



**T.C.**  
**BARTIN ÜNİVERSİTESİ**  
**BARTIN ORMAN FAKÜLTESİ**  
**ORMAN MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**LİSANS BİTİRME TEZİ**

**ÇÖLLEŞMENİN İNCELENMESİ**

**HAZIRLAYAN**

**Aydın ÜNAL**

**DANIŞMAN**

**Prof. Dr. Ayhan ATEŞOĞLU**

**BARTIN, 2022**



**T.C.**  
**BARTIN ÜNİVERSİTESİ**  
**BARTIN ORMAN FAKÜLTESİ**  
**ORMAN MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**LİSANS BİTİRME TEZİ**

**ÇÖLLEŞMENİN İNCELENMESİ**

**HAZIRLAYAN**

**Aydın ÜNAL**

**BARTIN, 2022**

## **BEYANNAME**

Bartın Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre Prof. Dr. Ayhan ATEŞOĞLU danışmanlığında hazırlamış olduğum “ÇÖLEŐMENİN İNCELENMESİ” başlıklı lisans bitirme tezimin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

23.06.2022

Aydın ÜNAL

## ÖNSÖZ

Yaşamımda önemli bir yeri olan bu çalışmamda; beni yönlendiren, araştırmalarımın her aşamasında, bilgi öneri ve yardımlarını esirgemeyerek engin fikirleriyle anlayış, sabır ve hassasiyetle, tez konumun seçiminden başlayarak, tezimin yazımına kadar çalışmamın yürütülmesinde ve tamamlanmasına kadar yardım ve katkılarıyla beni destekleyen, cesaretlendiren ve yönlendirilen danışman hocam Prof. Dr. Ayhan ATEŞOĞLU'na en içten teşekkürlerimi sunarım.

Aydın ÜNAL

# ÖZET

**Lisans Bitirme Tezi**

**Aydın ÜNAL**

## ÇÖLLEŞMENİN İNCELENMESİ

**Bartın Üniversitesi**

**Bartın Orman Fakültesi**

**Orman Mühendisliği Bölümü**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ayhan ATEŞOĞLU**

**BARTIN, 2022**

Çölleşme; kurak, yarı kurak ve yarı nemli alanlarda insan faaliyetleri ve iklim değişiklikleri dahil olmak üzere pek çok faktörden kaynaklanan arazi bozulmasıdır. Son on yılda kurak alanlarda çölleşmenin kapsamı ve yoğunluğu artmıştır. Kurak alanlar şu anda küresel alanın yaklaşık %46,2'sini kaplamaktadır ve yaklaşık 3 milyar insana ev sahipliği yapmaktadır. Çölleşme süreçlerinin çokluğu ve karmaşıklığı onun nicelleştirilmesini zorlaştırmaktadır. 1980'ler ve 2000'ler arasında bitki örtüsündeki düşüşle tanımlanan çölleşme noktaları 2015'te yaklaşık 500 milyon insanı etkileyerek kurak alan olarak genişledi. Diğer kurak alan bölgeleri de çölleşmeye başladı ve bu çölleşme tarımsal üretkenliği, gelir seviyesini ve bazı alanlarda biyolojik çeşitliliği azalttı. . Birçok kurak alanda, istilacı bitkilerin yayılması ekosistem hizmetlerinde kayıplara yol açarken aşırı ekstraksiyon yeraltı suyunun tükenmesine yol açmaktadır. Sürdürülebilir olmayan arazi yönetimi, özellikle kuraklıklarla birleştiğinde, daha yüksek toz fırtınası aktivitesine katkıda bulunarak, kurak alanlarda ve ötesinde insan refahını azalttı. Toz fırtınaları, 2005 yılında yaklaşık 402.000 kişinin ölüm oranıyla ilişkilendirildi. Daha yüksek yoğunluktaki kum fırtınaları ve kumul hareketleri,

ulaşım ile güneş ve rüzgar enerjisi toplama altyapılarında aksamalara ve hasara neden olmaktadır.

Çölleşmenin iklim değışkenliğine ve değışimine ve insan faaliyetlerine atfedilmesi, mekan ve zamana göre değışir. İklim değışkenliği ve antropojenik iklim değışikliği, özellikle hem kara yüzeyi hava sıcaklığındaki ve evapotranspirasyondaki artışlar hem de yağıştaki azalmalar yoluyla, insan faaliyetleriyle etkileşimde bazı kurak alanlarda çölleşmeye neden olmada rol oynamış olabilir. İklim değışikliğiyle etkileşime giren çölleşmenin başlıca insan faktörleri, ekili alanların genişlemesi, sürdürülemez arazi yönetimi uygulamaları , nüfus ve gelir artışından kaynaklanan arazi üzerindeki artan baskıdır. Yoksulluk, hem iklim değışikliğine uyum sağlama kapasitelerini hem de sürdürülebilir arazi yönetimine (SLM) yatırım yapmak için finansal kaynakların mevcudiyetini sınırlandırıyor.

İklim değışikliği birçok çölleşme sürecini şiddetlendirecek. CO2 gübreleme etkisi kurak alanlarda bitki verimliliğini artırıyor olsa da , su mevcudiyetindeki azalmalar CO2'den daha büyük bir etkiye sahip. İklim değışikliği nedeniyle çölleşmeden kaynaklanan risklerin artacağı tahmin edilmektedir. Sosyo-ekonomik etkileri etkiler ise güç geçtikçe artmaktadır. Su, enerji ve tarım gibi alanlar tehlike altına girmeye başlamıştır.

Çölleşme ve iklim değışikliği, hem bireysel hem de kombinasyon halinde, kurak alan ekosistem hizmetlerinin sağlanmasını azaltacak ve biyolojik çeşitlilikteki kayıplar dahil olmak üzere ekosistem sağlığını düşürecektir. Çölleşme ve iklim değışikliği, hem bireysel hem de kombinasyon halinde, kurak alan ekosistem hizmetlerinin sağlanmasını azaltacak ve biyolojik çeşitlilikteki kayıplar dahil olmak üzere ekosistem sağlığını düşürecektir. Yükselen CO2 seviyeleri, bazı bölgelerde bazı istilacı bitki türlerinin daha hızlı yayılmasını destekleyecektir. Otoburlar için mevcut kaynakların nitelik ve niceliğinde bir azalma, yırtıcılar için potansiyel olarak yıkıcı ekolojik çağlayanlara yol açabilecek zincirleme sonuçlara yol açabilir. Sıcaklıkta öngörülen artışlar ve bazı kurak alanlardaki kuraklık olaylarının şiddeti, orman yangını meydana gelme olasılığını artırabilir.

İklim değışikliği ile birlikte kara üzerindeki artan insan baskısı, kurak alan popülasyonlarının direncini azaltacak ve uyum sağlama kapasitelerini sınırlayacaktır. İklim değışkenliğinden, antropojenik iklim değışikliğinden ve çölleşmeden gelen baskıların birleşimi, potansiyel olarak çatışmalara olduğu kadar, yoksulluğa, gıda güvensizliğine ve artan hastalık yüküne katkıda bulunacaktır. İklim değışikliğinin kurak alanlardaki göç üzerindeki güçlü etkileri tartışılrsa da, bazı yerlerde değışen iklim altında çölleşme göç için ek bir teşvik sağlayabilir .

Kadınlar, özellikle tarımsal geçim kaynaklarına daha fazla bağımlı olan bölgelerde çevresel bozulmadan erkeklerden daha fazla etkilenecektir.

Çölleşme, bitki örtüsündeki değişiklikler, kum ve toz aerosolleri ve sera gazı akışlarındaki değişiklikler gibi çeşitli mekanizmalar yoluyla iklim değişikliğini şiddetlendirir. Kuraklığın (sıcaklıktan ziyade) CO<sub>2</sub> değişimini kontrol ettiği alanların kapsamı 1948 ile 2012 arasında %6 arttı ve genişleme aynı oranda devam ederse 2050 yılına kadar en az %8 daha artması bekleniyor. Bu alanlarda net karbon alımı diğer alanlara göre yaklaşık %27 daha düşüktür. Çölleşme aynı zamanda albedoyu artırma, yüzeyde mevcut olan enerjiyi ve buna bağlı enerjiyi azaltma eğilimindedir. Yüzey sıcaklıkları, iklim değişikliği hakkında olumsuz bir geri bildirim üretir. Bitki örtüsü ve toprak üzerindeki etkisiyle çölleşme, ilişkili sera gazlarının emilimini ve salınımını değiştirir. Çölleşme nedeniyle bitki örtüsü kaybı ve yüzey örtüsünün kuruması, toz fırtınalarının sıklığını artırır. Kurak ekosistemler, toprak suyunun mevcudiyetine bağlı olarak önemli bir küresel karbon yutağı olabilir.

Çölleşmeyi önlemek, azaltmak ve tersine çevirmek için hem yeni bilimsel yeniliklere hem de yerel ve yerel bilgiye dayanan sahaya ve bölgeye özgü teknolojik çözümler mevcuttur ve aynı zamanda iklim değişikliğinin hafifletilmesine ve adaptasyonuna katkıda bulunur. Kurak alanlardaki SLM uygulamaları, tarımsal üretkenliği artırır ve azaltım ortak faydaları ile iklim değişikliğine uyum sağlamaya katkıda bulunur. Toprak bozulmasını azaltmak ve tarımsal üretim sistemlerinin iklim değişikliğinin etkilerine karşı direncini artırmak için entegre mahsul, toprak ve su yönetimi önlemleri kullanılabilir. Bu önlemler, mahsul çeşitlendirmesini ve kuraklığa dayanıklı ekonomik açıdan uygun bitkilerin benimsenmesini, toprak işlemenin azaltılmasını, gelişmiş sulama tekniklerinin (örneğin damla sulama) ve nem koruma yöntemlerinin (örneğin, yerel uygulamalar kullanılarak yağmur suyu hasadı) benimsenmesini ve bitki örtüsünün ve malçın korunmasını içerir. Korumalı tarım, tarımsal uygulamalardaki 0,04 ile 0,4 arasında değişen değişiklikleri takiben kurak alanlardaki karbon tutma oranlarının nicel tahminleriyle birlikte, tarımsal hanelerin iklim değişikliğine uyum sağlama kapasitesini artırır ve toprak organik karbonunda zaman içinde artışlara yol açabilir. Sürdürülebilir otlama ve yeniden bitkilendirmeye dayalı mera yönetim sistemleri, mera üretkenliğini ve ekosistem hizmetlerinin akışını artırır. Tuza dayanıklı ekinlerin birlikte kullanımı, iyileştirilmiş sulama uygulamaları, kimyasal iyileştirme önlemleri ve uygun malç ve kompost, ikincil tuzlanmanın etkisini azaltmada etkilidir. Kumul stabilizasyon tekniklerinin uygulanması, kum ve toz fırtınalarının azaltılmasına katkıda bulunur. Tarımsal ormancılık uygulamaları ve barınak kemerleri, toprak erozyonunun

azaltılmasına ve karbonun tutulmasına yardımcı olur. 'Yeşil duvarlar' ve 'yeşil barajlar' şeklinde rüzgar siperleri oluşturmayı amaçlayan ağaçlandırma programları, özellikle yerel olarak uyarlanmış yerli ve diğer iklime dayanıklı ağaç türleri ile yapıldığında, toz fırtınalarının dengelenmesine ve azaltılmasına, rüzgar erozyonunun önlenmesine ve karbon yutağı görevi görmesine yardımcı olabilir.

SLM'ye yapılan yatırımlar, kurak alanlardaki arazi restorasyonu ve rehabilitasyonu olumlu ekonomik getirilere sahiptir. Çölleşmeyi ele alma, iklim değişikliğini hafifletme ve iklim değişikliğine uyum sağlama ve gıda ve ekonomik güvenliği artırmadaki faydalarına rağmen, birçok SLM uygulaması, güvensiz arazi kullanımı, kredi ve tarımsal danışmanlık hizmetlerine erişim eksikliği ve özel arazi için yetersiz teşvikler nedeniyle yaygın olarak benimsenmemektedir. Kurak alan popülasyonları, kaynakları az olan kurak alan ortamlarına iyi uyum sağlayan geleneksel agroekolojik uygulamalar geliştirmiştir. Bununla birlikte, geleneksel agroekolojik bilgi kayıplarını belgeleyen sağlam kanıtlar vardır. Geleneksel agroekolojik uygulamalar da artan gıda talebiyle giderek daha fazla başa çıkamamaktadır. İLK ve yeni SLM teknolojilerinin birlikte kullanımı, iklim değişikliği ve çölleşmenin zorluklarına karşı direncin artırılmasına katkıda bulunabilir.

SLM çözümlerinin benimsenmesini teşvik eden politika çerçeveleri, çölleşmeyi ele almanın yanı sıra iklim değişikliğini hafifletmeye ve iklim değişikliğine uyum sağlamaya katkıda bulunur ve kurak alan popülasyonları arasında yoksulluğun ortadan kaldırılması ve gıda güvenliği için ortak faydalar sağlar. Arazi Bozulması Tarafsızlığı politikalarının uygulanması, nüfusların çölleşmeyi önlemesine, azaltılmasına ve tersine çevirmesine olanak tanır, böylece hafifletme ortak faydaları ile iklim değişikliğine uyum sağlanmasına katkıda bulunur. Arazi kullanım güvenliğinin güçlendirilmesi, ekili alanlarda toprak koruma önlemlerinin benimsenmesine katkıda bulunan önemli bir faktördür. Çiftlik içi ve çiftlik dışı geçim kaynağı çeşitlendirme stratejileri, kırsal hanelerin çölleşmeye ve kuraklık gibi aşırı hava olaylarına karşı direncini artırır. Toplu eylemi güçlendirmek, çölleşmenin nedenlerini ve etkilerini ele almak ve iklim değişikliğine uyum sağlamak için önemlidir. Arazi kullanımı ve arazi yönetimi uygulamaları üzerindeki cinsiyete özgü farklılıkların anlaşılmasına daha fazla vurgu yapılması, arazi restorasyon projelerinin daha başarılı olmasına yardımcı olabilir. Piyasalara daha iyi erişim, tarımsal karlılığı artırır ve iklim değişikliğine uyum ve SLM yatırımlarını motive eder. Ekosistem hizmetleri için yapılan ödemeler, arazi kullanıcılarına SLM uygulamalarını benimsemeleri için ek teşvikler sağlar. Kırsal danışmanlık hizmetlerine erişimin genişletilmesi, SLM hakkındaki bilgileri artırır ve daha



geniş çapta benimsenmesini kolaylaştırır. Daha temiz enerji kaynakları ve teknolojilerinin geliştirilmesi, etkinleştirilmesi ve teşvik edilmesi, enerji için yakacak odun ve mahsul artıklarının kullanımını azaltarak çölleşmeyi azaltmaya ve iklim değişikliğini hafifletmeye katkıda bulunabilir. Kuraklığa yönelik proaktif kuraklığa hazırlık ve kuraklık riskinin azaltılmasına dayalı politika tepkileri, kuraklığın neden olduğu zararları sınırlamada reaktif kuraklık yardım çabalarından daha etkilidir.

İklim değişikliği ve çölleşmenin birleşik etkilerine uyumun sınırlarına ilişkin bilgiler yetersizdir. Kurak alanlardaki adaptasyonun sınırlarına ilişkin ampirik kanıtlar sınırlıdır. Adaptasyonun potansiyel sınırları, geri dönüşü olmayan çölleşme biçimleri nedeniyle arazi verimliliği kayıplarını içerir. Artık riskler, SLM önlemlerinin iklim değişikliği etkilerinden kaynaklanan verim kayıplarını tam olarak telafi edememesinden kaynaklanabilir. Ayrıca, SLM önlemleri uygulandığında bile bir süre sonra araziyi ilk üretkenliğe geri döndürebilse bile, toprak verimliliği kaybı nedeniyle ekosistem hizmetlerinde önceden görülen azalmalardan kaynaklanırlar. Kurak alanlarda tarımsal yoğunlaştırmayı destekleyen bazı faaliyetler, olumsuz etkileri nedeniyle uyumsuz hale gelebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Kurak alan, iklim değişikliği, çölleşme, ekosistem, arazi kullanımı, ekoloji, bitki örtüsü, erozyon, kuraklık

# **ABSTRACT**

**Undergraduate Thesis**

## **EXAMINATION OF DESERTAIN**

**Aydın ÜNAL**

**Bartın University**

**Bartın Forest Faculty**

**Forest Engineering Department**

**Thesis advisor: Prof. Dr. Ayhan ATEŞOĞLU**

**BARTIN, 2022**

Desertification; It is land degradation in arid, semi-arid and semi-humid areas resulting from many factors, including human activities and climate changes. In the last decade, the extent and intensity of desertification in arid areas has increased. Drylands currently cover approximately 46.2% of the global area and are home to approximately 3 billion people. The multiplicity and complexity of desertification processes makes it difficult to quantify.

Defined by the decline in vegetation between the 1980s and 2000s, desertification points expanded to dryland, affecting nearly 500 million people in 2015. Other dryland areas have also begun to desert, which has reduced agricultural productivity, income levels and, in some areas, biodiversity. In many arid areas, the spread of invasive plants leads to losses in ecosystem services, while over-extraction leads to groundwater depletion. Unsustainable land management, especially when coupled with droughts, has contributed to higher dust

storm activity, reducing human well-being in arid areas and beyond. Dust storms were associated with a death rate of about 402,000 people in 2005. Higher intensity sandstorms and dune movements are causing disruption and damage to transportation and solar and wind energy harvesting infrastructures.

The attribution of desertification to climate variability and change and human activities varies with space and time. Climate variability and anthropogenic climate change may have played a role in causing desertification in some arid areas, particularly in interaction with human activities, through both increases in land surface air temperature and evapotranspiration, and reductions in precipitation. The major human factors of desertification interacting with climate change are the expansion of cultivated land, unsustainable land management practices, and increasing pressure on land from population and income growth. Poverty limits both their capacity to adapt to climate change and the availability of financial resources to invest in sustainable land management (SLM).

Climate change will exacerbate many desertification processes. Although the effect of CO<sub>2</sub> fertilization increases plant productivity in arid areas, reductions in water availability have a greater impact than CO<sub>2</sub>. It is estimated that the risks arising from desertification will increase due to climate change. The socio-economic effects, on the other hand, are increasing as the power goes on. Areas such as water, energy and agriculture have begun to be endangered.

Desertification and climate change, both individually and in combination, will reduce the provision of dryland ecosystem services and reduce ecosystem health, including losses in biodiversity. Desertification and climate change, both individually and in combination, will reduce the provision of dryland ecosystem services and reduce ecosystem health, including losses in biodiversity. Rising CO<sub>2</sub> levels will support the faster spread of some invasive plant species in some areas. A reduction in the quality and quantity of resources available to herbivores can have cascading consequences for predators that can lead to potentially devastating ecological cascades. Projected increases in temperature and the severity of drought events in some arid areas could increase the likelihood of wildfires.

Increasing human pressure on land combined with climate change will reduce the resilience of dryland populations and limit their capacity to adapt. The combination of pressures from climate variability, anthropogenic climate change and desertification will potentially contribute to conflict as well as poverty, food insecurity and increased disease burden. Although the strong effects of climate change on migration in arid areas are debated, in some

places desertification under the changing climate may provide an additional incentive for migration. Women will be more affected by environmental degradation than men, especially in areas that are more dependent on agricultural livelihoods.

Desertification exacerbates climate change through a variety of mechanisms, including changes in vegetation, sand and dust aerosols, and changes in greenhouse gas flows. The extent of areas where drought (rather than temperature) controls CO<sub>2</sub> exchange increased by 6% between 1948 and 2012 and is expected to increase by at least 8% by 2050 if expansion continues at the same rate. Net carbon uptake in these areas is approximately 27% lower than in other areas. Desertification also tends to increase albedo, reducing the energy available at the surface and associated energy. Surface temperatures produce a negative feedback on climate change. With its effect on vegetation and soil, desertification alters the absorption and release of associated greenhouse gases. Loss of vegetation and drying of the surface cover due to desertification increase the frequency of dust storms. Arid ecosystems can be an important global carbon sink due to the availability of soil water.

Site- and region-specific technological solutions are available to prevent, reduce and reverse desertification, based on both new scientific innovations and local and local knowledge, while also contributing to climate change mitigation and adaptation. SLM applications in drylands increase agricultural productivity and contribute to climate change adaptation with the co-benefits of mitigation. Integrated crop, soil and water management measures can be used to reduce soil degradation and increase the resilience of agricultural production systems to the effects of climate change. These measures include crop diversification and the adoption of drought-tolerant economically viable plants, reduction of tillage, adoption of advanced irrigation techniques (e.g. drip irrigation) and moisture conservation methods (e.g. rainwater harvesting using local practices), and preservation of vegetation and mulch. Conservation agriculture, with quantitative estimates of carbon sequestration rates in arid areas following changes in agricultural practices ranging from 0.04 to 0.4, increases the capacity of agricultural households to adapt to climate change and can lead to increases in soil organic carbon over time. Rangeland management systems based on sustainable grazing and replanting increase rangeland productivity and the flow of ecosystem services. Combined use of salt-tolerant crops, improved irrigation practices, chemical remediation measures, and appropriate mulch and compost are effective in reducing the impact of secondary salinization. The application of dune stabilization techniques contributes to the reduction of sand and dust storms. Agroforestry practices and shelter belts help reduce soil erosion and sequester carbon. Afforestation programs aimed at creating windbreaks in the

form of 'green walls' and 'green dams' can help stabilize and mitigate dust storms, prevent wind erosion and act as carbon sinks, especially when done with locally adapted native and other climate-tolerant tree species.

Investments in SLM, land restoration and rehabilitation in drylands have positive economic returns. Despite its benefits in addressing desertification, mitigating and adapting to climate change, and improving food and economic security, many SLM practices are not widely adopted due to unsafe land use, lack of access to credit and agricultural advisory services, and insufficient incentives for private land. Dryland populations have developed traditional agroecological practices that adapt well to resource-poor dryland environments. However, there is solid evidence documenting traditional agroecological knowledge losses. Traditional agroecological practices are also increasingly unable to cope with the increasing demand for food. The combined use of ILK and new SLM technologies can contribute to increasing resilience to the challenges of climate change and desertification.

Policy frameworks that promote the adoption of SLM solutions contribute to climate change mitigation and adaptation, as well as addressing desertification, and provide shared benefits for poverty eradication and food security among dryland populations. Implementing Land Degradation Neutrality policies allows populations to prevent, reduce and reverse desertification, thereby contributing to climate change adaptation with the co-benefits of mitigation. Strengthening land use security is an important factor contributing to the adoption of soil conservation measures in cultivated areas. On-farm and off-farm livelihood diversification strategies increase rural households' resilience to desertification and extreme weather events such as drought. Strengthening collective action is important to address the causes and effects of desertification and to adapt to climate change. More emphasis on understanding gender-specific differences in land use and land management practices can help land restoration projects be more successful. Better access to markets increases agricultural profitability and motivates investment in climate change adaptation and SLM. Payments for ecosystem services provide land users with additional incentives to adopt SLM applications. Expanding access to rural advisory services increases knowledge about SLM and facilitates wider adoption. Developing, enabling and promoting cleaner energy sources and technologies can contribute to reducing desertification and mitigating climate change by reducing the use of firewood and crop residues for energy. Policy responses to drought based on proactive drought preparedness and drought risk reduction are more effective than reactive drought relief efforts at limiting drought damage.

Information on the limits of adaptation to the combined effects of climate change and desertification is insufficient. Empirical evidence of the limits of adaptation in drylands is limited. The potential limits of adaptation include land productivity losses due to irreversible forms of desertification. Residual risks may arise from the inability of SLM measures to fully compensate for yield losses from climate change impacts. They also result from predicted reductions in ecosystem services due to loss of soil fertility, even when SLM measures are implemented can eventually return land to original productivity. Some activities that support agricultural intensification in arid areas may become incompatible due to adverse effects.

**Keywords:** Arid area, climate change, desertification, ecosystem, land use, ecology, vegetation, erosion, drought

## İÇİNDEKİLER

|   |       |
|---|-------|
| BEYANNAME.....  | iii   |
| ÖNSÖZ.....  | iv    |
| ÖZET .....  | v     |
| ABSTRACT .....  | x     |
| İÇİNDEKİLER.....  | xv    |
| ŞEKİLLER DİZİNİ .....   | xvii  |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....  | xviii |
| <br>  |       |
| BÖLÜM 1 ÇÖLLEŞMENİN DOĞASI .....  | 1     |
| 1.1. GİRİŞ .....  | 1     |
| 1.2. ÇÖLLEŞME İLE İLGİLİ RAPORLAR .....   | 5     |
| 1.3. Kurak Alan Popülasyonları: Hassasiyet ve Dayanıklılık.....   | 6     |
| 1.4. İklim Değişikliği Altında Çölleşme süreçleri ve bölgesel eğilimleri.....                           | 8     |
| BÖLÜM 2 ÇÖLLEŞME GÖZLEMLERİ .....   | 11    |
| 2.1 Çölleşmenin Durumu Ve bölgesel Eğilimleri.....  | 11    |
| 2.2 Çölleşmenin Niteliği .....  | 19    |
| BÖLÜM 3 İKLİME GÖRE ÇÖLLEŞME GERİ BİLDİRİMLERİ .....  | 23    |
| 3.1 Kum ve Toz Aerosolleri.....   | 23    |
| 3.2 Yüzey Albedosundaki Değişiklikler .....   | 24    |
| 3.3 Bitki Örtüsü Ve Sera Gazı Akışlarındaki Değişiklikler.....  | 25    |
| BÖLÜM 4 İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ ALTINDA DOĞAL VE SOSYO-EKONOMİK<br>SİSTEMLER ÜZERİNDE ÇÖLLEŞME ETKİLERİ ..... | 26    |
| 4.1 Doğal Ve Yönetilen Ekosistemler Üzerindeki Etkiler.....   | 26    |
| 4.2 Sosyo-Ekonomik Sistemler Üzerindeki Etkiler .....   | 27    |
| BÖLÜM 5 GELECEK PROJEKSİYONLARI .....   | 30    |
| 5.1 Çölleşmenin Gelecekteki Projeksiyonları.....  | 30    |
| 5.2 Etkilerin Gelecekteki Projeksiyonları .....   | 31    |
| BÖLÜM 6 BİLGİ BOŞLUKLARI VE TEMEL BELİRSİZLİKLER .....  | 33    |
| KAYNAKLAR.....  | 36    |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|   |       |
|---|-------|
| ŞEKİL 1 Kuraklık endeksine (AI) göre sınırlandırılmış kurak alanların coğrafi dağılımı ..                                     | 2     |
| ŞEKİL 2 Coğrafi alanlar (kıtalar ve Pasifik bölgesi) genelinde kurak alan kategorileri.....                                   | 3     |
| ŞEKİL 3 Kurak alanlarda arazi kullanımı ve arazi örtüsü, her bir kurak alan kategorisinin küresel arazi alanındaki payı ..... | 4     |
| ŞEKİL 4 Kurak alanlardaki mevcut ve tahmini nüfus .....   | 6     |
| ŞEKİL 5 Ortalama yıllık maksimum NDVI 1982–2015.....  | 12    |
| ŞEKİL 6 Yıllık maksimum NDVI 1982–2015'teki eğilim.....   | 12    |
| ŞEKİL 7 Kurak alan bitki örtüsünün sürücüleri değişimi .....  | 21-22 |
| ŞEKİL 8 Çölleşmenin iklim üzerinde geri besleme sağlayabileceği ana yolların şeması..   | 24    |



## **SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ**

UNCDD: Birleşmiş Milletler Çölleşmeyle Mücadele

NDVI: Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü

AL: Kuraklık Endeksi

SLM: Sürdürülebilir Arazi Yönetimi

FAO: Gıda ve Tarım Örgütü

IPCC: Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli

WOCAT: Dünya Koruma Yaklaşımları ve Teknolojileri Genel Bakış

LADA: Kurak Alanlarda Arazi Bozulma Değeri

DESIRE: Çölleşme Azaltma ve Arazi İyileştirmesi

VOD: Bitki Örtüsü Optik Derinliği

SOC: Toprak Organik Karbon

PET: Potansiyel Evapotranspirasyon

### **KISALTMALAR**

ha: hektar

mHa: milyon hektar

## BÖLÜM 1 ÇÖLLEŞMENİN DOĞASI

### 1.1. GİRİŞ

Bu raporda çölleşme, kurak, yarı kurak ve kuru yarı nemli alanlarda iklim değişiklikleri ve insan faaliyetleri dahil olmak üzere birçok faktörden kaynaklanan arazi bozulması olarak tanımlanmaktadır (Birleşmiş Milletler Çölleşmeyle Mücadele Sözleşmesi(UNCCD) 1994.

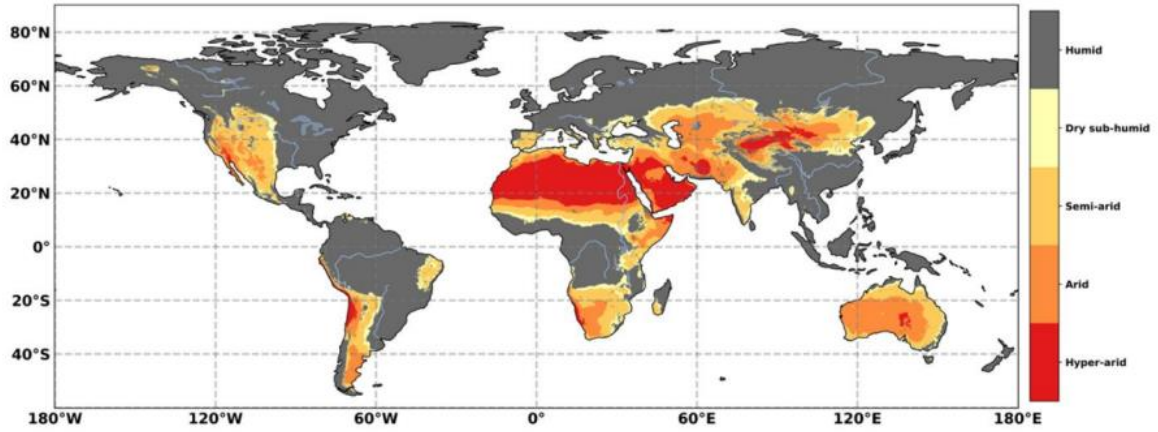
Arazi bozulumu, aşağıdakilerden en az birinin uzun vadeli azalması veya kaybı olarak ifade edilen, antropojenik iklim değişikliği dahil olmak üzere doğrudan veya dolaylı insan kaynaklı süreçlerin neden olduğu, arazi koşullarındaki olumsuz bir eğilimdir. Kurak, yarı kurak ve kuru yarı nemli alanlar, aşırı kurak alanlar ile birlikte, yaklaşık 3 milyar insana ev sahipliği yapan kurak alanları (UNEP 1992) oluşturur (van der Esch et al. 2017). Çölleşme ile arazi bozulumu arasındaki fark süreç bazlı değil coğrafidir. Arazi bozulması dünyanın herhangi bir yerinde meydana gelebilse de, kurak alanlarda meydana geldiğinde çölleşme olarak kabul edilir. Çölleşme, geri dönüşü olmayan arazi bozulumu biçimleriyle sınırlı değildir ve çöl genişlemesiyle eşit değildir, ancak kurak alanlarda meydana gelen tüm biçim ve düzeylerdeki arazi bozulmasını temsil eder.

Kurak alanların coğrafi sınıflandırması genellikle kuraklık indeksine dayanır – ortalama yıllık yağış miktarının (P) potansiyel evapotranspirasyon miktarına oranı (Şekil 1). Yapay zekaya dayalı son tahminler, kurak alanların küresel kara alanının yaklaşık %46,2'sini ( $\pm 0,8$ ) kapsadığını göstermektedir. Kuraklık indeksinin 0,05'in altında olduğu aşırı kurak alanlar, kurak alanlara dahil edilir, ancak çölleşme tanımının dışında tutulur. Çöller, coğrafi olarak kurak alanlarda bulunan ve iklim değişikliğine karşı hassas olan değerli ekosistemlerdir. Ancak, çölleşmeye eğilimli kabul edilmezler. Kuraklık, düşük ortalama yağış veya kullanılabilir su ile karakterize edilen uzun vadeli bir iklim özelliğidir. Dolayısıyla kuraklık, geçici bir iklim olayı olan kuraklıktan farklıdır. Ayrıca, kuraklık sadece kurak alanlarla sınırlı olmayıp hem kurak hem de nemli alanlarda meydana gelmektedir. IPCC Beşinci Değerlendirme Raporunun ardından, kuraklık burada “ciddi bir hidrolojik dengesizliğe neden olacak kadar uzun anormal derecede kuru hava dönemi” olarak tanımlanmaktadır.

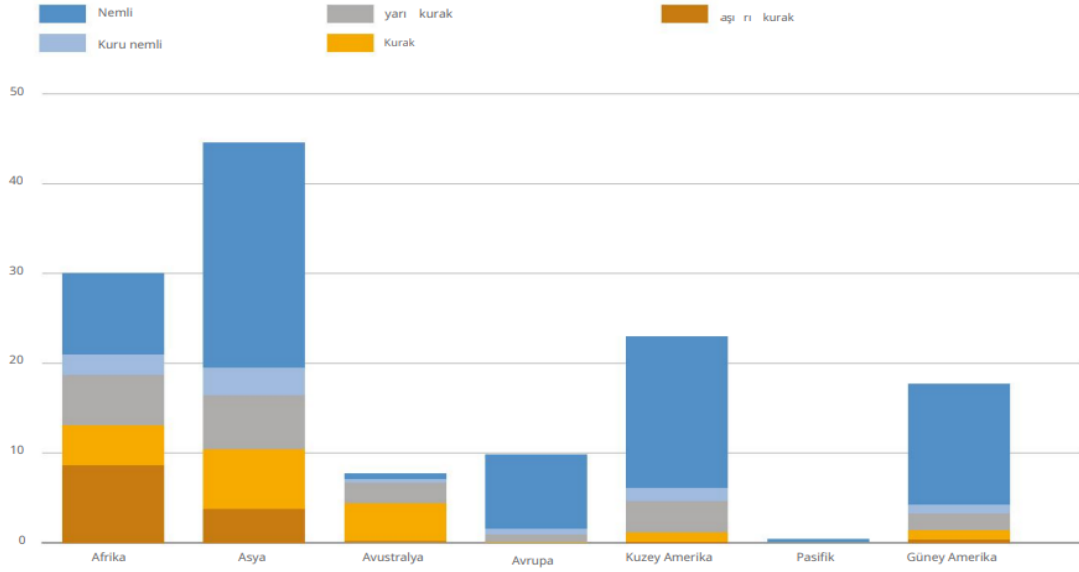
Al(kuraklık endeksi) artan bir CO<sub>2</sub> ortamında kuru alanların tanımlanması doğru bir veri değildir. Al azaldığı için dünyanın çoğunun daha kurak hale geldiği önerisi, yağış, buharlaşma veya kuraklıkta gözlenen değişikliklerle desteklenmemektedir. Potansiyel buharlaşmadaki artışlar nedeniyle iklim değişikliğinin yapay zekayı düşürmesi beklenirken,

potansiyel buharlaşma hesaplamasını destekleyen varsayımlar, değişen CO2 ortamı ve bunun terleme oranları üzerindeki etkisi ile tutarlı değildir. Gelecekteki iklimin CO2'deki önemli artışlarla karakterize olduğu göz önüne alındığında, iklim değişikliği altında kuru alan alanlarını tahmin etmek için halihazırda uygulanan AI eşiklerinin kullanılabilirliği sınırlıdır. Kurak alan alanlarını belirlemek için AI yerine yağış, toprak nemi ve birincil üretkenlik gibi diğer değişkenler kullanılırsa, iklim değişikliği altında kurak alanların kapsamının genel olarak değişeceğine dair net bir gösterge yoktur. Böylece bazı kurak alan sınırları genişlerken bazıları daralacaktır.

Kurak alanların yaklaşık %70'i Afrika ve Asya'da bulunmaktadır (Şekil 2). Kurak alanlardaki alan olarak en büyük arazi kullanımı/örtü, çöller hariç tutulduğunda çayırlardır, bunu ormanlar ve ekili alanlar izlemektedir (Şekil 3). Şekil 3'teki 'diğer araziler' kategorisi, çıplak toprak, buz, kaya ve diğer beş kategoriye dahil olmayan diğer tüm arazi alanlarını içerir . Bu nedenle, aşırı kurak alanlar, örneğin otlakların ve ekili alanların vaha koşullarında sulamalı olarak ekildiği bazı küçük istisnalar dışında, çoğunlukla çölleri içerir . Ayrıca FAO (2016) meraları, beş yıldan uzun süredir sürekli olarak kullanılan kalıcı mera ve çayırlar olarak tanımlamaktadır. Kurak alanlarda, yaylacılık yani mevsimlik gezici otlatma,



Şekil 1: Kuraklık endeksine (AI) göre sınırlandırılmış kurak alanların coğrafi dağılımı. Humid(Nemli) , Dry sub-humid(Yarı nemli), Semi-arid(Yarı kurak), Arid(Kurak), Hyper-arid(Aşırı kurak). Veri: TerraClimate yağışı ve potansiyel evapotranspirasyon (1980–2015) (Abatzoglou et al. 2018).



Şekil 2: Coğrafi alanlar (kıtalar ve Pasifik bölgesi) genelinde kurak alan kategorileri. Veri: TerraClimate yağışı ve potansiyel evapotranspirasyon (1980–2015) (Abatzoglou et al. 2018).

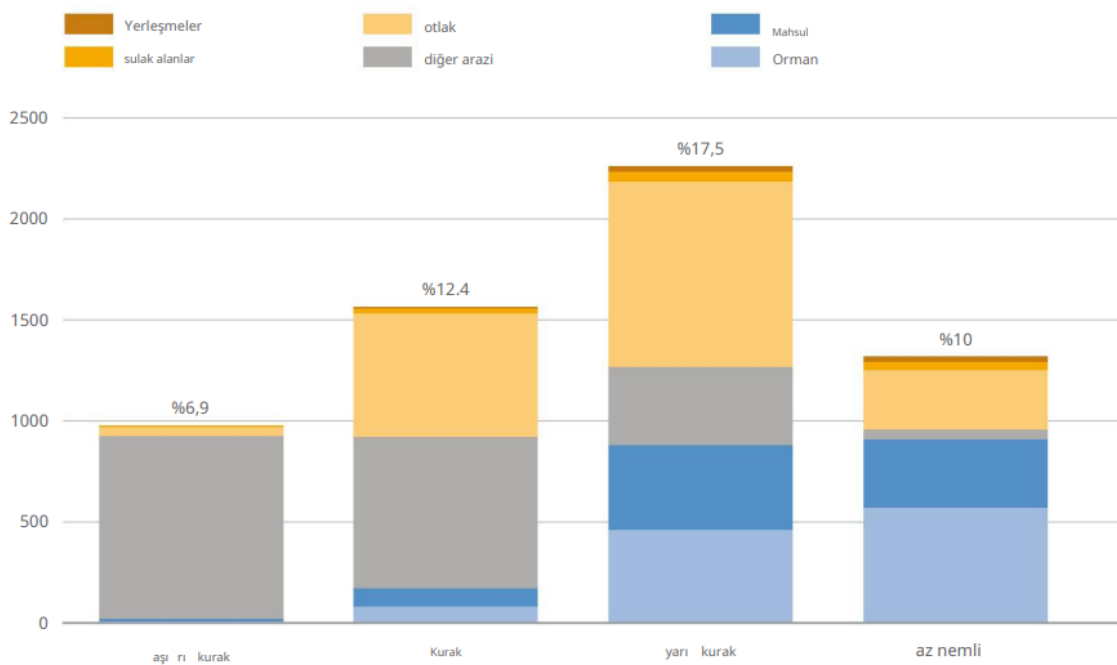
genellikle kalıcı olmayan mera sistemlerine yol açar, bu nedenle 'diğer arazi' kategorisi altındaki bazı alanlar kalıcı olmayan meralar olarak da kullanılmaktadır.

Niteliksel uzman değerlendirmelerine dayanan daha önceki küresel çölleşme değerlendirmelerinde (1970'lerden beri), çölleşmenin kapsamının, kurak alanların %4'ü ile %70'i arasında değiştiği bulunmuştur. Uzaktan algılanan verilere dayanan daha yakın tarihli tahminler, küresel arazi alanının yaklaşık %24-29'unun 1980'ler ve 2000'ler arasında biyokütle verimliliğinde düşüşler yaşadığını göstermektedir. Bu dönemde biyokütle verimliliğinde düşüş yaşayan kurak alanların yüzdesi ( $\pm 0,5\%$ ), esas olarak antropojenik nedenlerden dolayı. Bu çalışmaların her ikisi de yağış dinamiklerini dikkate alarak kuraklıkların etkisini açıklamaktadır. Kurak alanların %10'dan azı çölleşmeye uğrarken, kurak alan nüfusunun yaklaşık %20'sini içeren alanlarda meydana gelmektedir.

Çölleşmenin küresel kapsamına ve ciddiyetine ilişkin mevcut değerlendirmeler, örneğin bazı kurak arazi bölgelerinde istilacı çalı istilasının kafa karıştırıcı etkileri nedeniyle, önemli belirsizlikler içeren nispeten kaba tahminlerdir. Ulusal ölçekten küresel ölçeğe kadar çölleşmenin izlenmesi ve değerlendirilmesi için farklı gösterge setleri ve yaklaşımlar geliştirilmiştir. Birçok çölleşme göstergesi, bitki örtüsünün yama boyutu dağılımı gibi yalnızca tek bir çölleşme faktörünü veya özelliğini içerir. Normalleştirilmiş Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) kuraklığa dayanıklı bitki türleri, çimen örtüsü, arazi üretkenliği dinamikleri, ekosistem net birincil üretkenlik veya Çevresel Olarak Duyarlı Arazi Alanı Endeksi. Ek

olarak, iklim, arazi kullanımı, toprak ve sosyo-ekonomik parametreler veya iklim, arazi kullanımı, çölleşme hassasiyet indeksi olarak bitki örtüsü, toprak özellikleri ve nüfus. Mevcut veri mevcudiyeti ve metodolojik zorluklar, çölleşmenin küresel ölçekte doğru ve kapsamlı bir şekilde haritalandırılmasına izin vermemektedir. Bununla birlikte, ortaya çıkan kısmi kanıtlar, daha önce tahmin edilenden daha düşük bir küresel çölleşme boyutuna işaret etmektedir.

Bu değerlendirme, çölleşme-iklim değişikliği etkileşimlerini etkileyen itici güçler ve geri bildirimler arasındaki sosyo-ekolojik bağlantıları inceler ve ardından ilişkili gözlenen ve öngörülen etkileri ve tepkileri inceler. Ayrıca, bu değerlendirme, kurak alan popülasyonlarının çölleşme ve iklim değişikliğine karşı oldukça savunmasız olduğunu vurgulamaktadır. Aynı zamanda, kurak alan popülasyonları, iklim değişikliklerine başarılı bir şekilde uyum sağlamak ve çölleşmeyi ele almak için yerli ve yerel bilgi ve uygulamalarda somutlaşan önemli geçmiş deneyimlere ve dayanıklılık kaynaklarına sahiptir. Tarımsal geçim sistemlerinin iklim değişikliğine karşı direncini artırmaya yardımcı olabilecek kurak alanlarda SLM için çok sayıda sahaya özgü teknolojik müdahale seçeneği de mevcuttur. Bununla birlikte, iklim değişikliği ile birlikte devam eden çevresel bozulma, kurak alan popülasyonlarının direncini zorlamaktadır.



Şekil 3: Kurak alanlarda arazi kullanımı ve arazi örtüsü, her bir kurak alan kategorisinin küresel arazi alanındaki payı. Kaynak: FAO (2016).

Değerlendirme, kurak alanlarda SLM'yi teşvik eden politikaların, daha geniş sürdürülebilir kalkınma için ortak faydalarla birlikte iklim değişikliğine uyum ve hafifletmeye katkıda bulunacağını ortaya koymaktadır.

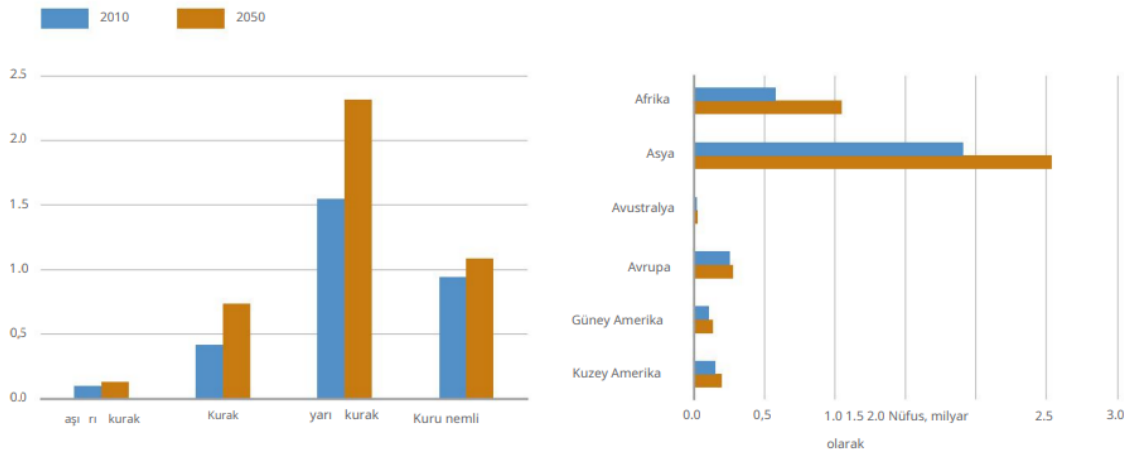
## **1.2. ÇÖLLEŞME İLE İLGİLİ RAPORLAR**

IPCC Beşinci Değerlendirme Raporu (AR5) ve 1.5°C Küresel Isınma Özel Raporu, çölleşmeyle ilgili sınırlı bir tartışmayı içermektedir. AR5 Çalışma Grubu I'de çölleşme, atmosferik toz üretimi için bir zorlayıcı ajan olarak belirtilmektedir. Aynı rapor, iklim değişikliği nedeniyle toz yüklerindeki değişikliklere ilişkin mevcut tahminlere düşük bir güvenilirliğe sahiptir. AR5 Çalışma Grubu II'de çölleşme, mahsul veriminde azalmaya tarımsal ve kırsal geçim kaynaklarının dayanıklılığına yol açabilecek bir süreç olarak tanımlanmaktadır. AR5 Çalışma Grubu II, iklim değişikliğinin su kıtlığını artıracığını ve özellikle Afrika'nın yarı kurak ortamlarında tarımsal sistemler üzerinde olumsuz etkiler yaratacağını kuraklıkların ise Orta Asya'nın güneybatı bölgelerinde çölleşmeyi şiddetlendirebileceğini belirtmektedir. AR5 Çalışma Grubu III, çölleşmeyi, hafifletme ve adaptasyon yönetimi düşünülürken ele alınması gereken, genellikle birbiriyle örtüşen birkaç sorundan biri olarak tanımlar. IPCC'nin 1.5°C Küresel Isınma Özel Raporu, küresel ısınmanın 2°C yerine 1.5°C ile sınırlandırılmasının, kara ekosistemleri ve toprak koruma gibi hizmetleri için son derece yararlı olduğunu ve çölleşmenin önlenmesine katkıda bulunduğunu kaydetti. Biyoçeşitlilik ve Ekosistem Hizmetleri (IPBES) Arazi Bozulması ve Restorasyon Değerlendirmesi raporu üzerine yakın tarihli Hükümetler arası Bilim-Politika Platformu da özellikle önemlidir. IPBES , bozulmaya uğrayan alanın çok çeşitli geçmiş tahminlerini kabul ederken, bozulmanın nerede gerçekleştiği konusunda anlaşma eksikliğine dikkat çekti. IPBES ayrıca iklim değişkenliği ve arazi bozulması üzerindeki değişikliğin etkilerini bölgesel veya küresel ölçekte insan faaliyetlerinin etkilerinden ayırt etmeyle ilgili zorlukları da kabul etti.

Dünya Çölleşme Atlas'ının üçüncü baskısı, arazi bozulmasının ve onun alt kümesi olan çölleşmenin küresel boyutunu deterministik bir şekilde haritalamanın mümkün olmadığını belirterek, sosyal, ekonomik ve çevresel sistemler, arazi bozulmasını küresel ölçekte haritalamaya uygun hale getirmez.

### 1.3. KURAK ALAN POPÜLASYONLARI: HASSASİYET VE DAYANIKLILIK

Kurak alanlar, küresel nüfusun yaklaşık %38,2'sine ( $\pm 0,6$ ) ev sahipliği yapmaktadır, yani yaklaşık 3 milyar insan. En yüksek sayıda insan Güney Asya'nın kurak bölgelerinde yaşıyor (Şekil 4), bunu Sahra Altı Afrika ve Latin Amerika izliyor. Çölleşmeden etkilenen insan sayısı açısından, çölleşmenin 250 milyon insanı doğrudan etkilenmektedir. Daha yakın tarihli tahminler, biyokütlede önemli kayıplar yaşayan bu kurak alanlarda 2015 yılında 500 ( $\pm 120$ ) milyon insanın yaşadığını göstermektedir.



Şekil 4: Kurak alanlardaki mevcut ve tahmini nüfus Kaynak: van der Esch ve ark. (2017).

Kurak alanlarda yaşayan insan dağılımı Güney ve Doğu Asya, Kuzey Afrika ve Orta Doğu'dur. Kurak alanlardaki nüfusun, 2050 yılına kadar 4 milyar kişiye ulaşarak, kurak olmayan alanlara göre yaklaşık iki kat daha hızlı artması beklenmektedir. Bunun nedeni kurak alanlardaki daha yüksek nüfus artış oranlarıdır. Kurak alanlardaki nüfusun yaklaşık %90'ı gelişmekte olan ülkelerde yaşamaktadır.

Kurak alan popülasyonları, geçim kaynakları ağırlıklı olarak iklim değişikliğine en duyarlı sektörlerden biri olan tarıma bağlı olduğundan, çölleşme ve iklim değişikliğine karşı oldukça hassastır. İklim değişikliğinin kurak alanlardaki her türlü tarımsal geçim sistemi üzerinde önemli etkilere sahip olması bekleniyor

Kurak alanlardaki savunmasız gruplardan biri, pastoral ve agropastoral hanelerdir yani hayvancılık ve bitki-hayvan entegre üretim çalışmaları. Küresel olarak pastoralizmi uygulayan insan sayısı hakkında kesin rakamlar yoktur. Tahminlerin çoğu 100 milyon ile 200 milyon arasında değişmektedir bunların 30-63 milyonu göçebe pastoralisttir. Pastoral

Üretim sistemleri, Göçmen otlatma yoluyla hayvan otlatmak için geniş alanlar gerektiren kurak alan ekosistemlerinde yüksek mevsimsel iklim değişkenliği ve düşük biyokütle verimliliği vardır. Kurak alan ortamlarındaki otlaklar bozulmakta ve/veya mahsul üretimine dönüştürülmekte, bu da göçmen hayvancılık sistemleri için fırsatları sınırlandırmakta ve yerleşik mahsul üreticileriyle çatışmalara yol açmaktadır. Etnik farklılıklar, algılanan güvenlik tehditleri ve pastoral rasyonalitenin yanlış anlaşılmasıyla birleşen bu süreçler, pastoralliğin artan marjinalleşmesine yol açmıştır. Topluluklar, ekonomik ve kültürel yapılarının bozulması tehlikesiyle endişelenmektedir. Sonuç olarak, pastoral topluluklar, değişen iklim nedeniyle artan hava/iklim değişikliği ve hava/iklim aşırılıkları ile başa çıkmak için iyi hazırlıklı değillerdir.

Toplam nüfusun sırasıyla %41 ve %12'sinin aşırısı yoksulluk içinde yaşadığı Sahra Altı Afrika ve Güney Asya'nın kurak alanlarda artan bir yoksulluk yoğunlaşması görülmektedir. Karşılaştırma için, aşırısı yoksulluk içinde yaşayan küresel nüfusun ortalama payı yaklaşık %10'dur . Kurak alanların çoğunda yaygın olan çok boyutlu yoksulluk, kırılganlığın önemli bir kaynağıdır. . Çok boyutlu yoksulluk, hem gelire dayalı yoksulluğu hem de yetersiz sağlık hizmetleri, eğitim eksikliği, suya, sanitasyon ve enerjiye erişim eksikliği, yetkilerin kısıtlanması ve şiddet tehdidi gibi diğer boyutları içerir. Kurak alanlardaki bu çok boyutlu yoksulluğa katkıda bulunan unsurlar, hızlı nüfus artışı, kırılgan kurumsal ortam, altyapı eksikliği, coğrafi izolasyon ve düşük pazar erişimi, güvensiz arazi kullanım sistemleri ve düşük tarımsal retkenliktir. Yüksek gelirli ülkelerde bile, tarımsal geçim kaynaklarına bağlı olan bu kurak alanlar, rneğin İtalya'da olduğu gibi, ulusal olarak nispeten daha fakir yerleri temsil etmektedir ve daha az geçim fırsatı sunmaktadır. Ayrıca, birçok kurak alanda, hane reisi kadın olan haneler, kadınlar ve geçimlik çiftçiler (hem erkek hem de kadın), lleşme ve iklim değişikliğinin etkilerine karşı daha savunmasızdır. Bazı yerel kültürel gelenekler ve ataerkil ilişkilerin, üretken kaynaklara erişimleri üzerindeki kısıtlamalar yoluyla kadınların ve hane reisinin kadın olduğu hanelerin daha yüksek kırılganlığına katkıda bulunduğu bulunmuştur. Bu evresel, sosyo-ekonomik ve kurumsal kısıtlamalara rağmen, kurak alan popülasyonları tarihsel olarak dikkate değer bir dayanıklılık, yaratıcılık ve yenilikler sergilemiş, yüksek iklimsel değişkenlikle başa çıkmak ve geçim kaynaklarını sürdürmek için çeşitli teknikler geliştirmiştir. . Örneğin, Arap Yarımadası ve Kuzey Afrika'da, otlatma, ot ve odun toplama ve kesmeyi düzenlemek için resmi olmayan topluluk tüzükleri başarıyla kullanıldı ve mera bozulmasını sınırladı Moğolistan'daki pastoralistler, ekolojik olarak



optimal otlatma uygulamalarını kolaylaştıran mera kaynaklarının yerli sınıflandırmalarını geliştirdiler.

Ancak şu anda, yerel ve yerel bilgi ve uygulamalar giderek daha fazla kaybolmakta veya artık kara tabanlı kaynaklara yönelik artan taleplerle başa çıkamamaktadır . Sürdürülebilir olmayan arazi yönetimi kuraklık, sel ve toz fırtınalarından kaynaklanan riskleri artırmaktadır . Hem yerel hem de yerel bilgilere ve modern bilime dayalı olarak kurak alanlarda SLM uygulamalarının benimsenmesini ve tarım dışında alternatif geçim fırsatlarının genişletilmesini teşvik eden politika eylemleri, iklim değişikliğine uyum ve hafifletmeye katkıda bulunabilir, ölleşmeyi ele alabilir, yoksulluğun ortadan kaldırılması ve gıda güvenliği sağlar.

#### **1.4. İKLİM DEęİŐIKLİęİ ALTINDA ÇÖLLEŞME SÜREÇLERİ VE BÖLGESEL EğİLİMLERİ**

Çölleşme süreçleri, kurak alanların bozulduğu mekanizmalardır. Çölleşme hem biyolojik hem de biyolojik olmayan süreçlerden oluşur. Bu süreçler, karasal ekosistemlerin fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin bozulmasının geniş kategorileri altında sınıflandırılır. Çölleşmenin itici güçleri , ölleşme süreçlerini tetikleyen faktörlerdir. 20. yüzyılın başlarından ortalarına kadarki ilk ölleşme çalışmaları, onu tamamen insan faaliyetlerine bağladı. O zamanın etkili yayınlarından birinde Lavauden (1927) şunları söyledi: “ölleşme tamamen yapaydır. Bu sadece erkeğin işidir...” Tuzlu ve sodik topraklar dünyanın kurak, yarı kurak ve kuru yarı nemli bölgelerinde doğal olarak bulunur. İklım değişikliği veya hidrolojik değişiklik, mineralli yeraltı suyu seviyesini artırarak toprağın tuzlanmasına neden olabilir. Bununla birlikte, ikincil tuzlanma, su ve topraktaki çözünmüş tuzların konsantrasyonu, çoğunlukla kötü yönetilen sulama şemaları yoluyla antropojenik süreçlerle arttığında meydana gelir. Deniz seviyesinin yükselmesi ve deniz suyu girişinin neden olduğu toprak ve yeraltı suyu tuzlanma tehdidi, iklim değişikliği ile daha da artmaktadır . Ancak, böyle bir tek-nedensel ölleşme görüşünün geçersiz varsayılmaktadır. Çölleşme pek çok faktörün bir entegresi olarak bir araya gelmesiyle gösterilmektedir.

Erozyon, suyun, rüzgarın fiziksel kuvvetleriyle veya genellikle toprak işleme gibi çiftçilik faaliyetlerinden kaynaklanan toprağın kaldırılmasını ifade eder. Küresel toprak erozyonu tahminleri, kullanılan ölçeğe, çalışma süresine ve yöntemeye bağlı olarak önemli ölçüde farklılık gösterir. . Özellikle yağış hacimlerinin ve yoğunluğunun artmasının beklendiği bölgelerde, iklim değişikliğinin suyla toprak erozyonunu artırma potansiyeli vardır. Öte

yandan, Batı Asya ve Arap Yarımadası gibi alanlarda baskın bir erozyon şekli olsa da, iklim değişikliğinin rüzgar erozyonu üzerindeki etkilerine dair sınırlı kanıt vardır.

Tuzlu ve sodik topraklar dünyanın kurak, yarı kurak ve kuru yarı nemli bölgelerinde doğal olarak bulunur. İklim değişikliği veya hidrolojik değişiklik, mineralli yeraltı suyu seviyesini artırarak toprağın tuzlanmasına neden olabilir. Bununla birlikte, ikincil tuzlanma, su ve topraktaki çözülmüş tuzların konsantrasyonu, çoğunlukla kötü yönetilen sulama şemaları yoluyla antropojenik süreçlerle arttığında meydana gelir. Deniz seviyesinin yükselmesi ve deniz suyu girişinin neden olduğu toprak ve yeraltı suyu tuzlanma tehdidi, iklim değişikliği ile daha da artmaktadır.

Deniz yüzeyi sıcaklığı (SST) anomalileri, çölleşme süreçleri üzerinde etkileri olan yağış değişikliklerine neden olabilir. Özellikle yağış hacimlerinin ve yoğunluğunun artmasının beklendiği bölgelerde, iklim değişikliğinin suyla toprak erozyonunu artırma potansiyeli vardır. Öte yandan, Batı Asya ve Arap Yarımadası gibi alanlarda baskın bir erozyon şekli olsa da, iklim değişikliğinin rüzgar erozyonu üzerindeki etkilerine dair sınırlı kanıt vardır.

İstilacı bitkiler geçen yüzyılda birçok kurak alanda çölleşmeye ve ekosistem hizmetlerinin kaybına katkıda bulunmuştur. Kapsamlı odunsu bitki istilası, kurak alanların çoğunda akışı ve toprak erozyonunu değiştirdi, çünkü çalılar arasındaki çıplak toprak, özellikle yüksek yoğunluklu yağış olaylarında su erozyonuna karşı çok hassastır. Küresel ısınma nedeniyle yükselen CO2 seviyeleri, bazı bölgelerde bazı istilacı bitki türlerinin daha hızlı yayılmasını desteklemektedir. Batı Kuzey Amerika'daki Büyük Havza bölgesi, ekosistemlerin %20'sinden fazlasının istilacı bitkiler, özellikle egzotik yıllık otlar ve istilacı kozalaklı ağaçlar tarafından önemli ölçüde değiştirilerek biyolojik çeşitliliğin kaybına neden olduğu Büyük Havza bölgesidir. Bu arazi örtüsü dönüşümü, yem mevcudiyetinde, vahşi yaşam habitatında ve biyolojik çeşitlilikte azalmalara neden olmuştur

Orman yangını, bitki örtüsünü azalttığı, yüzey akışını ve toprak erozyonunu artırdığı, toprak verimliliğini azalttığı ve toprak mikrobiyal topluluğunu etkilediği için çölleşmenin itici gücüdür. Bazı kurak alanlardaki sıcaklık ve kuraklık olaylarının şiddetinde tahmin edilen artışlar, orman yangını meydana gelme olasılığını artırabilir. Yarı kurak ve yarı nemli alanlarda, yangın, gözlemlenen bitki örtüsü ve özellikle otların odunsu bitkilere göreli bolluğu üzerinde derin bir etkiye sahip olabilir. Tarım arazilerinin genişlemesini, çiftlik hayvanları tarafından aşırı otlatma dahil sürdürülemez arazi yönetimi uygulamalarını, kentsel genişlemeyi, altyapı geliştirmeyi ve maden çıkarma endüstrilerini arazi bozulmasının

ana itici güçleri olarak tanımladı. Ayrıca, arazi bozulmasının nihai itici gücünün yüksek olduğunu ve örneğin ormansızlaşma ve ekili alanların genişlemesi yoluyla, nüfus artışıyla artan arazi bazlı kaynakların artan tüketimi olduğu bulunmuştur. Mevcut değerlendirme bağlamında özellikle ilgili olan şey, çölleşmenin insan itici güçlerinin iklim değişikliği etkileri tarafından değiştirilip değiştirilmeyeceğini, nasıl ve ne şekilde değiştirileceğini değerlendirmektir.

Kurak alan popülasyonlarının çevresel bozulmaya verdiği tepkileri tanımlamak için tarihsel olarak iki geniş anlatı ortaya çıkmıştır. Birincisi, kurak alan popülasyonlarının çölleşmeye yol açan sürdürülemez tarımsal uygulamaları uyguladığı ve yoksulluklarını artırdığı ve daha sonra SLM'ye yatırım yapma kapasitelerini daha da sınırladığı, kaynak bozulması ve yoksulluğun kısır döngüsünü tanımlayan 'çölleşme sendromu' dur. Alternatif paradigma, kurak alan popülasyonlarının sosyal ve teknik yaratıcılığına kurak alan sürdürülebilirliğinin bir itici gücü olarak atıfta bulunan 'kuru alan gelişimi'dir. Bu iki çerçeve arasındaki en büyük fark, 'kuru alan geliştirme' paradigmasının insan faaliyetlerinin çölleşmenin tek ve/veya en önemli itici güçleri olmadığını kabul etmesidir, ancak eşleştirilmiş sosyal-ekolojik sistemler içinde insan ve iklimsel itici güçlerin etkileşimleri vardır. Bu, çölleşme kavramının geri dönüşü olmayan bozulma olarak kurak alanlardaki politika ve yönetimi bozduğu sonucuna varmalarına yol açtı.

## BÖLÜM 2 ÇÖLLEŞME GÖZLEMLERİ

### 2.1 ÇÖLLEŞMENİN DURUMU VE BÖLGESEL EĞİLİMLERİ

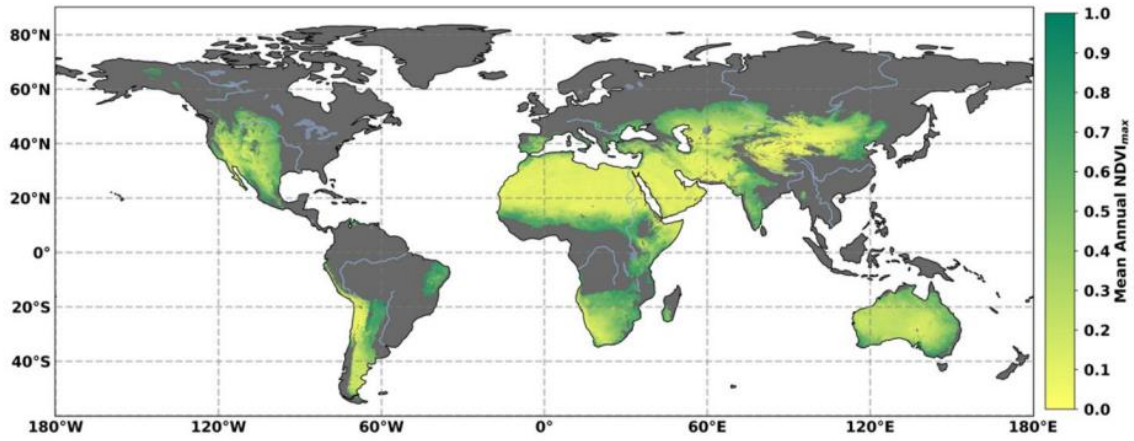
Çölleşmenin kapsamı ve ciddiyetine ilişkin mevcut tahminler, eksik ve/veya güvenilir olmayan bilgiler nedeniyle büyük ölçüde değişmektedir. Çölleşme süreçlerinin çokluğu ve karmaşıklığı, bunun nicelleştirilmesini zorlaştırmaktadır. Kurak alanlar için en yaygın tanım, AI'nın tanımlanmış eşiklerine dayanmaktadır. Geçmişteki çalışmalar yapay zekayı çölleşmedeki veya kurak alanların boyutundaki değişiklikleri incelemek için kullanmış olsa da bu yaklaşımın birkaç temel sınırlaması vardır: (i) AI çölleşmeyi ölçmez, (ii) iklimdeki değişikliklerin kara yüzeyi ve sistemler üzerindeki etkisi, AI tarafından varsayıldığından daha karmaşıktır ve (iii) arasındaki ilişki iklim değişikliği ve bitki örtüsündeki değişiklikler, CO2'nin etkisi nedeniyle karmaşıktır. Kurak alanların genişlemesi biyolojik üretkenlik, ekolojik bütünlük veya insanlar için değerlerinden en az birinde uzun vadeli bir kayıp yoksa, tek başına çölleşme anlamına gelmez.

Atmosferik CO2'nin değiştiği bir ortamda değişen kuraklık seviyelerini ve kurak alan kapsamını tanımlamak için yapay zekanın kullanılmasına ciddi şekilde meydan okunmuştur. AI azaldığı için dünyanın çoğunun daha kurak hale geldiği önerisi, yağış, buharlaşma veya kuraklıkta gözlemlenen değişikliklerle desteklenmemektedir. Önemli bir konu, potansiyel evapotranspirasyonun hesaplanmasında, stoma iletkenliğinin sabit kaldığı varsayımdır; bu, atmosferik CO2 değişirse geçersizdir. Atmosferik CO2'nin geçen yüzyılda veya daha fazla bir süredir arttığı ve artmaya devam edeceği tahmin edildiğinde, bu, sabit eşiklere sahip AI'nın (veya potansiyel evapotranspirasyona dayanan başka herhangi bir önlemin) kuraklık veya kurak alan boyutunu tahmin etmek için uygun bir yol olmadığı anlamına gelir.

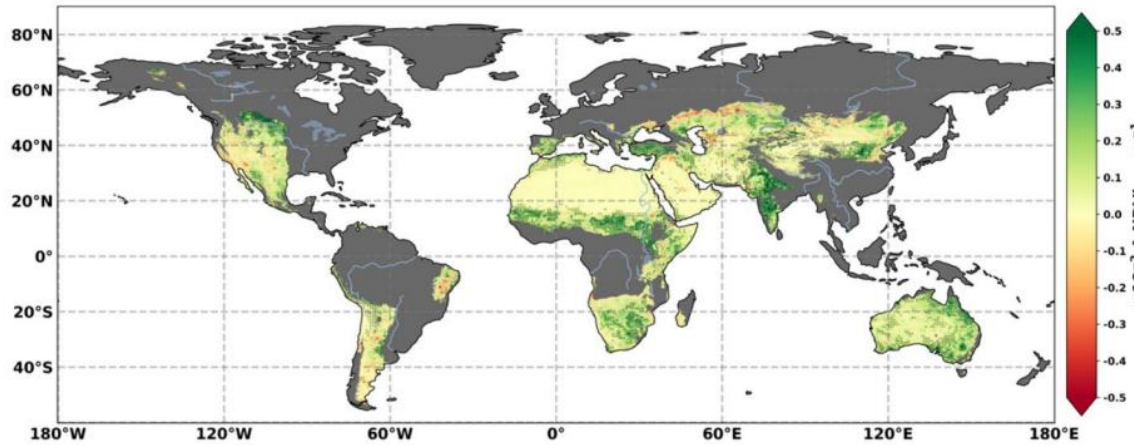
Herhangi bir yere özgü biyofiziksel, sosyal, ekonomik ve politik faktörlerle birleşen karmaşık insan-çevre etkileşimleri, çölleşmeyi küresel ölçekte haritalamayı zorlaştırmaktadır. Bozulma, göstergeleri yerden yere farklı olan öznel bir özellik olarak kaldığı için, uzman yargısı önemli bir rol oynamaya devam etmektedir.

(İnsan Kaynaklı Toprak Bozulmasının Küresel Değerlendirmesi) yaklaşık 2000 milyon hektarın (Mha) (toplam arazi alanının %15,3'ü) 20. yüzyılın ortalarından bu yana 1990'ların başlarında bozulmuş olduğu tahmin edilmektedir. Kurak alanlarda 3000 Mha (yani kurak alanların yaklaşık %50'si) bozulmaya uğradığı bulunmuştur. Katılımcı uzman

değerlendirmesi için bir haritalama aracı geliştiren WOCAT (World Overview of Conservation Approaches and Technologies), LADA (Kurak Alanlarda Arazi Bozulması Değerlendirmesi) ve DESIRE (Çölleşme Azaltma ve Arazi İyileştirmesi) çabalarıyla önemli iyileştirmeler yapılmıştır. hangi arazi uzmanlarının mevcut alan kapsamını, arazi bozulmasının türünü ve eğilimlerini tahmin edebileceği uydu tabanlı uzaktan algılama kullandı. En yaygın olarak kullanılan uzaktan algılanan bitki örtüsü indeksi, ayakta duran biyokütle miktarıyla ilgili bir gölgelik yeşilliği ölçüsü sağlayan NDVI'dir. NDVI ile ilgili temel bir zorluk, bazı sistemlerde biyokütle ve üretkenlik yakından ilişkili olmasına rağmen, arazi kullanımları ve ekosistem türlerine bakıldığında, bazı durumlarda yanlış bir pozitif vererek büyük ölçüde farklılık gösterebilmeleridir. Örneğin, meralardaki çalı istilası ve yüksek gübre uygulamasıyla yoğun monokrom, uydu verilerinde artan üretkenliğin bir göstergesi olmasına rağmen, bunlar arazi bozulumu olarak kabul edilebilir. Bu ölçüme göre çölleşmeye uğrayan bölgeler var, ancak kurak alanlar ortalama olarak yeşilleniyor (Şekil 6).



Şekil 5: Ortalama yıllık maksimum NDVI 1982–2015 (Küresel Envanter Modelleme ve Haritalama Çalışmaları NDVI3g v1). Kurak olmayan bölgeler (kuraklık indeksi >0,65) gri renkte maskelenmiştir.



Şekil 6 :Yıllık maksimum NDVI 1982–2015'teki eğilim (Küresel Envanter Modelleme ve Haritalama Çalışmaları NDVI3g v1) , medyan tabanlı bir tahmin edici olan ve aykırı değerlere karşı sağlam olan Theil–Sen tahmincisi kullanılarak hesaplanmıştır. Kurak olmayan bölgeler (kuraklık indeksi >0,65) gri renkte maskelenmiştir.

NDVI'daki basit bir doğrusal eğilim, çeşitli nedenlerle kuru alan bozulması için uygun olmayan bir ölçüdür. NDVI, yağışın yüksek yıllık değişkenliğe sahip olduğu kurak alanlardaki yağışla güçlü bir şekilde bağlantılıdır. Bu, NDVI eğilimine herhangi bir yağış eğiliminin hakim olabileceği ve özellikle zaman serisinin başlangıcına veya sonuna yakın düşerse ıslak veya kurak dönemlere duyarlı olduğu anlamına gelir. Bozulma yalnızca zaman serisinin bir kısmında meydana gelebilir, NDVI ise zaman serisinin geri kalanında sabittir veya hatta iyileşir. Bu, doğrusal bir eğilimin gücünü ve temsiliyetini azaltır. CO2 gübrelemesi gibi diğer faktörler de NDVI eğilimini etkiler. Bu sorunları ele almak için, yağış değişkenliğini hesaba katan kalıntı eğilimler (RESTREND) yöntemi (Evans ve Geerken 2004), bitki örtüsü eğilimlerindeki büyük değişimleri bulmak için zaman serisi kırılma noktası belirleme yöntemleri önerilmiştir

RESTREND yöntemini kullanan Andela ve ark. (2013) insan faaliyetlerinin kurak alanlardaki iyileşen ve bozulan bölgelerin bir karışımına katkıda bulunduğunu bulmuştur. Bazı yerlerde bu bölgeler, güney Afrika ve kuzey Avustralya'da çölleşen alanda bir artış ve güneydoğu ve batı Avustralya ve Moğolistan'da bir azalma dahil olmak üzere, tek başına NDVI eğilimi kullanılarak tanımlananlardan önemli ölçüde farklılık göstermiştir. NDVI zaman serilerini bitki örtüsü aktivitesindeki büyük değişimler için incelemiş ve 1981 ile 2011 yılları arasında kurak alanların %74'ünün böyle bir değişim yaşadığını bulmuştur.

NDVI'nın yanı sıra, uydu verilerinden optik ve kızılötesi dalga boylarında elde edilen birçok bitki örtüsü indeksi vardır. Bu veri kümelerinin her biri, mevcut endekslerdeki bazı sınırlamaların üstesinden gelmek için türetilmiştir. Çalışmalar, bitki örtüsü endekslerini küresel olarak ve özellikle kurak alanlar üzerinde karşılaştırmıştır. Genel olarak, bu bitki örtüsü endekslerinden elde edilen veriler yalnızca 2000'den beri mevcuttur, NDVI verileri ise 1982'den beri mevcuttur. 20 yıldan daha az veriyle, eğilim analizi NDVI dışındaki bitki örtüsü endeksleriyle sorunlu olmaya devam etmektedir. Bununla birlikte, çözünürlük ve diğer özellikler açısından çeşitli avantajlar göz önüne alındığında, bu yeni bitki örtüsü endeksleri gelecekte daha fazla veri biriktikçe daha kullanışlı hale gelecektir.

Uydu sensörlerinden türetilen bitki örtüsü veri kümelerine dayanan bu çalışmaların önemli bir eksikliği, bitki örtüsü bileşimindeki değişiklikleri hesaba katmamaları ve bu nedenle

kurak alanlarda bozulmuş alanların kapsamının tahmininde yanlışlıklara yol açmalarıdır. Örneğin, doğu Afrika'nın kurak alanları şu anda *Prosopis juliflora* gibi istilacı bitki türlerinin giderek artan bir şekilde işgal edilmesiyle karşı karşıyadır; bu, etkilenen alanların ekonomik üretkenliğinde kayıplara yol açtığı için arazi bozulmasını oluşturur, ancak yeşillendirme olarak görünür. Merkez Senegal'deki bir başka vaka çalışması, uyduda gözlemlenen yeşilleşmeye rağmen tür zenginliğindeki azalmayla ortaya çıkan bozulmayı bulmuştur . Uydulardan bitki örtüsü kompozisyonundaki değişiklikleri belirlemeye yönelik bir dizi çaba yapılmıştır. Bunlar, belirli bitki örtüsü gruplamaları için iyi tanımlanmış referans NDVI zaman serilerine bağlıdır, yalnızca farklı spektral fenoloji imzalarına sahip bitki örtüsü türlerini ayırt edebilir ve doğrulama için kapsamlı yer gözlemleri gerektirir. Odunsu bitki örtüsünü otsu bitki örtüsünden ayırmaya yönelik yeni bir alternatif yaklaşım, hem odunsu hem de yapraklı bitki örtüsü bileşenlerine duyarlı olan mikrodalga tabanlı Bitki Örtüsü Optik Derinliği (VOD) ile yeşilliği gösteren optik/kızılötesi tabanlı bitki örtüsü indekslerinin bir arada kullanılmasını içerir. Genel olarak, çölleşmeye maruz kalan alanların daha iyi tahmin edilmesi ve haritalanması gerekmektedir. Bu, hızla genişleyen uzaktan algılanan veri kaynakları, yer gözlemleri ve yeni modelleme yaklaşımlarının bir kombinasyonunu gerektirir.

## **Bölgesel Ölçek**

Küresel ölçekli çalışmalar herhangi bir bölge için bilgi sağlarken, kıta altı ölçeklerine odaklanan, daha derinlemesine analiz ve anlayış sağlayan çok sayıda çalışma bulunmaktadır. İklim değişikliğinin çölleşme üzerindeki heterojen etkilerini ve çölleşmedeki konuma özgü eğilimleri tespit etmek için bölgesel ve yerel çalışmalar önemlidir. Bununla birlikte, bu bölgesel ve yerel araştırmalar, çok çeşitli metodolojileri kullanmakta ve doğrudan karşılaştırmaları zorlaştırmaktadır. Her çalışma tarafından uygulanan metodolojilerin ayrıntıları aşağıdadır.

## **Afrika**

Afrika'daki 54 ülkeden 46'sının çölleşmeye karşı savunmasız olduğu ve bazılarının halihazırda etkilenmiş olduğu tahmin edilmektedir. Bitki örtüsünde gözlenen düşüş, ekosistem hizmetlerinin azalmasını göstermektedir. NDVI kalıntılarına dayalı olarak Kenya, 1992–2015 dönemi için ülkenin %21,6'sından (%8,9) üzerinde kalıcı olumsuz eğilimler yaşadı. Habitatların parçalanması, hayvan otlatma aralığındaki azalma ve daha yüksek stoklama oranları, Kenya meralarındaki bitki örtüsü yapısının kaybının ana itici güçleri

olarak kabul edilmektedir. 1970'lerden beri Sahel'deki çölleşme büyük bir endişe kaynağı olmasına rağmen, bu bölgede son otuz yılda ıslanma ve yeşillenme koşulları gözlemlenmiştir. Batı Afrika'nın Sahel bölgesindeki ekili alanlar, yerleşim alanlarının yaklaşık %150 artmasıyla 1975'ten bu yana iki katına çıkmıştır. Thomas ve Nigam (2018), Sahra'nın yıllık yağış miktarına bağlı olarak 20. yüzyılda %10 oranında genişlediğini buldu. 1984'ten 2013'e çıplak toprak ve tarım arazilerinin sırasıyla %18,8 ve %89,7 arttığını, ormanlık alan, galeri ormanı, ağaç savanları, çalı savanları ve su kütlelerinin %18,8, %19,4, %4,8 azaldığını tahmin etmiştir. sırasıyla %45,2 ve %31,2. Nijer'deki Fakara bölgesinde, 1994 ile 2006 yılları arasında otsu verimde yıllık %5'lik bir azalma, büyük ölçüde arazi kullanımı, otlama basıncı ve toprak verimliliğindeki değişikliklerle açıklanmıştır, 1986 ve 2015 yılları arasında Owena Nehri havzası çevresindeki orman örtüsünün %18,6'sının kayb olduğunu tespit etti. Volta Nehri havzasının kara kütlelerinin %8'inin bozulduğunu ve bu oranın CO2 gübrelemesinin etkilerini hesaba kattıktan sonra %65'e yükseldiğini tespit etti. Güney Afrika'daki Okavango nehri Havzasında, son yıllarda arazinin daha yüksek kullanım yoğunluklarına dönüştürülmesi, sürdürülemez tarımsal uygulamalar ve savan ekosistemlerinin aşırı kullanımı gözlemlenmiştir.

Kurak Cezayir Yüksek Yaylalarında, hem iklimsel hem de insani nedenlerden kaynaklanan çölleşme, 1975 ile 2006 yılları arasında yerli bitki biyoçeşitliliğinin kaybolmasına neden oldu.

## **Asya**

Çölleşmenin şu anda Asya'daki 48 ülkeden 38'ini etkilediği tespit edilmiştir. 1982–2011 döneminde Asya'daki kurak alanlardaki değişiklikler karışıktı, bazı alanlarda bitki örtüsü iyileşmesi görülürken, diğerleri bitki örtüsünün azaldığı görülmüştür. Tuzlanmaya maruz kalan başlıca nehir havzaları şunlardır: Hindistan'da Hint-Ganj Havzası, Pakistan'da İndus Havzası, Çin'de Sarı Nehir Havzası, Çin'de Yinchuan Ovası , Orta Asya Aral Havzası

1982 ve 2003 yılları arasında Doğu Asya'da bir yeşillenme eğilimi var. Geçtiğimiz birkaç on yılda, Kuzeybatı Çin'in kurak ve aşırı kurak bölgesinde hava sıcaklığı ve yağış arttı. Çin'de yağış erozivitesi, 1961 ile 2012 yılları arasında kurak alanlarda olumlu bir eğilim göstermiştir. Çin, Sincan'daki su erozyonu alanı %23,2 oranında azalırken, şiddetli veya yoğun olarak kabul edilen erozyon artmaya devam etmektedir , Çin'in kuzeyindeki Shanxi'deki rüzgar kaynaklı çölleşmiş arazinin yeniden daralmadan önce 2000 yılına kadar



genişlediğini göstermek için 1975-2015 yıllarını kapsayan uzaktan algılama verilerini kullanıldı.

İç Moğolistan, ve Çin'deki çölleşmeyi belirlemek için uydu verileri kullanıldı ve politika değişiklikleri ile insan kaynaklı çölleşmenin yerleri ve kapsamı arasında bir bağlantı bulundu. Çin'deki bazı vaha bölgelerinde ekili alanlarda artış görülürken ormanlar, çayırlar ve kullanılabilir su kaynakları azaldı.

Orta Asya'da Aral Gölü'nün kuruması, bölgesel mikro iklim ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkiler yaratmaya devam ediyor. Özellikle Amudarya ve Syrdarya nehir havzalarında olmak üzere bölgenin sulanan arazilerinin yarısı ikincil tuzlanmadan etkilenmiştir, 1982 ile 2006 yılları arasında Kazakistan'daki ekili alanların yaklaşık %57'sinin ve Kırgızistan'daki ekili alanların yaklaşık %20'sinin bitki örtüsü üretkenliklerinde azalma olduğunu göstermiştir. Chen ve ark. (2019), 1999 ve 2015 yılları arasında bölgedeki otlakların yaklaşık %58'inin vejetasyon verimliliğinde azalma olduğunu belirtmiştir. Orta Asya'daki arazi bozulmasının toplam maliyetinin yıllık yaklaşık 6 milyar ABD dolarına eşit olduğu tahmin edilmektedir.

Güney Asya'nın bazı bölgelerinin son otuz yılda kuruma yaşandı. Afganistan'ın kuzey, batı ve güney bölgesinin %75'inden fazlası aşırı otlatma ve ormansızlaşmadan etkileniyor. Çölleşme, Pakistan'da çok çeşitli insani ve doğal nedenlere sahip ciddi bir sorundur. Benzer şekilde, çölleşme Hindistan'ın bazı bölgelerini etkilemektedir. Çeşitli çölleşme süreçlerini haritalamak için uydu verileri kullanılarak, 2005 yılında Hindistan'da 81.4 Mha'nın çeşitli çölleşme süreçlerine maruz kaldığını, tuzlanmanın ise ülkede 6.73 Mha'yı etkilediğini tespit edildi.

Suudi Arabistan çölleşmeye karşı oldukça savunmasızdır (Enerji Endüstrisi ve Maden Kaynakları Bakanlığı 2016) ve bu güvenlik açığının önümüzdeki yıllarda ülkenin kuzeybatı kesimlerinde artması beklenmektedir. Yahya (2012) Suudi Arabistan'ın güneybatısındaki Jazan'ın 1987'den 2002'ye kadar bitki örtüsünün yaklaşık %46'sını kaybettiğini vurgulamıştır. Kuraklık ve sık görülen toz fırtınalarının, özellikle küresel ısınma ve gelecekteki iklim değişikliği altında Suudi Arabistan üzerinde olumsuz etkiler yaratacağı beklenmektedir. Ürdün'ün kuzey batısında, bölgenin %18'i şiddetli ila çok şiddetli çölleşmeye eğilimli. Suriye'deki kurak alanların büyük bir bölümünün çölleşmeye uğradığı tespit edilmiştir. Orta Doğu'da toz kaynaklarına dayalı olarak yeni çölleşmiş bölgeleri belirlenmiş ve bu bölgelerin tespit edilen tüm toz kaynağı noktalarının %39'unu

oluşturduğunu tespit edilmiştir. İran'da 1930'lardan bu yana çölleşme önemli ölçüde arttı. Bozulmuş alanların rehabilitasyonu için yapılan sayısız çabaya rağmen, hala ülkedeki tarımsal geçim kaynakları için büyük bir tehdit oluşturuyor.

### **Avusturya**

Son otuz yılda kuzey Avustralya'da daha yağışlı koşulların yaşandığı ve 1981 ile 2006 yılları arasında geniş alanların olduğu doğu Avustralya hariç, Avustralya'nın çoğunda gözlemlenen yaygın yeşillenme olduğu görülmüştür. Gelişmiş Yüksek Çözünürlüklü Radyometre (AVHRR) uydu verilerine dayalı olarak 2002'den 2009'a kadar olan kuraklıklardan etkilenmiştir. 1982-2013 dönemi için Burrell ve ark. (2017) ayrıca kuraklık sonrası dönemde doğu Avustralya da dahil olmak üzere Avustralya'da yaygın yeşillendirme buldu. Doğu Avustralya için bulunan eğilimdeki bu dramatik değişiklik, kurak alanlarda yağışın oynadığı baskın rolü vurgulamaktadır. Antropojenik faaliyetler ve diğer nedenlerden kaynaklanan bozulma, özellikle orta batı kıyısı yakınında, Avustralya'nın %5'inden fazlasını etkiler.

### **Avrupa**

Kurak alanlar, kuzey Akdeniz ülkelerinin %33.8'ini kaplar: İspanya'nın yaklaşık %69'u, Kıbrıs'ın %66'sı ve Yunanistan, Portekiz, İtalya ve Fransa'da %16 ila %62'si . Avrupa Çevre Ajansı (AÇA), Avrupa Birliği topraklarının (çoğunlukla Bulgaristan, Kıbrıs, Yunanistan, İtalya, Romanya, İspanya ve Portekiz'de) %8'i olan 14 Mha'nın 'çok yüksek' ve 'yüksek' olduğunu belirtti. çölleşmeye duyarlılık' (Avrupa Sayıştay 2018). 'Orta düzeyde' hassas alanlar dahil edilirse, bu rakam 40 Mha'ya (AB topraklarının %23'ü) yükselir. Bölgedeki çölleşme, nüfus artışı, tarım politikaları ve piyasaların neden olduğu sulama gelişmeleri ve meralardaki ekimlerden kaynaklanmaktadır. Yakın tarihli bir değerlendirme raporuna göre (ECA 2018), Avrupa, özellikle Portekiz, İspanya, İtalya, Yunanistan, Malta, Kıbrıs, Bulgaristan ve Romanya'da arazi kullanımı üzerinde önemli sonuçlara yol açan çölleşmeden giderek daha fazla etkilenmektedir. Evrensel Toprak Kaybı Denklemi kullanılarak, İspanya'da toprak erozyonunun 300 ton–1 yıl–1 kadar yüksek olabileceği tahmin edilmiştir (18 mm yıllık net kayba eşdeğerdir. Ancak güneydoğu İspanya'daki çorak araziler bölgesi için biyolojik toprak kabuklarının toprak erozyonunu etkili bir şekilde önlediği gösterilmiştir. Akdeniz Avrupa'sında, 2001 ve 2013 yılları arasında toprak erozyonu önlemenin daha etkili olması nedeniyle erozyonun azaldığını bulunmuştur, 1982 ve 2003 yılları arasında Akdeniz'de bir yeşillenme eğilimi gözlemlenirken, ayrıca Doğu Avrupa'da yeşillendirmenin baskın olduğunu göstermektedir.

Rusya'da 2000'lerin başında, toplam alanın yaklaşık %7'si (yani yaklaşık 130 Mha) çölleşme tehdidi altındaydı. Türkiye, kuraklığa, arazi bozulmasına ve çölleşmeye karşı oldukça savunmasız olarak kabul edilmektedir (Türkeş 1999, 2003). Türkiye topraklarının yaklaşık %60'ı çölleşmeye elverişli hidro-klimatolojik koşullarla karakterizedir (Türkeş 2013). ÇEMGM (2017), Türkiye'nin yüzölçümünün yaklaşık yarısının (%48,6) orta ila yüksek düzeyde çölleşmeye eğilimli olduğunu tahmin etmektedir.

### **Kuzey Amerika**

Kurak alanlar Meksika'nın yaklaşık %60'ını kaplar. 2002 ve 2011 yılları arasında alanın %3,5'i doğal bitki örtüsünden tarım ve insan yerleşimlerine dönüştürülmüştür. Bölge, sık görülen kuraklık ve sel nedeniyle çölleşmeye karşı oldukça hassastır

2000–2011 dönemi için, güneybatı Amerika Birleşik Devletleri'ndeki farklı arazi kapasitesi sınıflarında potansiyel ve gerçek NGS arasındaki genel fark %11,8 idi; çayır-savan ve hayvan otlatma alanlarındaki ve ormanlardaki azalmalar en yüksek düzeydeydi. 1995 ve 2014 yılları arasındaki kumul göç paternlerini ve oranlarını karşılaştırırken, Palen Dunes için kum birikim bölgelerinin 15,4'ten 25,5 km<sup>2</sup>'ye yükselirken, kararlı kumul yüzeyleri ve kum çıkarma bölgeleri tarafından kaplanan alanın azaldığı tespit edilmiştir. Güney Kaliforniya çölü, Kelso Dunes'ın hareketi daha az nettir

Amerika Birleşik Devletleri'nde, daha iyi toprak yönetimi uygulamaları nedeniyle, 1982 ve 2003 yılları arasında tüm ekili alanlarda ortalama toprak erozyonu oranları yaklaşık %38 oranında azalmıştır.

### **Orta ve Güney Amerika**

Birçok Orta ve Güney Amerika ülkesinde çölleşme maliyetinin gayri safi tarımsal ürünün %8 ila %14'ü arasında olduğunu belirlenmiştir. Arjantin'deki kuru Chaco ve Caldenal bölgelerinin bazı kısımları son yüzyılda yaygın bir bozulmaya uğradı. Bisigato ve Laphitz (2009) aşırı otlatmayı Arjantin'in Patagonya Monte bölgesinde çölleşmenin bir nedeni olarak belirlemiştir. Kuzeydoğu Brezilya kurak alanlarının %94'ünün çölleşmeye duyarlı olduğu bulundu. Sık sık uzun süreli kuraklıklar ve ormanların tarım için temizlenmesi nedeniyle alanın %50'ye varan kısmının tahribata uğradığı tahmin ediliyor. Bu arazi kullanımı değişikliği, yaklaşık 28 yerli türün neslinin tükenmesini tehdit ediyor. Orta Şili'de, 1975 ve 2008 yılları arasında, kurak alan ormanı ve çalılık alanı sırasıyla %1,7 ve %0,7 oranında azalmıştır.

## 2.2 ÇÖLLEŞMENİN NİTELİĞİ

Çölleşme, eşleşmiş sosyal-ekolojik sistemler içindeki karmaşık etkileşimlerin bir sonucudur. Bu nedenle, iklimsel, antropojenik ve diğer çölleşme itici güçlerinin göreceli katkıları, belirli sosyo-ekonomik ve ekolojik bağlamlara bağlı olarak değişir. Kurak alanlardaki yüksek doğal iklim değişkenliği, bitki örtüsü değişikliklerinin önemli bir nedenidir, ancak mutlak bozulma anlamına gelmez.

Kuraklık, kuraklık sona erdikten sonra arazi verimliliği tamamen geri gelebileceğinden, bozulma değildir. Bununla birlikte, kuraklıkların sıklığı, yoğunluğu ve/veya süresi artarsa, bunaltıcı olabilir. Bitki örtüsünün iyileşme yeteneği bozulmaya neden olur. Durağan bir iklim ve insan etkisi olmadığı varsayıldığında, yağış değişkenliği, ekosistem yağışla toparlanma eğiliminde olduğundan ve çölleşme meydana gelmediğinden, bitki örtüsü dinamiklerinde geçici olarak kabul edilebilecek dalgalanmalara neden olur. Öte yandan, durağan olmayan bir iklim ile örneklenen iklim değişikliği, kuraklık ve CO2 değişiklikleri yoluyla ekosistemde kademeli olarak kalıcı bir değişikliğe neden olabilir. İnsan etkisi olmadığı varsayıldığında, çölleşmenin bu 'doğal' iklimsel versiyonu, özellikle eşiklere ulaşıldığında hızlı bir şekilde veya ekosistemler aşamalı değişiklikler yoluyla yavaş yavaş yeni bir iklim normuna uyum sağladığı için daha uzun süreler boyunca gerçekleşebilir. Çölleşmenin diğer nedenlerine atıf yapılmadan önce bu iklimsel değişkenliğin hesaba katılması gerekir.

Bitki örtüsü değişikliklerini diğer nedenlere karşı iklime bağlamak için, yağmur kullanım verimliliği (RUE – yağış birimi başına net birincil üretkenlikteki (NPP) değişiklik) ve bunun zaman içindeki değişimleri kullanılmıştır (Prince ve diğerleri, 1998). Bozulmayı iklime veya diğer (çoğunlukla insani) nedenlere bağlamak için RUE eğilimlerinin küresel uygulamaları Bai ve diğerleri tarafından gerçekleştirilmiştir.

RESTREND yöntemi, yağış için birikim ve gecikme sürelerini test ederek yıllık maksimum NDVI (veya NPP için bir veri olarak diğer bitki örtüsü indeksi) ile yağış arasındaki korelasyonu analiz eder. En yüksek korelasyona sahip tanımlanan ilişki, yağışla açıklanabilen maksimum bitki örtüsü değişkenliğini temsil eder ve karşılık gelen RUE değerleri hesaplanabilir.

Bu ilişki kullanılarak, NDVI zaman serisinin iklim bileşeni yeniden oluşturulabilir ve bununla orijinal zaman serisi arasındaki fark, antropojenik ve diğer nedenlere bağlanır.

Bu çalışmalar, RESTREND ve RUE'nin bazı sınırlamaları olduğunu belirterek, bugüne kadarki en iyi bölgesel, uzaktan algılamaya dayalı ilişkilendirme çalışmalarını temsil etmektedir. Bitki örtüsü büyümesi (NPP), yağış değişimlerine kıyasla yavaş değişir ve bitki örtüsü tipine bağlı olarak uzun süreler (yıllar) boyunca yağışa duyarlı olabilir. Gecikmelerin tespiti ve ağırlıklı önceki yağışların kullanımı bu sorunu kısmen çözebilir, ancak çoğu çalışma bunu yapmaz. Yöntem, zaman serisinin başlangıcından bu yana meydana gelen değişiklikleri ele alır; başlangıç zamanında bir alanın zaten bozulmuş olup olmadığını belirleyemez. İklimin, özellikle yağışın, daha nemli bölgelerde doğru olmayabilecek, bitki örtüsü değişikliğinde temel bir faktör olduğu varsayılmaktadır.

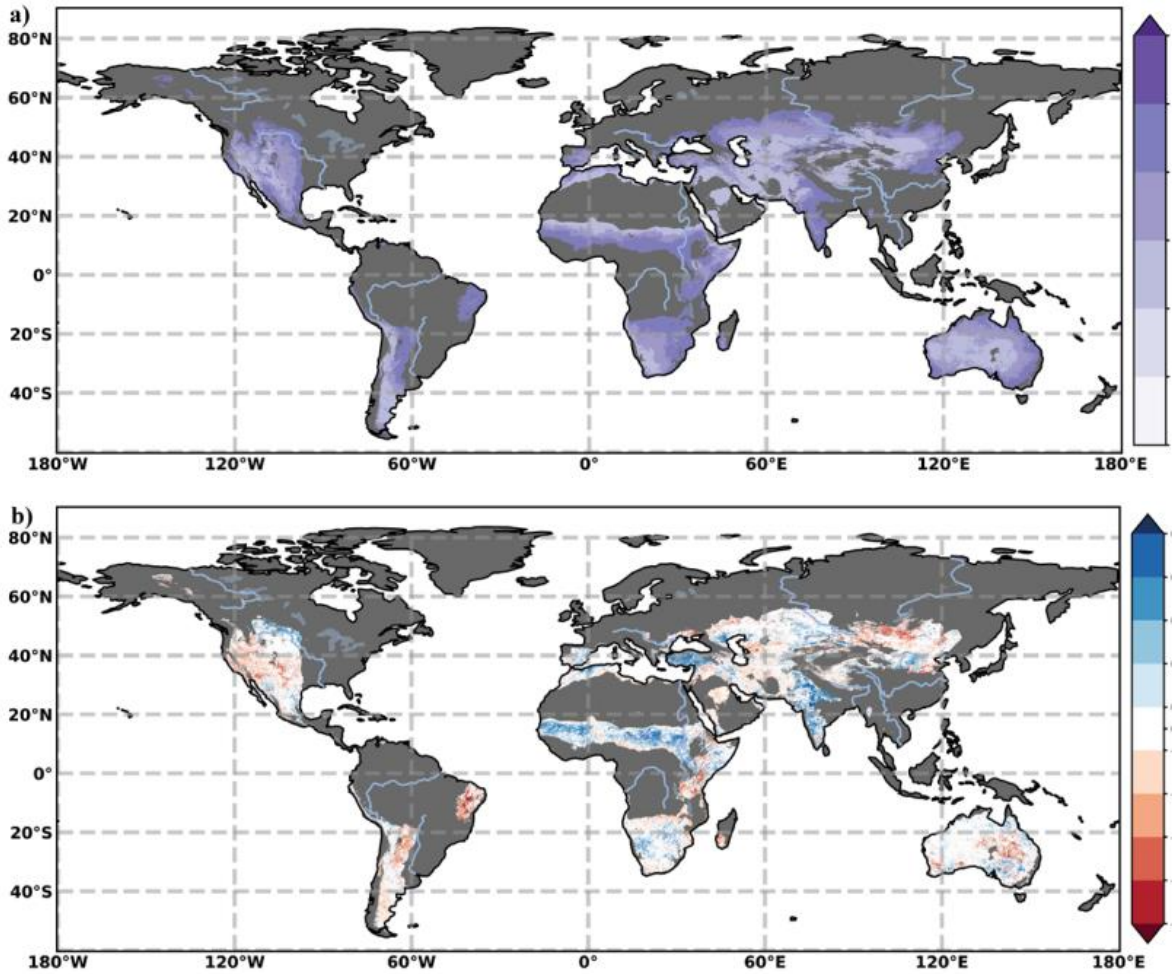
Vejetasyon değişikliklerinin insan aktivitesine atfedilmesi de modelleme çerçeveleri içinde yapılmıştır. Bu yöntemlerde, potansiyel doğal bitki örtüsü dinamiklerini simüle etmek için ekosistem modelleri kullanılır ve bu, gözlemlenen durumla karşılaştırılır. Fark insan faaliyetlerine atfedilir. 1982-2002 döneminde Sahel bölgesine uygulanan, insanların bitki örtüsü değişiklikleri üzerinde küçük bir etkisi olduğunu göstermiştir (Seaquist ve ark. 2009). Küresel olarak gerçekleştirilen benzer model/gözlem karşılaştırmaları, CO2 gübrelemesinin küresel ölçekte en güçlü zorlama olduğunu ve iklimin bölgesel olarak değişen etkilere sahip olduğunu ortaya koydu.

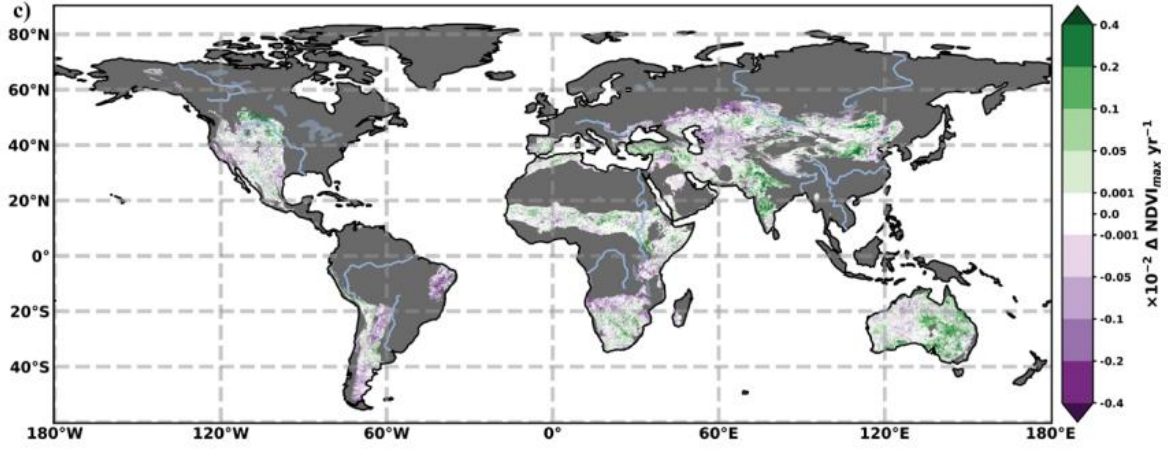
Birden çok aşırı olay ilişkilendirme metodolojisi kullanan Uhe ve ark. , Ekim-Aralık 'kısa yağışlar' mevsimi boyunca doğu Afrika'daki kuraklıkların baskın etkisinin, hakim tropikal SST modelleri olduğunu, ancak sıcaklık eğilimlerinin mevcut kuraklık koşullarının iklim değişikliği olmadan olacağından daha sıcak olduğu anlamına geldiğini göstermektedir. Benzer şekilde, Funk ve ark. (2019), 2017 Mart-Haziran Doğu Afrika kuraklığının, iklim değişikliğine atfedilen yüksek SST koşullarıyla Batı Pasifik SST'den etkilendiğini buldu.

Farklı dönemleri kullanan, farklı arazi kullanımları ve kaplamalarına odaklanan ve farklı çölleşme süreçlerini ele alan çok sayıda yerel vaka çalışması çölleşmeye atfedilmektedir. Örneğin, Sahra Çölü'nün 1920-2003 yılları arasında gözlemlenen genişlemesinin üçte ikisi, doğal iklim döngülerine atfedilmiştir (Thomas ve Nigam 2018). Bazı araştırmalar, kuraklığın Afrika'daki çölleşmenin ana itici gücü olduğunu düşünmektedir. Bununla birlikte, diğer çalışmalar, kuraklığın çölleşmeye katkıda bulunabilmesine rağmen, bunun altında yatan nedenlerin insan faaliyetleri olduğunu ileri sürmektedir odunsu bitki örtüsü eğilimlerinin insan nüfus yoğunluğu ile negatif ilişkili olduğunu bulmuştur. Arazi kullanımındaki değişiklikler, su pompalama ve akış saptırma ,İsrail'de sulak alanların

kurumasını ve tatlı su akiferlerinin tuzlanmasını artırdı. Çin'in kurak arazi bölgesinin hem iklimsel değişikliklere hem de arazi kullanımı/arazi örtüsü değişikliklerine karşı çok hassas olduğu bulunmuştur.

Yerel örnek olay incelemelerinden oluşan bu denemeler, çölleşmeye atıfta bulunmanın birkaç nedenden dolayı hala ne kadar zor olduğunu göstermektedir. İlk olarak, çölleşme, uzay ve zamana göre değişen farklı itici güçlerin etkileşiminden kaynaklanır. İkincisi, kurak alanlarda, bitki örtüsü yağıştaki değişikliklere yakından tepki verir, bu nedenle yağış değişikliklerinin biyokütle üzerindeki etkisinin, çölleşmeyi insan faaliyetlerine atfetmeden önce 'kaldırılması' gerekir. İnsan faaliyetleri ve iklim faktörleri bitki örtüsünü ekosistemde farklı oranlarda değiştirir. Son olarak, çölleşme, ekosistem bileşimi ve yapısında kademeli bir değişiklik olarak kendini gösterir (örneğin, otlaklarda odunsu çalı istilası). Sınırlı bir yerde başlatılmış olmasına rağmen, ekosistem değişikliği bir dizi geri bildirim mekanizması aracılığıyla geniş bir alana yayılabilir. Bu, süreç başladıktan sonra bağımsız olarak gelişebileceğinden, çölleşmenin insan ve iklimsel nedenlere atfedilmesini zorlaştırmaktadır.





Şekil 7: Kurak alan bitki örtüsünün sürücülerini değişimi. (a) CO<sub>2</sub> gübrelemesi (b) iklim ve (c) arazi kullanımına atfedilebilen 1982 ve 2015 yılları arasında NDVI<sub>max</sub>'teki ortalama yıllık değişim (Küresel Envanter Modelleme ve Haritalama alışmaları NDVI3g v1 veri setini kullanan toplam değişim ). CO<sub>2</sub> gübrelemeye atfedilebilen değişiklik CO<sub>2</sub> gübreleme ilişkisi kullanılarak hesaplandı. İklım ve Arazi Kullanımını ayırmak için CO<sub>2</sub> ayarlı NDVI'ya uygulanan Zaman Serileri Bölümlü Artık Eğilimler kullanıldı. Veri seti hatalarının etkisini azaltmak için çok iklimli bir veri seti topluluğu kullanıldı (Burrell et al. 2018). Kurak olmayan bölgeler (kuraklık indeksi >0,65) koyu gri renkte maskelenmiştir. Değişikliğin çok aşamalı topluluk önem kriterlerini karşılamadığı veya sensörlerdeki hatadan ( $\pm 0.00001$ ) daha küçük olduğu alanlar beyazla maskelenir.

Bu bölümün ana sonucu, bireysel vaka çalışmalarının tüm eksiklikleri ile birlikte, iklimsel ve insani lleşme itici güçlerinin nispi rollerinin yere özgü olduğu ve zaman içinde geliştiğidir. Atıf zerine biyofizik araştırmalar ve arazi bozulunun itici güçleri üzerine sosyo-ekonomik araştırmalar uzun süredir aynı konuyu inceliyor, ancak buna paralel olarak disiplinler arası entegrasyon çok az. Biyofiziksel ve insani lleşme itici güçlerinin (yalnızca kurak alan kırılganlığının değil) bu tür etkileşimlerinin tipik kalıplarını veya tipolojilerini ve bunların küresel olarak karşılaştırılabilir yollarla yapılan göreceli paylarını belirlemek için disiplinler arası çalışma, daha iyi bilgilendirilmiş politikaların oluşturulmasına yardımcı olacaktır.

## BÖLÜM 3 İKLİME GÖRE ÇÖLLEŞME GERİ BİLDİRİMLERİ

İklim değişikliği çölleşmeyi tetikleyebilirken, çölleşme süreci de yerel iklimi değiştirerek bir geri bildirim sağlayabilir. Bu geri bildirimler karbon döngüsünü ve dolayısıyla atmosferik CO<sub>2</sub> seviyesini ve bununla ilgili küresel iklim değişikliğini değiştirebilir veya yerel iklimi doğrudan etkileyerek yüzey enerjisini ve su bütçelerini değiştirebilir. Bu geri bildirimler tüm iklim bölgelerinde gerçekleşirken , burada kurak alanlardaki etkilerine odaklanıyoruz ve iklime yönelik başlıca çölleşme geri bildirimleriyle ilgili literatürleri değerlendiriyoruz. Bireysel vaka çalışmalarının tüm eksiklikleri ile birlikte, iklimsel ve insani çölleşme itici güçlerinin nispi rollerinin yere özgü olduğu ve zaman içinde geliştiğidir. Atıf üzerine biyofizik araştırmalar ve arazi bozulunun itici güçleri üzerine sosyo-ekonomik araştırmalar uzun süredir aynı konuyu inceliyor, ancak buna paralel olarak disiplinler arası entegrasyon çok az. Çölleşmenin neden olduğu arazi yüzeyindeki değişiklikler, yüzey enerji bütçesini değiştirebilir, toprak nemini değiştirebilir ve bu geri bildirimleri tetikleyebilir. Kurak alanlar, nemli bölgelere kıyasla sınırlı toprak nemi ile karakterize edilir. Bu nedenle, duyulur ısı (atmosferik sıcaklığın yükselmesine neden olan ısı), bu bölgelerdeki gizli ısıdan (buharlaşma) daha fazla yüzey net radyasyonundan sorumludur. Yarı kurak ve kuru yarı nemli bölgelerdeki yüzey enerji dengesi ile toprak nemi arasındaki bu sıkı bağlantı, bu bölgeleri su döngüsündeki değişiklikleri artırabilen kara-atmosfer geri besleme döngülerine duyarlı hale getirir.

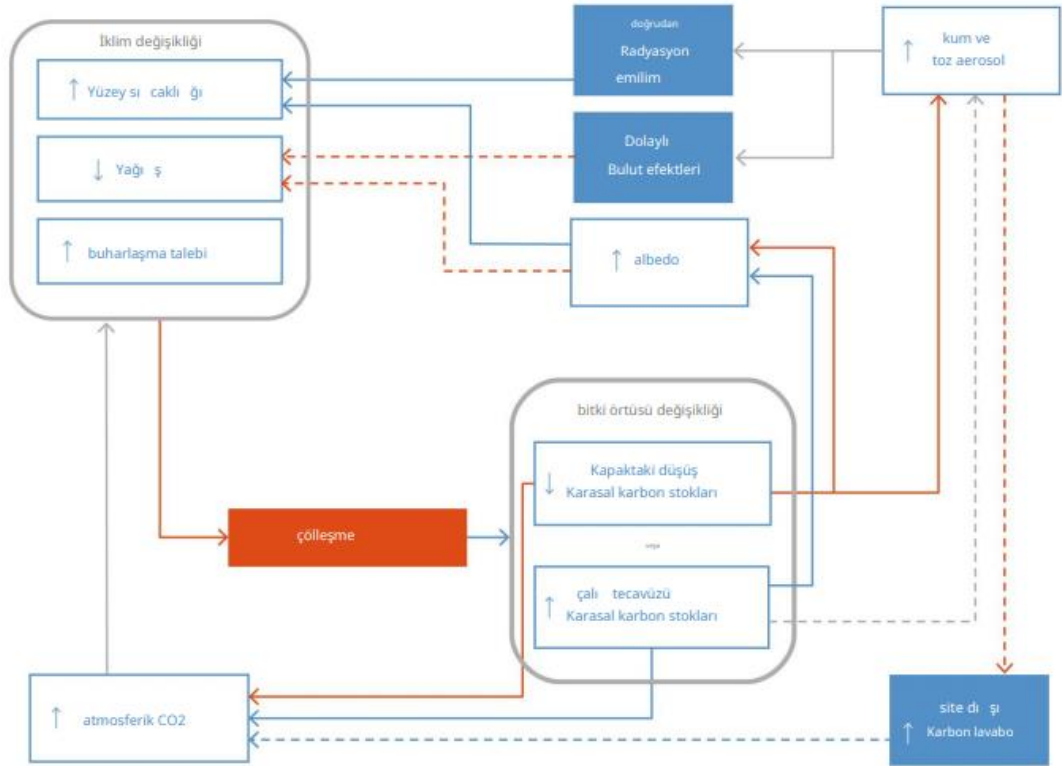
### 3.1 KUM VE TOZ AEROSOLLERİ

Kum ve mineral tozu, seyrek bitki örtüsüne sahip kurak alanlardan sıklıkla hareket ederek 'kum fırtınaları' veya 'toz fırtınaları' oluşturur. Afrika kıtası çöl tozunun en önemli kaynağıdır; belki de atmosferik tozun %50'si Sahra'dan gelir. Bu olaylar yerel enerji dengesinde önemli bir rol oynayabilir. Bitki örtüsünü azaltarak ve yüzey koşullarını kurutarak, çölleşme bu olayların sıklığını artırabilir. Biyolojik veya yapısal toprak kabuklarının, kuru arazi topraklarını etkili bir şekilde stabilize ettiği gösterilmiştir. Böylece yoğun arazi kullanımından kaynaklanan kayıplar ve/veya iklim değişikliğinin kum ve toz fırtınalarında artışa neden olması beklenebilir. Bu kum ve toz aerosolleri, bölgesel iklimi çeşitli şekillerde etkiler.

Doğrudan etki, atmosferdeki güneş radyasyonunun kesilmesi, yansımaları ve soğurulması, kara yüzeyindeki mevcut enerjinin azaltılması ve kum ve toz bulunan katmanlarda atmosferin sıcaklığının artmasıdır. Toz tabakasının ısıtılması, bulut ömürlerini ve su içeriğini



değiştirebilen bağıl nemi ve atmosferik kararlılığı değiştirebilir. Aerosoller ayrıca bulut yoğunlaşma çekirdekleri, değişen bulut ışınım özellikleri ve ayrıca yağışın evrimi ve gelişimi gibi rolleri yoluyla iklim üzerinde dolaylı bir etkiye sahiptir. Bu dolaylı etkiler, mevcut aerosollerin türlerine ve miktarlarına bağlı olarak, doğrudan etkilerden daha değişken olsa da, genel eğilim, sayıyı artırmaya, ancak bulut damlacıklarının boyutunu küçültmeye, bulut yansımalarını artırmaya ve bulut yansımalarını artırmaya yöneliktir. Bu etkiler, aerosol-radyasyon ve aerosol-bulut etkileşimleri olarak adlandırılır.



Şekil 8: Çölleşmenin iklim üzerinde geri besleme sağlayabileceği ana yolların şeması. Not: Kırmızı oklar olumlu bir etkiyi gösterir. Mavi oklar olumsuz bir etkiyi gösterir. Gri oklar belirsiz bir etkiyi gösterir (potansiyel olarak hem pozitif hem de negatif). Düz oklar doğrudan, kesikli oklar ise dolaylıdır

### 3.2 YÜZEY ALBEDOSUNDAKİ DEĞİŞİKLİKLER

Kurak alanlarda artan yüzey albedosu yerel iklimi etkileyecek, yüzey sıcaklığını ve yağışı azaltacak ve albedo hakkında olumlu bir geri bildirim sağlayacaktır. Bu albedo geribildirimi, dünya çapındaki çöl bölgelerinde meydana gelebilir. Benzer albedo geribildirimleri Ortadoğu, Avustralya, Güney Amerika ve ABD'deki bölgesel çalışmalarda da bulunmuştur.

Son zamanlarda yapılan çalışmalar, kurak alanlardaki albedo'nun likenler, yosunlar ve siyanobakterilerin toprak yüzeyindeki toplulukları ile ilişkili olabileceğini de bulmuştur. Bu topluluklar, bu ekosistemlerde toprak kabuğunu oluşturur ve seyrek bitki örtüsü nedeniyle

albedoyu doğrudan etkiler. Bu topluluklar iklim değışikliklerine karşı hassastır ve %30'dan fazla albedo değışikliğinin mümkün olduğunu gösteren saha deneyleri vardır. Bu nedenle, bu topluluklardaki değışiklikler yüzeysel albedo geri bildirim süreçlerini tetikleyebilir.

Arazi örtüsü, albedo, karbon stokları ve ilgili sera gazı emisyonlarındaki değışiklikler arasında, özellikle düşük bulut örtüsü seviyelerine sahip kurak alanlarda, başka bir uygun geri bildirim ilişkisi mevcuttur. Konuya odaklanan ilk çalışmalardan biri, albedodaki bir değışikliğin nispi iklimsel etkisini orman varlığı nedeniyle atmosferik sera gazlarındaki bir değışikle karşılaştırmak için 'radyatif zorlama' kavramını kullanan Rotenberg ve Yakir (2010) idi. kurak alanlar içinde. Bu analize dayanarak, yarı kurak alanların bozulması nedeniyle yüzey albedosundaki değışimin, bu alanlardaki radyasyon zorlamasını 1970 ve 2005 yılları arasında küresel antropojenik GHG emisyonlarının yaklaşık %20'sine eşdeğer bir miktarda azalttığı tahmin edilmiştir.

### **3.3 BİTKİ ÖRTÜSÜ VE SERA GAZI AKIŞLARINDAKİ DEĐİŐIKLİKLER**

Karasal ekosistemler, bir dizi işlem yoluyla atmosferik sera gazlarını değıştirme yeteneğine sahiptir. Bu, bitki ve toprak karbon stoklarındaki bir değışiklik, büyüme sırasında atmosferik CO<sub>2</sub>'yi tutma veya yanma ve solunum sırasında karbon salma veya metan ve nitroz oksit salınımına yol açan evcil ve yabani geviş getiren hayvanların enterik fermantasyonu gibi işlemler yoluyla olabilir. Çölleşmenin etkisini değerlendirirken, tüm süreçlerin net dengesi ve ilgili sera gazı akışları dikkate alınmalıdır.

Çölleşme genellikle üretkenlikte bir kayba yer üstü ve yer altı karbon stoklarında düşüőe yol açar. Aşırı otlatma gibi etkenler hem bitki hem de SOC havuzlarında azalmaya neden olur. Kurak alan ekosistemleri genellikle açık bitki örtüsü ile karakterize edilirken, tüm kurak alanlar bozulmamış durumda düşük biyokütle ve karbon stoklarına sahip değildir.

Aynı zamanda, tesis verimliliğindeki bir düşüőün yakıt yüklerinde bir azalmaya ve yangından kaynaklanan CO<sub>2</sub>, azot oksit ve metan emisyonlarında bir azalmaya yol açması beklenmektedir. Benzer şekilde, azalan üretkenlik, geviş getiren hayvanların sayısında bir azalmaya yol açabilir ve bu da metan emisyonlarını azaltacaktır.

## BÖLÜM 4 İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ ALTINDA DOĞAL VE SOSYO-EKONOMİK SİSTEMLER ÜZERİNDE ÇÖLLEŞME ETKİLERİ

### 4.1 DOĞAL VE YÖNETİLEN EKOSİSTEMLER ÜZERİNDEKİ ETKİLER

Milenyum Ekosistem Değerlendirmesi (2005) dört ekosistem hizmeti sınıfı önerdi: tedarik, düzenleme, destekleme ve kültürel hizmetler. Kurak alanlardaki bu ekosistem hizmetleri, sıcaklık, yağış ve toprak verimliliğindeki yüksek değişkenlik nedeniyle iklim değişikliğinin etkilerine karşı hassastır. Toprak erozyonu, ikincil tuzlanma ve aşırı otlatma gibi çölleşme süreçlerinin, özellikle gıda ve yem üretimi olmak üzere kurak alanlardaki ekosistem hizmetlerinin sağlanmasını olumsuz etkilediğine dair yüksek bir güven vardır.

Sıcaklıktaki artış, artan fizyolojik stres, içme ve soğutma için artan su gereksinimleri, süt, et ve yumurta üretiminde azalma, beslenme sırasında artan stres şeklinde hayvanlar üzerinde doğrudan bir etkiye sahip olabilir. gebe kalma ve üreme veya mevsimsel hastalıklar ve salgın hastalıklarında artışa neden olmaktadır.

Arazi kullanımını değişiklikleri genellikle SOC ve toprağa organik madde girdilerinde azalmaya yol açar. Erozyon, toprak kaybına ek olarak topraktaki besin maddelerini ve organik maddeleri azaltır ve böylece arazinin üretim kapasitesini etkiler. Örnek vermek gerekirse, su ile toprak erozyonunun her yıl dünya genelinde topraklardan 23–42 Mt nitrojen ve 14,6–26,4 Mt fosfor kaybıyla sonuçlanacağı tahmin edilmektedir.

Yağış, toprak nem içeriğini etkileyerek, kurak alanların karbon tutma kapasitesinin temel belirleyicisi olarak kabul edilir.

Çölleşme bitki örtüsünü azalttığında, bu toprak yüzeyini değiştirerek albedo ve su dengesini etkiler. Bu gibi durumlarda, aşındırıcı rüzgarların artık engelleri yoktur, bu da rüzgar erozyonu ve toz fırtınalarının oluşmasını kolaylaştırır. Mineral aerosollerin toprak besinlerinin dağılımı üzerinde önemli bir etkisi vardır ve toprak özelliklerinde değişikliklere yol açar. Böylece destekleyici bir ekosistem hizmeti olarak toprak oluşumu olumsuz etkilenir. Rüzgarla toprak erozyonu, ince toprak parçacıklarının (silt ve kil) kaybına neden olarak toprağın karbon tutma yeteneğini azaltır. Ayrıca, toz fırtınaları, kum püskürtmenin neden olduğu bitki dokusu kaybı (bitki yapraklarının kaybına ve dolayısıyla fotosentetik aktivitenin azalmasına neden olarak, mahsul köklerini açığa çıkararak, mahsul tohumlarının kum birikintileri altında gömülmesiyle ve kayıplara yol açarak) mahsul verimini düşürür. Toz fırtınaları, sulama için mevcut su miktarını azaltarak mahsul verimini de etkiler;

siltasyon yoluyla rezervuarların depolama kapasitesini azaltabilir ve iletim kanallarını tıkayabilirler. Toz fırtınalarının neden olduğu yaralanmalar hayvancılık verimliliğini azaltır. Ek olarak, toz fırtınaları, yerel endemik türleri yok olmaya karşı savunmasız hale getirebilen ve bitki ve mikrobiyal türlerin istilasını teşvik edebilen mikrobiyal ve bitki türlerinin dağılımını destekler. Toz fırtınaları uzak bölgelerdeki mikrobiyal türleri artırır.

**Bitki biyoçeşitliliği:** Küresel bitki biyoçeşitlilik merkezlerinin %20'sinden fazlası kurak alanlarda yer almaktadır. Bu alanlarda bulunan bitki türleri, popülasyonlar içindeki yüksek genetik çeşitlilik ile karakterize edilir. Bu ekosistemlerdeki bitki türleri genellikle iklim değişikliği ve çölleşme tehdidi altındadır. Artan kuraklık, özellikle küçük popülasyonlar veya kısıtlı habitatlar nedeniyle halihazırda tehdit altında olan bazı bitki türlerinin yok olma riskini artırmaktadır

**Yaban hayatı biyoçeşitliliği:** Kurak alan ekosistemleri yüksek düzeyde fauna çeşitliliğine ve endemizme sahiptir. Endemik kuş alanlarının %30'dan fazlası, aynı zamanda omurgalı türlerinin %25'ine ev sahipliği yapan bu bölgelerde yer almaktadır. Yine de kurak alanlardaki birçok tür yok olma tehlikesiyle karşı karşıyadır. Habitat bozulması ve çölleşme genellikle biyolojik çeşitlilik kaybıyla ilişkilidir. Arazinin 'otlama değeri', hem bitki örtüsünde bir azalma hem de çalılırların istila edilmesiyle birlikte azalır, ilki yerli omurgalılar için daha zararlıdır. Tersine, çalı istilası, kaynak ve mikro iklim mevcudiyetini artırarak çölleşmeyi tamponlanabilir, bu da Kuzey Amerika ve Avustralya'nın çalılıklarla çevrili kurak çayırlarında gözlemlenen omurgalı türlerinin bolluğunda ve zenginliğinde bir artışa neden olabilir

#### **4.2 SOSYO-EKONOMİK SİSTEMLER ÜZERİNDEKİ ETKİLER**

Çölleşme ve iklim değişikliğinin kurak alanlardaki sosyo-ekonomik kalkınma üzerindeki birleşik etkileri karmaşıktır. Çölleşme ve iklim değişikliğinin etkilerini diğer sosyo-ekonomik, kurumsal ve politik faktörlerin etkilerinden izole etmek zordur. Bununla birlikte, iklim değişikliğinin kurak alan popülasyonlarının çölleşmeye karşı savunmasızlığını artıracığına ve iklim değişikliği ve çölleşmeden gelen baskıların birleşiminin yoksulluğu azaltma, gıda ve beslenme güvenliğini artırma, kadınları güçlendirme, hastalık yükünü azaltma fırsatlarını azaltacağına dair görüşler var.

**Gıda ve beslenme güvensizliği üzerindeki etkiler:**2017 yılında dünya genelinde yaklaşık 821 milyon insan gıda güvensizliği yaşıyordu; bunların %63'ü Asya'da, %31'i Afrika'da ve %5'i Latin Amerika ve Karayipler'deydi. Küresel gıda güvencesi olmayan insan sayısı

2014'ten bu yana 37 milyon arttı. İklim esnekliği eksikliği ile birlikte değişen iklim değişkenliği, bu artışın temel itici gücü olarak önerildi. 2017 yılında Sahra Altı Afrika, Doğu Afrika ve Güney Asya, sırasıyla %28,8, %31,4 ve %33,7 ile dünyadaki yetersiz beslenen nüfus payına sahip ülkeler olmuştur.

**Toz fırtınalarının insan sağlığı üzerindeki etkiler:** Toz fırtınalarının sıklığı ve yoğunluğu, arazi kullanımı ve arazi örtüsü değişiklikleri ve iklimle ilgili faktörler nedeniyle özellikle dünyanın Arap Yarımadası gibi bazı bölgelerinde artmaktadır. Toz fırtınaları, insan sağlığı için tehlikeli olan partikül maddeleri, kirleticileri, patojenleri ve potansiyel alerjenleri uzun mesafelere taşır. Partikül madde (PM; yani havada asılı haldeki 10 mikrometreye (PM10) veya daha küçük boyuttaki partiküller), insan sağlığına zararlı etkilere sahiptir. Toz fırtınalarının birincil sağlık etkileri, solunum ve kardiyovasküler sistemlere verilen zararı içerir. Çapı 2,5 µm'den küçük olan toz parçacıkları, 2005 yılında yaklaşık 402.000 kişinin küresel kardiyopulmoner ölüm oranıyla ilişkilendirildi.

**Cinsiyet eşitliği üzerindeki etkiler:** Çölleşme ve iklim değişikliğinin etkileri gibi çevresel sorunlar giderek daha fazla toplumsal cinsiyet bakış açısıyla araştırılmaktadır. Kadınların çevresel bozulmadan erkeklerden daha fazla etkileneceğine dair orta düzeyde kanıt ve yüksek düzeyde fikir birliği vardır. Toplumsal olarak yapılandırılmış toplumsal cinsiyete özgü roller ve sorumluluklar, günlük faaliyetler, kaynaklara erişim ve kontrol, karar verme ve fırsatlar, kadın ve erkeklerin doğal kaynaklar ve peyzajlarla farklı şekilde etkileşime girmesine yol açar. Örneğin, su kıtlığı, Gana kırsalındaki kadınları, su getirmek için daha fazla zaman harcamak zorunda kaldıkları için erkeklerden daha fazla etkilemiştir, bu da diğer faaliyetler için zaman tahsisi üzerinde etkileri vardır.

**Su kıtlığı ve kullanımı üzerindeki etkiler:** Bozulmuş toprakların azaltılmış su tutma kapasitesi taşkınları artırır, toprak erozyonu yoluyla bozulma süreçlerini güçlendirir ve akiferlere yıllık su alımını azaltarak mevcut su kıtlıklarını artırır

**Toz fırtınaları yoluyla enerji altyapısı üzerindeki etkileri:** Toz fırtınalarının güneş ve rüzgar enerjisi hasat ekipmanının çalışma potansiyelini toz birikmesi, güneş radyasyonunun erişiminin azalması ve kanat yüzeyi pürüzlülüğünün artması yoluyla olumsuz etkilediği ve ayrıca yüksek voltajlı iletim hatlarında etkin elektrik dağıtımını azaltabileceği konusunda araştırmalar vardır. Çöl tozu fırtınasına doğrudan maruz kalma, güneş panellerinin enerji üretim verimliliğini bir saat içinde %70-80 oranında azaltabilir.

**Toz fırtınaları ve kum hareketi yoluyla ulaşım altyapısı üzerindeki etkileri:** Toz fırtınaları ve kum tepelerinin hareketi, genellikle kurak ve aşırı kurak bölgelerdeki demiryolu ve karayolu altyapısının güvenliğini ve işleyişini tehdit eder ve görünürlükteki azalma nedeniyle yol ve havaalanlarının kapanmasına neden olabilir. Örneğin, 10 Mart 2009'da Riyad üzerinde meydana gelen toz fırtınasının Suudi Arabistan'da son yirmi yılın en güçlüsü olduğu ve sınırlı görüşe, havaalanlarının kapanmasına ve şehir genelinde altyapı ve çevreye zarar vermesine neden olduğu değerlendirildi.

**Göç üzerindeki etkiler:** Çevresel kaynaklı göç karmaşıktır ve çevresel riske maruz kalan popülasyonlar tarafından üstlenilen diğer uyum önlemlerinin yanı sıra hareketliliğin birden çok etkenini hesaba katar. Dünya Bankası (2018), iklim önlemi alınmazsa 2050 yılına kadar 143 milyon insanın ülke içinde taşınmaya zorlanacağını tahmin ediyor. Toplam göçmen sayısından ziyade yalnızca sığınmacılara odaklanan Missirian ve Schlenker (2017), Avrupa Birliği'ne yapılan sığınma başvurularının %28'den (yılda 98.000 ek sığınma başvurusu) %188'e (660.000 ek başvuru) çıkacağını tahmin ediyor.

## BÖLÜM 5 GELECEK PROJEKSİYONLARI

### 5.1 ÇÖLLEŞMENİN GELECEKTEKİ PROJEKSİYONLARI

İklim değişikliğinin gelecekteki çölleşme üzerindeki etkisini değerlendirmek, dinamiklerini belirlemek için çeşitli çevresel ve antropojenik değişkenler etkileşime girdiğinden zordur. Çölleşmenin gelecekteki evrimine ilişkin modelleme çalışmalarının çoğu, belirli iklim değişikliği senaryolarının ve Küresel İklim Modellerinin analizine ve bunların çölleşmeyi tetikleyen birkaç süreç veya etken üzerindeki etkilerine dayanmaktadır.

İklim etkileriyle ilgili olarak, küresel ve bölgesel iklim modellerinin analizi, tüm temsili konsantrasyon yollarında artan yüzey sıcaklıkları ve yüzey su buharı açığının bir sonucu olarak dünya çapında potansiyel evapotranspirasyonun (PET) artacağı sonucuna varmaktadır. Sonuç olarak, bu değişkene bağlı olarak kuraklık endekslerinde ilişkili değişiklikler olacaktır. Bazı subtropikal arazi alanlarındaki PET 'deki büyük artış ve yağıştaki azalma nedeniyle, bazı kurak alanlarda kuraklık indeksi düşecektir, bir model küresel olarak aşırı kurak alanlarda yaklaşık %10'luk bir artış tahmin etmektedir. İklim değişikliği nedeniyle PET 'teki artışların devam edeceği tahmin edilmektedir.

ABD ve güney Afrika bölgelerinde toprak neminde azalmalar tespit edilmektedir. Bu, Hadley sirkülasyonundaki değişiklikler ve daha yüksek yüzey sıcaklıkları ile uyumludur. Gelecek iklim projeksiyonunun, iklim değişikliğine tepki olarak 21. yüzyılda Hindistan bölgesi üzerinde yaz zamanı toprak kuruma sinyalini tespit etme olasılığını gösterdiğini göstermiştir. Küresel ısınmanın 1,5°C'den fazla Akdeniz için kuraklık riskini önemli ölçüde artırdığı konusunda 'orta düzeyde bir güvenle' sonuçlandırdı. alan ve Güney Afrika. Miao et al. (2015b), Orta Asya'nın orta ve kuzey kesimlerinde ve kuzeybatı Çin'in bazı bölgelerinde RCP8.5 senaryosu kapsamında çölleşme eğilimlerinin hızlandığını göstermiştir. İklimin dinamik-termodinamik geri beslemesinin etkilerini dikkate almak da yararlıdır.

**Gelecekteki güvenlik açığı ve çölleşme riski:** Aşırı olaylara ilişkin geliştirilen kavramsal çerçevenin ardından, maruziyetteki değişiklikler (yani insanların varlığı; geçim kaynakları; türler veya ekosistemler; çevresel işlevler, hizmetler ve kaynaklar) incelenerek gelecekteki riskler değerlendirilir. ; altyapı; veya ekonomik, sosyal veya kültürel varlıklar), kırılganlıktaki değişiklikler (yani, olumsuz etkilenme eğilimi veya yatkınlığı;) ve tehlikelerin doğası ve büyüklüğündeki değişiklikler (yani, bir hasara neden olan doğal veya insan kaynaklı fiziksel olay). İklim değişikliğinin küresel olarak PET'i artırarak kurak alan

ekosistemlerinin çölleşmeye karşı savunmasızlığını daha da artırması bekleniyor. 21. yüzyılın sonunda kurak alanlarda sırasıyla 2°C ile 4°C arasındaki sıcaklık artışları öngörülmektedir. Carrão ve diğerleri tarafından yapılan bir değerlendirme. 2017, Akdeniz, güneydoğu Afrika ve güney Avustralya çevresindeki kurak alanlarda yüksek RCP'ler altında bir temel çizgiye (1971-2000) kıyasla yüzyılın sonlarında (2071–2099) kuraklık tehlikelerinde bir artış gösterdi.

Kurak alanlar, yüksek iklim değişkenliği ile karakterize edilir. İklimin çölleşme üzerindeki etkileri, yalnızca ortalama sıcaklık ve yağış değerlerinde öngörülen eğilimlerle tanımlanmakla kalmaz, aynı zamanda iklim değişkenliği ve aşırı uçlardaki değişikliklere de güçlü bir şekilde bağlıdır. Ekosistemlerin tepkileri, çeşitli bitki örtüsü türlerine bağlıdır. Daha kuru ekosistemler yağış ve sıcaklıktaki değişikliklere karşı daha hassastır bu da çölleşmeye karşı kırılganlığı artırır. Yağışta yüksek değişkenliğe sahip alanların daha düşük hayvan yoğunluğuna sahip olma eğiliminde olduğu ve doğal yemleri otlayan hayvanlara güçlü bir şekilde bağımlı olan toplumların özellikle etkilendiği bildirilmiştir. Pastoral gıda sistemlerinin yaşayabilirliğini tehdit eden iklim değişikliğinin bir sonucu olarak kurak alanlardaki sosyal kırılganlık artar.

## **5.2 ETKİLERİN GELECEKTEKİ PROJEKSİYONLARI**

Gelecekteki iklim değişikliğinin, kurak alanlarda su nedeniyle artan toprak erozyonu potansiyelini artırması bekleniyor. Hem ekili alanların hem de iklimin tarihsel, mevcut ve gelecekteki koşulları altında küresel toprak erozyonunu incelemek için Gözden Geçirilmiş Evrensel Toprak Kaybı Denklemi (RUSLE) modeli kullanılır. Toprak erozyonu potansiyeli yaklaşık %17 arttı ve iklim değişikliği bunu gelecekte daha da artıracak. Kuzey İran'da, SRES A2 emisyon senaryosu altında, ortalama erozyon potansiyelinin, 1991–2010 dönemi ile 2031–2050 dönemi karşılaştırıldığında %45 oranında büyüyeceği tahmin edilmektedir.

2021-2050 döneminde Türkiye'nin hemen hemen tüm bölgelerinde yağışta güçlü bir düşüş öngörülmüştür. senaryolar (Türkeş ve diğerleri 2019). Yağış dağılımında öngörülen değişiklikler, daha aşırı yağış olaylarına ve uzun süreli kuraklıklara yol açarak Türkiye'nin toprak erozyonuna karşı kırılganlığını artırabilir. Portekiz'de, A1B ve B1 emisyon senaryoları kapsamında ıslak ve kuru havzaları karşılaştıran bir çalışma, kuru havzalarda erozyonda bir artış olduğunu göstermiştir.

Potansiyel kurak alan genişlemesi, arazi kullanılabilirliği üzerinde ciddi etkiler ve gıda güvenliğine yönelik tehditler ile birlikte daha düşük karbon tutulumu ve daha yüksek



öllleşme riski anlamına gelir. Biyomlar düzeyinde, toprak karbon alımı çoğunlukla hava değişkenliği tarafından belirlenir. Kuraklığın CO<sub>2</sub> değişimini kontrol ettiği arazi alanı 1948'den bu yana %6 arttı ve 2050 yılına kadar en az %8 daha genişlemesi bekleniyor. Bu bölgelerde net karbon alımı diğer yerlerden yaklaşık %27 daha düşük. Toprak karbonunun potansiyel kayıplarının, bu yüzyılın sonuna kadar Güney Avrupa Rusya'daki 0-20 cm'lik toprak tabakasındaki toplam karbon stoğunun %9 ila %12'si arasında değişeceği tahmin edilmektedir.

İklim değişikliği altında öllleşme, kurak alanlardaki biyolojik çeşitliliği tehdit edecek. Değişen iklim ve arazi kullanımı, yağış, rüzgar ve buharlaşmanın öllleşme üzerindeki artan rolü ile bazı kurak alanlarda daha yüksek kuraklık ve daha fazla kuraklık ile sonuçlanmıştır.

Dünya Bankası (2009), karbon gübreleme etkisi olmadan, iklim değişikliğinin 11 ana küresel mahsulün ortalama verimini azaltacağını öngörmüştür – darı, bezelye, şeker pancarı, tatlı patates, buğday, pirinç, mısır, soya fasulyesi, yerfıstığı, ayçiçeği ve kolza - 1996-2005'e kıyasla 2046-2055'te Sahra Altı Afrika'da %15, Orta Doğu ve Kuzey Afrika'da %11, Güney Asya'da %18 ve Latin Amerika ve Karayipler'de %6. Ayrı bir meta-analiz, 2050 yılına kadar iklim değişikliği nedeniyle Afrika ve Güney Asya'da verimde benzer bir düşüş olduğunu öne sürdü.

## BÖLÜM 6 BİLGİ BOŞLUKLARI VE TEMEL BELİRSİZLİKLER

Çölleşme onlarca yıldır araştırılmakta ve çölleşmenin farklı etkenleri tanımlanmış, sınıflandırılmış ve genel olarak anlaşılmıştır. Ancak, küresel, bölgesel ve yerel ölçeklerde çölleşmenin kapsamı ve ciddiyeti konusunda bilgi eksiklikleri bulunmaktadır. Genel olarak, çölleşmeye maruz kalan alanların daha iyi tahmin edilmesi ve haritalanması gerekmektedir. Bu, hızla genişleyen uzaktan algılanan veri kaynakları, yer gözlemleri ve yeni modelleme yaklaşımlarının bir kombinasyonunu gerektirir. Bu, özellikle SKH'ler çerçevesinde 2030 yılına kadar Arazi Tahribatının Dengelenmesi hedefine ulaşılmasına yönelik ilerlemenin ölçülmesi bağlamında kritik bir boşluktur.

Çok sayıda ilgili çalışmaya rağmen, metodolojik eksiklikler nedeniyle çölleşmeyi iklimsel ve/veya insani nedenlere bağlayan tutarlı göstergeler hala eksiktir.

İklim değişikliğinin toz ve kum fırtınası faaliyeti üzerindeki etkileri kritik bir boşluk olmaya devam ediyor. Ayrıca, özellikle Sahel, Kuzey Afrika, Orta Doğu ve Orta Asya gibi yüksek oranda etkilenen bölgelerde, toz ve kum fırtınalarının insan refahı, ekosistemler, mahsul verimliliği ve hayvan sağlığı üzerindeki etkileri ölçülmemiştir. Dünyanın birçok bölgesinde kar ve buz üzerinde toz birikimi bulunmuştur.

Çölleşme ve iklim değişikliğinin ekosistem hizmetleri, fauna ve flora üzerindeki birleşik etkilerine ilişkin geleceğe yönelik tahminler, bu konu önemli ölçüde sosyal öneme sahip olsa da eksiktir. Mevcut bilgiler çoğunlukla iklim değişikliğinin veya çölleşmenin bireysel etkileri hakkındadır. Çölleşmeye verilen tepkiler türe özgüdür ve mekanik modeller, değişen iklim altında çölleşmeyle ilişkili birçok faktöre bireysel türlerin tepkilerini henüz doğru bir şekilde tahmin edememektedir.

Önceki çalışmalar, iklim sistemine geçmiş ve mevcut çölleşme geri bildirimlerinin genel özelliklerine odaklanmıştı. Ancak, iklim ve çölleşme arasındaki (kuraklık endeksindeki değişikliklerin ötesinde) gelecekteki etkileşimler hakkında bilgi eksiktir. Gelecekteki iklim değişikliğinin toprak erozyonu, tuzlanma ve besin maddesi tükenmesi gibi çölleşme süreçleri üzerindeki etkileri hem küresel hem de yerel düzeyde sınırlı kalmaktadır.

Çölleşmeyle mücadele için gereken teknolojileri ve yenilikleri geliştirmek için daha fazla araştırma gereklidir, ancak benimsenme oranlarını iyileştirmek için mevcut yeniliklerin gözlemlenen zayıf benimsenmesinin nedenlerini daha iyi anlamak da önemlidir.

Değişen iklim koşullarında çölleşme, özellikle aşırı hava olaylarından kaynaklanan riskler yoluyla, yoksulluğu artırma potansiyeli yüksek. Bununla birlikte, gözlemlenen yoksulluktaki değişiklikleri iklim değişikliğinin etkilerine kesin olarak bağlayan kanıtlar şu anda mevcut değildir.

İklim değişikliği ve çölleşmenin birleşik etkilerine uyumun sınırlarına ilişkin bilgiler yetersizdir. Kalan riskler ve uyumsuz sonuçlar potansiyeli yüksek olduğundan, bu önemli bir boşluktur.

Bu boşlukları doldurmak, araştırma ve veri toplamaya önemli yatırımlar gerektirir. Dünya gözlem sistemlerinin standart bir yaklaşımla kullanılması bu boşlukların bir kısmının doldurulmasına yardımcı olabilir. Bu, verilerin karşılaştırılabilirliğini artıracak ve yaklaşımlar ve maliyetlerdeki belirsizliği azaltacaktır. Sistemik olarak toplanan veriler, karşılaştırılamaz parçalanmış verilerden çok daha fazla iç görü sağlayacaktır.

### **Sıkça Sorulan Sorular**

İklim değişikliği çölleşmeyi nasıl etkiler?

Çölleşme, kurak alanlarda arazi bozulmasıdır. İklim değişikliği ve çölleşme güçlü etkileşimlere sahiptir. Çölleşme, verimli toprak ve bitki örtüsü kaybı yoluyla iklim değişikliğini etkiler. Topraklar büyük miktarlarda karbon içerir ve bunların bir kısmı çölleşme nedeniyle atmosfere salınabilir ve küresel iklim sistemi üzerinde önemli etkileri vardır. İklim değişikliğinin çölleşme üzerindeki etkileri karmaşıktır ve bu konudaki bilgiler halen yetersizdir. Bir yandan, bazı kurak arazi bölgeleri daha az yağış alacak ve sıcaklıklardaki artışlar toprak nemini azaltarak bitki büyümesine zarar verebilir. Öte yandan, yeterli su ve toprak besin maddesi mevcutsa atmosferdeki CO<sub>2</sub> artışı bitki büyümesini artırabilir.

İklim değişikliğine bağlı çölleşme nasıl önlenir, azaltılabilir veya tersine çevrilebilir?

Araziyi sürdürülebilir bir şekilde yönetmek, çölleşmeyi önlemeye, azaltmaya veya tersine çevirmeye yardımcı olabilir ve iklim değişikliğinin hafifletilmesine ve adaptasyonuna katkıda bulunabilir. Bu tür sürdürülebilir arazi yönetimi uygulamaları, toprak işlemenin azaltılmasını ve toprağı kapalı tutmak için bitki artıklarının muhafaza edilmesini, bozulmuş arazilere ağaç dikmeyi, daha geniş çeşitlilikte mahsul yetiştirmeyi, verimli sulama

yöntemlerini uygulamayı, çiftlik hayvanlarının otlatıldığı meraları iyileştirmeyi ve daha birçoklarını içerir.

Sürdürülebilir arazi yönetimi uygulamaları ekosistem hizmetlerini ve biyolojik çeşitliliği nasıl etkiler?

Sürdürülebilir arazi yönetimi uygulamaları, ekosistem hizmetlerinin iyileştirilmesine ve biyolojik çeşitliliğin korunmasına yardımcı olur. Biyoçeşitliliğin korunması, değerli genetik kaynakların korunmasına izin vererek insan refahına katkıda bulunur.

## KAYNAKLAR

- Akhter, R. ve M. Arshad, 2006: Cholistan Çölü'ndeki (Pakistan) kurak meralar. *Artik. Bilim*, 17, 210-217.
- Akinshina, N., A. Azizov, T. Karasyova ve E. Klose, 2016: Tuzlu ortamda enerji santralleri olarak halofitler konusunda. *Biyokütle ve Biyoenerji*, 91, 306–311, doi:10.1016/J.BIOMBIOE.2016.05.034.
- Barbier, EB ve JP Hochard, 2016: Arazi bozulumu geliştirmekte olan ülkelerde yoksulluğu artırıyor mu? *PLoS One*, 11, e0152973, doi:10.1371/dergi
- Barrett, CB, L. Christiaensen, M. Sheahan ve A. Shimeles, 2017: Kırsal Afrika'nın yapısal dönüşümü üzerine. *J.Afr. Econ.*, 26, i11–i35, doi:10.1093/jae/ejx009.
- Çalışkan, S. ve M. Boydak, 2017: Türkiye'de kurak ve yarı kurak ekosistemlerin ağaçlandırılması. *Türk J. Tarım. For.*, 41, 317–330, doi:10.3906/tar 1702-39.
- Broeckhoven, N. ve A. Cliquet, 2015: Cinsiyet ve ekolojik restorasyon: Noktaları birleştirme zamanı. *Ecol.*, 23, 729–736, doi:10.1111
- Brooks, ML ve diğerleri, 2004: İstilacı yabancı bitkilerin yangın rejimleri üzerindeki etkileri.
- Donat, MG, AL Lowry, LV Alexander, PA O'Gorman ve N. Maher, 2016: Dünyanın kuru ve yağışlı bölgelerinde daha fazla aşırı yağış. *Nat. Clim.*
- Dougill, AJ ve diğerleri, 2016: Güney Kalahari, Botswana'da arazi kullanımı, mera bozulması ve ekolojik değişiklikler. *Afr. J. Ecol.*, 54, 59–67, doi:10.1111/aje.12265
- Dong, S., 2016: Genel Bakış: Dünyada Pastoralizm. İçinde: Gelişmekte Olan Dünyada İnsan-Doğal Hayvancılık Sistemlerinin Dayanıklılığını İnşa Etmek
- Evan, AT, C. Flamant, S. Fiedler ve O. Doherty, 2014: İklim modellerinde rüzgar tozu analizi. *jeofizik. Araş. Lett.*, 41, 5996–6001, doi:10.1002/2014GL060545.
- Ezra, M. ve G.-E. Kiros, 2001: Etiyopya'nın kuraklığa eğilimli bölgelerinde kırsaldan dışa göç: Çok düzeyli bir analiz. *Int. Göçmen Rev.*, 35, 749–771, doi:10.1111/j.1747-7379.2001.tb00039.x.
- Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü (ÇEMGM), 2017: Türkiye'de Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Faaliyetleri. Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Türkiye Cumhuriyeti. Ankara, Türkiye,
- Ge, X., Y. Li, AE Luloff, K. Dong ve J. Xiao, 2015: Horqin Sandy Land'de tarımsal ekonomik büyümenin kumlu çölleşme üzerindeki etkisi. *ekol.*
- Glendenning, CJ, FF Van Ogtrop, AK Mishra ve RW Vervoort, 2012: Hindistan'da yağmur suyu hasadının havza ve yerel ölçekteki etkilerinin dengelenmesi – Bir inceleme. *Tarım. Su Yönetimi*, 107, 1-13.
- Hoyle, FC, MD D'Antuono, T. Overheu ve DV Murphy, 2013: Dryland tarım sistemlerinde toprak organik karbon stoklarını artırma kapasitesi. *Toprak Res.*, 51, 657-667.
- Issanova, G. ve J. Abuduwaili, 2017: Fırtınalar ve arazi bozulması arasındaki ilişki. İçinde: Orta Asya ve Kazakistan Çölllerinde Toz Fırtınaları Olarak Aeolian Süreci [Issanova, G. ve J. Abuduwaili (eds.)]. Springer, Singapur, s. 71-86.

- Jilali, A., 2014: İklim değişikliğinin sayısal bir model kullanarak Figuig akiferi üzerindeki etkisi: Doğu Fas Vahası. *J. Biol. Dünya Bilimi*, 4, 16-24.
- IPCC, 2013: İklim Değişikliği 2013: Fizik Biliminin Temeli. Çalışma Grubu I'in İklim Değişikliği Hükümetlerarası Panelinin Beşinci Değerlendirme Raporuna Katkısı [Stocker, TF, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, SK Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex ve PM Midgley (ed.)].
- Kgope, BS, WJ Bond ve GF Midgley, 2010: Afrika savan ağaçlarının büyüme tepkileri, savan ağaç örtüsündeki geçmiş ve şimdiki değişikliklerin bir itici gücü olarak atmosferik [CO<sub>2</sub>] ima ediyor. *Austral Ecol.*, 35, 451–463, doi:10.1111
- Kundu, A., NR Patel, SK Saha ve D. Dutta, 2017: Batı Rajasthan'da (Hindistan) Çölleşme: Uzaktan algılamadan türetilen yağmur kullanımı verimliliği ve artık eğilim yöntemlerini kullanan bir değerlendirme. *Nat. Tehlikeler*, 86, 297–313, doi:10.1007/s11069-016-2689-y.
- Lambin, EF ve P. Meyfroidt, 2011: Küresel arazi kullanımı değişikliği, ekonomik küreselleşme ve baş gösteren arazi kıtlığı. *Proc. Natl. Acad. bilim ABD*, 108, 3465– 3472, doi:10.1073/pnas.1100480108.
- Linke, AM, J. O'Loughlin, JT McCabe, J. Tir ve FDW Witmer, 2015: Kenya kırsalında yağış değişkenliği ve şiddet: Anket verileriyle kuraklığın etkilerinin ve yerel kurumların rolünün araştırılması. *Küre. Çevre. Chang.*, 34, 35–47, doi:10.1016/J.GLOENVCHA.2015.04.007.
- Londra Devlet Bilim Ofisi, 2011: Göç ve Küresel Çevresel Değişim: Gelecekteki Zorluklar ve Fırsatlar. Nihai Proje Raporu, The Government Office for Science, Londra, Birleşik Krallık, 235 s.
- Lopez-Garcia, J., A. Pozza ve T. Sample, 2016: Ilımlı bir subtropikal iklimde silikon PV modüllerinin uzun süreli kirlenmesi. *Sol. Enerji*, 130, 174–183, doi:10.1016/J.SOLENER.2016.02.025.
- Mahowald, NM, 2007: Çöl bölgesindeki antroposen değişiklikleri: İklim modeli tahminlerine duyarlılık. *jeofizik. Araş. Lett.*, 34, L18817, doi:10.1029/2007GL030472.
- McLeman, R., 2013: İklim değişikliğine bağlı göçün modellenmesindeki gelişmeler. *Clim. Değiştir*, 117, 599–611, doi:10.1007/s10584-012-0578-2.
- Morton, J., 2010: Yönetimsellik, pastoral kalkınma çalışması için neden önemli olmalıdır? Göçebe. *People.*, 14, 6–30, doi:10.3167/np.2010.140102.
- Nkonya, E. ve diğerleri, 2016'a: Arazi bozulmasının küresel maliyeti. İçinde: Arazi Bozulması ve İyileştirme Ekonomisi – Sürdürülebilir Kalkınma için Küresel Bir Değerlendirme [Nkonya, E., A. Mirzabaev ve J. von Braun (eds.)]. Springer International Publishing, Cham, İsviçre, s. 117–165.
- Olsson, L., 2017: İklim göçü ve çatışmalar. İçinde: İklim değişikliği, Göç ve İnsan Hakları [Manou, D., A. Baldwin, D. Cubie, A. Mihr ve T. Thorp (ed.)]. Routledge, Londra, Birleşik Krallık, s. 116–128.
- Pankova, EI, 2016: Orta Asya Bölgesinde sulanan toprakların tuzlanması: Eski ve yeni sorunlar. *Arid Ecosyst.*, 6, 241–248, doi:10.113
- Právělie, R., C. Patrice ve G. Bandoc, 2017: Güney ve orta güneydoğu Avrupa'da arazi bozulmasına duyarlı alanların ölçümü. Yeni iklim verileriyle DISMED metodolojisinin iyileştirilmesine dayalı yeni sonuçlar. *Catena*, 158, 309–320, doi:10.1016/j.catena.2017.07.006.
- Rishmawi, K., S. Prince, K. Rishmawi ve SD Prince, 2016: 1982'den 2006'ya kadar Sahel'deki bitki örtüsünün çevresel ve antropojenik bozulması.