniden belirlenerek iyi sonuç aldığımız modelin sınanması şemasında model çalıştırılmıştır (Akçakaya vd., 2015).

KAYNAKÇA

- Akçakaya, A., Atay, H., Demir, Ö., (2013) İklim Değişikliği Senaryolarında Yeni Dönem: Paralel Yaklaşım ve Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCP), 6th Atmospheric Science Symposium - ATMOS 2013 3 - 5 Haziran 2013, İstanbul
- Akçakaya, A., Sümer, U. M., Demircan, M., Demir, Ö., Atay, H., Eskioğlu. O., Gürkan, H., Yazıcı, B., Kocatürk, A., Şensoy, S., Bölük, E., Arabacı, H., Açar, Y., Ekici, M., Yağan, S., Çukurçayır, F., (2015) Yeni Senaryolar İle Türkiye İklim Projeksiyonları ve İklim Değişikliği MGM, Araştırma Dairesi Başkanlığı, Klimatoloji Şube Müdürlüğü Ankara
- Demir Ö., Atay, H., Eskioğlu O., Tuvan, A., Demircan M., Akçakaya, A., (2013) Rcp4.5 Senaryosuna Göre Türkiye'de Sıcaklık Ve Yağış Projeksiyonları, III. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, TİKDEK 2013 3 - 5 Haziran 2013, İstanbul
- Demircan M., Demir Ö., Atay, H., Eskioğlu O., Yazıcı, B., Tuvan, A., ve Akçakaya, A., (2014) Climate Change Projections for Turkey with New Scenarios, The Climate Change And Climate Dynamics Conference, 2014, CCCD, Istanbul, 8–10 September 2014
- Demircan M., Demir Ö., Atay, H., Eskioğlu O., Yazıcı, B., Gürkan, H., Tuvan, A., ve Akçakaya, A., (2014) Türkiye'de Yeni Senaryolara Göre İklim Değişikliği Projeksiyonları, TÜCAUM - VIII. Coğrafya Sempozyumu, 23-24 EKİM 2014, Ankara,
- IPCC (2007) The Forth Asssesment Report (AR4), http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml#1
- IPCC (2013) The Fifth Assessment Report (AR5), http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/
- http://wcrp-cordex.ipsl.jussieu.fr/

ORTAK TEPKİ VE SENARYO HEDEFLERİNE UYUM

Prof. Dr. İhsan Çiçek

1. GİRİŞ

İklim değişikliği doğaya karşı en önemli tehditlerden biridir ve yaşam alanları yönetme şeklimize giderek daha fazla meydan okuyacaktır. Hızla değişen iklim nedeniyle halihazırda devam eden bazı değişiklikler arasında yükselen küresel sıcaklıklar, kar ve buzun büyük ölçekli erimesi, daha uzun ve daha sık kuraklık, fırtınaların yoğunluğu ve zamanlamasındaki değişiklikler, mevsimlerin zamanlamasındaki değişiklikler, yükselen deniz seviyesi ve kıyı şeridi boyunca ilişkili etkiler ve deniz ortamlarının artan asitlenmesi sayılabilir. Bu değişikliklere yanıt olarak, bazı bitki ve hayvan türleri değişmekte ve mevsimsel olayların zamanlaması bozulmaktadır. Bazı durumlarda, özellikle kutupsal, alpin, mercan ve orman ekosistemlerinde tüm ekolojik bölgeler hızla değişmektedir. İklime dayalı değişiklikler, habitat parçalanması ve kaybı, kirlilik, istilacı türlerin yayılması ve aşırı ürün alma gibi diğer birçok çevresel stresle etkileşime girer. Bu streslerin çoğunun etkileri birikimlidir (Gross et al., 2016).

İklim değişikliği tepkisi "azaltma" (atmosferdeki karbondioksit ve diğer ısı tutucu gazların miktarını azaltan eylemler) ve "uyum" (insan veya doğal sistemlerin değişen iklime göre ayarlanması) olarak ikiye ayrılabilir. Yöneticiler, doğal sistemlerin karbon tutma ve depolama yeteneğini geliştirmek ve salımları azaltmak için ellerinden gelen her şeyi yapmalıdır. İklim değişikliği tepkileri için temel adımlar Şekil 1'de verilmiştir.

Uyum planlaması ve uygulaması için basitleştirilmiş ilk beş adım

Adım 1: Uyuma ilişkin bilgi ve yaklaşımları paylaşın ve mevcut önlemleri inceleyin

- Uyumun gerekliliği, önemi ve kavramlarla ilgili bilgi ve yaklaşımları paylaşın.
- Mevcut politika ve önlemlerin uyumla ilgili yönleri hakkında bilgi derleyin ve boşlukların bulunduğu alanları belirleyin.

Adım 2: İklim değişikliğinin etkileriyle ilişkili riskleri değerlendirin

- Mevcut, kolayca elde edilebilen izleme sonuçları bilgilerini vb.
- Mevcut bilgileri kullanarak iklim değişikliğinin etki risklerini değerlendirin (yüksek riskli olayları ve alanları belirleyin).

3. Adım: İletişimi teşvik edin ve uyum planlarına, programlara ve önlemlere karar verin

- Risk değerlendirme sonuçlarını kamuoyu ve paydaşlarla paylaşmak.
- Uyum önlemlerinin gerekliliğini belirlemek, önem düzeylerini dikkate almak ve politikalarda uyum planlama ve uygulamasına öncelik vermek.

Adım 4: En uygun girişimlerle başlayın

- İlk olarak, kısa vadeli etkileri önlemek ve/veya hafifletmek için acil müdahale önlemleri alın.
- Ardından, sosyoekonomik faydaların maliyetlerden açıkça daha yüksek olduğu uyum önlemlerini göz önünde bulundurun.
- Uyum önlemlerinin ilerlemesini ve etkinliğini takip edin ve değerlendirin (ilerlemenin genel değerlendirmesi).

Adım 5: İzleme ve en son bilgilere dayanarak risk değerlendirmelerini ve uyum önlemlerini birleştirin

- Öncelikli izleme gerektiren alanları ve öğeleri tanımlamak ve bunlar için metodolojileri ve düzenlemeleri dikkate almak ve geliştirmek.
- En son araştırma sonuçlarını ve yerel izleme verilerini kullanarak gelecekteki projeksiyonları iyileştirin.
- Riskleri yeniden değerlendirin, uyum önlemlerini gözden geçirin ve entegre edin (Gross et al., 2016).

Şekil 1: Genel uyarlama döngüsü beş temel adımdan oluşur ve yinelemeli bir süreçtir

Kaynak: Gross et al., 2016

2. PARİS KÜRESEL KARBONSUZLAŞMAYA GİDEN YOLDA BİR DÖNÜM NOKTASI OLACAK MI?

Küresel ekonominin enerji yoğunluğunda bir düşüş eğiliminin daha da istikrarlı hale getirilmesi ve hızlandırılması önemli olacaktır. Ek olarak, enerji arzından kaynaklanan salımların ayrıştırılması için en önemli koşul, enerji arzının karbondan arındırılmasıdır. İki büyük gelişme, bunun yakın gelecekte gerçekleşmesi umudunu veriyor:

1. Yenilenebilir enerjinin küresel gelişimi büyük bir başarı öyküsüdür. İklim Değişikliği Performans İndeksin'nde yer alan 58 ülkeden 44'ü çift haneli büyüme oranlarına sahiptir. İklim Değişikliği Performans İndeksin'nde yer alan sadece dört ülke yenilenebilir enerjilerini arttırmamıştır. Giderek daha fazla ülkede, yenilenebilir enerjilerin fiyat gelişimindeki olumlu gelişmeler diğer enerji kaynaklarıyla rekabet etmelerini sağlamaktadır.

2. Karbondan arındırma yoluna girmek için, en kirli enerji kaynağı olarak kömürün aşamalı olarak kaldırılması çok önemlidir. Dünya çapında kömür kullanımının azalmakta olduğunu gözlemlemek umut vericidir. En fazla salım yapan ülkelerden bazıları kömür kullanımını azaltmıştır ve son raporlar küresel kömür tüketiminin 2015 yılında azaldığını göstermektedir. Enerji Ekonomisi ve Finansal Analizi Enstitüsü'nün (IEEFA) yeni bir yayını, Çin'deki değişikliklerin uluslararası pazarlarda yapısal bir değişime yol açtığını bildirmiştir. Büyük kömür ülkelerinin çoğunda kömür tüketimi azalmaktadır: ABD (%-11), Kanada (%-5), Almanya (%-3), İngiltere (%-16), Türkiye (%-13), Çin (%-5.7), Japonya (%-5), Güney Afrika (%-2). 2015 yılında bu dinamik yapı kömür tüketiminde %4'e kadar bir düşüşe neden olmuştur (Irena, 2020).

3. G20 ÜLKELERİNİN DURUMLARI

2018'de küresel salımlar bir kez daha büyüdü ve küresel ısınmayı 1,5 °C'de durdurmak için salımları azaltmak için her zamankinden daha güçlü çabaların gerekli olduğuna işaret etti. Bu, G20 ülkelerinin 2020'de 2030 salım hedeflerini artırmak ve önümüzdeki on yıl boyunca hafifletme, uyum ve finansman önlemlerini önemli ölçüde artırmak zorunda kalacağı anlamına geliyor.

3.1. Uyum

Şu anda, ekstrem hava olayları her yıl G20 ülkelerinde yaklaşık 16.000 ölüme ve 142 milyar dolarlık ekonomik zarara yol açmaktadır. Daha az gelişmiş ülkeler genellikle sanayileşmiş ülkelerden daha fazla etkilenmekle birlikte, birçok G20 ülkesi, dünyada ekstrem hava olaylarından toplam nüfus başına yıllık en yüksek ölüm oranlarıyla en çok etkilenen 31 ülke arasında yer almaktadır.

Küresel sıcaklık artışının 3 °C yerine 1,5 °C ile sınırlandırılması, G20 ülkelerindeki sektörler üzerindeki olumsuz etkileri %70'in üzerinde azaltmaktadır. Örneğin, ortalama kuraklık uzunluğunu %68 oranında ve yılda 35 °C'nin üzerindeki gün sayısını 50'den 30'a indirir. Bunun yanında bitkileri tahrip eden sıcak hava dalgalarında hatırı sayıır azalmalar olur.

Tüm G20 ülkelerinin Suudi Arabistan hariç uyum planları var. İklim değişikliğine uyum giderek daha fazla ulusal uyum stratejilerinde yer alan ufuk açıcı bir politika hedefidir (Climate Transparency, 2019).

3.2. Azaltım

G20 ülkelerinde enerjiyle ilgili CO_2 salımları, yüksek ekonomik büyüme ve daha da fazla fosil yakıt enerji kaynağı nedeniyle 2018'de %1,8 artmıştır. Bu, tüm fosil

yakıtların satışını artırdı ve gaz endüstrisi en çok kazanç sağlamıştır. Enerji arzı, güçlü büyüme ve hava koşullarının bir sonucu olarak ABD ve Kanada'da en yüksek oranda artmıştır. Fosil yakıtların enerji arzı, özellikle ulaşımda artan yakıt kullanımı ve daha yüksek elektrik talebi nedeniyle dokuz G20 ülkesinde (Avustralya, Kanada, Çin, Hindistan, Endonezya, Rusya, Güney Afrika, Güney Kore ve ABD) büyümüştür. Enerji sisteminin karbon yoğunluğu çok az düşmüştür. G20'nin enerji karışımının %82'si hala fosil yakıtlardır. Bu, küresel olarak 1,5 °C uyumlu olması için karbon yakalama ve depolama olmadan 2030'a kadar en az %67'ye ve 2050'ye kadar %33'e düşmelidir.

G20 ülkelerinin IPCC'nin 1,5 °C raporunda belirlediği küresel ölçütlere uygun olması için 2030'da (2010 seviyelerinin altında) mevcut sera gazı (GHG) salımlarını en az %45 azaltması gerekiyor. Sanayileşmiş G20 ülkeleri, dünyanın geri kalanından birkaç yıl önce sera gazı salımlarını net sıfıra indirmelidir (Climate Transparency, 2019).

3.2.1 Ulusal Olarak Belirlenen Katkılar (Ndcs) - 2030 Emisyon Hedefi

G20 ülkelerinin yaklaşık yarısının (Çin, AB ve G20 üye ülkeleri, Hindistan, Endonezya, Rusya, Suudi Arabistan, Türkiye) arazi kullanımı, arazi kullanımı değişikliği ve ormancılık salımlarının ulusal katkı hedeflerini karşılaması veya aşması öngörülmektedir. Ancak Suudi Arabistan'ın ilerlemesinin değerlendirilmesi zordur. Buna ek olarak, Suudi Arabistan'ın ulusal katkı hedefi ve Rusya ve Türkiye'nin hedefleri, Paris Anlaşması'nın uzun vadeli sıcaklık hedefine ulaşmak için gerekenlerden çok uzaktır. Arazi kullanımı, arazi kullanımı değişikliği ve ormancılık kaynaklı salımlar düşünülürse Endonezya›nın ulusal katkı hedeflerini karşılaması muhtemel değildir.

Güney Kore, Kanada ve Avustralya, ulusal katkı hedeflerini uygulamak için en uzaktaki G20 ülkeleridir. Arjantin, Brezilya, Japonya, Meksika, Güney Afrika ve ABD de ulusal katkı hedeflerini ek bir işlem yapmazsa aşabilir. Küresel ısınmayı

1,5 °C ile sınırlamak için, tüm G20 ülkeleri ulusal katkı hedeflerini arttırmak zorunda kalacaklar (Climate Transparency, 2019).

3.2.2. Uzun Vadeli Stratejiler - 2050 Emisyon Hedefi

Net-sıfır salım hedeflerine ivme kazandıran artan bir yönelim vardır. Fransa ve Birleşik Krallık, yasalarla öngörülen net sıfır 2050 salım hedefine sahiptir. Almanya, net sıfır 2050 salım hedefini benimsedi ve yakında yasalaştıracak. Arjantin, AB, İtalya ve Meksika da bu hedeflerin kabul edildiğini açıklamıştır.

Kanada, Fransa, Almanya, Japonya, Meksika, İngiltere ve ABD 2050 için uzun vadeli stratejilerini Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne sunmuştur. Arjantin, Çin, AB, Hindistan, Güney Afrika, Güney Kore ve Rusya şu anda stratejilerini hazırlamaktadır (Climate Transparency, 2019).

3.2.3. Enerji

2018 yılında elektrik ve ısı üretimi dahil olmak üzere enerji sektöründeki salımlar, son on yılın yıllık ortalamasına benzer şekilde % 1,6 oranında artmıştır. Endonezya ve Türkiye elektrik için her zamankinden daha fazla kömür tüketmektedir – ve bunlar enerji salımları 2018'de en fazla artan ülkelerdir. Güney Afrika G20'de en yüksek salım yoğunluğuna sahip olmaya devam edmektedir. Her üç ülkenin de acil olarak kömür aşamalı üretim planları geliştirmesi ve daha fazla kömür santrali inşa etmeyi bırakması gerekmektedir. OECD ülkeleri için 2030 ve dünyanın geri kalanı için 2040 kömürü aşamalı olarak bitirme planları için son tarihlerdir. Ancak, henüz kömürü aşamalı olarak bitirmek için önemli önlemler almayan Avustralya, Hindistan, Japonya, Meksika, Rusya, Güney Kore ve ABD için de zorunludur.

Fransa, Brezilya ve Birleşik Krallık, enerji sektörlerindeki salımları 2018'de önemli ölçüde azaltmıştır. Fransa ve İngiltere, Kanada ve İtalya'nın yanında, 1,5 °C uyumlu kömür kullanım dışı bırakma planlarına sahipken, G20 ülkelerinden sadece Brezilya

ve Almanya uzun vadeli yenilenebilir enerji stratejilerine sahiptir. Küresel ısınmayı 1,5 °C'ye yavaşlatmak için tüm G20 ülkelerinin 2050'de sıfır karbonlu elektriğe sahip olması gerekmektedir (Climate Transparency, 2019).

3.2.4. Ulaşım

G20'nin ulaşım salımları 2018'de artmaya devam etmiştir (%1,2). Küresel ısınmayı 1,5 °C'nin altında tutmak için, G20 ülkelerinin ulaşımdaki yakıt karışımındaki (%6) düşük karbonlu yakıtların payının 2050 yılına kadar kabaca on kat artması gerekecektir. G20 arasında ABD, Kanada ve Avustralya kişi başına en yüksek ulaşım salımları bulunmaktadır. Örneğin ABD'nin kişi başına salımları Hindistan'dan 24 kat daha fazladır. Her üç ülke de 1,5 °C uyumlu ulaşım dönüşümü için yetersiz politikalar uygulamaktadır. Özellikle Avustralya, hafif ticari araçlar için salımlar veya yakıt verimliliği standartları gibi önemli politikalardan yoksundur. Bunun yanında toplu taşıma araçlarını da teşvik dici politikalar uygulamamaktadır.

Kanada, Fransa, Japonya ve İngiltere, 2040/2050 tarihine kadar fosil yakıtlı arabaları aşamalı olarak kaldırmayı planlamaktadır. Ancak bu dört ülkenin taahhütleri hala yetersizdir. 2035 yılına kadar aşamalı olarak sonlandırma, 1,5 °C uyumlu olması mümkün olan en son tarihtir. Çin, 2018'de bir milyondan fazla elektrikli otomobil satmıştır ve bu değer neredeyse 2017'nin iki katıdır. Çin aynı zamanda G20'deki en ilerici toplu taşıma politikasına da sahiptir.

G20 havacılık salımlarında, Avustralya, ABD ve İngiltere kişi başına en yüksek uçuş salımına sahiptir. Avustralyanın havacılıktan kişi başına düşen salımı Hindistan'dan 53 kat daha fazladır. G20 ülkelerinin devlet sübvansiyonlarını azaltması, jeti yakıtı vergisinin azaltması, hava taşımacılığını azaltması ve elektro-yakıtlara yatırım yapması gerekmektedir (Climate Transparency, 2019).

3.2.5. İnşaat Sektörü

Ortalama salımlar son on yılda istikrar kazanmış olmasına rağmen, inşaat sektöründeki G20 salımları 2018'de diğer tüm sektörlerden daha fazla büyümüştür (%4,1). ABD, Avustralya ve Suudi Arabistan 2018'de kişi başına en yüksek inşaat sektörü kaynaklı salıma sahipti. Üç ülke, sektördeki salımları önemli ölçüde azaltmak için iddialı politikalardan yoksundur. Yeni binalar için bina kodları var, ancak tüm yeni binaların sıfır enerjiye yakın olması ve mevcut binaların güçlendirilmesi için ulusal bir stratejisi bulunmamaktadır.

Avrupa ülkeleri sıfır enerjili yeni binalar için 1,5 °C uyumlu stratejilere öncülük ediyor. AB, Fransa ve Almanya, binaların güçlendirilmesi için uzun vadeli stratejileri olan tek G20 üyesidir. 1,5 °C uyumlu olması için, bu ülkeler bile 2020 yılına kadar %5'lik bir derin yenileme oranı gerekirken, OECD üyesi olmayan ülkelerede yılda %5 yenileme oranlarına ihtiyaç duyulacaktır (Climate Transparency, 2019).

3.2.6. Sanayi

G20'nin 2018'deki endüstriyel salımlardaki artışı (+%3,1) oldukça sorunlu olmaya devam ediyor. Sektördeki salım yoğunluğu, kısmen ağır sanayinin gelişmiş ülkelerden gelişmekte olan ülkelere kayması nedeniyle Rusya, Hindistan ve Çin'de en yüksektir. Aynı zamanda, Hindistan ve Çin, en ilerici enerji verimliliği politikalarına sahip G20 ülkeleri arasında yer alıyor. Hindistan'ın zorunlu verimlilik politikaları 2017 itibariyle endüstriyel enerji kullanımının %26-50'sinden fazlasını kapsarken, Çin'in ve Japonya'nın %51 ila %100'ünü kapsamaktadır. Bununla birlikte, hiçbir G20 ülkesinin 2050 yılına kadar endüstriyel enerji salımlarını 2010 seviyelerine göre %75-90 azaltmak için uzun vadeli bir stratejisi yoktur ve bu da 1,5 ° C uyumlu olacaktır. (Climate Transparency, 2019)

3.2.7. Tarım ve Arazi Kullanımı

Daha az hayvansal ürün tüketimi tarımda G20 salımlarını düşürecektir. Arjantin, Avustralya, Brezilya ve Endonezya›daki yüksek ormansızlaşma oranları durdurulmalıdır. Tarımdan kaynaklanan G20 sera gazı salımları artmaya devam etmektedir. Hayvancılık ana faktördür ve tarımsal salımların %40'ını oluşturmaktadır. G20'nin dört yağmur ormanı ülkesi - Arjantin, Avustralya, Brezilya, Endonezya - 1,5 °C uyumlu olması için 2020'lerde net sıfır ormansızlaşma stratejisini geliştirmeleri gerekmektedir. Eylül 2019'daki BM İklim Eylem Zirvesi'nde Arjantin, 2030 yılına kadar net sıfır ormansızlaşmayı hedefleyeceğini açıklamıştır. Hindistan, Çin ve Meksika, uzun vadeli ormansızlaşma politikaları arasında en üst sırada yer almaktadır. Hindistan, 1,5 °C uyumlu orman politikalarına sahip tek G20 ülkesidir (Climate Transparency, 2019).

3.3. FİNANS

3.3.1. Mali Politikalar Ve Düzenlemeler

G20 ekonomileri finansal sistemin yeşillenmesinde öncülük ediyor. Tüm G20 ülkeleri, ulusal yeşil finans stratejileri, iklim ile ilgili finansal riskler ve yeşil ve kahverengi yatırımların taksonomisi gibi yeşil finansal ilkelerini tartışmaya başlamıştır. Ancak G20 gelişmekte olan ekonomileri, bir bütün olarak finansal sistem için iklimle ilgili riskleri azaltan politikaların uygulanmasında öncülük etmektedir. Brezilya, Fransa ve Güney Afrika'nın finansal kurumlar için iklim ile ilgili risk açıklama gereklilikleri vardır. Kanada ve Endonezya sırasıyla gönüllü ve zorunlu iklim ile ilgili risk değerlendirmelerine sahiptir. Çin, Hindistan ve Japonya, yeşil krediler ve yatırımları tercih eden finansal kuruluşlar için sermaye ve likidite gereksinimleri belirlemiştir (Climate Transparency, 2019).

3.3.2. Mali Politika Seviyeleri

Suudi Arabistan hariç G20 ülkeleri, 2013 yılında kömür, petrol ve doğal gaz için 248 milyar ABD dolara kıyasla 127 milyar ABD doları sübvansiyonlar sunmuştur. Bu düşüş eğilimi dokuz G20 ülkesinde görülebilir: Arjantin, Brezilya, Çin, Hindistan, Endonezya, İtalya, Japonya, İngiltere ve ABD. Genel olarak kömür madenciliğine yapılan sübvansiyonlarda düşüş eğilimi görülürken, kömür yakıtlı güce yapılan sübvansiyonlar devam etmekte ve bazı ülkelerde doğal gaz altyapısı ve üretim sübvansiyonları artmaktadır. Tüm G20 ülkelerinin en geç 2025 yılına kadar fosil yakıt sübvansiyonlarını kaldırması gerekmektedir. Avrupa ülkeleri zaten bunu 2020 yılında aşamalı olarak kaldırılmaya kararlıdır.

Toplam 18 G20 ülkesi, salım ticaret sistemleri ve karbon vergileri gibi açık karbon fiyatlandırma şemalarını uygulamıştır veya uygulama sürecindedir. Yeni gelenler, Haziran 2019'da Afrika'nın ilk karbon vergisini başlatan Güney Afrika ve çoğu sıvı yakıt için 2018'de bir karbon vergisine geçen Arjantin'dir (Bununla birlikte, Arjantin vergisinin büyüklüğü ihmal edilebilir.). Avustralya ve Hindistan'ın açık karbon fiyatlandırma planları yoktur ve bunları dikkate almamaktadır.

2015 yılında, G20'deki enerjiden kaynaklanan CO_2 salımlarının ortalama %71'i karbon vergileri, enerji kullanımına ilişkin belirli vergiler veya takas edilebilir salım izinlerinin fiyatı üzerinden 30 Avro veya daha yüksek bir fiyatla fiyatlandırılmadı. Ton başına 60 Avro'luk kriter olduğunda G20 ülkeleri için fiyat farkı %78'e yükselmektedir. Rusya, Endonezya, Brezilya, Çin ve Güney Afrika en yüksek karbon fiyatlandırma açığına sahiptir (Climate Transparency, 2019).

3.3.3 Kamu Maliyesi

G20 kamu kurumları, 2016-2017 yıllarında uluslararası alanda kömür ve kömür yakıtlı enerji üretimini 17 milyar ABD Dolar, yerel olarak ortalama 11 milyar ABD Doları tutarında finanse etmiştir. Yurtdışındaki en büyük G20 finansörleri Çin,

Japonya ve Güney Kore'dir. Çin'in kamu finans kurumları 2016 ve 2017 yıllarında yılda ortalama 9,5 milyar ABD Doları finanse ederken, Japonya 5,1 milyar ABD Dolar ve Güney Kore 1 milyar ABD Doları tutarında finanssağlamıştır. Brezilya, Kanada, Çin, Almanya, İngiltere ve ABD'nin kalkınma ajansları ve bankaları kamu kömürü harcamalarını kısıtlamaktadır. Almanya ve İngiltere, çok taraflı kalkınma bankalarının hissedarları (Dünya Bankası Grubu, Avrupa Yatırım Bankası ve Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası'nın 2013 taahhütlerinin üstünde kömür yakıtlı enerji finansmanını kısıtlamak için) olarak kömür finansmanı konusunda kısıtlamalar ilan eden sadece iki G20 ülkesidir. G20 ülkeleri 2015-2016 döneminde gelişmekte olan ülkelere 31 milyar dolar iklim finansmanı yapmıştır. GSYİH başına, Japonya (toplam tutar: 12 milyar dolar), Fransa (4 milyar dolar), İngiltere (4 milyar dolar) ve Almanya (4 milyar dolar) en yüksek miktarları sağlamıştır. Japonya, Almanya ve Fransa en büyük ikili fon sağlayıcı olmaya devam ederken, İngiltere çok taraflı fonlarla en yüksek tutarı sağlamaktadır. Mevcut yönetimi altında ABD, BMİDÇS'ye üçüncü bir bienal raporu sunmamış, bunun yerine bu istatistikler için yalnızca geçici veriler sunmuştur (Climate Transparency, 2019).

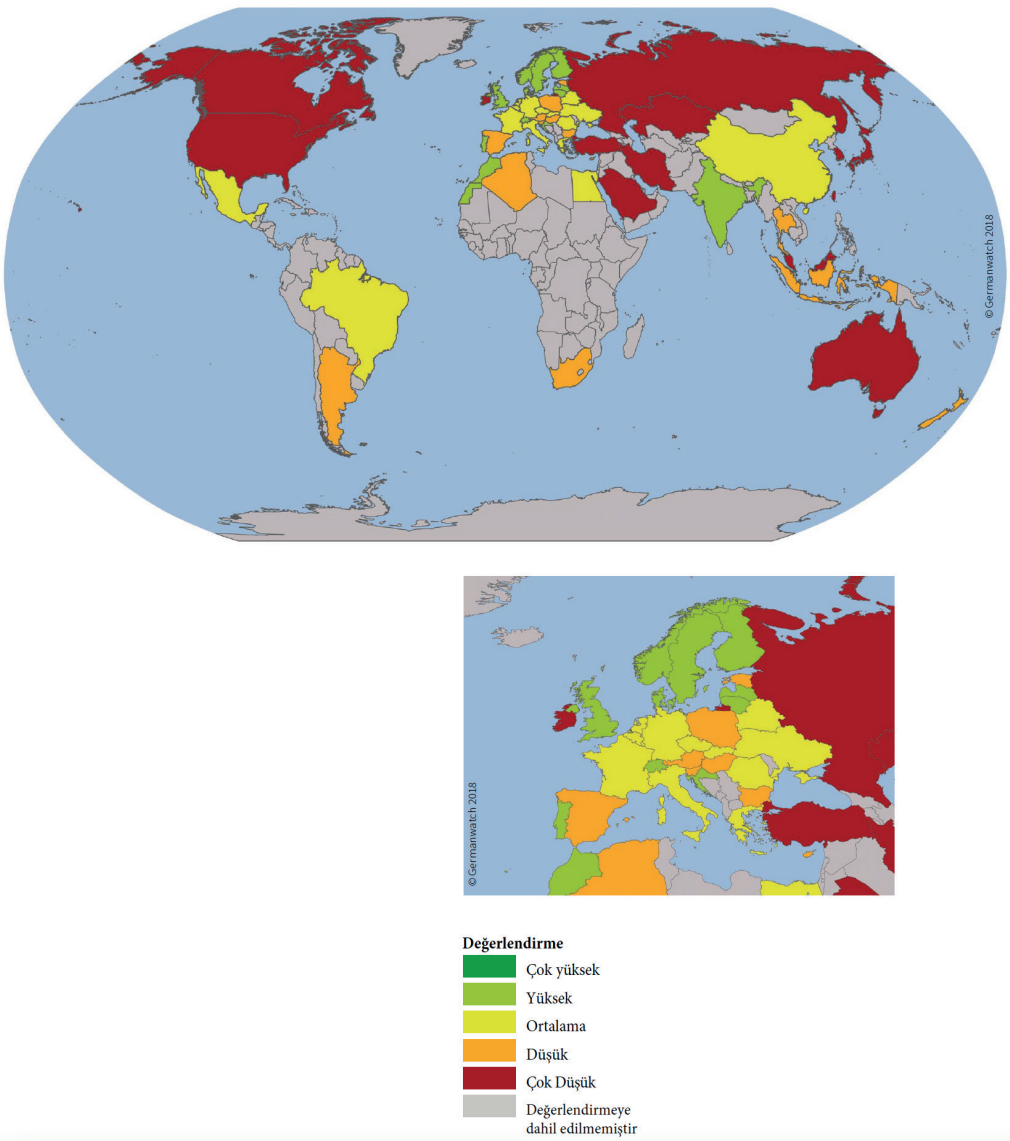
4. SONUÇ

İklim Değişikliği Perfermans İndeksindeki sıralama sonuçları, bir ülkenin «Sera Gazı Salımları", "Yenilenebilir Enerji" ve "Enerji Kullanımı" kategorilerindeki 14 göstergeyle ilgili olarak, göstergenin küresel olarak benzersiz bir politika bölümünde toplam performansı ile tanımlanır.

İklim Değişikliği Perfermans İndeks 2019 sonuçları, değerlendirilen 56 ülke ve AB içindeki iklim koruma ve performanstaki temel bölgesel farklılıkları göstermektedir. Hiçbir ülke 2019'da endekste sıralamaya ulaşmak için yeterince iyi bir performans göstermememiştir, yani hiçbir ülke sıralamada ilk üç sırada yer almadı (Burck et al., 2019).

Dünya haritası (Şekil 2) ülkelerin toplu sonuçlarını ve genel performansını göstermektedir. Tablo 1 genel sıralamayı gösterir ve ülkelerin farklı kategorilerde nasıl performans gösterdiğini ifade etmektedir.

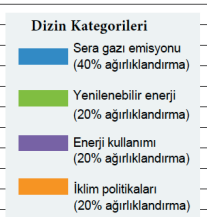
Şekil 2: Ülkelerin 2019 Yılı İklim Değişikliği Performansı



Kaynak: Burck et al., 2019

Tablo 1: Ülkelerin İklim Değişikliği Performas İndeks Değerleri

Sıra		Ülke	Puan**
1.*		–	–
2.		–	–
3.		–	–
4.	–	İsveç	76.28
5.	▲	Fas	70.48
6.	▼	Letonya	70.47
7.	▲	Litvanya	68.31
8.	–	Birleşik krallık	65.92
9.	▲	İsviçre	65.42
10.	▲	Malta	65.06
11.	▲	Hindistan	62.93
12.	▼	Norveç	62.80
13.	▼	Finlandiya	62.61
14.	▼	Hırvatistan	62.39
15.	▲	Danimarka	61.96
16.	▲	Avrupa Birliği(28)	60.65
17.	▲	Portekiz	60.54
18.	▲	Ukrayna	60.09
19.	▲	Lüksemburg	59.92
20.	▲	Romanya	59.42
21.	▼	Fransa	59.30
22.	▼	Brezilya	59.29
23.	▼	Italya	58.69
24.	▲	Mısır	57.49
25.	▲	Meksika	56.82
26.	▼	Slovakya	56.61
27.	▼	Almanya	55.18
28.	▲	Hollanda	54.11
29.	▼	Belarus	53.31
30.	▲	Yunanistan	50.86
31.	▲	Belçika	50.63
32.	▲	Çekya	49.73
33.	▲	Çin	49.60
34.	▲	Arjantin	49.01
35.	▲	İspanya	48.97
36.	▼	Avusturya	48.78
37.	▼	Tayland	48.71
38.	▼	Endonezya	48.68
39.	▲	Güney afrika	48.25
40.	▲	Bulgaristan	48.11
41.	▼	Polonya	47.59
42.	▲	Macaristan	46.79
43.	▼	Slovenya	44.90
44.	▼	Yeni zelanda	44.61
45.	▼	Estonya	44.37
46.	▼	Kıbrıs	44.34
47.	▼	Cezayir	42.10
48.	▲	İrlanda	40.84
49.	▲	Japonya	40.63
50.	▼	Türkiye	40.22
51.	▲	Malezya	38.08
52.	▲	Rusya	37.59
53.	▲	Kazakistan	36.47
54.	▼	Kanada	34.26
55.	▲	Avusturalya	31.27
56.	▼	Çin taipeisi	28.80
57.	▲	Kore	28.53
58.	▲	İran	23.94
59.	▼	ABD	18.82
60.	–	Suudi Arabistan	8.82



©Germanwatch 2018

Kaynak: Burck et al., 2019

2019 yılı endeksinde İsveç, Fas ve Litvanya'nın sıralamasında ilk sıraya yerleşti. Orta performans sergileyen ülkeler grubu Fransa, Meksika, Almanya ve Çek Cumhuriyeti gibi ülkeleri içermektedir. Genel olarak düşük performans gösterenler arasında Endonezya, Avusturya ve Yeni Zelanda bulunmaktadır. Bu yılın İklim Değişikliği Performans İndeksindeki en alttaki beş ülke, Suudi Arabistan, ABD, İran İslam Cumhuriyeti, Kore Cumhuriyeti ve Tayvan'dır ve neredeyse tüm kategorilerde düşük veya çok düşük puan almışlardır (Burck et al., 2019)

KAYNAKÇA

- Burck, J., Hagen, U., Marten, F., Höhne, N., Bals C., (2019) Climate Change Performance Index, Results 2019, ISBN 978-3-943704-68-6
- Climate Transparency (2019) Brown to Green: The G20 transition towards a net-zero emissions economy, Climate Transparency, Berlin, Germany
- Gross, John E., Woodley, Stephen, Welling, Leigh A., and Watson, James E.M. (eds.) (2016). Adapting to Climate Change: Guidance for protected area managers and planners. Best Practice Protected Area Guidelines Series No. 24, Gland, Switzerland: IUCN. xviii + 129 pp.
- Irena (2020), Global Renewables Outlook: Energy transformation 2050 (Edition: 2020), International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. ISBN 978-92-9260-238-3

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE SEKTÖRLERE MUHTEMEL ETKİLERİ VE RİSKLER

Prof. Dr. Mehmet Somuncu

1. GİRİŞ

Sera gazlarının atmosferdeki birikimlerinin çeşitli insan etkinlikleri nedeniyle sanayi devriminden beri hızla artması sonucunda kuvvetlenen sera etkisinin en önemli sonucu, Yerkürenin enerji dengesi üzerinde ek bir pozitif ışınımsal zorlama oluşturarak, dünya ikliminin daha sıcak ve daha değişken olmasını sağlamasıdır (Türkeş, 2019). Dünyada ortalama sıcaklıklar Sanayi Devrimi'nden günümüze kadar 0,87 °C kadar artmıştır (IPCC, 2018). Küresel ve bölgesel ölçekte, iklim değişikliği, aşırı hava ve iklim olaylarının sıklığında, şiddetinde, alansal dağılışında, uzunluğunda ve zamanlamasında da önemli değişikliklerin gerçekleşmesine neden olmaktadır. Örneğin, alansal ve zamansal olarak yüksek bir değişkenlikle nitelenen yağışlarda, 1950-2011 döneminde dünyanın çeşitli bölgelerinde önemli azalış ve artış eğilimleri gözlenmiştir. Ayrıca, dünyanın birçok bölgesinde ve Türkiye'deki şiddetli yağış olaylarında da artışlar gözlenmiş; bazı aşırılıklarda da önemli değişiklikler ortaya çıkmıştır (Türkeş, 2019).

Sıcaklık artışının 2 °C ile sınırlı tutulması gerektiği, çünkü 2 °C daha fazla ısınma sonucunda başta okyanuslar, sulak alanlar ve tundralar olmak üzere depolanmış karbonun da atmosfere salınabileceği ve fosil yakıt kaynaklı emisyonların durdurulmasına rağmen doğal süreçlerdeki değişimler nedeniyle sera gazı emisyonlarının devam edeceği öngörülmektedir. IPCC tarafından hiç önlem alınmaması halinde 21. yüzyılın sonunda ortalama sıcaklıkların 4 °C kadar artabileceği öngörülmektedir. Bu nedenle 2015 yılında Paris'te toplanan 21. Taraflar Konferansı'nda (COP21) görüşülen ve 2016 yılında yürürlüğe giren Paris İklim Anlaşması'nda küresel ısınmaya bağlı sıcaklık artışlarının 2 °C, hatta mümkünse 1,5 °C ile sınırlı tutulması yer almaktadır. Bu amaçla IPCC tarafından 2018'in Ekim ayının başlarında 1,5 °C Raporu olarak bilinen rapor yayınlanmıştır. Bu raporda sıcaklık artışının 2 °C yerine neden 1,5 °C ile sınırlandırılması gerektiğine değinilmiştir (IPCC, 2018; Tolunay, 2019).

Uzun süreli klimatolojik gözlem dizilerinin çözümlemelerine dayanan güncel

bulgulara göre, aşırı hava ve iklim olaylarındaki değişiklikler Türkiye'de, özellikle 1990'lı yıllarla birlikte yaz ve tropik gün sayılarındaki önemli artış, buna karşılık don olaylı ve kar yağışlı gün sayılarında belirgin azalma, yılın don olayı gözlenmeyen devresindeki uzama şeklinde gözlenmiştir. Türkiye'de 2000 yılından bu yana maksimum hava sıcaklıklarına ilişkin rekorların yaklaşık %50'si gerçekleşirken, bu oran minimum sıcaklıklara ait rekorlarda %10'a kadar düşmüştür. Başka bir deyişle, Türkiye'de son 25 yıllık dönemde, hem sıcaklık rejimi belirgin olarak daha ılıman ve sıcak koşullara doğru değişmiş, hem de sıcak hava dalgalarının sıklığında ve şiddetinde önemli değişmeler gerçekleşmiştir.

Gözlenen değişme ve eğilimlere ek olarak, iklim model benzeşimleri, genel olarak alt troposfer ve yüzey hava sıcaklıklarında öngörülen artış eğilimi, artan termal enerji (pozitif ışınımsal zorlama) ve hızlanan ve/veya kuvvetlenen hidrolojik döngü ile bağlantılı olarak, 21. yüzyılda Dünya'nın birçok bölgesinde aşırı hava ve iklim olaylarının sıklık ve/veya şiddetinde artışlar olabileceğini göstermektedir (Türkeş, 2019).

İklim değişikliği mevcut riskleri artıracak ve doğal ve insan sistemleri için yeni riskler oluşturacaktır. Riskler eşit olmayan bir şekilde dağılmıştır ve genellikle tüm gelişme düzeylerindeki ülkelerdeki dezavantajlı insanlar ve topluluklar için daha fazladır. Isınmanın artması, insanlar, türler ve ekosistemler için şiddetli, yaygın ve geri döndürülemez etkiler olasılığını arttıracaktır. Devam eden yüksek emisyonlar, biyolojik çeşitlilik, ekosistem hizmetleri ve ekonomik kalkınma üzerinde çoğunlukla olumsuz etkilere yol açacak ve geçim kaynakları ile gıda ve insan güvenliği için riskleri artıracaktır (IPCC, 2014b).

IPCC Beşinci Değerlendirme Raporu (AR5) iklim değişikliğinin neden önemli olduğuna ve sırasıyla insan ve doğal sistemlere ve bölgesel yönlere odaklanmaktadır. Rapor, halihazırda meydana gelen etkileri ve gelecekteki etkilerin risklerini, özellikle bu risklerin meydana gelen iklim değişikliği miktarıyla ve iklim değişikliklerine uyum sağlanamayan yatırımlarla nasıl değiştiğini ele almaktadır (IPCC, 2014a; 2014b).

İklim değişikliğinin riskleri, birçok etkileşimli süreç ve stres faktörünün bulunduğu ortamlarda ortaya çıkar. İklim değişikliği çoğunlukla, bazen uzun süredir devam eden zorluklara yeni boyutlar ve komplikasyonlar ekleyerek hareket eder. İklim değişikliği risklerinin çoklu stres etkeni bağlamını anlamak, yeni anlayışlara ve çözüm yaklaşımlarına kapı açabilir. Bu nedenle, iklim değişikliğinden kaynaklanan riskler hakkında artan bilgi, olası çözümlerin fırsatlarını ve sonuçlarını anlamak için bir başlangıç noktası olabilir.

İklim değişikliğinin etkileri, uyum ve kırılganlık çok çeşitli konuları kapsamaktadır. İklim değişikliği ile ilgili bilginin derinleşmesiyle, çeşitli alanların, faaliyetlerin ve risk altındaki varlıkların genişleyen bağlantılarını görürüz. Erken araştırmalar, sıcaklık ve yağışın insanlar, ürünler ve yabani bitkiler ve hayvanlar üzerindeki doğrudan etkilerine odaklanmıştır. Yeni kanıtlar ise, yalnızca bu doğrudan etkilerin değil, aynı zamanda ticaret, seyahat ve güvenlik yoluyla tüm dünyaya yayılabilecek etkiler de dahil olmak üzere potansiyel dolaylı etkilerin anlaşılmasının önemine işaret etmektedir. Sonuç olarak, insan çabasının veya doğal ekosistem süreçlerinin pek az yönü değişen iklimdeki olası etkilerin dışında kalabilmektedir. Dünya sisteminin birbirine bağlı olması, iklim değişikliği etkileri, uyum ve kırılganlık etrafında sınırlı bir sınır çizmeyi imkansız hale getirmektedir. Bu nedenle IPCC Beşinci Değerlendirme Raporu (AR5) temel unsurlara odaklanmakta ve iklim değişikliği sorununun diğer konularla çakıştığı veya bunlarla birleştiği bağlantı noktalarını belirlemektedir. Bu nedenle de iklim değişikliğinin dünyadaki sektörlere muhtemel etkilerinin ve risklerin anlaşılmasında bu rapordaki bilgiler temel alınmıştır (IPCC, 2014a; 2014b). IPCC 5. Değerlendirme Raporu'nda öne çıkan bu ögeler aşağıda özetlenmektedir.

2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN DÜNYADA SEKTÖRLERE MUHTEMEL ETKİLERİ VE BAŞLICA RİSKLER

Kilit riskler, "İklim sistemine tehlikeli antropojenik müdahale" anlamına gelen Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin 2. Maddesi ile ilgili potansiyel olarak ciddi etkilerdir. Riskler, maruz kalan toplumların ve sistemlerin veya her ikisinin de yüksek tehlikesi veya yüksek kırılganlığı nedeniyle önemli kabul edilir. Kilit risklerin tanımlanması, özel kriterler kullanılarak uzman değerlendirmesine dayanmaktadır. Bunlar; risklerin büyüklük derecesi, yüksek olasılık veya etkilerin geri döndürülemezliği, etkilerin zamanlaması; risklere katkıda bulunan kalıcı zayıflık veya maruz kalma; ya da uyum veya azaltım yoluyla riskleri azaltmak için sınırlı potansiyeldir (IPCC, 2014a).

2.1. Tatlısu Kaynakları

Tatlı su ile ilgili iklim değişikliği riskleri, artan sera gazı konsantrasyonlarıyla önemli ölçüde artmaktadır. Küresel nüfusun su kıtlığı yaşayan kısmı ve büyük nehir taşkınlarından etkilenen kısım 21. yüzyıldaki ısınma seviyesiyle birlikte artmaktadır. 21. yüzyıldaki iklim değişikliğinin çoğu kuru subtropikal bölgede olan yenilenebilir yüzey suyu ve yeraltı suyu kaynaklarını, önemli ölçüde azaltması, sektörler arasında su için rekabeti arttırması öngörülmektedir. Günümüzde kurak bölgelerde, kuraklık sıklığı 21. yüzyılın sonunda artacaktır. Buna karşılık, su kaynaklarının yüksek enlemlerde artacağı tahmin edilmektedir. İklim değişikliğinin, su kalitesini düşürmesi ve etkileşimli faktörlerden dolayı geleneksel arıtımda bile içme suyu kalitesi için risk oluşturması öngörülmektedir (IPCC, 2014a).

21. yüzyıldaki iklim değişikliğinin, çoğu kurak subtropikal bölgede yenilenebilir yüzey suyu ve yeraltı suyu kaynaklarını azaltarak sektörler arasındaki su rekabetini

artıracağı öngörülmektedir. Halen kurak bölgelerde, kuraklıkların sıklığı RCP8.5 altında 21. yüzyılın sonunda artacaktır. Buna karşılık, su kaynaklarının yüksek enlemlerde artması beklenmektedir. Artan sıcaklık etkileşimi; şiddetli yağışlardan artan siltasyon, besin maddesi ve kirletici yükleri; kuraklık sırasında artan kirletici konsantrasyonları ve sel sırasında arıtma tesislerinin bozulması su kalitesini düşürecek ve içme suyu kalitesi için risk oluşturacaktır

2.1. Ekosistemler ve Biyoçeşitlilik

Ekosistemler ve insanlar üzerindeki zararlı etkilerin riskleri, ısınma, okyanus asitlenmesi, deniz seviyesinin yükselmesi ve iklim değişikliğinin diğer boyutları ile artmaktadır. Mevcut antropojenik iklim değişikliğinden daha düşük oranlardaki doğal küresel iklim değişikliğinin, son milyonlarca yıl boyunca karada ve okyanuslarda önemli ekosistem değişimlerine ve türlerin yok olmasına neden olduğu bilgisiyle gelecekteki riskin yüksek olduğu belirtmek gerekir. Pek çok bitki ve hayvan türü, 21. yüzyıl boyunca orta ve yüksek aralıkta iklim değişikliği oranları (RCP4.5, RCP6.0 ve RCP8.5) altında uygun iklimleri takip etmek için yerel olarak uyum sağlayamayacak veya yeterince hızlı hareket edemeyecektir. Mercan resifleri ve kutup ekosistemleri oldukça savunmasızdır (IPCC, 2014b).

Karasal, tatlı su ve deniz türlerinin büyük bir kısmı, özellikle iklim değişikliği diğer stres faktörleriyle etkileşime girdiğinde, 21. yüzyıl boyunca ve ötesinde iklim değişikliği nedeniyle artan yok olma riskiyle karşı karşıyadır. İklim değişikliğinin büyüklüğünün ve oranının bir sonucu olarak, tüm RCP senaryolarında, endüstri öncesi ve şimdiki dönemlere göre yok olma riski artmaktadır.

Deniz ekosistemleri, özellikle mercan resifleri ve kutup ekosistemleri okyanus asitleşmesi riski altındadır. Okyanus asitleşmesinin organizmaların fizyolojisi, davranışı ve nüfus dinamikleri üzerinde etkileri vardır. Bireysel türler üzerindeki etkiler ve tür gruplarından etkilenen türlerin sayısı RCP4.5'ten RCP8.5'e yükselmektedir. Gerçekleşen bir dizi kimyasal tepkime sonucu, karbondioksit

okyanuslara karbonik asit olarak girmektedir. Okyanuslarda artan karbonik asit ise; midye, mercan ve deniztarağı gibi büyümek veya kabuk oluşturmak için kalsiyum kullanan pek çok canlının, artan asit miktarı sebebiyle bunu başaramamalarına sebep olmaktadır. Sebebi de her kimyasal tepkimenin belli bir pH aralığında gerçekleşmesidir. Yüksek derecede kireçli yumuşakçalar, ekinodermler, resif yapan mercanlar, planktonlar ve kabuklular balıklardan daha duyarlıdır. Okyanus asitlenmesi, diğer küresel değişikliklerle, örneğin, ısınma, aşamalı olarak düşük oksijen seviyeleri ve kirlilik, ötrofikasyon gibi yerel değişikliklerle birlikte hareket ederek türler ve ekosistemler için etkileşimli, karmaşık ve güçlendirilmiş etkilere yol açar (IPCC, 2014b).

2.2.1. Karasal ve Tatlısu Ekosistemleri

Hem karasal hem de tatlı su türlerinin büyük bir kısmı, özellikle iklim değişikliği habitat değişikliği, aşırı sömürü, kirlilik ve istilacı türler gibi diğer stres faktörleriyle etkileşime girdiğinde, 21. yüzyıl boyunca ve ötesinde öngörülen iklim değişikliği altında yok olma riskiyle karşı karşıyadır. Yok olma riski tüm RCP senaryolarında artmakta iklim değişikliği oranı ile risk artmaktadır. Birçok tür, 21. yüzyılda orta ve yüksek aralıkta iklim değişikliği oranları (yani RCP4.5, 6.0 ve 8.5) altında uygun iklimleri izleyemeyecektir. Daha düşük değişim oranları (yani RCP2.6) daha az sorun yaratacaktır. Bazı türler yeni iklimlere uyum sağlayacaktır. Yeterince hızlı adapte olamayanlar azalacak veya soyu tükenecektir (IPCC, 2014a).

Bu yüzyıl içinde, orta ile yüksek emisyon senaryoları (RCP4.5, 6.0 ve 8.5) ile ilişkili iklim değişikliği büyüklükleri ve oranları, sulak alanlar da dahil olmak üzere tatlı su ekosistemlerinde ani ve geri dönüşümsüz değişim riski taşımaktadır. İklim üzerinde önemli etkiye yol açabilecek örnekler, boreal-tundra Kuzey Kutbu sistemi ve Amazon ormanıdır. Karasal biyosferde (örneğin, turba, permafrost ve ormanlarda) depolanan karbon, iklim değişikliği, ormansızlaşma ve ekosistem bozulması nedeniyle atmosfere zarar verebilir. Hastalıklara bağlı olarak ağaçlarda ölüm oranının artışı ve buna bağlı olarak ormanların ortadan kalkmasının, artan sıcaklıklar ve kuraklık

nedeniyle 21. yüzyıl boyunca birçok bölgede meydana geleceği öngörülmektedir. Ormanların bu yolla ortadan kalkması, karbon depolama, biyolojik çeşitlilik, odun üretimi, su kalitesi ve ekonomik faaliyetler için risk oluşturmaktadır (IPCC, 2014a).

2.2.2. Deniz Ekosistemleri

21. yüzyılın ortalarında ve sonrasında öngörülen iklim değişikliği nedeniyle, hassas bölgelerde küresel deniz türlerinin yeniden dağılımı ve deniz biyolojik çeşitliliğinin azaltılması, balıkçılık verimliliği ve diğer ekosistem hizmetlerinin sürekliliğinin sağlanmasında zorluklar yaşanacaktır. Öngörülen ısınma nedeniyle deniz türlerindeki mekânsal kaymalar, tropik ve yarı kapalı denizlerde yüksek enlem türlerinin istilalarına ve yüksek yerel yok oluş oranlarına neden olacaktır.

Tür zenginliği ve balıkçılık potansiyelini elde etmenin ortalama olarak orta ve yüksek enlemlerde artması ve tropikal enlemlerde azalması beklenmektedir. Oksijeni minimum olan bölgeler ve anoksik "ölü bölgelerin" kademeli olarak genişlemesi, balık habitatını daha da kısıtlayacak şekilde projekte edilmektedir. Açık okyanus ağı birincil üretiminin yeniden dağılışı ve 2100'e kadar tüm RCP senaryoları altında küresel olarak düşmesi öngörülmektedir. İklim değişikliği, aşırı avlanma ve diğer iklim dışı baskı faktörlerinin tehditlerine katkıda bulunmakta olup, bu nedenle deniz yönetimi rejimlerini zorlaştırmaktadır.

Orta ila yüksek emisyon senaryolarına göre (RCP4.5, 6.0 ve 8.5), okyanus asitlenmesi deniz ekosistemleri, özellikle polar ekosistemler ve mercan resifleri için fitoplanktondan hayvanlara tek tek türlerin fizyolojisi, davranışı ve popülasyon dinamikleri üzerindeki etkilerle ilişkili önemli riskler oluşturmaktadır. Yüksek derecede kireçli yumuşakçalar, ekinodermler ve resif yapan mercanlar, kabuklu hayvanlardan ve balıklardan daha hassastır ve balıkçılık ve geçim kaynakları için potansiyel olarak zararlı sonuçlar doğurur. Okyanus asitlenmesi diğer küresel değişikliklerle (örn. Isınma, oksijen seviyelerini düşürme) ve yerel değişikliklerle (örn. Kirlilik, ötrofikasyon) birlikte hareket eder. Isınma ve okyanus asitlenmesi gibi

eş zamanlı ögeler, türler ve ekosistemler için etkileşimli, karmaşık ve güçlendirilmiş etkilere yol açabilir (IPCC, 2014a).

2.3. Gıda Güvenliği ve Gıda Üretim Sistemleri

İklim değişikliği, ısınma, değişen yağış modelleri ve bazı aşırı olayların daha sık görülmesi nedeniyle gıda güvenliğini zaten etkilemiştir. Gözlemler, çoğu alçak enlem bölgesindeki bazı ürünlerin (örneğin, mısır ve buğday) veriminin iklim değişikliklerinden olumsuz etkilendiğini, buna karşılık çoğu yüksek enlem bölgesinde ise bazı ürünlerin (örneğin, mısır, buğday ve şeker pancarı) son yıllarda olumlu bir şekilde etkilendiğini göstermektedir. İklim değişikliğine bağlı olarak, Afrika'daki pastoral sistemlerde hayvan gelişiminde yetersizlik ve bu da daha düşük ve üretkenlik ile sonuçlanmıştır. Tarımsal zararlıların ve hastalıkların iklim değişikliğine şimdiden tepkilerinin hem artmasına hem de azalmasına yol açtığına dair sağlam kanıtlar vardır. Yerli ve yerel bilgilere dayanarak, iklim değişikliği, özellikle Afrika'daki kurak bölgelerde ve Asya ile Güney Amerika'nın yüksek dağ bölgelerinde gıda güvenliğini etkilemektedir (IPCC, 2019).

2050'den sonra verim etkisi riskinin daha şiddetle artması, ısınma seviyesine bağlıdır. İklim değişikliğinin, birçok bölgedeki mahsul veriminin yıllar arası değişkenliğini giderek artırması öngörülmektedir. Bu öngörülen etkiler, hızla artan ürün talebi bağlamında ortaya çıkacaktır. Gıda güvenliği, gıda erişimi, kullanımı ve fiyat istikrarı dahil olmak üzere iklim değişikliğinden potansiyel olarak etkilenmektedir. Deniz balıkçılığının yeniden dağılışı, daha yüksek enlemlere doğru kayma potansiyeli göstermektedir, tropik ülkelerde ise gıda güvenliği açısından potansiyel sonuçları olan azalan arz, gelir ve istihdam riski oluşturmaktadır. 20. yüzyılın sonlarında, ~ 4 ° C veya daha yüksek küresel sıcaklık artışları, artan gıda talebi ile küresel ve bölgesel gıda güvenliği için büyük riskler doğuracaktır. Gıda güvenliği riskleri alçak enlem bölgelerinde genellikle daha fazladır (IPCC, 2014a).

2.4. Kıyı Sistemleri ve Alçak Alanlar

21. yüzyıl boyunca ve sonrasında öngörülen deniz seviyesinin yükselmesi nedeniyle, kıyı sistemleri ve alçak alanlarda, taşkınlar ve kıyı erozyonu gibi olumsuz etkiler giderek daha fazla yaşanacaktır. Kıyı kesiminde risklere maruz kalacağı tahmin edilen nüfus ve varlıklar ile kıyı ekosistemleri üzerindeki insan baskıları, önümüzdeki on yıllarda nüfus artışı, ekonomik kalkınma ve kentleşme nedeniyle önemli ölçüde artacaktır. Kıyı bölgelerinde uyumun adaptasyonunun nispi maliyetleri, 21. yüzyıl için bölgeler ve ülkeler arasında ve arasında büyük farklılıklar göstermektedir. Bazı düşük seviyeli gelişmekte olan ülkelerin ve küçük ada ülkelerinin, bazı durumlarda, GSYİH'nın yüzde birkaç puanının hasar ve uyum maliyetlerine yol açabilecek çok yüksek etkilerle karşılaşmaları beklenmektedir (IPCC, 2014a).

2.5. Kentsel Alanlar

İklim değişikliğinin küresel risklerinin çoğu kentsel alanlarda yoğunlaşmaktadır. Dirençlilik sağlayan ve sürdürülebilir kalkınmayı sağlayan adımlar, küresel olarak iklim değişikliğine başarılı uyumu hızlandırabilir. Isı stresi, aşırı yağış, iç ve kıyı taşkınları, toprak kaymaları, hava kirliliği, kuraklık ve su kıtlığı, kentsel alanlarda insanlar, varlıklar, ekonomiler ve ekosistemler için risk oluşturmaktadır. Temel altyapı ve hizmetlerden yoksun olan veya düşük kaliteli konutlarda ve açık alanlarda yaşayanlar için riskler artması beklenmektedir. Temel hizmet açıklarının azaltılması, konutların iyileştirilmesi ve esnek altyapı sistemlerinin oluşturulması, kentsel alanlardaki kırılganlığı ve maruziyeti önemli ölçüde azaltabilir. Kentsel uyum, etkili çok seviyeli kentsel risk yönetişiminden, politikaların ve teşviklerin uyumundan, yerel yönetimlerin ve toplumun uyum kapasitesinin güçlendirilmesinden, özel sektörle sinerjiden ve uygun finansman ve kurumsal gelişmeden yararlanır. Düşük gelirli grupların ve korunmasız toplulukların artan kapasitelerinin, seslerinin ve etkilerinin ve yerel yönetimlerle ortaklıklarının da uyuma faydası vardır (IPCC, 2014a).

2.6. Kırsal Bölgeler

Yakın gelecekte ve ötesinde, dünya genelinde gıda ve gıda dışı ürünlerin üretim alanlarındaki değişimler dahil olmak üzere, su mevcudiyeti ve arzı, gıda güvenliği ve tarımsal gelirler üzerindeki etkiler yoluyla yakın gelecekte ve gelecekte önemli kırsal etkiler beklenmektedir. Bu etkilerin modern tarımsal girdiler, altyapı ve eğitime sınırlı erişimi olan kırsal alanlarda yaşayan yoksulların refahını orantısız olarak etkilemesi beklenmektedir. Kırsal karar alma bağlamlarını dikkate alan politikalar yoluyla tarım, su, ormancılık ve biyoçeşitlilik için daha fazla uyum gerçekleştirilebilir. Ticaret reformu ve yatırımlar, küçük ölçekli çiftlikler için pazara erişimi iyileştirebilir (IPCC, 2014a).

2.7. Aşırı Hava Olayları

Aşırı hava ve iklim olaylarında yaklaşık 1950'den bu yana değişiklikler gözlemlenmiştir. Küresel ölçekte soğuk günlerin ve gecelerin sayısının azalması ve sıcak günlerin ve gecelerin sayısının artması çok muhtemeldir. Avrupa, Asya ve Avustralya'nın büyük bölgelerinde sıcak hava dalgalarının sıklığı artmış olabilir. İnsan etkisinin, 20. yüzyılın ortalarından bu yana günlük sıcaklık aşırılıklarının sıklığı ve yoğunluğunda gözlenen küresel ölçekte değişikliklere katkıda bulunması çok muhtemeldir. İnsan etkisinin bazı yerlerde sıcak dalgalarının oluşma olasılığını iki katından fazla artırması muhtemeldir. Aşırı yağış olaylarının sayısının arttığı yerlerin sayısının azaldığı yerlerden daha fazladır. Bazı havzalarda aşırı yağış bölgesel ölçekte daha büyük taşkın riski anlamına gelmektedir. Sıcak hava dalgaları, kuraklık, seller, siklonlar ve orman yangınları gibi iklim ile ilgili aşırı uçlardan gelen etkiler, bazı ekosistemlerin ve birçok insan sisteminin mevcut iklim değişkenliğine önemli ölçüde zayıf olduğunu ve maruz kaldığını ortaya koymaktadır (IPCC, 2014a).

Sıcak hava dalgaları, kuraklık, orman yangınları, seller, şiddetli fırtınalar ve toz bulutları, insan sağlığı ve refahını etkileyeceği gibi geniş çaplı toplumsal ve kültürel kargaşaya da yol açabilir. Sıcaklığın hızla değişmesi mevsimleri de etkileyip

mevsimlerin süresini değiştirebilir. Örneğin, kısalan kışlar belli bir ekosistemde kilit rol oynayan unsurların eşleşememesi gibi sorunları doğurabilir. Kuşların beslenme dönemlerinde, solucan veya böcekler olmayabilir, arılar uyandığında henüz çiçekler açmamış olabilir. Kuraklık ve sellerin sıklaşması da yerelde gıda üretimini olumsuz etkilerken, dağlık bölgelerde yaşayan topluluklar eriyen buzulların neden olacağı sel riskine çok daha acık hale gelebilirler. Buna ek olarak, Güney ve Güneydoğu Asya'da sellerin neden olduğu hastalıklar ve ishale bağlı ölümler artabilir. Belli bir bölgenin bu tip aşırı hava koşullarından etkilenmeye açık olması hem iklim değişikliğinin boyutuna, hem de ülkelerin olası tehditlere karşı etkili çözümler geliştirip geliştirmemesine bağlıdır. Isınmadan dolayı enerjisi artan tropik fırtınalar, örneğin kasırgalar, daha şiddetlenecek ve fırtına yolları muhtemelen yon değiştirerek kutuplara yönelecektir. Bu yön değiştirme Avustralya'nın güneyinde, ABD'nin kuzeyinde ve Avrupa'nın güneyinin önemli bir bölümünde daha az yağmur görüleceği ve Kuzey Avrupa'yı ise daha güçlü kış fırtınalarının vuracağı anlamına gelmektedir. Denizlerin sıcaklığındaki küçük bir artış bile Avustralya kıyılarını tehdit eden kasırgaların oluşumuna yol açabilecektir. Örneğin, 1995 yılı Temmuz ayında Chicago'da beş gün boyunca sıcaklık dalgaları yaşanmış, hava sıcaklıkları 38-41°C'yi bulmuştur. Chicago, klimanın yaygın kullanıldığı modern bir sanayi şehri olmasına karşın, sıcaklık dalgası 500 kişinin hayatına mal olmuştur. Ayrıca Chicago, ABD'nin mısır ekim bölgesinin merkezinde yer aldığından, bu sıcaklar ABD'nin mısır hasadının %15 oranında azalmasına ve 3 milyar dolar zarara yol açmıştır.

2.8. İnsan Sağlığı

Yüzyılın ortalarına kadar, öngörülen iklim değişikliği, esas olarak halihazırda var olan sağlık sorunlarını şiddetlendirerek insan sağlığını etkileyecektir. 21. yüzyıl boyunca, iklim değişikliği, birçok bölgede ve özellikle düşük gelirli gelişmekte olan ülkelerde sağlık sorunlarının ciddi artışa yol açması beklenmektedir. Örnekler arasında daha yoğun sıcak dalgaları ve yangınlar nedeniyle daha fazla yaralanma, hastalık ve ölüm olasılığı; yoksul bölgelerde azalan gıda üretiminden kaynaklanan yetersiz beslenme olasılığı; savunmasız nüfusta kayıp iş kapasitesi ve azalan işgücü verimliliği riskleri;

gıda ve su kaynaklı hastalıklardan ve vektör kaynaklı hastalıklardan kaynaklanan artan riskler öngörülmektedir. Daha az soğuk ekstremlerin olmasının, gıda üretiminde coğrafi kaymalar ve vektörlerin bazı hastalıkları iletme kapasitesinin azalması nedeniyle bazı bölgelerde soğuğa bağlı ölüm ve hastalık oranlarında ılımlı azalmalar içermesi beklenmekle birlikte, küresel olarak 21. yüzyılda, olumsuz etkilerin büyüklüğü ve ciddiyetinin, olumlu etkenlere oranla daha ağır basacağı tahmin edilmektedir. Yüksek emisyon senaryosu RCP8.5'e göre, 2100 yılına gelindiğinde, yılın bazı dönemlerinde bazı bölgelerde yüksek sıcaklık ve nem kombinasyonunun, bitkisel üretim veya açık havada çalışma da dahil olmak üzere normal insan faaliyetlerini tehlikeye atması öngörülmektedir (IPCC, 2014a).

2.9. Güvenlik

21. yüzyılda iklim değişikliğinin insanların yerinden edilmesini artırması öngörülmektedir. Hem kırsal hem de kentsel alanlarda, özellikle düşük gelirli gelişmekte olan ülkelerde aşırı hava olaylarına daha fazla maruz kaldığında yer değiştirme riski artar. Hareketlilik fırsatlarını genişletmek, bu tür nüfus için güvenlik açığını azaltabilir. Göç modellerindeki değişiklikler hem aşırı hava olaylarına hem de uzun vadeli iklim değişkenliğine ve değişikliğine yanıt olabilir ve göç de etkili bir uyum stratejisi olabilir (IPCC, 2014a).

İklim değişikliği dolaylı olarak yoksulluk ve ekonomik şoklar gibi bu çatışmaların belgelenmiş itici güçlerini artırarak iç savaş ve gruplar arası şiddetli çatışma risklerini artırabilir. Birden fazla kanıt, iklim değişkenliğini bu çatışma biçimleriyle ilişkilendirmektedir. İklim değişikliğinin birçok devletin kritik altyapısı ve toprak bütünlüğü üzerindeki etkilerinin ulusal güvenlik politikalarını etkilemesi beklenmektedir. Örneğin, deniz seviyesinin yükselmesi nedeniyle toprakların su altında kalması, küçük ada devletlerinin ve geniş sahil şeridi olan devletlerin toprak bütünlüğü açısından risk oluşturmaktadır. Deniz buzu, ortak su kaynakları ve pelajik balık stoklarındaki değişiklikler gibi iklim değişikliğinin bazı sınır ötesi etkileri devletler arasındaki rekabeti artırma potansiyeline sahiptir, ancak güçlü

ulusal ve hükümetlerarası kurumlar iş birliğini artırabilir ve bu rekabetlerin çoğunu yönetebilir (IPCC, 2014a).

2.10. Geçim Kaynakları ve Yoksulluk

21. yüzyıl boyunca, iklim değişikliği etkilerinin ekonomik büyümeyi yavaşlatması, yoksulluğun azaltılmasını daha zor hale getirmesi, gıda güvenliğini daha da aşındırması ve mevcut süreyi uzatması ve özellikle kentsel alanlarda ve yeni açlık sıcak noktalarında yeni yoksulluk tuzakları yaratması öngörülmektedir. İklim değişikliği etkilerinin çoğu gelişmekte olan ülkede yoksulluğu artırması ve hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde eşitsizliği artan ülkelerde yeni yoksulluk cepleri yaratması beklenmektedir. Kentsel ve kırsal alanlarda, net gıda alıcısı olan ücretli emeğe bağımlı yoksul hanelerin, yüksek gıda güvensizliği ve yüksek eşitsizliği (özellikle Afrika'da) olan bölgeler de dahil olmak üzere gıda fiyatlarındaki artışlardan özellikle etkilenmesi beklenmektedir. Böylesi olumsuzlukların var olduğu ülkelerde ve bölgelerde, sigorta programları, sosyal koruma önlemleri ve afet risk yönetimi, yoksulluk ve çok boyutlu eşitsizlikleri ele alıyorsa, yoksul ve marjinal insanlar arasında uzun vadeli geçim direncini artırabilir.

3. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN TÜRKİYE'DE SEKTÖRLERE MUHTEMEL ETKİLERİ VE BAŞLICA RİSKLER

Türkiye'nin Ulusal İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı ile teknik ve bilimsel çalışmaların desteklediği ve katılımcı süreçler ile kabul edilen etkilenebilirlik alanlarından su kaynakları yönetimi, tarım ve gıda güvencesi, ekosistem hizmetleri, biyolojik çeşitlilik ve ormancılık, doğal afet risk yönetimi, insan sağlığı sektörlerine odaklanılmaktadır (ÇŞB, 2012; 2016; Republic of Turkey Ministry of Environment and Urbanization, 2018). Dolayısıyla iklim değişikliğinin Türkiye'ye muhtemel etkileri ve riskler bu çerçevede değerlendirilmiştir.

3.1. Su Kaynakları

Türkiye'nin mevcut sürdürülebilir olarak kullanılabilir su potansiyeli 112 milyar m^3 olup bunun 94 milyar m^3'ü yüzey suyu, 18 milyar m^3'ü ise yer altı suyudur. Türkiye'de şu anda bu potansiyelin yaklaşık %50'si kullanılmaktadır. 2016 yılında 54 milyar m^3 olan toplam su tüketimi, Türkiye'nin net su potansiyelinin %48'ine tekabül etmektedir. Toplam kullanımın 39 milyar m^3'ü yüzey sularından ve 15 milyar m^3'ü ise yeraltı sularından karşılanmaktadır.

Tarımsal sulamada kullanılan su, %74 oranla en yüksek paya sahipken, suyun %13'ü evsel amaçlı ve %13'ü ise sanayide kullanılmaktadır (Şekil 6.21). Dolayısıyla, 2016 yılında niceliksel olarak; sulama için 40 milyar m^3, evsel kullanım için 7 milyar m^3 ve sanayi için 7 milyar m^3 su kullanılmıştır.

2023 yılında Türkiye'nin 112 milyar m^3 olan kullanılabilir nitelikteki suyun tümünün kullanılacağı tahmin edilmektedir. 2023 yılı su tüketim miktarları; sulama için 72 milyar m^3, içme ve kullanma suyu için 18 milyar m^3 ve endüstri için 22

milyar m^3 olmak üzere, toplam 112 milyar m^3 olarak öngörülmüştür. Bu verilere göre, tarımsal sulama için su kullanım payının 2023 yılına kadar %64'e düşeceği, endüstriyel kullanım payının ise %20'ye, evsel kullanımın payının ise %16'ya çıkacağı öngörülmektedir (Republic of Turkey Ministry of Environment and Urbanization, 2018).

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) projeksiyonlarına göre, Türkiye'nin nüfusunun 2030 yılında yaklaşık 93 milyona ulaşacağı öngörülmektedir. Bu durumda günümüzde 1.302 m^3/yıl olan kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı, 2030 yılında 1.204 m^3/yıl'a düşecektir. Ülkenin mevcut büyüme hızı, su tüketim alışkanlıklarının değişmesi gibi faktörlerin etkisi ile su kaynakları üzerine olabilecek baskıları tahmin etmek mümkündür. Ayrıca bütün bu tahminler mevcut kaynakların bu yıla dek hiç tahrip edilmeden aktarılması durumunda söz konusu olabilecektir.

Bu anlamda, ortak inanışın aksine, kişi başına kullanılabilir su miktarı bakımından Türkiye su zengini bir ülke değildir. Kişi başına düşen su potansiyeli açısından ülkeleri sınıflandıran Falkenmark Endeksi'ne göre, Türkiye kişi başına yıllık 1.000-1.500 metreküp su potansiyeline sahip olduğu için "su stresi" olan bir ülkedir ve kişi başına düşen su miktarı dünya ortalamasının altındadır. Aynı endeks dikkate alındığında, ülkede kişi başına düşen suyun 1.000 metreküpün altına düşmesi halinde, ülke su kıtlığı durumuna girecektir. Bu gerçeğin ışığında, yakın gelecekte Türkiye su kıtlığı riski altındadır). Bu rakamın, iklim değişikliğinin etkisi göz önünde bulundurulmadan gelecekte daha da küçülmesi öngörülmektedir.

Kullanılabilir su miktarının 21. yüzyıl boyunca değişmediğini varsayarsak (yani iklim değişikliği etkisi olmadan), 2050 yılında kişi başına düşen su miktarı bugüne oranla daha da azalacaktır, çünkü nüfus artacaktır. TÜİK tarafından 2018 yılında güncellenmiş olan Türkiye nüfus projeksiyonlarına göre, nüfusun 2050 yılında yaklaşık 104 milyon, 2075'te ise 107 milyon olacağı öngörülmektedir. Buna göre, kişi başına düşen su miktarı 2050 yılında 982 m^3/yıl, 2075 yılında ise o yıl yaklaşık 957 m^3/yıl'a inecektir. Bu rakamlar Türkiye'yi "su kıtlığı" olan ülkeler arasına yerleştirecektir (Şen, 2013).

İklim değişikliğinin en önemli etkisinin su döngüsü üzerinde olacağı ve Türkiye'de de iklim değişikliğinin gelecekte su kaynakları genelinde bir azalmaya neden olacağı bilimsel olarak öngörülmektedir. Türkiye genelinde özellikle 2041 yılı sonrasında daha fazla hissedilmek üzere toplam yağışta azalmalar öngörülmektedir (Republic of Turkey Ministry of Environment and Urbanization, 2018).

3.2. Tarım ve Gıda Güvencesi

Türkiye'nin iklimi ve yer şekilleri, çok çeşitli türde tahılların, meyve ve sebzelerin yetişmesini sağlamaktadır. Türkiye'nin 77,9 milyon hektar olan toprak varlığının 23,7 milyon hektarını tarım arazileri oluşturmaktadır. 2016 yılı itibarıyla ekilen tarım arazilerinin %31,4'ü sulanabilmekte, geri kalan %68,6 oranındaki bölümde ise kuru tarım yapılmaktadır. Bu nedenle tarımsal üretim doğrudan yağışlara bağlıdır.

İklim değişikliğinin gelecekte, Türkiye'nin de içinde yer aldığı Akdeniz bölgesindeki gıda üretimini birçok yolla etkileyebileceği düşünülmektedir. Doğrudan etkiler atmosferdeki karbondioksit miktarındaki artış ve deniz seviyesinde yükselme şeklinde ortaya çıkabilecektir. Ancak pek çok alandaki gıda üretimi, çölleşme, yangın riskinde artış, hastalık ve zararlıların hızlı yayılması ve dünya pazarında yaşanacak değişiklikler gibi faktörler nedeniyle iklim değişikliğinden çok daha fazla etkilenecektir. Diğer yandan iklim değişikliğinin gıda üretimi üzerine olası etkileri tam olarak bilinmemektedir. Zira farklı düzeylerdeki iklim değişikliğinin etkilerini etraflıca ortaya koyacak, kapsamlı entegre çalışmalar ele alınmamıştır. Yürütülen çalışmaların büyük çoğunluğu da sınırlı sayıda gıda ürünlerine odaklanmış, günümüz toprak işleme yöntemleri ile en fazla günümüzden 2 kat daha fazla karbondioksitin atmosferde olacağı koşulları dikkate almışlardır. Bununla birlikte mevcut kanıtlar, iklim değişikliğinin gıda üretimini bölgenin tamamında olumsuz etkileyeceğini, gıda fiyatlarının artacağını ve tüm bölgede gıda güvenliğinin tehdit altında olacağını ortaya koymaktadır (Republic of Turkey Ministry of Environment and Urbanization, 2018).

Türkiye'de hayvancılık ağırlıklı olarak meraya dayalı, ekstansif hayvancılık şeklinde yapılmaktadır. Bu nedenle de hayvancılık doğal koşullara bağlı olarak gerçekleşmektedir. İklim değişikliği hayvancılık üzerinde doğrudan ve dolaylı etkilere sahiptir. Kuraklık, seller, heyelan, verimlilik kayıpları ve fizyolojik stres gibi olayların artması doğrudan etkilerin birkaçıdır. Dolaylı etkiler ise yem kalitesi ve miktarı, içme suyu bulunabilirliği, salgın hastalıkların artması, girdi fiyatlarının artmasıdır. Gözlemler sıcaklıklarda artışın olduğunu, model projeksiyonlar ise kuraklığın sıklığı, süresi ve kapsamında artışlar olacağını göstermektedir. Sıcaklık 40°C üstünde uzun süre devam ettiğinde hayvancılık için önemli problemler ortaya çıkacaktır. Artan hava sıcaklığından, koyun ve keçi gibi hayvanlardan daha çok çayır-mera gibi doğal alanlarda otlayan, geviş getiren hayvanlar doğrudan ve daha fazla etkilenebilecektir. Özellikle kuraklığa bağlı olarak doğal otlama alanlarındaki verimin düşmesinin beslenme nedeniyle hayvanların yaşamlarını olumsuz etkileyebilecek, mısır ve yonca gibi suya ihtiyaç duyulan yem bitkileri üretiminde düşüşe ve yem fiyatlarında artışa sebep olabilecektir. Bu nedenle gelecekte sıcağa dayanıklı tür ve ırkların yetiştiricilikte daha fazla önem kazanacağı düşünülmektedir (Kadıoğlu ve diğ., 2017).

Türkiye, üç tarafı denizlerle çevrili bir ülkedir. Bu nedenle balıkçılık gerek nüfusun beslenmesi gerekse kıyı bölgelerinin temel geçim kaynaklarından biri olması açısından önemli bir ekonomik faaliyet alanıdır. Kıyılardaki balıkçılık, geleneksel yapısı, düşük sermaye ile yapılabilmesi, genellikle gelir ve eğitim seviyesi düşük nüfusun uğraşısı olması yanında, gıda güvencesine önemli katkı sağlamakta ve önemli bir protein kaynağı olmaktadır.

Türkiye'de 2017 yılında su ürünleri üretimi 630.820 tondur. Bu miktarın 322.173 tonu deniz ürünleri, 276.502 tonu kültür balıkçılığı ve 32.145 tonu ise iç kesimdeki sularda yetiştirilen ürünlerinden oluşmaktadır (TÜİK, 2018d). Balıkçılık sektörü yaklaşık 250 binden fazla kişiye istihdam olanağı sağlamaktadır. Yüksek av gücüne rağmen denizleri ve iç su kaynaklarından elde edilen su ürünleri üretimi artmamakta ve dolayısıyla elde edilen su ürünleri üretim rakamlarının artık üst sınırda olduğu kabul edilmektedir. Bu durum büyük ölçüde kontrolsüz ve aşırı avlanmanın bir

sonucudur. İklim değişikliğinin bu olumsuzluğu daha da artırması beklenmektedir. İklim değişikliği bir yandan deniz ekosistemlerinde değişime neden olurken bir yandan da ekonomik ve sosyal olumsuzluklara yol açacaktır. Su ürünleri sucul ortamlardaki değişimlere karşı çok hassas olduğundan iklim değişikliğinin, balıkçılık ve yetiştiricilik sektörlerinde zararlara neden olması kaçınılmaz hale gelecektir.

3.3. Doğal Afetler ve Risk Yönetimi

Son yıllarda sayıları gittikçe artan sayıda çalışmalar, iklim değişikliğinin yıkıcı meteorolojik olayların gücünü artırdığına işaret etmektedir. Gelecekle ilgili projeksiyonlar da iklim değişikliğinin bu tip olayları daha da güçlendireceğini öngörmektedir. Bu bakımdan, aşırı hava olayları, iklim değişikliği ve afetler arasındaki ilişki son yıllarda daha iyi anlaşılmaktadır. Zira iklim değişikliği aşırı hava olaylarına, aşırı hava olayları da sosyo-ekonomik şartların elverişsiz olduğu yerlerde afetlere neden olmaktadır. Bu nedenle, iklim değişikliğine uyum çalışmaları aynı zamanda afet risklerini azaltmaya; afet risklerini azaltma çalışmaları da aynı zamanda iklim değişikliğine uyuma katkıda bulunabilmektedir (Kadıoğlu, 2012).

IPCC AR4'e göre, 21. yüzyılda Türkiye de dahil olmak üzere Güney Avrupa'da daha sık, şiddetli ve uzun süreli kuraklıklar, sıcak hava dalgaları ve orman yangınlarının görülmesi beklenmektedir. Ayrıca, kısa süreli fakat şiddetli sağanak yağış görülen günlerin sayısındaki artışla beraber, ani oluşan sellerde de önemli artışların olması öngörülmektedir. Bunun sonucunda iklim değişikliği, tarım ve su kaynakları üzerinde olumsuz etkilere yol açabilecek ve hidro-meteorolojik afetlere bağlı can ve mal kayıplarını da artırabilecektir (Kadıoğlu, 2012).

Akdeniz Havzası'nda bulunan Türkiye'nin ikliminde de küresel değişikliklere benzer değişiklikler gözlenmektedir. Özellikle kış yağışlarında azalmalar, sıcaklıklarda artışlar, son dönemde maruz kaldığımız kuraklık, sel ve taşkınlar bunlar arasında sayılabilir. Türkiye için gerçekleştirilen bölgesel iklim modeli çalışmalarının sonuçları, gelecekte de bu değişikliklerin süreceğini göstermektedir. Dünya Bankası

tarafından yayımlanan raporun aktardığı bir çalışmaya göre Türkiye'nin, 21. yüzyılın sonlarına doğru Avrupa ve Orta Asya Bölgesinde ekstrem iklim olaylarına en çok maruz kalacak 3. ülke olacağı belirtilmektedir (Kadıoğlu, 2012).

Son yıllarda jeolojik ya da jeofiziksel afetlerin oluşum sayısında gerçekte önemli bir değişiklik olmamakla birlikte, küresel iklim değişikliğinin de etkisiyle, meteorolojik, iklimsel ve hidrolojik afetlerin oluşum sayılarında ciddi artışlar olmuştur. Küresel iklim değişikliği nedeniyle, son yıllarda "felaket" olarak adlandırılan büyük ölçekli doğal afetlerden meteorolojik karakterli olanların sayısında 1980 yılından bu yana sürekli ve çok önemli artışlar görülmektedir (MGM, 2017). Ülkemizde 2015 yılı içerisinde toplam 731, 2016 yılı içerisinde toplam 654, 2017 yılı içerisinde toplam 598 ve 2018 yılı içerisinde toplam 871 meteorolojik afet rapor edilmiştir (MGM, 2016; 2017 ve MGM, 2018; 2019).

Türkiye küresel iklim değişikliğinin potansiyel etkileri açısından risk grubu ülkeler arasında yer almaktadır. Türkiye'de iklim değişikliğine bağlı olarak artması öngörülen doğal afetler: aşırı hava olayları, orman yangınları, fırtınalar, seller, dolu, sıcak hava dalgaları, heyelan ve çığ olarak sıralanmaktadır. Ülkemizde de iklim değişikliğine bağlı olarak sellerin neden olduğu ekonomik kayıplar depremlerin neden olduğu ekonomik kayıplara eşit hale gelmiştir. Sadece fırtınalarla birlikte görülen yıldırımların neden olduğu can kayıplarının son yıllarda büyük bir artış göstererek 400'e ulaştığı verilerle tespit edilmiştir. Buna paralel olarak 2000'li yıllarda meydana gelen meteorolojik afetlerin sayısında 1960'lı yıllara göre 3 kat, sigorta kayıpları acısından 15 kat ve ekonomik kayıplar acısından 9 kat artış olduğu belirlenmiştir (Kadıoğlu, 2012).

İklim değişikliğinin gelecekteki etkilerinin tam kapsamını, ciddiyetini ve temposunu tahmin etmek zordur, yine de meydana gelecek afet düzeyindeki olaylarla iklim değişikliğinin toplumsal güvenliği etkileyeceği açıktır (Republic of Turkey Ministry of Environment and Urbanization, 2018).

3.4. Ekosistemler ve Biyoçeşitlilik

Türkiye, Avrupa-Sibirya, Akdeniz ve İran-Turan olarak isimlendirilen üç biyocoğrafik bölgeye ve bunların geçiş zonlarına sahiptir. Ülkenin kıtalar arasında yer alması, yükseltinin, yeryüzü şekilleri ve iklim özelliklerinin kısa mesafelerde değişmesi, canlı türleri ve genetik özellikleri ile ekosistemlerin çeşitliliği bakımından oldukça zengin bir özelliğe sahip olmasını sağlamıştır. Türkiye, orman, dağ, step, sulak alan, kıyı ve deniz ekosistemleri ile bu ekosistemlerin farklı formlarına ve kombinasyonlarına sahiptir (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2008).

Bir ekosistem tipini belirleyen en önemli faktörler sıcaklık ve yağış rejimi olduğundan, iklimdeki değişiklikler ekosistemlerin yapısında ve fonksiyonlarında değişime neden olacaktır. Son dönemlerde iklim değişikliğinin türler ve ekosistemler üzerindeki etkileri giderek daha fazla hissedilmeye başlamıştır. Özellikle, kısıtlı yaşam alanlarına sahip türler ile hassas ekosistemlerin iklim değişikliğinden daha fazla etkileneceği düşünülmektedir. İklim değişiminin ekosistemler üzerindeki etkilerinin ve konu ile ilgili ulusal çalışmalara ait bulguların verildiği bu bölümde ekosistemler iç su, karasal ve denizel ekosistemler olmak üzere üç alt başlık altında değerlendirilmiştir.

3.4.1. İç su Ekosistemleri

Türkiye, yaklaşık olarak 10.000 km²'lik bir alan kaplayan akarsuları ve gölleriyle biyolojik çeşitliliği yaşatmak için çok önemli olan iç su kaynaklarına sahiptir. Türkiye'nin iç su potansiyelini 33 nehir, 120'den fazla doğal göl ve 825 baraj gölü oluşturmaktadır. İklim değişiminin iç su ekosistemleri üzerindeki beklenen etkileri aşağıda özetlenmiştir.

İklim değişiminin iç su ekosistemlerinde beklenen etkileri, kara içi su kütlelerinin alan ve hacim kayıpları, tatlı su kaynaklarında azalma, akım ve debi azalmaları gibi etkiler olup, bu etkiler çoraklaşma, su kıtlığı ve yetersizliği, biyolojik çeşitlilik ve

habitatlarda bozulma, tarımda verim düşüşleri ve gıda yetersizliği gibi sonuçlara neden olacaktır.

Sulak alanlar iklim değişikliğine karşı en kırılgan ekosistemlerden biridir. Karasal tatlı su sulak alanları, yağışlardaki değişikliklerden ve daha sık ve daha şiddetli kuraklık, fırtına, sel ve baskınlarından etkilenecektir. Akarsu sistemlerini besleyen yağışların zaman ve miktarının değişmesi, delta ve haliçler gibi kıyısal sulak alanlarda su tedarikini değiştirir.

Göl sularının sıcaklıkla azalması sonucunda artan besin tuzları yoğunluğu, bu göllerde aşırı alg artışına (patlama) özellikle toksin üreten siyonobakter ağırlıklı fitoplankton artışına neden olur. Türkiye göllerinde kurak dönemlerde daha fazla siyanobakter ağırlıklı aşırı alg artışı yaşanması ve ötrofikleşmesi, küresel ısınma ile kurak iklim bölgelerindeki göllerde olası beklentilerle tamamen örtüşmektedir. İç gölleri besleyen akarsulardan göllere karışan azot ve fosfor yoğunluğu artan kuraklıktan ötürü yükseleceği için, aynı durum göllerde de yaşanacaktır. Ortaya çıkan alg patlaması, iç göllerdeki ekolojik dengeyi de bozacak ve su bitkileri, av balıkları ve kuşların azalmasına neden olacaktır.

İç Ege ve Orta Anadolu'da bulunan sulak alanlarda büyük oranda, Marmara ve Doğu Anadolu'daki sulak alanlarda ise göreceli olarak daha küçük oranda olmak üzere, göl yüzeyi alanlarında daralma gözlenecektir. Sıcaklık artışından kaynaklanan buharlaşma nedeniyle yüzey alanlarında daralma beklense de yükselmesi beklenen deniz seviyesinden ötürü, kıyı kesimlerde bulunan delta ve lagünlerin durumlarında çok fazla bir değişme olmayabilecektir. Ancak, artan tuzluluk ve değişen flora (bitki örtüsü) nedeniyle, bunlarla beslenen fauna ve kuş türlerinde mutlak bir değişim ve kayıplar gözlenecektir (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2008).

3.4.2. Karasal Ekosistemler

Türkiye'de karasal ekosistemleri başlıca; tarımsal ekosistemler ile step, orman ve dağ ekosistemleri oluşturur. Tarımsal ekosistemler (ekili alanlar), Türkiye'nin toplam yüzölçümünün yaklaşık %35'ini oluşturmakta olup çoğunluğu step (bozkır) bölgelerinde yer almaktadır. Toplam tarımsal alanın %70'ini tahıl, %5'ini meyve bahçeleri, %2,7'sini sebze bahçeleri, %2'sini bağlar ve %2'sini zeytinlikler oluşturmaktadır.

Türkiye'de iklim değişikliğinin 2100 yılına kadar, ülkedeki tüm havzalar ve gelecekteki üç ayrı dönem için, hava sıcaklığı ve yağışta meydana getirebileceği değişikliklere yönelik projeksiyonlara ait bilgiler Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından gerçekleştirilen proje raporunda sunulmuştur.

Çalışmada, küresel iklim değişikliği modellerinden elde edilen geleceğe ait veriler ile donlu günler, bitki yetişme mevsimi ve toprak nemi dengesi analizleri 30 tarım havzası için yapılmıştır (Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2016; Kadıoğlu, 2017). Sonuçlar, yaz ve bahar aylarında Türkiye'nin büyük bir bölümünde su miktarının kısıtlı kalacağını, yağış ve buharlaşma-terleme arasındaki dengenin değişeceğini göstermektedir. Bununla birlikte, ekosistem hidrolojisine olan en büyük etki, bitki büyüme mevsimi uzunluğunda ve artan büyüme gün derecelerinde olmaktadır ve buna bağlı olarak bitki örtüsünde değişiklikler meydana gelebilecektir. Beklenen kar ve yağmur eksiklikleri ile buharlaşma-terleme hızının artması su kaynaklarında ve dolayısıyla tarım ve orman sektörlerinde stresi arttıracaktır. Böylece sıcak hava dalgalarındaki hızlı artış ve yağıştaki azalma ile iklim projeksiyonları döneminin başlangıcı olan 2015 yılından itibaren su için rekabet halinde olan tarım, turizm, sanayi sektörleri ile içme ve kullanma suyu sektörlerinin etkilenme olasılıklarının çok yüksek seviyelerde olması beklenmektedir (Kadıoğlu, 2017).

Tarımsal ekosistemleri etkileyen ve gelecekte etkilemesi beklenen önemli konulardan biri, kuraklık ve çölleşmedir. İklim etmenleri ve bitki örtüsü dikkate alındığında, Türkiye'deki çölleşmeye eğilimli kurak araziler, karasal iç ve doğu bölgelerinin önemli bir bölümünü ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ni içermektedir. Akdeniz ve Ege bölgelerinin geniş bir bolümü ise yanlış arazi kullanımına bağlı olarak gelecekte çölleşme süreçlerinden daha fazla etkilenebilecek yarı nemli alanlar olarak kabul edilmektedir. Uzun süreli ve şiddetli yaz kuraklıklarının ve yüksek hava sıcaklıklarının yanı sıra, yağış ve kuraklık indisi dizilerinde gözlenen kurak koşullara yönelik değişme eğilimlerinin, Akdeniz ve Ege bölgelerinde iklim etmenlerinin çölleştirme kuvvetini arttırmakta oluşu, bu düşünceyi destekler niteliktedir.

Özetle Ege, İç Anadolu ve Akdeniz'de kış ve ilkbahar yağışları azalırken hem yaz aylarındaki hava sıcaklığı hem de buharlaşma-terleme artmaktadır. Buna rağmen, ayçiçeği, mısır gibi yazlık bitkiler ve yonca ekilişinin İç Anadolu'da hızla artması nedeniyle, ihtiyaç duyulan sulama suyu miktarı bugüne göre yaklaşık iki katına çıkabilecektir. Sulama yapılsa bile bitkiler çiçeklenme ve tane doldurma döneminde daha yüksek ve aşırı sıcaklara maruz kalacağı için özellikle yazlık bitkilerin veriminde düşüşler olması beklenmektedir (Kadıoğlu, 2017).

İç Anadolu'daki step ekosistemi, kuzey ve güneydeki orman sınırlarına yakın yerlerde dar bir şerit biçiminde kalırken, bugün geniş alanlar kaplayan step alanları, özellikle Tuz Gölü'nü çevreleyen geniş bir alanda kolayca çöl ekosistemine dönüşecektir. İç ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri seyrek ve duyarlı bitki örtüsü ile çölleşmeye meyilli kurak araziler olduğu için, çölleşme olgusu bu bölgelerde kolayca gerçekleşecektir. Ancak, İç Anadolu'nun kuzey kesimlerinde yarı nemli iklim koşulları yönünde bir iyileşme görüleceğinden, mevcut orman sınırının az da olsa güneye inmesi beklenebilecektir (Republic of Turkey Ministry of Environment and Urbanization. 2018).

Orman Ekosistemleri, 2015 yılı verilerine göre, Türkiye yüzölçümünün %28,6'sını oluşturmaktadır. Orman alanlarının toplamı ise 22,34 milyon hektardır (Orman Genel Müdürlüğü, 2015). İğne yapraklı ve yapraklı ormanların yanı sıra Ege

ve Akdeniz bölgelerinde, çalılık ve makiler, nemli, yarı-nemli iğne yapraklı ve kuru ormanlar (meşe, kara ve kızılçam) da bulunur. İklim değişikliğinin Türkiye ormanlarına olabilecek başlıca muhtemel etkileri aşağıda özetlenmiştir.

- Global ortalama sıcaklıkta 1°C'lik bir yükselme ormanların tür kompozisyonunu ve fonksiyonlarını önemli derecede etkileyecektir. Yeni tür kompozisyonlarının oluşması ile yeni orman tipleri oluşabilecektir. Ayrıca sıcaklığın yükselmesine bağlı olarak hastalık ve yangın gibi etkiler artacaktır. Artan sıcaklıklardan kuzey ormanları tropikal ormanlardan daha fazla etkilenecektir.
- Özellikle kıyı bölgelerde ve düşük rakımlarda yaşayan tür ve ekosistemlerin yaşam alanları yüksek rakımlara kayacaktır.
- Sıcaklıkların artması ve yağışların azalması ile orman yangınlarının sıklığı, süresi ve şiddetinde de artışlar beklenmektedir. Ayrıca günümüzde Türkiye ormanlarının %60'ı kadar olan yangına çok hassas bölgelerin alanı genişleyecektir.
- Bitki ve hayvan türleri değişen iklim koşullarına uyum sağlamak için uygun ekolojik şartların bulunduğu alanlara doğru göç edebilir. Türkiye'de dağlık alanlarda gözlenen vejetasyon kuşakları ve orman sınırı daha yükseklere doğru kayabilir
- Sıcaklıkların artması ile bitkilerin büyüme dönemleri daha erken başlayacak ve sonbaharı da içine alarak daha uzun sürecektir. Bazı türler değişen koşullara uyum sağlayamayacaktır.

Türkiye, ortalama yükseltisi 1132 metre olan, genellikle yüksek ve dağlık bir ülkedir. Alp-Himalaya dağ sisteminin uzantısı olan sıradağlar ülkenin güney ve kuzeyinde kıyıya paralel olarak uzanır. İç kısımlarda ise en yükseği Ağrı Dağı (5137 m.) olmak üzere çok sayıda yüksek volkanik dağlar yer alır. Türkiye'deki dağ ekosistemlerinin tipleri biyocoğrafik bölgelere, oluşum şekline ve yüksekliğe göre değişmektedir. Yapılan araştırmalara göre Türkiye'deki yüksek dağlarda bulunan buzullarda önemli ölçüde çekilme tespit edilmiştir. Buzulların bulunduğu alanda, yakındaki meteoroloji istasyonlarında gözlemlenen uzun vadeli atmosferik ısınma

trendi, buzuldaki daralma trendi ile uyumludur (Republic of Turkey Ministry of Environment and Urbanization, 2018).

Bu veriler önümüzdeki yıllarda, dağ sistemlerinde gözlenen iklim değişikliğinin etkilerinin büyüklüklerinin artırmasının muhtemel olduğunun göstergesidir. Yağışlardaki düşüş ve sıcaklık artışı, dağlık hidrolojik rejimde önemli değişimlere neden olacaktır. Sonuç olarak, hidrojeolojik risk ve su kaynaklarının bulunabilirliğini ciddi şekilde etkilenecektir.

3.4.3. Denizel Ekosistemler

Türkiye, adalar hariç Akdeniz, Ege Denizi, Marmara Denizi ve Karadeniz kıyıları olmak üzere 8.333 km kıyı uzunluğuna sahip olup kıyılarının %22'si koruma altındadır. Böylesine uzun deniz ve kıyı alanları birbirinden farklı özellikler göstermekte ve oldukça zengin biyolojik çeşitlilik değerlerini içerisinde barındırmaktadır. Türkiye kara sularında günümüze değin, yaklaşık 5000'e yakın bitki ve hayvan türü tespit edilmiştir. Kıyı ekosistemleri, deniz ve kara ekosistemlerinin kesiştikleri önemli ani geçiş bölgeleri (ekoton) olmaları nedeniyle oldukça özel ekosistemlerdir. Ülke yüzölçümünü oluşturan karasal kaynakların %4,1'lik bölümünü kıyı ekosistemleri oluşturmaktadır. Ülkemizin kıyı bölgelerinde dağların denize iniş biçiminin ve kıyı topografyasının birbirinden farklı olması, bölgelere göre farklılaşan, kumul, mağara, delta, lagün, dalyan, traverten taraçaları gibi çeşitli kıyı ekosistemlerini ortaya çıkarmıştır.

Türkiye denizleri içinde en yüksek tuzluluk ve sıcaklık oranına sahip olan Akdeniz, biyolojik çeşitliliğin en zengin olduğu bölgedir. Akdeniz'in Türkiye sularında 400, Ege Denizi'nde 300, Marmara Denizi'nde 200, Karadeniz'de de 151 tür balık bulunmaktadır. Doğu Akdeniz bölgesindeki kıyı alanları çok yüksek flora ve fauna çeşitliliğine sahip zengin ekosistemlerdir (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2008).

Türkiye'nin korunan alanlar sistemi çok sayıda deniz ve kıyı koruma alanı

barındırırken çoğu yerde bu alanların karasal ve denizel bağlantıları bulunmaktadır. Türkiye'deki yaklaşık 346.138 hektarlık denizel alan koruma altında olup kara sularının yaklaşık %4'ü korunmaktadır. Özel Çevre Koruma (ÖÇK) Bölgeleri, Barselona Sözleşmesi-Akdeniz Eylem Planı kapsamında ulusal mevzuatla koruma altına alınmış alanlardır. Türkiye kıyılarında Akdeniz ve Ege kıyılarındaki toplam 11 alan sahip oldukları deniz ve kıyı biyolojik çeşitliliğinin sürdürülebilirliğinin sağlanması amacı ile Özel Çevre Koruma Bölgesi olarak koruma altına alınmıştır.

Deniz ekosistemlerinde iklim değişikliğinin etkileri özellikle; deniz suyu sıcaklığının artması, deniz su seviyesinde yükselmeler, tuzluluk, yoğunluk ve akıntılarda değişmeler ve biyolojik çeşitliliğin bozulması, yabancı tür istilaları ve doğal kaynak kaybı şeklinde kendini göstermektedir.

Akdeniz dünya okyanus yüzeylerinde %0,82'lik bir orana sahip olmakla birlikte dünya deniz biyolojik çeşitliliğinin %4-18'ine sahiptir. Kapalı bir deniz olmakla birlikte fiziksel oşinograflar tarafından "minyatür okyanus" olarak tanımlanmaktadır. İklimsel modellemeler, Akdeniz baseninin ekstrem olayların artmasıyla global ısınma trendinden en fazla etkilenecek bölgelerden biri olacağını göstermektedir. Akdeniz biyolojik çeşitliliğinin deniz suyu sıcaklığının ısınması ile karşı karşıya kaldığı riskler üzerine yapılan birçok çalışma bu değerlendirmeyi doğrulamaktadır (Republic of Turkey Ministry of Environment and Urbanization, 2018).

Son yıllarda Cebelitarık Boğazı'ndan Akdeniz'e tropikal akış ve iklim değişikliği nedeni ile su sıcaklığındaki artış Akdeniz suyunun tropikalleşmesine neden olmuştur. Bu değişimde Suveyş Kanalı'ndan giren yabancı türlerin sayısındaki artış da önemli rol oynamaktadır. Akdeniz son yıllarda Suveyş Kanalı'ndan yabancı giren tür sayısındaki artışla dünyada en fazla biyolojik çeşitlilik değişimi yaşayan deniz konumuna gelmiş ve iklim değişikliğinin biyolojik çeşitlilik üzerindeki etkilerinin en iyi gözlemlenebileceği bir bölge olmuştur. 20. yüzyılın ortalarına kadar Süveyş Kanalı'ndan Akdeniz'e giren, yerleşen ve dağılan tür sayısı Kızıldeniz ve Akdeniz arasındaki sıcaklık ve tuzluluk farklılıkları/bariyerleri nedeni ile oldukça azken, sonrasında bu sayıda oldukça dikkat çekici ve önemli bir artış olmuştur. Bu artış

Akdeniz suyunun ısınması ile doğrudan ilişkilidir. Bugün, Akdeniz'de Süveyş Kanalı'ndan girmiş ve yerleşmiş tür sayısı 600'ün üzerindedir. Yabancı türlerden bazıları yeni taşındıkları ortamlarda yerli türlerle rekabete girerek biyolojik çeşitlilik üzerinde dönüşü olmayan değişimlere, balıkçılığın çökmesine, kültür balıkçılığı ile ilgili stokların bozulmasına, üretim maliyetlerinin artmasına, insan sağlığının etkilemesine neden olurlar (Republic of Turkey Ministry of Environment and Urbanization, 2018).

3.5. Kıyı Alanları

Türkiye kıyı uzunluğu 8333 km'dir. Bu bölgelerde 28 kıyı şehri bulunmaktadır. Bu şehirlerde, 2009 nüfus sayımı verilerine göre Türkiye nüfusunun yaklaşık %54,7'si yaşamaktadır. Türkiye'de nüfus yoğunluğu, kıyı şeridindeki illerde yaklaşık iki katına çıkmaktadır. Buna ek olarak, yoğun göç nedeniyle kıyı şehirleri üzerinde baskı daha da artmaktadır. İklim değişikliğinin de iç bölgelere oranla daha hassas özellik ve yapı gösteren kıyı alanlarını çok fazla etkileyeceği öngörülmektedir. Orta ve Doğu Karadeniz, Kuzey Ege ve Doğu Akdeniz bölgelerinde olmak üzere kıyılarımızda meydana gelen kıyı erozyonu, sel ve su baskınları özellikle yakın geçmiş değerlendirildiğinde önemli sorunlardandır. Turistik ve kıyı şeridinde yer alan şehirler özellikle tehdit altındadır.

Deniz seviyesi yükselme senaryolarına göre Türkiye'de beklenebilecek arazi kayıpları konusunda çalışmalar bulunmaktadır. Çalışma sonuçları Türkiye kıyılarında iklim değişikliğinden en çok etkilenecek yerlerin, tarım üretiminin en yüksek olduğu kıyı deltaları, sulak alanlar ve alçak rakımlı turizm bölgeleri olduğunu göstermektedir (Republic of Turkey Ministry of Environment and Urbanization, 2018).

3.6. Sağlık

İklim değişikliğinin insan sağlığı üzerine etkileri, doğrudan veya dolaylı olabilir. Sel, aşırı sıcak hava dalgaları, fırtına gibi olağanüstü iklim olayları insan sağlığını doğrudan etkilerken iklim değişikliğinin uzun dönemli etkileri su, yiyecek ve barınma sorunlarına neden olarak insan sağlığı üzerine dolaylı etki gösterir. İklim değişikliği, ekosistemleri bozarak bulaşıcı hastalık taşıyan vektörlerin dağılımında ve nüfus yoğunluğunda değişimlere ve böylelikle vektörle bulaşan hastalıkların sıklığında da artışa neden olabilmektedir.

Türkiye'de son yıllarda tularemi olgularında dikkat çekici bir artış söz konusudur. Bu konuda yapılmış geniş çaplı bir derlemenin sonuçlarına göre 1936'dan 2011 yılına kadar geçen 75 yıllık sürede tanı konulan 1441 hastanın 866'sı (%60) son 10 yılda ortaya çıkmıştır.

Sıtma iklim değişikliği ile ilişkili olduğu bilinen hastalıkların başında gelmektedir. Ancak sıtma olgu sayılarını belirleyen tek faktör iklim değişikliği olmayıp yanı sıra sağlık hizmetleri de belirleyicidir. Bunun bir sonucu olarak ülkemizde Sıtma olgu sayıları son 10 yılda belirgin olarak azalmıştır.

Kırım-Kongo kanamalı ateşi, dünyada özellikle Asya, Afrika, Orta Doğu ve Doğu Avrupa'da görülen bir hastalık olup ülkemizde ilk defa Kelkit vadisinde 2002 yılında görülmeye başlamıştır. Türkiye'de Kırım-Kongo kanamalı ateşi nedeniyle 2008-2017 arasında resmi kayıtlara göre 8742 kişi hastalanmış ve 409 kişi hayatını kaybetmiştir. Hastalığın bu ölçüde yaygınlaşmasının nedenleri arasında, hastalık virüsünü taşıyan kenelerin sayılarının iklim değişikliği nedeniyle artış göstermesi, ormanlık alanların tarım alanlarına dönüştürülmesi, yine iklim değişikliği nedeniyle keneler için kan kaynağı olarak görev yapan kemirgenlerin sayısının artması gösterilmektedir (Republic of Turkey Ministry of Environment and Urbanization, 2018).

3.7. Yerleşme Alanları ve Turizm

Kentler iklim değişikliğinden direkt olarak ve değişikliğe bağlı olarak meydana gelen olaylardan dolaylı olarak (sıcaklık artışı, deniz seviyesinin yükselmesi, yağış rejimlerinin ve rüzgar hızlarının değişmesi, sıcak hava dalgaları, ısı adası etkisi, afetler gibi; tsunami, sel, taşkın, erozyon ve toprak kayması, kuraklık) etkilenir. Bu etkilenmenin özellikle kentsel yaşam kalitesi ve sürdürülebilir kalkınmaya yönelik etkileri bulunmaktadır. IPCC Üçüncü Değerlendirme Raporu'ndan itibaren iklim değişikliğindeki kentlerin merkezi rolü ve önemi ile uluslararası öncelikli konular arasına girmiş bulunmaktadır. Doğrudan ve dolaylı kentsel emisyonların kontrol altına alınmasının, toplam sera gazı emisyonlarını azaltma potansiyeli yüksektir (ÇŞB, 2016).

Türkiye'deki kentleşme deneyimi, iklimle ilişkili olarak incelendiğinde, İklim değişikliğiyle ilgili kentleşme sorunlarının başında, kent nüfusunun hızlı artışıyla ilişkili bir başka sorun ise, artan nüfusun kentler arasında dengesiz dağılımı gelmektedir. Şehir nüfusunun genel nüfus artışını ve kırsal nüfusun bir kısmını emmesi nedeniyle, önümüzdeki on yıldan itibaren kırsal nüfusun dünya genelinde azalmaya başlaması beklenmektedir.

Cumhuriyetin ilk yıllarında ülke genelinde %24'ler düzeyinde olan şehirleşme oranı, 1985 yılında %53, 2017 yılında ise %78,5 düzeyine ulaşmış olup, önümüzdeki dönemde de ülkenin batısında şehirleşme oranının hızla artmaya devam etmesi beklenmektedir. Yapılan hesaplamalara göre, 2023 yılında Türkiye'de kentleşme oranı %84, kentsel nüfus ise 71 milyon olacaktır. Türkiye genelinde 2010 yılında özellikle yüksek nüfusa sahip metropollerin boyutsal dağılımında artış görülmektedir. Kentsel yoğunluk açısından incelendiğinde, özellikle bölgeler arası gelişmişlik farkına paralel olarak nüfusun önemli bir bölümü batı bölgelerindeki illerde yerleşmeyi tercih etmektedir. Ülkenin batısı ve sahil kesimlerinde nüfus yoğunluğu artarken doğu ve iç kesimlerde azalmaktadır.

Türkiye'deki kentler özellikle de metropoller için sıcaklık ve yağış başta olmak üzere iklim elemanlarının trendinde meydana gelen değişiklikler önemli sorunlara yol açmıştır ve bu sorunların gelecekte daha da artması beklenmektedir. Artan sıcaklıkların iklim özellikleri dikkate alınmadan kentsel yapılaşma ile birleşmesiyle oluşan kentsel ısı adaları başlıca sorunlardan biridir. Bu durum daha fazla soğutma, daha fazla enerji kullanımı ve sonuçta da daha fazla emisyon anlamına gelmektedir. Yağışların periyodunda ve miktarında meydana gelen değişiklikler, yetersiz kentsel altyapı ile birleştiğinde kentlerde seller ve su baskınlarına neden olmakta, bu da can ve mal kayıplarına yol açmaktadır. Özellikle 2018 ve 2019 yıllarında İstanbul, Ankara, İzmir ve Antalya başta olmak üzere büyük kentler bu olumsuzluğu yaşamış ve yaşamaya da devam edecektir. Sıcaklık artışı ve yağış değişkenliği ile ortaya çıkan sorunlar aynı zamanda sosyo-ekonomik yaşamı da ciddi şekilde olumsuz yönde etkilemektedir.

Turizm sektörü, iklim değişikliğine karşı son derece duyarlı ve olumsuz yönde etkilenen ekonomik sektörlerden biridir. Bunun yanında iklim değişikliğinin yol açtığı ve açacağı olumsuzluklara karşı mücadele etmek için de önemli bir role sahiptir. Ancak iklim değişikliği - turizm ilişkisinin iki farklı boyutu vardır. Turizm sektörü ve onun tüm paydaşları bir yandan iklim değişikliğinin olumsuz etkisine karşı mücadele ederken bir yandan da karbon emisyonundan kaynaklanan, sektörün küresel iklim değişikliği üzerindeki etkisini azaltmaya yönelik eylem ve girişimlerde bulunmalıdırlar. Turizm sektörünün iklim değişikliği ile ilgili bu mücadelesinde iklimin turizm üzerindeki etkilerine bakıldığında, iklimsel değişimlere uyum sağlamak bilinen en acil yol olarak görülmektedir. Ancak turizmin iklim üzerindeki etkileri incelendiğinde temel tartışmalar etki azaltma çalışmaları üzerinde yoğunlaşmaktadır. Bundan dolayı, sorunları çözmek için bütçe, zaman ve diğer kaynaklar kısıtlı olduğundan, etki azaltma ve uyum çalışmalarının birlikte ele alınarak bir arada yürütülmesi gerekmektedir. Ayrıca, genel olarak çevre ve ekonominin taban tabana zıt olduğu düşünülse de, bir yöndeki ilerlemenin ancak diğer yönde yapılacak gelişmeler ile mümkün olacağı açıktır.

Turizm ağırlıklı olarak doğal kaynaklara dayandığı için, Türkiye iklim değişikliğinin doğrudan etkilerinden en fazla etkilenecek ve risk altında olan bir ülkedir. Başta kıyı turizmi olmak üzere kış sporları turizmi vb. turizm çeşitleri iklim değişikliğinden etkilenmektedir ve bu etkinin gelecekte daha da artması beklenmektedir. Bu nedenle Türkiye'de turizmin iklim değişikliğinden kaynaklanan risklerinin belirlenmesi ve buna yönelik önlemlerin geliştirilmesi, yani sektörün iklim değişikliğine uyum sağlaması zorunlu ve acil bir durumdur.

SONUÇ

İklim değişikliği artık sadece gelecek senaryosu değil, zaten devam ediyor ve etkileri dünyanın birçok yerde hissedilmektedir. Giderek daha sık görülen sıcaklık dalgaları ve kuraklıklar, eriyen buzullar ve permafrost, yoğun yağışlardaki artışlar, büyüme mevsiminin erken başlaması gibi örnekler bu durumun kanıtıdır. Bütün bunlar değişen iklimimizin göstergeleridir. Bu nedenle iklim değişikliğine uyum hem insanlar hem de ekosistemin geleceği için hayati önemdedir. Son çalışmalar, sera gazı emisyonlarının tamamen durmasının bile küresel sıcaklıklardaki artışı engellemeyeceğini göstermiştir. Önümüzdeki on yıllarda, iklim değişikliğini azaltma konusundaki tüm çabalara ve kazanımlara rağmen, iklim değişikliğine uyumda karşılaşılan zorluklar artacaktır.

Türkiye'nin büyük bir kısmı yazı kurak subtropikal Akdeniz iklim bölgesinde yer almaktadır. Dolayısıyla, Türkiye hem mevcut iklim, iklim değişikliği ve değişkenlik hem de gelecekteki iklim açısından orta-yüksek riskli ülkeler arasında yer almaktadır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) gözlem ve verilerine göre, Türkiye'de yaz aylarında yağışlar azalırken sıcaklıklar artmaktadır. Genel olarak, ülke genelinde maksimum ve minimum sıcaklıkları da etkileyen artan bir eğilim vardır. Bununla birlikte, yağış değişikliklerinde çok karmaşık desenler vardır. Ortalama yıllık toplam yağış miktarı azalmasına rağmen, bir günlük maksimum yağış miktarı artmaktadır. Büyüme mevsimi uzunluğu zaten yüksek olan kıyı bölgeleri hariç artmıştır. Bu sonuç Türkiye'nin sıcaklıklarında önemli bir artışa işaret etmektedir. MGM'ye göre, Türkiye'nin kuzeyindeki yıllık toplam yağış miktarının arttığı, Ege, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde azalma eğilimi gösterdiği ve azami yağışlı gün sayısının, yağışlı gün sayısının ve gün maksimum yağış Ege ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri dışındaki birçok istasyonda artış eğilimi göstermiştir. İklim değişikliğinin etkileri zaten Türkiye'de hissedilmektedir. En belirgin sonuçlar, daha sıcak kışlar, daha kurak ve daha sıcak yazlar, biyolojik çeşitlilikteki değişiklikler ve dağlardaki buzulların geri çekilmesidir. İklim değişikliğinin karasal, deniz ve tatlı su ekosistemleri üzerinde etkisi vardır ve çevre üzerindeki genel baskıyı arttırmaktadır.

Hava ve iklim kaynaklı aşırı olay ve afetlerden kaynaklanan sosyal ve ekonomik kayıplar, Türkiye'de önemli bir alan ve yıllar arası değişkenlikle birlikte artmaktadır. Türkiye'deki iklimin önümüzdeki on yıllar boyunca önemli değişiklikler geçirmesi beklenmektedir.

KAYNAKÇA

- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2016). Türkiye İklim Değişikliği 6. Bildirimi, Ankara.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2012). Türkiye'nin İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı, Ankara.
- Çevre ve Orman Bakanlığı, (2008). Ulusal Biyolojik Çeşitlilik Stratejisi ve Eylem Planı 2007, Ankara.
- IPCC. (2019). Summary for Policymakers. In: Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.- O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.)].
- IPCC. (2018). Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5°C Above Pre-Industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty, Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC. (2014a). Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A:Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC, (2014b). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland.

► Kadıoğlu, M. (2012). Türkiye'de İklim Değişikliği Risk Yönetimi. Türkiye'nin İklim Değişikliği II. Ulusal Bildiriminin Hazırlanması Projesi Yayını, Ankara.

► Kadıoğlu, M., Ünal, Y., İlhan, A., Yürük, C. (2017). Türkiye'de İklim Değişikliği ve Tarımda Sürdürülebilirlik, Türkiye Gıda ve İçecek Sanayii Dernekleri Federasyonu Yayını, İstanbul.

► Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (2018). Türkiye'de 2017 Yılında Kaydedilen Meteorolojik Karakterli Doğal Afetlerin Kısa Değerlendirmesi, Ankara.

► Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (2017). Meteorolojik Karakterli Doğal Afetler 2016 Yılı Değerlendirme Raporu, Ankara.

► Orman Genel Müdürlüğü. (2015). Türkiye Orman Varlığı 2015.

► Republic of Turkey Ministry of Environment and Urbanization. (2018). Seventh National Communication of Turkey Under the UNFCCC, Ankara.

► Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. (2016). İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi Proje Nihai Raporu, Ankara.

► Şen, Ö.L. (2013). A Holistic View Of Climate Change and Its Impacts in Turkey, IPC-Sabanci University, Istanbul.

► Tolunay, D. (2019). İklim değişikliğinin Ekolojik sistemlerdeki Yeri, İklimİn Projesi İklim Değişikliği Eğitim Modülleri Serisi 5, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara.

► Türkeş, M. (2019). İklim Değişikliğinin Bilimsel Temelleri, Türkiye'ye Etkileri, İklimİn Projesi İklim Değişikliği Eğitim Modülleri Serisi 1, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara.

DÜNYADA VE TÜRKİYEDE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN SAĞLIK ÜZERİNE MUHTEMEL ETKİLERİ VE RİSKLER

Prof. Dr. E. Didem Evci Kiraz

İklim değişikliğinin sağlık üzerine etkilerini gözden geçirmeye başlamak için bazı klasik bilgileri hatırlatmakta yarar vardır.

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) Anayasası'na göre "Sağlık yalnızca bedensel hastalık ya da sakatlıkların bulunmaması demek olmayıp; aynı zamanda ruhsal ve toplumsal (sosyal) yönlerden de tam bir iyilik durumudur."(WHO,2020,a). Dr. Charles-Edvard A. Winslow'a göre "Halk sağlığı, organize edilmiş toplum çalışmaları sonunda çevre sağlık koşullarını düzelterek, bireylere sağlık bilgisi vererek, bulaşıcı hastalıkları önleyerek, hastalıkların erken tanı ve tedavisini sağlayarak, sağlık yapıları kurarak, toplumsal çalışmaları her bireyin sağlığını sürdürecek bir yaşam düzeyini sağlayacak biçimde geliştirerek hastalıklardan korunmayı, yaşamın uzatılmasını, beden ve ruh sağlığı ile çalışma gücünün arttırılmasını sağlayan bir bilim ve sanattır."(Fişek,1983). DSÖ'ne göre "Şehir; yaşayan, nefes alan, büyüyen, sürekli değişen bir iç dinamiğe sahip karmaşık bir organizmadır (Petersen, 1996). Sağlıklı şehir çevresini geliştirebilen ve kaynaklarını genişletebilen şehirdir. Sağlıklı şehir yalnızca belirli bir sağlık düzeyine ulaşmış şehir değil, sağlık bilincine sahip ve onu geliştirmek için çaba harcayan şehirdir." (WHO, 2020,b).

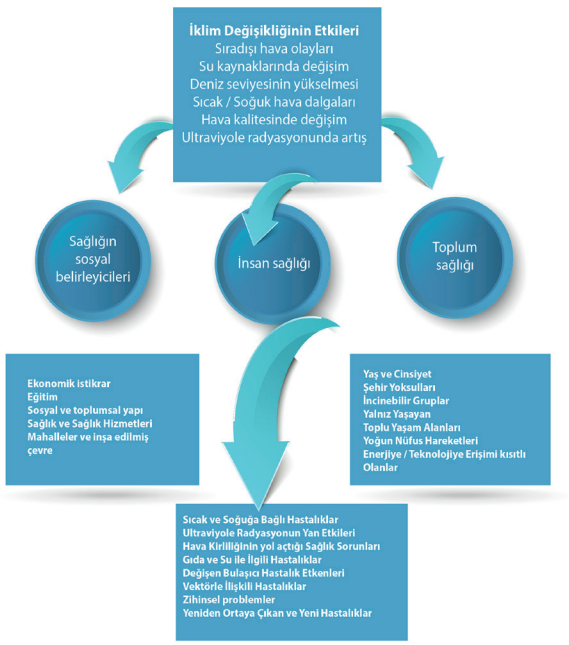
İklim değişikliği ile ilgili senaryolarda, Dünya'da en kırılgan bölgeler "kentler" kabul edilmektedir. Son yıllarda yapılan yatırım planları, gelişim planları incelendiğinde ise; en büyük yatırımların kentlere yapıldığı görülmektedir. Kırsalı unutmak, kentin kalbini besleyen damarların bakımsız kalması, tıkanması anlamına gelebilir. O zaman kent-kır ayrımına gitmeden şehrin sağlığını koruyacak bakış açılarının geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Geleceğin yerel yönetim vizyonu "şehirde halk sağlığı kapasitesini arttırmak için liderlik yapmak ve her politikada sağlığı merkeze oturtmak" olmalıdır (Tsouros, 2019). Bunları yapabilmek için şu an sahip olunan kişisel özelliklerin, alışkanlıkların ve geçmişten gelen eğitim bilgilerinin değiştirilmesi zaman alabilir. Zamanı kısaltmanın yolu; yeni sağlık acillerini öngörmek ve en kötüye göre planlama yapmak, şehirde yaşayanlara, ziyarete gelenlere en üst düzey sağlık ve refahı sunmak, bunun için önlemek, korumak, geliştirmek, yeniden yapılandırmak ve birlikte çalışmaktan geçer.

Birlikte çalışmak için mevzuat çerçevesi açıktır. 1930 yılında yayınlanmış olan Umumi Hıfzıssıhha Kanunu genel çerçeveyi detayları ile vermektedir (UHK,1930). 2005 yılında yayınlanan DSÖ Uluslararası Sağlık Tüzüğü, "uluslararası seyahat ve ticaretteki artışa ve yeni ve yeniden ortaya çıkan uluslararası hastalık tehditleri ve diğer sağlık risklerine yanıt olarak, dünya çapında 196 ülke tarafından kabul edilmiştir. Uluslararası hukukun bu bağlayıcı aracı 15 Haziran 2007'de yürürlüğe girmiştir"(WHO, 2008).

İklim ve sağlık ilişkisi "Çok bileşenli bir denklemdir" (Evci Kiraz, 2020). DSÖ'ne göre; 2030-2050 yılları arasında, iklim değişikliğinin neden olduğu yetersiz beslenme (malnutrisyon), sıtma, ishal ve sıcak stresi sonucu, her yıl 250.000 artan ölüm beklenmektedir. Bu ölümlerin; 95.000'i çocukluk çağı beslenme bozukluğu, 60.000'i sıtma, 48.000'i ishal ve 38.000'i yaşlılarda sıcaktan etkilenim sonucu oluşacağı ön görülmektedir (WHO, 2018).

Bireysel ve toplumsal sağlık yanı sıra, sağlığı belirleyen tüm bileşenler risk altındadır. Bu cümleyi aşağıdaki şekil açıklamaktadır (Evci Kiraz, 2019).

Şekil 1: İklim Değişikliğinin Sağlığa Etkilerine Toplu Bakış



İklim değişikliğinin etkileri altı başlık altında toplanmıştır (Şekil 1).

- Ekstrem hava olayları
- Su kaynaklarında değişim
- Deniz seviyesinin yükselmesi
- Sıcak/soğuk hava dalgaları
- Hava kalitesinde değişim
- Kızılötesi radyasyon artışı

Her bir etkinin hedefinde sağlığın sosyal belirleyicileri vardır; ekonomik istikrar, eğitim, sosyal ve toplumsal yapı, sağlık ve sağlık hizmetleri, mahalleler ve inşa edilmiş çevreler en çok etkilenecektir.

İklim değişikliği ile ilişkilendirilen sağlık sorunları şunlardır:

- Sıcak ve soğukla ilişkili hastalıklar
- Kızılötesi radyasyonun yan etkileri
- Hava kirliliğinin yol açtığı sağlık sorunları
- Gıda ve su ile ilişkili hastalıklar
- Değişen bulaşıcı hastalık etkenleri
- Vektörlerle ilişkili hastalıklar
- Ruhsal sorunlar
- Yeniden ortaya çıkan ve yeni hastalıklar

Sağlık sorunları daha çok nüfus yoğunluğunun fazla olduğu yerlerde görülecektir. İlk etkilenenler bir şehrin en kırılgan bölgesi ve en kırılgan grupları olacaktır. Toplu yaşam alanları vakit kaybetmeden ele alınmalıdır. Şehrin kritik alt yapıları ve bunlarla ilgili görevi olanlar bilgilendirilmeli ve en kötü senaryo devreye sokulduğunda hazır olmaları sağlanmalıdır.

En çok gündemde olan sıcak hava dalgalarıdır. Ancak, soğuk ve uzun süren gün ve geceler göz ardı edilmemelidir. Tablo 1'de sıcak ve soğuk etkisiyle ortaya çıkabilecek sağlık sorunları yer almaktadır (Evci Kiraz, 2019). Tablo 1'de de görüleceği üzere, tek bir iklim değişikliği etkisi tek bir sağlık sorunu ile eşleştirilemez. Karıştırıcı, değiştirici ve etki arttırıp, azaltıcı diğer etkenlerin etki düzeyleri hesaplamalara eklenmektedir.

Tablo 1: Sıcak ve Soğuk Hava, Riskler, Sağlık Etkileri, Risk Grupları

Sıcak ve Soğuk Havanın Riskleri	Sağlık Etkileri	Erken Uyarının Öncelikli Ulaşması Gereken Risk Grupları
Sıcak gün ve gecelerin sayısının artması Sıcak dalgalarının sıklığının ve yoğunluğunun artması Yağışlarda azalma ile birlikte yangın riskinin artması	Sıcaklığa bağlı ölümlerde artış Sıcak çarpması ve güneş çarpması insidansında artış Özellikle dışarıda çalışan işçiler, atletler, yaşlılarda daha şiddetli dolaşım, kalp-damar, solunum ve böbrek hastalıkları Ozona bağlı prematüre ölümlerinde artış Özellikle sıcak hava dalgaları sırasında çıkan yangınlardan kaynaklanan yaralanma, hava kirliliği sonucu hastalık, ölüm oranlarında artış PM10 düzeyinin artışına bağlı solunum hastalıkları	
Soğuk günler ve gecelerin sayısının azalması	Soğuğa bağlı ölümlerde azalma Özellikle soğuk ve ılıman iklimlerde, yaşlılarda kalp-damar ve solunum hastalıklarında azalma	
Sıcaklık ve nemin artması Buharlaşmada yaşanan değişim ve artma eğilimi Deniz yüzeyi ve tatlı sularda sıcaklığın artması	Patojenlerin üreme, sağ kalma, direnç, yayılma ve hastalığa neden olma kabiliyetlerinin artması/hızlanması Kolera, şistozomaizis, zararlı deniz yosunu tiplerinin coğrafik ve mevsimsel dağılımında farklılaşma Su azlığı ve kişisel/toplumsal hijyen sorunları Sellerin yol açtığı su ve alt yapı hasarı sonucunda su kirliliğinde artış ve gıda ve su ile bulaşan hastalıklar riskinin ortaya çıkması	

Sıcak ve Soğuk Havanın Riskleri	Sağlık Etkileri	Erken Uyarının Öncelikli Ulaşması Gereken Risk Grupları
Sıcaklık ve nemin artması Buharlaşmada yaşanan değişim ve artma eğilimi	Parazitlerde çoğalma ve zarar verme gücünde artış Uzamış mevsimsel geçiş dönemleri Eski hastalıkların yeniden hortlaması Hastalık etkenlerinin değişen dağılımları ve sıklığı Vektörlerle bulaşan hastalıklar riskinin artması	Yaşlılar Yalnız yaşayan yaşlılar Yatağa bağımlı olanlar Kalp-damar, akciğer, böbrek hastalığı olanlar Barınma koşulları, sosyo-ekonomik koşulları yeterli olmayanlar Bağımlılar Çocuklar Şeker hastaları Hamileler Yeti yitimi ve fonksiyon kaybı olanlar Açıkta çalışanlar Sporcular Aşırı kilolular Sokak çocukları, evsizler
Sıcaklığın artması ve buharlaşmada yaşanan değişim	Tropik bölgelerde gıda üretiminin azalması Azalan arz ve artan fiyatlar nedeniyle gıdaya ulaşımda zorluk Yetersiz beslenme ve infeksiyonların birleşik etkisi Bodur ve zayıf çocuklar	
Sıcaklık ve nemin artması	Dışarıda ve korunmasız çalışanlarda ortaya çıkan sağlık sorunları Üretkenlikte ve üretimde azalma	
Aşırı ve uzun süreli sıcaklık	Sıcak krampları Sıcağa bağlı senkoplar Sıcak bitkinliği Sıcak çarpması	
Sıcaklığın düzensiz ve aşırı artması	Ölümlerde artma Hastalıklarda artma	
Gece sıcaklığının daha fazla olması	Hava kirliliğinde artma ve buna bağlı sağlık risklerinde artış Ölümlerde artma	
CO_2 ve sıcaklığın artması	Polen üretiminde artma ve buna bağlı sağlık risklerinde artış	
Sıcaklıkların yükselmesi ve düzensiz yağış dağılımı	Hastalığa neden olan tehlikenin dağılımında değişim Aşağıdaki hastalıklarda artış: **1-** Kuş gribi **2-** Kene kaynaklı hastalıklar **3-** Kolera **4-** Ebola **5-** Parazitler **6-** Veba **7-** Lyme **8-** Zararlı deniz yosunları **9-** Kızıl humma, sıtma **10-** Uyku hastalığı **11-** Verem **12-** Sarıhumma **13-**Sıtma **14-**Batı Nil Virüsü **15-**Chikungunya **16-**Dang humması	
Soğuk hava tehdidi altında olmak	Hipotermi riskinde artış Yaralanmalar Ölümlerde artma Hastalıklarda artma	

Kaynak: Evci Kiraz, 2019

Güneşin olumlu etkileri sağlık sektörünün elini rahatlatmaktadır. Enfeksiyon etkenlerinin bazıları güneşin etkisi ile hastalık yapma yeteneğini kaybetmekte veya etkileri azalmaktadır. Güneş büyüme ve gelişme için gereklidir. Ancak, insan eliyle yaratılan çevreler, atmosferin güneşin zararlı etkileri için oluşturduğu kalkanı, zayıflatmaktadır. Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı (UKAA) 2009 yılında100-400 nm dalga boyları arasındaki kızılötesi radyasyon (UVR)'nun insanlar için kanser yapıcı olduğunu bildirmiştir (Goettsch, et al.,1998). 1995 yılında, DSÖ, Dünya Meteoroloji Örgütü (DMÖ), Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) ve Uluslararası Non-iyonizan Radyasyondan Korunma Komisyonu (UNIRKK) tarafından, kızılötesi endeks (UVI) geliştirilmiştir (US EPA,2016). UV indeks değerlerine göre, ortaya çıkması muhtemel sağlık etkileri Tablo 2'de sunulmuştur (Evci Kiraz, 2019; US EPA, 2016).

Tablo 2: UV İndeks Değeri, Derecesi ve Sağlık Etkileri

UV İndeks Değeri	Kızılötesi İndeks Derecesi	Sağlık Etkileri
<2	Düşük	En düşük zarar. Beyaz, kırmızı saçlı ve çok açık tenli hassas cilt yapısına sahip kişiler dışındakiler, güneşin aşırı değerlerde olduğu 10.00 – 16.00 saatleri arasında ve bu indeks değerlerinde, yanmaksızın bir saat güneşte kalabilir.
3-5	Orta	Düşük risk. İnsanlar 20 dakika zarar görmeden güneşte kalabilirler. Ancak geniş siperlikli şapka ve güneş gözlükleri kullanmaları önerilmektedir.
6-7	Yüksek	Orta şiddette ultraviyole radyasyon. Normal cilde sahip kişiler 15 dakika kadar güneşte kalabilirler. Mutlaka şapka ve gözlük kullanmalıdırlar. Ayrıca güneşte kalacak olanlar burun ve kulaklarını mutlaka korumalı, dudaklara koruyucu kremler sürülmelidir.
8-10	Çok Yüksek	Yüksek kızılötesi radyasyon. 10 dakikadan daha az güneşte kalınmalıdır. Şapka ve güneş gözlüğü mutlaka kullanılmalı, dışarı çıkma zorunluluğu olan insanlar mutlaka gölgelerden yararlanmalı ve pantolon ile beraber uzun kollu giyecekler tercih edilmelidir. Her türlü açık hava sporlarından uzak durulmalıdır.

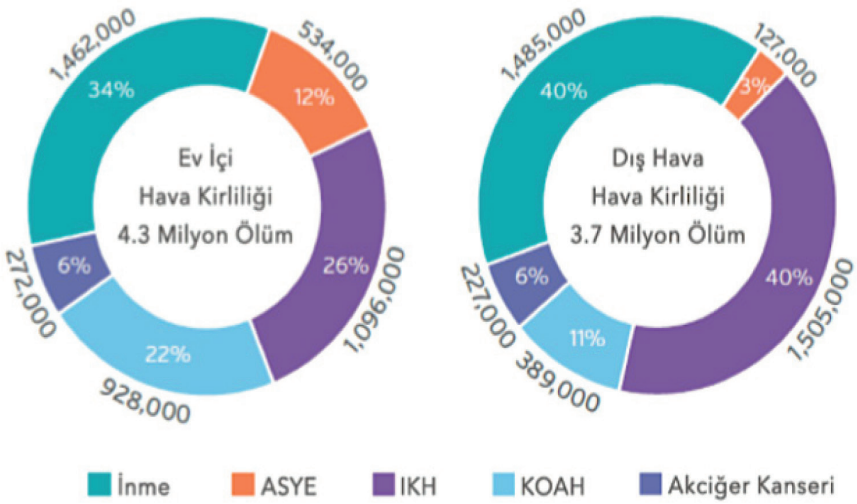
UV İndeks Değeri	Kızılötesi İndeks Derecesi	Sağlık Etkileri
11+	Aşırı Yüksek	Bu aralıktaki değerler, kızılötesi radyasyonun canlılar üzerinde, olası en yüksek risklerini işaret etmektedir. Güneşte kalma süresi 5 dakika ile sınırlıdır. Mümkünse dışarı çıkılmamalıdır. Dışarı çıkılmasının kaçınılmaz olduğu durumlarda ise, olabildiğince güneşten korunmalı ve bu amaç doğrultusunda önlemler alınmalıdır..
GÖLGE KURALI	UVI'i okumanın en kolay yolu gölgenize bakmaktır.	Gölgeniz sizden uzunsa (sabahın erken saatleri veya öğleden sonra geç saatler) UVR'dan etkilenmeniz düşüktür. Gölgeniz sizden kısaysa (gün ortası) UVR'dan etkilenmeniz yüksektir.

Kaynak: Evci Kiraz, 2019; US EPA, 2016

En az üzerinde çalışma yapılan iklim değişikliği sağlık etkisi ruhsal sorunlardır. Yeni gündeme alınan "eko-anksiyete, eko-kaygı" çalışmaları ve benzeri çalışmalarla kanıt havuzu zenginleşecektir.

Hava kirliliğinin artan düzeyleri sonucu ortaya çıkan sağlık sorunları tamamıyla önlenebilir sağlık sorunlarıdır. Etken, etkenin kaynağı ve etkenin geliştiği kötü çevre ortadan kaldırıldığında her şey düzelebilir. Hava kirliliğinin iklim değişikliği ve sağlık ilişkisindeki yeri "tetikleyici unsur" olarak özetlenebilir. Hava kirliliği, yılda yedi milyon ölümden sorumlu tutulmaktadır (Şekil 2)(Evci Kiraz, 2019). Bu ölümlerin çoğu ev içinde (kapalı ortamda) gerçekleşmektedir. En çok görülen sağlık sorunları inme, iskemik kalp hastalığı, kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH), akut alt solunum yolu hastalıkları, akciğer kanserleridir (WHO & UNFCCC, 2015).

Şekil 2: Ev İçi ve Dış Hava Kirliliğine Bağlı Ölüm Nedenlerinin Dağılımı



Eviçi Hava Kirliliği 4.3 milyon ölüm
Dış Hava Kirliliği 3.7 milyon ölüm
İnme, akut alt solunum yolu enfeksiyonları (ASYE), iskemik kalp hastalığı (İKH), kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH), Akciğer kanseri

Kaynak: Evci Kiraz, 2019

"Tek Sağlık", "Herkes İçin Sağlık" yaklaşımları sayesinde birden fazla disiplinin ele almaya başladığı, gıdasızlık ve kuraklık ile ilişkili hastalıklar, değişen bulaşıcı hastalık etkenleri, vektörlerle ilişkili hastalıklar, yeniden ortaya çıkan ve yeni hastalıklar artık iklim değişikliğinin en beklenen sonuçlarıdır. Aralık 2019'da başlayıp, 2020 yılında Dünya'yı başka bir Dünya haline getiren COVID-19 (SARS CoV-2) pandemisi insanlığın, bilim adamlarının ve karar vericilerin bu konulara dönüp bakmasına neden olmuştur. Henüz gıda, su ve vektörlerle ile ilişkili hastalıklar, değişen bulaşıcı hastalıklar etkenleri ve yeniden ortaya çıkan ya da yeni hastalıklarla ilgili "iklimle ilişkilendirmeye yarayacak veri ve kanıt toplama sistemi" yoktur.

Dünya Ekonomik Forumu "Küresel Riskler 2019" raporuna göre; gerçekleşme olasılığı açısından ilk beş küresel risk aşırı hava olayları, iklim değişikliğini azaltma ve uyum başarısızlığı, doğal afetler, veri sahteciliği ve hırsızlığı, siber saldırı olarak raporlanmıştır (WEF, 2019). Azaltım ve uyum başarısızlığı için yapılacaklar zaman alabilir. İklim değişikliğinin sağlık etkilerini bir bütün olarak ele alacak insan gücüne, zamana, bütçeye ulaşmak ve sürdürülebilir politik kararlılıkla başlamak için yarını beklemek gerekmez. Çok hızlı bir şekilde, mahalle, şehir, bölge, ülke düzeyinde ve uluslararası geçiş gösteren olaylara yönelik bilimsel çalışmalara başlanmalıdır. Bu amaçla, "Bölgesel İklim ve Sağlık Araştırma Merkezleri" kurulmasında yarar görülmektedir. DSÖ tarafından Uluslararası Hastalık Sınıflandırması (ICD)'nin on birinci versiyon çalışmaları başlatılmıştır. DSÖ uzman görüşleri toplamaktadır. "İklim değişikliği ile ilişkili hastalıklar kodlar" ICD11 ile kullanılmaya başlamalıdır. Bu kapsamda DSÖ'ye görüş veren uzmanlara verilen ilk yanıtlarda, bilimsel çalışmalara dayalı kanıt olmadığı için henüz bu kodlamanın sisteme giremeyeceği yönündedir. Bilimsel çalışmalara ihtiyaç olduğu açıktır.

KAYNAKÇA

- 1593, Umumi Hıfzıssıhha Kanunu (1930). Alıntılanma adresi: https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.3.1593.pdf (10.05.2020)
- Evci Kiraz, E.D. (2019), İklim Değişikliği Eğitim Modülleri Serisi-14,İklim değişikliğinin insan sağlığına etkileri. Ankara: İKLİM-IN Projesi Yayını.
- Evci Kiraz, E.D. (2020). İklim ve Sağlık. Alıntılanma adresi: http://www.skb.gov.tr/iklim-ve-saglik-s33293k/ (10.05.2020).
- Fişek, N.H. (1983). Halk Sağlığına Giriş. Ankara: Çağ Matbaası.
- Goettsch, W., et al. (1998). Risk Assessment for the Harmful Effects of UVB Radiation on the Immunological Resistance to Infectious Diseases. Environmental Health Perspectives, 106(2): 71-77.
- WHO (2020,a). Basic documents: forty-ninth edition (including amendments adopted up to 31 May 2019). Geneva: World Health Organization. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- Petersen A. (1996). The 'healthy' city, expertise, and the regulation of space . Health and Place, 3(2), 157-165. DOI:10.1016/1353-8292(96)00008-1
- Tsouros, A.D. (2019). Sağlık ve sürdürülebilir kalkınma için şehir liderliği, Başarılı Sağlıklı Şehirler projeleri için kritik konular. (E.D. Evci, Çev.). Türkiye Sağlıklı Kentler Birliği, Bursa. (2017).
- US EPA, (2016). UV Index Scale. Alıntılanma adresi: https://www.epa.gov/sunsafety/uv-index-scale-0 (10.05.2020).
- WEF (2019). The Global Risks Report 2019 – 14th Edition.
- WHO (2008). International Health Regulations (2005) 2nd edition. Geneva: World Health Organization. ISBN 978 92 4 158041 0.
- WHO & UNFCCC, (2015). Climate and Health Global Overview – 2015. Alıntılanma adresi: https://www.who.int/globalchange/resources/country-profiles/climatechange_global_overview.pdf (10.05.2020).
- WHO (2018). Climate Change and Health, Key Facts. Alıntılanma adresi: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health (10.05.2020).
- WHO (2020,b). Definition, Healthy Cities, Health Promotion. Alıntılanma adresi: https://www.who.int/healthpromotion/healthy-cities/en/ (10.05.2020).

TARIMSAL ÜRETİMİN İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE UYARLANMASI VE MODELLENMESİ

Prof. Dr. Zeynep Zaimoğlu

1. GİRİŞ

İklim Değişikliği söz konusu olduğunda etkilerinin en kolay ve anlık görülebildiği sektörlerin başında tarım sektörü gelmektedir.

Son yıllarda yoğun olarak yapılan çalışmalar sonucunda, 2099 yılı iklim modellerine göre, bugün yetiştirdiğimiz bitkileri çeşitlerini aynı enlem ve boylamda ve aynı çeşitlerle üretemeyeceğiz. İklim modellerinin hemen hepsi, Doğu Akdeniz havzasının ve Türkiye'yi de içeren subtropikal kuşağın önemli bir bölümünde, özellikle kış yağışlarının azalacağını öngörmektedir. Bu yüzden, Akdeniz iklim kuşağının, uzun süreli yaz kuraklığına ek olarak, özellikle kış yağışlarındaki uzun süreli azalma eğilimleri sonucunda, bölgesel olarak en çok etkilenen bölge olacaktır. Bunun dışında Konya kapalı havzası kuraklık ve yağış rejimlerinin değişiminden en çok etkilenen havzalardan bir diğeri olacaktır. Akdeniz ve Konya havzasının yanı sıra tarımsal verimlilik adına yapılan modelleme çalışmalarının sonucunda, Fırat ve Dicle nehirlerinin akımlarında azalmalar beklenirken bu azalmanın özellikle sulama suyu miktarının azalması açısından verimliliğe etkisi tartışılmakta ayrıca da hidrometeorolojik afet sayısının artması beklenmektedir.

Doğu Karadeniz bölgesinde ise yağışlarda beklenen artışlar ile birlikte sel ve taşkınlar nedeni ile tarımsal üretimin etkileneceği bilinen bir gerçekliktir.

Aslında son beş yılda bu olumsuz etkiler zaten çiftçilerimiz tarafından gözlenmekte ve etkileri de tüketicilere yansımaktadır.

SPORT
GOODYEAR

2. TARIMSAL ÜRETİM DE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE MODEL KULLANIMI

İklim değişikliğinin etkisi karar vericiler için giderek artan bir endişe kaynağıdır. Tarımda, mahsul üretimi; iklimsel, fizyolojik, teknolojik, hidrolojik, ekonomik faktörlerin her türlü kombinasyonundan etkilenmektedir. Tüm bu etkiler tek bir modelle ifade edilemeyeceğinden farklı modelleri tek bir modelleme sisteminde birleştirmek çeşitli avantajlar sunarak daha çok değişkene göre geleceği planlamamızı sağlayabilir.

İklim değişikliğinin tarımsal etkilerini geleceğe dönük tahmin etmekte, modelleme sistemleri, iklim değişikliğinin tarım üzerindeki etkisini, ürün verimindeki farklılıkları ve bunların ulusal ekonomiler üzerindeki etkileri de dahil olmak üzere geleceğe yönelik planlamaları yapabilmeyi sağlamaktadır. Bu modellerin kullanılmasında genelde ilk aşamada entegre modeller kullanılmaktadır. Bununla beraber, model kullanımına ve modele karar vermeden önce "kısa vadeli ve yerel çıktıları olan uyarlama tekniğinin mi, yoksa uzun vadeli ulusal ve sonrasında uluslararası olanların mı daha uygun olduğunun mu" hangi uyarlama yönteminin kullanılacağına karar vermek gerekir. Bu karar mekanizmasına uyarlama yöntemi denmektedir.

A: Kısa Vadeli, Artımlı, Özerk, Reaktif ve Lokalize Uyarlama Yöntemi:

A uyarlama türleri, ekim tarihlerinde, tarlada veya mahsul seçiminde de ğişiklikler ve su, besin, kalıntı ve kanopi yönetiminin uyumunu içerebilir. Ekim tarihini değiştirerek, çiftçiler iklim ile ilişkili genişletilmiş büyüme mevsiminden yararlanabilirler. Ayrıca, ekim tarihi vardiyaları, hassas fenolojik aşamalar sırasında ısı veya kuraklık gibi belirli iklimsel streslere mahsus maruziyetin önlenmesi olasılığını sağlar. Büyüme mevsimi uzarsa, birden fazla hasat yapabilme

şansı doğabilir bu nedenle, iklim değişikliği birden fazla ürün ün aynı yıl içinde ekilebilmesi veya aynı üründen birden fazla hasat yapılabilmesini dolayısıyla, arazi verimliliğini arttırmak için uygun seçenekler olabilir (Liang et al., 2015). En baskın stres faktörlerine daha fazla toleranslı çeşitlere ya da ürünlere geçiş yapmak iklim risklerini azaltmaya yardımcı olabilir.

B: Uzun Süreli, Dönüştürücü, Stratejik Beklentili ve Büyük Ölçekli (Bölgesel, Ulusal veya Uluslararası) Uyarlama Yöntemi

B tipi uyarlama, üretim bölgelerindeki mekânsal değişimleri, çiftçilik faaliyetlerinde yapısal değişiklikleri veya yeni mahsul ve çeşitlerin yetiştirilmesini uzun vade de planlamayı amaçlar. Çiftçiler için bu uyarlama yöntemi zamana yayılmış bir biçimde, yeni üretim sistemleri ve gerekli altyapıya yatırım anlamına gelebilir (Nicotra et. al., 2010; Bloomfield et. al., 2014.), Kamu düzeyinde ise, teşvik sistemlerinin, dönüştürücü uyarlanmaya yardımcı olabilecek yönlendirmeye ve çiftçilerin uyum çabalarını desteklemeye adapte edilmesi gerekebilir. Tarım endüstrilerine verilecek devlet destekleri yeni teknolojilerin geliştirilmesinde ve yeni çeşitlerin yetiştirilmesinde ön plana çıkmalıdır. Spesifik ıslah hedeflerinin örnekleri arasında değiştirilmiş fenolojiye neden olan yüksek sıcaklıklara karşı direnç sayılabilir;

Böylelikle, hasat sistemleri ve hasat sayıları, agroekolojik bölgeler için iklim koşulları değiştikçe yeniden düzenlenebilir (Rosenzweig et al., 2013; Chenu et al., 2017). Uyarlama için, suya ve su verimliliğine olduğu kadar sellere, kuraklığa veya artan tuzluluğa toleranslar da dikkate alınır.

2.1. Tarımsal Modeller Ve Bileşenleri

Tarımda iklim değişikliği, mahsul üretimi, bir takım faktörlerin aralarındaki karmaşık etkileşimlerden (iklimsel, fizyolojik, teknolojik, hidrolojik, ekonomik) etkilenecektir. Bu bağlamda, farklı modelleri tek bir modelleme sisteminde birleştirmek çeşitli avantajlar sunmaktadır.

Tarımsal Modellerin ana bileşenleri:

- İKLİM: Ölçeksiz iklim verilerinin hazırlanmasını destekler.
- HİDROLOJİ: Gelecek iklim projeksiyonları altında su kaynaklarını tahmin eder.
- MAHSULLER: Gelecekteki iklim projeksiyonları ve teknolojik ilerleme senaryoları altında mahsul verimlerini simüle eder.
- EKONOMİ: Gelecekteki mahsul verimleri ve su kaynakları projeksiyonlarının ekonomik etkilerini değerlendirir.

Bu bileşenler, etki değerlendirmesinin birbirini izleyen adımlarını gerçekleştirmeye yönelik modelleri ve yardımcı programları içerir. Bir dizi farklı kullanıcı profilinin kullanıcıların çalışma tasarlaması ile birlikte veri akışını ve üretimini yönetmesine olanak tanır.

Modeller arasındaki veri alışverişi, iklim değişikliğinin etkilerinin farklı yönlerini tutarlı bir şekilde ele almalıdır. Ayrıca model, kullanıcıların farklı alanlarda etki çalışmaları yapmalarına ve karşılaştırılabilecek sonuçlar elde etmelerine olanak tanımalıdır.

Her bir bileşen ile her modelden ihtiyaç duyulan çıktı arasındaki etkileşimleri tanımlayan bir grup çalışmasına modellerin imkân tanıyabilmesi, ideal model çıktısı kullanımı adına gereklidir. Modelin son kullanıcılarla etkileşime girebilmesi ve ihtiyaçlarına göre tasarlanmış etki çalışmaları hazırlanmasına olanak tanıması gereklidir.

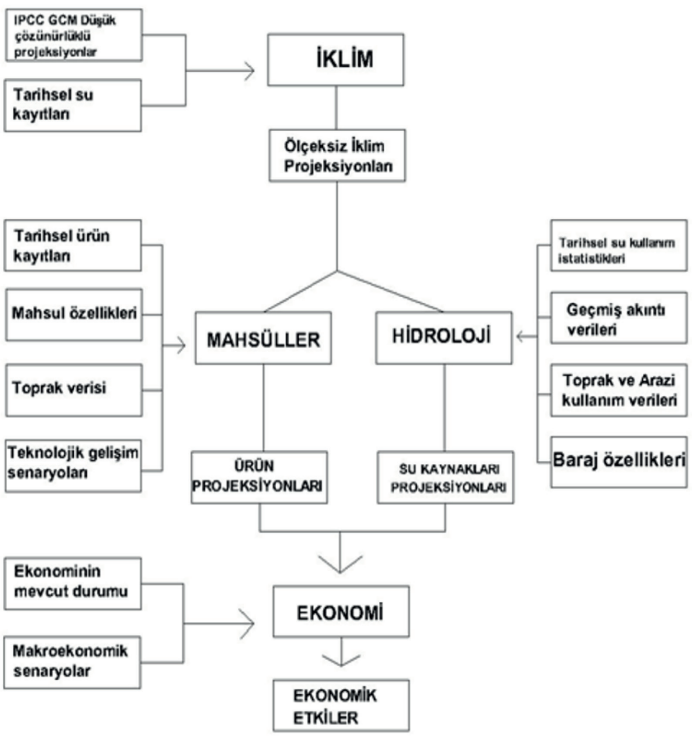
Dünyada kullanılan iklim, bitki ve su değişkenli modeller ve özelliklerine bakacak olursak en yoğun kullanılan tarımsal ürün ve tarımsal iklim modelleri:

CropSyst (Cropping Systems Simulation Model) (Hoogenboom et al., 1994), CERES (Crop Environment REsource Synthesis) (Arnold et al., 1998.), SWAT / SWIM (Toprak Suyu Değerlendirme Aracı / Toprak ve Su Entegre Modelidir) (Food

and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 1992), CROPWAT / AquaCrop (FAO ürün modeli) (Keating et al., 2003), APSIM (Tarımsal Üretim Sistemleri similatör) (Jones et al., 2003), DSSAT (Agrotechnology Transfer için Karar Destek Sistemi) (Williams et al., 1989), EPIC (Erozyon Verimliliği Etki Hesaplayıcısı) (Brisson et al., 2008), STICS (Simulateur mulTIdiscplinaire pour les Cultures Standard) (Bondeau et al., 2007), LPJmL (Lund-Potsdam-Jena yönetilen Arazi modeli) (Abbott et al., 1986), MIKE (Nehirler ve Kanallar için Modelleme Sistemi) (Renaud-Gentié et al., 2015).

Kullanılan iklim ve tarım modelleri ve modelde kullanılan girdiler ile çıktılar arasındaki akış şeması Tablo 1'de verilmiştir.

Şekil 1: Model'de Kullanılan Dört Ana Bileşen Arasında Veri Alışverişi



Kaynak: (Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2016)

Mekânsal ölçek, entegrasyon ve karmaşıklık düzeyleri bakımından farklılık gösteren modeller:

APSIM, CropSyst, CERES, DSSAT, CROPWAT/AquaCrop, STICS ve EPIC, alan seviyesinde biyofiziksel süreçleri simüle etmek için tasarlanırken, LPJmL, SWAT/SWIM ve MIKE, genellikle bölgesel veya hatta küresel ölçekte uygulanan mekansal dağılımlı modellerdir. Arazi ölçekli modeller çoğunlukla farklı bitki büyüme süreçlerini temsil etmeye odaklanmaktadır. Yoğun kullanılan CROPWAT / AquaCrop' un yaklaşımı, potansiyel mahsul verimlerine su sınırlamalarını simüle etmek üzere tasarlanmıştır. STICS, CERES ve ürün modelleme, DSSAT (CERES'i diğer ürün modelleri ile birleştirir), toprak su bütçesinin, besin maddelerinin ve toprak karbonunun dinamiğine karşı ürün tepkilerini simüle eder. EPIC ve CropSyst, ekin büyüme süreçlerini benzer bir karmaşıklıkta simüle eder, aynı zamanda iklim ve yönetimin toprak erozyonu üzerindeki etkilerini de entegre eder. Bitki bileşenleri (yaprak, gövde, baş ve kök) arasında farklılaşan ve aynı zamanda ürün karışımlarındaki türler arasındaki rekabeti simüle etmeyi sağlayan APSIM modeline, mahsulün büyüme süreçlerinin çok detaylı bir temsili entegre edilmiştir. Türkiye'de yapılan model çalışmaları sonuçları, tarımsal üretim ve geleceğe dönük planlama adına önemli çalışmalardır. Bu çalışmalarda ortaya konan sonuçlara göre ECHAM5 adı ile anılan küresel dolaşım modelinin RegCM3 iklim modeli ile birleştirilerek model çalıştırılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda, 2011-2099 yıllarını içine alan zaman aralığında, öncelikli olarak bitki su tüketimi dikkate alınarak yapılmış simülasyon sonuçlarına göre, yağışın %30 azaldığı iklim senaryolarında tarımsal verimin yaklaşık %11'lik bir azalmaya ulaşacağı belirlenmiştir (Cline, 2007; Dudu, 2013). Yine tarımsal verim ve su tüketimi ile hidrometeorolojik veriler kullanılarak yapılan çalışmalarda da kış aylarında yağış miktarının 2035 yılına kadar artacağı ve düzensiz yağış rejimleri ile karşı karşıya kalınacağı 2035-2060 zaman aralığında kış yağışlarının da azalacağı 2060-2099 aralığında ise ülke genelinde yıl boyunca yağışlarda azalma olacağı bu azalmalara ne yazık ki sıcaklık artışları eşlik ederek sulama suyu ihtiyacının artarak verimliliği değişken hale getirmektedir.

Model kullanımı tarımsal üretim adına hem dünya da hem de ülkemizde iklim değişikliğinde uyum çalışmalarında ilk başvurulan araçtır.

3. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ, TARIMSAL KURAKLIK, SU VE ARAZİ KULLANIMI

3.1. İklim Değişikliği ve Su Yönetimi

Suyun 21. yüzyıl içerisinde petrol kadar değer kazandığı herkesçe bilinmektedir, hatta, hidrolojik döngü tarafından kullanılabilir duruma getirilmiş olan toplam su miktarının, büyük bir bölümü belirli bölgelerde yoğunlaşırken diğer bölgeler su sıkıntısı halihazırda mevcut bulunmaktadır (Pimentel et al., 1999). Su kaynaklarının ve nüfus yoğunluklarının dünya genelinde dengeli olmayan bir biçimde dağılım sergilemelerinden dolayıdır ki, halen yaklaşık 80 ülkede olmak üzere nüfusun %40'ında su talepleri, arzlardan daha fazla olup su kaynakları ihtiyacı karşılayabilmekten uzak kalmaktadır (Bennett, 2000). Besin üretimi için kişi başına yıllık ortalama minimum su gereksinimi 0,4×106 l (Postel, 1996) olup Amerika'da tüketilen miktardan (1,7×106 l) yaklaşık dört kat daha azdır. Aynı şekilde dünya nufusnun %50 si için, içme suyu da dahil olmak üzere insan sağlığı söz konusu olduğunda, kişi başına kullanılan günlük minimum su miktarı, Amerika'da bu amaçla kullanılandan sekiz kat daha azdır (Gleick, 1996). 1960-1997 yılları arasında dünya genelinde kişi başına tatlı su kullanılabilirliği yaklaşık %60 azalmış olmakla birlikte gelecekte 2025 yılına kadar kişi başına düşen su arzında %50 düşüş beklenmektedir (Hinrichsen, 1998).

Dünyadaki toplam su rezervleri ile kıyaslandığında tatlı su miktarı tam anlamıyla bir kaşık suya benzetilebilir. Bunun nedeni ise dünyadaki suyun %97'sinin, elektiriksel iletkenliği (EC) yaklaşık 55 dS m^{-1} (toplam çözünmüş solid'ler≈35.000 mg l^{-1}), sodyum konsantrasyonu ise 450 mmol l^{-1}'den fazla (Suarez ve Lebron, 1993) olan okyanuslardaki sulardan oluşmasından kaynaklanmaktadır (Turner, 2001). Tatlı suyun %98'den fazlasını yeraltı suları oluştururken, %2'sini de yeraltı suları tarafından beslenen akarsular ve göller oluşturur. Toplam yağıştan, yüzey akışa geçen ve buharlaşan miktarlar çıktıktan sonra geriye kalan yağmur suları, toprağın

derinliklerine infiltre olur ve sonuçta da yeraltı suyu formasyonlarına veya akiferlere süzülür. (Bouwer, 2000). Yeraltı suyu ile bağlantılı olan toplam yağış miktarı, birinci derecede iklim koşullarından etkilenmektedir. Örneğin, hümid alanlarda yağışın %30-50'si yeraltı suyuna karışmaktadır. Bu değer Akdeniz ikliminde %10-20 arasında değişmektedir. Yağışın yeraltı suyuna ulaşan miktarı sıcak ve kurak iklimlerde en düşük oranda olup %2 hatta daha az olabilmektedir (Tyler et al., 1996). Her ne kadar gerçek doğal reşarj oranlarını kestirmek zor ise de (Stone et al., 2001), yukardaki tahminler, farklı iklim koşullarında, yeraltı su kaynaklarını tüketmeksizin akiferden pompajla alınabilecek yaklaşık su miktarını ortaya koyar. Yeraltı suyunun ana su kaynağı durumunda olduğu dünyanın pek çok kurak ve yarı kurak bölgesinde genel bir uygulama olarak pompaj, yeraltı suyu düzeyini tehlikeli bir biçimde düşürmek suretiyle gelecek için önemli ölçüde problem yaratmaktadır (Pimentel et al., 1999). Yeraltı suyu düzeyinin özellikle düşmekte olduğu iki Asya ülkesi, tahıl ambarları olarak nitelenen, Hindistan'ın Punjab ve Kuzey Çin Ovalarıdır (Seckler et al., 1999). Hatta on yıllar önce sularını tüketerek, kullanılabilir su kaynaklarından besin gereksinimlerini karşılayamayan Ortadoğu'da ve Afrika'nın bazı bölümlerinde durum daha da ürkütücüdür. Diğer pek çok ülke ise su açığı ile yeni tanışmaktadır (Allan, 2001).

Tatlı su rezervinin hali hazırda %65-75'inin sulamada kullanılması dolayısıyla tarım, en büyük bireysel su kullanıcısı durumundadır (Bennett, 2000). Bazı durumlarda toplam suyun %90'ına kadar olan bölümünü tüketebilmektedir (Allan, 1997). İster tek başına, ister farklı kombinasyonlarda olmak üzere aşağıdaki faktörler, dünyanın farklı bölgelerinde iyi kalitedeki suyun kullanılabilirliğine katkıda bulunmakta ve bunu etkilemeyi sürdürebilmektedir.

Tüm bu dünya genelindeki, su, kuraklık ve tatlısuya ulaşma zorlukları iklim değişikliği ile birlikte dünyanın pek çok bölgesi için çok daha problematik hale gelecektir. Ülkemiz ve dünyada kullanılan tatlı suyun yarısından fazlası sulama amacı ile tarımsal üretimde kullanıldığı için iklim değişikliği tarımsal kuraklık daha sıkıntılı bir konu olacaktır.

Su yönetiminin temel taşı, su havzalarının geliştirilmesi ve korunmasıdır. Bu yüzden su kaynaklarının geliştirilerek korunması ve sonrasında kullanıma sunulması hem disiplinli bir örgütlenmeye hem de yeterli mali koşulların sağlanmasına bağlıdır. Zira suyun kaynağından düzgün şekilde alınıp kullanım alanlarına istenilen nicelik ve nitelikte temini baraj, gölet, su iletim ve dağıtım şebekesi gibi büyük yatırımlarla yapılabilmektedir. Ancak su için gerekli düzenlemeler yapılırken, ülkedeki sosyo-ekonomik koşulların ve sektörel gelişmelerin de dikkate alınması, suyun arz güvenliğini artırmada yardımcı olacaktır (Zaimoğlu, 2019).

Günümüz dünyasında 1990'lı yılların başından itibaren, Bütünleşik Su Kaynakları Yönetimi uygulamaları gözetilmektedir. Bu yöntemle su kaynaklarını geliştirirken ekosistemlere zarar verilmemesi, sürdürülebilir sosyo-ekonomik ve çevresel kalkınmanın sağlanmasını amaçlamaktadır. Kavramdaki "bütüncül" terimi pek çok amaç arasındaki ilişkiye atıfta bulunmaktadır (Yıldız, 2013). Küresel olarak ise günümüzde su yönetimi çerçeveleri oluşturulurken Dünya Bankası ve IMF gibi kuruluşlar da ciddi teşviklerle ülkelere yardımda bulunarak, ülkelerin bunu yapmaktan başka çarelerinin olmadığı yönünde telkinlerde bulunmaktadırlar (Kılıç, 2008).

Dünya genelinde su hizmetlerinde belirgin bir şekilde kamu sektörünün ağırlığı bulunmakla birlikte, 1980 sonrası önemli değişiklikler yaşanmaya başlanmıştır. 1980 sonrasında, su hizmetlerinin karşılanmasında kamu yanında özel sektör de yer almaya başlamıştır. Bu süreçte, su hizmetlerinin kamu hizmeti olduğu gerçeğinden uzaklaşma ve onu bir "ekonomik mal" olarak kabul ettirme çabaları dikkat çekmektedir. Dublin Konferansı'nda kabul edilen temel ilkelerden birinin "suyun ekonomik mal olarak kabul edilmesi" bu konunun ispatı niteliğindedir (Salihoğlu, 2006; Kılıç, 2008).

3.2. Tarımsal Kuraklık Ve İklim Değişikliği

Su kıtlığı, su kaynaklarının, uzun vadeli ortalama gereksinimleri karşılama konusundaki yetersizliğidir. Kuraklık ise; yağışların, kaydedilen normal düzeylerin önemli ölçüde altına düşmesi sonucu arazi, su kaynakları, üretim sistemlerini olumsuz olarak etkileyen ve ciddi hidrolojik dengesizliklere yol açan tabii bir olaydır. Başka bir deyişle, "kuraklık" yağış azlığı sebebiyle su durumunda geçici bir düşüş anlamına gelirken, "su kıtlığı" su talebinin sürdürülebilir şartlarda yararlanılabilir su kaynaklarının kapasitesini aştığı anlamına gelir. Bu anlamda kuraklık olayının bir afete dönüşmesi, insani faaliyetlerin doğal denge üzerine yaptığı müdahalelerle daha da kolay bir hale gelmektedir. Kuraklık kavramı farklı şekillerde ifade edilebilir (Bayramin, 2008).

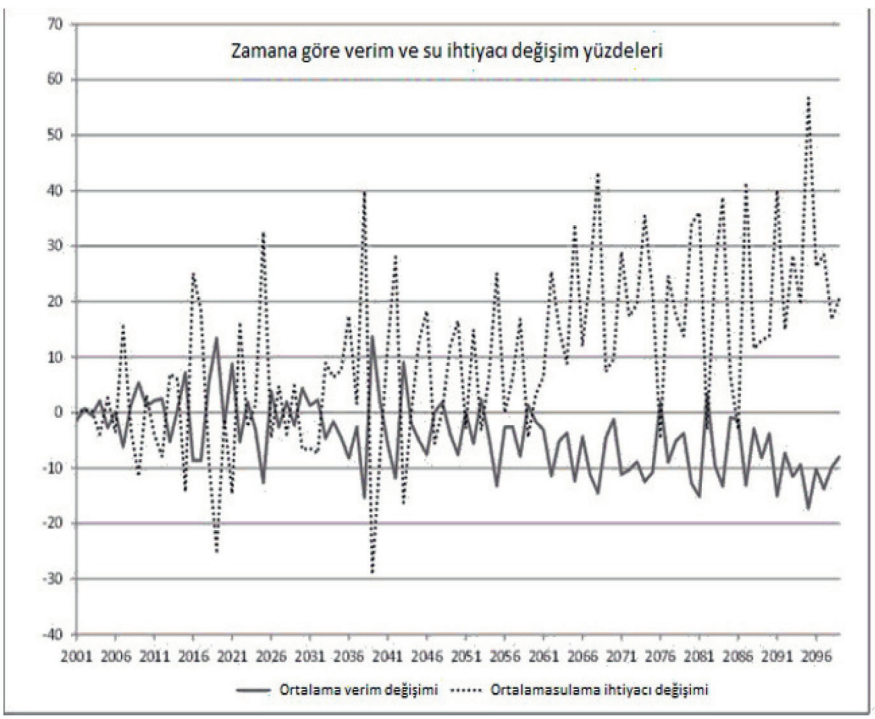
Kuraklık: Yağışların, kaydedilen normal düzeylerin önemli ölçüde altına düşmesi sonucu arazi, su kaynakları ve üretim sistemlerini olumsuz olarak etkileyen ve ciddi hidrolojik dengesizliklere yol açan tabii bir olaydır.

- Meteorolojik Kuraklık: Yağışların belirli bir zaman periyoduna ait normallerden (genellikle en az 30 yıllık) meydana gelen sapma olarak ifade edilir.
- Tarımsal Kuraklık: Toprakta bitkinin ihtiyacını karşılayacak miktarda su bulunmaması tarımsal kuraklığı ifade eder.
- Hidrolojik Kuraklık: Uzun süren yağış azlığından dolayı kaynak seviyeleri, yüzey akış, yeraltı suyu ve toprak nemi gibi hidrolojik sistemde meydana gelen azalmalar hidrolojik kuraklığı ifade eder.
- Kuraklık Yönetim Planı: Muhtemel kuraklık risklerinin olumsuz etkilerinin kontrolü ve kuraklık problemlerinin çözümüne yönelik olarak kuraklık öncesinde, esnasında ve sonrasında alınacak tedbirleri ihtiva eden yönetim planını ifade eder (Türkeş, 2014).
- Kriz Yönetimi: Kriz süresince uygulanan, durumu normale döndürmeyi amaçlayan geçici bir yönetim biçimidir (Ulusal kuraklık yönetimi strateji belgesi ve eylem planı, 2007-2013).

Ülkemizde kuraklık yönetimi çerçevesinde muhtelif çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmaların büyük kısmı tarımsal kuraklık ekseninde gerçekleştirilmiştir. Bunun yanında kuraklık durumunda illerin içme suyu ihtiyacını karşılama maksatlı çalışmalar da (yeraltı suyu kuyularının açılması, havzalar arası su transferi yapılması, vb.) yapılmıştır. Kuraklık afetini deprem gibi diğer doğal afetlerden ayıran en önemli özellik, başlangıç ve bitiş zamanının kesin bir şekilde tespit edilmesinin çok zor olmasıdır. Bu sebeple ülkemizde de kuraklık afetinin zararlarını azaltmak ve gerekli tedbirleri alabilmek için erken uyarı sistemleri geliştirilmesi gerekmektedir.

İklim değişikliği ve iklim modelleri, sulama suyu ve bitki su ihtiyacının zamanla göstereceği farlılıkla birlikte sulamada ihtiyaç duyulan su miktarının doğrusal artacağını ortaya koymaktadır.

Şekil 2: Zamana Göre Verim ve Su İhtiyacı Değişim Yüzdeleri



Kaynak: Dudu ve Çakmak, 2017

Şekil 2'de de görüldüğü gibi 2096 yılında özellikle Akdeniz havzasında sulama suyu ihtiyacı yağışlarla ters orantılı bir biçimde artacak ve tarımsal kuraklıkla mücadele çok önemli bir hal alacaktır.

Bilinen bu gerçeklik doğrultusunda Türkiye Tarımsal Kuraklıkla Mücadele Eylem Planları oluşturulmuştur.

Tarımsal kuraklıkla ülke çapında mücadele etmek adına kısa, orta ve uzun vadeli önlemler alınmakta, kuraklığın etkilerini sürdürülebilir olarak azaltmak için eylem planları devreye sokulmaktadır. Türkiye Tarımsal Kuraklıkla Mücadele Stratejisi ve Eylem Planı 2008-2012 tarihleri arasında uygulanmış ve 2013 yılında 2013-2017 yıllarını kapsayacak şekilde revize edilmiştir. Kuraklığın zararlarının azaltılması için yalnızca tarımsal kuraklık ile mücadele etmek yeterli değildir. Meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik kuraklık bir bütün içinde ele alınmalı ve kurumsal kapasite bu yönde geliştirilmelidir. Bu sayede kuraklık afetinden etkilenen her sektör için sürdürülebilir çözümler geliştirilebilir, ekonomik ve sosyal fayda sağlanabilir. Bu anlamda birbirini tamamlar nitelikteki tedbirlerin ilgili kurum ve kuruluşlarca uygulanmasının sağlanması gerekmektedir (Zaimoğlu, 2019).

4. TARIMSAL KURAKLIKLA MÜCADELE STRATEJİSİ VE EYLEM PLANI FAALİYETLERİ

Eylem Planında yer alan faaliyetler, yukarıda belirtilen strateji temelinde, temel gelişme eksenleri ve öncelikler kapsamında gruplanarak hazırlanmıştır.

A. Kuraklık Risk Tahmini ve Yönetimi

- Tarımsal kuraklık tahminlerine dayalı kriz yönetimi uygulanacaktır.

B. Sürdürülebilir Su Arzının Sağlanması

- Potansiyel su tutma kapasitesi artırılacaktır.
- Su iletim kanalları modernize edilecek, su depolama ve iletim kanalarının idame ve yenileme yatırımları zamanında yapılacaktır.
- Atık suların toplanması ve arıtılmış atık suların tarım ve sanayide tekrar kullanımına yönelik tedbirlerin alınması sağlanacaktır.
- Yeraltı sularının etkin yönetimi sağlanacaktır.

C. Tarımsal Su Talebinin Etkin Yönetimi

- Tarım havzaları belirlenerek tarımsal ürünlerin en uygun yetişme alanları su varlıkları da dikkate alınarak tespit edilecek ve tarımda su kullanımı azaltılacaktır.
- Sulama iletim sistemleri modernize edilecektir.
- Tarımsal amaçlı yeraltı sularının etkin kullanımı sağlanacaktır.
- Bitkisel ve hayvansal üretim politikaları kuraklık riski göz önüne alınarak uygulanacaktır.

D. Destekleyici Ar-Ge Çalışmalarının Hızlandırılması ve Eğitim/Yayım Hizmetlerinin Artırılması

- Kuraklıkla mücadeleyi destekleyici Ar-Ge çalışmaları hızlandırılacaktır.
- Başta çiftçiler olmak üzere ilgili kesimlere yönelik eğitim ve yayım hizmetleri artırılacaktır.

E. Kurumsal Kapasitenin Geliştirilmesi

- Tarımsal kuraklıkla etkin mücadele için gerekli yasal düzenlemeler yapılacak ve kurumsal yapılanma güçlendirilecektir.
- Orman dışı yangınlarla mücadelede gerekli kurumsal kapasite geliştirilmesi

4.1. Eylem Planı İçesinde Belirlenen Tedbirler

4.1.1. Kuraklık Öncesi Yapılması Gereken Çalışmalar

- Kuraklık yönetimini sağlamak maksadıyla kurumsal ve teknik kapasiteye yönelik temel ihtiyaçların belirlenmesi,
- Nehir havzasının karakteristikleri ve arazi kullanımı dikkate alınarak kuraklık şiddetinin belirlenmesinde kullanılacak kuraklık indisi ve göstergelerinin belirlenmesi,
- Kuraklık tahmin ve erken uyarı sistemlerinin oluşturulması,
- Her havza için kuraklık haritaları ve kuraklık yönetim planlarının hazırlanması veya geliştirilmesi,
- Havza ölçeğinde kuraklık yönetiminin yapılanmasını düzenleyen yasal mevzuatın hazırlanması ve geliştirilmesi,
- Kuraklık envanterinin oluşturulması ve geliştirilmesi,
- Nehir havzası içinde çeşitli alan kullanımlarını öngören fiziki planların hazırlanması veya geliştirilmesinde kuraklık etkilerinin dikkate alınması,
- Muhtemel kuraklık olaylarının sektörlere olumsuz etkisini en aza indirecek önlemlerin geliştirilmesi,

- Tarımsal ürün verimi sigorta sisteminin hazırlanması ve geliştirilmesi,
- Kuraklık yönetiminin her aşamasında görev alan ilgili personelin ve halkın eğitimi, bilgilendirilmesi ve halkın katılımının sağlanması,
- Suyun tasarruflu kullanılmasına yönelik eğitim faaliyetlerinin yapılması,
- Su fiyatlandırma ve önceliklendirme politikalarının, kuraklık durumunda oluşması beklenen su arzı ve talebi arasındaki dengesizliğin düzenlenmesi amacıyla geliştirilmesi,
- Kuraklık esnasında uygulanmak üzere kurum ve kuruluşlara ait acil eylem planlarının hazırlanması,
- Havzalar arası su transferi projelerinin hazırlanması aşamasında havzada yaşanmış kuraklıkların göz önünde bulundurulması,
- Hidrolojik izleme istasyonlarının, tahmin ve izleme sistemlerinin kurulması,
- Yağmur suyu hasadı ve gri su kullanımının teşviki ve yaygınlaştırılması,
- Tarımsal sulama sistemlerinde su tasarrufu sağlayan modern sulama sistemlerine geçilmesi,
- Havzalarda yeraltı suyu seviyelerini izlemek için yeterli sayıda rasat kuyularının açılması,
- Daha az su tüketen bitki türlerinin teşvik edilmesi,
- Havzaya uygun bitki deseni seçiminin sağlanması,
- Arıtma tesislerinin sayısının arttırılması, işletilmesinin verimli şekilde sağlanması ve atıksuyun geri kazanılması,
- Konvansiyonel yöntemlerle arıtılmış atıksuların ileri arıtım sistemlerinden geçirilerek sulama maksatlı kullanılmasının yaygınlaştırılması ve arıtma tesislerinin modernizasyonu,
- Tarımsal Kuraklıkla Mücadele Stratejisi ve Eylem Planı'nda yer alan çalışmaların yürütülmesi,
- Su iletim ve dağıtım sistemlerinde kayıp ve kaçakların mümkünse önlenmesi veya azaltılması,
- Kaliteli ve yeterli miktarda içme suyu temininin sağlanması,
- Su temin ve depolama tesislerinin kurak dönemlerde kullanılmak üzere mevcut durumu ile ilgili çalışmaların yapılması,

- Orta ve uzun vadeli tahmin kapasitesinin geliştirilmesi ve benzeri çalışmaların yapılması,
- Hayvan içme suyu göletlerinin arttırılması,
- Tarımsal sulama aboneliklerine ilişkin şartların disipline edilmesi.

4.1.2. Kuraklık Esnasında Yapılması Gereken Çalışmalar

- Kuraklık seyrinin tahmini ve uyarıların yapılması,
- Kurum ve kuruluşlar tarafından hazırlanan Kuraklık Acil Eylem Planlarının uygulanması,
- Su temin ve depolama tesislerinin kuraklık durumuna uygun şekilde hazırlanan işletme planlarının uygulanması,
- Kuraklık yönetiminin her aşamasında görev alan ilgili personelin ve halkın eğitimi, bilgilendirilmesi ve halkın katılımının sağlanması,
- Sağlık ve yardım hizmetleri,
- Tarımsal Kuraklıkla Mücadele Stratejisi ve Eylem Planı'nda yer alan çalışmaların yürütülmesi.

4.1.3. Kuraklık Sonrasında Yapılması Gereken Çalışmalar

- Sektörler üzerindeki zararının tespiti,
- Kuraklıktan etkilenen sektörlere etkilerin boyutları dikkate alınarak gerekli desteklerin sağlanması,
- Kuraklık yönetiminin her aşamasında görev alan ilgili personelin ve halkın eğitimi, bilgilendirilmesi ve halkın katılımının sağlanması,
- Kuraklıktan sonra meydana gelebilecek ciddi ve yıkıcı hasarların iyileştirilmesi için bütün kurum, kuruluş ve sektörleri ilgilendiren Kuraklık Sonrası İyileştirme Planlarının hazırlanması,
- Su temin ve depolama sistemlerinin gözden geçirilmesi,

4.2. Kuraklık Yönetimini Etkileyen Şartların Sistematik Olarak İncelendiği Güçlü Yönler

- Güçlü teşkilat yapısına sahip köklü kuruluşların varlığı,
- Orman ve Su İşleri Bakanlığı'nın kuraklık yönetimine dair sahip olduğu yetki,
- Ülkemizin farklı disiplinlerde uzman insan kaynağına sahip olması,
- Orman ve Su İşleri Bakanlığı'nın kuraklık ile ilgili faaliyet alanlarında ulusal ve uluslararası odak noktası olması,
- Yeniliklere açık ve dinamik bir yapıya sahip olunması,
- İletişim ve teknolojik altyapının güçlü olması,
- Son dönemde havza bütünlüğünü esas alan planlamaların yapılması,
- Havza ölçeğinde kuraklık yönetim planlarının yapılmasına başlanması,
- Havza koruma eylem planlarının hazır ve nehir havzası yönetim planlarının hazırlanmakta olması,
- Havza yatırımlarına devletçe sağlanan finansmanda son yıllardaki artış,
- Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından "Tarımsal Kuraklıkla Mücadele Stratejisi ve Eylem Planı"nın yürütülmesi.

4.3. Kuraklık Yönetimini Etkileyen Şartların Sistematik Olarak İncelendiği Zayıf Yönler

- Verilere ulaşmada yaşanan güçlükler,
- Koordinasyon konusunda sıkıntıların yaşanması,
- Yasal mevzuattaki boşluklar,
- Havza yönetimi ile ilgili politika ve stratejilerdeki yetersizlikler ve havza bazlı sektörel yatırım politikaları arasında eşgüdümün sağlanamaması,
- Paydaşların katılımının ve yerel sahiplenmenin sağlanmasındaki yetersizlikler,
- Havza düzeyinde veri bilgi sistemi eksikliği,

- Havza projeleri ve faaliyetlerini önceliklendirme ölçüt ve yöntemlerindeki yetersizlikler,
- Havza çalışmalarının eşgüdümlü yürütülmesine temel oluşturacak üst düzey planların tamamlanmamış olması,
- Geçmiş kuraklıkların etkilerine ait verilerin yeterli olmaması,
- İlgili ve sorumlu kuruluşların çoğunda kuraklık üzerine çalışan birimlerinin eksikliği.

4.4. Eylem Planlarında Oluşması muhtemel Fırsatlar

- Havza Ölçekli Kuraklık Yönetim Planlarının Hazırlanmasına
- Dünyada ve ülkemizde sürdürülebilir kuraklık yönetimi konusunda toplumda farkındalığın artması,
- Tarımsal sulama sistemlerinde su tasarrufu sağlayan modern sulama sistemlerinin desteklenmesi,
- Tarımda Su Kullanımının Etkinleştirilmesi Programı kapsamında, tarımsal desteklerin tarım havzaları bazında ürün deseni ile uyumlu bir şekilde mevcut su imkânları göz önünde bulundurularak belirlenmesinin ardından çalışmaların başlaması,
- İklim değişikliğinin gündemde olması,
- Kuraklık yönetimi konusunda bilimsel ve akademik araştırmaların artması,
- Yukarı havzalarda göç sebebiyle insan kaynaklı baskıların azalması,
- Bilgiye erişim ve gelişen bilgi teknolojilerinden faydalanma imkânı (CBS, vb.),
- Toplumda doğal kaynaklar ve çevrenin korunması ile ilgili farkındalığın artması,
- Sivil toplum örgütlerinin katkı ve etkinliklerinin artması,
- Politik ilgi ve desteğin artması,
- Kurumlarda katılımcı yaklaşımın gelişmekte olması,
- Su havzaları yönetiminin önem kazanması,
- Kentsel dönüşüm yasası kapsamındaki düzenlemeler,

- Kamu kuruluşları dışındaki paydaşların (STK'ler, bilim kuruluşları, vb.) bütünleşik havza yönetimi.

4.5. Eylem Planlarında Oluşması Muhtemel Tehditler

- Kamu hedefleri ile özel sektörün menfaatleri arasında çatışma,
- Nehir havzalarında ve nehirlerin su toplama havzalarındaki düzensiz yapılaşma,
- Tarım alanlarında çiftçilerin aşırı yerüstü ve yeraltı suyu tüketimi,
- Kentlerde ve kırsalda eğitimsizlik ve bilgisizlikten kaynaklanan aşırı su tüketimi ve su tasarrufuna gidilmemesi,
- Sanayileşmenin bir sonucu olarak doğal çevre (hava-su-toprak) kirliliğinde yaşanan artışın, küresel ısınma ve tüketilebilir su kaynaklarını olumsuz yönde etkilemesi,
- Nehir havzalarının yapılaşmaya açılması ve nehirlerin su toplama havzalarının yeterince korunamaması,
- Nüfus artışının ve hızlı şehirleşmenin getirdiği daha fazla yerleşim alanı oluşturma zorunluluğu sonucu doğal yaşam alanlarının tahribi,
- Tarımsal nüfusun kentlere göçü sonucunda kentsel nüfustaki artış,
- Tarım arazilerinin farklı sektörlerin kullanımına açılması,
- Akiferlerde düşüm, kaynak debilerinde azalma, akarsu akımlarında azalma-kuruma ve göl ve bataklık alanlarda su çekilmesi,
- Su kaynaklarındaki su kalitesinin bozulması,
- Suyun plansız kullanımı ile ekolojik akışın sağlanamaması, akarsu ve sulak alan ekosistemlerin bozulması (GTHB, 2018).

Türkiye kuralık ile mücadele politikalarını geliştirmeye eylem planları ile devam etmekte olup 2018-2022 eylem planı ile etkin bir biçimde hareket etmektedir.

5. ÜLKEMİZDE VERİM VE SULAMA SUYU İHTİYACI

İklim değişikliği söz konusu olduğunda verim değişimlerinin yanısıra sulama suyu ihtiyaçlarının artış ya da azalışları da göz önünde bulundurulmalıdır. Tarım havzasının verimi, hem iklim değişikliği hem de ülkeye sağlayacağı ekonomik katkı bakımından hassas bir unsurdur. Unutulmamalıdır ki bir toprak verimli olsa dahi potansiyel su ihtiyacı bahsedilen iki faktör için de yüksek önem arz etmektedir. Sulama maliyeti yüksek olan bir ürünün ekimi hem su kaynaklarının etkin kullanılmamasından kaynaklı iklim değişikliğine hem de ekonomik olarak kayıplara sebebiyet verebilmektedir. Yapılan çalışmalarda özellikle Akdeniz iklim kuşağında bulunan iller ve havzalarımızın iklimdeki değişimlerden gerek verim gerekse sulama ihtiyacı bakımından en çok etkilenecek bölgeler olduğu dikkat çekmektedir. Bu bölgede yapılan tarım çalışmalarının sekteye uğraması ülkemiz için hem gıda erişebilirliği hem de ekonomik faktörler açısından telafisi mümkün olmayan problemlere yol açabilir.

Verimin göreceli olarak daha düşük olduğu ve sulama ihtiyacı daha yüksek olan iç kesimlerimizde ise gelecekte öngörülen sıcaklık artışları ve yağış düzensizlikleri nedeniyle tarımın sürdürülebilirliği ciddi tehdit altındadır. Çoğu zaman ekstra bir sulama ihtiyacı olmayan Kuzeydoğu Anadolu havzalarımızın dahi zaman içinde sulamaya bağımlı hale gelebileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Zaman içinde verim değişimi ve sulama suyu ihtiyacı değişim yüzdeleri Şekil 6'da gösterilmiştir. İlk gözlenen zaman aralıklarında batı bölgelerde verim artışı ve sulama ihtiyacında azalma gözlemlenirken, orta kesimlerde verim değişimleri ve sulama ihtiyaçları küçük değişimler göstermekteyken ikinci ve üçüncü gözlem aralıklarında ciddi verim kayıpları ve sulama ihtiyacı artışları göze çarpmaktadır (Dudu ve Çakmak, 2018).

New Holland
NEW HOLLAND

6. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE ARAZİ KULLANIMI

6.1. Orman Miktarının Azaltımına Karşı Önlemler.

Ormanlar ve ağaçlar karbonu depolar. Yakıldıklarında veya kesildiklerinde -ormansızlaşma olarak adlandırılan bu işlem sonucunda- bu depolanan karbon atmosfere karbondioksit olarak geri salınır ve iklim değişikliğine katkıda bulunur. Ormansızlaşma, insan faaliyetlerinden kaynaklanan karbon dioksit emisyonlarının yaklaşık %12'sine katkıda bulunur. Bu rakam, şu anda büyük ölçüde degradasyona uğrayan ve ormanlardan on kat daha fazla karbon içerebilen tropikal turbalar da dahil edildiğinde, %15›e yükselir (Defreisa et al., 2016). Son on yılda, en büyük ormansızlaşma tropik bölgelerde meydana gelmektedir. Ölçülmesi zor olsa da, mevcut küresel tahminler 2000-2010 yılları arasında yıllık 13 milyon hektar (İngiltere'nin büyüklüğünün yarısı kadar olan bir alan) hakkında yıllık bir kayıp olduğunu gösteriyor. Ormanı yok eden nüfusun amacının ailelerini beslemek ve tarım alanlarının soya gibi yüksek değerli ürünler üreten monokültür çiftlikleri haline getirmek olduğu bilinmektedir (Koglo, 2018). Bilim adamları, iklim değişikliğiyle mücadelede ormanları korumanın değerini biliyorlar.

6.2. Arazi Toplulaştırması ve Etkileri

İklim değişikliği ve gıda arzı tehlikelerinden yüksek derecede etkilenecek olan ülkeler başta çok parçalı ve küçük aile işletmelerine hizmet eden yapıda olduğu bilinen, gelişmekte olan ülkelerdir.

Çok parçalı araziler hem alt yapı hem de doğal kaynak kullanımı açısından verimsiz olmalarından dolayı iklim değişikliklerinde arazi kullanımı anlamında da dolaylı olarak ele alınması gereken konu başlıklarındandır.

Arazi toplulaştırması küçük ve şekilsiz tarım arazilerinin birleştirilmesi açısından çok önemli faydalar sağlamaktadır. Toplulaştırma ile küçük parseller bir araya getirileceği için işletme merkezi ile parseller arasındaki uzaklık kısalmakta ve buna bağlı olarak tarla içi ulaşım ile ilgili emisyon azalması ve yakıttan tasarruf sağlanmaktadır. Ayrıca parsel sayısı azaldığı, şekilleri düzeldiği ve büyüklükleri arttığı için verimlilik artmakta ve tohum, gübre, ilacı gibi tarımsal girdilerde de kayıplar azalmaktadır. Bu kayıpların azalması her bir tarımsal girdinin üretilmesi esnasında oluşan emisyonun da azalması anlamına gelmektedir.

Parseller büyüyeceğinden yola ve kanala sınırı olacak bu da sulama sonucu kullanılan suyu ve ulaşım randımanını arttıracaktır. Kırsal alana yönelik olarak: çevre koruma, erozyonu önleme, ağaçlandırma, köy yenilemesi, her türlü yolların planlaması, köy imar planlarının yapılması, arazi kullanım planlarının hazırlanması gibi tüm hizmetler toplulaştırma projeleri ile birlikte planlanıp uygulanabilmesi sonucu kırsal kalkınma ve iklim değişikliğine eş zamanlı katkı sağlayabilecektir.

Toplulaştırmasız sulama projelerinde kanalların ve yolların planlanması ve uygulaması parsel sınırlarına bağlı kalmakta ve mümkün oldukça sınırlardan geçirilmektedir. Parseller küçük, şekilleri düzensiz olduğundan kanal boyları gereğinden fazla uzamakta, bu da tesis maliyetini yükseltmektedir; hâlbuki sulama projeleri toplulaştırılmalı uygulandığı takdirde, parsel sınırlarına bağlı kalmadan en ekonomik şekilde sulama, yol ve tahliye planlaması yapıldığından, yatırım maliyetlerinde %40'lara varan oranlarda tasarruf sağlanmaktadır. Su israfı en aza indirilmekte, sulama oran ve randımanı artmaktadır (Türker, 2015).

SONUÇ

İklim değişikliği tarım etkileşiminde en kontrol edilebilir görünen göstergeler su kullanımı arazi kullanımı olarak göze çarpmaktadır.

Sürdürülebilir tarım anlamımda öncelikli olarak modeller yardımı ile doğru bitki desi, doğru çeşit ve doğru koordinatların belirlenmesi temel karar noktasıdır.

Sonrasında arazi ve su kullanımı ve bu kısıtlara göre planlanmak hem çiftçilerin hem de beraberinde politika yapıcıların ortak paydada bileşmesi gereken konuların başında gelmektedir.

KAYNAKÇA

- Abbott, M.B., Bathurst, J.C., Cunge, J.A., O'Connell, P.E., & Rasmussen, J. (1986). An introduction to the European Hydrological System—Systeme Hydrologique Europeen, "SHE", 1: History and philosophy of a physically-based, distributed modelling system. J. Hydrol, 87, 45–59. DOİ: 10.1016/0022-1694(86)90114-9
- Allan, J.A. (1997). Virtual Water: a long term solution for water short Middle Eastern economies? In: Proceedings of the Paper Presentation at the 1997 British Association Festival of Sciences, University of Leeds, Water and Development Session, 9 September 1997.
- Allan, J.A. (2001). The Middle East Water Question: Hydropolitics and the Global Economy. I.B. Tauris & Co. Ltd., London,
- Arnold, J.G., Srinivasan, R., Muttiah, R.S., & Williams, J.R. (1998). Large area hydrological modeling and assessment Part 1: Model development. JAWRA J. Am. Water Resour. Assoc, 34, 73–89. https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.1998.tb05961.x
- Bayramin, İ. (2008). İklim Değişikliğinin Tarım Üzerine Etkileri. TMMOB İklim Değişikliği Sempozyumu (13-14 Mart), Ankara.
- Bennett, A.J. (2000). Environmental consequences of increasing production: some current perspectives. Agric. Ecosys. Environ, 82, 89–95.
- Bloomfield, J.A., Rose, T.J., & King, G.J. (2014). Sustainable harvest: Managing plasticity for resilient crops. Plant Biotechnol. J., 12, 517–533. https://doi.org/10.1111/pbi.12198
- Bondeau, A., Smith, P.C., Zaehle, S., Schaphoff, S., Lucht, W., Cramer, W., Gerten, D., Lotze-Campen, H., Muller, C., & Reichstein, M. et al. (2007). Modelling the role of agriculture for the 20th century global terrestrial carbon balance. Glob. Chang. Biol., 13, 679–706. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01305.x
- Bouwer, H. (2000). Integrated water management: emerging issues and challenges. Agric. Water Manage,45,217–228.

- Brisson, N., Gary, C., Justes, E., Roche, R., Mary, B., Ripoche, D., Zimmer, D., Sierra, J., Bertuzzi, P., & Burger, P. et al. (2008). An overview of the crop model STICS. Eur. J. Agron, 18, 309–332. https://doi.org/10.1016/S1161-0301(02)00110-7
- Chenu, K., Porter, J.R., Martre, P., Basso, B., Chapman, S.C., Ewert, F., Bindi, M., & Asseng, S. (2017). Contribution of Crop Models to Adaptation in Wheat. Trends Plant Sci., 22, 472–490. https://doi.org/10.1016/j.tplants.2017.02.003
- Cline, W. (2007). Global warming and agriculture: Impact estimates by country. Peterson Institute for International Economics: Washington D.C.
- Defriesa, R., Mondal, P., Singh, D., Agrawal, I., Fanzo, J., Remans, R., & Wood. S. (2016). Synergies And Trade-Offs For Sustainable Agriculture: Nutritional Yields And Climate-Resilience For Cereal Crops İn Central India. Global Food Security,11, 44-53.
- Dudu, H. & Çakmak, E.H. (2018). Climate Change and Agriculture: An Integrated Approach to Evaluate Economy-Wide Effects for Turkey. Climate and Development, 10(3): 275-288. https://doi.org/10.1080/17565529.2017.1372259
- Dudu, H. (2013). Climate Change, Agriculture And Trade Policy: CGE Analyses At Regional, National and Global Level. Yayınlanmamış Doktora Tezi, İktisat Bölümü, ODTÜ, Ankara.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (1992). CROPWAT: A Computer Program for Irrigation Planning and Management; Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2016). FAO Modelling System for Agricultural Impacts of Climate Change (MOSAICC).
- Gleick, P.H. (1996). Basic water requirements for human activities: meeting basic needs. Water Int. 21, 83–92. https://doi.org/10.1080/02508069608686494
- GTHB. (2018). https://www.tarimorman.gov.tr/ (29.05.2020)

- Hinrichsen, D. (1998). Coastal Waters of the World: Trends, Threats and Strategies. Island Press, Washington, DC, CA, 1998 275, ISBN 1 55963 383 2 (paperback).
- Hoogenboom, G., Jones, J.W., Wilkens, P.W., Batchelor, W.D., Bowen, W.T., Hunt, L.A., Pickering, N.B., Singh, U., Godwin, D.C., & Baer, B., et al. (Eds.) (1994). Decision Support System for Agrotechnology Transfer, Version 3; University of Hawaii Press: Honolulu, HI, USA.
- Jones, J.W., Hoogenboom, G., Porter, C.H., Boote, K.J., Batchelor, W.D., Hunt, L.A., Wilkens, P.W., Singh, U., Gijsman, A.J., & Ritchie, J.T. (2003). The DSSAT cropping system model. Eur. J. Agron, 18, 235–265. https://doi.org/10.1016/S1161-0301(02)00107-7
- Keating, B.A., Carberry, P.S., Hammer, G.L., Probert, M.E., Robertson, M.J., Holzworth, D., Huth, N.I., Hargreaves, J.N.G., Meinke, H., & Hochman, Z. et al. (2003). An overview of APSIM, a model designed for farming systems simulation. Eur. J. Agron, 18, 267–288. https://doi.org/10.1016/S1161-0301(02)00107-7
- Kılıç, S. (2008). Küresel İklim Değişikliği Sürecinde Su Yönetimi. İ.Ü. Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi, 39: 161-186.
- Koglo, Y.S. (2018). Tropical Forests in the Context of Climate Change: From Drivers, Policies to REDD+ Actions and Intensity Analysis – A Review. Preprints, 1
- Liang, Z., Gu, T., Tian, Z., Zhong, H., & Liang, Y. (2015). Agro-climatic adaptation of cropping systems under climate change in Shanghai. Front. Earth Sci. 9, 487–496.
- Nicotra, A.B., Atkin, O.K., Bonser, S.P., Davidson, A.M., Finnegan, E.J., Mathesius, U., Poot, P., Purugganan, M.D., Richards, C.L., & Valladares, F. et al. (2010). Plant phenotypic plasticity in a changing climate. Trends Plant Sci, 15, 684–692. DOI:https://doi.org/10.1016/j.tplants.2010.09.008
- Pimentel, D., Bailey, O., Kim, P., Mullaney, E., Calabrese, J., Walman, L., Nelson, F., & Yao, X. (1999). Will limits of the earth's resources control human numbers?. Environ. Sustainability Dev. 1 (1999),19–39.

- Postel, S. (1996). Dividing the waters: food security, ecosystem health, and the new policies of scarcity. Worldwatch Paper 132. Worldwatch Institute, Washington, USA.
- Renaud-Gentié, C., Dijkman, T.J., Bjørn, A., & Birkved, M. (2015). Pesticide emission modelling and freshwater ecotoxicity assessment for Grapevine LCA: Adaptation of PestLCI 2.0 to viticulture. Int. J. Life Cycle Assess, 20, 1528–1543.
- Rosenzweig, C., & Hillel, D. (2013). Conclusion: Agricultural Solutions for Climate Change at Global and Regional Scales. In Handbook of Climate Change and Agroecosystems—Global and Regional Aspects and Implications; Hillel, D., Rosenzweig, C., Eds.; Imperial College Press: London, UK, 2013; pp. 281–292. https://doi.org/10.1142/9781848169845_0015
- Salihoğlu, S. (2006). Küresel Su Siyaseti Nedir?. [Çınar, T. ve Özdinç, H.K. (der.)] Su Yönetimi. Memleket Yayınları: Ankara, 3-35.
- Seckler, D.W., Barker, R., & Amarasinghe, U. (1999). Water scarcity in the twenty-first century. Int. J. Water Resour. Dev.,15, 29–43. https://doi.org/10.1080/07900629948916
- Stone, D.B., Moomaw, C.L., & Davis, A. (2001). Estimating recharge distribution by incorporating runoff from mountainous areas in an alluvial basin in the Great Basin region of the southwestern United States. J. Ground Water 39, 807–818. DOI: 10.1111/j.1745-6584.2001.tb02469.x
- Suarez, D.L., & Lebron, I. (1993). Water quality criteria for irrigation with highly saline water. Towards the rational use of high salinity tolerant plants, 2, 389-397
- Turner, N.C. (2001). Optimizing water use. In: Nösberger, J., Geiger, H.H., Struik, P.C. (Eds.), Crop Science: Progress and Prospects. CAB Publishing, Wallingford, UK, 119–135.
- Türker, M. (2015). Türkiye'de Arazi Toplulaştırması Uygulamaları ve Arazi Bankacılığı. Tarım ve Mühendislik Dergisi, 30-36.
- Türkeş, M. & Yıldız, D. (2014). Türkiye'de Hidroelektrik Santrallerin Geleceği. Hydropolitic Academy, http://www.hidropolitikakademi.org/turkiyedehidroelektrik-santrallerin-gelecegi-3.html (06.05.2020)

- Tyler, S.W., Chapman, J.B., Conrad, S.H., Hammermeister, D.P., Blout, D.O., Miller, J.J., Sully M.J., & Ginanni, J.M. (1996). Soil-water flux in the southern Great Basin, United States: temporal and spatial variations over the last 120,000 years. Water Resour. Res., 32,1481–1499. https://doi.org/10.1029/96WR00564
- Ulusal kuraklık yönetimi strateji belgesi ve eylem planı 2007-2013. https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/Ulusal%20Kurakl%C4%B1k%20Y%C3%B6netimi%20Strateji%20Belgesi%20ve%20Eylem%20Plan%C4%B1/Ulusal%20Kurakl%C4%B1k%20Y%C3%B6netimi%20Strateji%20Belgesi%20ve%20Eylem%20Plan%C4%B1.pdf, erişim tarihi(04.05.2020)erişim ta
- Williams, J.R., Jones, C.A., Kiniry, J.R., & Spanel, D.A. (1989). The Epic Crop Growth-Model. Trans. ASAE 1989, 32, 497–511. DOİ: 10.13031/2013.31032
- Yıldız, D. (2013). İklim Düzensizliği, Su Yönetimi ve Gıda Güvenliği İlişkisi. Su Kaynaklarının Yönetimi – Politikalar ve Sorunlar: Küreselden Yerele Panel Bildirileri Kitabı. 16-29.
- Zaimoğlu, Z. (2019). İklim Değişikliği Ve Türkiye Tarımı Etkileşimi. İklim Değişikliği Alanında Ortak Çabaların Desteklenmesi Projesi (iklimİN). Ankara

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE ETKİLER ARAZİ ÖRTÜSÜ KULLANIMI

Prof. Dr. Süha Berberoğlu

1. GİRİŞ

Arazi örtüsü, yer yüzeyini kaplayan (biyolojik) fiziksel örtüdür. Arazi örtüsünü en saf anlamda değerlendirirken, bitki örtüsünü ve insan yapımı özellikleri tanımlamak gereklidir. Sonuç olarak, yüzeyin çıplak kaya veya çıplak topraktan oluştuğu alanlar, arazi örtüsü yerine arazinin kendisini tanımlamaktadır. Ayrıca, su yüzeylerinin gerçek arazi örtüsü olup olmadığı tartışılmaktadır (FAO, 2000). Arazi kullanımı, insanların belirli bir arazi örtüsü türünde bunu üretmek, değiştirmek veya sürdürmek için üstlendiği düzenlemeler, faaliyetler ile tanımlanır.

Ekosistemler, abiyotik (inorganik) ve biyotik (organik) olmak üzere iki önemli bileşene sahiptir. Abiyotik bileşenler; su (hidrosfer), hava (atmosfer), toprak (pedosfer), jeomorfolojik yapı ve ana materyal (litosfer) gibi cansız faktörlerden oluşur. Biyotik bileşenler ise, bitkiler (flora), hayvanlar (fauna) ve insanlar gibi canlı faktörlerden oluşur ve bu öğelerin hepsine birlikte biyosfer adı verilir. Ekosistemlerin iki temel özelliği, bileşenlere (yapıya) ve süreçlere (işlevlere) sahip olmasıdır. Ekosistem verimliliği, ekosistem süreç ve dinamiklerini birleştiren bir göstergedir. Ekolojik verimlilik ve üretim sırasıyla belirli bir zamansal-mekansal ölçekte organik madde birikim hızını ve miktarını ifade eden iki farklı kavramdır. Ekolojik verimlilik, genellikle bitki, ekosistem ve biyom olmak üzere üç ayrı organizasyon kademesinde ifade edilir. Bu üç ekolojik verimlilik sınıfının pratikteki ölçümü, organik madde birikim ve kayıplarının, karbon (C) cinsinden ifade edilmesine dayanmaktadır (Meydan, 2008).

Küresel ölçekte karbon dağılımı incelendiğinde, karbon bileşeninin atmosfer, hidrosfer, litosfer ve biyosfer olmak üzere dört büyük rezervi bulunmaktadır. Bu rezervler yıl içerisinde okyanuslar ve karasal ekosistemler ile atmosfer arasında yer değiştirmekte ve bu değişim miktarları milyar ton seviyesinde gerçekleşmektedir. Karbon döngüsü atmosferdeki karbondioksitin bitkiler ve bazı algler tarafından fotosentez aracılığıyla bağlanmasıyla başlamaktadır (Güler ve Çobanoğlu, 1997). Karasal ekosistemler, vejetasyon ve toprakta olmak üzere, yılda 1,7 milyar ton karbonu atmosfere bağlamaktadır. Fakat 1.4 milyar ton karbonu arazi kullanımındaki

değişimler sonucu atmosfere tekrar salarak, sistemde 0,3 milyar ton karbon tutmaktadır. Solunum ve fotosentez ile atmosferden karasal ekosisteme yıllık geçen karbon miktarı, 61.7 milyar tondur. Karasal sistemlerden atmosfere geçen toplam miktar ise, 60 milyar tonu bulmaktadır (Meydan, 2008). Okyanusların da katkısı ile her yıl atmosferde yaklaşık 3.2 milyar ton karbon birikmektedir (Reichle et al., 1999).

Karbon uygun şartlarda çok uzun süre toprakta ve bitki bünyesinde muhafaza edilebilir. Fakat arazi kullanımındaki değişim ve tarımsal kullanımda yoğun toprak işleme teknikleri, erozyon ve iklim değişikliği etkisi ile orman ve topraktaki karbon stokları önemli ölçüde azalmaktadır.

Arazi kullanımındaki değişim ile ilk 20 yılda topraktaki organik karbon miktarı en düşük seviyeye düşerken, aynı toprakta organik karbonun miktarını en yüksek seviyeye çıkarmak için yaklaşık yüz yıllık zaman dilimine gerek vardır (FAO, 1992). Organik karbon uygun şartlarda çok uzun süre topraklarda muhafaza edilebilir. Fakat arazi kullanımındaki değişim ve tarımsal kullanımda yoğun toprak işleme teknikleri, erozyon, ormanlarda farklı silvikültürel uygulamalar ile toprakların karbon stokları önemli ölçüde azalmaktadır (Başaran, 2004) (Tablo 1).

Tablo 1: Dünyada Bitki Örtüsü ve Toprakta 1 m Derinliğe Kadar Tutulan Karbon Stokları

Arazi Örtüsü		Dünyadaki Karbon Stokları		
		Bitki Örtüsü	Toprak	Toplam
Tropik Ormanlar	1.76	212	216	428
Ilıman Ormanlar	1.04	59	100	159
Nemli Ormanlar	1.37	88	471	559
Savanlar	2.25	66	264	330
Ilıman Meralar	1.25	9	295	304
Çöl ve Yarı Çöller	4.55	8	191	199
Tundralar	0.95	6	121	127
Sulak Alanlar	0.35	15	225	240
Ekili Alanlar	1.60	3	128	131
Toplam	15.12	466	2011	2477

Kaynak: IPCC, 2000

Tablo 2'de dünya üzerindeki alan örtüleri ve biyokütle potansiyel oranları verilmektedir. Arazi örtüsü/kullanımlarındaki değişiklikler beraberinde biyokütle ve karbon tutulumunu doğrudan etkileyecektir.

Tablo 2: Dünya Biyokütle Potansiyeli Oranları

Alan Örtüsü	Alan (%)	Biyokütle Üretimi (%)
Ormanlar	11	44
Koruluklar	5	1
Otlak-Çayırlar	5	9
Tarım Alanları	3	5
Çöl	5	0
Göl ve Nehirler	1	3
Okyanuslar	70	38

Kaynak: IPCC, 2000

2. ARAZİ ÖRTÜSÜ/KULLANIMI ÜZERİNE ULUSLARARASI PROGRAM

2.1. GMES ve Copernicus

GMES (Global Monitoring for Environment and Security-Çevre ve Güvenlik için Küresel İzleme) Çevre yönetimi için hızlı ve etkili bilgi akışını sağlamayı, iklim değişikliği etkilerinden kaçınmayı ve sivil güvenliği korumayı amaçlayan 1998 yılında başlamış bir programdır. Daha sonra Copernicus olarak isimlendirilerek çalışmalarına devam etmektedir.

Avrupa Komisyonu ile Avrupa Uzay Ajansı (ESA) ve Avrupa Çevre Ajansı (AÇA) ortaklığında faaliyet göstermiştir. Sentinel ailesi uydularının yönetimini yürütmektedir.

Copernicus Arazi İzleme Servisi

Copernicus Arazi İzleme Servisi (Land Monitoring Service), 2011 yılı ortasında GMES Initial Operations (GIO) programının bir parçası olarak çalışmalarına başlamış ve 2012 yılında operasyonel hale gelmiştir. Copernicus Programının, ESA, AÇA, EUMETSAT (European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites) gibi kurumların ortaklığında yönetilmektedir.

Arazi örtüsü/kullanımı, yıllara göre arazi değişimi, vejetasyon durumu ve su döngüsü üzerine coğrafi bilgiler sağlamaktadır. Global, Pan-Avrupa ve yerel olmak üzere üç bileşeni vardır. Pan-Avrupa bileşeni AÇA tarafından koordine edilir ve CORINE verilerini sağlar.

2.2. CORINE ve CLC Programı

CoORdination of Information on the Environment (CORINE) arazi örtüsü çalışmaları ilk kez 1985 yılında başladı ve ilk haritalama 1990 yılında sonuçlandı. Çalışmalar 1985 yılından 1990 yılına kadar Avrupa Komisyonu tarafından yürütülmüş, terminolojisi ve metodolojisi geliştirilmiş ve Avrupa Birliği düzeyinde kabul edilmiştir. Avrupa Konseyi'nin kararı ile AÇA, Avrupa Çevre Bilgi ve Gözlem Ağı'nı (EIONET) kurulmuştur, ayrıca CORINE veri tabanları ile ilgili işlemlerin yapılması ve güncellenmesini içeren görevler:

- Avrupa Birliğinin bütün üye devletleri için belirlenmiş öncelikli konulara göre çevrenin durumu ile ilgili bilgilerin toplanması,
- Üye devletler için ya da uluslararası düzeyde, verilerin toplanması ve bilgilerin uyumlu hale getirilmesi,
- Bilgilerin tutarlılığının ve verilerin uyumluluğunun sağlanması,
- Toplanan çevresel bilgilerinin değişiminin izlenmesi için farklı düzeylerde (uluslararası, ulusal ve bölgesel) yapılan çalışmaların zamansal süreçleri dikkate alarak bir araya getirilmesidir.

CORINE Projesi Arazi Örtüsü Sınıflandırması Avrupa Çevre Ajansı tarafından belirlenen üç hiyerarşik seviyeden oluşmaktadır. Birinci seviyede;

- Yapay bölgeler,
- Tarım alanları,
- Orman ve yarı doğal alanlar,
- Sulak alanlar
- Su kütleleri,

olmak üzere 5 ana grup, ikinci seviyede 15 ve üçüncü seviyede kullanılması zorunlu olan 44 alt sınıf mevcuttur. Üçüncü hiyerarşik seviyeden türetilen ilave ulusal sınıflar kullanılabileceği ancak bunun Avrupa veri standardının bütünlüğü açısından

dördüncü ve beşinci seviyeye ilave edilmesi gerektiği CORINE Teknik Kılavuzunda belirtilmektedir.

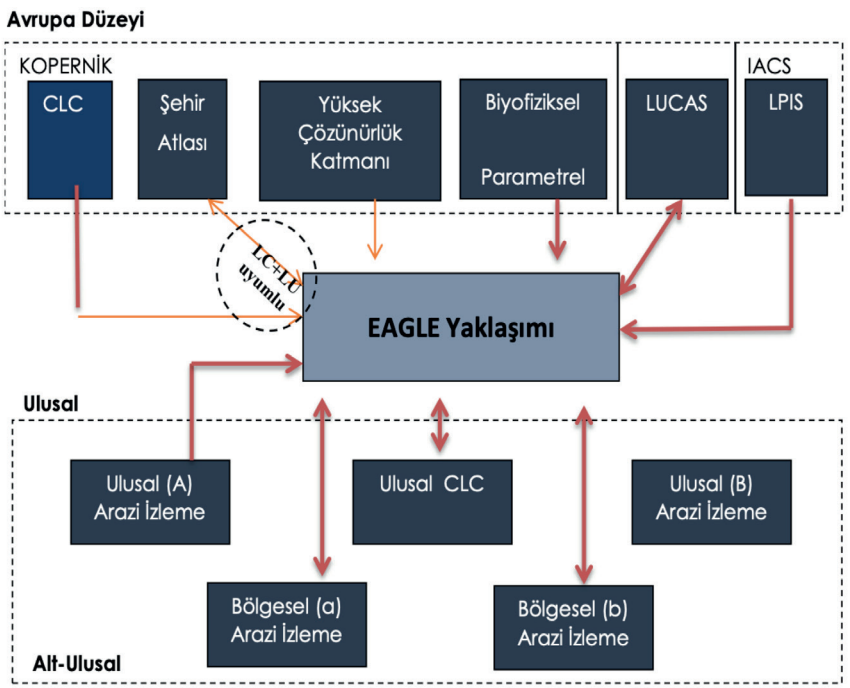
İsimlendirme sistemi "CORINE Land Cover 1990 (CLC1990)" olarak belirtilmektedir. Sonraki yıllarda CLC2000, CLC2006 ve CLC2012 üretilmiştir. Bu organizasyon Avrupa Çevre Ajansı (AÇA) tarafından yapılmakta ancak çalışmalar doğrudan üye ülkeler tarafından yürütülmekte ve finanse edilmektedir. CLC2000 ve CLC2006 Global Monitoring for Environment and Security (GMES) programı, en son tamamlanan CLC2012 ise GMES devamı niteliğinde olan Copernicus programı kapsamında yürütülmüştür. CORINE arazi örtüsü farklı ülkeler tarafından daha yüksek çözünürlükte üretilmesine rağmen sonuç ürün 25 hektar çözünürlüğüne getirilerek 1:100.000 ölçekte oluşturulmuştur. Bu kaba çözünürlük beraberinde sınıf karışımlarını getirmiş ve birçok arazi örtüsü yeterince temsil edilememiştir. Bazı ülkeler (örneğin; Finlandiya, İsveç) daha yüksek çözünürlükte yarı-otomatize yaklaşımlarla arazi örtüsü haritalamasını tamamlamış ancak CORINE'e entegrasyonu 25 hektar olmuştur.

CLC1990 ve CLC2000 haritaları Landsat TM/ETM verileri ile üretilirken CLC2006 için SPOT-4 ve IRS LISS III verilerinden yararlanılmıştır. CLC2006 ile birlikte European Space Agency (ESA) GMES/Copernicus çerçevesinde SPOT 4-5 and Indian Remote Sensing (IRS) P6 uydu verilerini sağlamıştır. CLC2012'de ise ek olarak RapidEye verileri kullanıma girmiştir. 20016 yılından itibaren sınıflamalar büyük oranda Copernicus Sentinel 2 ile gerçekleştirilecektir. CLC2000 verisinden sonra değişim analizleri "CLC Change" (CLCC) yapılmaya başlanmıştır. Değişim analizlerinde minimum alan 5 hektara düşürülmüştür. Tüm sınıflama ve değişim analizleri Türkiye'nin de dahil olduğu 39 üye ülke tarafından yapılmıştır.

2.3. Diğer Ulusal Arazi Örtüsü / Kullanımı Sınıflandırma Çalışmaları

Üye ülkelerin birçoğu kendi ulusal haritalama sistemlerini geliştirmiştir (örneğin; Norveç, Finlandiya, İsveç, Hollanda, İspanya). Bu ülkeler CLC ile paralel olarak kendi arazi örtüsü haritalarını üretmeyi efektif bulmamıştır. Bununla birlikte 39 üye ülkeden 30 tanesinin CLC dışında ulusal haritalama programı bulunmamaktadır.
AÇA tarafından desteklenen EAGLE grup (EIONET Action Group on Land monitoring in Europe) arazi örtüsü/kullanımı konusunda farklı ülkelerden oluşan bir uzmanlar ağıdır (Şekil 1). Ulusal çalışmalarla AB CLC çalışmalarını uyumlaştırma konusunda faaliyet gösterirken en önemli başarımları obje-tabanlı modelleme yaklaşımını uygulamaya geçirmeleridir. Arazi örtüsü ve arazi kullanımı kavramlarını sınıflar bazında kesin olarak birbirinden ayrılmasını desteklemektedir.

Şekil 1: EAGLE yaklaşımı ile AB arazi izleme ana çerçevesi



EAGLE grubunun temel sonuçları:

- EAGLE matrisi; Farklı sınıflama sistemlerindeki sınıf tanımlarını semantik olarak kıyaslamaya yarayan bir araçtır. Arazi örtüsü ve kullanım bileşenlerini ayrıştırır ve excel formatında tablolar.
- EAGLE veri modeli; UML (Unified Modeling Language) model sunumunda kavramsal ve grafiksel olarak görüntülenebilen bir modeldir.

EAGLE yaklaşımı peyzaj birimlerini yapı taşlarına ayrıştırır ve farklı sınıflama sistemlerine dönüşümlerini sağlar, veri toplama, harmonize etme ve dağıtma işlerini sağlayan ulusal ve AB düzeyinde bir arayüzdür. Tüm bu girişimler, kısa ve orta vadede CLC'nin revize edilmesi ve daha temsil edici sınıflama tanımlarının geliştirilmesi ihtiyaçlarına yöneliktir. Seviye 4 ve 5'in geliştirilmesiyle bu durum telafi edilebilecektir.

HRL

HRL (High Resolution Layers) isimli yüksek çözünürlüklü katmanların üretimi GIO (GMES Initial Operations) programı kapsamında, CLC bileşenlerine yardımcı olarak hazırlanmıştır. Su geçirimsiz yüzeyler, orman, çayır, su kütlesi ve bataklıklar olmak üzere birinci seviye CORINE beş sınıfa sahiptir. Piksel çözünürlükleri ara ürün için 20 m, son ürün için 100 m'dir. Minimum haritalama birimi 0,5 hektardır. Orman katmanı, 10 ile 100 arasında değişen kapalılık yüzde değeri ve geniş yapraklı/iğne yapraklı sınıflandırması içermektedir. Üç yılda bir hazırlanmaktadır.

LUCAS

LUCAS (Land use/cover area frame survey), ana görevi tarım ve çevre konusunda harmonize bilgi sağlamak olan EUROSTAT tarafından yürütülen bir projedir. LUCAS, arazi örtü ve kullanımları bilgisi ile sayısal saha resimlerini iki boyutlu düzenli ızgarada kaydeder. Izgara boyutu 2 km x 2 km'dir. CORINE doğrulaması amacıyla kulllanılmaktadır. %85 olan hedef doğruluğa ulaşma amaçlanır. İkincil

olarak hangi sınıfların doğruluğunun az, hangilerinin göreceli fazla olduğu belirlenir. Yanlış değerlendirmenin nedenleri araştırılır. LUCAS'daki sınıflamalar CORINE'den farklı olup daha detaylıdır. Türkiye'nin dahil olmadığı 28 Avrupa ülkesini kapsamıştır.

Urban Atlas

Copernicus Land Monitoring Service programının yerel bileşen parçasıdır. 100 bin kişiden kalabalık yerleşim alanlarının 27 sınıflı arazi kullanım ve arazi örtüsü bilgisinin oluşturulması hedeflenmiştir. Minimum haritalama birimi 17 yapay alan sınıfı için 0,25 ha, 10 doğal alan sınıfı için 1 hektardır. Değişim haritalarında yapay alana dönüşüm için 0,1 ha, doğal alana dönüşüm için 0,25 ha çözünürlük belirlenmiştir. Minimum haritalama genişliği 10 metredir. Çözünürlüğü CORINE'den 100 kat yüksektir. 1:10,000 haritalar üzerinde çalışılmaktadır. İlk harita Avrupa genelinde 2006'da oluşturulmuş ve güncellemesi 2012 yılında yapılmıştır.

LPIS

LPIS (Land Parcel Information System), CORINE gibi ülkesel seviyede organize edilen Avrupa Topluluğu Tarım ve Kırsal Kalkınma Müdürlüğü tarafından fonlanan bir pan-Avrupa veri tabanıdır. Entegre İdare ve Kontrol Sisteminin, arazi temeline dayanan desteklemeler için, temel unsurlarından birini oluşturan arazi parsel tanımlama sistemidir. Yıl bazında LPIS veri seti üretilmesi amaçlanmakta ve bu set bireysel poligon bazlı olarak tüm tarım arazilerinin ilgili yılda ne amaçlı kullanıldığı bilgisini taşımaktadır. Türkiye'de çalışmalar Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarım Reformu Genel Müdürlüğü uhdesinde 01.10.2014 tarihinde başlamış ve halen devam etmektedir. Tüm tarım alanlarının kaydının tutulması hedeflenmektedir. 1:10.000 haritalarda çalışma yapılmaktadır.

Inspire Direktifi

2007 yılında Avrupa Parlamentosu ve AB Konseyi INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in the European Community)'in kurulmasına karar vermiştir. Temel amaç haritalama değil verilerin farklı sektörlerden alınarak entegrasyonu ve veri üreticileri ile kullanıcıları arasındaki koordinasyonun sağlanmasıdır. Bunun önemli görevlerinden biri CLC'yi desteklemektir. INSPIRE herhangi bir haritalama aracı içermemektedir. Üye ülkeler kendi veri tabanlarını ulusal INSPIRE portalları üzerinden gönüllü olarak geliştirebilmektedir.

3. ARAZİ ÖRTÜSÜ/KULLANIMI DEĞİŞİMİ

Değişim analizi farklı zamanlara ait olan veri setlerinde, meydana gelen değişimlerin nitel ve nicel olarak tespitini hedefleyen bir takım uygulamaları içerir. Görüntü çıkarma, temel bileşenler analizi, sınıflama sonrası karşılaştırma çalışmaları değişim analizi çalışmalarında en sık kullanılan yöntemlerdir (Lu et al., 2004). Farklı değişim analiz yöntemlerinin farklı değerlendirme yöntemleri bulunmaktadır ve tek bir yaklaşımın tüm durumlarda uygulanması mümkün olmamaktadır.

Uzaktan algılama teknikleri kullanılarak, alan kullanımı ve arazi örtüsü değişim analizi uygulamalarının yaygın olarak yapıldığı alanlar: Vejetasyonu değişimi, orman kayıpları, orman üretkenliği, rejenerasyon, orman yangınları, sulak alanların değişimi, topografya değişimleri, yerleşim alanlarındaki değişimler, tarımsal ürün desenindeki değişimler olarak gruplandırılabilir.

Uygunluk açısından değişim analizi metotları 7 kategoride toplanmıştır. (1) algebra, (2) dönüştürme, (3) sınıflama, (4) ileri modeller, (5) coğrafi bilgi sistemleri yaklaşımı, (6) görsel analizler, (7) diğer yaklaşımlar. Yedinci kategorideki teknikler diğer altı kategori içerisinde gruplanmaya uygun olmayan ve pratikte çok fazla kullanılmayan değişim analizi teknikleridir. Bu yüzden bu kategori detaylı bir şekilde açıklanmamıştır.

3.1. Cebir (Algebra)

Cebir kategorisi görüntü çıkarma, görüntü oranlaması, görüntü regresyonu, vejetasyon indeks çıkarma, değişim vektörü analizleri (Change Vector Analysis (CVA)) ve geri zemin çıkarımı tekniklerini içermektedir. Bu algoritmalar değişim alanlarını tespit etmek için eşik değerlerinin seçilmesi gibi ortak özelliğe sahiptir. Bir dan fazla tarih arasındaki yansıma farkının tespiti ve eşik değerin üzerindeki piksellerin değişim alanları olduğu prensibine dayanır. Eşik değerler deneysel

olarak tespit edilir. Bu metotlar (CVA dışında) basittir, uygulaması ve yorumlaması kolaydır fakat değişim bilgileri için tam bir matris sağlamazlar. Bir başka ifadeyle neyden-neye (from-to) dönüşüm olduğu ile ilgili bir bilgi içermez, bunun için değişim piksellerinin ayrıca sınıflanması gerekir. CVA yaklaşımı ise tanımlanmış eşik değerlerinden çok daha fazla kapsamlı değişimleri tanımlayabilir ve değişimle ilgili oldukça detaylı bilgi sağlar.

3.2. Dönüştürme

Dönüştürme kategorisi temel bileşenler analizi (Principle Component Analysis (PCA)), KT, Gramm-Scmidt (GS) ve Chi-square dönüşümlerini içermektedir. Bu yöntemlerin avantajı bantlar arasından ilave bilgi üretilebilmesi ve bileşenlerden çıkarılan bilgilerin farklı bir şekilde vurgulanabilmesidir. Fakat bunlar detaylı bir değişim matrisi vermezler ve çalışma alanının tanımlanması için bir eşik değerinin seçilmesine gerek duyarlar. Bir dezavantaj da yorumlamanın ve dönüştürülmüş görüntü üzerinde sınıflama yapmanın zor olmasıdır.

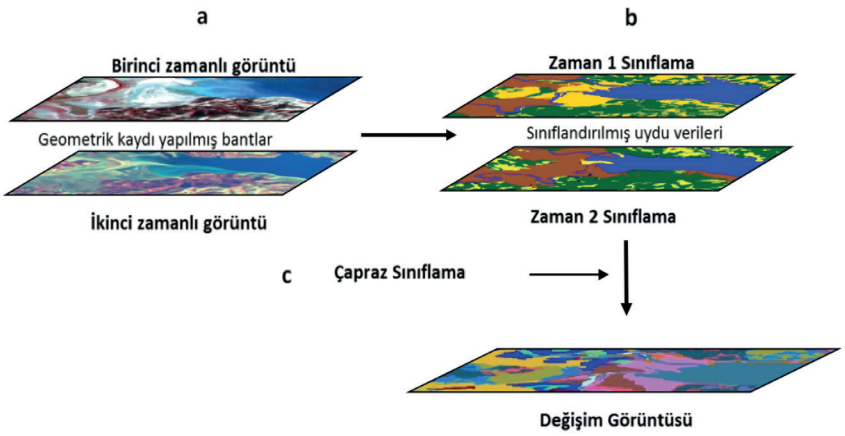
3.3. Sınıflama

Sınıflama sonrası karşılaştırmalar, değişim tespiti çalışmalarında sıklıkla kullanılan yöntemler arasındadır. Bu yöntem farklı tarihlere ait görüntülerin ayrı ayrı sınıflanarak çakıştırılması ve bu yolla değişim haritasının oluşturulmasına dayanmaktadır. Sınıflama sonrası karşılaştırmalar, piksel tabanlı yöntemler arasındadır. Dolayısıyla doğru değişim analizi sonuçları üretebilmek için görüntüler arasındaki geometrik kaydın iyi yapılmış olması gerekmektedir. Çalışmada geometrik düzeltme sırasında elde edilen hata payı (RMSE) ortalama 1 piksel kadardır.

Değişim çalışmaları için de önemli olan bu yöntem farklı tarihlere ait sınıflanmış görüntülerin elde edilmesi ve aynı zamanda değişime ait "nereden-nereye" (from-to) bilgisini vermesi açısından da önemlidir (Şekil 2). Bu yöntemlerin başlıca avantajı değişim bilgileri hakkında bir matris sağlarken çok zamanlı görüntüler arasında

atmosferden ve farklı çevresel faktörlerden kaynaklanan etkileri azaltırlar.

Şekil 2: Sınıflama Sonrası Karşılaştırmaların Genel Akış Şeması



Farklı tarihlerdeki görüntüler bağımsız olarak sınıflanır ve karşılaştırılır ancak her görüntüdeki sınıflama hatası karşılaştırmalarda katlanarak artan bir hataya neden olabilir. Özellikle eski tarihli verileri sınıflamada karşılaşılan güçlük, genellikle değişim analizi sonuçlarını etkilemektedir.

Çapraz Sınıflama

Sınıflama sonrası karşılaştırmalarda, iki görüntüyü karşılaştırmanın en geçerli yolu çapraz sınıflamadır. Çapraz sınıflama iki haritadaki bütün olası kombinasyonlar için mantıksal 'VE' değerlerini hesaplar. İki haritanın iki tarih üzerinde aynı kategorik bilgiyi temsil ettiği durumlarda yöntem, alanların her iki tarihte aynı sınıfa düştüğünü, ya da alanların yeni bir sınıfa değiştiğinin bilgisini verir. Bu çapraz sınıflama matrisi ile ifade edilir diğer bir adıyla hata matrisi köşegende bulunan hücreleri köşegen dışına düşen hücrelerle kıyaslar (Tablo 3).

Tablo 3: Çapraz Sınıflama Matrisi

Zaman 2 \ Zaman 1	A	B	C	D	TOPLAM
A	n_{AA}	n_{AB}	n_{AC}	n_{AD}	n_{A+}
B	n_{BA}	n_{BB}	n_{BC}	n_{BC}	n_{B+}
C	n_{CB}	n_{CB}	n_{CC}	N_{CD}	n_{C+}
D	n_{DA}	n_{DB}	n_{DC}	n_{DD}	n_{D+}
TOPLAM	N_{+A}	n_{+B}	n_{+C}	n_{+D}	n

3.4. İleri Modeller

İleri modeller, Li-Strahler yansıma modeli, yansıma karışım modeli, biyofiziksel parametreler tahmin metotlarını kapsamaktadır. Bu modellerde görüntü yansıma değerleri doğrusal ve doğrusal olmayan modeller yardımıyla fiziksel parametrelere bağlı değerlere çevrilmektedir. Dönüştürülmüş parametreler yorumlama ile daha iyi anlaşılabilir bilgiler üretir örneğin vejetasyonla ilgili bilgileri çıkarmak sadece yansıma değerlerine kullanmaya göre daha kolaydır. Bu metotların dezavantajı çok zaman almaları ve görüntü yansıma değerlerini arazi örtüsüne ait biyofiziksel parametrelerle ilişkilendirmenin zor olmasıdır.

3.5. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)

CBS'yi kullanmanın avantajı, farklı kaynak verilerini değişim analizi uygulamalarında birleştirebilme özelliğinin olmasıdır. CBS yaklaşımına ait geçmişte yapılan birçok çalışma genellikle kentsel alanlarda yoğunlaşmaktaydı. Bunun sebebi muhtemelen geleneksel değişim analizi tekniklerinin karmaşık bir peyzaja sahip olan kentsel alanlarda zayıf sonuçlar üretmesidir. Böylece çok kaynaklı veri işlemede ve değişim analizi teknikleri uygulamalarında yararlı bir araç olmaktadır.

3.6. Görsel Analizler

Görsel analizler kategorisi çok zamanlı görüntü bileşenlerinin görsel yorumlanması ve değişim alanlarının görüntü üzerinde sayısallaştırma işlemlerini içermektedir. Görsel analizler arasından arazi örtüsü-alan kullanımı değişiminin tanımlanmasında görüntünün yapı, büyüklük ve şekil yapısı anahtar faktörleri oluşturmaktadır. Bu özellikler dijital değişim tespiti analizlerinde büyük çoğunlukla kullanılmazlar çünkü özelliklerin otomatik yöntemlerle belirlenmesi zordur. Görsel yorumlamada bu özellikler başarılı bir şekilde analiz edilerek birleştirilmesi arazi örtüsü-alan kullanımı değişimi ile ilgili bir sonuca varmada yardımcı olmaktadır. Bu metodun dezavantajı büyük alanları içeren değişim analizi çalışmalarında çok fazla zamana gereksinim duyulması ve değişim analizi sonuçlarının güncellenmesinin zor olmasıdır.

4. ARAZİ KULLANIMI/ARAZİ ÖRTÜSÜ DEĞİŞİMİNİN EKOSİSTEMLER ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Ormansızlaşma, ormanların farklı nedenlerle tahrip olarak, ormansız alanlara dönüşmesidir. Orman alanlarının tarım alanlarına ya da kırsal ve kentsel yerleşim alanlarına dönüştürülmesi, ormansızlaşmaya örnek olarak gösterilebilir. Ormansızlaşma, bir yandan ekosistemin doğal döngüsüne zarar vererek türlerin yok olmasına, bir yandan da insan faaliyetleri kaynaklı sera gazı salımlarının artmasına neden olmaktadır.

Ormansızlaşmanın nedenleri, ülkeler arasında farklılık göstermektedir. Tarım alanlarının genişletilmesi, aşırı otlatma, hayvancılık, yol ve benzeri yapım çalışmaları ile kerestecilik, dünya genelinde ormansızlaşmanın ana nedenleri arasında sayılmaktadır. Bu nedenler, hem ülkelerin artan nüfusu, hem de küresel ölçekte tüketim ihtiyacının kontrolsüz artışından kaynaklanırken, plansız yönetimler ve yanlış arazi kullanımları da ormansızlaşmayı arttırmaktadır.

Küresel ölçekte orman ekosistemlerindeki arazi örtüsü değişimlerinin yeterince belirlenememesi, küresel karbon döngüsü içerisinde ormansızlaşma ve orman bozulmasından kaynaklanan karbon salınım oranının net olarak ortaya konamamasına ve böylelikle karbon depolarının gerçek değerinden düşük olarak hesaplanmasına neden olmaktadır. Küresel ölçekte son yirmi yıldır sabit bir hızla artmakta olan ormansızlaşmanın, önümüzdeki 50 ile 100 yıl arasında yılda 10 Gt'lik salıma neden olacağı tahmin edilmektedir. Orman alanlarının karbon deposu olması nedeniyle yeryüzündeki orman alanlarının artması sera gazı salımlarını azaltmaktadır. Ancak, bu olumlu etki, ormansızlaşmanın atmosferdeki CO_2'e olan katkısı karşısında yetersizdir. Dolayısıyla, ağaçlandırmayla orman kurmak faydalı da olsa, tropikal ormanlar başta olmak üzere yeryüzündeki tüm orman alanlarında

ormansızlaşmayı azaltmaya çalışmak ülkelerin öncül hedeflerinden olmalıdır (WWF, 2009).

Bu kapsamda "Arazi Kullanım, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık" (Land Use, Land Use-Change and Forestry - LULUCF) ile "Ormansızlaşma ve Orman Bozulmasından Kaynaklanan Salımların Azaltılması" (Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation – REDD) Programları geliştirilmiştir. Bu programlar orman arazisi ve bu alanlardaki karbon stokları üzerindeki insan faaliyetleri etkilerini azaltmaya yönelik mekanizmalardır. Yine her ikisi de sürdürülebilir kalkınmayı ön plana çıkartmayı hedeflemektedir (bkz. Kyoto Protokolü'nün 2. maddesi ve Cancun Anlaşmaları).

CO_2'in emildiği bir karbon yutak alanı olan orman alanları, atmosferdeki sera gazı oranının düşürülmesi amacıyla Kyoto Protokolü'nde karbon giderme seçeneklerinden biri olarak değerlendirilmiştir. Protokol, küresel ölçekte arazi kullanım değişimi kaynaklı salımların doğru ve kesin olarak belirlenmesi amacıyla geliştirilen REDD Programı ile gelişmekte olan ülkelerdeki karar vericilerin iklim stratejisi belirleyebilmesi açısından büyük önem taşımaktadır (FAO, 2010).

Özellikle tür çeşitliliği bakımından zengin orman ekosistemlerinin bulunduğu bölgelerde uzaktan algılama teknolojileri kullanılarak, orman alanlarının haritalandırılması ve REDD Projesi kapsamında Referans ve Karbon Salımı Azaltım Senaryolarının modellenmesi geleceğe yönelik plan kararlarının oluşturulabilmesi açısından oldukça önemlidir. Farklı yıllara ait arazi örtüsü haritalaması, orman alanlarındaki değişikliklerin nasıl ve ne yönde gerçekleştiğinin yanısıra peyzaj dinamiğinin bu değişimlerden nasıl etkilediğinin belirlenmesi açısından da önem taşımaktadır.

İlk defa Kyoto Protokolü ile gündeme gelen LULUCF kavramı ise Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) tarafından Arazi kullanımı ve arazi kullanımında zaman içerisinde insan müdahalesiyle yapılan değişikliklerin, sera gazı salımları ve azaltımları üzerindeki etkisini belirlemeyi hedefleyen bir bütün

olarak tanımlanmıştır ve bazı yükümlülükler getirmiştir:

- Mevcut arazi kullanım durumunun tespiti ve coğrafi bilgi sistemlerine entegre edilmesi,
- Net karbon dioksit salımının hesaplanması için yutakların ve yutaklarca emilen salımların belirlenmesi,
- Arazi kullanım değişikliği ile sera gazı salım azaltımı için, ekonomik ve sosyal şartlar da dikkate alınarak, gerekli yasal düzenleme, teşvik mekanizmalarının oluşturulması, önerilerin geliştirilmesi,
- Tarım ve hayvancılık etkinliklerinden kaynaklanan sera gazı salımlarının azaltımına yönelik çalışmaların yapılması yer almaktadır.

Karasal ekosistemlerin iklim değişikliğindeki rolünün kabul edilmesi ile birlikte "Arazi kullanımı, arazi kullanım değişikliği ve ormancılık (AKAKDO- LULUCF)" kavramı ortaya çıkmıştır. Canlı biyokütle, çürüyen organik madde ve toprak içinde tutulduğu karasal ekolojik sistemler, küresel karbon döngüsünde önemli rol oynamaktadır. Karbon doğal olarak bu sistemler ile atmosfer arasında fotosentez, solunum, ayrışma ve yanma olayları vasıtasıyla yer değiştirir. Arazi kullanımında meydana gelen değişimler ise bu döngünün değişimine sebep olmaktadır (IPCC, 2000).

1850'den 1998'e kadar, fosil yakıtları ve çimento üretiminden dolayı küresel olarak yaklaşık 270 Gt (Gigatonnes) karbon CO_2 formunda atmosfere verildiği belirlenmiştir. Arazi kullanımındaki değişiklikten dolayı ise yaklaşık 136 Gt karbon atmosfere verilmiştir. Bu da atmosferdeki CO_2 oranının 176 birim artmasına sebep olmuştur. Ekosistem modelleri, dolaylı insan aktivitelerinden (örneğin CO_2 gübrelemesi ve besin yüklemesi) kaynaklanan atmosferik CO_2'nin karasal yolla orman ekosistemlerinden alınmasının küresel ölçekte uzun yıllar devam edeceğini göstermektedir. Ancak bu giderek azalabilecek ve orman ekosistemleri salım kaynağı haline bile gelebilecektir (IPCC, 2000).

Karbon, bitkilerin fotosentez yaptıklarında depolanarak ve ardından bitkinin solunumu, tahribi veya yakılması ile atmosfere verilmektedir. Ayrıca hayvanların otlatılması, toprağın sürülmesi, tarım faaliyetleri ile açığa çıkmaktadır.

Halihazırda karasal ekosistemler tarafından yılda 2,3 Gt karbon ya da insan kaynaklı salımların yaklaşık %30'unun uzaklaştırıldığı tahmin edilmektedir. Diğer taraftan, arazi kullanımındaki değişiklikten dolayı karasal ekosistemlerin karbon havuzlarından verilen salımlar yılda 1,6 Gt karbon ya da insan kaynaklı salımların %20'sinden fazlasını oluşturmaktadır. Ancak, her yıl atmosfere salınan toplam 7,9 Gt karbonun 4,6 Gt'luk kısmı karasal ekosistemler ve okyanuslar tarafından tutulduğunda geri kalan 3,3 Gt karbon atmosferde kalmaktadır (IPCC, 2000).

Kyoto protokolünde belirtildiği üzere LULUCF kapsamındaki insan faaliyetleri;

- Ağaçlandırma
- Ormansızlaştırma
- Orman yönetimi
- Tarım alanları ve mera alanlarının yönetimi
- Yeniden bitkilendirme (Karar 16/CMP.1, Kyoto Protokolü)

Ormanlarda biriken yıllık karbon miktarı ve bu miktarın yıllık değişimi, toprak üstü ve toprak altında ayrılan toplam beş adet karbon havuzu içindeki miktarlar yardımıyla hesaplanmaktadır. Yapılan araştırmalar, toprak üstündeki birikim yönünden tropik ormanların yeryüzündeki en büyük karbon depoları olduğunu ve toplam karbon birikiminin %80'i tropik ormanlarda bulunduğunu göstermektedir. Tropik ormanları %17 ile ılıman zon , %3 ile de boreal orman kuşağı izlemektedir (Brown, 1997).

Ormanlar bağladıkları karbonu bazen yüzlerce yıl bünyesinde tutma özelliklerinden ötürü diğer ekosistemlerden üstündür. Örneğin tarım alanları bitkinin türüne göre üretim döneminin sonunda ya doğrudan çürüyerek, ya da insan ve hayvanlar tarafından tüketilerek, 3 ile 6 ay arasında depoladığı karbonu tekrar atmosfere

vermektedir. Bu süre mera ekosistemleri için de geçerlidir. Ormanlarda bağlanan karbonun CO_2 halinde doğaya dönmesi ise, termik santrallere yakıt sağlayan enerji ormanlarında bile en az 10 yıldır. Bu süreler odun ürününün kullanım yerine ve üretim süresine bağlı olarak 3-4 yüzyıla kadar uzayabilmektedir (Asan 2007; Asan ve ark., 2008).

Bu bağlamda Orman alanlarının karbon bilançosuna önemli etkisinden dolayıdır ki, Rio-Helsinki sürecine dahil olan ve Kyoto Protokolü'ne imza atan üye ülkelere ormanlarındaki karbon stok değişimlerini her yıl açıklayarak, ülkelerinin dünya karbon döngüsüne ve küresel ısınmaya ne yönde etki yaptıklarını, standart bir formata göre açıklama zorunluluğu getirilmiştir. Bu format, IPCC dokümanları arasında Good Practice Guidance for Land Use, Land Use Change and Forestry (GPG-LULUCF) adı ile anılmaktadır (IPCC, 2003). Kılavuzda, hem sera gazlarının atmosfere salınan ve hem de atmosferden emilen miktarlarının hesaplanması ile ilgili yöntem, ilgili ülkelerin ormancılık düzeyi, orman kaynaklarına ilişkin envanter kayıtları, özgün araştırma verileri ve çağdaş bilgi teknolojisini kullanabilme kapasitelerine göre seçenekli olarak açıklanmaktadır.

Kılavuzda sera gazı salımlarının ve uzaklaştırmaların tahmin edilmesi için 3 metodolojik yöntem mevcuttur.

- Her bir arazi kullanım kategorisi için toplam alanların tanımlanması, fakat kategoriler arasındaki değişimler hakkında detaylı bilgi bulunmamaktadır. Genellikle ulusal ya da küresel olarak alınan orman ve tarımsal üretim istatistikleri ve küresel arazi kullanım haritaları gibi genel ve kaba veriler kullanılmaktadır.
- Arazi kullanım değişiminin izlenmesi ve ülkelere özgü verilere de yer verilmesi. Ülkeler tarafından tanımlanan salım faktörleri/faaliyet verileri o ülkenin iklim bölgeleri ve arazi kullanım sistemlerine göre daha uygun olarak kabul edilmektedir. Bölgesel ve özel arazi kullanım kategorileri için ülkelere özgü katsayılara karşılık yüksek çözünürlü veriler kullanılmaktadır.

- Arazi kullanımı ve arazi kullanımı değişikliğinin mekânsal olarak envanter bilgisi gerektirmektedir. Veriler, coğrafi olarak konumlandırılmış noktaların örneklenmesi ile ulusal envantere göre oluşturulmaktadır. Yüksek çözünürlü faaliyet verileri ve ayrımı yapılmış, alt ulusal seviyede ölçeklenmiş modeller de dahil olmak üzere, CBS aracılığıyla işlenir. Modellere kalite kontrolü, denetleme ve uygunluk sorgulamaları yapılır.

Uluslararası platformda LULUCF için 3 önemli belge; İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, Kyoto Protokolü ve Marakeş Kararları'dır. Sözleşme metninde, "atmosferden herhangi bir sera gazını, bir aerosolü veya bir sera gazının öncüsünü uzaklaştıran herhangi bir işlem, aktivite veya mekanizma yutak (sink) olarak (Madde 1.8) tanımlanmaktadır. Ancak, yutak terimi daha geniş anlamıyla, sera gazları salım ve uzaklaştırmalarının oluştuğu tüm arazi kullanımı, arazi kullanım değişikliği ve ormancılık faaliyetleri kısaca LULUCF için kullanılmaktadır.

Türkiye, 16.10.2003 tarihinde yürürlüğe giren 4990 sayılı kanun gereğince, 24 Mayıs 2004 tarihi itibariyle BMİDÇS'ye taraf olmuştur. Bu amaçla, 2004/13 sayılı Başbakanlık Genelgesi ile Çevre ve Orman Bakanı'nın Başkanlığında İDKK oluşturulmuştur. Değişik bakanlıkların müsteşarları ile Türkiye Ticaret ve Sanayi Odaları, Deniz Ticaret Odaları ve Ticaret Borsaları Birliği (TOBB) gibi bazı sivil toplum kuruluşlarının katılımı ile oluşan bu kurul, çalışmaların bir bütün halinde yürütülmesi ve eşgüdümün sağlanması amacıyla kendi içinde birisi "Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık "olan sekiz adet çalışma gurubu oluşturmuştur.

Türkiye BMİDÇS kapsamında bazı raporlamalar yapmak durumundadır. Bu raporlamalar; I. Ulusal Sera Gazı Envanter Raporu (NIR): Bu raporlamada 1990 yılından raporlamanın yapıldığı yılın 2 yıl öncesine kadarki sürecin yıllık düzende hesaplanması ve raporlaması gerçekleştirilmektedir. Bu amaçla yıllık sera gazı envanter raporu CRF (hesap tabloları) ve NIR (yani yöntem ve verilerin açıklandığı yazılı kısım) olarak her yıl 15 Nisan'da sekreteryaya gönderilmektedir. II. İki Yıllık Raporlama (Biannual Report- BR): 2014 yılından itibaren yeni bir

raporlama sistemi ortaya çıkmıştır. İki yıllık raporlama olarak adlandırılan bu rapor sisteminde ana amaç raporlamayı yapan taraf ülkenin hedeflerine ne ölçüde yaklaştığının ortaya konulmasıdır. Bunun için hedefler, bu hedefe ulaşmaya yönelik azaltım önlem ve politikaları ve bu politikaların etkileri ortaya konulmaktadır. Bu raporlama sisteminde ayrıca projeksiyonlar da yer almaktadır. Mevcut durum (Bussines as Usual) ve önlemler (With Measures) senaryolarına ait projeksiyonlar açıklanmaktadır. Türkiye 2016'da başladığı bu raporlama sisteminde özellikle projeksiyonlar ve önlemlerin etkileri konularında henüz işin başındadır (Serengil, 2018).

KAYNAKÇA

- Asan, Ü. (2007). Küresel Isınma ve Ormanların Rolü. Mühendislikte, Mimarlıkta ve Planlamada Ölçü Dergisi TMMOB Yayınları (Eylül 2007), s.121-125
- Asan, Ü. Özkan, U.Y.& Sağlam, S. (2008). Küresel İklim Değişiminin Tanımı ve Karasal Ekosistemler Üzerindeki Olası Etkileri. Küresel İklim Değişimi ve Su Sorunlarının Çözümünde Ormanlar Sempozyum Bildirileri, (pp. 20-31).
- Başaran, M., 2004. Türkiye'nin Organik Karbon Stoğu. Harran Üniversitesi Zir. Fak. Dergisi. Sayı.8 (3/4), s.31-36.
- Brown, S. (1997). Forests And Climate Change; Role Of The Forest Lands As Carbon Sinks. Proceedings of the XI World Forestry Congress, pp.117 – 129.
- Çevre ve Orman Bakanlığı, Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık (LULUCF) Çalışma Grubu, (2006) arazi Kullanimi, Arazi Kullanim Değişikliği Ve Ormancilik (Land Use, Land-Use Change And Forestry-LULUCF) raporu.
- FAO, 1992. Protect and Produce: Putting the Pieces Together. (United Nation Food and Agriculture Organization). Rome. http//archive.sjc.edu.hk/bio.
- FAO, 2000., Land Cover Classification System (LCCS): Classification Concepts And User Manual-Arazı Örtüsü Sınıflandırma Sıstemı (LCCS): Sınıflandırma Kavramları Ve Kullanım Kılavuzu ISBN:92-5-104216-0.
- GÜLER, Ç., ÇOBANOĞLU, Z., 1997. Enerji ve Çevre. Çevre Sağlığı. Temel Kaynak Dizisi. No:41. Ankara.
- IPCC (2000). Good Practice Guidance and Uncertainity Management in National Grenhouse Gas Inventories, IPCC/OECD/IEA/IGES, Hayama, Japan.
- IPCC (2003). Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry, ISBN 4-88788-003-0
- Lu, D. S., Mausel, P., Brondı´Zıo, E. S., And Moran, E., 2004. Change detection Techniques. International Journal of Remote Sensing, 25, 2365– 2407

- Meydan, H.S., 2008. Yukarı Seyhan Havzası'nda Uzaktan Algılama Yöntemleri İle Arazi Örtüsünün Sınıflandırılması ve Bazı Orman Meşcerelerinde Verimliliğin Modellenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi. 194 s.
- Reichle, D., Houghton, J., Kane, B., Ekman, J., 1999. Carbon Sequestration Research and Development. Office of Science of Fosil Energy. USA Department of Energy.
- Serengil Y. (2018). İklim değişimi ve karbon yönetimi (Climate change and carbon management). Turk. Min. Agr. & For. Publ. 360 p.
- WWF. 2009. Acting as one. WWF´s Global Initiatives.

DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN SANAYİ ÜRETİM SEKTÖRÜNE MUHTEMEL ETKİLERİ VE RİSKLER

Prof. Dr. Mehmet Somuncu

1. GİRİŞ

İklimin sanayi üzerindeki doğrudan etkisi, tarım veya turizm sektörü gibi doğa temelli veya doğaya bağımlı sektörlerde olduğu kadar güçlü ve belirgin değildir. Ancak sanayinin bileşenleri olan hammadde, su, ulaşım, enerji gibi ögelerle bazı sanayi kollarının yer seçimi başta olmak üzere sanayi iklimden dolaylı olarak etkilenir. Örneğin tarımsal hammaddeye bağlı sanayi kolları, iklim koşullarının bu maddeleri etkilemesi nedeniyle dolaylı olarak etkilenirler. Buna karşılık, uçak sanayisi üzerinde iklimin etkisi doğrudandır. Örneğin, ABD'de uçak motoru, pervane vb. parçaları üreten tesisler ülkenin kuzeydoğusunda faaliyette bulunurken, gövde imal eden fabrikalar ve birleştirme tesisleri, işlerin çoğunun açık havada yapılabilmesi, tecrübe uçuşları için de olabildiğince uzun bir sürenin iyi hava koşulları altında geçmesi ve bazı malzemelerin çok daha ucuz olarak açıkta depolanabilmesi için ılıman iklim koşullarının egemen olduğu güneybatıda yer almışlardır. Bu yer seçiminde, milyonlarca metrekare alan kaplayan geniş tesislerin ısıtılmasında maliyetlerin en aza indirilme isteğinin de rolü vardır (Tümertekin ve Özgüç, 2015).

Aynı şey, ABD'de gemi tezgâhları izin de söylenebilir. Ülkenin kuzeydoğusundaki şiddetli soğuklarda gemi inşa faaliyetlerinin durması, yazın sıcaklarda da demir-çelik aksamın ısınarak çalışma koşullarını iyice güçleştirmesi, bu tür tesislerin yılın büyük bir kısmında iklim bakımından daha iyi çalışma koşullarının bulunduğu kuzeybatıda toplanmalarını etkilemiştir.

Fabrikaların işletilmesi sırasında sıcak ya da soğuk iklim koşulları çalışanlar üzerinde etkili olurlar. Şiddetli sıcaklar verimi ve üretimi düşürürken, şiddetli soğuklar ısıtma sorunu yaratmakta ve maliyeti artırmaktadır (Tümertekin ve Özgüç, 2015). Air condition gibi enerji bağımlı ısıtma ve soğutma sistemleri her iki olumsuz koşulun fabrika içinde ortadan kaldırılmasını mümkün kılmışlardır ancak yüksek derecede enerji kullanan bu sistemler başka sorunlara yol açmaktadır.

Sanayinin kuruluşu ve gelişmesinde, çok önemli etkisi olan dolaylı ve dolaysız maliyetler bulunmaktadır. Doğrudan ya da dolaysız maliyetler arasında hammaddeler, enerji, yakıt, işgücü, su temini, atık maddelerin durumu ve pazarlara teslim vardır. Dolaylı maliyetler arasında ise "sit" maliyetleri, binalar, hareketli ekipmanlar (makineler ve el aletleri), vergiler, idari harcamalar, reklamlar, krediler (yatırım sermayesi vb.) yer alır (Tümertekin ve Özgüç, 2015). Sanayinin kuruluşu ve gelişmesine temel oluşturan bu faktörleri yalnız başına değil, birbirleriyle ve başka faktörlerle ilişkiler içinde, bir kombinasyon halinde ele almak gerekir. Ayrıca, bu faktörlerin alandan alana, zamandan zamana, sanayiden sanayiye oynadıkları rolün değişebileceğini, farklı ekonomi türlerinde değişik sonuçlar verebileceğini de eklemek gerekir. Sanayinin kuruluşu ve gelişmesini etkileyen en önemli faktör grubunu hammaddelerin işlenmesi, montajı ve mamul madde dağıtımıyla bağlantılı olan faktörler oluşturmaktadır (Tümertekin ve Özgüç, 2015). Dolayısıyla, sanayi sektörünün yapısı salt kapalı ortamdaki sanayi tesislerinde yapılan üretim olarak değerlendirilmemelidir. Şüphesiz ki bu aşama sanayi üretimindeki en önemli aşamayı oluşturur, ancak sanayi üretim sürecinin öncesinde ve sonrasında işletmelerin üretim süreçleri ile ilgili başka aşamalar da bulunmaktadır. Aşağıda ayrıntılı olarak açıklanacağı gibi, değer zinciri olarak da adlandırılan bu zincirin her bir halkasının iklim ve iklim değişikliği ile doğrudan ilişkisi bulunmaktadır.

Yukarıda kısaca açıklandığı gibi, hammadde temini, üretim ve dağıtım süreçlerinde iklimin etkilediği sanayi sektörünün iklim değişikliğinden etkilenmesi de kaçınılmazdır. Bu etkinin gelecekte daha da artması beklenmektedir. Ancak Dünyadaki iklim değişimini tetikleyen sera gazı (SG) emisyonlarının büyük bir kısmına enerji ve sanayi ile ilgili faaliyetlerin neden olduğu da bilinmektedir. Nitekim, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından sağlanan rakamlara göre, toplam küresel emisyonların %25'ine elektrik ve ısı üretimi, %21'ine sanayi, %14'üne ulaşım ve %10'una ise enerji ile ilgili diğer faaliyetler neden olmaktadır (IPCC, 2014).

Tarihsel olarak, dünyadaki sera gazı emisyonlarının büyük kısmı sanayileşmiş ülkelerden kaynaklanmıştır. Bununla birlikte, gelişmekte olan ülkelerin son on yıllar içinde hızlı bir sanayileşme sürecinden geçmesi sonucunda, bu ülkelerin iklim değişimine neden olmadaki sorumluluğu da büyük ölçüde artmıştır. Şu anda, halen gelişmekte olan bir ülke olarak kabul edilmekle birlikte, dünyada en fazla sera gazı emisyonunu üreten ülke Çin'dir. 2012 yılında, dünyadaki toplam emisyonlarda gelişmekte olan ülkelerin payı %59, gelişmiş ülkelerin hepsinin payı ise %41 olmuştur. Sonuç olarak, dünyadaki birçok gelişmekte olan ülke şu anda düşük karbonlu büyümeyi hedefleyen politikalar izlemektedir ve küresel sıcaklık artışlarını güvenli düzeyler ile sınırlayabilmek için gelişmekte olan dünya ülkelerinin ilave azaltım çabaları göstermeleri gerekecektir. Söz konusu ülkelerin ele almaları gereken önemli kalkınma yükümlülükleri de mevcut olduğundan, bu gereklilik kalkınma politikalarının iklim politikaları ile uyumluluğuna ilişkin soruları gündeme getirmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı'na göre, dünyadaki yaklaşık 1,2 milyar kişi hala elektriğe erişimi yoktur ve yaklaşık 2,7 milyar kişi yemek pişirme için hala geleneksel biyokütle kaynaklarını kullanmaktadır. Yeni sanayi politikalarının karşı karşıya kalacağı ana zorluk, uygulandıkları ülkelerin kalkınma gereksinimlerine zarar vermeden çevresel olarak sürdürülebilir büyüme yollarını gerçekleştirmek olacaktır (Bavbek, 2016).

Sanayi sektörü, Dünya'da ve Türkiye'de iklim değişikliğinden çok farklı yollarla etkilenmektedir. Bu etkiler negatif yönde olabileceği gibi yaratacağı fırsatlar da olabilir. İklim değişikliği işletmelerin çalışma biçimlerini etkileyebilir, faaliyetlerinin karlılığını etkileyebilir veya fırsatlar yaratabilir. Dolayısıyla işletmeler, iklim değişikliğinin bir sonucu olarak farklı risklere maruz kalabilirler. Bu riskler hem doğrudan hem de dolaylı olabilir. Sözkonusu riskler, fiziksel riskler, tedarik zinciri ve hammadde riskleri, itibar riskleri, finansal riskler, ürün talep riskleri, düzenleyici riskler olabilir. Şirketlerin bu risklere maruz kalması, ticari faaliyetlerine ve faaliyet gösterdikleri sektöre bağlı olarak değişecektir (Agrawala, et al., 2011).

2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN SANAYİ SEKTÖRÜNE ETKİLERİ

Sanayi üretimine bütüncül olarak bakıldığında, ana hatlarıyla; hammadde temininden başlayarak, üretim, pazarlama gibi birbiriyle bağlantılı olan ve değer zinciri olarak nitelenen bir kavram çerçevesinde gerçekleştirilir. Porter (1985) tarafından geliştirilmiş ve stratejik bir kavram olan değer zinciri (value chain), bir hizmet veya ürünün, kavramsal gelişim noktasından başlayarak birçok üretim sürecinden geçerek (fiziksel değişim ve birçok değişik üretici hizmetlerinin katkısını da içermek üzere) nihai tüketiciye erişimine ve kullanım sonrasına dek bir parçası olduğu tüm operasyonları açıklayan, aynı zamanda, bir işletmede katma değerin nasıl ortaya çıkarıldığına yönelik bir modeldir (Eraslan ve diğ., 2008). Değer zincirinin her aşama veya halkası diğer halkalar ile ilişkilendirilmiş ve müşteri ihtiyaçları odaklı düşünme eksenli olarak her aşamada ürüne daha fazla değer katmayı hedefler. Diğer bir ifadeyle değer zincirindeki her halka rekabet avantajı sağlamayı hedeflemelidir. Rakipleri ile karşılaştırıldığında her aşamada ya daha düşük maliyeti ya da daha yüksek kaliteyi veya farklılaştırmayı gerçekleştirmeyi hedeflemelidir. Değer zinciri, bu bağlamda, her bir aktivitenin (tedarik, pazarlama, vs.) rekabet avantajı yaratmaya katkısını açığa çıkarmak için iyi bir analiz aracıdır (Şekil 1).

Şekil 1: Değer Zinciri Modeli

Kaynak: Porter, 1985'ten aktaran, Eraslan ve diğ., 2008.

Değer zinciri, fonksiyonel düzeyde yürütülen analizlere destek olmak amacıyla, iç süreçlerin genel olarak müşteri değerine yapmakta olduğu katkının değerlendirilmesine yönelik bir çerçeve sunmak üzere tasarlanmıştır. Bununla birlikte, bir endüstri değer zinciri, hammadde ile başlayarak teslim edilen ürünle (tedarik zinciri olarak da bilinir) biten, mal (ve hizmet) sektöründe yer alan işlem süreçlerinin fiziksel bir temsili olmasından hareketle, iklim değişikliğinin sanayi sektörüne olan etkisi bu çerçevede ele alınarak incelenecektir.

Değer zinciri kavramı, birlikte uzmanlaşmanın ve ortak lokasyonun bir imalat firmasının ölçek ekonomileri ve kapsam ekonomileri elde etmesini sağladığı Ford üretim modelindeki konveyör bandının geliştirilmiş bir vizyonudur. Geleneksel bir değer zinciri kavramı, her biri bir firmanın nihai çıktısına ayrı ayrı değer katan birbirine bağlı modülerleştirilmiş üretim süreçleri ve iş fonksiyonları dizisine dayanan Fordist üretim sürecinin modülerleştirilmiş bir versiyonunu temsil eder. Küresel değer zincirleri bugün küresel ticaretin neredeyse %50'sini oluşturmaktadır. Örneğin, bisiklet, dünyanın en popüler ulaşım aracıdır. 19. yüzyılın başlarında Almanya'da icat edilen bisikletler, o yüzyılın sonunda Hollandalılar tarafından, bazen İngiltere'den ithal edilen kadrolarla (çerçeveler) seri olarak üretildi. Küresel üretim daha sonra 1950'de yaklaşık 10 milyon birimden bugün 130 milyondan fazlaya yükseldi.

Bisikletler yoğun bir şekilde alınıp satılmaktadır. Dünyanın her yerinden, özellikle Asya ve Avrupa'dan parçalar ve bileşenler kullanılarak monte edilirler. Örneğin, Bianchi tüm tasarım, prototip oluşturma çalışmalarını İtalya'da gerçekleştirir ve daha sonra Çin, İtalya, Japonya, Malezya ve diğer birçok bölümden parçalar ve bileşenler kullanarak Tayvan, Çin'deki bisikletlerinin çoğunu bir araya getirir. Her parça üreticisinin niş uzmanlığı vardır - örneğin Japonya'dan Shimano, Bianchi için fren yapar ve gidonlar Tayvan, Çin'de yapılır.

Dünya çapında üretilen parçalardan ve bileşenlerden bir bisikletin monte edilmesi verimliliği arttırır ve tüketici için daha ucuz ve daha kaliteli bir bisikletle sonuçlanır. Bisiklet çerçevesi çelik, alüminyum veya karbon fiber boru ve kaynak gerektirir.

Eşit gerilimi sağlamak için tekerlek hem radyal hem de yanal doğrultularda düzeltilmelidir. Kaliteli bir sele, yüksek teknoloji ürünü jel üretmek için teknik bilgi gerektirir. Geniş bisiklet değer zinciri nedeniyle, bisiklet parçaları ticareti son yıllarda bisiklet ticaretini % 15-25 oranında arttırmıştır (World Bank, 2020).

2.1. Hammadde veya Emtia Temininde Meydana Gelen Değişkenlik ve Güçlüklerin Sanayi Sektörüne Olası Yansımaları

IPCC 5. Değerlendirme Raporu'na göre, iklim değişikliği üretimi farklı kanallardan etkileyecektir. İlk olarak, iklim değişikliği birincil ekonomik faaliyetleri etkileyecektir. İkincisi, tedarik zinciri veya ürünün kalitesi de bundan etkilenecektir (IPCC, 2014). İklim değişikliğine bağlı olarak yağış değişkenliğinin artması ve kuraklık ve taşkın sıklığındaki artışların genel olarak verimi düşürmesi muhtemeldir. Her ne kadar daha yüksek sıcaklıklar ürün büyümesini iyileştirebilse de, çalışmalar gündüz sıcaklıklarının belirli bir ürüne özgü seviyeyi aştığında ürün veriminin önemli ölçüde düştüğünü belgelemiştir. Daha yüksek sıcaklıklar ve daha az güvenilir su kaynakları, özellikle kurak ve yarı kurak otlaklarda ve mera ekosistemlerinde düşük enlemlerde olmak üzere, küçük ölçekli hayvan yetiştiricileri için ciddi zorluklar yaratacaktır. Sıcaklık artışı ve su kıtlığı hayvan sağlığı üzerinde doğrudan bir etkiye sahip olacak ve yem ve yem kalitesini ve arzını azaltacaktır. Küresel ısınmanın bazı deniz balıkları türlerinin dağılımını etkilediğine dair bazı kanıtlar bulunmaktadır. Sıcaklık ve yağıştaki değişiklikler, iç balık türlerinin dağılımının da değişmesine neden olacaktır. Dolayısıyla başta tarımsal hammaddeler olmak üzere iklim değişikliği, farklı tezahürleri ile emtia sektörünü de etkiler. Zira sıcak hava dalgaları, seller, kasırgalar ve yükselen deniz seviyeleri ve deniz sıcaklıkları mahsulleri yok eder veya mahsul verimleri ile balık üretimini azaltır (FAO, 2016; 2017; UNCTAD, 2019). Örneğin, 1995 yılı Temmuz ayında Chicago'da beş gün boyunca sıcaklık dalgaları yaşanmış, hava sıcaklıkları 38-41°C'yi bulmuştur. Chicago, klimanın yaygın kullanıldığı modern bir sanayi şehri olmasına karşın, sıcaklık dalgası 500 kişinin hayatına mal olmuştur. Ayrıca Chicago, ABD'nin mısır ekim bölgesinin merkezinde yer aldığından, bu sıcaklar ABD'nin mısır hasadının %15 oranında azalmasına ve

3 milyar Amerikan Doları zarara yol açmıştır. Aşağıda yer alan alıntılanmış yazı, iklim değişikliğinin hammadde-sanayi ilişkisini oldukça çarpıcı şekilde ortaya koymaktadır (Kutu 1).

Kutu 1: Moda Endüstrisinde İklim Değişikliği Riskleri

Uluslararası bilim camiası arasında dünya ikliminin atmosfere antropojenik (yani insan kaynaklı) sera gazı emisyonlarından (GHG'ler) etkilendiği konusunda yaygın bir fikir birliği vardır. Ayrıca, sera gazı emisyonlarını önemli ölçüde azaltmazsak, iklim değişikliğinin hızlanacağı öngörülmektedir. Dolayısıyla, endüstriler arasında yerleşik ekolojik olarak sürdürülemez üretim ve tüketim kalıplarını kökten dönüştürmeye yönelik acil bir küresel çağrı var.

Moda endüstrisi, değer zincirinde çok fazla olumsuz çevresel (örn. Kapsamlı su tüketimi ve sera gazı emisyonları) ve sosyal etkileri (örn. Çocuk işçiliği, güvenli olmayan çalışma koşulları) ile son derecede kaynak yoğundur. Moda endüstrisi küresel sera gazı emisyonlarına önemli bir katkıda bulunurken, doğal kaynaklara bağımlı olması nedeniyle iklim değişikliğinin getirdiği geribildirimlere (örneğin küresel ısınma) karşı hassastır. Örneğin, tarımsal girdiler (özellikle pamuk) ve bunları sağlayan tarım sistemleri iklim değişikliğine karşı son derece hassastır ve bu nedenle küresel moda değer zincirleri için bir risk oluşturmaktadır.

"Düşük maliyetli ve hızlı moda" çağında, hazır giyim imalat sektörü emtia fiyatlarındaki dalgalanma ve kaynak mevcudiyetine dayanan artan tedarik zinciri zorluklarıyla karşı karşıya kalırken, bilim topluluğu iklim değişikliği ile ilgili mevcut ve gelecekteki küresel tedarik zinciri risklerinin daha büyük olduğunu her zamankinden daha fazla kabul etmektedir. Özellikle, iklim değişikliği riskleri, değişen hava modelleri ve aşırı hava olayları olarak ortaya çıkıyor ve hazır giyim üreticilerin tarımsal girdilerin tedarik edilmesinde belirsizlik yaşamasına, dağıtım ağlarının bozulmasına ve üretim tesislerinin hasar görmesine neden oluyor. Buna ek olarak, artan sıcaklıklar ve sonuç olarak daha az güvenilir

geleneksel mevsimsel döngüler tüketici davranışının değişmesine neden olur. Tüketici çevre bilincinin artırılmasının satın alma davranışını etkileyeceği de ileri sürülmektedir.

"Düşük maliyetli, kaynak yoğun ve hızlı moda", eski ve sürdürülemez bir üretim ve tüketim modelidir. Önemli doğal kaynak sıkıntısı olan bir gelecekte, "her zamanki gibi iş" olmayacaktır. Rekabetçi kalabilmek için moda markalarının iş modellerini geliştirmesi gerekecektir. Sonuçta, hazır giyim endüstrisi bir bütün olarak, toplam verimlilikte radikal bir iyileşme ile desteklenen yeni bir ekonomik anlatı gerektirir.

Başlangıç noktası olarak, iklim değişikliği ve sosyal risklerin belirlemesi ve değerlendirmesi yeni yatırımları yönlendiren stratejik faktörler haline gelecektir. Moda endüstrisinin evrimi, daha sürdürülebilir üretim ve tüketim kalıplarına (örn. Döngüsel ekonomi modelleri - yeniden kullanım, yeniden üretim ve kullanım ömrü sonu çözümler) ve daha çevre dostu malzemelerin (örn. Organik pamuk, kenevir, bambu) kullanımına yönelik daha güçlü bir çekim gücüne sahip olacaktır." (Sealand, 2020).

İklim değişikliği ve buna bağlı aşırı hava olayları şüphesiz ki sadece tarım sektörünü değil başka sektörleri de olumsuz yönde etkileyecektir. Bunlardan en önemlilerinden biri, sanayi hammaddesi sağlayan madencilik sektörüdür. Artan sıcaklıklar, aşırı hava olayları, seller gibi iklim değişikliği kaynaklı olumsuzluklar, madencilik sektöründeki altyapıyı da yok edebilir veya bunlara zarar verir, karlılığı azaltır veya projeleri daha az çekici hale getirir. Bu da şüphesiz ki başta maliyetler olmak üzere hammadde tedariki sürecinde doğrudan sanayi sektörüne yansıyacaktır (UNCTAD, 2019).

2.2. Su Kalitesi ve Su Mevcudiyetindeki Değişimler Nedeniyle Üretimde Yaşanacak Olası Kısıtlamalar ve Güçlükler

Dünyadaki toplam suyun %97,5'i tuzlu su olup, okyanus ve denizlerdeki suyu oluşturmaktadır. Geri kalan %2,5 oranındaki su ise karalarda yer alan tatlı sudur. Bu miktar, buzullar, yer altı suları, tatlı su gölleri, atmosferdeki su, akarsular ve diğer kaynaklardaki suları oluşturmaktadır. Tatlı suyun ise ancak %0,5'i kullanılabilecek niteliktedir. %0,5 oranındaki kullanılabilir nitelikteki suyun %70'i tarımsal sulamada, %20'si endüstride, %10'u ise evlerde kullanılmaktadır. Endüstride su kullanımı, bir bütün olarak ele alındığında, dünya üzerinde tüketilen toplam su miktarının içinde ortalama %20 paya sahiptir. Ancak endüstrileşmiş ülkelerde bu oran %50-80'e yükselmiştir. Bazı gelişmekte olan ve az gelişmiş ülkeleri içinse bu oran %10-30 civarındadır.

İklim değişikliğine bağlı olarak su kaynaklarında pek çok ülkede kullanılabilecek su kaynaklarının kritik eşiklerde olduğu hatta bazılarında bu konuda güçlükler yaşandığı bilinmektedir. Örneğin Türkiye'nin mevcut sürdürülebilir olarak kullanılabilen su potansiyeli 112 milyar m^3 olup bunun 94 milyar m^3'ü yüzey suyu, 18 milyar m^3'ü ise yer altı suyudur. Türkiye'de şu anda bu potansiyelin yaklaşık %50'si kullanılmaktadır. 2016 yılında 54 milyar m^3 olan toplam su tüketimi, Türkiye'nin net su potansiyelinin %48'ine tekabül etmektedir. Toplam kullanımın 39 milyar m^3'ü yüzey sularından ve 15 milyar m^3'ü ise yeraltı sularından karşılanmaktadır. Tarımsal sulamada kullanılan su, %74 oranla en yüksek paya sahipken, suyun %13'ü evsel amaçlı ve %13'ü ise sanayide kullanılmaktadır. Dolayısıyla, 2016 yılında niceliksel olarak; sulama için 40 milyar m^3, evsel kullanım için 7 milyar m^3 ve sanayi için 7 milyar m^3 su kullanılmıştır. 2023 yılında Türkiye'nin 112 milyar m^3 olan kullanılabilir nitelikteki suyun tümünün kullanılacağı tahmin edilmektedir. 2023 yılı su tüketim miktarları; sulama için 72 milyar m^3, içme ve kullanma suyu için 18 milyar m^3 ve endüstri için 22 milyar m^3 olmak üzere, toplam 112 milyar m^3 olarak öngörülmüştür. Bu verilere göre, tarımsal sulama için su kullanım payının 2023 yılına kadar %64'e düşeceği, endüstriyel kullanım payının ise %20'ye, evsel

kullanımın payının ise %16'ya çıkacağı öngörülmektedir. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) projeksiyonlarına göre, Türkiye'nin nüfusunun 2030 yılında yaklaşık 93 milyona ulaşacağı öngörülmektedir. Bu durumda günümüzde 1.302 m^3/yıl olan kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı, 2030 yılında 1.204 m^3/yıl'a düşecektir. Ülkenin mevcut büyüme hızı, su tüketim alışkanlıklarının değişmesi gibi faktörlerin etkisi ile su kaynakları üzerine olabilecek baskıları tahmin etmek mümkündür. Ayrıca bütün bu tahminler mevcut kaynakların bu yıla dek hiç tahrip edilmeden aktarılması durumunda söz konusu olabilecektir. Bu anlamda, ortak inanışın aksine, kişi başına kullanılabilir su miktarı bakımından Türkiye su zengini bir ülke değildir. Kişi başına düşen su potansiyeli açısından ülkeleri sınıflandıran Falkenmark Endeksi'ne göre, Türkiye kişi başına yıllık 1.000-1.500 metreküp su potansiyeline sahip olduğu için "su stresi" olan bir ülkedir ve kişi başına düşen su miktarı dünya ortalamasının altındadır. Aynı endeks dikkate alındığında, ülkede kişi başına düşen suyun 1.000 metreküpün altına düşmesi halinde, ülke su kıtlığı durumuna girecektir. Bu gerçeğin ışığında, yakın gelecekte Türkiye su kıtlığı riski altındadır. Bu rakamın, iklim değişikliğinin etkisi göz önünde bulundurulmadan gelecekte daha da küçülmesi öngörülmektedir. Kullanılabilir su miktarının 21. yüzyıl boyunca değişmediğini varsayarsak (yani iklim değişikliği etkisi olmadan), 2050 yılında kişi başına düşen su miktarı bugüne oranla daha da azalacaktır, çünkü nüfus artacaktır. TÜİK tarafından 2018 yılında güncellenmiş olan Türkiye nüfus projeksiyonlarına göre, nüfusun 2050 yılında yaklaşık 104 milyon, 2075'te ise 107 milyon olacağı öngörülmektedir. Buna göre, kişi başına düşen su miktarı 2050 yılında 982 m^3/ yıl, 2075 yılında ise o yıl yaklaşık 957 m^3/ yıl'a inecektir. Bu rakamlar Türkiye'yi "su kıtlığı" olan ülkeler arasına yerleştirecektir (Republic of Turkey Ministry of Environment and Urbanization, 2018; Şen, 2013). İklim değişikliğinin en önemli etkisinin su döngüsü üzerinde olacağı ve Türkiye'de de iklim değişikliğinin gelecekte su kaynakları genelinde bir azalmaya neden olacağı bilimsel olarak öngörülmektedir (Şen, 2013; Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2016; Kadıoğlu ve diğ., 2017). Türkiye genelinde özellikle 2041 yılı sonrasında daha fazla hissedilmek üzere toplam yağışta azalmalar öngörülmektedir (Republic of Turkey Ministry of Environment and Urbanization, 2018). Nitekim sanayi sektörü bu olumsuzlukların farkındadır. Aşağıdaki yazı İstanbul Sanayi Odası web sayfasından alınmıştır (Kutu 2):

Kutu 2:

"İSO Meclisi'nde, İklim Değişikliğinin Ekonomiye ve Sanayiye Etkisi Konuşuldu İstanbul Sanayi Odası'nın (İSO) Temmuz ayı olağan Meclis toplantısı 26 Temmuz 2017 tarihinde "Küresel İklim Değişikliğinin, Sanayimize; Üretim, Sürdürülebilirlik, Verimlilik ve Rekabet Gücü Açısından Etkileri" ana gündemi ile Odakule'de gerçekleşti. İSO Meclis Başkan Yardımcısı Hasan Büyükdede tarafından yönetilen toplantının konuğu İstanbul Teknik Üniversitesi Öğretim Üyesi Prof. Dr. Mikdat Kadıoğlu oldu. İSO Yönetim Kurulu Başkanı Erdal Bahçıvan meclis gündemi ile ilgili yaptığı konuşmasında, iklim değişikliğinin neden olduğu kuraklık ve yağış rejimindeki sapmaların sanayinin en önemli girdilerinden olan su kaynakları için tehdit oluşturduğuna dikkat çekerek "Tedbir alınmazsa sanayi üretimimiz için gerekli suyu bulamayacağımız günler bizi bekliyor olabilir" dedi." (İstanbul Sanayi Odası, 2020).

2.3. Ulaşım Sektöründe Yaşanacak Sorunlar ve Sanayiye Olası Yansımaları

Altyapı, sosyal ve ekonomik kalkınmanın belkemiğidir. Özellikle ulaşım altyapısı, malların taşınması ve insanların seyahat gereksinimlerinin karşılanması için eski çağlardan itibaren medeniyetlerin gelişmesini sağlamıştır. Çünkü ulaşım sistemleri insanların ve ürünlerin akışını arttırır, bölgeler arası bağlantılarını güçlendirir, temel refah ve sosyal olanaklara erişim sağlar ve ekonomik gelişmeyi arttırır. Ancak insanların ekonomik ve sosyal yaşamında bu denli önemli olan ulaşım sektörü, iklim değişikliğinden derinden etkilenmektedir. Aslında ulaşım ve iklim değişikliği ilişkisi, tıpkı konumuz olan sanayi sektöründe olduğu gibi birbirini karşılıklı olarak etkileyen iki unsurdur. Nitekim yukarıda da belirtildiği gibi ulaşım sektörü küresel atmosferik emisyonun %14'ünden sorumludur. Bununla birlikte, kasırgalar, fırtınalar, sel, yıldırım ve deniz seviyesinin yükselmesi gibi aşırı hava olaylarının

ulaşım sistemi üzerinde olumsuz etkileri vardır (Gelete ve Gokcekus, 2018). Bu durum ulaşım sektörünü olumsuz etkilemenin yanında bu olumsuzluklar doğrudan sanayi sektörüne ve bu sektördeki üretim ve dağıtım süreçlerinin her kademesini etkilemektedir.

Ulaşımın tasarımı, yapımı ve işletimi, iklim koşulları ile hava durumuna bağlıdır. İklim değişikliği ulaşım sektörünü deniz seviyesi yükselmesi veya seller vasıtasıyla köprüleri, yolları ve limanları kalıcı veya geçici olarak etkiler. İklim değişikliği aynı zamanda ulaşım altyapısına zarar vererek veya aşınma ve yıpranmayı arttırarak bakım maliyetlerini ve hizmetleri aksatabilir. Ekonomik kalkınma ve sağlıklı topluluklara sahip olmak için güvenilir bir ulaşımın çok önemli olduğu açıktır. Ulaştırma altyapısı üzerindeki etkisinin bir sonucu olarak, iklim değişikliğinin kalkınma programları, özellikle de hizmet verdikleri nüfusa erişim elde etmek için ulaşıma bağımlı olanlar için geniş kapsamlı etkileri olabilir. İklim değişikliği nedeniyle yağış ve sıcaklıktaki değişikliklerin çeşitli ulaşım kaynakları üzerinde olumsuz bir etkisi olabilir (Gelete ve Gokcekus, 2018). Dolayısıyla iklim değişikliğinin tüm ulaşım türlerini derinden etkilediği açıktır. Çünkü iklim değişikliğine bağlı olarak sıklığı ve süresi giderek artan aşırı hava olayları (fırtına, yıldırım, sel vb), deniz seviyesindeki yükselme veya tam tersi şekilde artan sıcaklıklara bağlı olarak göl, nehir ve kanallar gibi iç sularda, su seviyesinin azalması ya da sığlaşma gibi faktörler ulaşımı olumsuz yönde etkilemektedir. Bütün bunlar ulaşımda aksamalara, gecikmelere neden olur ve bu durum da doğrudan sanayi sektörüne yansır. Nitekim ulaşım altyapısının iklim değişikliğine uyumu konusunda Dünya Bankası tarafından yaptırılan bir araştırmaya göre, iklim değişikliğine uyum sağlayacak pahalı inşaat malzemeleri ve tasarım standartlarının yüksek olması nedeniyle yeni ulaşım altyapısının maliyetlerini artırdığı sonucuna ulaşılmıştır (Gelete ve Gokcekus, 2018). Şüphesiz ki bu maliyetler sanayi sektörüne de yansıyacaktır.

2008 yılında dünya ticaretinde taşınan malların hacim bakımından %89.6'sı; değer bakımından %70.1'i deniz ulaşımı ile gerçekleşmiştir (Rodrigue ve diğ., 2013). Hacim bakımından bu denli büyüklüğe sahip olan ve sanayi sektörü için de gerek hammadde tedarik zincirinde gerekse pazarlama aşamasında en önemli taşımacılık

biçimi olan deniz ulaşımının iklim değişikliğinden etkilenebilirliği dikkate alındığında sektörü ulaşımla ilişkisi bakımından gelecekte hangi risklerin beklediği daha iyi anlaşılacaktır. Nitekim bu etkilerin dünyanın bazı bölgelerinde bugünden ortaya çıktığını söylemek yanlış olmaz.

Kuzey Amerika'da, Kanada ile Amerika Birleşik Devletleri sınırında bulunan ve birbirine bağlı beş tatlısu gölünden oluşan, Kuzey Amerika için önemli bir iç su yolu olan Büyük Göller Bölgesi için yapılan bir araştırmada, gelecekteki iklim değişikliğine ilişkin neredeyse tüm senaryolarda, esas olarak daha yüksek sıcaklıklardan kaynaklanan ve artan buharlaşma nedeniyle göllerdeki su seviyelerinin ve bağlantı kanalı akışlarını azaltacağı öngörülmektedir. Potansiyel ekonomik etki olarak, gemi kargo kapasitelerinin düşmesi ve bunun da nakliye maliyetlerinin artmasına neden olabileceği bildirilmektedir. Atmosferik CO_2'nin iki katına çıkması sonucu tahmin edilen daha düşük su seviyelerinin yıllık nakliye maliyetlerini %29 artırabileceği, daha ılıman iklim değişikliğinin ise yıllık nakliye maliyetlerinde %13 artışa neden olabileceği belirlenmiştir. Bu yönüyle etkilerin emtialar ve güzergahlar arasında değişiklik göstereceği de araştırmanın sonuçlarındandır (Millerd, 2010).

Limanlar, daha yüksek sıcaklıklar, giderek şiddetli fırtınalar ve artan yağış da dahil olmak üzere iklim değişikliklerinden etkilenecektir. Çeşitli kaynaklara göre, dünyanın en büyük liman kentlerinden 136'sında 3 trilyon dolardan fazla liman altyapısının varlığı hava olaylarına karşı savunmasız olduğu bildirilmektedir (CCSP, 2008; UNCTAD, 2009; UNECE ve UNCTAD, 2010). Örneğin, Kanada kıyıları, şehirlerde, kasabalarda ve köylerde bulunan bir dizi limanı, limanı ve marinaları desteklemektedir. Bireysel deniz Liman İdareleri'nin yetkisi altındaki daha büyük limanlar her yıl 160 milyar dolardan fazla yük taşımaktadır. Kasaba ve köylerdeki küçük tekne limanları, balıkçılık ve ulaşım sektörleri için hayati önem taşıyan 2 milyar dolardan fazla altyapı içermektedir ve ülkedeki tüm balık avlarının yaklaşık %90'ı küçük tekne limanında gerçekleşmektedir. İklim değişikliğinin kıyı sanayi altyapısında yaratacağı potansiyel önemli ekonomik etkinin farkında olan yetkililer, balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliği faaliyetleri için kullanılan altyapının kırılganlığını değerlendirmek için çalışma başlatmışlardır.

Nitekim Kanada'da deniz taşımacılığı altyapısına ve aşırı hava olayları ile mevsimsel koşullardan kaynaklanan ulaşım gecikmelerine yakın zamanda çok sayıda hasar örneği bulunmaktadır. Şiddetli hava koşulları feribotlar ve kargo gemileri için hasara ve gecikmelere neden olmuş ve bazı durumlarda tecrit süreleriyle sonuçlanmıştır (örneğin, Îles de la Madeleine feribotları 2014-2015 kışında buzda sıkışmıştır). Kıyı yollarını ve nehirleri yakından takip etmek için birçok sahil yolu inşa edilmiş, bağlantılarını tamamlamak için genellikle köprüler ve kavşaklar kullanılmıştır. Bu ulaşım sistemlerinin, özellikle daha yüksek deniz seviyeleri ve fırtına dalgalanmaları şiddetli yağışlarla birleştiğinde, aşırı iklim olaylarına karşı özellikle savunmasız oldukları kanıtlanmıştır (Lemmen ve et al., 2016).

Belirli rotalarda artan fırtına, ek güvenlik önlemleri veya daha az fırtına eğilimi olan daha uzun yollar aracılığı ile yapılan taşımacılık, nakliye maliyetini artıracaktır. Fırtınalar tedarik zincirlerini karayolu veya demiryoluna bağlayan liman altyapısını tahrip ederek bozarsa nakliye maliyetleri artar veya yeni yollar aranır Artan fırtına, kilit sistemler olarak nitelenen boğaz veya kanallar gibi alanlardan geçişi de etkileyebilir. Aşırı hava olayları sonucunda artan fırtınalar, gemiler ve limanlar için bakım maliyetlerini artırabilir ve hava ile ilgili daha sık gecikmelere neden olabilir. Bu olumsuzlukların da farklı boyutlarda doğrudan endüstri sektörüne yansıması kaçınılmazdır.

2.4. Aşırı Hava Olayları ve Su Baskını Nedeniyle Altyapı Hasarları ve Operasyonlarda Aksama

İklim değişikliğine bağlı olarak başta sıcaklık hava dalgaları, fırtına, kasırga, aşırı yağışlar gibi hava olayları ile bunların sonucu olan sel vb. afetler sanayi sektöründe doğrudan veya dolaylı etkilere yol açabilir. Örneğin daha yoğun ve sık sıcak hava dalgaları enerji arzını etkileyebilir. Bu da sanayinin temel unsurlarından biri enerji temininde güçlüklere yol açacaktır. Aşırı hava olaylarının sıklığı ve süresinin uzun olması, genel enerji iletimi ve dağıtımı gibi fiziksel enerji altyapısına yönelik tehditleri artıracaktır.

İklim riskleri farklı endüstriler arasında, işletmeler ve altyapı arasında, iklim ve kaynak mevcudiyeti arasında ve ticari faaliyetler ile sosyo-ekonomik süreçler arasındaki bir dizi bağımlılıktan da etkilenmektedir. İş merkezleri çevresinde kümelenme, aynı kaynakları paylaşma ve yakın ve uzaktaki hizmet ve mallara bağlı olarak karmaşık bir etkileşim ve ilişkiler ağına katkıda bulunurlar. Bu, birden fazla baskı noktası oluşturabilir ve kademeli etkilere yol açabilir. Örneğin, ortak konumdaki şirketlerin (organize sanayi bölgeleri veya iş parklarında olduğu gibi) hepsi aynı altyapıya dayanır ve sonuç olarak altyapıda su basması gibi bir riskin ortaya çıkması durumunda daha büyük risklere maruz kalırlar. Bu dinamik, 2011 yılında Tayland Tufanları'ndan sonra bir miktar tanınırlık kazanmıştır. Belirtilen bölgede sel, 45 milyar dolarlık toplam hasara neden olmuş ve 9.859 fabrika, selin doğrudan etkileri nedeniyle kapanma tehlikesi ile karşı karşıya kalmıştır. Nitekim belirtilen alanda işletmelerdeki bağımlılıklar çok genişti ve su baskını, Don Mueang Havaalanı'nın altı ay boyunca kapalı kalmasıyla önemli seyahat kesintilerine neden oldu. Ayrıca, Tayland'ın küresel olarak %45'ini oluşturduğu sabit sürücü üretimindeki aksama, küresel sabit sürücü fiyatının iki katına çıkmasına neden oldu. Dolayısıyla gerek ülkemizde ve gerekse dünyada benzer olayların daha sık yaşanmasıyla işletmeler ve endüstriler için iklimin etkileri ile ilişkili bağımlılıkların karmaşıklığı fark edilmeye başlanmıştır (Surminski et al., 2018).

Ülkemizde özellikle son yıllarda yaşanan yağışlardaki düzensizlik, aşırı yağışlar ve seller ve su baskınlarına neden olmaktadır. Bunun sonucunda başta İstanbul, Ankara, İzmir gibi metropoller olmak üzere büyük kentlerde konut alanlarının yanısıra yağışlardan ve su baskınlarından zarar gören sanayi bölgelerinin olduğu da bir gerçektir ve basın arşivlerine bakıldığında bu konuda çok sayıda haber okumak mümkündür.

2.5. Sanayinin İtici Gücü Olan Enerji Kaynaklarında Yaşanacak Sorunların Sanayi Sektörüne Etkileri

Enerji sanayinin itici gücüdür. Günümüzde iklim değişikliğine yol açan sera gazlarının yaklaşık %35'inden sorumlu olan enerji sektörü, azaltım ve uyum bakımından ciddi sorunlarla karşı karşıyadır. Konunun bir başka yönü ise enerji sektöründe iklim değişikliğine bağlı olarak ortaya çıkan veya çıkabilecek sorunlar ile bunun sanayi sektörünü nasıl etkileyeceğidir. Bunlar aşağıda kısaca açıklanmıştır.

Güç santralleri:

Termik santraller, artan ortam sıcaklıklarının bir sonucu olarak termal dönüşümün azalan verimliliğinden etkilenecektir. Soğutma ve su sıcaklıklarını artırmak için azaltılmış su, düşük güç işlemlerine veya geçici kapanmalara neden olabilir.

Boru hatları:

Yükselen deniz seviyelerinden etkilenen kıyı bölgelerindeki petrol ve gaz boru hatları ile permafrostun çözülmesiyle soğuk iklimlerdeki enerji taşıma altyapısı risk altındadır. Yeni arazi imar kodları ve riske dayalı tasarım ve inşaat standartları ile altyapıya yapısal iyileştirmeler gerektirebilir.

Güç hatları:

Aşırı hava olayları, özellikle kuvvetli rüzgar, güç hatlarına zarar verebilir. Yüksek riskli alanlardan uzağa yönlendirme hatları dahil olmak üzere uygun uyum önlemlerini uygulamak için standartlar değiştirilebilir.

Yenilenebilir kaynaklar:

Bölgesel hava koşullarındaki değişiklikler, hidroelektrik enerjiyi destekleyen hidrolojik döngüyü etkileme tehdidi altındadır. Bazı bölgelerde bulutluluk artışı

güneş teknolojilerini etkilerken, fırtına sayısında ve şiddetinde bir artış ekipmana zarar verebilir.

Nükleer santraller:

Su eksikliği ve aşırı hava olayları, kritik ekipman ve süreçlerin işleyişini bozarak nükleer santralleri tehdit edebilir.

Enerji kaynakları ile ilgili bu kısa açıklama, bütünüyle değerlendirildiğinde, iklim değişikliğinden kaynaklı ortaya çıkabilecek sorunların sanayi sektörünün enerji temininde sorunlar yaşayabileceğini göstermektedir. Bu riskler üretimin aksaması başta olmak üzere bir dizi soruna yol açabilir.

2.6. İklim Değişikliğinin İşgücüne Olacak Olası Etkileri

İyi yaşama koşulları sanayinin yer seçimi ve üretimi sürecinde çok belirgin bir kültürel faktör durumuna gelmiştir ve aynı zamanda eski sanayi ülkelerinde de önem kazanarak sanayi bölgelerini yeniden belirlemektedir. İyi yaşama koşulları, çevrenin arzu edilen nitelikleridir – gerek fiziksel ve gerekse kültürel çevrenin ikisinin birden sübjektif bir değerlendirmesidir. İyi yaşam koşulları arasında iklim, arazi, yaşama maliyeti, rekreasyon kolaylıkları ve kültürel çekicilikler bulunur. En belirgin iyi yaşam koşulu da iklimdir. Ilıman iklimler, özellikle de nem oranı düşük ve güneş ışığının bol olduğu iklim alanları insanlara çok çekici gelmektedir. Geleneksel lokasyon faktörlerinin daha az önemli olduğu sanayilerde ve de yüksek derecede hareketli, son derece iyi eğitilmiş becerili işgücü ve araştırmacıları çekme gücünün önemli olduğu sanayilerde iyi iklim koşullarının bulunduğu bir lokasyon en iyi seçim olmaktadır (Tümertekin ve Özgüç, 2015). Nitekim IPCC 5. Değerlendirme Raporu'nda Kjellstrom ve ark. (2009) tarafından yapılan bir araştırmada, insan vücudunun biyofiziksel bir modeli kullanılarak, özellikle nemli iklimlerde el emeğine dayalı işgücü verimliliğinin düşeceğinin öngörüldüğü belirtilmekte ve bu etkileri ölçen sadece birkaç çalışmanın bulunduğuna dikkat çekilmektedir (IPCC, 2014).

2.7. İklim Değişikliğinin Sanayi Sektörüne Günümüzdeki ve Olası Etkileri İçin Özet

Yukarıda ana başlıklar halinde anlatılan iklim değişikliğinin sanayi sektörüne günümüzdeki ve olası etkileri için aşağıdaki gibi bir özet yapılabilir:

- Sıcaklık ve yağıştaki değişiklikler nedeniyle hammadde ve ara ürünlerin mevcudiyetindeki olası değişiklikler tüm değer zincirini etkileyebilir.
- Aşırı olaylarda ve aşırı hava koşullarında potansiyel artış, operasyonel altyapı ve üretimde büyük hasara neden olabilir (işletmeler ve sigorta şirketleri için likidite sıkıntısı riski).
- Aşırı olayların artmasının, nakliye ve depolama altyapısı üzerindeki olumsuz etkilerinin artmasından kaynaklanan şirket içi lojistik üzerindeki etkiler.
- Daha yüksek sıcaklıklar ve sıcak dalgaları, çeşitli ürünlerin depolanması ve taşınması için soğutma talebini artıracaktır.
- Artan sıcaklıklar ve bu sıcaklıklardaki daha uzun sıcak dönemler nedeniyle tüketici davranışlarında değişiklikler meydana gelecektir.
- Sıcak hava dalgaları ve kuraklıklar sırasında soğutma suyunun kullanılabilirliğindeki azalma soğutma yoğun üretimi engelleyebilir
- Yağışlardaki değişiklikler ve mevsimsel dağılımı nedeniyle su mevcudiyetindeki bölgesel farklılıklar meydana gelebilir.
- Daha yüksek sıcaklıklar ve sıcak dalgaları çalışma koşullarını olumsuz etkileyecektir Bu durum verimlilikte azalma, iş sağlığı ve güvenliği için riskler oluşturacaktır.

SONUÇ

İklimin sanayi üzerindeki doğrudan etkisi, tarım veya turizm sektörü gibi doğa temelli veya doğaya bağımlı sektörlerde olduğu kadar güçlü ve belirgin değildir. Ancak sanayinin bileşenleri olan hammadde, su, ulaşım, enerji gibi ögelerle bazı sanayi kollarının yer seçimi başta olmak üzere sanayi iklimden dolaylı olarak etkilenir. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından sağlanan rakamlara göre, toplam küresel emisyonların %25'ine elektrik ve ısı üretimi, %21'ine sanayi, %14'üne ulaşım ve %10'una ise enerji ile ilgili diğer faaliyetler neden olmaktadır (IPCC, 2014). Bu yönüyle sanayi sektörü ile iklim değişikliği olgusunda karşılıklı etkilenme sözkonusudur. Sanayi sektörü, Dünya'da ve Türkiye'de iklim değişikliğinden çok farklı yollarla etkilenmektedir. Bu etkiler negatif yönde olabileceği gibi yaratacağı fırsatlar da olabilir. İklim değişikliği işletmelerin çalışma biçimlerini etkileyebilir, faaliyetlerinin karlılığını etkileyebilir veya fırsatlar yaratabilir. Dolayısıyla işletmeler, iklim değişikliğinin bir sonucu olarak farklı risklere maruz kalabilirler. Bu riskler hem doğrudan hem de dolaylı olabilir. Sözkonusu riskler, fiziksel riskler, tedarik zinciri ve hammadde riskleri, itibar riskleri, finansal riskler, ürün talep riskleri, düzenleyici riskler olabilir. Şirketlerin bu risklere maruz kalması, ticari faaliyetlerine ve faaliyet gösterdikleri sektöre bağlı olarak değişecektir (Agrawala et al., 2011). Sanayi üretimine bütüncül olarak bakıldığında, ana hatlarıyla; hammadde temininden başlayarak, üretim, pazarlama gibi birbiriyle bağlantılı olan ve değer zinciri olarak nitelenen bir kavram çerçevesinde gerçekleştirilir. Bu çerçevede sanayi sektörü iklim değişikliğinden; hammadde veya emtia temin indeki değişkenlik ve güçlükler; su kalitesi ve su mevcudiyetindeki değişimler nedeniyle üretimde yaşanacak olası kısıtlamalar ve güçlükler; ulaşım sektöründe yaşanacak sorunlar ve sanayiye olası yansımalardan; aşırı hava olayları ve su baskını nedeniyle altyapı hasarları ve operasyonlarda aksama ve iklim değişikliğinin işgücüne olacak olası etkilerinden etkilenecektir.

KAYNAKÇA

- Agrawala, S. et al. (2011). Private Sector Engagement in Adaptation to Climate Change: Approaches to Managing Climate Risks, OECD Environment Working Papers, No. 39, OECD Publishing.
- Bavbek, G. (2016). Sanayi Politikasının İklim Değişikliği Politikası ile Entegre Edilmesi: Türkiye'nin Durumu, EDAM İklim Eylem Kağıtları Serisi 2016/1.
- CCSP. (2008). Reanalysis of Historical Climate Data for Key Atmospheric Features: Implications for Attribution of Causes of Observed Change. A Report by the U.S. CCSP and Subcommittee on Global Change Research. [Randall Dole, Martin Hoerling, and Siegfried Schubert, (eds.) NOAA NCDC, Asheville, NC, 156 pp.
- FAO. (2017). The future of food and agriculture-Trends and challenges, Rome.
- FAO. (2016). Greenhouse GasEmissions from Agriculture, Forestry and Other Land Use.
- Eraslan, İ.H., Helvacıoğlu Kuyucu, A.D., Bakan, İ. (2008). Değer Zinciri (Value Chaın) Yöntemi ile Türk Tekstil ve Hazırgiyim Sektörünün Değerlendirilmesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, İ.İ.B.F. Dergisi, (C.X ,S II): 307-332.
- Gelete, G., Gokcekus, S. (2018). The Economic Impact of Climate Change on Transportation Assets, Journal of Environmental Pollution and Control, 1(1): 1-6.
- IPCC. (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland.
- İstanbul Sanayi Odası. (2020). İSO Meclisi'nde, İklim Değişikliğinin Ekonomiye ve Sanayiye Etkisi Konuşuldu, Alıntılanma adresi: http://www.iso.org.tr/haberler/meclis-konusmasi/iso-meclisinde-iklim-degisikliginin-ekonomiye-ve-sanayiye-etkisi-konusuldu/ (16.05.2020).
- Kadıoğlu, M., Ünal, Y., İlhan, A., Yürük, C. 2017. Türkiye'de İklim Değişikliği

ve Tarımda Sürdürülebilirlik, Türkiye Gıda ve İçecek Sanayii Dernekleri Federasyonu Yayını, İstanbul.

- Lemmen, D.S., Warren, F.J., James, T.S. and Mercer Clarke, C.S.L. editors (2016). Canada's Marine Coasts in a Changing Climate, Government of Canada, Ottawa.
- Millerd, F., (2010). The potential impacts of climate change on Great Lakes international shipping, Climatic Change, 104(3-4), 629-652.
- Porter, M.E. (1985). Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior
- Performance, New York: The Free Press, 1985.
- Rodrigue, J.P. (2020). The Geography of Transport Systems, (Fifth Edition), Routledge, New York.
- Rodrigue, J.P. et al. (2013). The Geography of Transport Systems, (Second Edition), Routledge, New York.
- Republic of Turkey Ministry of Environment and Urbanization. 2018. Seventh National Communication of Turkey Under the UNFCCC, Ankara.
- Sealand. (2020). Climate Change Risks to the Fashion Industry, Alıntılanma adresi: https://sealandgear.com/blogs/news/climate-change-risks-to-the-fashion-industry (15.05.2020).
- Surminski, Swenja and Di Mauro, Manuela and Baglee, Alastair and Connell, Richenda and Hankinson, Joel and Haworth, Anna and Ingirige, Bingunath and Proverbs, David. (2018). Assessing climate risks across different businesses and industries: an investigation of methodological challenges at national scale for the UK. Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 376 (2121).
- Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. (2016). İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi Proje Nihai Raporu, Ankara.
- Şen, Ö.L. 2013. A Holistic View Of Climate Change and Its Impacts in Turkey, IPC-Sabanci University, Istanbul.
- Tümertekin, E., Özgüç, N. (2015). Ekonomik Coğrafya: Küreselleşme ve Kalkınma, Çantay Kitabevi, İstanbul.

► UNCTAD. (2019). Commodity Dependence, Climate Change and the Paris Agreement: Commodities and Development Report, New York.

► UNCTAD. (2019). Review of Maritime Transport 2019, United Nations, New York.

► World Bank. (2020). World Development Report 2020: Trading for Development in the Age of Global Value Chains, Washington.

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE TOPLUMSAL MUHTEMEL ETKİLERİ VE RİSKLER

Prof. Dr. İhsan Çiçek

1. GİRİŞ

Yirminci yüzyılın son çeyreğinden bu yana çevre alanındaki en temel sorunlardan biri iklim değişikliğinin olumsuz etkileridir. Bu açıdan iklim güvenliği kavramı, çevresel güvenlik kavramının bir alt başlığı olarak değerlendirilebilir. Küresel iklim değişikliğinin yol açtığı fiziksel etkilerin su, tarım, sağlık, enerji ve çevre gibi sürdürülebilir kalkınmanın başlıca öğeleri üzerinde yarattığı baskılar, güvenlik kavramının yeniden değerlendirilmesine yol açmaktadır. Bu bağlamda, iklim güvenliği kavramı, kuraklıklar, sıcak hava dalgaları, seller ve yangınlarla kendisini gösteren iklim değişikliğinin güvenlik algısı, değerlendirmeleri ve uygulamaları üzerinde etkili olmasını içermektedir.

2. İKLIM DEĞİŞİKLİĞİ VE İNSAN SAĞLIĞI

2.1. Sıcaklığa Bağlı Ölümlerde Gelecekteki Artışlar

Sera gazlarının artan konsantrasyonları hem ortalama hem de aşırı sıcaklıkların artmasına neden olmaktadır. Bunun, özellikle çocuklar, yaşlılar ve ekonomik olarak dezavantajlı gruplar gibi, özellikle bu değişikliklere karşı savunmasız olan bazı topluluklarda sıcaktan ölümlerde ve hastalıklarda artışa, soğuktan ölümlerde potansiyel bir azalmaya yol açması beklenmektedir.

Yazın ortalama mevsimsel sıcaklıktan daha sıcak veya kışın ortalama mevsimsel sıcaklıktan daha soğuk olan günler, vücudun sıcaklığını düzenleme yeteneğini azaltarak veya doğrudan veya dolaylı sağlık komplikasyonlarına yol açarak hastalık ve ölüm düzeylerinde artışa neden olmaktadır.

İç sıcaklık kontrolünün kaybı, ısı krampları, ısı tükenmesi, sıcak çarpması ve hipertermi ve aşırı soğuklar ise hipotermi ve donma gibi bir dizi hastalığa neden olabilir (USGCRP, 2016).

İKLİM ACİL DURUMU
S.O.S !
AKŞEHİR GÖLÜ KURUDU
-başımız sağolsun-
NE? İSTİYORUZ
İKLİM ADALETİ
İKLİM İÇİN HAREKETE GEÇ
YA SIFIR KARBON GELECEK! YA SIFIR GELECEK!
FRIDAYS FOR FUTURE TURKEY
BİLİMİN ARKA
BİRLEŞ

Aşırı sıcaklıklar ayrıca kardiyovasküler hastalık, solunum hastalığı, serebrovasküler hastalık ve diyabetle ilgili durumlar gibi kronik durumları kötüleştirebilir. Yüksek sıcaklıklara uzun süre maruz kalmak, kardiyovasküler, böbrek ve solunum bozuklukları için hastaneye başvuruların artmasına neden olabilir.

2.1.1. Aşırı Sıcaklığa Değişen Tolerans

Zamanla aşırı sıcaklığa karşı insanların toleransında bir artış gözlemlenmiştir. Bu toleranstaki değişiklikler, diğer faktörlerin yanı sıra klimanın kullanımının artması, gelişmiş sosyal tepkiler ve/veya fizyolojik iklimlendirme ile ilişkilendirilmiştir. Gelecekte bu toleransta beklenen artışlar sıcaktan ölümlerde öngörülen artışı azaltacaktır.

2.1.2. Büyük Risk Altındaki Nüfus

Yaşlı yetişkinler ve çocuklarda aşırı sıcak nedeniyle ölüm veya hastalanma riski daha yüksektir. Açık havada çalışan, sosyal olarak yalıtılmış ve ekonomik olarak dezavantajlı olan insanlar, kronik hastalıkları olanlar ölüm veya hastalıklara karşı özellikle savunmasızdır.

2.2. Hava Kalitesinin Etkisi

İklimdeki değişimler, hem içeride hem de dışarıda soluduğumuz havayı etkiler. Değişen iklim, yer seviyesindeki ozon (O_3) ve partikül madde gibi dış ortam hava kirleticilerinin seviyelerini ve yerini etkilemiştir. Artan karbondioksit (CO_2) seviyeleri ayrıca havadaki alerjenleri (aeroalerjenler) serbest bırakan bitkilerin büyümesini de teşvik eder. Son olarak, dış hava kalitesi ve aeroalerjenlerde oluşan bu değişiklikler, hem kirleticiler hem de aeroalerjenlerin evlere, okullara ve diğer binalara sızdığından iç mekan hava kalitesini de etkiler. Dış mekanda veya içeride kötü hava kalitesi insan solunum ve kardiyovasküler sistemlerini olumsuz etkileyebilir. Daha yüksek polen konsantrasyonları ve daha uzun polen mevsimleri

alerjik duyarlılaşma ve astım ataklarını artırabilir ve böylece iş ve okuldaki üretkenliği sınırlayabilir (USGCRP, 2016).

2.2.1. Artan Ozonun Sağlık Etkileri

İklim değişikliği, meteorolojik koşullar ülkelerin çoğunda ozon oluşumuna giderek daha elverişli hale geldiğinden, gelecekte yer seviyesindeki ozon kirliliğini azaltmak için herhangi bir düzenleyici yaklaşımın geliştirilmesini zorlaştıracaktır.

2.2.2. Orman Yangınlarından Artan Sağlık Etkileri

Yangınlar, erken ölüm ve olumsuz kronik ve akut kardiyovasküler ve solunum sağlığı sonuçları riskini artıran ince parçacıklar ve ozon öncüleri yayar.

İklim değişikliği ile birlikte karşımıza çıkacak risklerden biri de mega yangınlardır. Kuraklıkların yaşanacağı alanlarda yaşanması normal olan yangınlar iklim değişikliği ile birlikte sadece doğal alanlarla sınırlı kalmayacak, insan yerleşimlerini de kapsamına alarak mega boyutlara ulaşabilecektir. Alevlerin yüksekliğinin 70 metreyi aştığı mega yangınlar Avustralya'dan başlayarak kendini gösterdi. Eylül 2019'da başladıktan sonra Queensland, Victoria ve Güney Avustralya eyaletlerinde orman ve çayırlık alanlarda etkili olan ve zaman zaman yerleşim yerlerine de sıçrayan yangınlar nedeniyle 33 kişi hayatını kaybetmiş, çoğu Yeni Güney Galler eyaletinde olmak üzere toplam 11 milyon hektar civarında alan ve 3 binden fazla ev kül olmuştu. Mega yangınların kentsel alanlara, yerleşim yerlerine verdiği zarar da hayallerimizi zorlayacak boyutta olacaktır. Avustralya'da bir çok kent ve kasabada insanlar tahliye edildi ve insanlar yaşadıkları yerleri kendi elleriyle mega yangına bıraktılar.

Rusya'da Ağustos 2010'da toplam 174 bin hektarlık alanda 557 ayrı orman yangını oldu. 76'sı büyük boyutta olan yangınlar nedeniyle Rusya'nın büyük bölümü dumanla kaplandı. Bataklıklardaki "torf", yani "turba" yangınları nedeniyle gri bir

tabakayla kaplanan Moskova'da durum her anlamda alarm verici boyuta ulaştı.

Havadaki karbonmonoksit oranının normalin 7-8 kat üstüne çıktı. Normalde bir günde 360 kişinin hayatını kaybettiği Moskova'da ölenlerin sayısı 700'e ulaştı.

2.2.3. Kronik Alerji ve Astım Koşulları

İklim değişikliğinin, özellikle artan sıcaklıkların, değişen yağış modellerinin ve artan atmosferik karbondioksit konsantrasyonlarının, bazı hava kaynaklı alerjenlerin seviyelerindeki artışlara ve astım ataklarında ve diğer alerjik hastalıklarda buna bağlı artışlara katkıda bulunması beklenmektedir.

2.3. Aşırı Hava Olaylarının İnsan Sağlığına Etkileri

İklim değişikliği projeksiyonları, yüzyılın sonuna kadar bazı aşırı olayların ortaya çıkması ve şiddetinde sürekli artışlar olacağını gösterirken, diğer uçlar için iklim değişikliği ile ilgili bağlantılar daha belirsizdir. Amerika Birleşik Devletleri›nin bazı bölgeleri, bazı aşırı olayların sıklığı, yoğunluğu veya süresinde gözlenen değişiklikler nedeniyle hem hayatını kaybetmiş canlılar, hem de ekonomik zararlar açısından önemli zararlara uğramıştır.

Aşırı bir olay sırasında ölüm veya yaralanma gibi sağlık etkilerine sahip olması (örneğin, seller sırasında boğulma), bireyler sağlıklarını korumaya dönük risk önlemeye dönük afet hazırlığı eğitimi almalarını gerektirmektedir. Ancak aşırı olayların sağlık etkileri sadece olay sırasıyla sınırlı değildir. Sağlık etkileri aşırı bir olaydan önce veya sonra ortaya çıkabilir. Sağlık riskleri, olaydan çok sonra veya olayın meydana geldiği alanın dışındaki yerlerde, mülke verilen hasar, varlıkların tahrip edilmesi, altyapı ve kamu hizmetlerinin kaybı, sosyal ve ekonomik etkiler, çevresel bozulma ve diğer faktörlere bağlı olarak artar.

Aşırı olaylar aynı zamanda veya belirli bir konumda art arda birden fazla olay meydana gelirse bireysel sağlık riskleri oluşturur. Aşırı olaylarla ilişkili sağlık etkilerinin ciddiyeti ve kapsamı, aşırı olayların kendilerinin fiziksel etkilerinin yanı sıra olayların meydana geldiği zaman ve mekandaki bireysel, toplumsal ve çevresel koşullara bağlıdır (USGCRP, 2016).

2.3.1. Aşırı Olaylara Artan Maruziyet

İklim ile ilgili değişikliklerle ilişkili aşırı olaylara maruz kaldığında sağlık etkileri arasında ölüm, yaralanma veya hastalık; altta yatan tıbbi durumların alevlenmesi ve ruh sağlığı üzerindeki olumsuz etkiler ortaya çıkar.

2.3.2. Temel Altyapının Bozulması

İklim değişikliği ile ilgili birçok aşırı olay türü, sağlık ve acil durum müdahale hizmetlerine erişimi sürdürmek ve insan sağlığını korumak için gerekli olan enerji, su, ulaşım ve iletişim sistemleri de dahil olmak üzere altyapının bozulmasına neden olmaktadır.

2.3.3. Kıyı Taşkınlarına Karşı Güvenlik Açığı

Kıyı taşkınlarından kaynaklanan sağlık etkilerine karşı daha fazla savunmasızlığa veya diğer erişim ve fonksiyonel ihtiyaçlara sahip olan insanlar arasında engelli kişiler, bazı etnik gruplar, yaşlı yetişkinler, hamile kadınlar ve çocuklar, düşük gelirli nüfuslar ve bazı meslek grupları bulunmaktadır.

2.4. Vektör Kaynaklı Hastalıklar

Vektör kaynaklı hastalıklar, sivrisinekler, keneler ve pire içeren vektörler tarafından bulaşan hastalıklardır. Bu vektörler, bir konakçıdan (taşıyıcı) diğerine aktarılabilen virüs, bakteri ve protozoa gibi enfektif patojenleri taşıyabilir. Vektör kaynaklı

hastalıkların mevsimsellik, dağılım ve yaygınlığı, başta yüksek ve düşük sıcaklık aşırılıklar ile yağış düzenleri olmak üzere iklim faktörlerinden önemli ölçüde etkilenmektedir.

İklim değişikliğinin, vektör kaynaklı hastalıkların bulaşması ve enfeksiyon paternleri üzerinde hem kısa hem de uzun vadeli etkileri olması muhtemeldir. İklim değişkenliği ve iklim değişikliği vektör kaynaklı hastalıkların bulaşmasını değiştirse de, patojenlerin nasıl adapte olduğu ve değiştiği, konakçıların mevcudiyeti, değişen ekosistemlerin ve arazi kullanımı, demografi, insan davranışı ve kapasite dahil olmak üzere diğer birçok faktörle ilişkilidir. Bu karmaşık etkileşimler, iklim değişikliğinin vektör kaynaklı hastalıklar üzerindeki etkilerini tahmin etmeyi zorlaştırmaktadır (USGCRP, 2016).

2.4.1.Vektörlerin ve Vektör Kaynaklı Hastalıkların Değişen Dağılımları

İklim değişikliğinin, mevcut vektörlerin ve vektör kaynaklı hastalığın coğrafi ve mevsimsel dağılımını değiştirmesi beklenmektedir.

2.4.2. Daha Erken Başlayan Kene Etkinliği ve Kuzeye Yayılımı

Lyme ve KKKA hastalığına ve diğer patojenlere neden olan bakterileri taşıyabilen keneler, iklim değişikliğiyle ilişkili artan sıcaklıklara yanıt olarak daha erken mevsimsel aktivite ve genel olarak kuzey yönünde genişleme gösterecektir. Bu kenelerin daha uzun mevsimsel aktivitesi ve genişleyen coğrafi yayılımı, insanların kenelere maruz kalma riskini artıracaktır.

2.4.3. Sivrisinek Kaynaklı Hastalık Dinamiğini Değiştirme

Artan sıcaklıklar, değişen yağış şekilleri ve iklim değişikliğiyle ilişkili bazı aşırı hava olaylarının daha sık görülmesi, Batı Nil virüsünü ve diğer patojenleri yaşam alanlarının kullanılabilirliğini değiştirerek ileten sivrisineklerin dağılımını,

miktarını ve hastalığın toplumda görülme sıklığını etkileyecektir.

2.4.4. Yeni Vektör Kaynaklı Patojenlerin Ortaya Çıkışı

İklim değişikliği faktörlerinin arazi kullanım alışkanlıklarının değiştirilmesi gibi diğer birçok etmenle etkileşimi nedeniyle vektör kaynaklı patojenlerin ortaya çıkması veya yeniden ortaya çıkması beklenmektedir.

2.5. Su Kaynaklı Hastalık Riskinde Mevsimsel ve Coğrafi Değişiklikler

İklim değişikliğinin tatlı ve deniz suyu kaynaklarını, insanların hastalığa neden olan suyla ilgili kirletici maddelere maruz kalma oranını artıracak şekilde etkilemesi beklenmektedir. Su ile ilgili hastalıklar, bakteri, virüs ve protozoa gibi patojenlerin neden olduğu su kaynaklı hastalıkları içerir. Su ile ilgili hastalıklara ayrıca bazı zararlı algler ve siyanobakteriler tarafından üretilen toksinler ve insan faaliyetleri ile çevreye verilen kimyasallar da neden olmaktadır. Maruz kalma, soluma veya kontamine suyu içme veya eğlence yerlerinde kontamine suyla doğrudan temas ve kontamine balık ve kabuklu deniz hayvanlarının tüketimi yoluyla ortaya çıkar. İklim değişikliği ile ilgili faktörler - sıcaklık, yağış ve seller, kasırgalar ve fırtınalar su ile ilişkili hastalıkların ajanlarının (nedenlerinin) büyümesini, hayatta kalmasını, yayılmasını ve patojenin ne derecede hastalık yapabileceğini (virülansını) veya toksisitesini etkiler. Hastalığın kontamine su, balık veya kabuklu deniz hayvanlarına maruz kalmasından kaynaklanıp kaynaklanmayacağı, bir kişinin maruziyetini, hassasiyetini ve uyarlanabilir kapasitesini etkileyebilecek insan davranışı ve sağlığın sosyal belirleyicileri gibi karmaşık bir dizi faktöre bağlıdır (USGCRP, 2016).

İklim değişikliğiyle ilişkili su sıcaklıklarındaki artışlar, doğal olarak oluşan bazı Vibrio bakteriler ve denizi toksikleştiren zararlı algler ile zararlı tatlı su alglerinin üremesi için uygun habitatın coğrafi alanını ve mevsimsel büyüme dönemlerini değiştirecektir. Bu değişiklikler, çeşitli hastalıklara neden olabilecek su kaynaklı patojenlere ve alg toksinlerine maruz kalma riskini artıracaktır.

2.5.1. Su Altyapısı Yetersizliği

Bazı aşırı hava olaylarında ve fırtınalarda meydana gelen artışlar, içme suyu, atık su ve yağmur suyu altyapısının, özellikle yaşlanan altyapısı olan alanlarda sistem kapasitesinin hasar görmesi veya aşılması nedeniyle yetersiz kalma riskini artıracaktır.

2.6. Gıda Güvenliği, Beslenme ve Dağıtım

Güvenli ve besleyici bir gıda tedariki, gıda güvenliğinin hayati bir bileşenidir. İklim değişikliğinin gıda üretimi, fiyatları ve ABD ve küresel ticaret üzerindeki etkileri, son zamanlarda yayınlanan "İklim Değişikliği, Küresel Gıda Güvenliği ve ABD Gıda Sistemi" raporunda geniş çapta incelenmiştir. Raporun genel bir bulgusu, "iklim değişikliğinin, gıda bulunabilirliğini bozarak, gıdaya erişimi azaltarak ve kullanımı daha zor hale getirerek küresel, bölgesel ve yerel gıda güvenliğini etkileme olasılığının çok yüksek olmasıdır".

Artan CO_2 konsantrasyonu ve iklim değişikliğinin gıdanın güvenliğini, besin tedariki ve dağıtımı üzerinde iki farklı etkisi vardır. Birincisi, artan küresel sıcaklıklar ve bunu izleyen hava olayları ve ekstrem iklim olaylarındaki değişiklikler ile ilişkilidir. İklim ve fiziksel ortamdaki mevcut ve beklenen değişikliklerin bulaşma, bozulma ve gıda dağıtımının bozulması için sonuçları vardır. İkincisi, bitki fotosentezi üzerindeki doğrudan CO_2 "gübreleme" etkisidir. Daha yüksek CO_2 konsantrasyonları bazı bitkilerde büyümeyi ve karbonhidrat üretimini uyarır, ancak insan beslenmesi için potansiyel olarak olumsuz etkileri olan buğday, pirinç ve patates de dahil olmak üzere çok sayıda tüketilen ürünlerde protein ve temel mineral seviyelerini düşürebilir (USGCRP, 2016).

Güvenli ve besleyici bir gıda tedariki, gıda güvenliğinin hayati bir bileşenidir. İklim değişikliğinin gıda bulunabilirliğini bozarak, gıdaya erişimi azaltarak ve kullanımı daha zor hale getirerek küresel, bölgesel ve yerel gıda güvenliğini etkileme olasılığı çok yüksektir.

2.6.1. Gıda Kaynaklı Hastalık Riski Artar

Artan sıcaklıklar ve aşırı hava koşullarındaki değişiklikler de dahil olmak üzere iklim değişikliğinin, gıdaların belirli patojenlere ve toksinlere maruziyetini artırması beklenmektedir. Bu olumsuz sağlık etkileri riskini artıracaktır.

2.6.2. Gıda Zincirindeki Kimyasal Kirleticiler

İklim değişikliği çeşitli yollardan insanların gıdalardaki kimyasal kirleticilere maruziyetini artıracaktır. Yüksek deniz yüzeyi sıcaklıkları deniz ürünlerinde daha fazla cıva birikmesine neden olmaktadır. Aşırı hava olaylarındaki artışlar ise gıda zincirine kirletici maddeler getirecektir. Artan CO_2 konsantrasyonları ve iklim değişikliği, zararlıların, parazitlerin ve mikropların görülme sıklığını ve dağılımını değiştirecektir, bu da böcek ilacı ve veteriner ilaçlarının kullanımında artışa yol açacaktır.

2.6.3. Yükselen Karbondioksit Gıdanın Besin Değerini Düşürür

Atmosferik CO_2 seviyelerinin yükselmesi, devam ettikçe buğday ve çeltik gibi tarımsal açıdan önemli gıda bitkilerinin besin değeri ile çoğu bitki türünün protein ve vücuda dışarıdan alınması gerekli (esansiyel) mineral konsantrasyonları azalacaktır.

2.6.4. Aşırı Hava Olayları Güvenli Gıdalara Erişimi Sınırlar

İklim değişikliğiyle ilgili bazı aşırı hava olaylarının sıklığı veya yoğunluğundaki artışlar, mevcut altyapıya zarar vererek veya gıda sevkiyatlarını yavaşlatarak gıda dağıtımındaki kesintileri artıracaktır. Bu engeller, gıda dağıtım altyapısının esnekliğine ve bozulmasına bağlı olarak güvenli ve besleyici gıdaların bulunabilirliğini ve bu gıdalara erişimi sınırlandıran gıda hasarı, bozulma veya kontaminasyon riskinin artmasına neden olmaktadır.

2.7. Zihinsel Hastalıklar ve Esenlik

Küresel iklim değişikliğinin ruh sağlığı ve esenliği üzerindeki etkileri, iklim ile ilgili genel insan sağlığı etkilerinin ayrılmaz bir parçasıdır. İklim değişikliğinin zihinsel sağlık üzerindeki sonuçları, minimal stres ve sıkıntı belirtilerinden anksiyete, depresyon, travma sonrası stres ve intihar gibi klinik bozukluklara kadar değişir. Diğer sonuçlar, iklim değişikliğini ve etkilerini uygun şekilde anlamaya ve bunlara uygun şekilde yanıt vermeye çalışan bireylerin ve toplulukların günlük yaşamı, algıları ve deneyimleri üzerindeki etkileri içerir. İklim değişikliğine bağlı etkilerin zihinsel sağlığı ve sağlıklı sonuçları nadiren tecrit halinde ortaya çıkar, ancak genellikle diğer sosyal ve çevresel stres faktörleriyle etkileşime girer. İklim değişikliğinin sağlık, ruh sağlığı ve esenlik üzerindeki etkilerinin etkileşimli ve kümülatif doğası, iklim değişikliğinin insan sağlığı üzerindeki genel sonuçlarını anlamada kritik faktörlerdir (USGCRP, 2016).

2.7.1. Zihinsel Sağlık Üzerinde Afetlere Maruz Kalma Sonuçları

İklim ve hava durumu ile ilgili felaketlere maruz kalan birçok kişi stres ve ciddi zihinsel sağlık sonuçları yaşamaktadır. Afet türüne bağlı olarak, bu sonuçlar travma sonrası stres bozukluğu, depresyon ve genellikle aynı anda ortaya çıkan genel anksiyeteyi içerir.

2.7.2. Belirli İnsan Grupları Yüksek Risk Altında

Belirli insan grupları, iklime ve hava koşullarına bağlı felaketlere maruz kalmanın sıkıntı ve diğer olumsuz zihinsel sağlık sonuçları açısından daha yüksek risk altındadır. Bu gruplar arasında çocuklar, yaşlılar, kadınlar (özellikle hamile ve doğum sonrası kadınlar), önceden var olan akıl hastalığı olan kişiler, ekonomik olarak dezavantajlı olanlar, evsizler ve bu gruplara ilk müdahale eden kişiler bulunmaktadır.

2.7.3. İklim Değişikliğine Bağlı Tehditlerin Akıl Sağlığı ve Sosyal Etkiler Üzerindeki Sonuçları

Birçok insan iklim değişikliğinin doğrudan deneyimi ve kişinin yerel ortamındaki değişikliklere bağlı olarak iklim değişikliği tehdidinin olumsuz zihinsel sağlık sonuçlarını ve sosyal etkilerini yaşayacaktır. İklim değişikliğinin medya ve popüler kültürdeki sunumları stres tepkilerini, zihinsel sağlığı ve esenliği etkiler.

2.7.4. Aşırı Isı, Zihinsel Hastalığı Olan Kişilerin Risklerini Artırır

Akıl hastalığı olan kişiler, aşırı sıcaktan dolayı olumsuz fiziksel ve zihinsel sağlık açısından daha yüksek risk altındadır. Aşırı sıcaklıktaki artışlar, yaşlı insanlar ve vücudun sıcaklığı düzenleme yeteneğini bozan reçeteli ilaçlar kullanan akıl hastalığı olan kişiler için hastalık ve ölüm riskini artıracaktır.

2.8. Endişeli Nüfuslar

İklim değişikliği halihazırda farklı nüfus gruplarına göre değişen bir dizi sağlık etkisine neden olmaktadır ve bu durumun yol açmaya devam etmesi beklenmektedir. Herhangi bir grubun kırılganlığı, iklim değişikliğine bağlı sağlık risklerine duyarlılığının, bu risklere maruz kalmasının ve iklim değişkenliği ve değişime müdahale etme ya da bunlarla başa çıkma kapasitesinin bir fonksiyonudur. Burada endişe verici popülasyonlar olarak tanımlanan savunmasız insan grupları arasında düşük gelirli olanlar, bazı etnik toplulukları, göçmen grupları, yerel halklar, çocuklar ve hamile kadınlar, yaşlı yetişkinler, savunmasız meslek grupları, engelli kişiler ve önceden var olan veya kronik tıbbi hastalıkları olan kişiler bulunmaktadır (USGCRP, 2016).

3.EŞİTSİZLİK, YER DEĞİŞTİRME VE KÜLTÜREL DEĞİŞİM

İklim değişikliği büyük nüfus gruplarını harekete zorlayacak ve bu toplumlarımızı daha önce görülmemiş bir şekilde değiştirecektir.

3.1. Belirsizlik ve Güçsüzlük

Yaşlı insanlar veya aileler için, evlerinin yükselen deniz tarafından tahrip edilme ihtimali önemli bir problemdir. Bunun olacağını biliyorlar ama bilinmeyen ne zaman olacağıdır. Küresel ısınmayı tersine çevirme çabalarının başarılı olabileceği ve zaman diliminin hayatlarının ötesine geçebileceği yönünde bir umut vardır. Fakat kendilerini güçsüz hissediyorlar, çünkü sonuçlar büyük ölçüde politikacıların ve bilim insanlarının eylemlerine dayanmaktadır. Evleri ve geçimleri ile ilgili uzun süreli belirsizlik bu toplulukların fiziksel ve zihinsel sağlığını zayıflatabilir.

Toplumda zaten savunmasız bir grup olma eğiliminde olan kadınlar, çocuklar ve yaşlılar iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinden daha da fazla etkileneceklerdir. Gelişmekte olan ülkelerin kırsal bölgelerinde yakacak odun toplama ve su getirmek genellikle kadınların ve çocukların sorumluluğudur, ancak arzın azaltılması artık daha fazla iş ve daha fazla zamanla sonuçlanmaktadır Çünkü artık bu bölgelerdeki insanlar ihtiyaç malzemelerini bulmak için daha fazla mesafe kat etmek zorunda kalmaktadırlar. Çocuklar ve yaşlılar, daha yüksek sıcaklıklardan kaynaklanan ısı ile ilgili rahatsızlıklar, gıda arzı üzerindeki artan baskı/artan fiyatlar nedeniyle yetersiz beslenme ve ayrıca artan sel ile ilişkili hastalık gibi sağlıkla ilgili endişelere daha duyarlıdırlar. Kadınların toprak, sermaye ve diğer kaynaklara eşit erişime sahip olmadığı birçok ülkede (ancak genellikle hanehalkı reisleri), kadınlar iklim değişikliğine uyum için gerekli olan iklim dirençli teknolojiye veya ürünlere erişmekte zorluk çekmektedirler. Ayrıca, iklim değişikliğine bağlı olarak temel ihtiyaç malzemelerinin karşılanmasında yaşanan zorlukların aileler üzerindeki

artan baskısı (hem erkeklerde hem de kadınlarda) çeşitli psikolojik ve fiziksel etkilere sebep olmaktadır.

3.2. Adalet ve eşitlik

Paris'teki İklim Değişikliği zirvesinin bir sonucu, gelişmiş ülkelerin üçüncü dünya ülkelerinin çabalarını finansal olarak destekleme konusunda karar vermeleridir. Küresel ısınmanın hızla artmasına neden olan gelişmiş ülkelerdeki ağır sanayi faaliyeti olduğu için bu karar oldukça adildir. Gelişmekte olan ülkelerdeki insanların bir kısmı bu yardım kararına karşı ön yargılı davranarak tepki göstermektedirler. Bazı üçüncü dünya ülkeleri iklim değişikliği hedeflerini karşılayacak kaynaklara sahip değildirler ve çoğu iklim değişikliğinden en çok etkilenen ülkelerdir. Zaten artan sıcaklıkların ve yükselen deniz seviyelerinin etkilerini azaltmak için desteğe ihtiyaçları vardır. Karbon azaltımı için küresel hedeflere ulaşacak kaynaklara veya kapasiteye sahip değiller.

Atmosferdeki sera gazı miktarının artmasında önemli ölçüde katkısı bulunmayan gelişmekte olan ülkeler, iklim değişikliğinin etkileriyle uğraşma konusunda daha da dezavantajlı olacaklar. Gelişmekte olan ülkeler, uyum becerilerini engelleyecek alternatif çözümler bulma konusundaki endişelerin yanı sıra, toplumsal hayatlarında zaten altyapı eksikliği, güçsüz teknolojik ve finansal kaynaklarla mücadele etmektedirler. Ayrıca, bu ülkeler yüksek yoksulluk ve gelir eşitsizliği oranlarıyla uğraşmak zorunda olduklarından zaten kıt olan kaynaklara sahiptirler. Kıt kaynakların toplumsal gelişim ve refah ile iklim uyumu arasında dağıtılacak olması bir ikilime sebep olacaktır. Örneğin, başlangıçta eğitime harcanacak bazı kamu fonlarının şimdi uyum için deniz duvarlarına, artan sulama veya yağmur suyu sistemlerine harcanması gerekecektir. Bu gerçek Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin (UNFCCC) bir parçası olarak tartışılsa da, gelişmekte olan ülkelere yönelik teknolojik ve finansal yardım halen yeterli düzeyde değildir.

3.3. Kızgınlık ve Çatışma

Zaten dünyamız bir çatışma halindedir. Küresel iklim değişikliği bunu daha da arttırabilir. Küresel iklim değişikliğinin etkilerini azaltma çabaları ile aynı zamanda etkilerle başa çıkma çabaları arasında ince bir denge vardır. Gelişmiş ülkelerin ticari faaliyetlerinden kaynaklanan iklim değişikliğinden dolayı büyük ölçüde etkilenen ve yoksullaşan nüfuslar, kızgınlık ve öfke hissetmektedir. Eğer daha sonra göç etmek zorunda kalırlarsa yerinden edilmiş ve zayıflamış hissedeceklerdir. Bu durumda küresel kızgınlık ve çatışma süreçlerinde artışa neden olacaktır.

3.4. İşsizlik

İşsizlik, kırsal ve kentsel alanlarda iklim değişikliğinin bir başka sonucudur. Tarım alanın sürekli kuraklıklar ve karbon emisyonlarının etkileri ile verimsizleşerek tarım dışı kalmaktadır. Bu da geçimini bu küçük tarlalarından yetiştirdiği ürünlerin satışına bağlayan birçok küçük çiftçinin işsiz kalmasına ve kentsel alanlara göç etmesine neden olmaktadır. Bu küçük çiftçilerin yetiştirdikleri sebze ve meyveleri yakın kentlerdeki küçük esnafa satmaktadırlar. Ancak küçük çiftçilerin iklim değişikliği nedeniyle tarım dışı kalması şehirlerdeki küçük esnafın da gelirinin azalmasına ve ürünlerin daha uzak mesafelerden gelmesi tarım ürünlerinin fiyatının artmasına neden olmaktadır.

Küçük çiftçiler hâlihazırda malları için adil bir fiyat elde etmek, ürünlerini aşırı hava olayları ve zararlılara karşı korumak ve hayatlarını sürdürebilmek için büyük ölçekli tarımsal tarım işletmeleri ile rekabet etmek zorunda kalmaktadır. İklim değişikliği, iklim ve tarım bölgelerindeki bir değişim, daha yüksek sıcaklıklar nedeniyle üretim modellerindeki değişiklikler ve ürünleri tehdit eden daha aşırı ve değişen yağış desenleri ile çiftçilerin durumları gittikçe kötüleşmektedir. Böyle bir durum ailelerin geçim kaynaklarını ve ana gelir kaynağını ortadan kaldırmanın yanı sıra, yoğun emeklerin sonucu elde ettikleri ürünleri alıp-satan ve tüketen tüm topluluklara zarar verme potansiyeline sahiptir. Küçük çiftçiler toplumlarımızın ayrılmaz bir

parçasıdır ve sonuç olarak iklim değişikliğinin çiftçiler üzerindeki etkileri gıda tedarikini ve güvenliğini tehdit edebileceği gibi küresel gıda fiyatlarındaki oynaklığı da artırabilir.

2015 yılında 1 milyar insan aşırı yoksulluk içinde yaşamaktaydı. Bu insanların birçoğunun hayatta kalması çevrelerindeki doğal kaynaklara bağlıdır. Onlarca yıldır iyileştirmek için çalışılan yoksulluk ve eşitsizlik, iklim değişikliğiyle daha da kötüleşmektedir, çünkü dezavantajlı grupların, onları yok edebilecek veya yaşam biçimlerini değiştirebilecek aşırı sel veya kuraklık gibi etkilerle başa çıkabilmek için yeterli kaynakları yoktur. Dünyanın şehirlerindeki yoksul mahallelerin zaten kötü çevre koşullarından mustariptir. Ancak sıcaklıklardaki artış bu kötü koşulların daha da artmasına ve dayanılmaz hale gelmesine sebep olacaktır. ABD şehirlerinde bile, araştırmalar, yoksul mahallelerin sıcaklıklar arttıkça ısı ile ilgili rahatsızlıkların riskinin arttığını göstermektedir. Düşük gelirli mahalledeki insanların artan sıcaklığa karşı soğutma sistemleri kullanması daha az olasıdır ve sadece maliyet nedeniyle gerektiğinde kullanmaya istekli değillerdir. Ayrıca bu gecekondu mahallelerindeki binaların ısı koruyan malzemeler yerine uygun olmayan materyallerden yapılması ısı stresini arttırmaktadır.

3.5. Göç

Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) iklim değişikliğinin göç hareketini üç şekilde etkileyeceğini öngörmektedir. Bunlardan ilki, ısınmanın bazı bölgelerde tarımsal verimliliği azaltması ve temiz su, verimli toprak gibi ekosistem hizmetlerinin azalmasına sebep olması nedeniyle yaşanacak olan göç türüdür. İkincisi, özellikle tropikal bölgelerde aşırı yağış nedeniyle yaşanacak ani sel ya da akarsu taşkınları gibi aşırı hava olaylarının artması nedeniyle insanları kitlesel olarak yer değiştirmeye itecek olan göçtür. Üçüncüsü ise deniz seviyesinin yükselmesi nedeniyle seviyenin altında kalan kıyı bölgelerinin yok olması üzerine milyonlarca insanı yer değiştirmek zorunda bırakacak olan göçtür.

Birçok topluluk, yükselen deniz seviyelerine, kaynaklara baskı yapan aşırı kuraklığa ve hatta normal haline gelen aşırı yağışa maruz kaldıkça göç etmeye zorlanacaktır. Küçük ada devletleri özellikle savunmasızdır ve iklim değişikliğinin etkilerini hissetmenin ön saflarında yer almaktadırlar. 2014 yılının başında, Fiji'de deniz suyunun 1 km kadar ilerlemesi Vunidogoloa köyündeki sakinlerinin evlerini sular altında bırakmaya başladığı için ülkenin iklim değişikliği programının bir parçası olarak bu sebeple yer değiştiren ilk köy olmuştur. Fiji devleti erozyona uğramış sahilleri ve artan su baskınlarıyla uğraşan 34 köyün de taşınmasını planlamıştır. Pasifik'teki küçük bir ada devleti olan Kiribati ulusunun, deniz seviyesinin yükselmesi nedeniyle yaşanmaz hale gelmesi bekleniyor ve ülke yakın zamanda taşınmak için Fiji'de arazi satın aldı.

4. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE İSTİHDAM FIRSATI

İş dünyası doğal çevre ile yakından ilişkilidir. G20 ülkelerindeki işlerin yaklaşık üçte biri, doğrudan sağlıklı bir çevrenin etkin yönetimi ve sürdürülebilirliğine bağlıdır. İklim değişikliği ve diğer çevresel bozulma biçimlerinin, işler ve iş üretkenliği üzerinde olumsuz etkilere yol açtığı bilinmekle beraber, bu etkilerin önümüzdeki yıllarda daha belirgin hale gelmesi beklenmektedir. Mesela, sıcaklık artışları, ısı stresini daha yaygın hale getirebilir, böylece toplam çalışma saati sayısını azaltabilir (ILO, 2018).

Sosyal ve ekonomik rol ve sorumluluklardaki farklılıklar, iklim değişikliğine uyum için toprak ve tarım, kredi gibi kaynaklara erişim imkanı zayıf olan kadınların, göçmenlerin, gençlerin, engelli bireylerin, yerli halkların ve kabile halklarının kırılganlığını artırmaktadır. Kayıt dışı ekonomi ve küçük işletmelerde çalışan bu hassas grupların çoğunluğu için, karar alma organlarının desteği, teknoloji, sosyal sigorta, eğitime erişimleri de sınırlıdır. Dolayısıyla bu kişiler için felaketlerin etkilerinden kurtulmak özellikle daha zordur (ILO, 2018).

Uyum önlemleri, bireyleri ve toplulukları doğal afetlere karşı korumak için altyapıların geliştirilmesini içerir ancak bunlarla sınırlı değildir. Tasarımlarına bağlı olarak, bu tür altyapılar inşaat sektörünün çok ötesinde istihdam fırsatları yaratabilir. Uyum önlemleri, cinsiyet eşitliği endişelerini dikkate alacak şekilde tasarlanmalıdır. Ayrıca, bu önlemlerin tasarlanmasında ve uygulanmasında topluluğa katılım ve sosyal diyalog, yerel kalkınmanın ve istihdamın oluşturulmasının güçlendirilmesine yardımcı olabilir (ILO, 2018).

Sosyal koruma ve beceri geliştirme politikaları, uyum yeteneklerini artırmakta; doğal tehlikelerle karşı karşıya kalan bireyleri ve toplulukları gelir ile gıda güvensizliğine karşı koruyabilmektedir.

Bu politikalar, ayrıca, yerinden edilmiş işçilere ve iklim ile ilgili tehlikelerden doğrudan etkilenen işçilere yardımcı olabilirler. Daha genel olarak iklim değişikliği işgücünde yeni düzenlemelere, işteki çevresel kaynaklı stresle başa çıkma yöntemleri, çevresel kaynaklı göç ile başa çıkma politikaları geliştirilmesi ve her şeyden önce tüm iklim kaynaklı iş kayıplarında çalışanlar için tazminat ve koruma sağlama zorluğu ile aynı zamanda ekonomik faaliyet alanlarının ve yeni iş alanlarının çeşitlendirilmesine destek olabilmektedir (ILO, 2018).

4.1. İklim değişikliğinin ve aşırı hava şartlarının istihdama olumsuz etkileri

Bazı çevresel bozulma biçimleri, iş dünyası üzerinde doğrudan olumsuz etkiye sahip olabilir. İş dünyası ve iklim değişikliği arasındaki ilişki dikkate alındığında, aşağıdaki temel hususlar göz önünde bulundurulmalıdır:

- Genel olarak işler, ekosistemlerin sağladığı hizmetlere dayanır. İklim değişikliği, bu hayati ekosistem hizmetlerinin çoğunun sağlanmasını tehdit etmektedir.
- Hem işler, hem de güvenli, sağlıklı ve iyi çalışma koşullarının sağlanması çevresel tehlikelerin bulunmamasına ve çevresel istikrarın korunmasına dayanır (ILO, 2018).
- Çevresel bozulma ile ilişkili riskler ve tehlikeler, en fazla savunmasız çalışanları etkileme eğilimindedir.
- İnsan faaliyetinin neden olduğu veya daha da artırdığı çevre ile ilgili çeşitli tehlikelerin artan sıklığı ve yoğunluğu emek verimliliğini düşürmüştür. 2000 ve 2015 yılları arasında bu tür tehlikeler nedeniyle dünya çapında yılda 23 milyon çalışma yılı kaybedilmiştir.

G20 üyeleri arasında Çin, Brezilya ve Hindistan bu durumdan en çok etkilenen ülkelerden olup, 2008–2015 döneminde kişi başına sırasıyla, yılda 8,7, 3,2 ve 1,5 çalışma yılı kaybetmişlerdir.

- Öngörülen sıcaklık artışları, ısı stresini daha yaygın hale getirerek, G20 ülkelerindeki toplam çalışma saati sayısını 2030 yılına kadar %1,9 azaltarak, tarım işçileri ve gelişmekte olan ülkelerdeki işçiler üzerinde daha büyük bir etki yaratacaktır.
- Şu anda, G20 ülkelerindeki işlerin %34'ü doğrudan ekosistem hizmetlerine ve dolayısıyla çevrenin etkin ve sürdürülebilir yönetimine dayanmaktadır. Bu, tarım, balıkçılık ve ormancılıkta, hava ve su arıtma, toprak yenileme ve gübreleme, tozlaşma, haşere kontrolü, aşırı sıcaklıkların ölçülmesi fırtına, sel ve kuvvetli rüzgarlara karşı çevresel bozulma gibi doğal altyapının korunması gibi doğal süreçlere dayanan işleri içerirken, bu ekosistem hizmetlerini ve bunlara bağlı işleri tehdit etmektedir (ILO, 2018).

4.2. Uyum önlemleri, yeni iş imkanları yaratabilir, çalışanları ve geliri koruyabilir

Düşük bir sera gazı ekonomisine geçiş, iklim değişikliğinin etkilerinin azaltılması, gelecekteki uyum maliyetlerini düşük tutabilir ve emeğin büyük ölçüde yeniden tahsis edilmesi yoluyla net istihdam yaratılmasına yol açabilir. Ancak, gerçekleştirilebilecek iklim değişikliği azaltım çabalarına bakılmaksızın, iklim değişikliğine bağlı olayların zaten derin bir etkisi bulunmaktadır ve bunun devam etmesi beklenmektedir. Bu nedenle, iklim değişikliğine uyum, hemen harekete geçmeyi gerektirmektedir (ILO, 2018).

Uyum önlemleri, istihdam artışlarına yol açabilir ve iş kayıplarını önleyebilir. Kanıtlar, Avrupa'da yaklaşık 500 bin ek işin (çalışan nüfusun yaklaşık %0,2'si) uyumla ilgili faaliyetlerdeki artışın bir sonucu olarak 2050 yılında doğrudan ve dolaylı olarak yaratılacağını göstermektedir (ILO, 2018).

Uyum altyapısına yapılan yatırımın, özellikle iklimle ilgili riskleri azaltma amaçlı projelerde inşaat işlerine olan talebin artması nedeniyle istihdam üzerinde olumlu etki yaratması muhtemeldir. Uyum altyapısına yapılan yatırımın doğrudan, dolaylı

ve teşvik edilmiş istihdam etkileri ülkeler arasında farklılık göstermektedir. İnşaat sektörüne yatırılan her 1 milyon ABD doları için Hindistan'da 650 ve Çin'de 200, Brezilya ve Endonezya'da 160, Rusya Federasyonu'nda ise 120'ye yakın iş yaratılması beklenmektedir (ILO, 2018).

Dünyadaki dört işten üçü, ağır veya orta derecede suya bağımlıdır. Suyun korunması, arıtılması ve arzı için gerekli altyapıya yapılan yatırım gibi uyum önlemleri, ekonomi genelinde işlerin sayısını ve kalitesini artırabilir.

Ağaçlandırma ve ormanlaştırma, ormanların su akışlarını düzenleme, fırtınalara karşı bariyer olma, erozyona ve çamur kaymalarına karşı koruma özellikleri nedeniyle daha etkili uyum önlemleridir. Aynı zamanda ormanların sağladığı diğer birçok ekosistem hizmeti, iş ve ekonomik değer yaratmaktadır.

Beceri gelişimi aynı zamanda bir uyum stratejisidir. Zira göç ettirilmiş işçilerin, istihdam artışı yaşanan sektörlere geçmelerine yardımcı olur; böylece onları gelir kayıplarına ve iklim değişikliğinin diğer olumsuz etkilerine karşı korur. Beceri eksikliği, her durumda uyum ve azaltım önlemlerinin uygulanmasına engel teşkil edebilir.

Sosyal koruma politikaları, iklim değişikliğine uyum için bir başka biçimdir. Bu yöndeki iki araç; nakit transferleri ve kamu istihdam programlarıdır. 2030 yılı itibariyle, genişletilmiş sosyal transferlerin gelişmiş ülkelerde %0,2, gelişmekte olan ülkelerde ise %0,6 oranında istihdam artışını sağlaması beklenmektedir.

İklim dirençli ekonomiye geçişin olumlu istihdam etkisini en üst seviyeye çıkarmak için politikaların karşılanması ve mümkün kılınmasını gerektirmektedir.

Aşağıdaki önlemler, iklim direncinin istihdama olumlu etkilerini artırmak için uygulanabilecek önlemler arasındadır:

- Çevreyi işgücüyle ilgili hedeflerle bütünleştiren ulusal bir yasal çerçeve, iklim değişikliğine uyum ve azaltım önlemlerinin de istihdam dostu olmasını sağlamak için uzun bir yol kat edebilir.
- Sosyal diyalog, iklim değişikliğine uyumun istihdam etkisini en üst düzeye çıkarmada önemli rol oynayabilir. İklim değişikliğine uyum politikalarını tasarlarken, uluslararası çalışma standartlarına gereken değeri vermek önemlidir.
- Mikro, küçük ve orta ölçekli işletmeler, iklim değişikliği adaptasyonunda önemli ortaklardır; çünkü yerel olarak ilgili ve etkili uyum çözümleri geliştirmek için iyi bir konumdadırlar.
- En iyi uygulamaları paylaşmak ve özellikle uyum yatırımlarına atfedilebilecek istihdam faydalarını belirlemek için araç ve yöntemleri geliştirmek, bu tür yatırımların üretken ve kapsayıcı bir büyümeye yol açmasını sağlamaya yardımcı olacaktır. Örneğin, uyum bileşeni içeren yatırımların istihdam sonuçları ile içermeyen yatırımların sonuçları sistematik olarak karşılaştırılabilir. Diğer bir olasılık, işgücü anketlerinde yeşil işlerin azaltım ve uyum ile ilgili faaliyetlerde yer alan işleri kapsamasıdır. Yeşil İş Değerlendirme Kurumları Ağı (GAIN) tarafından geliştirilenler gibi, istihdam etkilerini bu doğrultuda değerlendirmek için mevcut birkaç yöntem vardır (ILO, 2018).

Her türlü çevresel bozulma, doğrudan ve olumsuz şekilde iş dünyasını etkilemektedir. Çevrenin bozulması, ekosistem hizmetlerinin sağlanmasını ve bunlara bağlı olan işleri tehlikeye atmaktadır.

Özellikle, insan faaliyetinin neden olduğu veya daha da şiddetlendirdiği doğal afetlerin sıklığı ve yoğunluğu, işgücü verimliliğini düşürmektedir. Gelecek yıllarda sıcaklıktaki artış, benzer bir etkiye sahip olacaktır. Etki azaltım stratejileri, gelecekteki uyum maliyetlerini sınırlamaya yardımcı olsa da, iklim değişikliğine uyum zaman kaybetmeden ele alınması gereken öncelikli bir konudur. Uyum önlemleri, istihdam

artışı sağlayarak, iş kayıplarını önleyebilir. Bu önlemler, doğal ve fiziksel altyapının yanı sıra, beceri geliştirme programları ve sosyal koruma politikalarını içerir. Bir yandan işlerin sayısı ve kalitesi ile bir yandan iklim değişikliğine uyum arasındaki ilişkinin kapsamlı bir şekilde incelenmesi ivedilikle gerekmektedir. Her durumda, hükümetleri, çalışanları ve işverenleri bir araya getiren sosyal diyalog, uyum planlarının yerel ilgisini ve etkinliğini artırabilir. Uyum altyapısına yapılan yatırımın, iklimle ilgili riskleri azaltmayı amaçlayan projelerde, inşaat işi talebini artırarak olumlu istihdam etkilerine sahip olması muhtemeldir. Altyapı düzenlemeleri genelde yalnız uyum amaçlı yapılmamaktadır; zira bu alanda iklim değişiklinin istihdam üzerindeki spesifik etkilerini tespit etmek kolay değildir. İklim değişikliği etkilerinden koruma faaliyetleri, periyodik bakım ve iyileştirme faaliyetlerinin bir parçası olarak mevcut altyapıya dahil olma eğilimindedir ve istihdam etkilerini takip etmeyi zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, iklim değişikliğine uyumun, istihdama spesifik katkısını saptamak zordur ve ikisi arasındaki ilişkinin daha ayrıntılı analiz edilmesi gerekmektedir. Bu alanda, sosyal koruma ve beceri geliştirme politikaları da dikkate alınmalıdır. Çünkü uyarlanabilir kapasiteleri artırarak, doğal tehlikelerle karşı karşıya kalan bireyleri ve toplulukları gelir ve gıda güvensizliğine karşı koruyabilirler (ILO, 2018).

Ayrıca, uyum politikaları yerinden edilmiş işçilere ve iklim ile ilgili tehlikelerden doğrudan etkilenen işçilere yardımcı olabilir. Gıda ve gelir güvenliği sağlayarak, bu tür politikalar dolaylı olarak da olsa ekonomik faaliyet ve istihdamı teşvik eder. Daha genel olarak, işgücü düzenleme çerçevesi, işteki çevresel kaynaklı stres ve göç ile başa çıkma konuları, çalışanlar için tazminat ve koruma sağlama zorluğu ve aynı zamanda ekonomilerin çeşitlendirilmesi önemlidir. Hangi uyum önlemlerinin çeşitli ortamlarda ve iklim değişikliğine karşı farklı kırılganlık seviyelerinde en iyi istihdam sonuçlarını sağladığını anlayabilmek için daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir (ILO, 2018).

İnsanların, sadece çeşitli uyum önlemlerini değil, aynı zamanda olumlu istihdam çıktılarını destekleyen sosyal, ekonomik ve kurumsal bağlamları da dikkate alması gerekir. Örneğin bazı ülkelerde, uyum altyapısına yapılan yatırım, ekonomik gerileme dönemlerinde daha iyi sonuçlar verebilir. GAIN ve Yeşil Ekonomi için Eylem Ortaklığı (PAGE) gibi mevcut platformlar, en iyi uygulamaları paylaşmak ve özellikle uyum yatırımlarına atfedilebilen istihdam faydalarını belirlemek için araç ve yöntemleri geliştirmek için kullanılmalıdır (ILO, 2018).

5. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN TÜRKİYE'YE SOSYOEKONOMİK ETKİLERİ

5.1. Sağlık

Akdeniz Havzası'nda yer alan Türkiye'nin atmosfer koşullarındaki değişim ve artacak ısı düzeyi sonucunda aşırı hava olaylarının sıklığında ve salgın hastalıklarda artış, daha yüksek ısı stresi, yaygın tüketilen gıdaların besin değerlerinde değişim gibi etkilerle karşı karşıya kalması beklenmektedir. Halk sağlığına ilişkin olarak aşağıdaki dört noktanın altını özellikle çizmek gerekmektedir:

1. Sivrisinek ve kene başta olmak üzere vektörlerin (taşıyıcılar) yeni coğrafyalarda üreyebilecek olması sonucunda söz konusu vektörlerle taşınan hastalıkların bulaşma mekanizmaları kuvvetlenecektir.
2. Kuraklıkta artış ve su döngüsünde bozulma su kaynaklarını salgın riskinden korumayı güçleştirecek, temiz suya erişimde yaşanacak sıkıntılar sonucunda su ile bulaşan hastalıklarda artış görülecektir.
3. Bazı bölgelerde 4 °C'yi bulacak sıcaklık artışı kaynaklı ısı stresi ve hava kirliliği düzeyindeki artış sonucunda sıcaklığa bağlı ölüm oranlarında artış görülecek, halk sağlığı açısından kaygılar ortaya çıkacaktır.
4. Bir metreküp havada polen miktarındaki artış sonucunda genel nüfusun alerjik sorunlarında artış görülecek, alerji dönemleri uzayacaktır.
5. Isı stresine bağlı ölümlerde, emisyon azaltımı ve uyuma ilişkin gerekli adımların atılmadığı senaryoya göre, farklı iklim senaryolarına göre değişkenlik göstermekle beraber %200-%450 oranında bir artış öngörülmektedir. Yıllık en yüksek sıcaklıklarda ortalama artışın 4 °C'yi bulması varsayımı altında ısı stresine bağlı ölümlerin %400 oranında artış göstermesi beklenmektedir (Gündoğan vd., 2017).

5.2. Toplumsal Etkiler

Genel ekonomik faaliyetler üzerinde iklim değişikliği kaynaklı etkileri değerlendirebilmek için bütünleştirilmiş göstergeleri ele alan entegre bir yaklaşım kullanılmaktadır. Çalışma kapsamında gerçekleştirilen makroekonomik analiz ile, sıcaklık değişikliklerine bağlı olarak toplam faktör verimliliğindeki değişim ile ek üretkenlik ve uluslararası fiyat etkilerinin tarım sektörü üzerindeki etkilerini ortaya konmaktadır.. Analizin başlıca bulguları şöyle:

1. İklim değişikliğinin milli gelirde baz senaryoya göre düşüşe yol açacağı öngörülmektedir:

- Analiz, 2018-2050 döneminde sıcaklıklarda 1,5-2,5 °C artış olması durumunda, uyum için ek önlemler alınmadığı ve özel çevresel politikalar tasarlanmadığı takdirde baz senaryoya göre Gayri Safi Yurtiçi Hasıla'da (GSYH) %9,8 ile 26,8 arasında bir düşüş olacağını öngörülmektedir.
- Sıcaklık artışının daha yüksek seyrettiği, iklim değişikliğine uyum ve emisyon azaltım için gerekli adımların atılmadığı bir senaryo altında ise baz senaryoya göre 2050 yılında milli gelirdeki düşüşün %50 oranına olması beklenmektedir. Bu senaryo altında 2040 - 2050 arasında ekonomik küçülmeyle karşı karşıya kalma ihtimalimiz bulunmaktadır.

2. Ekonomik faaliyetlerin maruz kalacağı negatif şok sonucunda kayıtlı istihdam ve ücretlerde düşüş yaşanacağı öngörülmektedir. Söz konusu düşüşün özellikle düşük gelirli bölgeleri etkileyeceği, yüksek gelirli bölgelere göçü tetikleyeceği tahmin edilmektedir:

- İklim değişikliği kaynaklı etkiler sonucunda ekonomik faaliyetlerin maruz kalacağı "negatif şok" pek çok çalışanın kayıtlı işgücü piyasalarından kayıt dışı işgücü piyasalarına kaymak durumunda kalmasına neden olabilecektir. Kayıt dışı istihdam sonucunda ücretlerdeki düşüş oranı, düşük gelirli bölgelerde

yüksek gelirli bölgelere göre daha yüksek olacaktır. Giderek düşen ücretler altında bile iş bulma fırsatlarının kısıtlı olması, düşük gelirli bölgelerden yüksek gelirli bölgelere göçü tetikleyecektir.

- Ekonomik aktivite üzerindeki negatif şok, düşük gelir bölgesindeki toplam istihdam düzeyinde oldukça kuvvetli bir azalmaya neden olabileceği düşünülmekte olup, baz senaryoya kıyasla istihdam seviyesinde %28'e varan düşüş öngörülmektedir.
- Düşük gelirli bölgelerde geride kalan istihdamın büyük kısmının kayıt dışına kayacağı, bu bölgelerdeki 2050 yılındaki kayıtlı istihdamın oranının baz senaryodaki %40,3 düzeyinden %23,3 seviyesine ineceği öngörülmektedir.

3. Tarım sektöründeki küresel fiyat artışları ile tarımsal üretkenlikte düşüş, tarımsal ürünlerin fiyatlarında tüm ekonominin fiyat düzeyine kıyasla oldukça yüksek artışlara neden olacaktır. Sıcaklık artışının yüksek düzeylere ulaştığı, seyrettiği, iklim değişikliğine uyum ve emisyon azaltımı için gerekli adımların atılmadığı, dolayısıyla iklim hedeflerinin tamamen uzağına düşüldüğü bir senaryo altında baz senaryoya göre gıda fiyatlarındaki artış %250'yi bulabilir.
4. Çalışmada kullanılan basit (heuristic) yaklaşım iklim değişikliği kaynaklı meydana gelecek tarımsal üretim kaybı, kıyı bölgelerindeki etkiler, aşırı hava olayları sonucunda fiziki altyapının zarar görmesi, enerji talebinde değişiklikler, hastalık ve ölüm oranlarındaki olası artışlar gibi fiziksel etkilerin değerlemesini gerçekleştirmek için daha bütüncül analizler yürütülmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Son olarak, iklim değişikliğinin etkilerinin en çok hissedileceği coğrafyalardan birisi olan ülkemizde bu etkilerin maliyetlerinin ne olacağına dair bütüncül sorular henüz pek sorulmamaktadır. Şu ana dek Türkiye özelinde demografi, insani gelişim, ekonomi, hayat tarzları, kurumlar, politikalar, teknoloji, çevre ve doğal kaynak boyutlarını bütünleşik şekilde ele alarak "ortak sosyoekonomik patikaları" işlevselleştirmeye yönelik herhangi bir çalışma yapılmadığı söylenebilir. Bu gerek alt sektörler, gerekse ulusal ölçekte geçerlidir. Bu boşluğun görülmesi, bu bağlamda çalışmalar yürütülmesi gerekmektedir. (Gündoğan vd., 2017).

KAYNAKÇA

- Gündoğan A.C., Aydın C.İ, Voyvoda E., Turhan E., Özen İ.C. (2017) Ataletin Bedeli, Ortak Sosyoekonomik Patikalar Üzerinden İklim Değişikliği Hedeflerine Ulaşılamamasının Türkiye'ye Maliyeti Üzerine Bir Değerlendirme, Yeryüzü Derneği Yayınları – 7
- ILO (2018) The employment impact of climate change adaptation. Input Document for the G20 Climate Sustainability Working Group International Labour Office – Geneva, ILO,
- USGCRP, 2016: The Impacts of Climate Change on Human Health in the United States: A Scientific Assessment. Crimmins, A., J. Balbus, J.L. Gamble, C.B. Beard, J.E. Bell, D. Dodgen, R.J. Eisen, N. Fann, M.D. Hawkins, S.C. Herring, L. Jantarasami, D.M. Mills, S. Saha, M.C. Sarofim, J. Trtanj, and L. Ziska, Eds. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, 312 pp. http://dx.doi.org/10.7930/J0R49NQX

DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN KENTSEL EKOSİSTEMLERE MUHTEMEL ETKİLERİ VE RİSKLER

Prof. Dr. İhsan Çiçek

1.GİRİŞ

Hem Avrupa hem de dünya'da mevcut iklim değişikliği sonucunda ortayay çıkan şiddetli hava koşullarına uyum sağlamak ve sonuçlarını hafifletmek büyük çaba gösterilmesini gerektirmektedir. NOAA'nın araştırmasına göre, 2020 yılı ölçülen yıllar içinde %74,67 ihtimalle en sıcak yıl olacak. Kurum 2020'nin ölçülen en sıcak 10 yıl içinde olma ihtimalini de %99,99'dan daha yüksek olarak öngörürken, ölçülen en sıcak 5 yıl içinde olma ihtimalini de %99,94 olarak belirtmiş. 2020 yılından önceki en sıcak yıl ise olarak kayıtlara geçmiştir. Sıcaklıktaki artış küresel düzeyde rahatsızlık, ekonomik kayıp, göç ve ölüm oranlarının artmasına neden olmaktadır. Buna ek olarak, Dünya'nın bazı bölgelerinin birden fazla iklim değişikliğine bağlı aşırı hava olaylarında da (örn. Sıcak ve soğuk hava dalgaları, sel, kuraklık, orman yangınları ve rüzgar fırtınaları) artış görüleceği tahmin edilmektedir (Emilsson T., Ode Sang A., 2017).

Dünyada bir yandan küresel iklim değişimi olgusu yaşanırken diğer yandan hızlı bir kentleşme süreci yaşanmaktadır. 2007 yılında dünya nüfusunun yarısı kentsel alanlarda yaşımaktaydı ve 2050 yılına kadar dünya nüfusunun %66'sının kentsel alanlarda yaşayacağı tahmin edilmektedir. Kentsel iklim, genellikle daha kirli, daha sıcak, daha yağışlı ve daha az rüzgarlı olmasıyla kırsal alanlardan farklılık göstermektedir. Bu, iklim değişikliğinin sıcaklıkta beklenen artış ve daha aşırı hava olayları ile etkisinin, kentsel alanlarda kırsal alanlara göre daha fazla yaşanacağını göstermektedir. Değişen iklim, artan kentsel sıcaklıklar ve sel baskını gibi olaylar hâlihazırda yaşanan kentleşmenin olumsuz etkilerini de artırabilir (Emilsson T., Ode Sang A., 2017).

Yine de artan kentsel doku yoğunlukları, sürdürülebilir kentsel kalkınmaya giden yol olarak görülmektedir. Avrupa genelinde, kaynakların verimli kullanımını, verimli ulaşım sistemlerini ve canlı bir kentsel yaşamı teşvik eden bir sürdürülebilir kalkınma yaklaşımı hakimdir. Bu kalkınma modelinde kalkınma genellikle yeterince kullanılmayan arazi olarak görülen alanlarda (yeşil alan gibi) veya önceki

sanayi sitelerinde yeniden geliştirme yoluyla gerçekleşmektedir. Bununla birlikte, bu yaklaşım aynı zamanda kentsel yeşil alanlara yönelik tehdidi nedeniyle de sorgulanmaktadır. Çünkü yeşil alanlar kentsel kahverengi alanlarla birlikte iklim değişikliğine uyum çözümleri sunmak için potansiyel öneme sahiptirler. Mevcut bitki örtüsü sistemlerinin oluşturulması, yeniden kurulması, iyileştirilmesi ve bakımı ve entegre bir kentsel yeşil altyapı ağının geliştirilmesi, iklim değişikliğinin yerel etkileriyle başa çıkmak için doğaya dayalı çözümlerin başında gelmektedirr. İkili kentsel gelişim burada ileriye dönük yapıcı bir yol olarak görülebilir. Yaklaşım, mevcut yerleşim alanlarının yoğunlaştırılmasını koruma eylemlerinin bir karışımı ile birleştirerek yeşil alanların varlığını, kalitesini ve kullanılabilirliğini artırırken sokak ağaçları, yeşil duvarlar ve çatılar gibi diğer yeşil altyapıyı da güçlendirmektedir (Emilsson T., Ode Sang A., 2017).

2. KENTSEL ALANLAR İÇİN İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN GENEL ETKİLERİ VE SONUÇLARI

Dünyanın dört bir yanındaki şehirler iklim değişikliği gerçeğiyle karşı karşıyadır. Sel, fırtına ve deniz seviyesinin yavaşça yükselmesi gibi tehlikeler insani, ekonomik ve çevresel varlıkları etkilemektedir. Konut sektöründe iklim değişikliğinin etkilerini azaltma ve uyum stratejilerinin etkileri hakkında edinilen bilgi, yaşam kalitesini iyileştirme, şehirlerde gelişme ve şehirlerde yaşam alanlarındaki eşitsizlikleri ortadan kaldırma konularında politikalar ve kararlar almada kritik öneme sahiptir (Rosenzweig, C. eg al., 2018).

İklim değişikliğinin kentsel alanlar için geniş kapsamlı etkileri ve sonuçları olacaktır. Etki, artan sıcaklıkların ve değişen yağış dinamiklerinin doğrudan etkisinden, başka yerlerdeki bozulma ve iklim değişikliğine bağlı olaylardan kaynaklanan dolaylı etkilere kadar değişecektir (Emilsson T., Ode Sang A., 2017).

Konut sektörü ile ilgili süreç ve uygulamalarda geniş bir yelpazeyi göz önünde bulundurulmaktadır. Şehirleşme ile ilgili süreç ve uygulamaların odak noktası iklim değişikliğinin etkilerine daha fazla maruz kalma ve kırılganlıkları nedeniyle orta ve düşük gelirli ülkelerdeki konut ve kayıt dışı yerleşimlere yöneliktir. Dünyadaki kentsel nüfusun yaklaşık %80'ini orta ve düşük gelirli ülkelerdeki nüfus oluşturmaktadır. Önümüzdeki 10-20 yıl içinde dünyadaki artan nüfus artışına bağlı olarak bu oran daha da artacaktır. Bu nüfus artışının küresel ve bölgesel iklim değişiminin yaşandığı bir ortamda olumsuz sonuçlarının olması kaçınılmazdır. Düşük ve orta gelirli ülkelerin kentsel alanlarındaki iklim değişikliğinin etkileriyle başa çıkma ve uyum kapasitelerinin eksikliği sel, fırtına dalgalanması ve deniz seviyesinin yükselmesi riskinin etkilerini arttırmaktadır. Kıyı alanlarında kentleşme eğilimleri hem resmi hem de kayıt dışı ekonomiler için artan ekonomik fırsatlar

sunmaktadır. Bu ekonomik fırsatlar, yoksulları iklimle ilişkili tehlikelere daha fazla maruz kalmasına ve kırılganlığın artmasına neden olmaktadır (Porio, 2014).

2014 Dünya Risk Raporu, duyarlılık, başa çıkma ve uyarlanabilir kapasite ışığında kentsel risk ve kırılganlığı tartışmaktadır. Duyarlılık maruz kalan toplulukların bir özelliği olsa da, başa çıkma ve uyarlanabilir kapasite, öncelikle devlet kurumlarının mevcut ve uzun vadeli insan ihtiyaçlarına yanıt vermesine bağlıdır. Nüfusun % 30-70'inin temiz suya veya temel sağlık hizmetlerine erişimi olmadığı orta ve düşük gelirli ülkelkerdeki şehirlerde, yönetişimdeki bu başarısızlık, iklim değişikliğinin etkilerinin artmasına neden olmaktadır (Rosenzweig, C. et al., 2018).

BM Ekonomik ve Sosyal İşler Dairesi (UNDESA) 2050 yılına kadar büyüme potansiyeli ile dünyada bugün yaklaşık bir milyar gecekondu sakini olduğunu tahmin etmektedir (UNDESA, 2013). Asya ve Afrika'da gecekonduda yaşayan insanların nüfusunun kentsel nüfusun %30'undan %70'ine kadar olduğu tahmin edilmektedir. Gecekondu sakinleri genellikle istenmeyen veya ticari olarak geliştirilmesi çok pahalı olacak alanlarda yaşarlar. Bu nedenle bu gecekondu alanlarında yaşayanlar iklim değişikliği riskinin tehlikeleri ile karşıkarşıyadırlar. Tablo 1, iklim değişikliğinin kentler üzerindeki olası etkilerini göstermektedir. Bu nedenle, gecekondu alanlarında risk azaltımı, her şehrin sosyal ve fiziki coğrafya özellşkleri arasındaki belirli kesişme noktalarında dinamik bir bağlamsallaştırma gerektirir (Revi et al., 2014). Bununla birlikte, yerelleştirilmiş karar verme stratejileri, insani gelişmeyi doğrudan etkileyen küresel siyasi ve ekonomik koşullara da uygun olmalıdır. Dahası, bu sadece afetleri bağımsız birer olaylar dizini yerine sistemler olarak kavramsallaştırmada bir değişiklik ile başarılabilir. Ayrıca, gecekondu alanlarındaki risk azaltma stratejileri ancak felaketleri olaylardan ziyade sistem olarak kavramsallaştırığında olumlu sonuç alınabilir. Bu yaklaşım hem insan maruziyetini hem de kırılganlığı risk tartışmasının merkezine getirir. Bu, yenilikçi ve stratejik yaklaşımların politikalara ve uygulamaya dahil edilmesini sağlar. Entegre karar destek sistemleri daha sonra ekonomik, sosyal, sağlık ve çevresel hususları gecekondu alanlarındaki yaşanlarada uygulanabilir. Son olarak, bu yaklaşım, ihtiyaçlarını hem yatay hem de dikey olarak kademelendirmesi gereken ulusal ve yerel kalkınma programlarına etkili bir şekilde aktarılmalıdır.

Tablo 1: İklim Değişikliğinin Kentlere Etkileri

İklim değişikliği	Kentsel alanlar üzerinde olası etki	5 yoksunluk ve gecekondu alanları üzerindeki olası etkileri
Ortalamalardaki değişiklikler		
Sıcaklık	Isıtma / soğutma için artan enerji talepleri	Hastalık, morbidite ve mortalite
	Hava kalitesinin kötüleşmesi	Sağlık ve yaşam beklentisi
	Kentsel ısı adaları tarafından artırılan sıcaklık	Suya erişim ve arındırma
Yağış	Sel riski artar	Yaşam beklentisi
	Heyelan riskinde artış	Suya erişim ve arındırma
	Kırsal alanlardan sıkıntı göçü	Yeterli yaşam alanına erişim
	Gıda tedarik ağlarında kesinti	Konutların dayanıklılığı
		Güvenli kullanım süresi
Deniz seviyesi yükselmesi	Kıyı seli	Konutların dayanıklılığı
	Tarım ve turizmden düşük gelir	Suya erişim ve arındırma
	Su kaynaklarının tuzlanması	Güvenli kullanım süresi
		Emek ve istihdam
Aşırı uçlardaki değişiklikler		
Aşırı yağış	Daha yoğun sel	Konutların dayanıklılığı
	Heyelan riski artar	Hastalık, morbidite ve mortalite
	Geçim kaynaklarının ve şehir ekonomilerinin bozulması	Yaşam beklentisi
	Evlerde ve işyerlerinde hasar	Yeterli yaşam alanına erişim
		Güvenli kullanım süresi
		Emek ve istihdam
Kuraklık	Su kıtlıkları	Suya erişim ve arındırma
	Daha yüksek gıda fiyatları	Güvenli kullanım süresi
	Hidroelektrikte bozulma	Hastalık, morbidite ve mortalite
	Kırsal alanlardan sıkıntı göçü	
Sıcak veya soğuk hava dalgaları	Isıtma / enerji taleplerinde kısa süreli artış /soğutma	Yaşam beklentisi
		Hastalık, morbidite ve mortalite
Ani iklim değişikliği	Deniz seviyesinin hızlı ve aşırı yükselmesinden kaynaklanan olası önemli etkiler	Suya erişim ve arındırma

İklim değişikliği	Kentsel alanlar üzerinde olası etki	5 yoksunluk ve gecekondu alanları üzerindeki olası etkileri
	Hızlı ve aşırı sıcaklık değişiminden olası önemli etkiler	Konutların dayanıklılığı
		Emek ve istihdam
Maruz kalma değişiklikleri		
Nüfus hareketleri	Stresli kırsal yaşam alanlarındaki hareketler	Güvenli kullanım süresi
		Yeterli yaşam alanına erişim
Biyolojik değişiklikler	Genişletilmiş vektör yaşam alanları	Suya erişim ve arındırma
		Hastalık, morbidite ve mortalite

Kaynak: (Revi vd 2014)

Not: 5 yoksunluk temiz suya erişim, sağlıklı ve temiz tuvalete erişim, dayanıklı konuta erişim, güvenli kullanım süresi, yeterli yaşam alanı tanımlamaktadır (UN-Habitat, 2003).

2.1. Kentsel Sıcaklıklar Üzerindeki Etkisi

Değişen kentsel sıcaklıklar, hem büyük ölçekli iklim değişiklikleri hem de devam eden kentleşme tarafından kontrol edilmektedir. Gelecekteki iklim kaynaklı felaketlerden kaçınmak için mevcut değişen iklimin ortalama 2 °C'lik küresel bir artışın çok altında tutulması gerektiği konusunda Paris Anlaşması ile küresel bir mutabakata varılmıştır. Kentsel sıcaklık küresel iklim değişimi ile ilgilidir, ancak genel olarak kentleşmenin başlıca sorunu olarak görülen kentsel ısı adası etkisi ile kenstsel sıcaklık artışı daha da belirginleşmektedir. Taha'ya (1997) göre kentsel ısı adası üzerinde doğrudan etkisi olan üç kentleşme parametresi vardır: (1) düşük albedo ve yüksek kabulü olan asfalt ve çatı malzemesi gibi artan koyu yüzeyler, (2) gölgeleme ve buharlaşmaya katkıda bulunan bitki örtüsü ile kaplı alanların ve çakıl veya toprak gibi geçirgen yüzeylerin azaltması ve (3) insan aktivitesi (arabalar, klima, vb.) yoluyla üretilen ısının salınması. Bu faktörler şehir genelinde eşit

olarak dağılmamıştır ve bu nedenle belirli alanlarda kentsel ısı adası daha yüksek bir düzeyde ortaya çıkmaktadır. Kentsel sıcaklık artışı, örneğin, yüksek derecede yerleşim alanı olan araziylerde ve az yeşil alana sahip alanlarda, yeşil bitki örtülü bahçelerin olduğu banliyölere göre daha yüksek olacaktır. Bu nedenle, kentsel ısı adası bir kentsel alandaki nüfusu farklı şekilkerde etkilemektedir (Emilsson T., Ode Sang A. 2017) .Kentsel iklimin, özellikle kentsel ısı adasının en büyük olduğu yüksek sıcaklık dönemlerinde gece boyunca, insanların yaşadığı ısı stresinin arttırması beklenmektedir. Çalışmalar, ısı ile ilgili bir uyum faktörü olduğunu ve sıcak hava dalgalarının daha az görüldüğü bölgelerde veya sıcak dönemin başladığı ancak sıcak hava dalgasının görülmediği mevsim başlarında sıcak hava dalgalarının daha olumsuz sonuçlara yol açtığını göstermektedir. Bu, daha önce tehlikeli derecede yüksek sıcaklığa sahip dönemler yaşamamış bölgelerrde yaşayan insanların, sıcaklıktaki artışla başa çıkmak için daha az adapte olduklarını göstermektedir. Yani yüksek sıcaklığın yaşandığı dönemin artması insanların sıcaklık konforunu azaltacaktır. Bu bölgelerde yüksek sıcaklık ve sıcak hava dalgalarına bağlı olarak sağlık sorunları yaşanacaktır (Emilsson T., Ode Sang A., 2017).

2.2. Kentsel Hidrolojiye Etkisi

Değişen bir iklim ile sel piklerin sıklığının artacağı tahmin edilmektedir. Tahminler, 2045 yılına kadar Avrupa içinde 100 yıllık bir geri dönüş süresi olan şiddetli sel piklerinin ortalama iki katına çıkacağını işaret etmektedir. Buna ek olarak, bu seller, deniz seviyesindeki bir artışla eşleşecek ve rüzgar fırtınası sıklığında tahmin edilen bir artışla kıyı taşkınlarına neden olacaktır. Çoğu taşkın yataklarında veya sahil boyunca yer alan kentsel alanlar üzerinde büyük bir etkisi olacaktır. Belirli bölgelerde iklim odaklı artan deniz seviyeleri de taşkın ovaları ve alçak kıyılarda daha sık su baskınlarının artmasına neden olacaktır (Emilsson T., Ode Sang A., 2017).

Değişen iklimin etkisi Avrupa'da farklılık gösterecek ve Kuzey Avrupa'nın, yağışlarda bir azalma yaşayacağı öngörülen Güney ve Orta Avrupa ülkelerine kıyasla daha fazla yıllık ortalama yağış alması bekleniyor. Birkaç model, kuraklık ile aralanmış

artan sağnaklarıyla toplam yaz yağışının azalacağını işaret etmektedir. Avrupa'da modellenen uağış değişiminin benzer bir modeli Türkiye'de de görülecektir. Türkiye'de yağışlarda; tüm dönemlerde kış mevsimi için ülke genelinde yağış miktarında artışlar, ilkbahar mevsiminde tüm dönemlerde ülkenin sahil ve kuzeydoğu kesimleri haricinde yağış miktarında azalışlar, yaz mevsiminde tüm dönemlerde ülkenin batı sahilleri ve kuzeydoğu bölümleri haricinde yağış miktarında azalışlar ve sonbahar mevsiminde genel olarak yağış miktarında bir azalma öngörülmektedir. Her ne kadar projeksiyon dönemi boyunca (2016-2099) yağış miktarında düzenli bir artış ve azalış eğilimi olmasa da, yağış rejiminin düzensizliği dikkat çekicidir (Demircan vd., 2017). Artan yüksek yağış olayları, mevcut kentsel drenaj sisteminin kapasitesini daha sık aşacağı ve ekonomik kayba, artan rahatsızlığa ve hatta can kaybına neden olacağı anlamına gelecektir. Artan kentsel sıcaklıklar, büyük ölçüde yağışla sınırlı olan buharlaşma - terleme üzerinde de güçlü bir etkiye sahip olacaktır. Bu nedenle, daha fazla yağış alan bölgelerde buharlaşma-terlemede artış olabilir, fakat aynı zamanda yağışların azaldığı alanlarda kuraklık sürelerinde artış olabilir (Emilsson T., Ode Sang A., 2017).

2.3. Kentsel Yaşam Alanları ve Biyoçeşitlilik Üzerindeki Dolaylı Etkileri

İklim değişikliği, habitat kalitesi ve kentsel biyoçeşitliliğin gelişimi için birçok önemli faktörü etkileyecektir. Sıcaklık, yağış, aşırı olaylar ve artmış CO_2 konsantrasyonlarında öngörülen değişiklik, mekansal veya zamansal yeniden yapılanmanın bir sonucu olarak tek türler (örneğin fizyoloji), popülasyon dinamikleri, tür dağılım modelleri, tür etkileşimleri ve ekosistem hizmetleri ile ilgili bir dizi faktörü etkileyecektir. Artan kentsel sıcaklıklar ve değişen yağış dinamikleri, büyüme mevsimi boyunca suyun mevcudiyetini sınırlandırarak ve besin dinamiklerini değiştirerek türlerin gelişimini etkileyecektir (Emilsson T., Ode Sang A., 2017).

Kentsel alanlar, birçok durumda, yabancı bitki materyali akışı, daha fazla besin açısından zengin sistemler, daha büyük bir habitat heterojenliği ve daha sürekli arazi kullanımı veya yönlendirilmiş yönetim nedeniyle doğal muadillerine göre daha yüksek bitki zenginliğine sahiptir. Kentsel iklimdeki bir değişiklikle birlikte, yabancı türlerin istilacılığında bir değişiklik olduğu kadar hastalık ve zararlıların yayılmasında da bir artış olması muhtemeldir (Emilsson T., Ode Sang A., 2017).

3. YEŞİL ALTYAPI VE DOĞA BAZLI ÇÖZÜMLERİ KULLANARAK İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE UYUM OLANAKLARI

Gerçek veya beklenen iklim değişikliği etkilerine uyum, toplumun savunmasızlığını azaltmak ve beklenen değişen iklime karşı dayanıklılık kapasitesini artırmak için alınabilecek bir dizi önlem veya eylemi içerir. İklim değişikliğini ele almak için olası uyum önlemleri, proaktif olarak planlanan veya yeni planlama yönetmelikleri, pazar talebi veya hatta sosyal baskı gibi sosyo politik itici güçlerin bir sonucu olarak birçok şekil alabilir ve çeşitli mekansal ve zamansal ölçeklerde etkili olabilir (Emilsson T., Ode Sang A., 2017).

3.1. Kentsel Yeşil Altyapı ve Doğa Bazlı Çözümler

Vejetasyon, kentsel iklimin kalkınma öncesi bir duruma yaklaşmasında gerçekten önemli bir rol oynayabilir. Kentsel yeşil altyapı ve doğa bazlı çözümler, planlamadan kaynaklanan bir kavramdır ve bu nedenle odak noktası, yeşil alanların ve bunların ilişkili ekosistem hizmetlerinin kentsel planlamada birden çok ölçekte entegre edilmesinin stratejik rolüdür. Avrupa Komisyonu ve Araştırma ve Yenilik Genel Müdürlüğü, doğa bazlı çözümleri, kaynaklardan verimli ve uyarlanabilir bir şekilde çeşitli toplumsal zorlukları ele almak ve eşzamanlı olarak ekonomik, sosyal ve çevresel faydalar sağlamak için tasarlanan, doğadan ilham alan, sürekli olarak desteklenen ve kullanan doğa çözümleri olarak tanımlamaktadır. Kentsel yeşil altyapı ile ekosistem tabanlı uyum ve ekosistem hizmetlerini içeren bir şemsiye terim olarak görülmesi önerilmektedir (Emilsson T., Ode Sang A., 2017).

3.2. Yeşil Veya Mavi Altyapı ve Doğa Bazlı Çözümler İle Kentsel Sıcaklığın Azaltılması

Kentsel sıcaklıklar, planlanan kentsel yeşil alan ağı aracılığıyla stratejik olarak ele alınabilir. Bu, uygun yüzeylerin seçimini, mekansal organizasyonunu ve yönetimini içerir.

Araştırmalar, kentsel parkların gündüzleri 1 °C aralığında bir soğutma etkisine sahip olduğunu, daha büyük parkların, ağaçların yanı sıra sistemlerin de daha büyük bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Yüzey tipi ayrıca mavi veya yeşil altyapının soğutma etkisini de etkileyecektir. Örneğin, yüzey suyu sıcaklıkları, sokaklardan ve çatılardan belirgin şekilde daha serin olan vejetatif alanlara göre daha düşüktür. Bu, bitkisel bir park sistemine kıyasla birim yüzey suyu başına daha büyük bir soğutma etkisi olduğu anlamına gelir. Bu etki günün saatine göre değişir, gündüz park ve su kütleleri arasında fark en büyüktür. Bu nedenle çeşitli çalışmalar, kentsel soğutma için alan kullanımını en üst düzeye çıkarmak için, şehire dağıtılmış daha küçük parklara alternatif bir yaklaşıma su kütlelerinin dahil edilmesine ve bu yüzeylerin şehir merkezlerine konsantre edilmesine daha fazla odaklanılması gerektiğini ortaya koymuştur. Kentsel bitki örtüsünün etkisinde, yaz aylarında erken ilkbahardan daha güçlü etkileri olan önemli bir mevsimsellik de vardır. Soğutmadaki bu geniş farklılıklar meydana gelmekle birlikte, mikroklimatik etkileri açıklayabilecek toprak sızdırmazlık seviyesi ve bitki örtüsü miktarına bağlı olarak da farklılıklar bulunmuştur (Emilsson T., Ode Sang A., 2017).

Vejetasyon sistemlerinin etkisi ve önemi, yapı ve yapı tipi gibi kentsel dokunun organizasyonuna da bağlıdır. Bitki örtüsü kullanımıyla sıcaklık düşürme potansiyelinin, bina yoğunluğunun fazla olduğu alanlarda hakim rüzgar yönüne ve günün zamanına bağlı olarak daha seyrek bina yoğunluğuna sahip alanlara kıyasla daha büyük olduğu gösterilmiştir (Emilsson T., Ode Sang A., 2017).

Kentsel ağaçların her biri, kentsel ısı adasının azaltılmasına katkıda bulunarak

kentsel sıcaklıklar üzerinde bir etkiye sahip olabilir. Ağaçların sıcaklığı düşürme etkisi, büyük yapraklı seyrek taçların daha yüksek soğutma kapasitesine sahip olduğu yaprak organizasyonu ve kanopi şekli gibi ağaç özelliklerine bağlıdır. Yeşil çatılar ve yeşil duvarlar gibi yeni bitki örtüsü sistemleri, kentsel alanların enerji dengesini değiştirmektedir. Bu sistemlerin doğrudan avantajı, mevcut mavi ve yeşil altyapıya bir tamamlayıcı olarak eklenebilmeleri ve normalde yeşil olmayan alanların kullanılmasını mümkün kılmalarıdır. Yeşil duvarların gerçekten sıcak ve kurak iklimlerde gün boyunca 10 °C'ye yakın duvar sıcaklıklarını ve sokak kanyonu sıcaklıklarını azalttığı gösterilmiştir. Bitki örtüsünün performansı, farklı soğutma kapasitesine ve farklı soğutma modlarına, yani evaporatif veya gölge soğutmaya sahip türlerin bileşimine ve ayrıca sulama ve topraktaki su seviyeleri gibi yönetim değişkenlerine bağlıdır (Emilsson T., Ode Sang A., 2017).

3.3. Değişen İklim Koşullarında Kentsel Vejetasyon Seçimi ve Yönetimi

Değişen bir iklimin mevcut bitki materyali üzerinde olumlu ve olumsuz etkilere sahip olacağını hatırlamak önemlidir, ancak birçok durumda artan stres ve dolayısıyla daha düşük hayatta kalma ve performans oranları yaşayacaktır. Doğru ağacın seçilmesi, sınırlı bakım gereksinimlerine sahip olmak ve habitat oluşturma ve estetik değerler sunmak gibi diğer ekosistem hizmetlerini yerine getirirken aynı zamanda yüksek sıcaklık verimliliği sağlamak için önemlidir. Mevcut bitki materyali seçimi ve ekim tasarımı, değişen bir iklime uyacak şekilde ayarlanmalıdır. Örneğin, 7,5 m ağaç mesafeleri, geçirgen kaldırım veya gölgelik uzantısına uzanan çıplak toprak ile birlikte ılımlı bir ekim tasarımı, iyi soğutma ve düşük su stresi elde edebilir. Değişen yağış desenleri uzun kuraklık dönemlerinde sulama ihtiyacını artırabilir. Kurakçıl ağaçlar, suyun sınırlı olduğu durumlarda kentsel sıcaklığı düşürmede ve kuraktan etkilenmemeye bağlı olarak daha yüksek performansa sahip olacak ve gölgeleme yoluyla kentsel soğutmaya katkıda bulunmaktadır. Ancak çok yıllık plantasyonlar ve bazı otlar gibi bitki örtüsü türleri ile aynı etkiye sahip değildir. (Emilsson T., Ode Sang A., 2017).

Stresli, sağlıksız veya azalan bitki örtüsü de ekosistem fonksiyonunun azalmasına neden olacaktır. Speak vd. (2013) yeşil çatıların yaklaşık 1 °C ile sistemin üzerindeki hava sıcaklığını düşürebileceğini göstermiştir. Bu etki, kentsel ısı adasının en güçlü olduğu zamana denk gelen geceleri % 50 artmıştır. Yaghoobian ve Srebric (2015), yeşil çatı performansının, yani yüzey sıcaklığının düşüşünün, bitki örtüsünün artmasıyla bağlantılı olduğunu gösteren benzer sonuçlara varmışlardır. Yüksek bitki örtüsü, yüksek albedo, gölgeleme ve bitki örtüsü buharlaşma nedeniyle güneş ışınımının azalmasını sağlayacaktır. Azalan bir bitki örtüsü sisteminde, albedo, özellikle koyu renkli bir zemin kullanılırsa ve yeşil çatının verimliliği sadece buharlaşmaya bağlıysa daha kötü olacaktır. Bu nedenle, bu doğa bazlı çözümlerin zaman içinde iyi bir bitki örtüsü sağlayacak şekilde tasarlanması, kurulum sırasında hedeflenen ekosistem hizmetlerini fiilen sunacak şekilde kurulması ve bakımı esastır. Bitki kompozisyonu ve türlerinin veya fonksiyonel çeşitliliğin, evapotranspirasyon seviyesini ve kentsel yağmur suyunun azalmasını etkileyebileceğine dair bazı kanıtlar da vardır. En yaygın etki türlerin bazıları yeşil çatılar üzerinde yüksek hayatta kalma oranlarına sahip olabilir ve genellikle toplam örtünün önemli bir bölümünü oluşturur, ancak su koruyucu fizyolojik uyumları nedeniyle, oldukça düşük buharlaşma- terleme oranlarına ve dolayısıyla daha düşük bir soğutma kapasitesine sahiptirler. Kuraklığa dayanıklı olduğu gibi nemli dönemlerde buharlaşma için su kullanım stratejilerini optimize eden doğal kuru alan habitatlarından bitkileri seçmek için bitki özelliklerini kullanmak, yeşil çatı soğutma kapasitesini optimize etmenin bir yolu olabilir (Emilsson T., Ode Sang A., 2017).

Bitki örtüsü, binaların enerji dengesini doğrudan değiştirmek için de kullanılabilir. Modelleme sonuçları, güneşlikler ve paneller gibi geleneksel güneş koruyucu malzemelere kıyasla, bitki örtüsüne yakın binalarda enerji kullanımında yüksek azalma ve düşük maksimum sıcaklıkları göstermektedir. Yeşil çatı vejetasyonundan çıkarılan maksimum sıcaklık azalmasının, panjur veya fiziksel gölgeleme panellerine kıyasla 20 °C'ye yakın olduğu gösterilmiştir. Modern binalarda, yalıtım genellikle daha kalındır, dış katmanın yüzey özelliklerini daha az önemli hale getirir. Bununla birlikte, yeşil çatılar ile güçlendirilen çatılar, zayıf yalıtımlı binalara monte edilirse ve daha kalın alt tabaka derinlikleri kullanılırsa kış enerji maliyeti üzerinde önemli

bir pozitif etkiye sahip olabilir (Emilsson T., Ode Sang A., 2017).

3.4. Yeşil Altyapı, Doğa Bazlı Çözümler ve Kentsel Hidroloji

Yeşil altyapı ve yeşil çatılar, yağmur bahçeleri ve biyodepolar gibi doğa bazlı çözümlerin, orta veya sık geri dönüş süreleri olan fırtına olaylarında yerel su baskını, ekonomik kayıp ve rahatsızlığı azalttığı görülmüştür. Yine de, bu küçük ölçekli yapıların nehir taşkınları, deniz taşkınları veya kentsel altyapı ve topluluklar için en büyük tehlikeyi oluşturan şiddetli sağanaklar gibi büyük ölçekli yağmur olayları üzerinde çok az etkisi olduğunu hatırlamak önemlidir. Bu nedenle, hem yerel çözümlerin kurulumuna hem de konut gelişmeleri için imar düzenlemelerinin geliştirilmesine ve entegre ve çok işlevli bir kentsel drenaj sistemi oluşturan daha güvenli proaktif olarak planlanan sel alanlarının planlanmasına odaklanan değişen yağış dinamiklerine uyum sağlamak için birden fazla mekansal ölçek üzerinde çalışmaya ihtiyaç vardır (Emilsson T., Ode Sang A., 2017).

Yeşil çatıların yıllık yağmur suyu akışı üzerinde ve aynı zamanda tepe akışları üzerinde büyük etkileri olduğu gösterilmiştir. İnce yeşil çatılar sınırlı depolama kapasitesine sahiptir, bu da bu sistemlerin çok uzun veya yoğun yağmur olaylarında verimliliği azalttığı anlamına gelir. Yeşil çatılar ve diğer bitkisel sistemler, geleneksel gübreler kullanılırsa veya biyolojik kömür gibi maddeler ilave edilmeden besin açısından zengin kompost içeriyorsa, akan suyun su kalitesini olumsuz etkileyebilir. Biyosdepolar, biyofiltreler veya yağmur yatakları veya diğer dikilmiş tutma yatakları, yer varsa yağmur suyunu işlemek için alternatif çözümlerdir. Yer tabanlı sistemler, çalı ve küçük ağaçların kullanımını basitleştiren çatılara kıyasla daha kalın yüzeylerle inşa edilebilir. İşlevsel olarak, bu sistemler aynı zamanda sızma ve buharlaşma terkibi potansiyeline de sahiptir (Emilsson T., Ode Sang A., 2017).

4. YEŞİL ALTYAPININ PLANLAMA VE TASARIM YÖNLERİ VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE UYUM İÇİN DOĞA BAZLI ÇÖZÜMLER

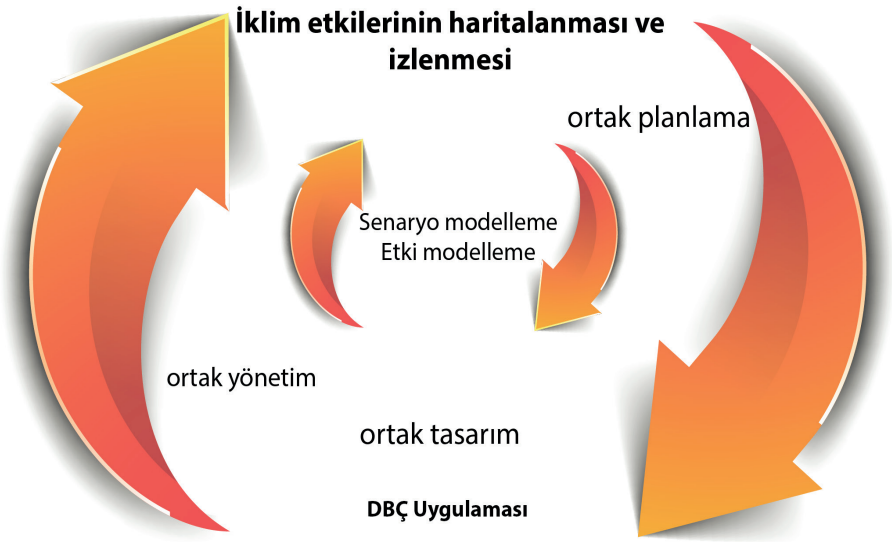
Kentsel yeşil altyapının piyasaya sürülmesi ve geliştirilmesi, hem "serin ada" etkisi sağlayarak hem de CO_2'nin bağlanmasıyla genel bir küresel iklim etkisine katkıda bulunarak mikro iklim için yerel bir etki sağlar.

İklim değişikliğine uyum için doğa bazlı çözümlerle nereye yatırım yapılacağı söz konusu olduğunda, kentsel morfolojinin karakterini ve nüfus detayları hakkındaki bilgileri dikkate alarak kentsel alana stratejik bir seviyede bakmak önemlidir. Aşağıdaki sorular, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini azaltmak için en maliyet etkin, en yüksek kazancı sağlamak ve çevre adaletini dikkate almak için önemlidir: (1) Kentsel ısı adası nerede en büyük etkiye sahiptir? (2) Korunmasız nüfus grupları nerede yaşıyor (örneğin yaşlılar ve yüksek nüfus yoğunluğu)? (3) Mevcut yeşil ve mavi altyapı eksikliği nerede? Burada, yeşil altyapı planları gibi stratejik belgeler, doğa bazlı çözümler ile stratejik düzeyde çalışmak için değerli bir araç sağlayabilir. Norton vd. (2015) kentsel alanlar arasındaki ilişkiyi dikkate alarak yüksek sıcaklığı azaltmak için doğa bazlı çözümlere (bu durumda yeşil açık alanlar, gölge ağaçları, yeşil çatılar ve dikey yeşillendirme sistemleri) nasıl öncelik verileceği ve stratejik olarak seçilebilmesi için hiyerarşik bir süreç kullanarak morfoloji, kentsel yeşil altyapı ve sıcaklık azaltımı arasında yeni bir yaklaşım sunmaktadır. (Emilsson T., Ode Sang A., 2017).

İklim değişikliğine uyum için doğa bazlı çözümlerin stratejik planlamasına ve tasarımına yardımcı olabilecek karmaşıklık ve doğruluk bakımından farklılık gösteren çok sayıda farklı modelleme tekniği mevcuttur. Bununla birlikte, çevresel adaleti sağlamak için, yerel nüfusun farklı birlikte planlama, birlikte tasarım ve

birlikte yönetim süreçlerine dahil edilmesi için güçlü çağrılar da vardır. Çevresel adalet, farklı çözümlerin uygulanabilirliğini sağlama ve saha uyumuna süreçler sağlama potansiyeline sahip olduğundan, doğa bazlı çözümler konseptinin temel bir bileşeni olarak tanımlanmaktadır. Senaryo ve etki modelleme tekniklerinin işbirliğine dayalı bir sürece dahil edilmesiyle, hem iklim açısından etkili hem de çevresel adaleti sağlayan doğa bazlı çözümlerin uygulanması mümkündür (Şekil 1).

Şekil 1: Doğa bazlı çözümlere modelleme tekniklerinin entegrasyonu ile ortak bir süreçte uygulama süreci



5. SONUÇ

Doğa bazlı çözümler, yaşanabilir ve sürdürülebilir olan gelecekteki kompakt bir şehre ulaşmada önemli bir role sahiptir. Farklı formlardaki vejetasyon, doğaya dayalı çözümler tipine ve kalitesine, iklim ve sosyo-ekolojik bağlamlara bağlı olarak iklim uyumuna çeşitli derecelerde katkıda bulunabilir. Modelleme tekniklerini işbirlikçi süreçlerle bütünleştirerek, iklim etkin ve çevresel adaleti sağlayan yeşil alan müdahalelerinin stratejik bir planlamasını sağlayabiliriz (Emilsson T., Ode Sang A., 2017).

Kentsel iklime uyum, dayanıklılığı artırabilir ve sürdürülebilir kalkınmayı sağlayabilir. Kent merkezlerinde eylem, başarılı küresel iklim değişikliği uyumu için çok önemlidir. Kentsel alanlar, dünya nüfusunun yarısından fazlasını ve yerleşik varlıklarının ve ekonomik faaliyetlerinin çoğunu barındırır. Ayrıca, iklim değişikliğinden en fazla risk altında olan nüfusun ve ekonomik faaliyetlerin yüksek bir bölümünü barındırırlar ve küresel sera gazı emisyonlarının yüksek bir oranı kentsel tabanlı faaliyetler ve sakinler tarafından üretilir.

Ortaya çıkan küresel iklim risklerinin çoğu kentsel alanlarda yoğunlaşmıştır. Düşük ve orta gelirli ülkelerdeki hızlı kentleşme ve büyük şehirlerin hızlı büyümesine, çoğu aşırı hava koşulları nedeniyle yüksek risk altında olan, gecekondularda yaşayan, oldukça savunmasız kentsel toplulukların hızlı büyümesi eşlik etmiştir.

Şehirler, işbirliğine dayalı çok düzeyli yönetişim tarafından desteklenen etkili şehir yönetimleri aracılığıyla iklim değişikliğine uyumu desteklemek için kullanılabilecek karmaşık birbirine bağımlı sistemlerden oluşur. Bu, altyapı yatırımı ve bakımı, arazi kullanım yönetimi, geçim kaynağı oluşturma ve ekosistem hizmetleri koruması ile sinerji oluşturabilir.

Azaltma ortak faydaları sağlayan kentsel uyum eylemi, iklim değişikliğini ele almak ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerini gerçekleştirmek için güçlü, kaynak açısından verimli bir araçtır.

Kentsel iklim değişikliği riskleri, kırılganlıkları ve etkileri, her büyüklükte, ekonomik koşulda ve saha özelliklerinde şehir merkezlerinde dünya çapında artmaktadır.

Kentsel iklim değişikliğiyle ilgili riskler artmaktadır ve yerel ve ulusal ekonomiler ve ekosistemler ve insanlar üzerinde yaygın olumsuz etkiler ortaya çıkmaktadır. Bu riskler, gecekondularda ve tehlikeli bölgelerde yaşayanlar veya temel altyapı ve hizmetlerden yoksun olanlar ya da uyum için yeterli imkanı olmayanlar için artmaktadır.

İklim değişikliğinin geniş bir altyapı sistemleri, hizmetler, inşaat sahaları ve ekosistem hizmetleri üzerinde derin etkileri olacaktır. Bunlar, bireysel ve hanehalkı refahına yönelik riskleri şiddetlendiren ve artıran diğer sosyal, ekonomik ve çevresel stres faktörleriyle etkileşim halindedir.

Şehirler ve şehir bölgeleri yerel mikro iklimlerini etkileyecek kadar yeterince yoğundur ve İklim değişikliği, bu koşullarla çeşitli şekillerde etkileşime girecek ve bunlardan bazıları iklim risk düzeyini artıracaktır.

Kentsel iklim uyum, hem artan hem de dönüştürücü kalkınma için fırsatlar sağlamaktadır. Kentsel uyum, etkili çok düzeyli kentsel risk yönetişimi, politikaların ve teşviklerin uyumlaştırılması, güçlendirilmiş yerel yönetim ve topluluk uyum kapasitesi, özel sektörle sinerji ve uygun finansman ve kurumsal kalkınma yoluyla dayanıklılık ve sürdürülebilir kalkınmaya yönelik kalkınma yörüngelerinde kademeli ve dönüştürücü ayarlamalar için fırsatlar sağlamaktadır.

Kentsel uyum, ekonomik avantajı artırabilir, işletmeler, haneler ve topluluklar üzerindeki riskleri azaltabilir. Merkezi bir risk azaltmaya odaklanan şehir tabanlı afet riski yönetimi, artan maruz kalma ve savunmasızlığı ele almak ve böylece uyum

sağlamak için güçlü bir temel oluşturur. Afet riski yönetiminin ve iklim değişikliğine uyumun daha yakın entegrasyonu ile birlikte hem yerel, ulusal ve uluslararası kalkınma politikalarının birleştirilmesi, her ölçekte fayda sağlayabilir.

Ekosistem temelli uyum, kentsel dayanıklılığa önemli bir katkı sağlar. Etkili kentsel gıda güvenliği ile ilgili uyum önlemleri (özellikle sosyal güvenlik ağları, aynı zamanda kentsel ve kentsel tarım, yerel pazarlar ve yeşil çatılar dahil) özellikle düşük gelirli kent sakinleri için iklim kırılganlığını azaltabilir.

Kaliteli, uygun fiyatlı, iyi konumlandırılmış konutlar, mevcut maruz kalma ve kaybı en aza indiren şehir çapında iklim değişikliğine uyum için güçlü bir temel sağlar. Stok uyumu oluşturma olasılıkları, mülk sahipleri ve kamu, özel ve sivil toplum kuruluşlarına aittir.

Temel hizmet açıklarını azaltmak ve dayanıklı altyapı sistemleri oluşturmak, özellikle bunlar için tehlikeye maruz kalma ve iklim değişikliğine karşı savunmasızlığı önemli ölçüde azaltabilir. Kentsel alanlardaki iklim değişikliğiyle ilişkili temel tehlikelerin çoğu için, risk seviyeleri şu andan (mevcut adaptasyonla) yakın vadeye kadar artmaktadır, ancak yüksek uyum bu risk seviyelerini önemli ölçüde azaltabilir. Uzun vadede, özellikle 4 °C'lik küresel ortalama sıcaklık artışı altında bunu yapmak daha az mümkündür.

Etkili kentsel adaptasyonun uygulanması mümkündür ve hızlandırılabilir. Kentsel yönetimler, başarılı kentsel iklim uyumunun merkezinde yer alır, çünkü çok fazla uyum yerel değerlendirmelere ve uyumu yerel yatırımlara, politikalara ve düzenleyici çerçevelere entegre etmeye bağlıdır.

Yerel yönetimlerde adaptasyon için insani ve kurumsal kapasite oluşturmak, artan ve dönüştürücü adaptasyon yolları üzerinde düşünme kapsamı dahil olmak üzere, uygulamayı hızlandırır ve kentsel uyum sonuçlarını iyileştirir. Daha üst düzey hükümetlerin, özel sektörün ve sivil toplumun koordineli desteği ve şehirler ve uygulayıcıların ağları aracılığıyla yatay öğrenme, kentsel uyuma fayda sağlar.

Yerel yönetimler içinde ve aynı zamanda tüm ölçeklerde liderlik, başarılı bir uyum sağlamak ve kentsel uyum gündemine yönelik geniş bir destek tabanı oluşturmak ve sürdürmek için önemlidir.

Siyasi çıkarları ele almak, iklim uyumu için kurumsal desteği harekete geçirmek ve en çok risk altında olanlara ses ve etki sağlamak önemli stratejik uyum endişeleridir.

Düşük gelirli grupların ve savunmasız toplulukların kapasitesini ve yerel yönetimlerle ortaklıklarını etkinleştirmek, etkili bir kentsel uyum stratejisi olabilir. Dünyanın dört bir yanındaki şehir merkezleri, uyumu uygulamak için kaynakları artırma ve tahsis etme konusunda ciddi kısıtlamalarla karşı karşıyadır. Çoğu düşük ve orta gelirli şehirlerde, altyapı eksikliği, yetkilerin eksikliği ve mali kaynakların ve insan kaynaklarının eksikliği, uyum eylemini ciddi şekilde kısıtlamaktadır. Küçük kent merkezleri, nispeten düşük ulusal ve uluslararası profillere sahip oldukları için, genellikle uyum yatırımları için ölçek ekonomilerinden ve yerel faaliyet kapasitelerinden yoksundur.

Uluslararası finans kuruluşları, kentsel alanlarda uyum için sınırlı mali destek sağlamaktadır. Farklı düzeylerdeki hükümet ve uluslararası kuruluşlardan kentsel uyumu finanse etmek için sınırlı mevcut taahhüt vardır.

Etkili bir uyum eylemi için yerel risk ve güvenlik açığı değerlendirmelerini ve mevcut ve gelecekteki risk ile uyarlama ve geliştirme seçeneklerini dikkate almak için bilgi ve verilere ihtiyaç vardır. İklim değişikliği tahminleriyle ilişkili belirsizlikle başa çıkmak ve bunları mevcut kırılganlıklara ve uyum maliyetlerine yönelik eylemlerle dengelemek, kentsel alanlarda uygulamaya yardımcı olmaya yardımcı olur (Revi et al., 2014).

KAYNAKÇA

- Emilsson T., Ode Sang A. (2017) Impacts of Climate Change on Urban Areas and Nature-Based Solutions for Adaptation In: Nature-based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas Linkages between Science, Policy and Practice Ed: Kabisch N., Korn H., Stadler J., Bonn A. Springer ISBN 978-3-319-53750-4 DOI 10.1007/978-3-319-56091-5
- Demircan M., Gürkan H., Eskioğlu O, Arabacı H. (2017), Mustafa Coşkun Climate Change Projections for Turkey: Three Models and Two Scenarios Turkısh Journal Of Water Scıence & Management 1:1, 22-43
- Norton BA, Coutts AM, Livesley SJ, Harris RJ, Hunter AM, Williams NSG (2015) Planning for cooler cities: a framework to prioritise green infrastructure to mitigate high temperatures in urban landscapes. Landsc Urban Plan 134:127–138
- Porio, E. (2014). Climate change vulnerability and adaptation in metro Manila: Challenging governance and human security needs of urban poor communities. Asian Journal of Social Science 42, 75–102.
- Revi, A., D.E. Satterthwaite, F. Aragón-Durand, J. Corfee-Morlot, R.B.R. Kiunsi, M. Pelling, D.C. Roberts, W. Solecki, (2014): Urban areas. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, .R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 535-612.
- Rosenzweig, c., Solecki, W., Romero-Lankao, P., Mehrotra, S., Dhakal, S., Ibrahim S.A. (2018) Climate Change and Cities, Second Assessment Report of the Urban Climate Change Research Network Urban Climate Change Research Network (UCCRN), Center for Climate Systems Research, The Earth Institute, Columbia University ISBN 978-1-316-60333-8

► Speak AF, Rothwell JJ, Lindley SJ, Smith CL (2013) Reduction of the urban cooling effects of an intensive green roof due to vegetation damage. Urban Clim 3:40–55

► Taha H (1997) Urban climates and heat islands: albedo, evapotranspiration, and anthropogenic heat. Energ Buildings 25(2):99–103

► UNDESA. (2013). World Economic Survey 2013: Sustainable development challenges. Accessed August 13, 2014: http://sustainabledevelopment .un.org/content/documents/2843WESS2013.pdf

► Yaghoobian N, Srebric J (2015) Influence of plant coverage on the total green roof energy balance and building energy consumption. Energ Buildings 103:1–13

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE ŞEHİR SELLERİ

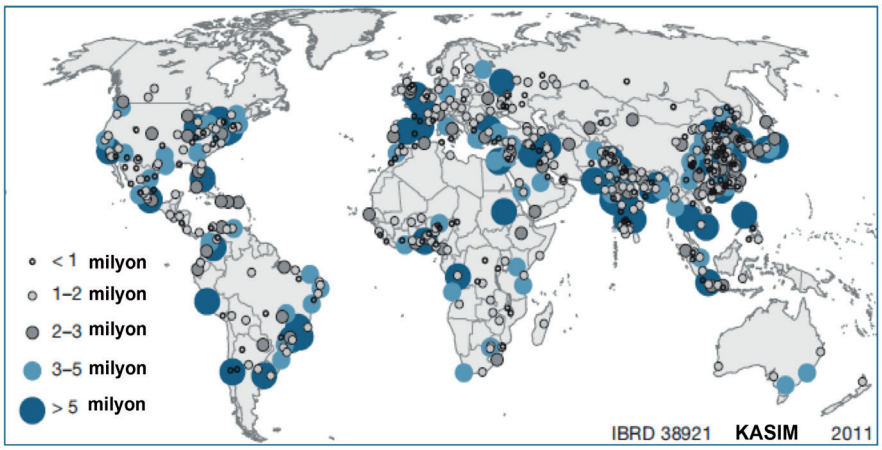
Prof. Dr. İhsan Çiçek

1.GİRİŞ

Taşkınların tüm doğal afetler arasında en sık meydana gelenidir. Özellikle son yirmi yılda, bildirilen olayların sayısı önemli ölçüde artmıştır. Şekil 1 bu eğilimi göstermektedir. Taşkınlara bağlı mali, ekonomik ve sigorta zararlarından etkilenen insan sayısı da sürekli olarak artmaktadır. Yalnızca 2010 yılında 178 milyon insan sellerden etkilenmiştir. 1998 ve 2010 gibi sel olaylarının fazla görüldüğü yıllardaki toplam kayıplar 40 milyar doları aşmıştır (Jha et al., 2012).

Sel, yaygın bir yıkıma, ekonomik zararlara ve insan hayatının kaybına neden olan küresel bir olaydır. 2010 Ağustos'unda Pakistan'daki Indus Nehri havzasında yıkıcı taşkınlar meydana gelmiştir. 2010 sonu ve 2011 başında Queensland, Avustralya, Güney Afrika, Sri Lanka ve Filipinler'de; Ocak 2011'de Brezilya'nın Serrana bölgesinde çamur kaymalarıyla birlikte; Mart 2011›de Japonya›nın kuzeydoğu kıyısında meydana gelen deprem kaynaklı tsunaminin ardından; 2011 ortalarında Mississippi Nehri boyunca; Ağustos 2011'de ABD Doğu Kıyısı'ndaki Irene Kasırgası'nın bir sonucu olarak; Eylül 2011'de Pakistan'ın güney Sindh eyaletinde; Ekim ve Kasım 2011'de Bangkok da dahil olmak üzere Tayland'ın geniş bölgelerinde taşkınların meydana gelmiştir. Bu durum sellerin sıklık ve yaygınlık olarak diğer afetler yanında öne çıkarmaktadır. Özellikle son yirmi yılda, bildirilen olayların sayısı önemli ölçüde artmaktadır. Taşkınlardan mali, ekonomik ve sigorta zararlarından etkilenen insan sayısı da artmıştır. Yalnızca 2010 yılında 178 milyon kişi sele bağlı olarak ortaya çıkan hastalıklardan etkilenmiştir.

Şekil 1: 750.000'den fazla nüfusu olan kentlerin dağılışı.



Kaynak: Cities and Flooding A Guide to Integrated Urban Flood Risk Management for the 21st Century, 2012

Kentleşme, dünyanın demografik büyümesinin bir göstergesidir. Bu süreç doğal risklerin artmasına ve daha çok insanın bu risklerden etkilenmesine sebep olmaktadır. 2008 yılında, insanlık tarihinde ilk kez dünya nüfusunun yarısı kentsel alanlarda yaşarken, bunun üçte ikisi düşük gelirli ve orta gelirli ülkelerde yaşamaktaydı. Kentleşme oranının 2030'da %60'a, 2050'de %70'e çıkacağı ve toplam 6,2 milyar insanın kentlerde yaşayacağı öngörülmektedir. Bu öngörülen rakam o dönemdeki tahmini kırsal nüfusun iki katına karşılık gelmektedir. Kentsel nüfus dünya nüfusunun daha büyük bir bölümünü temsil ettikçe, kentsel sellerin oranı diğer sellere göre oransal olarak artış gösterecektir. Bu nedenle kentsel seller, kentsel yerleşimlerde sellere maruz kalan nüfusun büyüklüğü nedeniyle daha tehlikeli ve daha maliyetli hale gelmektedir. 2030'a kadar kent sakinlerinin çoğu, kentsel altyapının yetersiz olduğu buna bağlı olarak kurumların sellerle başa çıkma kapasitesinin düşük olduğu bir milyondan az nüfusa sahip kasaba ve şehirlerde yaşayacaklardır.

Son 200 yılda, küresel nüfus yedi kat artmıştır. Dünya'da nüfus 1800 yılında 1 milyarken 2020 yılında 7,5 milyarın üzerine çıkmıştır. Aynı dönemde kentsel alanlarda yaşayanların oranı %3'ten %50'ye yükselmiştir. Kentlerde nüfusun artmasıyla birlikte peyzajda yoğun bir değişiklik yaşanmıştır. Atmosfer de dahil olmak üzere çevre sistemleri üzerindeki etkisi derindir ve bu etki bölgesel ve küresel sistemlere çok şiddetli bir şekilde aktarılmaktadır. Çevre üzerindeki kentsel etkiler, her şehirde daha fazla veya daha az ölçüde mevcuttur. Kentsel iklimlerde, kentsel büyümenin atmosferik süreçler üzerindeki etkisini ve bunun sonucunda farklı kentsel iklimlerin gelişmesini tanımlamak ve ölçmek çok önemlidir.

Kentsel iklimler, insan faaliyetlerinin atmosfer üzerindeki istenmeyen etkisinin sonucu oluşan iklim değişikliğinin temel bir örneğidir. Şehirler yerel, bölgesel ve hatta küresel ölçekte iklim ve atmosferik kompozisyon değişikliklerine katkıda bulunur. Buna karşılık şehirler, fırtına, sel, kuraklık, vb. gibi aşırı hava olaylarıyla başa çıkmaya çalışırken bir yandan da bu aşırı hava olaylarının şehirlerdeki altyapı, sağlık ve güvenlik üzerinde etkilerini en aza indirmeye çalışmaktadır. Bu tür istenmeyen ve en aza indirilmek istenen olayların karşılıklı etkileşimlerinin doğru anlaşılması, yararlı yönlerini en üst düzeye çıkarmak için doğru bir şekilde tanımlanması ve modellenmesi gerekir. Sonuçta, bu daha güvenli, daha sağlıklı, daha sürdürülebilir ve daha dayanıklı yerleşimler tasarlamak, yönetmek ve işletmek için gerekli temel bilimsel verileri sağlar.

2. KENTSEL GELİŞİMİN ÇEVRESEL ETKİLERİ

2.1. Kentsel Pedosfer ve Litosfer

Kentsel gelişim, peyzajın yüzey formunu (jeomorfoloji) değiştirebilir ve yerleşme alanının orijinal topraklarında değişime sebep olabilir. Buldozerler ve benzeri hafriyat ekipmanları, kentsel gelişimin duygusal sembolleridir ve tam da bu yüzden etkileri temel ve kalıcıdır. Zeminler, köprüler, evler vb. inşa etmek için zemini hazırlarken, tepeleri düzleştirmek, çukurları doldurmak, büyük açıklıkları kazmak, dere yataklarını doldurmak veya düzeltmek, üst tabakayı kaldırmak, yeniden düzenlemek ve sıkıştırmak vb. değişimler yaşanmaktadır. Bu tür faaliyetler, küçük ekosistemleri tamamen yok edebilir (Örneğin, bir gölet, bataklık veya dere yatağı moloz dökümü ve çöp ile yok edilebilir). Kente su sağlamak için yapılan bir barajın arkasında tüm vadiler su ile dolar ve arazi ıslahı ile tamamen yeni adalar veya sahiller oluşturulabilir. Bu değişiklikler, madencilik veya donmuş toprakların erimesi sonucu arazi çökmesine yol açılması veya bitki örtüsünün tahribatı sonucu toprak erozyonun hızlanması gibi olaylardan daha az rahatsız edici olabilir. Toprağın üst tabakasının bozulması toprağın doğal yapısını tahrip eder. Bu değişiklikler, kum, çakıl gibi yapıya eşlik eden kırıntılı malzemeler, üst topraklar ve malçlar gibi dışarıdan eklenen malzemeler orijinal toprak malzemelerine eklenir. Bu malzemeler aynı şekilde daha sonra rüzgâr ve su erozyonu ile taşınabilir. Bu süreçler kentsel toprakların bileşimini ve horizonlarını kökten değiştirir ve bu da kentsel bir ekosistemde toprağın verimliliğinde ve hidrolojisinde önemli değişikliklere neden olmaktadır (Oke et al., 2017).

2.2. Kentsel Hidrosfer

Arazi bozulmasının hidrolojik etkileri de derin olabilir. Arazi sık sık boşaltılır ve sulak alanlar, göletler ve göller doldurulur. Asfalt ve beton yollar, otoparklar ve binalar gibi geçirimsiz malzemeler inşa edildiğinde su rejimi büyük ölçüde

kesintiye uğrar. Böylece yüzeyi kısmen sızdırmaz hale getirir ve suyun toprağa sızmasını büyük ölçüde azaltır. Toprak tamamen sızdırmaz olmasa bile, arazideki değişiklikler hem yüzey hem de yeraltı drenajının desenlerini ve oranlarını bozar. Bu, daha derin katmanlara sızmayı azaltır ve yüzey akış hızını ve miktarını artırır. Daha derin katmanlardaki drenaj eksikliği, alttaki zemini etkiler ve yeraltı suyu depolanmasını azaltır. Artırılmış yüzey akışı, ani taşkınlarla zarar verme olasılığını arttırır. Ne yazık ki, suyun miktarı ve yönlendirilmesindeki tüm bu değişikliklere su kalitesinin bozulması da eşlik eder. Kentleşme sonucunda kentsel sularda artan bulanıklık, daha fazla kimyasal ve biyolojik kirletici yükleri ve artan su sıcaklığı gibi birçok olumsuz özellik eklenir (Oke et al., 2017).

2.3. Kentsel Biyosfer

Kentsel gelişim, bir araziye yerleşmeden önce tarım veya diğer faaliyetler için kullanılan arazilerde başlatılan açmalar sonucunda vejetasyon kaybını hızlandırır veya hatta tamamen ortadan kaldırır. Genellikle inşaat için uygun olmayan veya park alanı için özel olarak korunan alanlarda yamalar halinde kalanlar hariç orijinal yerli bitkiler ortadan kaldırılır veya egzotik bitki ve yabani ot türleriyle değiştirilir. Süreç, daha fazla tercih edilen kentsel bitki türleriyle (çim, çiçekli bitkiler ve çalılar, sebzeler, süs ağaçları, meyve ağaçları, gölge ve barınak ağaçları, vb.), yerli bitki örtüsünün kademeli olarak hızla kaybedilmesi ve yeniden dikiminin bir kombinasyonu şeklindedir. Şehirlerin biyofiziksel ortamı üzerindeki tüm bu etkiler, vahşi ve evcil memeliler, kuşlar, sürüngenler ve böceklerin ekolojisini etkilemektedir. Genel olarak, yaban hayatı doğal yaşam alanı ve gıda kaynakları (özellikle bitki örtüsü) bitki örtüsünün kaybı ve kirlilik nedeniyle tehdit altındadır.

Tabii ki bazı hayvan türleri kentsel yaşama uyum sağlayabilir ve hatta bazıları yeni yaşam alanı ve gıda takviyeleri (hamamböceği, martı, fare, tilki) bulmanın bir sonucu olarak gelişebilir (Oke et al., 2017).

2.4. Kentsel Atmosfer

Geniş perspektifte, atmosferi değiştiren iki kentsel özellik grubu bulunmaktadır. Bunlar yüzey özelliklerindeki değişikliklerle ilgili olanlar ve insan kaynaklı salımlardan kaynaklananlardır. İlki kentsel form, ikincisi kentsel işlevle ilişkilidir. Bu ayırım kent iklimini yaratan faktörlerin yararlı bir sınıflandırmasını sağlamanın yanı sıra, bu ikilik mimari ve şehir planlamasında temel bir prensiptir. Bu sınıflama iklimin kentsel tasarımdaki rolünü ve kentin atmosfer üzerindeki etkisini tartışmamıza yardımcı olur (Oke et al., 2017).

2.5. Kentsel Form Atmosferi Nasıl Etkiler

Bir şehrin alanı, çapı, şekli (yani, dairesel, radyal, doğrusal veya hücresel), manzarası ve çekirdeğinin merkezi, merkezi veya çok merkezli olup olmadığı, genel boyutları mekânsal formda kent ikliminde rol oynayabilir. Daha hassas ölçeklerde, herhangi bir kentsel alanın şekli atmosferi şu şekilde etkiler:

- **Yapı tarzı:** Binalar, yollar ve bitki örtüsü gibi kentsel unsurları oluşturan doğal ve inşaat malzemeler, bir yüzeyin radyasyon, termal ve nem özelliklerini ve dolayısıyla radyasyonu emme, yansıtma ve yayma, ısı ve suyu kabul etme, aktarma ve tutma yeteneklerini belirler.
- **Yüzey örtüsü:** Yüzey ara yüzünü, imar alanı, cadde ve sokaklar, bitki örtüsü, çıplak arazi, su örtüsü gibi farklı dokular oluşturur. Örtü parçaları özellikle ısının kentsel alanda farklılaşmasına neden olur. Örneğin, kuru bir kentsel yüzey güneşli bir günde çok ısınır, çünkü güneş enerjisini buharlaşma yoluyla bertaraf edemez. Bitki örtüsünün bulunduğu yamalar nispeten serin kalır, çünkü bitkiler ve toprak suyu buharlaştırmak için güneş enerjisi kullanır.
- **Kentsel yapı:** Kentsel öğelerin 3-D yapılandırması: binaların boyutları ve aralarındaki boşluklar, cadde genişlikleri ve cadde boşlukları bu kapsamdadır. Yapı iki ölçekte önemlidir. Albedo ve aerodinamik pürüzlülüğünün belirlenmesine yardımcı olduğu tüm şehrin ve radyasyon değişimi ve hava akışı kalıplarını kontrol ettiği bireysel binaların ve sokakların yapısıdır (Oke
- et al., 2017).

3. KENTSEL İŞLEV ATMOSFERİ NASIL ETKİLER

Kentleşme sonucunda kentsel ekosistemdeki başkalaşmış döngüler farklı zaman ölçeklerinde çalışır. En belirgin olanı trafik, evsel su kullanımı, alan ısıtma ve soğutma, endüstriyel aktivite ve benzeri sistemleri modüle eden iş günü ve haftalık çalışma günlerinin ritmidir. Birçok şehirde, karakteristik hafta içi-hafta sonu döngüleri ve insan faaliyetindeki mevsimsel değişiklikler de vardır. İnsan kaynaklı salımların, hepsi kentsel metabolizmanın atık yan ürünleri olarak düşünülebilecek su buharı, ısı ve sıvı, gaz veya partikül maddelerin vb kirleticilerin salınmasını içerir. Çok daha uzun süreler boyunca bina ve diğer altyapı inşaatları, dönüşüm, yıkım ve yeniden yapılanma dalgalanmaları vardır. Bu dinamikler, insan işgali, faaliyeti ve yerleşim yerlerindeki karar alma süreçlerinden kaynaklanmaktadır. İnsan kaynaklı salımların etkileri doğrudan veya dolaylıdır. Doğrudan etkiler, yakındaki havayı ısıtan evlerden veya otomobillerden kaynaklanan ısı kayıpları veya soğutma kulelerinden buhar enjeksiyonları sonucunda bulutlarda gerçekleşen yoğuşmalardır. Dolaylı etkiler, hava kirleticilerinin atmosferdeki radyasyon transferine müdahale ettiği veya etrafında bulut damlacıklarının büyüdüğü yoğuşma çekirdeği veya Dünya'nın radyasyon bütçesini değiştiren sera gazları oluşturduğu süreçleri içerir. İnsan kaynaklı salımlar, insanların iklim sisteminde her ölçekte aktör olduğu anlamına gelir. İnsan kararları sürekli olarak bu etkilerin mekansal ve zamansal yapısını etkiler. Örnekler arasında, iş günü ve haftanın planlanması, evde işe gidip gelme, bahçeyi sulama, klima kullanma, termostat ayarlama, araba kullanma veya toplu taşıma vb sayılabilir (Oke et al., 2017).

4. YÜZEY HİDROLOJİSİNİN TEMELLERİ VE SU DENGESİ

4.1. Hidrolojik Çevrim

Küresel hidrolojik döngü, Dünya-Atmosfer sisteminin bileşenleri aracılığıyla su, buz, sıvı su veya su buharı gibi bileşenleri sürekli olarak geri dönüştürmektedir. Döngü, nemli yüzeylerden suyun buharlaşması (örneğin bitki örtüsü, topraklar, göller, okyanuslar), dikey karışma, rüzgarla taşıma, bulut gibi yoğuşma ve nihai olarak yüzeye geri dönüş gibi meteorolojik süreçlerle küresel yüzey enerjisi dengesi tarafından desteklenmektedir. Çeşitli şekillerde (kar, yağmur, çiy, sis damlası) yağış olarak düşerek su rezervlerini (toprak nemi, yeraltı suyu, kar örtüsü, buzullar, göller, okyanuslar) yenilemektedir. Hidrolojik döngü, suyu sistemin bileşenleri arasında taşır. Atmosferdeki konveksiyon ve adveksiyon, buzullar, arazi üzerindeki yüzey akışları, nehirler ve okyanuslardaki akıtılar bu taşımlardan bazılarıdır.

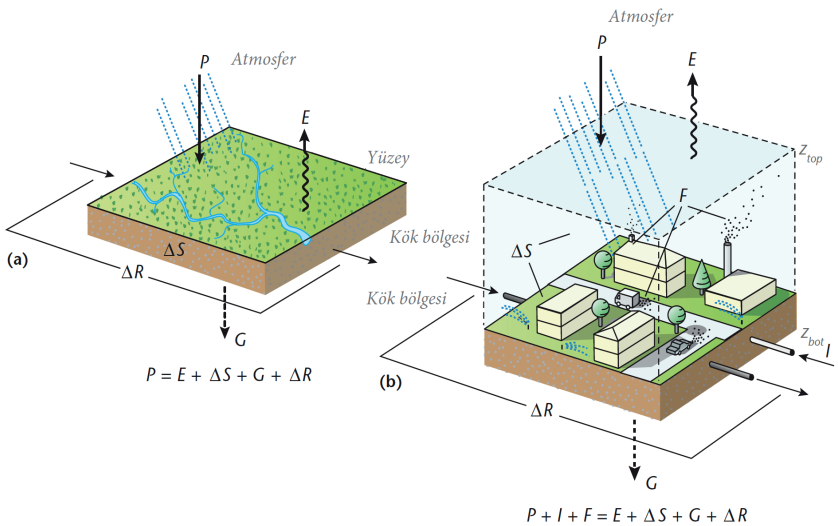
Peyzajın belirli bir kısmı için bir yüzey su dengesi, bir süre boyunca sistemden geçen veya yeraltında depolanan tüm suyu ifade etmektedir. Yüzey su dengesinin bileşenlerini değerlendirme ve tahmin etme yeteneği kentsel su yönetimi için şarttır. Atmosferdeki su katı (buz, kar vb.), sıvı (örneğin bulut damlacıkları, yağmur damlacıkları) ve gaz (su buharı) olarak bulunur. Su döngüsünün tam bir hesabı, sıcaklığa bağlı olan ve enerjinin alınmasını veya salınmasını içeren ve dolayısıyla yüzey enerji dengesine bağlı olan tüm fazları içerir. Atmosferik sınır tabakası için yüzey su dengesi, atmosfer neminin temel bir sınır koşuludur (Oke et al., 2017).

4.2. Yüzey Suyu Dengesi

Yüzey su dengesi, doğal bir havzanın sınırlarını belirlemenin en kolay yoldur. Havza sınırı düşen tüm yağışların, herhangi bir yüzey peyzajının (örn. bitki örtüsünün) tepesinden kalıcı olarak doymuş toprak veya kayaya kadar uzanan bir

derinlikle toplandığı peyzaj alanı olarak tanımlanır(Şekil 2a). Doğal peyzajdaki topografik düzensizlikleri, yerçekimi etkisiyle birlikte, havzaları tıpkı nehir ağlarını tanımladıkları gibi tanımlar (Şekil 2a'nın alansal kapsamı, bir nehir havzasının oluşturulmasındaki yükseklik farklılıklarının etkisini göstermek için yeterli topografik rölyef sağlayamaz) (Oke et al., 2017).

Şekil 2: (a) Doğal yüzey su dengesi ve (b) kentsel hidrolojik birimin eşdeğer yüzey su dengesi; Örneğin, bir şehir ve onun kök bölgesindeki hava ve toprak nemi miktarı



Kaynak: Urban Climates, 2017

Yere ulaşan çoğu yağış (P) toprağa sızar ve daha derin katmanlara süzülür. Bazıları bitki örtüsüyle durdurulur, burada bir kısım buharlaşmayla atmosfere geri dönmeden ve geri kalanı toprağa ulaşmadan önce kısa bir süre tutulur. Yüzeye yakın toprak doymamışsa, yüzeydeki su, oranı yerçekimi potansiyeli ve matris potansiyel olarak nitelenen iki kuvvet tarafından yönetilen sızma ile toprağa girer. Yerçekimi potansiyeli, toprak sütunundaki su üzerinde etkili olan yerçekiminden kaynaklanır ve en çok tahliyesi kolay olan büyük gözeneklerde tutulan su üzerinde etkilidir. Matris potansiyel, suyun yüzey gerilimi ile yapıştığı katı yüzeylere (örn. toprak parçacıkları, taşlar) çekilmesi nedeniyle ortaya çıkar. Sızan su, boşlukların su ile

doldurulduğu doymuş (freatik) zonun üzerinde yer alan doymamış (vados) zondan oluşan yeraltı suyu bölgesine doğru hareket eder. Su tablası, freatik tabakanın üst seviyesini tanımlamaktadır. Su tablası, genellikle topografik yapıyı takiben düzensizdir. Toprak suyunun herhangi bir yatay hareketinin hızı, su tablasının eğimi (gradyanı) ve tabakanın hidrolik iletkenliği tarafından yönetilir. Kompakt kilin iletkenliği sadece yaklaşık 0.0001 m gün^{-1} iken, ince kum için yaklaşık 3 m gün^{-1} ve kaba kum ve çakıl için 300 m gün^{-1} kadar olabilir. Bununla birlikte, 0.005'lik tipik bir su tablası eğimi göz önüne alındığında, bu bölgedeki yatay hareket çok yavaştır (Shanahan, 2009). Tabakaların, bazıları neredeyse geçirimsiz olan ve yeraltı suyunu sınırlamak ve böylece bir akifer oluşturmak üzere hareket eden birçok farklı tabaka içerebilir; yani su taşıyan geçirgen bir kaya bölgesinde bir kuyu açılarak yeraltı suyunun çıkarılabilir. Yeraltı suyu bölgesinin alansal yayılışı genellikle bireysel bir havzadan daha büyüktür, bu nedenle suyun çıkarılması yakın alanın dışında meydana gelen değişikliklere cevap verebilir (Welty, 2009).

Yüzey akışı (R), bir dizi dallanan kol tarafından beslenen bir akarsu kanalıyla havzadan çıkan, yüzeyden geçen sudur. R, aşağıdakiler dahil olmak üzere çeşitli kaynaklardan su içerir: P doğrudan kanallara giren suyu ifade etmektedir. P oranı infiltrasyon hızını aşarsa yüzey akışı; yamaçtan aşağı bir kanala doğru hareket eden, doymamış tabakadaki su ile su tablasının araziyle kesiştiği bir kanalda ortaya çıkan yeraltı suyunu yani kaynaktan gelen su ile ilişkilidir. Her kaynaktan gelen su, akıma ulaşmak için farklı bir yol (ve zaman) izlediğinden, herhangi bir zamanda akış farklı zaman ölçeklerinde toplanan suyun bir kombinasyonunu temsil eder. Kuru dönemlerde bir deredeki baz akış, uzun süreler boyunca yağış olayları ile depolanan yeraltı suyundan gelir. Yeraltı suyundaki seviye, yüzey akışının ihmal edilebilir olduğu kuru bir dönemde belirlenir. Kentsel alanlarda, taban akışı genellikle kırsal alanlardan daha düşüktür, çünkü yağış yüzey akışına yönlendirilir; sonuç olarak daha az su toprağa sızarak yeraltı suyunu besler. R, olayın büyüklüğü ve yoğunluğu, havzanın özelliklerine (toprağın derinliği, eğim, alttaki tabakalar vb.) ve önceden var olan koşullardan kaynaklanan kalıcı etkilere bağlı olarak yağışa geçici tepki gösterir. Kuru bir periyodun ardından P, tükenmiş depoları R için çok az yer bırakarak doldurabilir, ancak ıslak bir periyodun ardından rezervuarlar dolu olabilir, bu

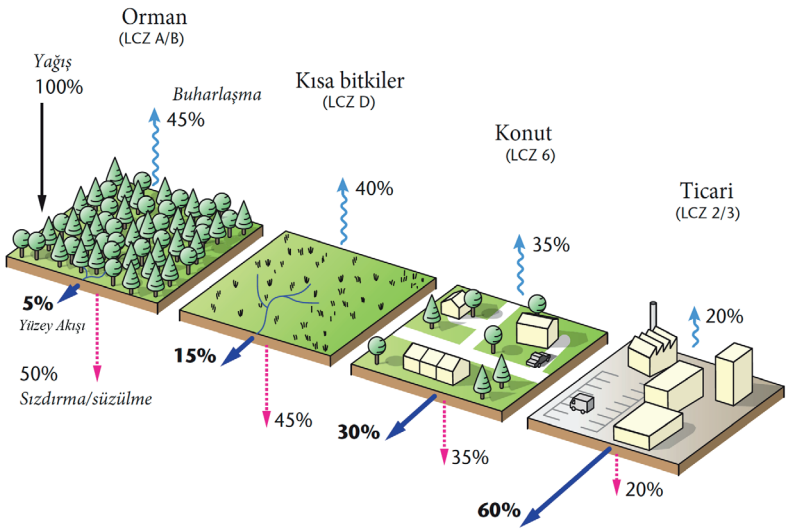
nedenle R, P'ye hızlı bir şekilde yanıt verir. Doğal bir havza için yüzey su dengesi;

Burada ΔS, toprak suyu, yeraltı suyu ve herhangi bir yüzey suyu deposunu (örn. göller, dereler, kar örtüsü, bitki örtüsü-intersepsiyon) dahil depolardaki değişikliktir. Bir yağış olayından sonra (veya ıslak mevsimde) pozitif, kuru dönemde ise negatiftir. Tam bir yüzey su dengesini ölçmek, genellikle yukarıdaki denklemde farklı koşullarının çalıştığı zaman ve mekân ölçekleri arasındaki uyumsuzluklar nedeniyle genellikle zordur. Örneğin, ΔS günler veya haftalar boyunca aktif olabilir. Analiz için zaman dilimi uzunsa (uzun yıllar) bir su toplama havzasındaki ıslatma ve kurutma işlemlerinin tamamını yakalamak mümkün olabilir, bu durumda ΔS sıfıra yaklaşır. Buna karşılık P, dönemsel olarak, genellikle saatler ya da günler boyunca aralıklı olarak meydana gelir, belki de hiçbir girdi olmadan bir ay ya da daha uzun bir süre aktif olabilir. Buharlaşma (E), enerjinin mevcudiyeti ve saniyeler kadar kısa sürede konveksiyon verimi ve saat içinde bitki terlemesi ile yarı sürekli bir süreçtir. Bu uyumsuzluklara ek olarak, tek bir fırtına sırasında bile yağmur ve kar yağışı alınması uzamsal olarak çok düzensiz olabilir (Oke et al., 2017).

4.3. Yüzey akışı

Şekil 3, dört ekosistemin P'nin bölünmesine nasıl yol açabileceğini göstermektedir. Bu dört ekosistem birlikte bir peyzajın kırsal alanlardan kentsel kullanımlara tipik bir geçişini ve sonuç olarak akış üzerindeki etkisini göstermektedir. Orman ve mera ve çalılık bitki ortamları P'yi oldukça etkili bir şekilde durdurur ve su depolanır. Orta vadede bu, E için toprakta su kaldığı anlamına gelir. Genel olarak, bu suyun akışını yavaşlatır ve nispeten daha az yüzey akışı (R) üretir. Kentsel örtü tipleri ise daha az geçirgendir, bu nedenle su kolayca itilir ve bu da akışı arttırır (Oke et al., 2017).

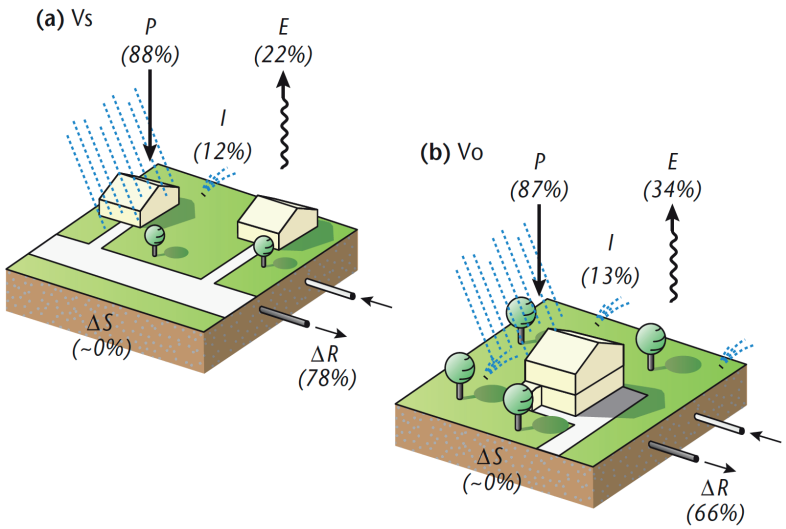
Şekil 3: Arazi örtüsünün buharlaşma, sızma ve akış arasındaki yağışların (% 100) bölünmesi üzerindeki etkisinin genel olarak yaklaşık bir yıl boyunca kök bölgesindeki depolama değişikliği göz ardı edilebilir



Kaynak: Urban Climates, 2017

Şekil 4'deki sonuçlar bu deseni izler. Örneğin Vancouver'da aynı alanda farklı yapı dokusuna (tek katlı iki bina Vo ve çift katlı tek bina Vs) sahip yerlerde daha büyük geçirimsiz yüzeyde yaklaşık %12 daha fazla akışı oluşur, ancak bu alana %12 daha az buharlaşmaya gerçekleşir. Kentsel kalkınma ile birlikte R'nin (yüzey akışının) büyüklüğü arttıkça, R/E oranı da artmaktadır. Kritik kontrol, hem kaldırım ve asfaltı hem de binaları içeren toplam geçirimsiz yüzey örtüsü fraksiyonudur. Şekil 4'de R/E yaklaşık 1,9'dan 3,5'e yükselir. Arazi örtüsüne ek olarak, nehir/kanalizasyon şebekesinin bağlanabilirliği ve P'nin üzerinde (örn. I, F) üstündeki ek su kaynaklarının varlığı, R üzerinde kontrol uygulamaktadır. Örneğin, nehirler yönlendirildi mi veya kanalizasyonlar oluşturmak için yeniden yönlendirilip, yeni ağ bağlantıları mı yoksa kanallar mı oluşturulmuştur. Kanalizasyonlar yükseltildi mi, böylece sızıntı ve yeraltı suyu akışı değişti mi? Kanalizasyon sistemi birleştirilmiş veya ayrılmış mı?

Şekil 4: 2009 yılında Vancouver, Kanada'daki iki yerleşim bölgesinin banliyösünde ölçülen girdilere (P ve I) sahip Yüzeysel Kentsel Enerji ve Su Dengesi Programı- yüzey su dengesi modeli kullanılarak hesaplanmıştır. Yüzdeler toplam su girdisine göredir (P +I). (P: Yağış (mm) I: Birim yatay alan başına borulu su temini (kg m^{-2} s^{-1}), E: Buharlaşma veya buharlaşma + terleme (kg m^{-2} s^{-1}), ΔR: Net yüzey akışı (mm), ΔS Net su değişimi (kg m^{-2} s^{-1})



Kaynak: Urban Climates, 2017

4.4. Kentsel Sistemlerde Boşalma Eğrileri

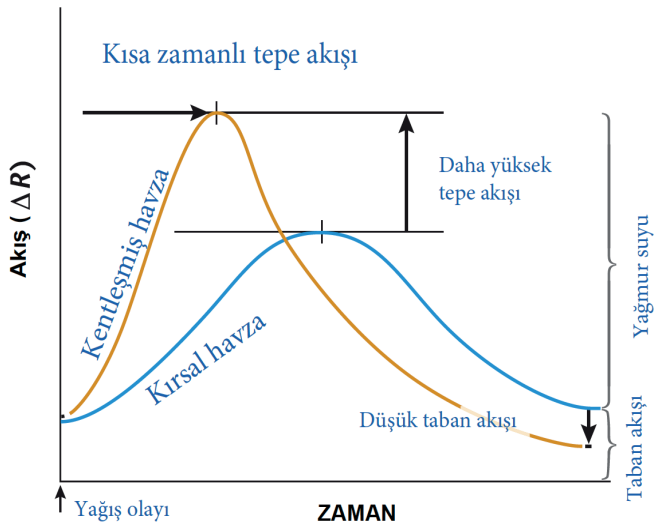
Kentsel gelişimin akarsu üzerinde 3 ana etkisi vardır (Şekil 5):

- Bir fırtına olayının ardından çok daha fazla yüksek hacimli akış oluşur.
- Oluklarda, kanalizasyonlarda, menfezlerde, akarsularda ve nehirlerde su girişi görülmeden önce geçen süre kısalır. Yani yüzey akışının ana akarsuya ulaşımı çok az zaman alır.
- Alt tabakaya daha az su sızdığı için taban suyu akışı genellikle daha düşüktür.

Akım eğrisinin hem yükselen hem de azalan uzuvları kentsel gelişimden sonra önceki akım eğrilerine göre daha diktir (Şekil 5). Bunun nedeni, akışın şehirlerde (ör. Çatılar, yollar ve asfalt alanlar) bulunan geçirimsiz ve nispeten pürüzsüz yüzeyler

üzerinde doğal topraklardan ve bitki örtüsünün içinden ve arasından geçenlerden daha hızlı olmasıdır. Hem hacim olarak daha hızlı hem de daha hızlı akan akış, daha güçlüdür ve sel olasılığını arttırır (Oke et al., 2017).

Şekil 5: Bir fırtına olayı nedeniyle büyük bir yağmur suyu girişi (P) ile başlayan, akıntı deşarjı (R, sol eksen) ve zaman arasındaki ilişkiyi gösteren tipik fırtına hidrografı. Bir eğri, kırsal bir havzadan, diğeri kentsel gelişmeden sonraki tipik akıştır



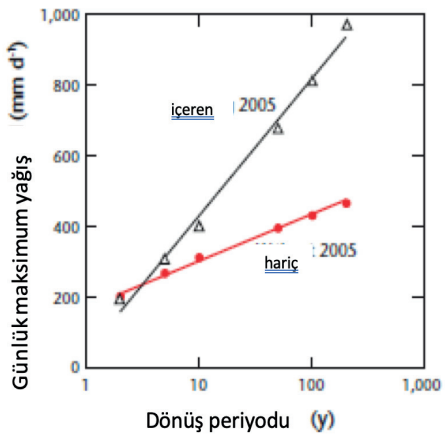
Kaynak: Urban Climates, 2017

4.5. Taşkınlar

Şehirlerde sel, yoğun ve/veya uzun süreli yağış olayları (pluvial), kanal kapasitesini aşan nehir deşarjı (fluvial) ve deniz seviyesinin yükselmesi (kıyı) nedeniyle meydana gelebilir. Birleşik Krallık, Londra, birçok kentsel alanın gelişimi ve burada meydana gelen taşkınların kayıt edildiği mükemmel envantere sahiptir. Hem akarsu olayları hem de gelgit dalgalanmalarının bir sonucu olarak sel oluşan Thames Nehri'nin taşkın yatağında gelişmektedir. Bireysel olaylara yanıt olarak zaman içinde bir dizi sel savunması gerçekleşmiştir. 1953 yılında Kuzey Denizi'ndeki büyük bir fırtınanın neden olduğu olağanüstü bir gelgit dalgalanması olayından sonra bir sel yönetim sistemi devreye alındı. Bu sistemin merkezi, su seviyelerini yönetmek için açılabilen

veya kapatılabilen bir dizi kapı olan Thames Bariyeri'dir. Diğer engeller ve 337 km duvarlar ve toprak setler ile uyumlu olarak, bu savunmalar 1,25 milyon insanın yaşadığı ve çalıştığı bir taşkın yatağını korumaktadır. Tasarım standardı herhangi bir yılda % 0,1 su baskını olaşılığı ile inşa edilmiştir. 8 mm $yıl^{-1}$ lık deniz seviyesinde bir yükselişe göre tahmini ömrü 50 yıldır. Bu taşkın riski ve deniz seviyesi yükselme miktarına göre su basacak arazi üzerinde kentsel gelişmeye izin vermiştir (Lavery and Donovan, 2005).

Şekil 6: Santa Cruz Havalimanı, Mumbai, Hindistan'da, Temmuz 2005'teki 24:00 saatlik aşırı yağış olayının tekrarlama tahminlerine dahil edilmesinin etkisini gösteren yağış olaylarının tekrarlama süreleri



Kaynak: Flood Risks, Climate Change Impacts and Adaptation Benefits in Mumbai, 2010

Kentsel yağmur suyu sistemlerinin tasarım kapasitesi, yüz yıllık yağmur fırtınası gibi beklenebilecek olaylarla başa çıkmak zorundadır. Şekil 6, 18 milyonu aşkın bir şehir olan Hindistan'ın Mumbai kentinde değişen yoğunluklardaki yağış olayları için tekrarlama sürelerinin bir grafiğini göstermektedir. Yörenin makroklimaası musondur ve yıllık 2.000 mm'den fazla yağış yaz aylarında yoğunlaşır. Sadece temmuz ayında, genellikle yoğun yağmur fırtınası şeklinde ortalama 680 mm'den fazla düşmektedir. Ancak, tek bir olay bu tasarım eğrilerinin dayandığı istatistikleri değiştirebilir. 26-27 Temmuz 2005'te 24 saatlik bir süre boyunca kentin üzerinde yoğun bir yağmur fırtınası oluştu. Yakındaki havaalanındaki meteoroloji istasyonunda 24 saat içinde 944 mm kaydedilmiştir. Sonuçta 400'den fazla ölü, 175.000 ev ve 40.000 ticari binaya

zarar veren ve daha sonra haftalarca şehrin işleyişini bozan yaygın bir sel oluşmuştur. Bu olayın tarihsel kayda dahil edilmesi, maksimum 24 saatlik yağış düşme sıklığı eğrisinin yeniden hesaplanmasına ve 100 yılda bir düşecek yağış miktarının 400 mm civarından 1000 mm yağışa çıkmasına neden olmuştur (Hallegatte et al., 2010).

4.6. Su baskını

Şehirleri etkileyen üç tip sel vardır: kıyı (deniz seviyesinin yükselmesi veya fırtına dalgaları nedeniyle); akarsu (nehir) ve akarsu (yağış). Birincisi için sadece doğrudan bariyerler kullanılarak koruma önlemleri ele alınabilir. Bunlar su basması muhtemel kıyı alanlarına inşa edilmemelidir (veya çekilmemelidir). Şehirlerde, bu alanlar, yerleşim ve sahil arasında bir tampon bölge sağlamak için rekreasyon amaçla boş bırakılmış alanlar olmalıdır. Binanın inşa edildiği alanlarda mimari bir önlem olarak binaları yükseltmek, böylece zemin katları olası taşkın su seviyesinin üzerinde olacak ve/veya binaların zemin katını araba parkı gibi kullanımlara dönüştürecek önlemler alınmalıdır.

Pluvial ve fluvial sel üzerindeki kentsel etkiler birbiriyle ilişkilidir, çünkü her ikisi de suyun yüzeyde birikmesine neden olan veya çok hızlı bir şekilde kanalın drenaj kapasitesine zarar veren su geçirmez yüzey kaplaması ile güçlendirilmiştir.

Güvenlik açığını azaltmanın bir yolu, boruların ve kanalların boyutunu büyüterek drenaj altyapısının yoğun yağış olaylarıyla başa çıkma kapasitesini arttırmaktır. Başka bir yaklaşım, nehir kanalları çevresinde uygun tampon bölgeler sağlayarak su basması muhtemel alanlarda koruma bantları oluşturarak, bina yapımından kaçınmaktır. Doğal olarak, bu önlemleri başlangıçta almak en kolayıdır, çünkü çevresinde yoğun binaların inşa edildiği nehir bölgelerinde taşkın önlemlerine uygun geri dönüşüm yüksek maliyetli çok önemli bir müdahale gerektirmektedir.

Bununla birlikte, önemli miktarda ağırlığı nedeniyle çatılarda önemli miktarda su depolamak genellikle mümkün değildir. Bu özellikle büyük, alçak katlı mahalleler

için geçerlidir (örneğin depolar). Bu gibi yerlerde, artan depolama kapasitesi ve zemin seviyesinde geçirgenlik, R/P'yi azaltmanın tek yoludur. Bununla birlikte, bir şehrin toplam geçirimsiz fraksiyonunun (bina planının alana bölümü + geçirimsiz yüzey planı alanı bölümü) en aza indirilmesi aynı zamanda geniş düşük yoğunluklu mahallelerin kapladığı alanı azaltma anlamına gelir. Stone (2004), Amerika Birleşik Devletleri'ndeki farklı yoğunluklardaki banliyö gelişmelerini incelemiş ve daha büyük arsalardaki evlerin yol ağından en uzağa yerleştirildiğini ve toplam geçirimsiz kaplamayı arttıran uzun yollara ihtiyaç duyduğunu bulmuştur. Geçirimsiz örtüyü kontrol etmek için etkili bir araç olarak sadece bina alanlarının boyutunu sınırlamak önerilmiştir (Oke et al., 2017).

gençcell
dumazlar

6. SONUÇ

6.1. Her bir risk senaryosu farklıdır: Taşkın yönetimi planı yoktur

Taşkınların türü, kaynağı ve olasılığını, maruz kalan varlıkları ve kırılganlıklarını anlamak, uygun kentsel yük riski yönetimi önlemleri belirlenecekse önemlidir. Tedbirlerin içeriğe ve koşullara uygunluğu çok önemlidir. Yanlış yerde bir sel engeli, yağmurun nehre akmasını engelleyerek veya suyu aşağı yönde daha savunmasız alanlara iterek selleri daha da kötüleştirebilir. Bu nedenle taşkın erken uyarı sistemleri azaltma üzerinde sınırlı etkiye sahip olabilir.

6.2. Taşkın yönetimi için tasarımlar, değişen ve belirsiz bir gelecekle başa çıkabilmelidir

Kentleşmenin saha yönetimi üzerindeki etkisi şu anda önemlidir ve olmaya devam edecektir. Fakat bu tamamen geleceğe yönelik olarak öngörülebilir olmayacaktır. Buna ek olarak, günümüzde ve uzun vadede, en iyi hava modelleri ve iklim tahminleri bile büyük bir belirsizlik ölçümü ile sonuçlanmaktadır. Bunun nedeni, gelecekteki iklimin, insanların iklim üzerindeki öngörülemeyen eylemlerine bağlı olması ve iklimin daha önce hiç görülmemiş senaryolara yaklaşmasıdır. Bu nedenle sel riskine karşı yöneticilerin, iklim değişikliği koşulları altında belirsizliğe ve farklı su basma senaryolarına karşı dayanıklı önlemleri dikkate alması gerekmektedir.

6.3. Hızlı kentleşme, mevcut risk yönetiminin düzenli kentsel planlama ve yönetişimine bütünleşmiş edilmesini gerektirir

Arazi risk yönetimini bütünleştiren kentsel planlama ve yönetim, arazi kullanımı, barınak, altyapı ve hizmetleri içeren temel bir gereksinimdir. Kentsel alanların hızla genişlemesi, başlangıçta bütünleşmiş taşıt yönetimini de içeren yeni yerleşimlerin geliştirilmesi için bir fırsat sunmaktadır. Taşınmaz yönetim varlıklarının yeterli

işletme ve bakımı da bir kentsel yönetim sorunudur.

6.4. Bütünleşmiş bir strateji, "dengeyi doğru yapmak" için hem yapısal hem de yapısal olmayan önlemlerin ve iyi ölçümlerin kullanılmasını gerektirir

İki tür önlemin birbirinden farklı olduğu düşünülmemelidir. Aksine, birbirini tamamlarlar. Her önlem taşkın riskinin azaltılmasına katkıda bulunur, ancak en etkili stratejiler genellikle her iki türde de olabilecek birkaç önlemi birleştirir. Şimdi ve gelecekte istenen hedefleri en iyi karşılayanları seçmek için riski azaltmanın farklı yollarını belirlemek önemlidir.

6.5. Ağır mühendislik yapıları riskleri yukarı ve aşağı yönde transfer edebilir

İyi tasarlanmış yapısal önlemler uygun şekilde kullanıldığında oldukça etkili olabilir. Bununla birlikte, bir bölgede taşkın riskini karakteristik olarak azaltırken, bir başka bölgede artar. Kentsel sel yöneticileri, bu tür önlemlerin daha geniş toplama alanının çıkarları arasında olup olmadığını değerlendirmek zorundadır.

6.6. Taşma riskini tamamen ortadan kaldırmak imkânsızdır

Sert mühendislik önlemleri, önceden belirlenmiş bir seviyeyi savunmak için tasarlanmıştır. Başarısız olabilirler. Diğer yapısal olmayan önlemler genellikle riski önlemek yerine en aza indirecek şekilde tasarlanmıştır. Her zaman planlanması gereken artık bir risk olacaktır. Önlemler, başarısız olursa, önlem olmadan meydana gelenden daha fazla hasara neden olmak yerine, daha az zarara verecek şekilde tasarlanmalıdır.

6.7. Birçok saha yönetimi önleminin birden fazla faydası vardır

Taşkın yönetimi, kentsel tasarım, planlama ve yönetim ile iklim değişikliği girişimleri arasındaki bağlantılar faydalıdır. Örneğin, kentsel alanların yeşillenmesi başlıca değere sahiptir, biyolojik çeşitliliği arttırır, şehir ısı adasına karşı korur ve kentsel gıda üretimi ve tahliye alanı sağlayabilir. İyileştirilmiş atık yönetimi, drenaj sistemi kapasitesini korumanın ve taşma riskini azaltmanın yanı sıra sağlık açısından önemli yararlara da sahiptir.

6.8. İşletme yönetimi harcamalarının daha geniş sosyal ve ekolojik sonuçlarını dikkate almak önemlidir

Maliyetler ve faydalar tamamen ekonomik anlamda tanımlanabilirken, kararlar nadiren yalnızca ekonomiye dayanır. Toplumsal uyum kaybı ve biyolojik çeşitlilik gibi bazı sosyal ve ekolojik sonuçlar ekonomik açıdan kolayca ölçülemez. Dolayısıyla, bu daha geniş konularda şehir yöneticileri, risk altındaki topluluklar, şehir planlamacıları ve sel riski uzmanları tarafından nitel yargılamalar yapılmalıdır.

6.9. Taşkın riski programlarının oluşturulması ve çalıştırılmasında sorumluluğun netliği önemlidir

Bütünleşmiş kentsel sel riski yönetimi genellikle ulusal, bölgesel, belediye ve toplum düzeylerinde karar verme dinamikleri ve farklı teşvikler arasında yer alır ve bunlar arasında yer alabilir. Sel sorununun ilgili kurumlar ve bireyler tarafından güçlendirilmesi ve karşılıklı mülkiyeti, riski azaltmak için olumlu eylemlere yol açacaktır.

6.10. Sel riski yönetimi önlemlerinin uygulanması, çok paydaşlı işbirliği gerektirir

Her aşamada risk altında olan kişilerle etkin katılım, kilit bir başarı faktörüdür. Katılım, uyumluluğu artırır, kapasite artırır ve çatışmayı azaltır. Bunun, ulusal ve yerel yönetimlerin güçlü, kararlı liderliği ve taahhüdü ile birleştirilmesi gerekmektedir.

6.11. Farkındalığı artırmak ve hazırlıklılığı güçlendirmek için sürekli iletişim gereklidir

Sürekli iletişim insanların sel riskini unutma eğilimini ortadan kaldırır. Büyük bir felaket bile iki nesilden daha az bir yarı ömre sahiptir ve diğer daha acil tehditler genellikle daha önemli görünür. Üç yıldan az bir sürede daha az ciddi olaylar unutulabilir.

6.12. Taşkın sonrasında hızlı bir şekilde toparlanmayı planlayın ve toparlanma kapasitesini artırmak için kullanın

Sel olayları, en iyi sel riski yönetimi uygulamalarına rağmen toplulukları tahrip etmeye devam edeceğinden, hızlı bir iyileşme planlamak önemlidir. Bu, doğru insan ve finansal kaynakların mevcut olmasını planlamayı da içerir. En iyi kurtarma planları, ileride sellere daha iyi dayanabilecek kapasiteye sahip, daha güvenli ve daha güçlü topluluklar inşa etmek için yeniden yapılanma fırsatını kullanmaktadır (Jha et al., 2012).

KAYNAKÇA

► Hallegatte. S., Ranger, N., Bhattacharya, S., Bachu, M.,Priya, S.,Dhore, K., Rafique, F., Mathur, P., Naville, N., Henriet, F., Patwardhan, A., Narayanan, K., Ghosh, S., Karmakar, S., Patnaik, U., Abhayankar A., Pohit, S., Corfee-Morlot, J., Herweijer., C., (2010) Flood Risks, Climate Change Impacts and Adaptation Benefits in Mumbai: An Initial Assessment of Socio-Economic Consequences of Present and Climate Change Induced Flood Risks and of Possible Adaptation Options, OECD References 493 Environment Working Papers, No. 27, OECD Publishing.

► Jha, A.K., Bloch. R., Lamond, J. (2012) Cities and Flooding A Guide to Integrated Urban Flood Risk Management for the 21st Century Office of the Publisher, The World Bank, ISBN (paper): 978-0-8213-8866-2, ISBN (electronic): 978-0-8213-9477-9, DOI: 10.1596/978-0-8213-8866-2, Washington

► Lavery, S., Donovan, B.,(2005) Flood risk management in the Thames Estuary looking ahead 100 years. Philosophical Transactions of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 363, 1455–1474.

► Oke, T.R., Mills, G, Christen, A., Voogt, J., (2017) Urban Climates Cambridge, Cambridge University Press, ISBN 9780521849500

► Shanahan, P., (2009) Groundwater in the urban environment. In: The Water Environment of Cities, Baker, L.A. (ed.), Springer Science+Business Media, 29–48.

► Welty, C., (2009) The urban water budget. In: The Water Environment of Cities, Baker, L.A. (ed.), Springer Science+Business Media, 17–28.

DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN AFETLERİN ARTMASINA MUHTEMEL ETKİLERİ VE RİSKLER

Prof. Dr. İhsan Çiçek

1. GİRİŞ

İklim değişikliği, doğal afetlerin asırlık sorununa yeni bir boyut katmaktadır. İnsan kaynaklı sera gazı (GHG) salımları ile küresel sıcaklıklar arasındaki bağlantı, iklim değişikliğini insan eylemlerine bağlanmasıyla sonuçlanmıştır. İnsan kaynaklı iklim değişikliği, doğal etkilerin karakterini, fiziksel dünyanın doğasından daha çok, insan faaliyetlerinin şekillendirdiği ve etkilediği fenomenlere - özellikle yüksek karbon yaşam tarzına - bağlıdır.

Enerji yoğun ve karbon yoğun insan faaliyetleri atmosferde sera gazı salımlarını ve ana bileşeni olan karbondioksit (CO_2) arttırmıştır. Bu da, denizlerin ve atmosferin uzun vadeli ortalama sıcaklıklarındaki artış ve aşırı sıcaklıklar ve daha yoğun yağışların artmasıyla ilişkilendirilmiştir (IPCC, 2012; IPCC, 2013).

Bu ilişki, afetlerin odağını tamamen doğal olaylardan insan kaynaklı olaylara kaydırmıştır. Bu anlayış, olağan afete hazırlıklı olmanın ve önlemenin yanı sıra iklim değişikliğini hafifletme ve uyumu ön plana çıkarmaktadır. Bütün bunlar, insan kararlarının ve eylemlerinin iklim ile ilgili afetlerin sıklığını ve şiddetini nasıl etkilediğini vurgulamaktadır (Thomas V., 2017).

2. DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE AFETLER

Dünya Bankası ve diğer pek çok veriye göre afetlerin ekonomik zararları hızla artmaktadır. Bunun nedeni afetlerin artmasına bağlanamaz. Dönemsel artışlar olmasına rağmen afetlerin giderek arttığına ilişkin bilgiler çok güvenilir değildir. Sorun afetlerin artması değil, afetlerin daha zarar verebilir hale gelmesidir. Mevcut kaynakların verimli kullanılmaması, afet stratejilerinin yanlış olması, tehlikeleri afet haline dönüştürecek koşulların afetten önce ortadan kaldırılması ya da azaltılması konusunda yapılan planların yanlış olması, şehir nüfuslarının hızla artması bu konuda başlıca nedenler arasında sayılabilir. Ancak baş neden yoksulluktur. Ne

yazık ki afetler yoksulları sevmektedir! Dünyada yoksullukla baş etmeden afetlerle baş etmek olanaksızdır. Gelişmemiş ülkeler gelişmekte olan ülkelere göre daha fazla risk altındadır (Ersoy, 2013). Bölgesel gelir dağılımı afetlerde zarar görebilirliği arttırmaktadır. Hem Avrupa, hem de Asya ülkesi olan Türkiye'de 83 milyon insan yaşamaktadır. Toplam nüfusun %75'i kentlerde yaşamaktadır. Üst orta gelir düzeyi ülkeler içinde olan Türkiye'nin Ulusal Bütçe (GSYİH) 1 trilyon 24 milyar 226 milyon TL'dir. Ülke nüfusunun %18.1'i yoksulluk sınırı altında yaşamaktadır. Yaşam ömrü 75 yıldır. Kişi başına düşen gelir 9,127 (2019 yılı) Amerikan dolarıdır.

Yatırımlarının büyük miktarlarda olması nedeniyle özel sektör ve küresel kaynaklar büyük risk altındadır. Ülke kaynakların eriyip yok olmaması için kamu ve özel tüm kurumların gerekli sorumlulukları alması gerekmektedir. Afet zararları artık sivil mağdurlara yardım etme ya da gönüllülük hizmetleriyle sürdürülemeyecek kadar artmıştır. Bir iş ve hizmet sektörü haline gelmiştir. Bazı ülkeler iyi yürütülen planlarla ve alınan önlemlerle afetlerdeki can kayıplarını önemli oranda azaltmıştır. İyi yönetilemeyen riskler karşısında küresel sermaye giderek küçülebilir ve ülkeler yoksullaşma riskiyle karşı karşıya kalabilir (Ersoy, 2013).

Antibiyotiğe dayanıklılık, ormansızlaşma, çölleşme, kuraklık, ekonomik çöküntü, küresel iklim değişimi, kıtlık, körfez akıntısının (Gulf Stream) durması, tropikal siklonların sıklığının artması, yeni bir buzul çağı, meteor çarpması, kütlesel yok oluş, deprem, tsunami, nükleer savaş, aşırı tüketim, hızlı nüfus artışı, küresel salgın hastalık riski denizlerdeki petrol sızıntısı, deniz seviyesindeki değişim, volkanik patlamalar ve su krizi gibi tehlikeler gelecekte dünyayı tehdit edecek önemli sorunlardır (Ersoy, 2013).

Doğal afetlerin deprem, tsunami, heyelan, su baskınları gibi daha çok aniden ortaya çıkanları dikkate alınırken yakın bir gelecekte küresel iklim değişimi, susuzluk, çölleşme, ormansızlaşma, hortum vb gibi tehlikelerle de yüz tüze kalınacaktır. Ayrıca akarsuların denize ulaştığı kıyı alanlarında yoğun yapılaşma önemli bir sorundur. Akarsu yataklarının taşkın tabanları ile kıyılardaki çarpık yapılaşmanın olduğu yerlerin gelecekte afetlerle karşılaşma olasılığı diğer alanlara göre çok yüksek

olacaktır (Ersoy, 2013).

Deprem, tsunami, heyelan, akma, kaya düşmesi, toprak kayması, çökme, aşırı yağışlarla birlikte sel ve su baskınları, aşırı kış koşulları, don, çığ, sıcak hava dalgası, hortum, susuzluk, kuraklık ve çölleşme, orman yangınları, erozyon, ormansızlaşma, salgın hastalıklar, toprağa, kayaca ve suya bağlı hastalıklar, iklim değişikliği, deniz seviyesi değişimi ve hatta volkanik aktivite gibi tehlikeler Türkiye'de görülebilecek ve afete dönüşebilecek olgulardır.

Afetler kapsamlı ele alınırken tüm tehlikeler, riskleri göz önünde tutulmalı, afet yönetim sisteminin tüm evreleri ve tüm paydaşlar planlamada yer almalıdır. Afet önlemleri bütüncül olarak planlanmalıdır. Afetlerin her zamankinden daha fazla yönetilmeye gereksinimi vardır.

Munich Re'dan, NatCatSERVICE 2016 yılında yaklaşık 1.900 doğal kaynaklı kayıplara sebep olan olay kaydetmiştir. Bunlardan 750 tanesi afet boyutlu olarak sınıflandırılmıştır. 750 afetinde 130'u (%17) çok şiddetli ve ciddi felaketler kategorisinde sınıflandırılmıştır. Kalan %83 orta ve küçük kayıp olaylarıdır. Rüzgar fırtınası ve sel rakamlarında önceki yıllara göre önemli değişiklikler olmuştur. "Tehlike grupları"na göre dağılım incelendiğinde 2016 yılında belirgin şekilde farklılık oluşmuştur. Örneğin, kaydedilen tüm olayların 33'ü meteorolojik kökenli olaylar olup, 1980-2015 dönemi için %40 olan uzun vadeli ortalamanın bir hayli altındadır. Buna karşılık hidrolojik olayların oranı %39'dan % 50'ye yükselmiştir; diğer bir deyişle nehir taşkınları, ani seller ve kütle hareketi, 2016 yılında dünya çapında tüm ilgili olayların yarısını oluşturmuştur. Tüm olayların %7'si jeofizik kökenlidir. 2016 yılında afet boyutundaki 750 olayda toplam 9200 kişi hayatını kaybetmiştir. Bu kayıpların ancak %15', jeofizik kökenli afetlerle ilişkili iken %21'i meteorolojik, %10 ise klimatolojik kökenli afetlerden kaynaklanmaktadır. Hidrolojik kökenli afetlerin toplam kayıplardaki payı % 54'tür (Munich Re, 2017).

Türkiye açısından bakıldığında 2016 yılı, afetler özellikle deprem açısından oldukça sakin geçmiştir. Türkiye sınırları içindeki 2016 yılında meydana gelen doğa kaynaklı

afetlerin sayısı 323'tür. Türleri açısından yüzde dağılımı şöyledir: %25'i sel/su baskını, %22'si şiddetli fırtına, %20'si heyelan, %18'i hortum, %7,4'ü yıldırım, %4,3'ü rip-çeken akıntı, %0,9'u çığ, %0,9'u meteor düşmesi, %0,6'sı sıcak hava dalgası/aşırı sıcaklar, %0,3'ü de çökme vakasıdır. En fazla afet Eylül ayında meydana gelmesine rağmen en fazla can kaybı Temmuz ve Kasım aylarında yaşanmıştır (Ersoy vd., 2017). Türkiye'de 2016 yılında doğa kaynaklı afetlerde can kaybı 83'dür. Bunların afet türlerine göre dağılımı şöyledir: 24 kişi sel, 24 kişi boğulma, 22 kişi heyelan, 8 kişi yıldırım, 4 kişi çığ ve 1 kişi de fırtına sonucudur (Ersoy vd., 2017).

Türkiye'de sel ve heyelanlar giderek daha çok zarara sebep olmaktadır. Bunda çarpık kentleşmenin rolü fazladır. Sadece Mersin'deki sel felaketinde bile 1,5 trilyon TL'nin üzerinde zarar meydana gelmiştir. Bu bakımdan altyapı eksikliği çeken şehirler giderek daha çok zarar görmektedir (Ersoy vd., 2017).

Küresel iklim değişikliğinin etkileri hem dünyada, hem de Türkiye'de artarak görülmektedir. Şiddetli fırtına, toz fırtınası, hortum ve yıldırım vakalarında, şiddetli kış koşullarında ya da aşırı sıcaklıkların görüldüğü sıcak hava dalgalarında çok ciddi bir artış görülmektedir (Ersoy vd., 2017).

Türkiye'de doğa kaynaklı tehlikelere karşı risk, insan kaynaklı nedenlerden dolayı giderek artmaktadır. Dünya Risk raporlarında Türkiye en yüksek riskli 12 ülke arasında 12. sırada yer almaktadır. "Risk Düzeyi ve Eğilimi" açısından bakıldığında da Türkiye riski yüksek ve artış eğiliminde olan 10 ülke içinde kalmaktadır (Ersoy vd., 2017).

3. İKLİM-İLİŞKİLİ DOĞAL AFETLERİN ARTMASI

Küresel ısınma ile iklim-ilişkili olayların oluş sıklığının ve şiddetinin artması arasında bir ilişki vardır. Bu ilişki, bilimsel olarak tam kanıtlanamamışsa da, küresel ısınmanın, ekstrem iklim olaylarının sıklığını ve şiddetini arttırdığına ilişkin görüş birliği bulunmaktadır. Örneğin, tropikal siklonların sıklığının arttığı görülmektedir. Atlantik siklonlarının gücü (süresi ve şiddeti), geçmiş 30 yıl boyunca iki katına çıkmıştır. Siklonların sıklığının ve şiddetinin artması, küresel ısınmanın bir sonucu olan okyanus yüzey suyunun ısınmasıyla ilişkilidir. Sel ve su taşkınlarında da bir artış eğilimi söz konusudur (Alper ve Anbar, 2006).

İklim-ilişkili olayların şiddeti ve sayısı arttıkça, hasarların parasal maliyeti de artmaktadır. Ekstrem olayların şiddetindeki küçük değişmeler, hasarlarda 4-5 kat daha fazla artışa neden olabilmektedir. 2016 yılında dünyada 175 milyar ABD Doları tutarındaki genel kayıpların %27'si, yılın en maliyetli doğal afeti de olan ve Nisan ortasında Japonya'da Kyushu adasındaki Kumamoto kentinin yakınında meydana gelen depremde dahil olmak üzere jeofizik olaylarla ilgili olarak meydana gelmiştir. 2016 yılında doğal afetlere bağlı ekonomik kayıpların %31'i meteorolojik ve %32'si hidrolojik olaylardan kaynaklanmıştır. Bu kayıplar ABD, Avrupa ve Çin'de meydana gelen sellerden kaynaklanmıştır. Matthew Kasırgası ve Japonya'daki depremden kaynaklanan hasar yükünün yanı sıra, 2016'daki en maliyetli beş olay bu sellerden kaynaklanmıştır. 2016 yılında oluşan kayıpların %10'u iklimsel olaylara atfedilmiştir. Kanada'daki orman yangınları, Çin ve Hindistan'da aylarca süren kuraklık ve Doğu Asya'daki kış kayıpları izlerini bıraktı. Genel olarak, 2016 yılında en az 1 milyar ABD Doları zarara sebep olan 32 olay yaşandı. Bunlar arasında ABD ve Avrupa'da dolu fırtınalı şiddetli hava koşulları ve ani sellerin yanı sıra Çin, Tayvan ve Filipinler'deki tayfunlar yer almıştır Bunlar toplam kayıp miktarının yaklaşık %70'ini oluşturmuştur (Munich Re, 2017).

Sigortalı zararlar genel zararlardan çıkarıldığında, sigorta açığı 125 milyar ABD Doları'na ulaşmıştır. 2016 yılındaki sigortalı kayıpların yarısından fazlası fırtınalarla ilişkilidir. Zararların %18'i seller, %20'si depremler ve %12'si kuraklık ve diğer iklim olaylarından kaynaklanmıştır. Her biri sigorta şirketlerine 1 milyar ABD Doları veya daha fazla olan 14 ayrı olay arasında Japonya ve Yeni Zelanda'daki depremleri ve ABD'deki dört dolu fırtınasını da bulunmaktadır. Sigortalı hasarların %62'si ABD'de, yalnızca %21'i Asya'da ve %11'i Avrupa'da meydana gelmiştir (Munich Re 2017). Avrupa'da, 2003 yılındaki sıcak hava dalgasının maliyeti ise 10 milyar Avro'dur. Gelecekteki maliyetlere ilişkin doğru bir tahmin yapmak tam olarak mümkün olmasa da, Avrupa Birliği'nin (AB) bir çalışmasında, etkin önlemler alınmadığı takdirde, toplam potansiyel küresel hasarların maliyetinin, bugünün değeriyle 74 trilyon Avro olabileceği ifade edilmektedir (Alper ve Anbar, 2006).

İklime bağlı afet niteliğindeki büyük felaketlerin sayısı ve şiddeti arttıkça, bu olayların sosyal ve ekonomik maliyetleri de artacaktır. Az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler, iklim-ilişkili olaylara ve afetlere karşı daha korunmasızdır. Çünkü bu ülkeler, gerekli önlemleri alamadıkları veya altyapıları yetersiz oldukları için, bu tür afetlerden daha fazla etkileneceklerdir. Örneğin, Dünya Bankası'na göre, günlük geliri 1 ABD Doları'nın altında olan 1,3 milyar insan yaşamaktadır ve bunların dörtte üçü yaşamlarını tarımla sürdürmektedir. Sel, fırtına, kuraklık gibi iklim-ilişkili afetler, tarımı ve dolayısıyla tarımla uğraşan bu insanları olumsuz etkileyecektir. Doğal afetlerin ekonomik maliyeti, az gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelerin bütçelerine ağır yükler yükleyecektir. Hatta yüksek riskli bölgelerde bulunan küçük ülkelerde, iklim ilişkili afetlerin maliyeti, söz konusu ülkelerin GSMH'nın %100'ünü aşabilecektir (Alper ve Anbar, 2006).

3.1. Tarım ve Ormancılık

Yerel ortalama sıcaklıklarda 1-3 ^{o}C'ye kadar olan sıcaklık artışlarında, mahsul verimliliğinin, orta-yüksek enlemlerde (bölgelerde) biraz artması, fakat daha yüksek sıcaklık artışlarında ise azalması beklenmektedir. Daha alçak enlemlerde

ise, özellikle mevsimsel olarak kurak ve tropikal bölgelerde, küçük derecedeki sıcaklık artışlarında (1-2°C) bile, ekin veriminin düşmesi beklenmektedir. Kuraklık ve sellerin oluş sıklığının artması, yerel ekin verimliliğini olumsuz etkileyecektir (Alper ve Anbar, 2006).

Kuraklık, Avustralya ve Avrupa gibi gelişmiş ülkelerde de tarım için en önemli riski oluşturacaktır. Çiftçilik, AB'nin toplam GSMH'sının %1,7'sini oluşturmaktadır ve toplam istihdamın %4,2'si tarım sektöründe çalışmaktadır. Avrupa'da, yaklaşık 2 °C'ye kadarki bir sıcaklık artışı, ekinlerin veriminde artışa neden olabilir. Fakat sıcaklık artışına bağlı olarak problemli yıllar ve sorunlu bölgeler olacaktır. Örneğin, 2003 yılında Avrupa'da yaşanan sıcak hava dalgası, tahıl ürünlerinde %30-40 arasında bir rekolte kaybına neden olmuştur (Alper ve Anbar, 2006).

Ekonomisi nispeten tarıma dayalı olan az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler, su kaynaklarının azalmasından ve kuraklıktan daha fazla etkileneceklerdir. Örneğin, ortalama olarak Afrika'nın GSYH'sının %21'ini tarım sektörü oluşturmaktadır, bu oran, bazı ülkelerde %70'e kadar çıkmaktadır. Afrika'da, 2080 yılına kadar, tarım veriminin %12 azalacağı tahmin edilmektedir. Afrika ülkelerinde tarım sektöründe yaşanacak sıkıntılar, gıda yetersizliği veya açlık riskini de arttıracaktır (Alper ve Anbar, 2006).

Ormanlar, biyoçeşitlilik kapasitesi açısından oldukça önemlidir. Küresel olarak, ticari orman ürünlerinin verimliliğinin, kısa ve orta vadede iklim değişikliğine bağlı olarak biraz artması beklenmektedir. Fakat bölgeler arasında önemli farklılıklar söz konusu olacaktır. Kuzey Avrupa'da ise, su yetersizliği ve sıcaklık artışı; kuraklığa, orman yangınlarına, erozyona ve çölleşmeye neden olacaktır. Amazon gibi bazı tropikal yağmur ormanlarının, kuraklıktan olumsuz etkileneceği tahmin edilmektedir. (Alper ve Anbar, 2006).

3.2. Enerji Arzı

Küresel ısınma, enerji arz ve talebini etkilemektedir. Örneğin, 2006 yılında, Avrupa ve ABD'deki sıcak hava dalgaları, enerji üreticilerini, üretimlerini azaltmaya zorlamıştır ve enerji fiyatlarının artmasına yol açmıştır. Elektrik üretiminde, su arzı önemli bir problem olacaktır. Çünkü termal ve nükleer elektrik santralleri, buhar elde etme ve soğutma işlevini gerçekleştirmek için suya ihtiyaç duymaktadır. Özellikle, hidroelektrik santralleri su kaynaklarına oldukça duyarlıdır. Su kaynaklarının azalması ve kuraklık, enerji üretimini olumsuz etkileyecektir (Alper ve Anbar, 2006).

Enerji ihtiyacı, ağırlıklı olarak fosil kaynaklardan karşılanmaktadır. Son 150 yıl boyunca petrol, doğal gaz ve kömür gibi karbon içeren fosil yakıtların yakılması, karbondioksitin ve diğer sera gazlarının atmosferik yoğunlaşmalarını önemli derecede arttırmıştır. Fosil yakıtların yakılmasından kaynaklanan karbondioksit emisyonları, 1950 yılında 6 Gt (Gigaton; 10^9 ton) iken, 2019 yılında 40,2 Gt'ye yükselmiştir. Uluslararası Enerji Ajansı'nın tahminine göre, 2030 yılına kadar enerji kullanımına bağlı küresel karbondioksit emisyonu hızla artacaktır ve gelişmekte olan ülkeler, bu artışın dörtte üçünden sorumlu olacaktır (Alper ve Anbar, 2006).

Fosil enerji kaynaklarının kullanılmasından kaynaklanan karbondioksit emisyonlarının, küresel ısınmanın önemli nedenlerinden biri olduğu kesindir. Bu nedenle, fosil kaynakların kullanımının azaltılmasına, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının arttırılmasına yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Yenilenebilir enerji piyasası, hızla büyümektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen enerji 2019 yılında %41 oranında bir artış göstermiştir. Böylelikle yenilenebilir enerji kaynakların üretilen enerji miktarı ilk defa nükleer enerjiyi geçmiştir. BP 2020 Dünya Enerji İstatistik Görünümü Raporu"na göre, yenilenebilir kaynaklardaki artış sonucunda kömürden elektrik üretimi 240 teravatsaat azalmıştır. 2019 yılında yenilenebilir enerji üretiminde 732,3 teravatsaatle Çin lider konumda bulunurken, ABD 489,8 teravatsaatle ikinci sırada yer aldı. Almanya 224,1 teravatsaatle üçüncü, Hindistan 134,9 teravatsaatle dördüncü ve Japonya 121,2 teravatsaatle beşinci oldu.

Küresel ölçekte yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimindeki artış diğer kaynakları geride bıraktı. Temiz kaynaklardan elektrik üretimi 2019 yılı önceki yıla göre 340 teravatsaat artışla ilk sırada yer aldı. Böylelikle 2019 yılında toplamda 2 bin 805 teravatsaat yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimi gerçekleştirildi.

Küresel ısınma probleminin ortaya çıkmasında ve küresel ısınmanın yavaşlatılmasında önemli rolü olduğu için, enerji sektörü, emisyon azaltımına ilişkin yükümlülüklere ve yasal risklere maruzdur. Enerji sektörünün maruz kaldığı diğer risk, fosil kaynakların, belirli bir zaman sonra tükenme olasılığıdır. Bu nedenle, BP ve Shell gibi büyük firmalar, temel ürünlerinin 50-100 yıl içinde tehlike altında olabileceğini düşünerek, yenilenebilir enerji teknolojisine yatırım yapmaktadırlar (Alper ve Anbar, 2006).

3.3. Turizm

Küresel ısınmaya duyarlı sektörlerden biri de turizm sektörüdür. GSMH'sı içinde turizm sektörünün önemli bir yer tuttuğu ülkeler, özellikle gelişmekte olan ülkeler, küresel ısınmanın turizm üzerindeki olumsuz etkileri nedeniyle daha fazla etkileneceklerdir. Örneğin, Bahamalar'ın GSYH'sının yaklaşık %39'unu turizm oluşturmaktadır. Avustralya'da, turizm sektörü, en yüksek ihracat geliri sağlayan sektörlerden biridir. Avrupa Birliği'nde ise, turizm ve seyahat sektörleri, AB'nin GSYH'sının yaklaşık %4'ünü oluşturmaktadır ve çoğu Avrupa tatil bölgesi, küresel ısınmadan olumsuz etkilenebilecektir. Enerji fiyatlarının yükselmesine bağlı olarak seyahat maliyetleri de artacağından, küresel ısınmanın turizm sektörü üzerindeki olumsuz etkisi artmaktadır. Sektörde çalışan sayısının çok olması nedeniyle, sosyal etkiler de söz konusu olacaktır. Bazı bölgeler, turizm açısından, küresel ısınmadan olumlu etkilenebilir. Örneğin, sıcaklık artışına bağlı olarak, bazı bölgelerde "güneş ve kum" turizminin dönemi uzayabilir, bazı bölgelerde ise ekolojik turizm ön plana çıkabilir (Alper ve Anbar, 2006).

3.4. Küresel Isınmanın Diğer Etkileri

Küresel ısınma, ekosistemde de değişikliklere neden olacaktır. Küresel ortalama sıcaklıklardaki artış 1,5-2,5 ºC'yi geçerse, bitki ve hayvan türlerinin yaklaşık % 20-%30'unun tükenme riski artacaktır. Sıcaklıkların 1,5-2,5 °C artması ve buna atmosferdeki karbondioksit yoğunlaşmasının eşlik etmesi durumunda, ekosistemin yapısında ve fonksiyonunda, türlerin ekolojik etkileşimlerinde ve türlerin coğrafi dağılımlarında önemli değişiklikler olması beklenmektedir. Özellikle risk altında olan ekosistemler; buzullar, mercan kayalıkları ve mercan adaları, kuzey ormanları ve tropikal ormanlar ile kutuplara ve Alplere ilişkin ekosistemlerdir (Alper ve Anbar, 2006).

Küresel ısınmanın iklim şartlarında, çevrede ve ekosistemde yaptığı değişiklikler, insanların yaşamlarını da etkileyecektir. Örneğin, küresel ısınmanın etkilerinin yoğun yaşandığı bölgelerden, diğer bölgelere göçler olacaktır. Bu göçler, beraberinde diğer sorunları da getirecektir. İnsanlar, daha elverişli iklime sahip bölgelerde çalışmak için daha düşük ücreti kabul edebileceklerdir. Bu bölgelerde, gayrimenkul fiyatları ve ev kiraları artma eğilimi gösterecektir. İklim değişikliğinin etkilerine bağlı olarak, kişilerin giderleri artabilecektir (Alper ve Anbar, 2006).

Bölgeler veya ülkeler arası farklılıkların artması, göçler dışında, huzursuzlukların, kavga ve çatışmaların artmasına yol açabilecektir. Terör olayları artabilir, su kaynaklarının paylaşımında bölgesel veya ülkeler arası çatışmalar çıkabilir. Tarım, enerji, turizm gibi sektörlerin dışında, küresel ısınma, daha birçok sektörü, doğrudan veya dolaylı olarak etkileyecektir. Emisyon azaltma politikalarına en duyarlı sektörler; çimento, havacılık, metal ve madencilik gibi enerji-yoğun sektörler ile ulaşım sektörü ve otomobil gibi fosil yakıt tüketen ürünler üreten sektörler olacaktır. Bunların dışında; gıda, inşaat, sigorta ve bankacılık sektörleri de küresel ısınmadan etkilenecek sektörlerdir. Sadece üreticiler değil, tüketiciler de küresel ısınmadan olumsuz etkilenebileceklerdir. Tüketiciler açısından küresel ısınmaya bağlı en önemli risk, gıda ve enerji ürünlerindeki fiyat artışları olacaktır. Bazı

ürünlerde veya alanlarda, vergi artışları olacaktır. Enerji verimliliği sağlayan araç ve ekipmanların kullanılması, teşvik edilecek veya zorunlu hale getirilebilecektir. Yeni binaların yapılmasında, enerji tüketiminde etkinlik ve tasarruf sağlayan yöntemlerin kullanılması zorunlu tutulabilecektir (Alper ve Anbar, 2006).

4. KÜRESEL ISINMANIN DÜNYA EKONOMİSİNE ETKİLERİ

Küresel ısınmanın, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin ekonomileri üzerinde önemli etkileri olmaktadır ve gerekli emisyon azaltım ve uyum önlemleri alınmadığı takdirde, söz konusu ekonomik etkilerin büyük boyutlara ulaşması kaçınılmaz olarak görülmektedir. Bugünkü hesaplamalar, sadece 1 °C'lik bir küresel ısınmanın tahmini ekonomik etkilerinin 2050 yılında yıllık 2 trilyon ABD Dolar'ına ulaşabileceğini göstermektedir. Avrupa Birliği bünyesinde yürütülen bir çalışmada, küresel ısınmaya karşı etkin önlemler alınmaması durumunda, küresel ısınmanın kümülatif küresel ekonomik maliyetinin, bugünün parasal değeriyle, 74 trilyon Avro olabileceği ifade edilmektedir. Az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde, küresel ısınmanın ekonomik etkilerinin, gelişmiş ülkelere göre, daha ağır olacağı öngörülmektedir. Tablo 1, sıcaklık artışının boyutuna göre, küresel ısınmanın, gelişmiş ülkeler ve gelişmekte olan ülkeler üzerindeki ekonomik etkilerini göstermektedir. Tablo 1'te görüldüğü gibi, 2 °C'ye kadar bir sıcaklık artışının, gelişmiş ülkeleri çok fazla olumsuz etkilemesi beklenilmemesine karşın, 2 °C'nin altındaki sıcaklık artışları, gelişmekte olan ülke ekonomilerini olumsuz etkileyecektir. Sıcaklık artışı yüksek değerlere çıktıkça, diğer bir deyişle, küresel ısınmanın boyutu genişledikçe, başta gelişmekte olan ülkeler olmak üzere, gelişmiş ülkeler de daha fazla olumsuz etkileneceklerdir (Alper ve Anbar, 2006).

Tablo 1: İklim Değişikliğinin Makroekonomik Etkileri

	Sıcaklık Artışı	Sıcaklık Artışının Etkisi
Gelişmekte Olan Ülkeler	Sıcaklıkların, herhangi bir derecede artması	Genel olarak, sıcaklıklar yükseldikçe, net ekonomik zarar
Gelişmiş Ülkeler	2°C'ye kadar bir sıcaklık artışı	Net ekonomik kazanç
	2°C - 3°C arasında bir sıcaklık artışı	Nötr veya kayıp kazanç
	3°C'nin üzerinde bir sıcaklık artışı	Net kayıp

Kaynak: Alper ve Anbar (2006)

Ülke, bölge veya dünya bazında, küresel ısınmanın maliyetini ortaya koymak amacıyla çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Basitleştirilmiş iklim modeli ile bir küresel ekonomik sistem modelinin birleştirilmesinden oluşan, bütünleşik değerlendirme modelleri kullanılmıştır. Bu modellerde, sıcaklık değişimi seviyelerine ve uyum seviyelerine ilişkin farklı varsayımlar kullanılmıştır. Örneğin, Mendelsohn'un 2000 yılında yaptığı çalışmada, sıcaklık artış seviyesi +2,5 ^{o}C olarak varsayılmış ve uyum modele dahil edilmiştir. Buna karşın, IPCC, 1995 yılında yaptığı hesaplamalarda, uyumu hemen hemen hiç dikkate almamıştır. GSMH, zaman içerisinde büyümeye devam edeceğinden, gelecekteki GSMH'nın yüzdesi olarak ifade edilecek aynı tutardaki maliyetler azalacaktır. Sadece, Mendelsohn (2000) çalışmasında, maliyetlerin, gelecekteki GSMH içindeki payları dikkate alınmıştır. Maliyetler ve zarar, farklı şekillerde ifade edilebilir. Örneğin, bir küresel rakam elde etmek için, her bölgedeki maliyetler, bölgesel çıktı veya nüfusla ağırlıklandırılabilir. Maliyetler, "paya göre ağırlıklandırma" yaklaşımı kullanılarak da ifade edilebilir. Bu yaklaşıma göre, maliyetler, düşük gelirli ülkelerde, zengin ülkelere göre, gelirlerin daha büyük bir oranını oluşturacağından, düşük gelirli ülkelerin katlandıkları maliyetlere daha yüksek bir ağırlık verilmektedir. Örneğin, +2,5 ^{o}C'lik bir sıcaklık artısı durumunda, küresel zarar tutarı, dünyanın GSMH'sının %1,5-%1,9'u arasında olabilecektir. Bu oran, Afrika için % 4'e ve Hindistan için %5'e yaklaşmaktadır. Az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde, küresel ısınmanın maliyetinin GSMH içindeki payı daha yüksektir. Küresel ısınmaya karşı etkin önlemlerin alınması durumunda, zararlar azalabilir ve bazı ikincil faydalar söz konusu olabilir. Örneğin, karbondioksit emisyonlarını azaltmak amacıyla trafik sınırlamasına gidilmesi, trafik tıkanıklığını önleyebilir, bölgesel hava kalitesini arttırabilir ve yakıt tasarrufu sağlayabilir (Alper ve Anbar, 2006).

Ekonomik büyüme ile sera gazı emisyonu arasında yakın bir ilişki vardır. Sera gazı emisyonlarının büyük bir oranını ise, fosil yakıtların kullanılmasından kaynaklanan emisyonlar oluşturmaktadır. Örneğin, ABD'de, 20. yy'da kullanılan toplam enerjinin yaklaşık %90'ı fosil yakıtlardan karşılanmıştır ve 2016 yılında kullanılan enerjinin ise yaklaşık %851i fosil kaynaklardan karşılanmıştır. OECD üyesi gelişmiş ülkeler ve eski Sovyet bloğuna mensup ülkeler, tarihi emisyonların yaklaşık %80'inden

sorumlu olmalarına karşın, bu ülkeler, dünya nüfusunun sadece %20'sine yakın bir kısmını oluşturmaktadırlar. OECD ülkelerinde, fosil yakıt kullanılmasına bağlı kişi başına yıllık karbon emisyonu tutarı yaklaşık 3 mtc (metric tons of carbon) iken, gelişmekte olan ülkelerde kişi basına yıllık ortalama karbon emisyonu 0,5 mtc'dir. OECD ülkeleri arasında da önemli farklılıklar bulunmaktadır. Örneğin, ABD'de 2018 yılında kişi başına yıllık karbon emisyonu 16,1 mtc iken, Türkiye'de 5,1 ve Meksika'da bu rakam, 3,5 mtc'ye kadar düşmektedir. Pakistan'da kişi başı emisyın artmasına rağmen yüksek nüfusu nedeniyle bu değer 1,0 mtc'dir. Genel olarak, gelişmiş ülkelerde yaşayan insanların, gelişmekte olan ülkelerde yaşayan insanlara göre, kabaca 10 kat daha fazla kişi basına karbon emisyonu yaydıkları ve dolayısıyla, 10 kat daha zengin oldukları söylenebilir. Gelişmiş ülkelerin sera gazı emisyonu tutarlarının zaman içerisinde azalması, buna karsın, gelişmekte olan ülkelerin sera gazı emisyonlarının artmaya devam etmesi beklenilmektedir. Özellikle, Çin, Hindistan ve Pakistan gibi gelişmekte olan ülkelerin sera gazı emisyonları önemli oranda artış göstermektedir (Alper ve Anbar, 2006).

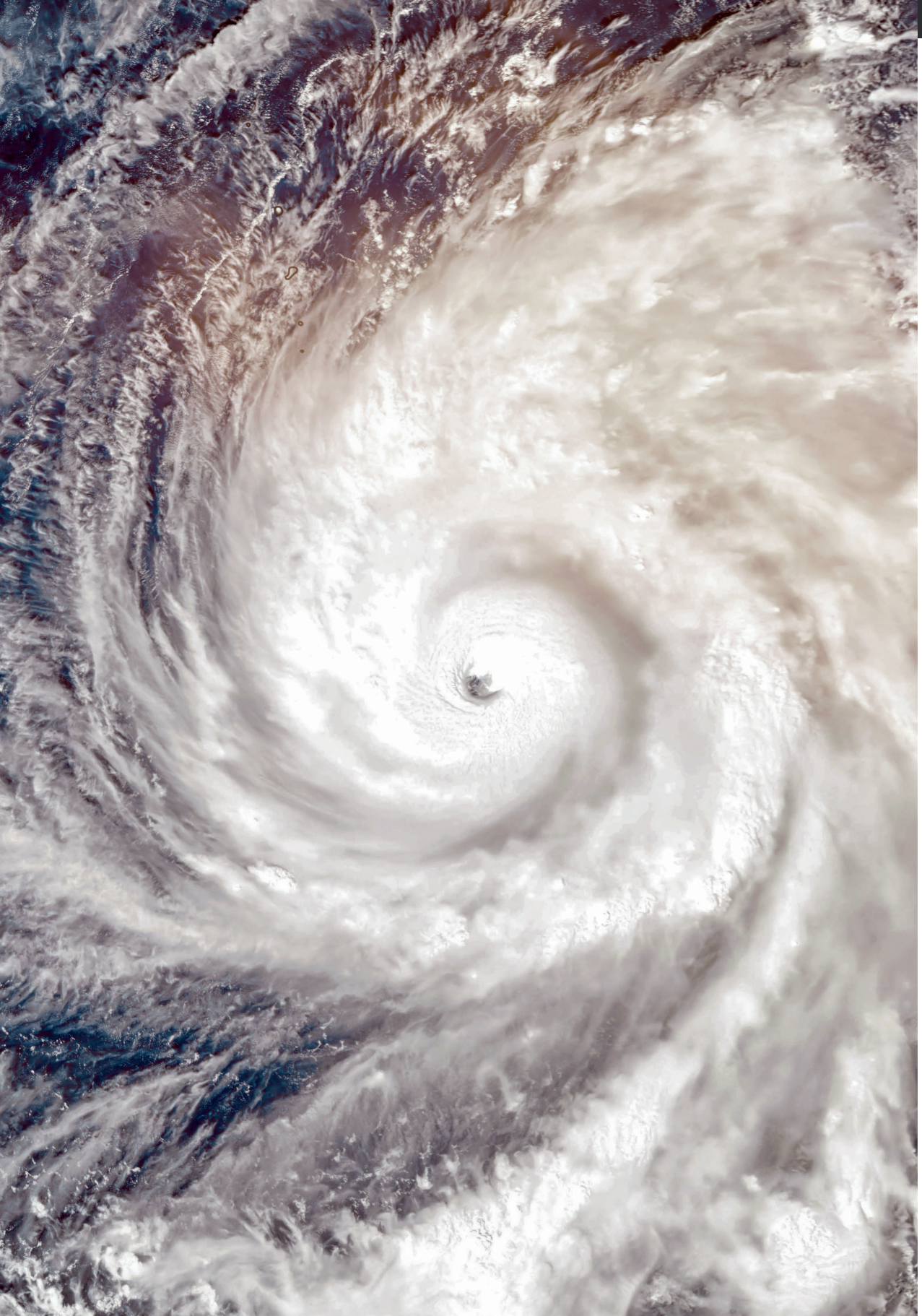
5. KÜRESEL ISINMANIN TÜRKİYE EKONOMİSİNE ETKİLERİ

Küresel ısınma dünyanın bütün bölgelerini etkileyen ve etkileyecek bir küresel sorun olmasına karşın, küresel ısınmanın etkileri dünyanın farklı bölgelerinde farklı olacaktır. Akdeniz iklimi olarak adlandırılan büyük bir iklim bölgesinde yer alan Türkiye de küresel ısınmadan fazlasıyla etkilenecek ülkeler arasındadır. Bunun en önemli nedeni, Türkiye'nin hemen güneyinde bir çöl kuşağının bulunması ve ısınmayla birlikte bu kuşağın kuzeye doğru ilerlemesidir. Sıcaklıkta meydana gelecek 1- 3,5 ^{o}C artış, orta enlemlerin 150-550 km kutuplara doğru kaymasına neden olacaktır. Fakat doğal olarak üç tarafından denizlerle çevrili olması, parçalanmış bir topografyaya sahip bulunması ve orografik özellikleri nedeniyle, Türkiye'nin farklı bölgeleri iklim değişikliğinden farklı biçimde ve değişik derecelerde etkilenecektir (Alper ve Anbar, 2006).

Türkiye, küresel ısınmanın, özellikle su kaynaklarının azalması, orman yangınları, kuraklık ve çölleşme ile bunlara bağlı ekolojik bozulmalar gibi öngörülen olumsuz yönlerinden etkilenecektir. Atmosferdeki sera gazı yoğunlaşmalarının artışına bağlı olarak, küresel ısınmanın, Türkiye'de neden olabileceği çevresel, sosyal ve ekonomik etkiler şunlardır:

- Türkiye, bugün Orta Doğu'da ve Kuzey Afrika'da egemen olan daha sıcak ve kurak bir iklim kuşağının etkisinde kalabilecektir. Yağışların mevsimsel dağılımı ve şiddeti değişecektir.
- Sıcak ve kurak devrenin uzunluğundaki ve şiddetindeki artışa bağlı olarak, orman yangınlarının frekansı, etki alanı ve süresi artabilir.
- Tarımsal üretim potansiyeli değişebilir (bu değişiklik bölgesel ve mevsimsel farklılıklarla birlikte, türlere göre bir artış ya da azalış biçiminde olabilir).
- Doğal karasal ekosistemler ve tarımsal üretim sistemleri, zararlılardaki ve hastalıklardaki artışlardan zarar görebileceklerdir.

- Türkiye'nin kurak ve yarı kurak alanlarındaki, özellikle kentlerdeki su kaynakları sorunlarına yenileri eklenecek; tarımsal ve içme amaçlı su gereksinimi daha da artabilecektir.
- Su temin sistemlerinde "belirsizlikler" yaşanacağından, yatırım projelerinin maliyeti artacaktır.
- Kurak ve yarı kurak alanların genişlemesine ek olarak, yaz kuraklığının süresinde ve şiddetindeki artışlar, çölleşme süreçlerini, tuzlanma ve erozyonu destekleyecektir.
- Aşırı sıcak günlerin frekansındaki artışlar, insan sağlığını ve biyolojik üretkenliği etkileyebilir.
- Su varlığındaki değişiklikten ve ısı stresinden kaynaklanan enfeksiyonlar, özellikle büyük kentlerdeki sağlık sorunlarını artırabilir. Artan çevresel afetler sonucunda göçlerin artması, su ve besin kaynaklarının azalmasıyla ilişkili beslenme bozuklukları ve su kaynaklı hastalıkların artması, sağlık açısından önemli sorunlar olacaktır.
- Sel ve su taşkınlarının sayısının ve şiddetinin artmasına paralel olarak, bunların neden olduğu hasarlar da artacaktır.
- Deniz akıntılarında, denizel ekosistemlerde ve balıkçılık alanlarında, sonuçları açısından aynı zamanda önemli sosyoekonomik sorunlar doğurabilecek bazı değişiklikler olabilir.
- Deniz seviyesi yükselmesine bağlı olarak, Türkiye'nin yoğun yerleşme, turizm ve tarım alanları durumundaki, alçak taşkın-delta ve kıyı ovaları ile haliç ve ria tipi kıyıları sular altında kalabilir (Alper ve Anbar, 2006).



6. SONUÇ

- Küresel iklim zaten değişiyor ve önümüzdeki on yıllar ve yüzyıllar boyunca değişmeye devam edecektir. Birçok yerde, iklim değişikliğine bağlı olarak ortalama sıcaklık ve yağıştaki yerel eğilimler günümüzde anlamlı hale gelmiştir. Bu anlamlı eğilimler geleceğe yönelik oldukça güvenilir projeksiyonlar yapılmasına olanak sağlamaktadır (van Aalst, 2006).
- Ancak, iklim değişikliği sadece kademeli veya doğrusal değişikliklerle ilgili değildir. İklim değişikliğinin temel etkileri, Tablo 2'de listelenenler gibi, iklim değişkenliği ve aşırı hava koşullarındaki değişikliklerden kaynaklanacaktır (van Aalst, 2006).

Tablo 2: Öngörülen etkilere örneklerle aşırı iklim olaylarında öngörülen değişikliklere örnekler

Aşırı iklim olaylarında yirmi birinci yüzyılda öngörülen değişiklikler ve bunların olasılığı	Öngörülen etkilerin temsili örnekleri
Daha yüksek maksimum sıcaklıklar; neredeyse tüm karasal alanlarda daha sıcak günler ve sıcak hava dalgaları (büyük olasılıkla)	• Yaşlı gruplarında ve kentlerdeki yoksullar arasında ölüm ve ciddi hastalık oranında artış • Hayvancılık ve doğal yaşamda artan ısı stresi • Turistik destinasyonlarda vardiya • Bir dizi ürüne daha fazla zarar verme riski • Artan elektrikli soğutma
Daha yüksek (artan) minimum sıcaklıklar; neredeyse tüm karasal alanlarda daha az soğuk gün, don günleri ve soğuk dalgalar (büyük olasılıkla)	• Soğuk algınlığına bağlı hastalık ve ölüm oranlarında azalma • Bir dizi ürüne daha az zarar verme riski • Bazı zararlı ve hastalık vektörlerinin genişletilmiş menzili ve aktivitesi • Isıtma enerjisine olan talebin azalması
Daha şiddetli yağış olayları (muhtemelen birçok alanda)	• Artan sel, toprak kayması, çığ ve çamur kayması hasarı • Artan toprak erozyonu • Artan taşkın akışı, taşkın yatağı akiferlerinin beslenmesini artırabilir • Hükümet ve özel taşkın sigorta sistemleri ve afet yardımı üzerinde artan baskı
Çoğu enlemlerin denizden uzak merkezi kesimlerde yazın buharlaşmada artış ve buna bağlı kuraklık riski (muhtemelen)	• Azalan mahsul verimi • Artan su kaynağı miktarı ve kalitesi • Artan orman yangını riski

Aşırı iklim olaylarında yirmi birinci yüzyılda öngörülen değişiklikler ve bunların olasılığı	Öngörülen etkilerin temsili örnekleri
Tropikal siklon rüzgar yoğunluklarında artış ve ortalama ve maksimum yağış yoğunluklarında artış (bazı bölgelerde muhtemelen)	• İnsan hayatı için artan riskler, bulaşıcı hastalık salgınları riski ve diğer birçok risk • Artan kıyı erozyonu ve kıyılardaki binalara ve altyapıya verilen zarar • Mercan kayalıkları ve mangrovlar gibi kıyı ekosistemlerinde artan hasar
Birçok farklı bölgedeki El Niño olaylarıyla ilişkili yoğun kuraklıklar ve seller (muhtemelen)	• Kuraklığa ve sele eğilimli bölgelerde tarım ve mera verimliliğinin azalması • Kuraklığa eğilimli bölgelerde hidroelektrik potansiyelinde azalma
Asya yaz musonu yağış değişkenliğinde artış (muhtemelen)	• Ilıman ve tropik Asya'da sel ve kuraklık büyüklüğünde ve hasarlarında artış
Orta enlem fırtınalarının artan yoğunluğu (mevcut modeller arasında çok az anlaşma)	• İnsan hayatı ve sağlığı için artan riskler • Artan mülk ve altyapı kayıpları • Kıyı ekosistemlerine artan hasar

Kaynak: IPCC 2001a Tablo SPM-1.

- İklim değişikliği ile ilgili bu tür yerel bilgiler hakkında daha doğru bilgilerden yararlanmak için afet riskinin azaltılması ve geliştirilmesi konusunda çalışan ulusal meteoroloji teşkilatları ile iklim araştırmaları konusunda küresel uzmanlık merkezleri arasında yeni işbirlikleri kurmaları gerekecektir. Ayrıca, afet riski değerlendirmesi için yeni yöntem ve araçların daha doğru ve güvenilir eğilimleri saptayacak şekilde uyarlanması gerekebilir (van Aalst, 2006).
- Bununla birlikte, genel örüntüler ve eğilimler makul bir güvenle yansıtılabilirken, özellikle yerel ölçekte ve küçük ölçekli atmosfer olaylarına ilişkin risklerdeki kesin değişikliklerle ilgili bazı bilgiler nispeten belirsiz kalacaktır. Bunların önceden saptanması ve önlem alınması zorlaşacaktır. İklim değişikliği sadece bilinen tehlike risklerinde değişikliklere neden olmakla kalmaz, aynı zamanda belirsizlik düzeyini de arttırır ve sürprizler yaratacaktır (van Aalst, 2006).
- İklim değişikliğiyle ilişkili artan risklere uyum sağlamada afet riskinin azaltılması ve daha güçlü kalkınma planlaması çok önemlidir. Bu, etkilenen insan sayısının artması ve artan ekonomik hasar seviyelerinde yansıtıldığı gibi, doğal tehlikelere karşı kırılganlığın artması açısından özellikle önemlidir. Neredeyse tüm durumlarda, iklim değişikliği, mevcut risk azaltma stratejilerine dahil edilebilecek önemli bir faktördür (van Aalst, 2006).

KAYNAKÇA

- Alper D., Anbar A. (2007) Küresel Isınmanın Dünya Ekonomisine Ve Türkiye Ekonomisine Etkileri Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt 9, Sayı: 4,
- Ersoy Ş. (2013) 2013 Afet Raporu "Dünya ve Türkiye. Yıldız Teknik Üniversitesi Doğa Bilimleri araştırma Merkezi
- Ersoy Ş., Nurlu M., Gökçe O., Özmen B., (2017) 2016 Yılında Dünyada ve Türkiye'de Meydana Gelen Doğa Kaynaklı Afet Kayıplarının İstatistiksel Değerlendirmesi Mavi Gezegen 22, 13-27
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2001a) 'Summary for Policymakers'. Climate Change 2001: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge. pp. 1–34.
- IPCC (2001b) Climate Change 2001: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.
- IPCC (2001c) Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.
- IPCC (2012). "Summary for Policymakers." In Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change, edited byC. B. Field, V. Barros, T. F. Stocker, Q. Dahe, D. J. Dokken, K. L. Ebi, M. D. Mastrandrea, K. J. Mach, G. -K. Plattner, S. K. Allen, M. Tignor, and P. M. Midgley, 1–19. Cambridge and New York: Cambridge University Press.
- IPCC (2013) "Summary for Policymakers." In Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, edited by T. F. Stocker, D. Qin, G. -K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A.

Nauels, Y. Xia, V. Bex, and P. M. Midgley. Cambridge and New York: Cambridge University Press.

- Mendelsohn, R (2000). Efficient adaptation to climate change. Climatic Change, 45, 583–600
- Munich Re (2017) Topics Geo 2016 Natural catastrophes 2016 Analyses, assessments, positions 2017 issue
- Thomas, V. (2017) Climate change and natural disasters: Transforming economies and policies for a sustainable future, ISBN 978-1-138-56735-1, Routledge, London
- van Aalst M.K. (2006) The impacts of climate change on the risk of natural disasters Disasters, 30(1): 5–18

METEOROLOJİK KARAKTERLİ AFETLER VE SİGORTA SEKTÖRÜ

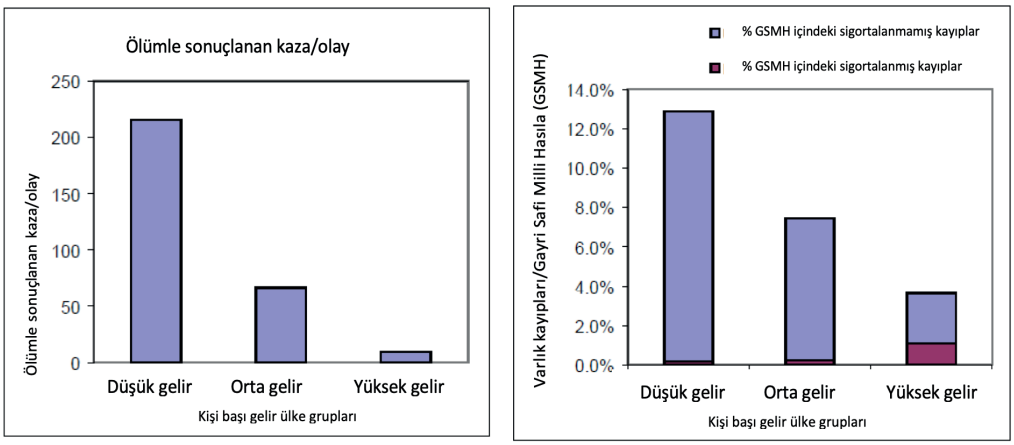
Prof. Dr. İhsan Çiçek

1. GİRİŞ

Hava değişkenliği, aşırı iklim koşulları ve jeofizik olaylara bağlı doğal tehlikelerin ekonomik refah ve insan kayıpları üzerindeki etkisi endişe verici bir şekilde artmıştır. Son zamanlardaki kayıpların dörtte üçünden fazlası rüzgâr fırtınası, sel, kuraklık gibi klimatolojik ve meteorolojik olaylarla ilgili diğer tehlikelere atfedilebilir (UNISDR, 2020). Bu eğilim büyük ölçüde arazi kullanımındaki değişikliklere ve kırılgan alanlara, örneğin rüzgâr fırtınalarına maruz kalan kıyı bölgelerine, sellere maruz kalan verimli nehir havzalarına ve depremlere maruz kalan kentsel alanlara bağlanabilir (Mileti, 1999). İklim değişikliğinin de payı bulunmaktadır. Hükümetler Arası İklim Değişikliği Komitesi (IPCC, 2007), iklim değişikliğinin hava değişkenliğini ve iklimle ilgili aşırılıkların yoğunluğunu ve sıklığını artıracağını öngörmektedir (Linnerooth-Bayer, Mechler, 2009).

Düşük ve orta gelirli ülkeler ve özellikle bu ülkelerdeki savunmasız topluluklar can ve mal kayıplarına bağlı zararlardan en fazla etkilenenlerdir. Son çeyrek yüzyılda (1980-2004), doğal afet ölümlerinin % 95'inden fazlasının gelişmekte olan ülkelerde meydana gelmiştir ve doğrudan ekonomik kayıplar yıllık ortalama 54 milyar ABD doları olmuştur (Munich Re, 2005). Bu kayıp sürekli olarak artmaktadır ve 2016 yılında 175 milyar ABD dolara ulaşmıştır (Munich Re, 2017). Bu dönemde düşük gelirli ve orta gelirli ülkelerdeki olay başına ölümlerin yüksek gelirli ülkelerdekine göre daha yüksek olmuştur. Yine aynı dönemde gayri safi milli gelirin bir yüzdesi olarak kayıplar da kişi başına gelirle yüksek oranda negatif korelasyon göstermiştir (Şekil 1).

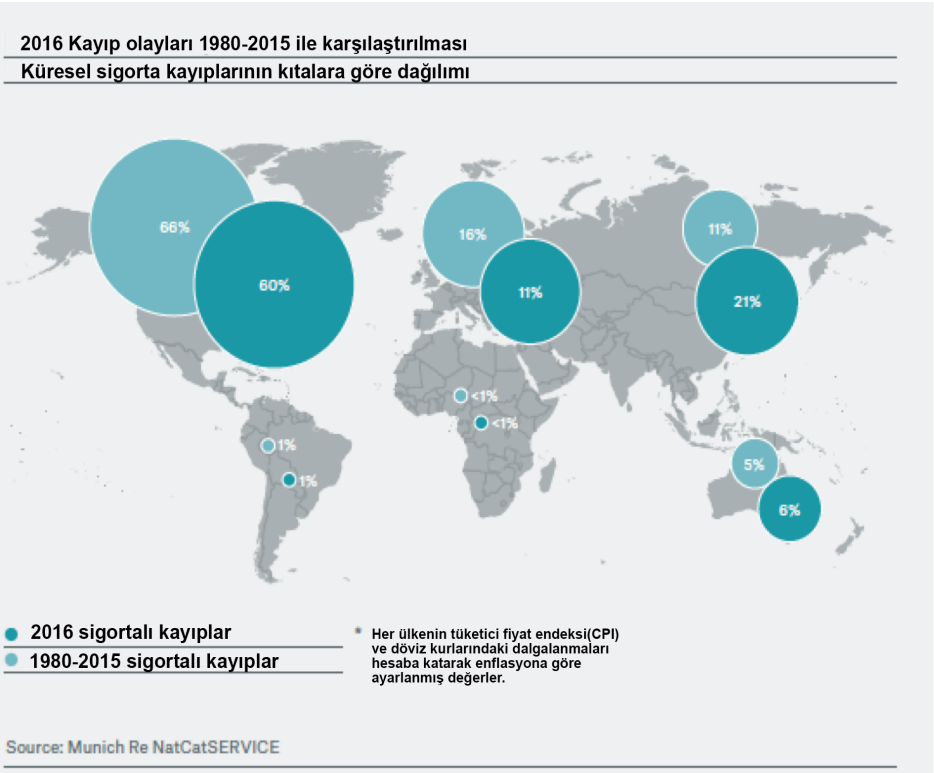
Şekil 1: Doğal afetlerin yükü



Kaynak: Munich Re, 2003

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler sadece doğal afetlerin insani ve ekonomik yükünde değil, aynı zamanda sigorta kapsamında da farklılık göstermektedir. Zengin ülkelerde bu dönemde kayıpların yaklaşık %30'u (GSMH'nın yaklaşık %3,7'si) sigortalanmıştır. Buna karşılık, düşük gelirli ülkelerde kayıpların sadece %1'i (GSMH'nın %12,9'u tutarında) sigortalanmıştır. Bu kayıpların özellikle doğal afetlerle başa çıkma kapasitesi düşük olan ülkelerde genellikle çok önemli olabilecek uzun vadeli dolaylı kayıpları içermediğini unutmamak gerekir. Sigorta eksikliği, vergi matrahları, yüksek borçluluk ve sınırlı bağışçı desteği yardımı ile birlikte, yüksek derecede doğal afete maruz kalan gelişmekte olan birçok ülke, hasar görmüş varlıkların değiştirilmesi veya onarılması ve büyü felaketlerinin ardından geçim kaynaklarının geri kazanılması için yeterli sermaye toplayamamaktadır (Gurenko, 2004). Kuzey Amerika'da doğal afetlere bağlı kayıpların oranı toplam kayıpların %60'ını oluştururken bu oran Güney Amerika ve Afrika'da %1'den azdır. Asya'da özellikle Çin'deki ekonomik gelişmeye bağlı olarak sigortalan mal ve mülk miktarı artmıştır. Buna bağlı olarak da 2016 yılında sigortalanan kayıplarda artış görülmüştür (Şekil 2).

Şekil 2: 1982 ve 2015 yılları arasındaki sigortalanmış kayıpların 2016 yılı ile kıyaslanması



Kaynak: Munich Re, 2017

Afet sonrası sermaye boşluğunun yarattığı sorunlar ve felaket risklerinin küresel finansal piyasalarda fiyatlandırılmasına ve zararların aktarılması için yeni sigorta araçlarının ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu durum gelişmekte olan birçok ülke hükümetinin yanı sıra kalkınma ile kurumlarını, STK'ları ve diğer bağışçı kuruluşları felaket öncesi afet risk yönetiminin bir bileşeni olarak finansal araçları daha ciddi boyutlarda düşünmek için motive etmektedir (Linnerooth-Bayer, Mechler, 2009). Bağışçı tarafından desteklenen pilot sigorta programları hâlihazırda hava koşullarındaki değişkenliğin, aşırı iklim koşullarının ve jeofizik felaketlerin neden olduğu ekonomik kayıplar ve azalmış gelirleri azaltmak için farklı politikaları bir araya getirme potansiyellerini göstermektedir. Bu programlar çiftçilere, mülk sahiplerine ve küçük işletmelere sigorta sağlamanın yanı sıra hükümetlerin karşı

karşıya olduğu riskleri küresel sermaye piyasalarına transfer etmektedir. Aşağıda buna ait bazı örnekler bulunmaktadır.

- Moğolistan'da çobanlar, aşırı kış havası nedeniyle hayvancılık kayıplarına karşı onları korumak için endekse dayalı bir sigorta poliçesi satın alabilirler. Karşılanabilir küçük kayıplar çobanlar tarafından korunurken, daha büyük kayıplar özel sigorta sektörüne aktarılır ve afet boyutlu kayıplar hükümet tarafından desteklenir (bu riskin bir kısmını küresel finansal piyasalara aktarır).
- Türkiye'de daire sahiplerinin, kayıplarının bir kısmını depremden karşılayan sigorta satın almaları gerekmektedir. Politikalar, kısmen koşullu kredi yoluyla risk katmanlarını emen Dünya Bankası tarafından uygun fiyatlı hale getirilmektedir. Bu, uluslararası kalkınma topluluğunun gelişmekte olan bir ülkeye proaktif risk finansmanı desteği sağladığı ilk projedir.
- Karayip Ada Devletleri son zamanlarda kasırga veya deprem sonrasında hükümetlere anında likidite sağlamak için sermaye piyasalarında reasürans alan ilk çok ülkeli felaket sigorta havuzunu oluşturmuştur.
- Bunların ve diğer son sigorta programlarının birçoğu hala pilot aşamada olduğundan ve hiçbiri büyük ve yaygın bir felaket olayı yaşamadığından, ekonomik güvensizliği azaltmada etkinliklerini tam olarak değerlendirmek için henüz çok erkendir. Bununla birlikte, kısa bir faaliyet geçmişine dayanmış olsa bile, etkinlik ve sürdürülebilirliklerinin dikkatli bir şekilde incelenmesi ihtiyacı vardır. Gelişmiş ülkelerdeki afet sigortası sistemleri, özellikle tarım sigorta sistemlerinin yaygın verimsizlikleri ile yoksul topluluklara zarar veren Katrina siklonunu takiben sigorta ihtilafları yakın zamandaki deneyimler tarafından sıklıkla gündeme getirilmektedir. Gelişmekte olan ülkelerin katastrofik olaylara karşı kamu-özel ortaklıkları oluşturmada gelişmiş dünyanın yolunu izleyip izlemeyeceği ve doğal afetlerin gelişimsel boyutlarıyla daha iyi mücadele etmek için hangi sigorta araçlarının ve değişikliklerinin uygun olabileceği en önemli sorundur (Linnerooth-Bayer, Mechler, 2009).

2. AFET RİSKİ YÖNETİMİ

Sigorta araçları, doğal afet risklerini yönetmede birçok seçenekten sadece biridir. Risk yönetiminde birincisi ve tartışmasız en yüksek önceliği, insani ve ekonomik kayıpları önlemeye veya azaltmaya yatırım yapmaktır. Afet önleme birçok şekilde olabilir. Risklere maruziyeti azaltmak, (örneğin arazi kullanım planlaması), güvenlik açığını azaltmak (örneğin, yüksek riskli binaların güçlendirilmesi) veya daha iyi müdahale için kurumlar oluşturmak (ör. acil durum planlaması) gibi yöntemler etkin afet önleme yöntemleridir. Günümüzde risk yönetimi zamanında rahatlama sağlamak ve etkili bir iyileşme sağlamak amacıyla sigorta ve diğer risk finansmanı stratejilerini içermektedir. Afet risk yönetimi bu nedenle risk azaltma ve riskle başa çıkma işlemlerinden oluşur (Linnerooth-Bayer, Mechler, 2009).

2.1. Afet riskinin azaltılması

Aileler ve kurumlar yüksek getirilere sahip olsalar bile bunun çok az bir kısmını afetler önleme faaliyetleri için kullanmaktadırlar. Amerika Birleşik Devletleri'nde, çeşitli çalışmalar depreme ve sele eğilimli alanlardaki hanelerin sadece % 10'unun zarar azaltma önlemlerini benimsediğini göstermektedir (Kunreuther, 2006). Kunreuther bu önlem almama durumunu esas olarak kamu politikaları yoluyla etkilenmesi zor görünen sosyal miyopiye bağlamaktadır. Depreme eğilimli Kaliforniya›daki geniş çaplı kamuoyu bilinçlendirme kampanyalarında bile, risk algısında çok az değişiklik olmuştur. Miyop seçmenlerle karşı karşıya olan politika belirleyiciler, afet risklerini azaltmak için kamu kaynaklarını tahsis etmeye isteksiz görünmektedir. Bu özellikle kalkınma konusunda destekçi kurumlar ve bağışçı kuruluşlar için de geçerlidir (Linnerooth-Bayer, Mechler, 2009).

Bazı tahminlere göre, iki taraflı ve çok taraflı bağışçılar şu anda afet yönetimi fonlarının % 98'ini yardım ve yeniden inşa için ve sadece % 2'sini proaktif afet risk yönetimi için ayırmaktadır. Birkaç istisna dışında, incelenen projeler yüksek fayda-

maliyet oranları göstermiştir. Ancak, afet riskinin azaltılmasının maliyetlerini ve faydalarını değerlendirmek zor ve karmaşıktır. Çünkü bunun araçlarından olan riski değerlendirmek ve bunu ifade etme ile yapılan yatırımlardan geri dönüşen yararlardan para kazanmak gibi araçların nesnel olarak değerlendirilmesi zordur (Linnerooth-Bayer, Mechler, 2009).

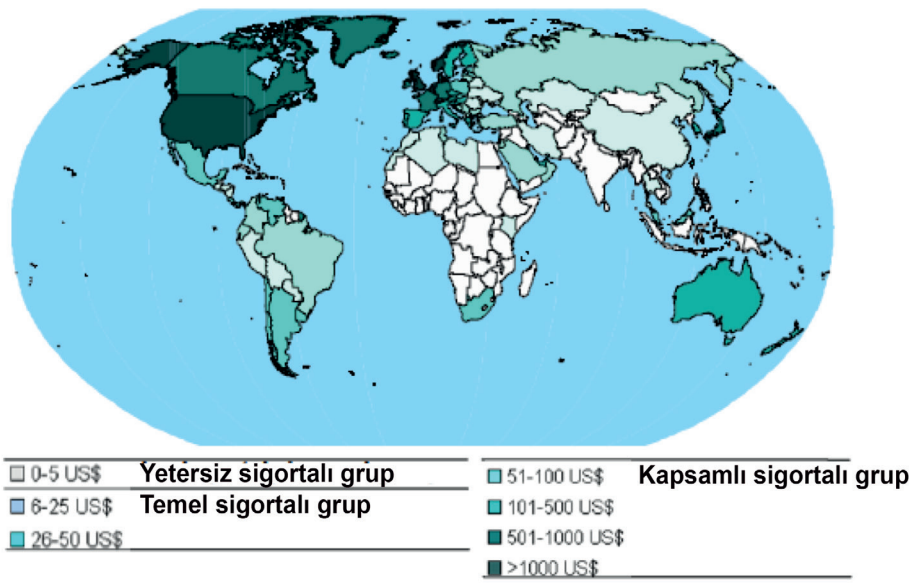
Yüksek düzeyde afete maruz kalmış gelişmekte olan ülkelerde önleme yatırımlarının geri dönüşünde yüksek getirilerin olduğuna ilişkin kanıtların artması, afet riskinin azaltılmasına öncelik verilmesi için önemli bir durum oluşturmaktadır. Bu bağlamdaki en büyük engel, Kofi Annan (1999) tarafından açıkça ifade edildiği gibi, gerekli siyasi iradenin yokluğudur. Afet önleme kültürü oluşturmak kolay değildir. Mevcut durumda önleme maliyetleri ödenmekle birlikte, faydaları uzak bir gelecekte gerçekleşmektedir. Ayrıca, faydalar her zaman somut değildir (Linnerooth-Bayer, Mechler, 2009).

2.2. Afet riski ile başa çıkma

Sigorta ve diğer riskten korunma araçları yoluyla riskle başa çıkma, riskleri yayar ve havuzlar, böylece kayıpların değişkenliğini azaltır, ancak doğrudan azaltmaz. Sigortalı mağdurlar, prim ödemesi karşılığında tazminat sağlayarak etkilenmeyen birçok kişinin katkılarından yararlanırlar. Bu nedenle bir felaket durumunda prim ödemelerinden daha büyük bir katkı alırlar. Ancak, uzun vadede, sigortalı kişiler veya hükümetler kayıplarından önemli ölçüde daha fazla ödeme yapmayı bekleyebilirler. Bunun nedeni, sigorta işlemlerinin ve sigorta şirketleri tarafından potansiyel zararlar (veya reasürans) için ayrılan sermayenin yanı sıra risklerin emilmesi için gereken mali getiriden kaynaklanmaktadır. "Yük", saf riskin (beklenen kayıplar) % 500'ü kadar olabilir. Yine de, insanlar büyük kayıplardan kaçınma nedeniyle sigorta satın alırlar. Sigorta ve diğer risk transfer araçları, riskten kaçınma kavramıyla gerekçelendirilir (Linnerooth-Bayer, Mechler, 2009).

Küresel olarak, afet riskleri için sigorta şirketlerinin farklı nüfuz etme yöntemleri vardır. Amerika Birleşik Devletleri'nde, Avrupa'nın ve Avustralya'nın bazı bölgelerinde, ortalama bir kişi, yaşam sigortası hariç afet kapsamı için kişi başı 5 ABD Dolarından az prim yatırıldığı Afrika ve Asya'nın bazı bölgelerine kıyasla yıllık 500 ABD Doları'nın üzerinde prim ödemektedirler (Şekil 3). Ancak ortalamalar, bölgelerin kendi içinde bile büyük farklılıkları göstermektedir. Örneğin Afrika'da, bazı ülkelerde neredeyse hiç kapsama alanı bulunmamakla birlikte, Güney Afrika'da yukarıda açıklanan kişi başına prim 160 dolardır (Munich Re, 2003; Swiss Re, 2007).

Şekil 3: Yaşam sigortası dışında sigorta primlerinin kişi başına küresel dağılımı

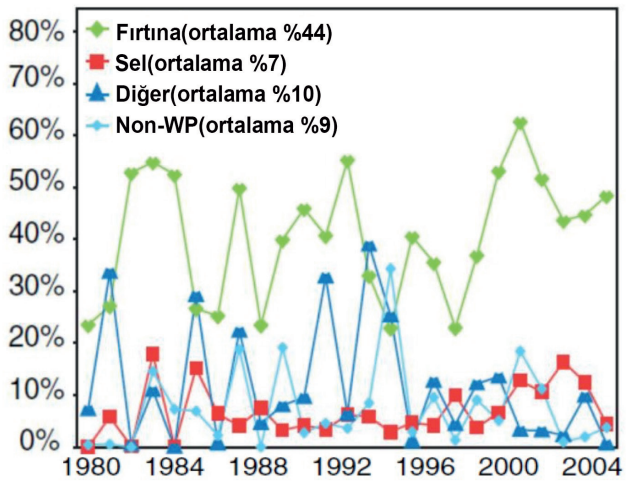


Kaynak: Munich Re, 2003

Ekonomik kayıpların sigortalı olanlarının payı 70'lerde yaklaşık %10'dan 2004'te yaklaşık %25'e yükselmiştir; yine de birçok tehlikeye yönelik genel sigorta girişimleri nispeten düşüktür (Şekil 4). Küresel olarak, fırtına riski (genellikle emlak sigortası ile paketlendiğinden), şu anda sigorta tarafından emilen kayıpların yaklaşık %50'sini ve ardından sel riski için sigorta kayıpların yaklaşık %10'dan karşılanmaktadır. Bu iki afet sigorta sektörünün en fazla nüfuz ettiği afettir. Sigortası şirketleri deprem,

orman yangını, yıldırım düşmesi vb diğer tehlikelere daha az nüfuz etmişlerdir. (Linnerooth-Bayer, Mechler, 2009).

Şekil 4: Farklı tehlikeler için küresel afet sigortası yoğunluğu

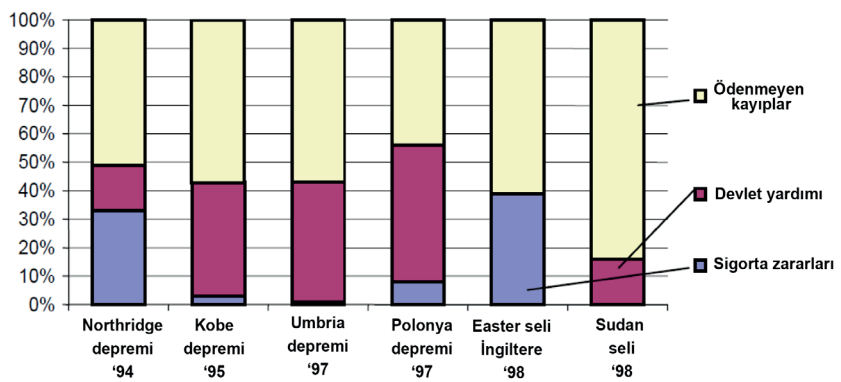


Kaynak: Mills, 2005

Son zamanlarda ortaya çıkan büyük felaketlerin gösterdiği gibi, yüksek gelirli ülkelerde bile hane halkları ve işletmelerde bile zararın giderilmesi büyük ölçüde kamu yardımına dayanmaktadır (Şekil 5). Japonya'da ulusal bir kamu-özel deprem sigorta sistemine rağmen 1995 Kobe depreminden sonra hasarlı veya yıkılmış evlerin sadece %4'ü sigortalı olduğu için zarar giderme ve iyileştirme çalışmaları için hükümet yardımlarına ihtiyaç duyulmuştur. Başka bir örnek olan Amerika Birleşik Devletleri'nde, 1994 Northridge depreminden kaynaklanan toplam doğrudan özel ve kamu kayıplarının yaklaşık %30'u özel sigorta şirketleri tarafından emilmiştir. Federal hükümet afetzedelere ve eyaletlerin kamu altyapısı onarımı için kapsamlı yardım sağlamıştır. Tam tersine, %75 sel sigortası oranına sahip olduğunu iddia eden Birleşik Krallık'ta, hükümet 1998 Paskalya sellerinden sonra afetzedelere pratikte hiç yardım vermemiştir (Linnerooth-Bayer, Mechler, 2009).

Sigorta sektörünün pratikte olmadığı Sudan gibi en az gelişmiş ülkelerde, afetzedelerin 1998'deki şiddetli selden kaynaklanan kayıplarının %80'inden fazlasını kendileri karşılamışlardır. Devlet ancak geri kalanını dışarıdan yardımla karşılayabilmiştir (Linnerooth-Bayer ve Mechler, 2007). Dışarıdan bağışçı yardımı ve mali yardım geçicidir. Yüksek derecede yaygın afetler (ör. 2004 Hint Okyanusundaki Tsunami) dışında yardım genellikle ihtiyaç duyulan şeylerin sadece küçük bir kısmını oluşturmaktadır. 1990'larda Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) Kalkınma Yardım Komitesi tarafından bildirilen insani yardım, alıcı ülkelerdeki afet kayıplarının %10'undan daha azını oluşturmuştur (Freeman et al., 2002). Afet sonrası yapılan yardım düzenlemeleri yardım ve yeniden yapılanma ihtiyaçlarını karşılamak için yeterli değildir. Aynı zamanda geçici ve verimsiz olma eğilimindedirler (Cardenas et al., 2007).

Şekil 5: Doğrudan zararların yüzdesi olarak seçilen afetler için sigorta ve devlet yardımı



Kaynak: Linnerooth-Bayer, Mechler, 2007

Devlet yardımı ve uluslararası yardımın yokluğunda, yoksul afetzedelerin iyileşmelerini finanse etmek için afet öncesi ve sonrası afet düzenlemelerine (genellikle yenilikçi) ihtiyaç duyulmaktadır. Sigorta bu amaç için birçok farklı yöntemden sadece biridir (Tablo1). En olağan finansal yöntem, bir felaketten sonra ihtiyaç duyulan sermayeyi arttırmaktır: Bireyler aileden, mikro kredi kurumlarından veya para ödünç verenlerden alınan acil kredilere, varlık ve arazi satmaya veya

ipotek etmeğe ya da kamu ve uluslararası yardımlara güvenmektedirler. Aynı şekilde, hükümetler afet sonrası sermayeyi diğer bütçelenen programlardan para yönlendirerek, yurtiçinde borç para alarak veya uluslararası finans kurumlarından kredi alarak yükseltirler (Linnerooth-Bayer, Mechler, 2009).

Yerel bazda birçok fon kaynağı, örneğin, komşulardan veya aileden borçlanma, küçük lokal olaylar için oldukça iyi çalışıyor gibi görünse de (Cohen ve Sebstad, 2003), büyük bölgeleri veya aynı anda birçok kişiyi etkileyen felaketler için sorunludur (ko-varyant veya sistemik riskler olarak adlandırılır). Eş-varyant risklere karşı korunmak için, hane halkları aile üyelerini bilerek zarar verici yolların dışında tutabilir veya geçim kaynaklarını çeşitlendirebilir. Ayrıca, riskleri geçici olarak yayan faaliyetler, koşullu tasarruflar veya gıda tedarikleri de düzenleyebilirler. Alternatif olarak, hane halkı / işletmeler ve çiftlikler riski geçici ve mekânsal olarak yayan mülk veya ürün sigortası satın alabilir. Sigorta, düşük gelirli müşterilere karşılanabilir teminat sağlayarak diğer sigorta türlerinden ayrılan mikro sigorta programları ile sağlanabilir. Bireyler gibi, hükümetler de rezerv fonları veya bölgesel havuzlar kurarak ve sırasıyla sigorta veya riskten korunma araçları (örn. Felaket tahvilleri veya koşullu kredi) satın alarak riskleri geçici ve mekansal olarak yayabilirler.

Tablo 1: Afet öncesi ve sonrası risk finans düzenlemeleri

	Varlık kaybı güvencesi (haneler / işletmeler)	Mahsul / hayvan kaybı (çiftlikler) için gıda güvenliği	Yardım ve yeniden yapılanma için güvenlik (hükümetler)
Afet sonrası			
	Acil krediler, borç verenler, kamu yardımı	Karlı varlıkların satışı, gıda yardımı	Dünya Bankaları ve diğer UFK'lardan krediler
Afet öncesi			
Pazar dışı	Akrabalık düzenlemeleri	Gönüllü karşılıklı düzenlemeler	Uluslararası yardım
Zamanlararası	Mikro tasarruf	Gıda depolama	Afet rezerv fonları, bölgesel havuzlar, koşullu kredi
Piyasa bazlı risk transferi	Taşınmaz ve hayat sigortası	Mahsul ve hayvancılık sigortası (ayrıca endekse dayalı)	Sigorta veya afet bonoları (ayrıca endekse dayalı)

Kaynak: Linnerooth-Bayer, Mechler, 2009

Bu risk finansman yöntemlerinin çoğu gelenekseldir. Yine de, en önemlisi endeks sigorta ve felaket tahvilleri oldukça yenidir ve risklerin ve finansal işlemlerin modellenmesindeki yeni gelişmelerle mümkün olmuştur. Konvansiyonel sigorta fiili kayıplara karşı yazılırken, endeks tabanlı (parametrik) sigorta fiziksel veya ekonomik tetikleyicilere karşı yazılır. Endeks tabanlı sigorta, zarara karşı değil, zarara neden olan olaylara karşıdır. Örneğin, ürün sigortası, büyüme mevsiminde kilit noktalarda yetersiz yağış veya bir bölgedeki geçmiş hava olayları ile mahsul verimleri arasındaki korelasyon tarafından belirlenen bir kayıp endeksine dayanabilir. Bir yağmur göstergesi ile ölçülen yağış, mahsul hasarına bakılmaksızın belirli bir seviyenin altına düşerse sigorta şirketi ödeme yapar. Endeks temelli sigortanın en büyük avantajı, özellikle gelişmekte olan ülkeler için, sigorta mekanizmalarının geliştirilmesini engelleyen işlem maliyetlerindeki önemli düşüştür. En büyük dezavantaj, tetikleyicinin meydana gelen kayıp ile korelasyon eksikliği olan temel risktir. Meteoroloji istasyonunda ölçülen yağış yeterliyse, ancak izole çiftçiler için yetersizse, ürün kayıpları için tazminat almayacaklardır (Linnerooth-Bayer, Mechler, 2009).

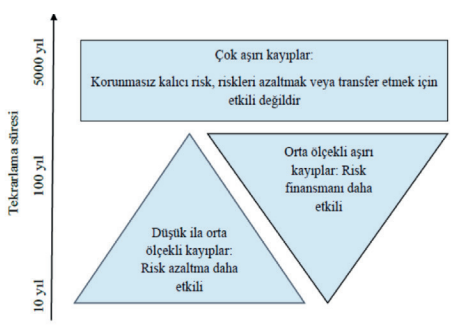
Başka bir yeni sigorta mekanizması olarak, bir felaket bağı, finansal piyasalarda afet risklerinin paketlendiği (menkulleştirildiği) bir araçtır (parametrik veya tazminat bazlı olabilir). Belirli bir felaket belli bir zamanda gerçekleşmediğinde yatırımcı piyasa üstü bir getiri alır ancak olayı takiben faiz veya anaparanın bir kısmını feda eder. Afet riski böylece reasürans piyasasının kapasitesinin kat katına sahip uluslararası finansal piyasalara aktarılmaktadır. Bir diğer avantaj yatırımcılara tahakkuk eder. Yatırım portföylerine felaket riski ekleyerek, doğal afetler hisse senetleri ve ekonomik performansa bağlı diğer yatırımlarla ilişkilendirilmediğinden, gerekli çeşitlendirme artar. Bu ve diğer yeni finansal enstrümanlar için, özellikle ulusal veya uluslararası düzenlemelere ve gözetim altında olmadıkları takdirde de riskler söz konusudur (Linnerooth-Bayer, Mechler, 2009).

2.3. Önleme ve başa çıkma

Afet kayıplarının önlenmesine sigortaya ne kadar yatırım yapılmalıdır? Bu, sonuçta her iki faaliyet türünün maliyetine, faydalarına ve bunların etkileşimlerine (örneğin, teşvikler yoluyla, finansal araçlar önleme faaliyetlerini etkiler) bağlı olan karmaşık bir sorudur. Maliyet ve faydalar, aynı zamanda, tehlikenin ve kayıpların niteliğine (örneğin, meydana gelme olasılığı ve maruziyeti) bağlıdır. Önleme ve sigorta hakkında düşünmenin bir yolu, Şekil 6'daki katmanlama yaklaşımıyla gösterilmiştir. Genel olarak, önleme maliyetleri sonuçların ciddiyetiyle orantısız bir şekilde artar (Linnerooth-Bayer, Mechler, 2009).

Bu nedenle, nispeten sık gerçekleşen düşük ve orta kayıplı olaylar için, önlemek, zararları azaltmada sigortadan daha uygun maliyetli olması muhtemeldir. Dahası, bireyler ve hükümetler düşük etkili olayları (felaketleri) genellikle tasarruf veya felaket rezerv fonları gibi kendi araçlarını ve uluslararası yardımları kullanarak finanse edebilirler. Bunun tersi maliyetli riskle başa çıkma sigorta araçları genellikle felaket tahvilleri ve koşullu kredi düzenlemeleridir. Bu nedenle, bu enstrümanların ağırlıklı olarak ekonomik olarak zayıflatıcı sonuçları (felaketler) olan düşük olasılıklı tehlikeler için kullanılması tavsiye edilebilir. Son olarak, Şekil 6'in en üst katmanında gösterildiği gibi, çoğu birey ve hükümet, örneğin her 500 yılda bir daha az sıklıkta meydana gelen aşırı risklere karşı sigorta yapmanın çok maliyetli olduğunu düşünmektedir (Linnerooth-Bayer, Mechler, 2009).

Şekil 6: Risk azaltma ve riskle başa çıkma için katmanlama yaklaşımı



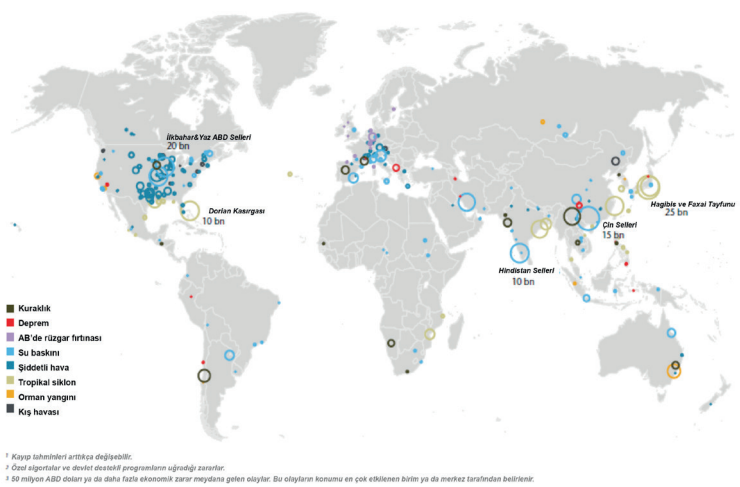
Kaynak: Linnerooth-Bayer, Mechler, (2009)

3. GÜVENLİK VE DOĞAL TEHLİKE TRENDLERİ

2019 yılında, binden fazla doğal tehlike olayı dünya çapında 232 milyar ABD doları zararla sonuçlanmıştır. 2019'teki doğal felaketlerin %90'ından fazlası hava durumu ile ilgili olaylarla bağlantılıydı, ancak sonuçta ortaya çıkan kayıpların sadece üçte biri (71 Milyar dolar) sigortalanmıştır (Şekil 7) (Aon, 2020). Sigorta şirketi Swiss Re'ye göre, 2004'ten 2014'e kadar sigorta şirketleri küresel felaket kayıplarının %30'unu karşılamıştır. Bu dönemde hükümetler, şirketler ve insanlar, yaklaşık 1,3 trilyon ABD dolarlık bir kayıp vermişlerdir (EMCompass, 2016).

Sigorta sektöründen gelen ampirik kanıtlar, hava koşullarına bağlı afetlerden kaynaklanan hasar maliyetlerinin son 30 yılda artmakta olduğunu ve iklim değişikliği fırtına, kuraklık ve sel yoğunluğunu artırdıkça büyümeye devam edeceğini göstermektedir. Bu rakamlar sadece ekonomik kayıpları ve mali zararları detaylandırmakta ve doğal afetlerin yıkıcı insani maliyetlerini yakalamamaktadır (EMCompass, 2016).

Şekil 7: 2019 yılında doğal kayıpların dağılışı



[1] Kayıp tahminleri arttıkça değişebilir.
[2] Özel sigortalar ve devlet destekli programların uğradığı zararlar.
[3] 50 milyon ABD doları ya da daha fazla ekonomik zarar meydana gelen olaylar. Bu olayların konumu en çok etkilenen birim ya da merkez tarafından belirlenir.

Kaynak: Aon, 2020.

4. SİGORTA EDİLEBİLİRLİK İÇİN İKLİM ZORLUKLARI

İklim bilimcileri hala iklim değişikliğinden etkilenen fiziksel ve ekolojik süreçleri anlamaya çalıştıkları için, beklenen hasarların büyüklüğü ve zamanlaması hakkındaki tahminler büyük ölçüde değişmekte, bazı bölgeler diğerlerinden daha iyi anlaşılmaktadır. Artan sera gazı konsantrasyonları ve önemli değişikliklerin zamanlaması nedeniyle iklim ve biyolojik sistemlerin ne kadar hassas olacağına ilişkin belirsizlikler devam etmektedir. Öngörücü modeller hızla ilerlese bile, öngörülemezlik, iklim riskini ele alan bir sigorta yaklaşımı geliştirmede büyük bir engel olmaktadır.

Bazı ek faktörler, doğal afetlerin artan sıklığı ve şiddeti, hızla genişleyen nüfus ve tehlikeye eğilimli alanlarda daha yüksek servet yoğunlukları da dahil olmak üzere iklim değişikliği sigorta ürünlerinin geliştirilmesi ve fiyatlandırılmasını daha da karmaşık hale getirmektedir. İklim riskleri dikkate alınmadan inşa edilen mevcut altyapının sigortalanması da zorlaşmaktadır. Bu faktörler, politika piyasaları ve sigorta endüstrisi için, sigorta piyasalarını ve iklim değişikliğini yönetmek için diğer tedbirleri geliştirirken dikkate alması gereken hususlar açısından önemlidir.

Yine de, gelişmekte olan ekonomilerdeki sigorta piyasalarının ilk aşaması göz önüne alındığında, kısa ve orta vadede iklim ile ilgili risklerin yönetilmesine ve azaltılmasına ve bu risklere maruz kalanların ekonomik ve finansal şoklarının emilimine yardımcı olabilecek araçlar ve finansal ürünler geliştirmesi konusunda önemli fırsatlar bulunmaktadır (EMCompass, 2016).

5. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE KARŞI YENİLİKÇİ SİGORTA ÜRÜNLERİ

Dünya Bankası ve Uluslararası Finans Kurumu, gelişmekte olan pazarlarda ekonomik büyüme için çok önemli olacak yenilikçi sigorta ürünleri yaratmak için büyük çaba sarf etmektedir. Ayrıca, yeni sigorta mekanizmaları geliştirmeye yönelik programlar da dahil olmak üzere, en yeni iklim finansmanı araçlarının tanımlanmasını ve pilot uygulamasını destekleyen "İklim Finansı için Küresel İnovasyon Laboratuvarı"na katılmışlardır. Bu girişimlerin birçoğu erken aşamada olsa da, yakında iklim riski yönetimini teşvik etmek için sigortayı kullanmak için öngörüler ve stratejiler sunabilirler.

5.1. Küçük çiftçiler için endeks sigortası

Endeks sigortası, önceden belirlenmiş bir endeks temelinde yardım parası ödeyerek, 2,5 milyar küçük çiftçisinin gelirini dengelemeye yardımcı olabilir. Bu sigorta için kullanılan endeks, hava veya diğer felaket olaylarından kaynaklanan varlık ve yatırım kayıplarını tahmin etmek için yağış veya hayvan ölüm oranları gibi objektif olarak belirlenmiş göstergeleri izler. Geleneksel hasar değerlendirme ihtiyacını ortadan kaldırmak, çözüm sürecini daha basit, daha hızlı ve daha objektif hale getirir. Endeks sigorta girişimleri tüm dünyada denenmektedir. En büyük çaba Uluslararası Finans Kurumu ve Dünya Bankası tarafından desteklenen 31 ülkede faaliyet gösteren ve toplam 1,3 milyon çiftçiye sigorta sağlayan Küresel Endeks Sigorta Kredisi'nin etkili bir biçimde yaşama geçirilmesidir (EMCompass, 2016).

Hindistan'da, uygun bir düzenleyici ortam ve etkili bir erişim, endeks sigortası kullanan küçük çiftçilerde dramatik bir artışa yol açmıştır. 2012 yılı itibariyle 22 milyon çiftlik, verim bazlı bir endekste ve üç milyon çiftlik ise hava durumu endeksi sigortası kapsamındadır. Hindistan'daki Syngenta Vakfı çiftçilere hava endeksi sigortasını yüksek değerli hibrit mısır tohumları ile birleştiren bir ürün sunmaktadır.

Çiftçiler tarafından ekilen tohumlar, yeniden yetiştirme garantisi ile muson başarısızlığı nedeniyle sigortalanır. Syngenta'nın Kenya'da benzer bir programı vardır. Cep telefonu bankacılığının genişletilmiş kapsamı, işlem maliyetlerini azaltmak ve daha fazla çiftçiye ulaşmak için ürün sigortasını telefon hizmetleriyle birleştirmeyi de mümkün kılmaktadır (EMCompass, 2016).

Başarılı, ticari olarak sürdürülebilir bir endeks sigorta programı oluşturmak, birçok yoksul ülkenin eksik olduğu bir kaynak olan güvenilir yerel hava durumu bilgisine duyulan ihtiyaç da dahil olmak üzere hala birçok zorlukla karşı karşıyadır. Bu olmadan, ödemeler yanlış olabilir ve çiftçiler katılmak istemeyebilir. Başka bir zorluk, daha küçük çiftçilerin prim ödemeye isteksiz olmasıdır. Bu da ekonomik olarak uygulanabilir ve çekici olsa bile bir program için kamu sübvansiyonuna ihtiyaç duyulmasına neden olur (EMCompass, 2016).

5.2. Afete müdahale için egemen risk programları

Afet yardım programları öncelikle devletin sorumluluğundadır ve tropikal siklon ve sel gibi büyük hava olaylarından sonra genellikle bağışçı yardımı sağlanır. Bununla birlikte, sigorta endüstrisinin kamu tarafından desteklenen afet sonrası yardım programlarının tasarlanması ve yönetilmesinde de önemli bir rolü vardır (EMCompass, 2016).

Örneğin Afrika Risk Kapasitesi, katılan Afrika ülkeleri için önceden onaylanmış afet yardım programlarını destekleyen ve risk havuzlaması ve risk transferine dayanan bir programdır. Ödemeler, normal yağmur seviyelerinden yeterince ciddi sapma gibi, önceden kararlaştırılmış bir eşik olayı meydana geldiğinde yapılır. Bu yaklaşım, ülkelere en fazla ihtiyaç duyduklarında, uzun işlem görmeden sermayeye hızlı erişim sağlar. İlk yılında, Afrika Risk Kapasitesi ciddi kuraklık olaylarına yanıt olarak 30 milyon ABD doları kazandı. Dünya Bankası Grubu, özel sigorta şirketleri ile birlikte Karayipler ve Pasifik bölgelerinde de benzer programları desteklemektedir. Özel sigorta şirketleri bu programlara katılmaktan faydalanmaktadır. Çoğunlukla

hükümetlere yönelik olmalarına rağmen, bu programlar ulusal ekonomiye olan kayıpları azaltarak ve toparlanmayı hızlandırarak yerel özel sektöre fayda sağlamaktadır (EMCompass, 2016).

5.3. Enerji, kuraklık ve petrol ithalatı için Uruguay sigortası

Uruguay, yağışa dayanan hidroelektrik santralleri yoluyla önemli miktarda enerji ürettiğinden, normal yağmur seviyelerinden düşük olan dönemlerde ülkede enerji üretimi azalmaktadır. 2012 yılında hidroelektrik üretimi uzun süreli kuraklık nedeniyle düşmüştür ve hükümeti pahalı fosil yakıtlardan elektrik üretmeye zorlamıştır. 2008'deki bir başka kuraklık 900 milyon dolarlık ürün kaybına neden olmuş ve enerjinin kullanılabilirliğini tehdit etmiştir.

2013 yılında Uruguay kuraklığa karşı sigortalamak için Dünya Bankası tarafından kolaylaştırılan ve Swiss Re tarafından yönetilen iklim sigortasını kabul etmiştir. Ülkenin ana su havzaları boyunca 39 istasyon yağışları ölçer ve günlük endeks üretmektedir. Yağış birkaç ayda bir yeniden kurulan minimum endeks seviyesinin altına düştüğünde, sigorta sözleşmesi yürürlüğe girer. Kullanılan para miktarı, kuraklığın ciddiyetine ve ayrıca sigortanın etkinleştirildiği tarihteki petrol fiyatına bağlı olarak değişmektedir (EMCompass, 2016).

SONUÇ

Sigorta ürünleri, özellikle gelişmekte olan piyasalarda, iklim değişikliğinin ekonomik kalkınma risklerini yönetmek ve azaltmak için yenilikçi yöntemler sunan pek çok yaklaşımdan biridir. Sigorta, işletmelere ve tüketicilere iklim ile ilgili olayların getirdiği finansal şoklara dayanma konusunda da yardımcı olabildiği gibi iklim değişikliğinin büyüme üzerindeki etkisini yönetmek için önemli bir bileşen olabilir. Yine de, bu ekonomilerde sigorta piyasalarının oluşturulması ve iklim değişikliği risklerini yöneten ürünlerin geliştirilmesi konusunda zorluklar devam etmektedir (EMCompass, 2016).

KAYNAKÇA

- Aon (2020) Weather, Climate & Catastrophe Insight 2019 Annual Report
- Cardenas, V., Hochrainer, S., Mechler, R., Pfl ug, G., Linnerooth-Bayer, J. (2007). Sovereign Financial Disaster Risk Management: Th e Case of Mexico. Environmental Hazards 7 (2007), 40-53.
- Cohen, M. and Sebstad, J. (2003). Reducing Vulnerability: the Demand for Microinsurance. MicroSave-Africa.
- EMCompass (2016) Innovative Insurance To Manage Climate Risks EMCompass Fresh Ideas about Business in Emerging Markets International Finance Corporatin World Bank Group Note 9
- Freeman, P. K., L. A. Martin, J. Linnerooth-Bayer, R. Mechler, S. Saldana, K. Warner and G. Pfl ug (2002). Financing Reconstruction. Phase II Background Study for the Inter-American Development Bank Regional Policy Dialogue on National Systems for Comprehensive Disaster Management. Washington DC, Inter-American Development Bank.
- Gurenko, E. (2004) Catastrophe Risk and Reinsurance: A Country Risk Management Perspective , London: Risk Books.
- (IPCC (2007) Climate change impacts, adaptation and vulnerability summary for policymakers , Working Group II Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report Climate Change 2007, Cambridge University Press, Cambridge
- Kunreuther, H. (1998). Insurability Conditions and the Supply of Coverage. In H. Kunreuther and R. J. Roth (eds.). Paying the Price: Th e Status and Role of Insurance Against Natural Disasters in the United States. Washington DC, Joseph Henry Press: 17-50.
- Linnerooth-Bayer, J., Mechler, R. and Pflug, G. (2005) 'Refocusing disaster aid', Science 309
- Linnerooth-Bayer, J. Mechler, R. (2007). Disaster Safety Nets for Developing Countries: Extending public-private partnerships, Environmental Hazards 7 (2007), 54-61.

► Linnerooth-Bayer J., Mechler R., (2009) Insurance against Losses from Natural Disasters in Developing Countries DESA Working Paper No. 85 ST/ESA/2009/DWP/8

► Mileti, D.S. (ed.) (1999) Disasters by Design: A Reassessment of Natural Hazards in the United States , Washington DC: Joseph Henry Press

► Mills, E. (2005). Insurance in a Climate of Change. Science, 309, 1040-1044

► Munich Re (2003). NatCatSERVICE. Global distribution of insurance premiums per capita Munich Re, Munich.

► Munich Re (2005) NatCatSERVICE, Natural disasters according to country income groups 1980-2004. Munich Re, Munich

► Munich Re (2017) Topics Geo 2016 Natural catastrophes 2016 Analyses, assessments, positions 2017 issue

► Swiss Re (2007). World Insurance in 2006. Premiums came back to "life". Sigma 4, Swiss Re, Zurich,

► UNISDR (2020) United Nations Office for Disaster Risk Reduction 2019 Annual Report

İKLİM GÖÇÜ

Prof. Dr. İhsan Çiçek

1.GİRİŞ

İklim değişikliği, dünyanın belirli bölgelerini gıda ve su kaynaklarının daha güvenilmez hale gelmesini sağlayarak, sel ve fırtınaların sıklığını ve şiddetini artırarak daha az yaşanabilir yerler haline getirerek nüfus hareketlerine neden olacaktır.

2099 yılına gelindiğinde dünyanın şu anda olduğundan ortalama 1,8 ºC ile 4 ºC arasında olması beklenmektedir. Geniş alanların daha kurak olması beklenmektedir. Sürekli sabit kurak arazi oranının 2050'ye kadar %2'den %10'a yükselmesi beklenmektedir. Bu arada, aşırı kuraklığa maruz kalan arazi oranının, 21. yüzyılın sonunda şu an %1'den %30'a çıkacağı tahmin edilmektedir. Hidrolojik döngü daha yoğun hale geldikçe yağış şekilleri değişecektir. Bazı yerlerde bu, yağmurun sellere düşme olasılığının daha yüksek olacağı anlamına gelir (üst toprağı yıkanmasına ve sellere neden olmak) (Brown, 2008).

Değişen yağış düzenleri ve daha yoğun bir hidrolojik döngü kuraklık, fırtına ve sel gibi aşırı hava olaylarının gittikçe daha sık ve şiddetli hale gelmesi beklenmektedir. Örneğin, Güney Asya musonunun 2050'ye kadar doğu Hindistan ve Bangladeş'te %20 kadar daha güçlü yağışlara neden olacağı tahmin edilmektedir. Tersine, alçak ve orta enlemlerde daha az yağmur beklenmektedir; 2050 yılına kadar Sahra altı Afrika'nın iç kesimlerinde yıllık %10'a kadar daha az yağış olduğu tahmin edilmektedir. Daha az yağmur, büyük ölçüde yağmurla beslenen Sahra altı Afrika tarımı için özellikle ciddi etkilere sahip olacaktır: İkinci Çalışma Grubu'nun 2007 IPCC raporu, yağmurla beslenen tarımdan elde edilen verimlerin 2020'ye kadar %50'ye kadar düşebileceğini tahmin edmektedir. Raporda, "Birçok Afrika ülkesinde ve bölgesinde gıdaya erişim de dahil olmak üzere tarımsal üretimin, iklim değişkenliği ve değişimden ciddi şekilde etkileneceği öngörülmektedir".

İklim değişikliğinin daha yaygın yetersiz beslenme ve ishal hastalıklarına ve sıtma sivrisinek gibi bazı hastalık bulaşma vektörlerinin dağılımına yol açan çeşitli sağlık

problemlerini kötüleştireceği tahmin edilmektedir. Bu arada, dünya nüfusunun altıda birini oluşturan ağırlıklı olarak Hindistan alt kıtasında, Çin ve And bölgelerinde olmak üzere eriyen buzullar nemli mevsimde sel riskini artıracak ve kurak mevsimlik su tedariklerini, azaltacaktır. Eriyen buzullar, özellikle Nepal, Peru ve Butan gibi dağlık ülkelerde buzul gölü taşması riskini artıracaktır (Stern, 2006).

Küresel ortalama deniz seviyesinin, kıyı karalarının yükselmesi ve çöküşünü hesaba katmasının ardından, 2030'a kadar 8 cm ile 13 cm arasında, 2050'ye kadar 17 cm ile 29 cm arasında ve 2100'e kadar 35 cm ile 82 cm arasında yükseleceği tahmin edilmektedir (modele ve kullanılan senaryoya bağlı olarak). Büyük delta sistemleri özellikle sel riski altındadır. Deniz seviyesinin yükselmesi sonucunda kıyı sulak alanlarının azalması öngörülmektedir. Yüksek emisyon senaryosu ve yüksek iklim duyarlılığı için sulak alan kaybı, 2050'ler ve 2100'lere kadar dünyadaki mevcut kıyı sulak alanlarının sırasıyla %25'i ve %42'si kadar yüksek olabilir (Brown, 2008).

Gelecekteki emisyon senaryosuna bağlı olarak, yılda su basmasından etkilenen insan sayısının 2050'lerde yılda 10 ile 25 milyon arasında ve 2100'lerde yılda 40 ile 140 milyon arasında olması beklenmektedir. Yukarıdaki çığ gibi istatistik basit bir gerçeğe dönüşmektedir mevcut eğilimlerde dünyanın büyük bölümlerinin "taşıma kapasitesi", yani farklı ekosistemlerin insan nüfusu için yiyecek, su ve barınak sağlama yeteneği iklim değişikliğinden ödün verilecektir. (Brown, 2008).

2. İKLİME BAĞLI GÖÇÜN ZORLUĞU

Medyada çok yer kaplayan bir konu, Tuvalu, Kiribati ve Marshall Adaları Cumhuriyeti ve Hint Okyanusu'ndaki Maldivler gibi Pasifik ada ülkeleri gibi birçok küçük ada ülkesinin pratik olarak yaşanamaz (veya ekonomik olarak yaşanmaz) ve aslında sonunda tamamen su altında kalma riskiyle karşı karşıya olmalarıdır. Bununla birlikte, iklim değişikliği nedeniyle en büyük risk altında olduğuna inanılan küçük ada ulusları, iklim kaynaklı göçün daha büyük bir planında küçük bir kısım içermektedir. Yukarıda belirtilen dört ada ülkesi yaklaşık 500.000 kişilik bir nüfusa sahiptir. Birleşmiş Milletler Ülke İçinde Yerinden Olmuş Kişiler için İnsan Hakları Genel Sekreteri, iklim kaynaklı göçe neden olabilecek durumlar hakkında yararlı bir rapor hazırlamıştır. Bu raporda göçe sebep olan faktörler; (1) sel veya fırtına gibi "ani başlayan felaketler", (2) deniz seviyesinin yükselmesi ve tatlı suyun artan tuzlanması gibi "yavaş başlayan afetler", (3) belki de yavaş başlayan bir felaketin özel bir örneği olan batan "küçük ada devletleri" (4) çevresel tehlikeler nedeniyle "insan yerleşimi için çok tehlikeli yüksek riskli bölgeler" ve (5) içme suyu gibi doğal kaynakların tükenmesinden kaynaklanan "ciddi derecede rahatsız edici kamu düzeni, şiddet ve hatta silahlı çatışmayı" şeklinde sıralanmıştır (Kalin, W., 2010).

İklim değişikliğinin çok sayıda göçmenle sonuçlanıp sonuçlanmayacağı konusunda bazı tartışmalar vardır. Daha kuşkucu olan, iklim değişikliğinin etkileri ve insanların göç etmek zorunda kalmadan uyum sağlayabilecekleri konusunda yeterince bilgimiz olmadığını düşünerek, tahminlerin belirsiz temellere dayandığını savunmaktadır. Diğerleri, genellikle göçmenlik kararlarını tetikleyen çeşitli faktörler nedeniyle, çok sayıda göçmeni iklim değişikliğine atfetmeye itiraz etmektedir. Bu faktörler genellikle göçmenleri evlerinden çıkmaya teşvik eden "itici" faktörler (ekonomik koşullar gibi), belirli bir hedefi (daha iyi ekonomik koşullar ve mevcut ailenin varlığı gibi) tercih etmelerini teşvik eden "çekme" faktörleri ve diğer faktörler (seyahat maliyeti ve göçü kolaylaştıran veya caydıran hükümet politikaları dahil) olarak özetlenir. İklim değişikliği veya çevresel koşullar daha genel olarak "itici" faktörler kategorisine uygundur. Bu bağlamda, yasal veya politika amaçlı olarak, iklim

değişikliğinin bir göç nedeni olarak kabul edilmek üzere göç etme kararında tek veya temel faktör olup olmadığı sorusu ortaya çıkmaktadır. Haksız fiil hukukunda, sonucun ortaya çıkmasının tek nedeni olmasa bile bir şey sonucun bir nedenidir (Leal-Arcas R., 2012).

İklim göçmenlerinin çoğunun kendi ülkelerinde hareket etmeleri beklenmektedir ki bu durum iklim değişikliğine en azından bir miktar göç atfedebilir. Ancak, iklim kaynaklı bazı göçlerin uluslararası hareket etmeyi gerektirmesi muhtemeldir. Örneğin, küçük ada uluslarının yaşanmaz hale gelmesi ya da ağır tehlike altında olması halinde vatandaşlarının diğer ülkelere yerleşmeleri gerekecektir. Diğer ülkelerde, insanlar iklim değişikliği nedeniyle yaşanabilir kara kütlelerinin veya kaynakların ciddi şekilde tükendiği ve bu nedenle uluslararası olarak taşınmaları gereken durumlarla karşılaşabilirler. Genel olarak iklimden en ciddi şekilde etkilenecek olan son derece yoksul olanlardır. Yoksulluk onları daha az esnek hale getirdiğinden ve uyum sağlama yeteneklerini engellediğinden, yoksul nedeniyle hepsi daha savunmasızdır. Yoksulluk, sınır ötesi seyahati çok daha kolaylaştıran kaynaklara, desteğe ve bilgilere erişemedikleri için, özellikle başka ülkelere taşınma nedeniyle yer değiştirmeyi de zorlaştırmaktadır. İklim değişikliği mağdurları iklim göçmenleri olarak başka bir yerden uluslarından taşınmaya zorlanırlarsa, hem ulusların hem de vatandaşlarının yasal statüsü hakkında geleneksel uluslararası yasalar altında eşi görülmemiş sorular ortaya çıkar. Örneğin, vatandaşları başka bir ülkenin sınırları içinde yaşıyorsa, kötüye giden bir Devlet uluslararası hukukta egemenliği koruyabilir mi? Arazi tamamen su altında kalmışşa ve sadece yaşanmaz hale gelirse bu sorun nasıl değişir? Yolsuzluğa uğramış bir ulusun vatandaşları ne olacak? Herhangi bir yeni destinasyonda ikinci bir vatandaşlığa erişimi olacak mı? Uluslararası sistemlerde, yerinden yurdundan edilen Devletler için sınırlı emsal vardır. Avustralya ve Yeni Zelanda, iklim değişikliğinin sonuçlarına maruz kalan komşu ülkelerden insanları almayı zaten kabul etmişlerdir. Öte yandan Hindistan, gelecekte Hindistan'a gelecek çok sayıda Bangladeşli iklim göçmeni ile karşı karşıya kalmaktan endişe duymaktadır (Leal-Arcas R., 2012).

2.1. Mülteci Kanunu

1951 tarihli BM Mültecilerin Statüsüne İlişkin Sözleşme'deki mültecilerin tanımına göre, iklim değişikliği göçmenleri büyük olasılıkla mülteci olarak nitelendirilmeyeceklerdir. Bu nedenle, Sözleşme tarafından sunulan korumalardan yararlanamazlar veya Sözleşme tanımını izleyen ve mültecilere daimi ikamet durumu sağlayabilecek ulusal göç yasaları uyarınca mülteci statüsü talep edemezler. Mülteci Konvansiyonundaki bir mültecinin tanımı, "ırk, din, uyruk, belirli bir sosyal gruba üye olma ya da siyasi görüş nedeniyle zulüm görme korkusu nedeniyle ve böyle bir korku nedeniyle, o ülkenin korunmasından faydalanmak istemez veya bu tür olaylar sonucunda uyruklu olmayan ve eski alışkanlığının bulunduğu ülke dışında bulunmayan, böyle bir korku nedeniyle geri dönmeye istekli olmayan uyrukluğunun ülkesi dışında olan bir kişidir"(1951 Mülteci Sözleşmesi, Madde 1 (A2). Bu nedenle, iklim değişikliğinin bir sonucu olarak göç edenlerin bu tanım kapsamında mülteci olarak görülmeleri olası değildir, çünkü "zulüm" olarak görülmeleri olası değildir. Mülteci Sözleşmesi'nde beş zulüm nedeni listelenmiştir: ırk, din, uyruk, belirli bir sosyal gruba üyelik ve siyasi görüş. Dolayısıyla, iklim değişikliği bir zulüm biçimi olarak görülse bile, göçmenlerin zulüm görmesi olası değildir. Ayrıca Sözleşme tanımı, mülteci statüsü iddiasında bulunanların vatandaşı oldukları ülkenin dışında olduğunu da belirtmektedir. Bu nedenle, iklim değişikliği mağdurları listelenen gerekçelerden birinde zulme maruz kaldıklarını gösterebilseler bile, Mülteci Sözleşmesi kapsamında mülteci statüsü talep edebilmek için ülkelerinden ayrılmak zorunda kalacaklardı (Leal-Arcas R., 2012).

3. İKLİM GÖÇÜ ÖRNEKLERİ

3.1. Hızlı ve Ani Gelişen İklim Değişikliği Etkilerine Bağlı Olarak Gerçekleşen Göçler

2005-2014 yılları arasında EM-DAT (Uluslararası Afetler Veritabanı) tarafından kaydedilen yılda ortalama 335 hava durumu kaynaklı felaket; 1995-2004 yıllarına kıyasla %14'lük bir artışa tekabül ederken, 1985-1994 yılları arasında kaydedilen seviyenin neredeyse iki katına denk gelmektedir. Dünya Meteoroloji Örgütü'nün Marakeş'te düzenlenen BM İklim Konuşmaları'ndaki raporuna göre 2011-2015 yılları arasında gerçekleşen başlıca uç hava olaylarının %50'sinden fazlası insan kaynaklı küresel ısınmanın parmak izlerini taşımaktadır. Örgüte göre 2011-2015 döneminde iklim değişikliği nedeniyle meydana gelen felaketlerde 300.000 kişi hayatını kaybetmiştir. Bu felaketlerin başlıcalarını 2010-2012 yılları arasında Batı Afrika'da yaşanan kuraklık, 2013'de Filipinler'de meydana gelen tropikal siklon ve 2015'te Hindistan ve Pakistan'ı vuran sıcak hava dalgaları oluşturmaktadır (Hood 2016). Benzer şekilde ani başlangıçlı felaketler 2017 yılında Doğu Asya ve Pasifik'te kaydedilen iç göçlerin çoğunu tetiklemiş, afetler yüzünden 8,6 milyon insan yerinden olmuştur ki bu aynı yılın küresel toplamının %46'sını oluşturmaktadır (IDMC, 2018b; Ilık Bilen, 2019).

3.1.1. Seller ile İlintili Göç Hareketleri

İklim değişikliği, yoğun yağış vakalarının sıklığını ve miktarını artırmaktadır. Meydana gelen seller tarım ürünlerine, hayvancılığa büyük zararlar verebilirken kimi zaman insanların tüm yaşam olanaklarını ve geçim kaynaklarını kaybetmesine neden olmaktadır. Benzer şekilde, seller kanalizasyon vb. altyapı sistemlerinin zarar görmesine, buna bağlı hastalıkların yayılmasına ve yine geçim kaynaklarının kaybedilmesi ya da zarar görmesine bağlı ekonomik sıkıntılara yol açmaktadır. Sel sonrası kurtarma ve iyileştirme araştırmasında, uzun vadeli göç vakalarına

bakıldığında hane halklarının %10'unun sellerden bu yana göç ettikleri ve bu göçmenlerin %57'sinin göçün ana nedeni olarak selleri gördüğü görülmektedir (Oudryvd, 2016; Ilık Bilen, 2019).

Aşırı yağışlar sonucu yaşanan sellere bağlı göçlerin gözlendiği bölgelerin başında Asya Pasifik gelmektedir. Asya ve Pasifik bölgesinde işgücü hareketliliği, gelir çeşitliliği, aile yeniden birleşmesi gibi birçok faktörün yanı sıra çevresel değişimler nedeniyle göçler yaşanmakta ve iklim değişikliğinin çevresel değişimi önemli oranda artırdığı düşünülmektedir. 2010-2011 döneminde hızlı ve ani gelişen hava olayları ve çevresel felaketler sonucu 42 milyon insanın yerinden olması gibi, iklim değişikliği nedeniyle Asya'nın mega kentlerinin maruz kalacağı tekrarlayan sel baskınları sonucu göç vakalarının daha da artacağı öngörülmektedir (ADB, 2012). Bu öngörülerin haklılığı her geçen yıl daha iyi anlaşılmaktadır. Zira 2017 yılı Haziran ve Temmuz ayları arasında Güney Çin'de meydana gelen Hunan selleri felaketi, bölgenin en büyük yer değiştirmesini tetiklemiş, 1.620.000'den fazla insan yerinden olmuştur. Diğer su baskınları nedeniyle de güney illerinde 547.000 kişinin yer değiştirdiği bilinmektedir (IDMC, 2018b; Ilık Bilen, 2019).

Özellikle kış aylarında artan sıcaklık, yoğun yağış olaylarının sıklığının artması, yağışlı gün sayısının ve yağış miktarının azalması, aşırı hava olaylarının sıklığının ve yoğunluğunun artması gibi iklim değişikliğinin birçok etkisinin görüldüğü Tayland'da, 2010 yılında şiddetli kuraklık ve su sıkıntısı nedeniyle 51 il afet bölgesi ilan edilmiş, 2011 yılında şiddetli yağışlar sonucu birkaç milyondan fazla insan taşkınlardan etkilenmiştir (Sakdapolrak, 2014). Bu bağlamda yürütülen TransRe projesi Tayland'daki kırsal toplulukların iklim değişikliği, göç ve sosyal dayanıklılık ilişkisini incelemekte ve hali hazırda devam eden göçe dair ampirik kanıtları artırmaya çalışmaktadır (Sakdapolrak, 2014; Ilık Bilen, 2019).

Öte yandan Uluslararası Göç Örgütü Bangladeş'in "son 25 yılda 45 milyon kişinin yerinden edilmesine neden olan altı şiddetli sele maruz" kaldığını belirtmektedir (Khatun, 2013). 1998 selleri Bangladeş'in %61'ini sular altında ve 45 milyon insanı evsiz bırakmış, 2007'de Sidr Siklonu 650.000 kişiyi, 2009'da ise Bijli ve Aila Siklonu

862.000 kişiyi yerinden etmiştir (Mortreux and Adams, 2015). Bu gibi felaketlerden sonra göç hareketleri kısa mesafeli ama çok sayıda insan grubu tarafından gerçekleştirilmekte olup, insanlar balıkçılık ve çiftçilik gibi geçim kaynaklarını geri kazanmanın zor olduğunu düşünerek, bir uyum aracı olarak göç etmeyi tercih etmekte ve istihdam arayışıyla kentsel alanlara göç etmektedir (Mortreux ve Adams, 2015). Bangladeş'teki alan araştırmaları, sellerin hane halklarının temel geçim ve gıda güvenliği sıkıntılarını daha da kötüleştirdiğini göstermektedir. Hali hazırda kırsal yoksullukla başa çıkmak adına aile üyelerinden birinin göç etmesi pratiğini, iklim değişikliğinin getirdiği çevresel değişimler daha da artırmaktadır. Bunu destekler bir biçimde bir diğer araştırma, Bangladeş'te kırdan kente gerçekleşen göçlerin üçte birinin ekilebilir alan kaybı yaratan artan seller yüzünden gerçekleştiği ve iklim değişikliğinin, ekonomik kaynaklı göç hareketlerine ikincil faktör olarak katkıda bulunduğunu tespit etmiştir (Ilık Bilen, 2019).

Sri Lanka'da ise, 2017 yılında meydana gelen sel ve toprak kayması felaketleri sonucu 135.000 kişi yerinden olmuş, ülkenin afet yönetim merkezi birçok bölgede insanları resmi sığınaklara sığdırmakta oldukça zorlanmıştır. Kuşkusuz yerinden edilen bu insanların büyük bir bölümünün geri dönecek evleri artık bulunmamaktadır. Zira, 2008'de Nepal'de meydana gelen selin üzerinden geçen 6 ayın ardından 25.000 insanın hala kamplarda ve kamp benzeri yerlerde kalmakta olduğu tespit edilmiştir (IOM, 2009). Diğer taraftan, nehir taşkınları, aşırı yağışlar, azalan su kaynakları ve toprak kaymalarından oldukça etkilenen Nepal'de yapılan alan araştırmasında; örneklenen hane halklarının iklim değişikliğini, göçün doğrudan bir tetikleyicisi olarak algılamadıklarını göstermektedir, ancak iklim değişikliğinin ve çevresel bozulmanın etkilerinin bir tezahürü olabilecek geçim koşullarındaki belirsizliklerin, insan hareketliliğine dolaylı yoldan neden olabileceği görülmektedir (IOM, 2017; Ilık Bilen, 2019).

Afrika ve Ortadoğu'da iklim değişikliği etkileri arasında kuraklık açık ara önde olsa da artan sel vakaları da önemli ölçüde insan hareketliliğine neden olmaktadır. İklim değişikliği sonucu artan kuvvetli yağışların neden olduğu sellerin yaşandığı bölgelerden biri, Angola'nın doğu ve güney kısımlarıdır. Gelişmelere afet riski

yönetimi, acil müdahale ve afet riski azaltımı gibi yöntemlerle cevap vermeye çalışan Angola'da, meydana gelen göç türünün iç göç olduğunu söylemek mümkündür (IOM, 2009). Normal seviyelerin üzerinde bir yağışın düştüğü üçüncü yıl olan 2009 yılında aşırı yağışlar sonucu meydana gelen sel ve nehir taşkınları nedeniyle evler yok olmuş, gıdaya erişim sıkıntıları yaşanmış, sosyal ağlar zayıflamış ve çok sayıda insan yerinden olmuştur. Yağışlarda yaşanan istikrarlı artış barınacak daha güvenli yerlerin oluşturulması ve tarımsal faaliyetlerin uyarlanması yoluyla gıda güvenliğinin sağlanması için yeni yollar düşünme gereksinimini ortaya çıkarmaktadır (IOM, 2009; Ilık Bilen, 2019).

Aşırı yağışlardan ve dönemsel sellerden nasibini alan bir diğer bölge Etiyopya'dır. Ani ve yoğun yağışlardan kaynaklanan sel felaketleri bir gecede nehirlerin taşmasına, insanların yerleşim yerlerini terk etmek zorunda kalmasına yol açmaktadır. Bu değişen yağış rejimi sonucunda son beş yılda 170.000 kişi yerinden olmuş, 2750 hayvan telef olmuş, 6500 hektarın üzerinde arazi kaybı yaşanmıştır (IOM, 2009). Öte yandan, Mozambik'te aşırı yağışlar sonucu Zambezi nehrinde meydana gelen taşkınlar 2001 yılında 220.000, 2007 yılında 110.000 ve 2008 yılında 80.000 insanın göç etmesine neden olmuştur (Faistve Schade, 2013). Mozambik'te yaşanan iklim aşırılıkları uzun süren gecikmiş veya düzensiz yağışlara neden olmakta, bu da nehir yatakları boyunca üretim yapan aileler üzerinde baskı oluşturmakta ve sellere maruz kalma oranını artırmaktadır (IOM, 2009; Ilık Bilen, 2019).

Ağustos 2007'de Gana'da, ülkenin ürünlerini ve altyapısını harap eden ve 330.000 kişinin yerinden olmasına yol açan benzeri görülmemiş bir sel yaşanmıştır (Hamro-Drotz, 2014). Takip eden yıl meydana gelen tropikal fırtına ve seller sonucunda ise Yemen'de Birleşmiş Milletler Ülke Ekipleri (UNCTs) tarafından yapılan ön incelemede, 700.000 insanın göç ettiği tespit edilmiştir (IOM, 2009). Görüldüğü üzere, seller ve taşkınlar, geçim kaynaklarını ve geniş coğrafi alanları etkileyen kuraklık gibi yavaş başlangıçlı felaketlerin aksine, belirli alanları etkileyen ve binalara, tarım alanlarına ve altyapıya zarar veren ani gerçekleşen felaketlerdir. Sahra'da kuraklık kaynaklı yer değiştirmeler aşamalı bir biçimde gerçekleşmekte ve temelde çiftçileri ve çobanları etkilemekteyken, seller ve taşkınlar kaynaklı yer değiştirmeler daha ani bir biçimde

gerçekleşmekte ve hem kırsal hem de kentsel bölgeleri etkilemektedir (McLeman et al., 2016). 2016 yılında ani başlangıçlı felaketlerin Afrika'da neden olduğu 1,1 milyon yerinden edilmenin %97'si hava ile ilgili felaketlerden kaynaklanmıştır ki bu oran 2008'den bu yana kaydedilenlerle tutarlılık göstermektedir. Felaketlerin %90'ını seller oluşturmuş ve toplamda 977.000 insanı yerinden etmiştir (IDMC, 2017). Aşırı hava olaylarının sıklığını ve yoğunluğunu artıran iklim değişikliğinin kıtada sadece kuraklık nedeniyle insani acil durumları zorlaştırmadığı görülmektedir (Ilık Bilen, 2019).

Benzer şekilde, 2014 yılı Brezilya'da bugüne kadar kaydedilen en kurak yıllardan biri olsa ve ülkenin en kalabalık yerlerindeki su rezevleri neredeyse tükenmiş olsa da seller ve heyelanlar artarak görülmeye devam etmektedir (Ramoset al., 2016). 2017 yılı boyunca Amerika kıtasında meydana gelen çok sayıda selden en çok etkilenen ülkelerden Arjantin, Bolivya, Kanada, Guatemala, Nikaragua, Paraguay, Peru, Uruguay ve ABD'de kıta boyunca çok sayıda yer değiştirme meydana gelmiştir. Son 20 yılın en kötüsü olarak adlandırılan Peru'daki selin, 295.000 civarında insanı yerinden ettiği bilinmektedir (IDMC, 2018a). Benzer şekilde, 2013 yılı Ekim ve Kasım aylarında İngiltere'de yağışlar ortalamanın üzerinde gerçekleşirken; 2014 Ocak ayındaki yağış miktarı 1910'dan bu yana kaydedilen, şubat ayı yağış miktarı ise 1923'ten bu yana kaydedilen değerlerde rekor kırmış ve yaşanan seller sonucunda 2014 Nisan ayının başında hala sular altında olan bölgeler görülmüştür (Gemenne et al., 2014). Bunun sonucunda kimisi geçici kimisi kalıcı yer değiştirmeler olmak üzere binlerce hanehalkı tahliye edilmek zorunda kalınmıştır (Gemenne et al., 2014). Takip eden 2015 yılında ise Çin'in güney ve doğusundaki 9 şehirde etkili olan kuvvetli yağışlar sonucu yaşanan seller nedeniyle 518.000 kişi, mayıs ayında evlerini terk etmek zorunda kalmıştır (IDMC, 2016). Aynı yıl dünya genelinde 8,3 milyon insan seller nedeniyle yerinden olmuştur (IDMC, 2016). 1995-2016 yılları arasında meydana gelen sel olayları ise toplamda 2,3 milyar insanı etkilemiştir (Ilık Bilen, 2019).

3.1.2. Fırtınalar ve Tropikal Siklonlar ile İlintili Göç Hareketleri

Her ne kadar yönetilmeyen havzalardaki uzun vadeli kayıtların yetersizliğine bağlı delillerin gücünün sınırlı olması, sellerinin sıklığı ve büyüklüğündeki artışları insan kaynaklı iklim değişikliği ile ilişkilendirmeyi güçleştirse de, bunun fırtına ve tropikal siklonların sıklığının ve büyüklüğünün artmasındaki rolü daha nettir. Küresel ısınma tropikal siklonların temel enerji kaynağı olan su buharında değişiklik yaratarak onları etkilemektedir. "Hem teorik hem de bilgisayarla yapılan modellemeler daha sıcak bir okyanusun tropikal siklonların gücünü artırabileceğine işaret etmektedir. Çünkü ilave buharlaşmayla atmosfere daha fazla su buharı eklenir". 1995-2016 yılları arasında hava koşullarıyla ilişkili felaketlerin en ölümcül tipi olan fırtınalar 242.000'den fazla insanın ölümüne neden olmuştur. Bir olayın iklim değişikliğine atfedilebilir olup olmadığını belirlemek için daha uzun bir zaman aralığı gerekmekle birlikte, mevcut olayları dizisi küresel ısınma nedeniyle daha sık ve daha yoğun aşırı hava olaylarının yaşanacağını iddia eden IPCC'nin projeksiyonları ile eşleşmektedir (Ilık Bilen, 2019).

Büyük ölçekli tahribat potansiyeline sahip tropikal siklonların yaygın olduğu Karayip havzasında 1998 ve 2005 yıllarında gerçekleşen Mitch ve Katrina Siklonu büyük ölçekli yerinden olmalara ve bir dizi göçe iyi bilinen iki örneği oluşturmaktadır. Mitch Siklonu 2 milyon insanı yerinden ederken, Katrina Siklonu sonrasında sadece Teksas 150.000 yerinden olmuş insanı kabul etmiştir (McLeman, Hunter 2010). Landry vd.'nin yapmış olduğu çalışmada, Katrina Siklonu sonrasında 70.000 kadar yoksul siyahi sakinin New Orleans'ı terk edemediği ve terk edenlerden de geri dönebilenler arasında siyahilerin en küçük grubu oluşturduğu görülmüş; benzer şekilde Smith ve McCarty'nin 1994'te Florida'nın bir bölümünü vuran Andrew Siklonu'nundan sonra yer değiştirenler üzerine yaptığı araştırmada devletin zengin güney kesiminde yaşayan insanların yoksul kuzey kesiminde yaşayan insanlardan çok daha fazla göç ettiğini tespit etmiştir (Faist and Schade, 2013). Bir diğer örnek Amerika kıtasının diğer ucundadır. Alaska'da 2007 yılında meydana gelen fırtına sonucu 250 sakinin yerlerini terk etmek zorunda kalmasının ardından tehcir

planlama sürecini başlatmak için devlet finansmanı tahsis edilmeye başlanmıştır (Afifi ve Jäger 2010). Benzer şekilde, 2017 yılında Harvey, Irma ve Maria siklonları Atlantik ve Karayipler'de birçok rekoru kırmıştır (2018b, Ilık Bilen 2019). Irma siklonunun yaklaşması üzerine Florida valisi Miami'deki milyonlarca insandan şehri tahliye etmesini isterken; Harvey siklonu Teksas'ta benzeri görülmemiş sellere neden olmuş ve Teksas'ta on binlerce insanı, ABD genelinde ise 848.000 kişiyi yerinden etmiştir (IDMC, 2018b). Özellikle Porto Riko adasını vuran Maria siklonu ise şehir merkezlerini tahrip ederek onbinlerce kişiyi yerinden ettiği görülmektedir (IDMC, 2018b; Ilık Bilen, 2019).

Haiyan siklonu Filipinler'in farklı bölgelerinde yaklaşık 4,1 milyon insanı yerinden etmiş, bunların yalnızca %2'si (100.000) 381 tahliye alanından birine yerleştirilebilirken yaklaşık 4 milyon insan bu tahliye tesislerinin dışında kalmış ve akrabalarına ya da komşu barınaklara sığınmışlardır (Gemenne et al., 2014). Siklonun vurduğu ülkenin en yoksul ve en az gelişmiş bölgeleridir ve krizle başa çıkma kapasitesi çok düşük olan bu bölgelerden göçler bir haftanın ardından iyice artmış ve IOM'un raporuna göre Tacloban'dan ayrılan kişi sayısı günlük 10.000'e ulaşmıştır (Gemenne et al,. 2014). 7000'den fazla kişinin ölümüne neden olan siklondan bir buçuk yıl sonra dahi hükümet, 205.128 hanehalkının evlerinin güvensiz bölgelerde yer alması nedeniyle yer değiştirmesi gerektiği tespitinde bulunmuştur (Sherwood et al., 2015). Benzer şekilde daha önce Filipinler'de meydana gelen ve 2,19 milyon insanı etkileyen Durian siklonu sonucunda da 20,788 aile yani 101,000 insan 338 tahliye merkezinde sığınma talebinde bulunmuştur (IOM, 2009). 2015 yılında da Filipinler artan hava felaketlerinden nasibini almış, önceki yıllara benzer şekilde çok sayıda siklon meydana gelmiş ve en güçlü üç fırtına iki milyon insanı yerinden etmiştir. En şiddetlisi olan Koppu siklonu ülkenin en büyük ve en kalabalık adası olan Luzon'u ekim ayında vurmuş ve yaklaşık 938.000 insanı yerinden ederek ciddi ürün hasarına neden olmuştur. Melor siklonu aralık ayında 743.000 kişinin Bicol Yarımadası ve Romblan Adaları'ndaki evlerini terk etmesine neden olurken, ağustos ayında Goni siklonu ülkenin kuzeyinde 318.000'den fazla kişinin yer değiştirmesine neden olmuştur (IDMC, 2016). Aynı yıl Çin'de meydana gelen yer değiştirmelerin %75'ini üç büyük ölçekli siklon ve bir sel felaketi tetiklemiştir. Chan-Hom, Soudelor

ve Dujan siklonları Temmuz ve Eylül ayları arasında dört doğu vilayetine girmiş, evleri yıkmış, toprak kaymalarına ve su basmalarına neden olmuş ve 2,2 milyondan fazla insanı yerinden etmiştir (IDMC, 2016; Ilık Bilen, 2019).

Güney ve Doğu Asya ve Pasifik'teki bir dizi siklonun 2017 yılında da çok sayıda insanı yerinden ettiğini görüyoruz. Örneğin Mora siklonu Güney Asya, Bangladeş, Hindistan ve Myanmar›daki insanların yanı sıra Bangladeş›teki Rohingya mülteci kampındaki insanları da yerinden etmiştir (IDMC, 2018b). Aynı yıl tropik fırtına Tembin, Vietnam ve Filipinler'de 865.000 kişiyi; Kai-tak ise Filipinler'de ve Malezya'da 765.000 kişiyi yerinden etmiştir (IDMC, 2018b). Ani hava olaylarına karşı oldukça riskli ve savunmasız durumda olan Vietnam'da Tembin fırtınası, Doksuri siklonu ve Damrey siklonu da dahil meydana gelen toplam 10 hava olayı sonucu 2017 yılında toplam 633.000 kişi yerinden olmuştur (IDMC, 2018b). Vietnam'daki felaketlerle ilişkili yer değiştirmelerin çoğu önleyici tahliye şeklinde gerçekleştirilebilmiş olsa da hükümetin iklim değişikliği dolayısıyla ülkenin güneyinde meydana gelen siklonların yoğunluğunun ve öngörülemezliğinin artacağı tahminlerinin yerinde olduğu anlaşılmıştır (IDMC, 2018b). Ülkede artarak görülen aşırıcı hava olaylarının iç göç hareketleri üzerindeki etkisini inceleyen bir araştırmanın sonuçları sıcaklıktaki artışın ve artan siklon aktivitelerinin göçü artırdığını, yağışlardaki artışların ise tutarlı bir etkide bulunmadığını göstermektedir (Bohra-Mishra et al., 2017). Artan tayfunların çeltik üretimi üzerindeki olumsuz etkileri nedeniyle, kırsal nüfusun yoğunlukta olduğu bölgelerden göçlerin daha fazla yaşanmakta olduğu anlaşılan çalışmada, gençlerin ve yüksek eğitim seviyesine sahip bireylerin göç kararlarının siklonlara karşı daha hassas olduğu ortaya çıkmıştır (Bohra-Mishra et al., 2017; Ilık Bilen, 2019).

Afrika'da tropikal siklonlar açısından en savunmasız ülkelerden biri olan Madagaskar'da 2008 yılında 3 kez meydana gelen siklonlar sonucu 340.000 kişi yerinden olmuştur (IOM, 2009). Aynı yıl mayıs ayının başında Myanmar'da meydana gelen Nargis Siklonun'dan yaklaşık 2,4 milyon insan etkilenmiş ve mayısın üçüncü haftasında insani yardımların ulaştırıldığı kırsal bölgelerdeki kamplara, yerinden olmuş 240.000 insan yerleşmiştir (IOM, 2009). 2015 yılında ise Komen

siklonunun etkileri temmuz ve ağustos aylarında Myanmar'da 1,6 milyondan fazla insanı yerinden etmiş; ülkenin on iki eyaleti yaygın tahribata uğramış; hükümet, en kötü etkilenen Chin ve Rakhine eyaletlerini ve Magway ve Sagaing bölgelerini afet bölgeleri ilan etmiştir (IDMC, 2016). Aynı yıl Bangladeş›teki en büyük yer değiştirmelerin tetikleyicisinin de Komen siklonu olduğu görülmektedir. Siklon ülkenin güneydoğusunda temmuz ayı sonunda 331 bin kişiyi yerinden etmiştir (IDMC 2016). Aynı yıl kasım ayında Bengal Körfezi boyunca izlenen zayıf bir tropik siklonla ilişkili şiddetli yağışlar ve ani sel, Tamil Nadu ve Güney Andhra Pradesh eyaletlerinde 1,8 milyon insanın yer değiştirmesiyle sonuçlanmıştır (IDMC, 2016). Böylelikle 2015 yılında ani hava felaketleri nedeniyle yerinde olan insan sayısının 6,3 milyona ulaştığı görülmektedir (IDMC, 2016; Ilık Bilen,2019).

Benzer şekilde 2008'de Haiti'de meydana gelen bir dizi tropikal siklondan 800.000 insan doğrudan etkilenmiş, bunun 100.000'ini ise göç etmek zorunda kalmıştır (IOM, 2009). Fırtınalar da siklonlar kadar olmasa da ciddi göç hareketleri yaratmaktadır. Düzlük ovalara ve yaylalara sahip olan Kamboçya'da fırtınaların sıklığında artış yaşanacağı ve buna bağlı olarak taşkınlara bağlı maliyetlerin artacağı bilinmektedir (Oudry et al., 2016). Diğer örneklere paralel bir biçimde Kamboçya'da gerçekleşen fırtınalar sonucunda daha çok geçici göçlerin meydana geldiği görülmekte olup kırdan kıra, kırdan kente ya da uluslararası geçici göçün hangi durumlarda kalıcı göçe dönüştüğünü belirlemek için daha çok bilimsel kanıta ihtiyaç vardır (Oudry et al., 2016).

3.2. Yavaş ve Kademeli Gelişen İklim Değişikliği Etkilerine Bağlı Olarak Gerçekleşen Göçler

İklim değişikliğinin yavaş ve kademeli gerçekleşen etkilerine deniz seviyesi yükselmesi, artan sıcaklıklar, okyanus asitlenmesi, buzul geri çekilmesi, tuzlanma, toprak ve orman bozulması, biyo-çeşitlilik kaybı ve çölleşme gibi birçok örnek vermek mümkündür. Bu etkiler sonucu meydana gelen göçleri diğer göç türlerinden ayırmak çok kolay değildir. Etkilerin görece daha yavaş kendini göstermesi,

aynı zamanda farklı dinamiklerle de iç içe girmesine neden olmaktadır. Bu gibi durumlarda iklim değişikliği daha çok bir tehdit çarpanı görevi görmektedir. Ne var ki, yavaş başlayan ve kademeli olarak gelişen etkiler nedeniyle yerinden edilen kişi sayısının, ani felâketlerden dolayı yerinden edilmiş kişilerden daha yüksek olabileceği düşünülmektedir (Gemenne et al., 2014). Bu etkilerin birden fazlasına aynı anda maruz kalan oldukça savunmasız bölgeler de mevcuttur. Örneğin, MECLEP (Migration, Environment and Climate Change: Evidence for Policy) Projesi dâhilindeki ülkeler hızlı ve ani gelişen etkilere olduğu gibi yavaş ve kademeli gelişen etkilere de iyi bir örnektir. Araştırılan altı ülkeden beşinde (Dominik Cumhuriyeti, Haiti, Kenya, Papua Yeni Gine ve Vietnam) baş gösteren etkiler ve göç arasındaki bağlantı tespit edilmiştir (Kelpsaite and Mach, 2015). Bu göçlerin Dominik Cumhuriyeti, Haiti ve Kenya'da daha çok kırdan kente şeklinde gerçekleşirken; Papua Yeni Gine ve Vietnam'da yer değiştirme-yeniden yerleşme şeklinde gerçekleşmektedir (Kelpsaite and Mach, 2015; Ilık Bilen, 2019).

Yavaş başlangıçlı olaylarla ilgili yerinden edilmelerin net bir resmini çizmek; bu olgunun etkilerinin, itici güçlerin, neden olduğu hareketlerin türlerinin ve etkilediği bölgelerin çok geniş bir yelpazeye sahip olması nedeniyle oldukça zordur. Bu nedenle somut örneklerden hareketle farklı durumlarda yer değiştirmelerin nasıl gerçekleştiğini anlamak, uygun politikaların geliştirilebilmesi açısından oldukça önemlidir (IDMC, 2018a). Buradan hareketle takip eden alt başlıklarda geniş bir etkiye sahip deniz seviyesi yükselmesi ve kuraklık-çölleşme ile ilintili göç hareketleri incelenmiştir (Ilık Bilen, 2019).

3.2.1. Deniz Seviyesi Yükselmesi ile İlintili Göç Hareketleri

Kuzey Yarım Küre'de kendini gösteren kar örtüsü ve buzullardaki erime ve hacim kaybetme, örtü buzullarında ise geri çekilme eğilimi devam etmektedir. Ek olarak Antarktika buz örtüsünün daha fazla yağış nedeniyle kütle kazanması beklenirken, Grönland buz örtüsünün kütle kaybetmesi beklenmektedir. Yeryüzü ortalama sıcaklığının yükselmesine bir tepki olarak oluşan buzul erimeleri, okyanuslarda

ısınmanın yarattığı genleşme ile birleştiğinde deniz seviyesi yükselmesi kaçınılmaz hale getirmektedir. Sorun şu ki, ısınmanın zamanla okyanusun daha derin katmanlarına nüfuz etmesiyle birlikte gerçekleşecek genleşme ve uzun bir süreçte gerçekleşen erime nedeniyle -dünya ortalama sıcaklığı 2100 yılında sabitlense dahi- takip eden yüzyıllarda okyanus seviyesi yükselmeye devam edecektir (Denhez, 2007). Bu yükselme verimli toprak ve arazilerin kaybına neden olmakta, tuzluluk seviyesi artan toprakta tarım yapmayı zorlaştırmakta, tatlı su ve ekosistem kaybına neden olmaktadır (Stabinsky and Hoffmaister, 2012; Ilık Bilen, 2019).

Gelişmiş ülke olmanın avantajlarının yanı sıra ülkenin ekonomik ve sosyal sürdürülebilirliği bağlamında yüzyıllardır su yönetiminin üstesinden gelmek zorunda oluşunun getirdiği bilgi ve tecrübe birikimiyle (Van Koningsveld et al., 2007) Hollanda; deniz seviyesi yükselmesine karşı tehdit altında olan bir ülke olarak; su yönetimi, sel baskınlarına karşı koruma (deniz kıyıları ve ırmak kenarlarında var olan setlerin tahkimi, yeni setler ve bentlerin ilavesi vs.), içme suyu tedarikinin yönetimi ve Rotterdam Liman'ının korunması noktalarında (Kwadijk et al., 2010) kamuoyunun bilinçli desteği ile uygulanan başarılı uyum politikaları izlemektedir. Ne var ki, gelişmekte olan diğer birçok ülkenin işi o kadar kolay değildir (Ilık Bilen, 2019).

Deniz seviyesi yükselmesi nedeniyle 2050 yılına kadar Hindistan'da 37,2 milyon, Bangladeş'te 27 milyon, Çin'de 22,3 milyon, Endonezya'da 20,9 milyon, Filipinler'de 13,6 milyon, Vietnam'da 9,5 milyon ve Japonya'da 9,1 milyon insan risk altında görülmektedir (ADB, 2012). Ayrıca, İklim Merkezi'nin "Tercihlerin Haritası: Küresel Mirasımız'da Karbon, İklim, Deniz Seviyesinde Yükselme" adlı raporuna göre küresel ısınmanın 4 ^{o}C olması durumunda deniz seviyesindeki artışın dünya genelinde 570 ile 760 milyon insanı, 2 ^{o}C olması durumunda 130 milyon insanı etkilemesi beklenmektedir. Göç modelleri, iklim etkileri ve savunmasızlık üzerine yapılan yerel değerlendirmeler sayesinde, iklim kaynaklı göçün oluşabileceği alanları ve bu göç akımlarının gerçekleşeceği süreçleri belirlemek mümkündür. 1 ile 5 metre arasında bir deniz seviyesi yükselmesinden Tayland, Myanmar, Kamboçya, Filipinler, Endonezya, Çin, Malezya, Kore ve Papua Yeni Gine gibi ülkelerin

nüfuslarının %15'inden azının etkileneceği öngörülürken Vietnam nüfusunun yaklaşık %40'ının etkileneceği öngörülmektedir (ADB, 2012). Diğer taraftan, deniz seviyesi yükselmesi ve kıyı erozyonu Alaska'da kıyı köylerinin %86'sını tehdit etmektedir (Piguet et al., 2011). Deniz seviyesi yükselmesine permafrost tabakasının erimesi eklendiğinde Alaska'nın bazı bölümlerindeki sakinlerin Amerika'nın ilk iklim göçmenleri olabileceği ifade edilmektedir (Ilık Bilen, 2019).

Kuşkusuz deniz seviyesi yükselmesine bağlı göçler literatürünün en çok öne çıkan aktörleri -yaşam alanları tamamen suyun altında kalma tehlikesiyle yani modern Atlantis vakasıyla karşı karşıya olan- küçük ada devletleridir (Cameron, 2018; Locke, 2009; ADB, 2012; Kelpsaite ve Mach, 2015; Allgood ve McNamara, 2017; Stojanov et al., 2018). Dünyanın en alçak bölgelerinden biri olan Kiribati'nin çoğu yeri deniz seviyesinden yalnızca bir ila iki metre yüksektedir ve Batı Pasifik'te deniz seviyesindeki artış oranı küresel ortalamanın dört katıdır, zira Dünya Bankası'nın araştırması 2050'de başkentin çoğunun sular altında kalacağını belirtmektedir (Ni, 2015). Planlı bir göçün hem Kiribati hem de göçmen kabul eden komşu ülkeler için en yararlısı olacağı görülmüştür (Ni, 2015). Bu bağlamda Pasifik'te iklim değişikliğinin yavaş ve aşamalı gerçekleşen etkileri; planlama yapmak, göç stratejileri geliştirmek ve uygulamak, bölgesel, ulusal ve uluslararası yasaların ve politikaların oluşmasına öncülük etmek açısından benzersiz bir fırsat sunmaktadır (Ni, 2015; Ilık Bilen, 2019).

Deniz seviyesi yükselmesinin uzun vadede yaşamın sürdürülebilirliğini oldukça zora soktuğu Kiribati'de, yapılan bir araştırma, ada halkının geçim kaynaklarını sürdürmek için en önemli sorunu, iklim değişikliği olarak gördüklerini ortaya koymaktadır (Allgood and Mc Namara, 2016). Zira yükselen deniz seviyesi nedeniyle tatlı suakiferlerine tuzlususızmakta buda halihazırda kısıtlı olansuve gıda kaynakları üzerindeki baskıyı artırmaktadır. Tam da bu nedenle adanın ne kadarının kaç yıl sonra sular altında kalacağına ilişkin projeksiyonlar, o zamandan çok önce yaşamın sürdürülemez hale gelmesi durumu nedeniyle çok bir şey ifade etmemektedir. Hali hazırda geçici ya da kalıcı olarak yer değiştirmek zorunda kalan ve devletten iklim değişikliğinin yereldeki etkilerine uyum sağlamak için yardım talep ettiklerini ifade

eden halk, iklim değişikliği uyum stratejisi kapsamında 2025 yılına kadar nüfus planlaması ve büyük oranda adalar arası yer değiştirme yoluyla nüfusunu 125.000 kişiyle dengede tutmayı amaçlamaktadır (Locke, 2009). Benzer şekilde, Papua Yeni Gine hükümeti 2003 yılında deniz seviyesi yükselmesi nedeniyle Carteret Adaları'nın boşaltılması ve 2020 yılına kadar kademeli olarak çoğu Bougainville'nin çevresindeki bölgeye olmak üzere başka yerlere yerleştirilmesi için fonlar tahsis etmiştir (Challen, 2010; Ilık Bilen, 2019).

Deniz seviyesi yükselmesi gibi yavaş başlangıçlı iklim değişikliği etkilerini, geçim kaynaklarını etkileyen temel sorunlardan biri olarak gören bir diğer grup da Maldivler'in sakinleridir. Ancak ada halkının konuya ulusal ve bireysel düzeyde farklı yaklaştığı görülmektedir. Deniz seviyesindeki yükselişin ulusal düzeyde ciddi bir sorun olduğunu ve adalardan diğer ülkelere göçün potansiyel bir seçenek olabileceğini kabul ettikleri ancak bireysel açıdan göç kararlarında bu sorundan ziyade kültürel, dini, ekonomik ve sosyal faktörleri daha çok önemsedikleri görülmektedir (Stojanov et al., 2017). Deniz seviyesi yükselmesinden etkilenen bir diğer yer olan Tuvalu 2001 yılında karşı karşıya kaldığı tehlike sonucu Avustralya ve Yeni Zelanda'ya göç etmeyi planlamış; Avustralya katı göç politikaları nedeniyle bunu reddederken, iklim değişikliğine uyum kapasitesinin yüksek olduğu projeksiyonlarla ortaya çıkan Yeni Zelanda (Cameron, 2018) ise her yıl 75 Tuvaluluyu almayı kabul etmiştir (Locke, 2009). Her yıl 75 kişi kotası uzun vadeli bir çözüm değildir çünkü önerilen oranda Tuvalu 100 yıldan uzun süre boşalmayacaktır. Ne var ki, Yeni Zelanda ile müzakerelerin olumlu bir şekilde devam etmesi durumunda ciddi olumsuz etkiler oluşmadan Tuvalu halkının kalıcı olarak Yeni Zelanda'ya taşınması öngörülmektedir (Locke, 2009; Ilık Bilen, 2019).

Küçük ada devletlerinin deniz seviyesi yükselmesi nedeniyle medyada kendine daha çok yer bulduğu, literatürde de bölgeye fazlasıyla yoğunlaşıldığı görülse de etkiler tabii ki sadece bu bölge ile sınırlı değildir. Aksine bazı bölgeler özellikle nüfus yoğunlukları bakımından çok ciddi problemlerle karşı karşıyadır. Örneğin etkilenen bir diğer bölge Mısır'daki Nil Deltası'dır. Bu bölgede yaşanan etkiler sonucu iç göçler yaşanmakta, bölgesel ve uluslararası göç potansiyeli de bulunmaktadır.

Deniz seviyesinde 2025 yılına kadar 50 santimetrelik bir artışın 2 milyon insanı yerinden edeceği ve 1800 metrekarelik tarım arazisini sular altında bırakacağı ve Kızıl Deniz üzerindeki kıyı şeridini de tehdit ederek turizm sektörünü olumsuz etkileyeceği tahmin edilmektedir (IOM, 2009). Bu bağlamda bir uyum stratejisi olarak mevcut savunmasızlıkları azaltacak, dayanıklılığı artıracak göç stratejileri üzerinde durulmaktadır (Ilık Bilen, 2019).

Bangladeş'te de iklim değişikliğine bağlı çevresel bozulmalar ve felaketlerin nüfus hareketleri tarafından takip edileceği kabul görmüştür (Hillmann vd. 2015). Islam vd (2014) Bangladeş'te deniz seviyesi yükselmesi ve artan seller nedeniyle yeniden yerleşim gerçekleştiren bir kıyı balıkçılığı topluluğu ile göç etmeyip yerinde kalan bir topluluğu karşılaştırarak iklim değişikliği göçünün savunmasızlığı ve uyumu nasıl etkilediğini incelemişlerdir. 1990'lı yıllarda yer değiştirmeden önce eşit seviyede savunmasız durumda bulunan ve eşit oranda uyum kapasitesine sahip olan iki topluluk üzerinde 2010, 2011 ve 2013 yıllarında anketler, mülakatlar, odak grup araştırmaları gerçekleştirilmiştir. Bulgular göç eden toplulukların iklim şoku ve stresinden daha az etkilendiklerini, daha fazla geçim kaynağına sahip olduklarını, daha yüksek gelir olanaklarından, sağlık ve eğitim hizmetlerinden faydalandıklarını, teknolojiye daha kolay ulaştıklarını ortaya koymuştur. Bu bulgular göçün iklim değişikliğine uyum kapasitesinin artırılması ve savunmasızlıkların azaltılması noktasındaki işlevini göstermektedir (Islam vd., 2014; Ilık Bilen, 2019).

3.2.2. Artan Sıcaklıklar, Kuraklık ve Çölleşme ile İlintili Göç Hareketleri

İklim değişikliğinin uluslararası yer değiştirmelere yol açma potansiyeli üzerinde çokça durulsa da araştırmalar bunun büyük oranda ülke içi yer değiştirmeler seviyesinde gerçekleştiğini göstermektedir. Çünkü uzun mesafeli göçler ciddi kaynaklar gerektirmekte ve kuraklık gibi iklim değişikliği etkileri ise kaynaklar üzerindeki baskıyı oldukça artırmaktadır (IDMC, 2017; Ilık Bilen, 2019).

Yavaş ve aşamalı olarak gelişen iklim değişikliği etkilerinden biri bilindiği gibi artan sıcaklıklardır. Sıcaklıklar arttıkça verimli topraklar kaybolmakta, yağışların azalması sıcaklığın artması ile artan buharlaşma sonucu toprak nemini kaybetmekte ve azalan tarımsal üretkenlik geçim sıkıntılarını beraberinde getirmekte, sıcaklıklar insan sağlığı için de tehdit oluşturmaktadır (Stabinsky ve Hoffmaister, 2012). Kuraklık ve çölleşme ile birlikte gelen üretken arazilerin kaybı, geçim sıkıntılarına yol açmakta, bu da göçü birincil seçenek haline getirmektedir (Stabinsky and Hoffmaister, 2012; Ilık Bilen, 2019).

İklim değişikliği etkilerinden artan kuraklıkların en bariz biçimde görüldüğü yerlerden biri Kuzey Afrika ve Ortadoğu Bölgesi'dir. Bu bölgede beş ülkede (Cezayir, Mısır, Fas, Suriye, Yemen) hanehalkları üzerinde gerçekleştirilen nitel bir araştırmanın sonucuna göre hanelerin dörtte üçünden fazlası, yağmurun daha düzensiz hale geldiğini ve neredeyse dörtte üçü sıcaklığın daha yüksek olduğunu belirtmiş, hanelerin yaklaşık üçte ikisi beş yıl öncesine göre daha az yağış olduğunu, arazinin kurak veya daha az verimli olduğunu, yağış mevsiminin daha geç başladığını, daha kısa sürdüğü ve daha erken bittiğini ve kuraklıkların daha sık görüldüğünü ifade etmiştir (Wodon et al., 2014). İklim değişikliğinin etkileri ile başa çıkma noktasında başvurulan mekanizmalardan birinin göç olduğunu her on haneden üçünde göçmen olması göstermektedir zira etkilere paralel bir biçimde göçün büyük bir kısmı son beş yıl içerisinde gerçekleşmiştir (Wodon et al., 2014). Çalışma bölge için kötüleşen iklim koşullarının geçici ve kalıcı göçü artırdığını, iklim değişikliğinden en çok etkilenen bölgelerde iklimsel faktörlerin onda bir ila beşte bir arasındaki bir oranda göç üzerinde etkili olduğunu ancak iklim koşullarının bozulmaya yol açması devam ettikçe bu oranın artacağını göstermektedir (Wodon et al., 2014; Ilık Bilen, 2019).

Doğu Akdeniz'in bir parçası olan İsrail, Ürdün ve Suriye, 2000'li yıllarda uzun süren kuraklıklar yaşamışlardır zira bölgesel iklim değişikliği modelleri, iklim değişikliğinin devam etmekte olan bir sonucu olarak Doğu Akdeniz'deki şiddetli kuraklığın sıklığını ve süresini daha da arttıracağını öngörmektedir (Weinthal et al., 2015). Uzun süren kuraklığın ardından yaşanan su ve gıda kıtlığı nedeniyle

Suriye genelinde kuraklıktan etkilenen bölgelerde yaşayan 40.000-60.000 arası ailenin daha iyi yaşam koşulları arayışıyla da göç ettiği bilinmektedir (IOM, 2009). Barışçıl bir gösteriyle başlayan ve kanlı bir çatışmaya, ardından da iç savaşa fazla insanın hayatını kaybettiğini duyurmuş, tahminen 9 milyondan fazla insan evlerini terk etmek zorunda kalmış, 2,5 milyonun üzerinde insan komşu ülkelere mülteci başvurusu yapmış ve 6,5 milyonu aşan ülke içi ve ülke dışı yerinden edilen insan sayısı ülke nüfusunun %40'ını aşmıştır (GAR, 2015; Ilık Bilen, 2019).

Artan şehirleşme hızı ve ekonomik büyümenin yanı sıra çevresel bozulma, su kıtlığı ve iklim değişikliğinin etkisi gibi bölgesel eğilimlerin tümü, Afrika'daki iç göç akımları üzerinde etkilidir (IDMC, 2017). Ancak kırsal ve marjinal alanlardaki iklim değişikliğini ve çevresel bozulmayı ele almak, yavaş başlangıçlı krizlerdeki yerinden edilmelerin temel nedenlerini yakalama fırsatı sunmaktadır (IDMC, 2017). Afrika'da gerçekleştirilen 13 ayrı vaka çalışmasının sonuçları kuraklık dönemlerinde gerçekleşen göçlerin daha çok ülke içinde gerçekleştiğini göstermektedir (Jónsson, 2010). Kuraklık ve göç arasında bağlantıyı ortaya koyan ilk çalışmaları Kniveton ve arkadaşları Uluslararası Göç Örgütü için hazırlamış oldukları çalışmada aktarmaktadır. Bunlardan ilki 1983-1985 yılları arasında kuraklık yaşanan Mali kırsalından gerçekleşen göçler üzerinedir. Findley (1994) bu araştırmasında kuraklık dönemlerinde hanehalkı gelirine katkıda bulunmak üzere iş bulmak amacıyla çocuklar ve kadınlar tarafından gerçekleştirilen kısa-mesafeli göçler artarken, gıda kıtlığı sonucu fiyatların artması ile temel ihtiyaçlara harcanan kaynakların artışı nedeniyle uzun-mesafeli göçlerin azaldığını ortaya koymuştur. Bir diğer çalışmada Haug (2002), 1980'lerde Kuzey Sudan'da meydana gelen kuraklık sonucunda göç etmeyenlerin açlıktan ölme tehlikesi ile karşı karşıya olsalar dahi göç edecek hayvanları olmadığı için geride kalmak zorunda kaldıklarını ifade ederek bu durumda da göç kararını sosyo-ekonomik faktörlerin belirlediğini vurgulamaktadır. Benzer şeklide Meze-Hausken'in (2004) Kuzey Etiyopya'da yaptığı araştırma marjinal bölgelerdeki insanların oluşturmuş oldukları uyum mekanizmaları sayesinde tek başına kuraklığın göçe neden olmadığını ortaya koymaktadır. Henry ve arkadaşlarının (2004), Burkina Faso'da değişen yağış düzenlerinin göç üzerindeki etkilerini araştırdıkları çalışmada yağışların az olduğu bölgelerde yaşayan insanların

diğer bölgelerde yaşayan insanlara kıyasla kısa mesafeli göçlere katılma oranının daha yüksek olduğu görülmüştür (Kniveton et al., 2008,). Daha yakın zamanda yapılan bir diğer araştırma ise Burkina Faso'da sıcak hava dalgalarındaki artışın uluslararası göç oranını düşürdüğünü göstermektedir (Nawrotzki et al., 2016b, Ilık Bilen, 2019).

Büyük oranda 1980'lerde Mali'de meydana gelen uzun süreli kuraklık sonucu Faguibine Gölü 2006 yılında tamamen yok olmuş ve bu sistemde yaşanan iklim değişikliği sonucu 100.000 insan göç etmiş, azalan kaynaklar sonucu artan tansiyonun da neden olduğu Touareg İsyanı sonucu 300.000 mülteci ve ülke içinde yerinden edilen insan ortaya çıkmıştır (IOM, 2009). Gana'da Abu vd., (2014) yapmış olduğu araştırmaya göre büyük oranda yağış düzensizliklerine bağlı kuraklık ve yangınlar nedeniyle katılımcıların yarısından fazlası (%54) gelecek 5 yıl içinde göç etme eğiliminde olduklarını belirtmişlerdir. Çalışma kuraklığın hemen hemen tüm kırsal kesimlerde görülmesi nedeniyle, kırdan kıra göçün benzer gıda problemleri ve geçim sıkıntılarına yol açacak olması dolayısıyla tercih edilmediğini daha çok kırdan kente göçün akılcı görüldüğünü göstermektedir (Abu et al., 2014). İklim değişikliğine bağlı azalan yağışların tarımsal verimlilik üzerindeki etkisi bölgede gıda güvensizliğine ve ekonomik sıkıntılara dönüşmektedir ki bu hane halkı nüfusunun kalabalık olduğu göz önüne alındığında oldukça büyük bir sıkıntıdır (Hillmann et al., 2015; Gemenne et al., 2014). Angola'da 2011 yılında yağış miktarının ortalamanın altına düşmesi ile birlikte başlayan kuraklık eğiliminin 2011-2012 yıllarından itibaren yağış miktarının normalin %60 altına düşmesi ile şiddetlenmesi ve bu düşme eğiliminin 2013'te de devam etmesi ve ülkenin bazı bölgelerine neredeyse hiç yağış düşmemesinin Angola ve komşu ülkelerde Zira Uluslararası Göç Örgütü (2013) sadece 2011'de yaşananların ardından 227.000 kişinin ülke içinde yerinden edilmiş kişiler haline geldiğini düşünmektedir (Gemenne et al., 2014; Ilık Bilen, 2019). Güney Afrika'da gerçekleştirilen bir diğer araştırma maksimum sıcaklık anomalileri, negatif yağış anomalileri ve topraktaki nem kaybının arttığı dönemlerde göç akımlarının da arttığını ortaya koymaktadır (Mastrorillo et al., 2016). Çalışma ayrıca, iklim değişikliğinin göreli etkisinin göçmen gruplar arasında önemli ölçüde değiştiğini, özellikle siyah ve düşük gelirli Güney Afrikalıların en çok etkilenenler

olduklarını göstermektedir (Mastrorillo et al., 2016). 2011 yılında yoğun siyasi şiddet ve genel yönetim hataları ile birleşen şiddetli kuraklık Somali'nin bazı bölgelerinde kıtlık ilan edilmesine de yol açan yaygın bir sıkıntıya neden olmuş, bunu nüfusun dörtte birinin yerinden olmasıyla sonuçlanan yüksek seviyelerde yurt içi ve yurt dışı zorunlu göçler takip etmiştir (Lindley, 2014). Zira 2011 yılında Gıda Güvenliği ve Beslenme Analiz Birimi'nin Somali'de gerçekleştirmiş olduğu araştırmada katılımcıların %60'ı kuraklıktan dolayı yerlerinden olduklarını dile getirmektedir (Lindley, 2014; Ilık Bilen, 2019).

Afifi'nin (2011) Nijer'den göç eden insanlar üzerinde yapmış olduğu ve göç etmelerinin temel nedenlerini belirlemeye çalıştığı araştırma neredeyse tüm katılımcıların göç etme kararlarında çevresel etkenlerden etkilenmiş olduğunu göstermektedir. Yapılan mülakatlarda başlarda göçün daha çok ekonomik gerekçelerle gerçekleştirildiği anlaşılsa da derinlere inildiğinde bunların temelinde doğrudan çevresel faktörler, artan kuraklık ve Çad Gölü'nün küçülmesinin yattığı görülmektedir (Afifi, 2011). İklim değişikliğine bağlı artan sıcaklıklar ve nüfus artışı sonucu %90'dan fazla küçülen Çad Gölü nedeniyle, Çad Havzası iklim değişikliği, su ve yer değiştirmeler arasındaki bağlantıya iyi bir örnek oluşturmaktadır. Zira geçim kaynaklarından ötürü Kamerun, Çad, Nijer ve Nijerya'dan 20 milyondan fazla insan Çad Gölü'ne güvenmekte ve çobanlar, çiftçiler ve balıkçılar giderek artan bir oranda göç etmek zorunda kalmaktadır (IDMC, 2017; Ilık Bilen, 2019).

Barrios vd'nin (2006) yağışlarda azalma şeklinde kendinigösteren iklimdeğişikliğinin Sahra-altı Afrika'sındaki çok çeşitli kentleşme düzenlerine bir açıklama getirip getiremeyeceğini araştırdıkları çalışmada, yağışlarda azalma olduğu dönemlerde kentleşme oranlarının arttığı ortaya çıkmıştır. Ayrıca bu oran yerli Afrikalıların serbest kıta içi dolaşımını yasaklayan kolonyal sürecin ardından, bağımsızlığa kavuşulması ile birlikte artmıştır. Azalan kaynaklara bağlı çatışmalar Sudan'da yeni bir durum olmasa da iklim değişikliğinin uzun vadeli etkilerinden biri olan kuraklık burada da tehdit çarpanı görevi görmektedir. Örneğin Darfur'da meydana gelen kriz 2 milyon insanı yerinden etmiş ve yüzlerce ülke içinde yerinden edilen insana (IDPs) yönelik kamplar inşa edilmesine neden olmuştur (IOM, 2009; Ilık Bilen, 2019).

Birçok çalışma da değinildiği üzere, iklim değişikliği hareketliliğe neden olduğu kadar bazı grupların ise hiçbir şekilde kıpırdayamamasına da neden olabilmektedir. Örneğin, Nawrotzki ve DeWaard'ın (2018) Zambiya'daki 55 ilçede olumsuz iklim koşulları ile göç akımları arasındaki ilişkiyi inceledikleri araştırmanın sonuçları, olumsuz iklim koşulları ile göç arasındaki ilişkinin yalnızca göçmen gönderen varsıl bölgeler için olumlu olduğunu ortaya koymakta, aksine yoksul bölgeler ise iklimle ilgili hareketsizliklerle karakterize edilmektedir. Özellikle yavaş başlangıçlı etkiler noktasında iklim değişikliğinin her zaman göç için itici faktör olmadığı aksine en savunmasız durumda olanların göç edemeyecek kadar yoksul grupları oluşturduğu tezi bu vakada da kendini göstermektedir. Bununla birlikte araştırmanın bulguları, göçmen ağlarına erişimin en yoksul bölgelerdeki iklimle ilgili mobiliteyi sağladığını ve bu ağların mobilite kısıtlamalarının üstesinden gelmek için uygun bir yol olduğunu ortaya koymaktadır (Nawrotzki and DeWaard 2018; Ilık Bilen, 2019).

Bilindiği üzere emek göçünde hanehalkından birinin göç ederek kazandığı parayı geride kalanlara göndermesi çok sık görülen bir durumdur. İklim değişikliğine uyum sağlamak ve hanehalkından göç edenlerin benzer bir işleve sahip olduğunu da görmek mümkündür. Örneğin, iklim değişikliğinin kurak ve yarı kurak alanlardaki kır sakinlerini etkilediği Kenya›nın kuzeyinde yapılan bir saha araştırması hava olaylarının getirdiği şoklar karşısında göçün ve tarımsal inovasyonların birbirini tamamladığı, birinin diğerinin yerine tercih edilmediğini göstermektedir. Haneden göç eden en az bir birey, hanenin ihtiyaç duyduğu tarımsal inovasyonların yüksek maliyetlerinin üstesinden gelinmesine yardımcı olmakta, böylelikle hanenin iklim değişikliği kaynaklı şoklara karşı kendini korumasını sağlamaktadır (Ng'ang'a 2016; Ilık Bilen, 2019).

Asya'da da kuraklık ve çölleşmeye bağlı hareketlilik örneklerine rastlamak ziyadesiyle mümkündür. Örneğin, Uluslararası Gıda Politikası Araştırma Enstitüsü ve Carolina Nüfus Merkezi'nden araştırmacıların Pakistan'ın kırsal bölgelerinde yaptıkları 21 yıllık (1991-2012) uzun süreli bir alan çalışması da aşırı iklim olayları ile göç arasındaki bağlantıyı ortaya koymaktadır. Araştırmaya göre, aşırı sıcaklığın yaşandığı dönemlerde hem erkekler hem de kadınlar normal dönemlere göre daha

fazla hareket halindeyken, aşırı yağışlı dönemlerde çok bir fark görülmemektedir (Bremner ve Hunter 2014, 7). Benzer şekilde, Hindi Kuş Hima-layaları'nda yapılan alan çalışmasında göç veren hanelerin %80›ini su tehdidinin göç etme kararlarında önemli bir etken olduğunu ifade etmiştir (Faist ve Schade, 2013). Göçün çoklu nedensellik özelliği arasında iklim değişikliği sonucu artan su tehditlerinin önemli bir rol oynadığı görülmektedir (Ilık Bilen, 2019)

İklim değişikliğinin artan etkileriyle de çevresel bozulma hızı ve ölçeği artan bir diğer bölge olan İç Moğolistan; son on yılda çölleşme, mera bozulması, toprak erozyonu, kuraklık ve su kıtlığı gibi sorunlarla karşı karşıyadır (Gemenne et al., 2014). Onuncu Ulusal Beş Yıllık Plan çerçevesinde çevresel olarak kırılgan bölgelerde bulunan ve çölleşme, su ve toprak bozul-malarından etkilenen 650.00 kişinin yer değiştirmesi ve yeniden yerleşmesini tasarlayan 6 yıllık göç planı hazırlanmış, 2006 ile 2010 yılları arasında İç Moğolistan 304 bin kişi yeniden yerleştirilmiştir (Gemenne et al., 2014). Genel anlamda Moğolistan'da ise 1940'tan bu yana 2 °C'lik ısınma eğilimi ve sürekli kuraklık nedeniyle kırsal yoksulluk ve kentlere göç yaşanmaktadır. İklim değişikliği ekonomik açıdan iklimsel sıkıntılara uyum sağlamayı imkânsız kılmakta ve burada da çiftçiler için tehdit çarpanı görevi görmektedir (Chatty and Sternberg, 2015; Ilık Bilen, 2019).

Çevresel stres oranı, hassasiyet oranı ve zayıf uyum kapasitesi nedeniyle iklim değişikliği ile ilgili olarak dünyanın en savunmasız ülkelerinden biri olarak görülen Kam-boçya'da hem tarımsal üretim için hem de kişisel kullanım için su sıkıntıları zaten yaşanmaktadır. Ancak iklim değişikliğinin neden olduğu artan kuraklık sonucu bu sorunun daha da büyümesi beklenmektedir. Örneğin 2001, 2002 ve 2003 yıllarında ardı ardına yaşanan kuraklıklar ülkenin özellikle bazı bölgelerini oldukça olumsuz etkilemiştir zira, 1987-2007 yılları arasında kuraklığın neden olduğu hasar 138 milyon dolar düzeyinde gerçekleşmiştir (Oudry et al., 2016). Sel, fırtına ya da siklonların aksine kuraklığın yavaş başlangıçlı doğası ve zaman içerisinde değişip dönüşmesi göç de dâhil olmak üzere başa çıkma stratejilerinin derinlemesine anlaşılmasını zorlaştırmaktadır zira Kamboçya'da da kuraklığın neden olduğu göç üzerine sağlam veriler kritik derecede eksik düzeydedir (Oudry et al., 2016; Ilık Bilen, 2019).

Meksika'da yapılan alan araştırmaları ise iklim değişikliği kaynakl göçlerin gerçekleşme biçimlerine ilişkin bizlere daha farklı bir resim sunmaktadır. Afrika'daki vakaların aksine, 1986-99 yıllarında Meksika'da çok düzeyli ayrık zamanlı olay öyküsü modellerinden elde edilen sonuçlar, iklimle ilgili göçün ağırlıklı olarak kısa mesafeli ve yerel olacağı varsayımına meydan okumakta; bunun yerine iklim değişikliğinin kırsal Meksika'dan gelen uluslararası hareketleri daha güçlü etkilediğini göstermektedir (Nawrotzki et al., 2016a). Güçlü göç ağlarının varlığı ve iklim değişikliği kaynaklı ücret farklılıkları, iklim değişikliğinin uluslararası göç takip eden yıllarda da Meksika'nın farklı bölgelerinde iklim değişikliği kaynaklı göç vakalarına rastlamak mümkündür. 2000-2010 döneminde San Luis Potosi ve Zacatecas'ta, geçici tarımsal üretimde çalışan köylülerin durumunun analiz edilmesi sonucunda, göçün olumsuz ekonomik-iklimsel koşulların bir sonucu olduğu görülmüştür (Aragonés Castañer, 2017). Aynı dönemde her ek kuraklık döneminde kırdan kente göç oranının %3,6 arttığı görülmektedir (Nawrotzski et al., 2017). Zira yaşamlarını doğrudan doğal kaynaklara bağımlı olarak sürdüren yoksul grupların savunmasızlıklarını ve kırılganlıklarını aşmanın tek yolu olarak uluslararası göçü gördükleri anlaşılmaktadır (Aragonés Castañer, 2017; Ilık Bilen , 2019).

Kuzeybatı Nikaragua'da gerçekleştirilen bir araştırmanın sonuçları ise bir "uyum türü olarak göç" anlayışını sorgulayacak veriler ortaya koymaktadır. Hanehalkı sorukağıtları, nitel görüşmeler ve odak grup görüşmelerinden hareketle elde edilen bulgular, hanehalkı emek göçünün ne iklim değişikliğine uyumu kolaylaştırdığını ne de uyum sağlayamamanın bir sonucu olduğunu göstermektedir. Daha çok kenetlenmiş güç ilişkileri ve toprak kıtlığı nedeniyle, sıkışmış durumda bulunan küçük çiftçilerin zayıf konumlarına işaret etmektedir. Araştırma emek göçünün yarı-geçimlik tarımsal üretimi zar zor mümkün kıldığını ve mevcut eşitsizlikleri artırdığını ortaya koymaktadır (Ilık Bilen, 2019).

4. SONUÇ

İnsan kaynaklı iklim değişikliği mevcut çevresel, ekonomik ve sosyal kırılganlıkları daha da artırmaktadır. Sonuç olarak, iklim değişikliğine uyum, insan kaynaklı iklim değişikliğinin marjinal artan etkisiyle mücadele etmekten daha geniş olmalıdır. İklim değişikliğinin yerel bağlamda etken olmadan etkilerine odaklanmak, bazı tuhaf politika çarpıklıklarına yol açmaktadır. Örneğin, Filipinler'de politika yapıcılar, yılda 1 ile 3 milimetre iklim değişikliğinden kaynaklanan yıllık deniz seviyesinin öngörülen taşkın tehditlerini kabul etmeye başladılar. Ancak aynı zamanda taşkın riskini arttırmanın ana nedeninden biri olan arazi yüzeyini yılda birkaç santimetre alçaltan aşırı yeraltı suyu çekiminiden habersizdirler veya görmezden gelmektedirler. Mevcut iklim değişikliği senaryolarında, arttırılmış iklim değişikliğine bağlı göç anahtar noktadır. Ancak bunun miktarı azaltma ve uyum planlarına uluslararası toplumlarınne kadaruyacağına bağlıdır. Uluslararası toplumuniklimdeğişikliğinden dolayı büyük çaplı yerinden edilme beklentisiyle yüzleşmesi kaçınılmaıdır. Sorunun uluslararası olarak tanınmasına, boyutlarının daha iyi anlaşmasına ve onunla başa çıkma istekliliğine ihtiyaç vardır. Bu birkaç şekilde olabilir.

1.Uluslararası toplumun, zorunlu iklim göçmenlerinin çıkmazını resmi olarak kabul etmesi gerekmektedir. Çevresel bozulmayı "geçerli" bir yerinden etme itici gücü olarak içeren genişletilmiş bir mülteci tanımının tüm (geleneksel ve çevresel) mülteciler için net faydalar sağlayacağı açık olmasa da, bir tür uluslararası farkındalık için konumun uluslararsı gündemde tutulması gereklidir.

2. Zorunlu iklim göçmenlerinin potansiyel kaynak ülkelerindeki kalkınma ve uyum politikaları, insanların iklim değişikliğine karşı kırılganlıklarını azaltmaya, insanları marjinal alanlardan uzaklaştırmaya ve daha dayanıklı geçim kaynaklarını desteklemeye odaklanmalıdır. Özellikle mevcut kaynakların daha verimli kullanılması, iklim değişikliğinin öngörülen bazı etkilerini dengeleyecektir. Örneğin Pakistan'da sulanan tarım ülkenin tatlı su arzının %85'ini kullanıyor, ancak sızıntı ve buharlaşma bunun %50 ile %65'inin verimli olduğu anlamına geliyor.

3. İklim göçünün nedenlerini ve sonuçlarını anlamak ve sayıları izlemek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Bu arada uygulayıcılar, nüfusun yerinden edilmesine yanıt verme yetkisini paylaşan farklı insan hakları, nüfus, çevre ve göç kuruluşları arasında daha iyi iletişim ve çalışma ilişkileri geliştirmelidir.

4. Son olarak, uluslararası toplumun gelişmekte olan ülkelerde vasıflı emeği korumak için teşvikler üretmeye yardım etmesinin yanı sıra gelişmekte olan ülkelere de akıcı işgücü piyasalarının getirebileceği faydalardan yararlanmasına izin vermesi gerekmektedir. İşgücü göçünün uluslararası düzenlemesi, iklim değişikliğine uyum ve savunmasız ülkelerde kapasite geliştirmeyle doğası gereği iç içedir. Göç, kırılgan ülkelerdeki bazı haneler tarafından iklim değişikliğine uyum sağlama aracı olarak kullanılacaktır. Açıkçası, işçilerin uluslararası emek hareketliliğinin kapısını kapatmazken kendi ülkelerinde kalmaları için teşvikleri destekleyen bir politika dengesi olmalıdır (Brown, 2008).

KAYNAKÇA

- Abu M., Codjoe S. N. A., Sward J. (2014). "Climate Change and Internal Migration Intentions in the Forest-Savannah Transition Zone of Ghana". Population and Environment 35/4 (2014) 341-364.
- ADB-Asian Development Bank. (2012). Addressing Climate Change and Migration in Asia and the Pacific-Final Report. Mandaluyong City, Philippines
- Afifi T., Jäger J. (eds.). (2010). Environment, Forced Migration and Social Vulnerability. Heidelberg 2010.
- Afifi T. (2011). "Economic or Environmental Migration? The Push Factors in Niger". International Migration 49/1 (2011) 95-124. doi:10.1111/j.1468-2435.2010.00644.x
- Allgood L., McNamara K. E. (2017). "Climate-Induced Migration: Exploring Local Perspectives in Kiribati". Singapore Journ1al of Tropical Geography 3 (2017) 370-385.
- Aragonés Castañer A. M., Nieto U. S. (2017). "Climate Change and Migration in the Rural Sector of Northern Mexico (Zacatecas And San Luis Potosí)". Migration Letters 14/3 (2017) 384-396.
- Barrios S., Bertinelli L., Strobl E. (2006). "Climatic Change and Rural-Urban Migration: The Case of Sub-Saharan Africa". Journal of Urban Economics 60/3, 357-371.
- Bohra-Mishra P., Oppenheimer M., Cai R., Feng S., Licker R. (2017). "Climate Variability and Migration in The Philippines". Population & Environment 38/3 (2017) 286-308.
- Bremner J., Hunter L. M. (2014). "Migration and The Environment". Population Bulletin 69/1 (2014) 1-16. Population Reference Bureau.
- Brown O., (2008) Migration and Climate Change International Organization for Migration ISSN 1607-338X
- Cameron M. P. (2018). "Climate Change, Internal Migration, and the Future Spatial Distribution of Population: A Case Study of New Zealand". Population and Environment 3 239-260.
- Challen P. C. (2010). Migration in the 21st Century: How Will Globalization and Climate Change Affect Migration and Settlement?. Canada 2010.

► Chatty D., Sternberg T. (2015). "Climate Effects on Nomadic Pastoralist Societies". Forced Migration Review 49/25 (2015) 25-27.

► Faist T., Schade J. (ed.) (2013). Disentangling Migration and Climate Change. Methodologies, Political Discourses and Human Rights. Springer

► Farrant F., MacDonald A., Sriskandarajah D (2006) Migration and Development: Opportunities and Challenges for Policymakers International Organization for Migration, ISSN 1607-338X

► GAR. (2011). Drougt Vulnerability in the Arab Region: Special Case Study: Syria. Global Assesment Report on Disaster Risk Reduction.

► GAR. (2015). Effects of Drought and Land Degradation on Vegetation Losses: in Africa, Arab Region, Drought and Conflict in Syria, Drylands in South America and Forests of Amazon and Congo Rivers Basins. Background Paper Prepared for the 2015 Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction.

► Gemenne F., Brücker P., Lonesco D. (Eds.). (2014). The State of Enviromental Migration 2014-A Review of 2013. International Organization for Migration, SciencePo 2014.

► Hamro-Drotz D. (2014). Livelihood Security: Climate Change, Migration and Conflict in the Sahel. Conflict-Sensitive Adaptation to Climate Change in Africa. United Nations Enviroment Programme.

► Hillmann F., Pahl M., Rafflenbeul B. & Sterly H. (eds.). (2015). Environmental Change, Adaptation and Migration: Bringing in the Region. Springer.

► IDMC. (2016). GRID-2016-Global Report on Internal Displacement. Internal Displacement Monitoring Centre, Switzerland 2016.

► IDMC. (2017). Africa Report on Internal Displacement. Internal Displacement Monitoring Centre, Switzerland

► IDMC. (2018a). Thematic Series-No Matter of Choice: Displacement in a Changing Climate. Internal Displacement Monitoring Centre, Switzerland 2018.

► IDMC. (2018b). Global Report on Internal Displacement. Internal Displacement Monitoring Centre, Switzerland 2018.

► Ilık Bilen M, S,. (2019) Dünyadan Örnekler Işığında İklim Değişikliği Kaynaklı Göçleri, Mediterranean Journal of Humanities IX/2. 335-355

► IOM. (2009). Compendium of IOM's Activities in Migration, Climate Change and the Environment

► IOM. (2017). Assessing the Climate Change, Environmental Degradation and Migration Nexus in South Asia. International Organization for Migration Bangladesh.

► Islam M. M., Sallu S., Hubacek K., Paavola J. (2014). "Migrating to Tackle Climate Variability and Change? Insights from Coastal Fishing Communities in Bangladesh". Climatic Change 124/4, 733-746. DOI 10.1007/s10584-014-1135-y

► Jónsson G. (2010). The Environmental Factor in Migration Dynamics: A Review of African Case Studies. International Migration Institute, James Martin 21st Century School University of Oxford 2010.

► Kalin, W. (2010) Conceptualising Climate-Induced Displacement, in McAdam, J. (ed.), Climate Change and Displacement: Multidisciplinary Perspectives 81, 85-86,

► Kelpsaite L., Mach E. (2015). "Migration as Adaptation? A Comparative Analysis of Policy Frameworks on The Environment and Development in MECLEP Countries". Migration, Environment and Climate Change: Policy Brief Series 5/1 (2015) 1-10. DOI 10.1007/s10584-014-1135-y

► Khatun M. (2013). "Climate Change and Migration in Bangladesh: Golden Bengal to Land of Disasters". Bangladesh e-journal of Sociology 10/2 (2013) 64-79.

► Kwadijk J. C., Haasnoot M., Mulder J. P., Hoogvliet M. M., Jeuken A. B., van der Krogt R. A., de Wit M. J. (2010). "Using Adaptation Tipping Points to Prepare for Climate Change and Sea Level Rise: A Case Study in The Netherlands". Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change 1/5 (2010) 729-740.

► Leal-Arcas R.(2012) Climate migrants: Legal options Procedia - Social and Behavioral Sciences 37, 86 – 96

► Lindley A. (2014). "Questioning 'Drought Displacement': Environment, Politics and Migration in Somalia". Forced Migration Review 45 (2014) 39.

► Locke J. T. (2009). "Climate Change-Induced Migration in The Pacific Region: Sudden Crisis and Long-Term Developments". The Geographical Journal 175/3 (2009) 171-180. Doi: 10.1111/j.1475-4959.2008.00317.x.

► Mastrorillo M., Licker R., Bohra-Mishra P., Fagiolo G., Estes L. D., Oppenheimer M. (2016). "The Influence of Climate Variability on Internal Migration Flows in South Africa". Global Environmental Change 39 (2016) 155-169.

► McLeman R. A. & Hunter L. M. (2010). "Migration in The Context of Vulnerability and Adaptation to Climate Change: Insights from Analogues". Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change 1/3 (2010) 450-461. DOI: 10.1002/wcc.51

► Mortreux C. & Adams H. (2015). Setting the Scene: National and Deltaic Migration Trends in India, Bangladesh and Ghana. DECCMA Working Paper, Deltas, Vulnerability and Climate Change:Migration and Adaptation, IDRC Project Number 107642.

► Nawrotzki R. J., DeWaardJ. (2018)."Putting Trapped Populations into Place: Climate Change and Inter-District Migration Flows in Zambia". Regional Environmental Change 2, 533-546

► Nawrotzki R. J., De Waard J.,Bakhtsiyarava M., Ha J. T. (2017). "Climate Shocks and Rural-Urban Migrationin Mexico: Exploring Nonlinearities and Thresholds". Climatic Change 1, 243-258.<https://doi.org/10.1007/s10584-016-1849-0>

► Nawrotzki R. J., Runfola D. M., Hunter L.M., Riosmena F. (2016a)."Domestic and International Climate Migration from Rural Mexico". Human Ecology: An Interdisciplinary Journal 6, 687-699. <https://doi.org/10.1007/s10745-016-9859-0>

► Nawrotzki R. J., Schlak A. M., Kugler T. A. (2016). "Climate, Migration,and the Local Food Security Context: Introducing Terra Populus". Population and Environment 2,164-184.

► Ng'ang'a S. K., Bulte E. H., Giller K. E., McIntire J. M., Rufino M. C. (2016). "Migration and Self-Protection Against Climate Change:A Case Studyof Samburu County, Kenya". World Development 84, 55-68

► Ni X. Y. (2015)."A Nation Going Under: Legal Protection for Climate Change Refugees". BC Int'l & Comp. L. Rev.38, 329-366.

► Oudry G., Pak K., Chea C. (2016).AssessingVulnerabilities and Responses to Environmental Changesin Cambodia.International Organizationfor Migration, Phnom Penh.

► Piguet E., Laczko F. (2014).Peopleon the Move in a Changing Climate. The Regional Impact of Environmental Change on Migration.

► Sakdapolrak P. (2014).“Building Resilience Through Translocality. Climate Change, Migration and Social Resilience of Rural Communitiesin Thailand”. TransRe Working Paper,No. 1, Department of Geography, University of Bonn, Bonn

► Sherwood A., Bradley M., RossiL., Guiam R.,Mellicker B. (2015).Resolving Post-Disaster Displacement: Insights from the Philippines after Typhoon Haiyan. Washington.

► Stabinsky D.,Hoffmaister J. P. (2012) Lossand Damage: Defining Slow Onset Events. Briefing Paperon Lossand Damage.Asia and Eastern Europe Regional Meeting 27-29 August 2012, Bangkok.Third World Network.

► Stern, N., (Ed.) (2006) The Economics of Climate Change: The Stern Review, Cambridge University Press, Cambridge, 2006

► Stojanov R., Kelman I., Nemec D., Landa J., Tichy R., Hofman C. L. (2018).“Local Perceptions of Climate Change Impacts in St.Kitts (Caribbean Sea) and Male, Maldives (Indian Ocean)”. Atmosphere 9/12, 1-20. <https://doi.org/10.3390/atmos9120459>

► Van Koningsveld M., Mulder J. P., Stive M. J., Van Der Valk L., Van Der Weck A. W. (2008). “Living with Sea-Level Rise and Climate Change: A Case Study of the Netherlands”. Journal of Coastal Research (2008) 367-379

► Weinthal E., ZawahriN. Sowers J. (2015). “Securitizing Water,Climate,and Migrationin Israel,Jordan,and Syria”. International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics 15/3, 293-307.DOI 10.1007/s10784-015-9279-4

► Wodon Q., Liverani A., Joseph G., Bougnoux N. (eds.). (2014). Climate Change and Migration: Evidence from the Middle East and North Africa. Middle East - North Africa 2014.

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 Birliği'nin ve Türkiye Cumhuriyeti'nin maddi desteği ile hazırlanmıştır. İçerik tamamıyla WEglobal Danışmanlık A.Ş.'nin liderliğindeki konsorsiyumun sorumluluğu altındadır. Türkiye Cumhuriyeti ve Avrupa Birliği'nin görüşlerini yansıtmak zorunda değildir.

iklimiduy.org *facebook.com/iklimiduy* *twitter.com/iklimiduy* *İklimi Duy Projesi* *instagram.com/iklimiduy*