

DENİZ SEVİYESİ YÜKSELMELERİNİN ÇUKUROVA DELTASINDAKİ TARIM ALANLARINA OLAN POTANSİYEL ETKİLERİ VE BU ETKİLERLE BAŞA ÇIKMA YÖNTEMLERİ

Mehmet AKALIN¹

Özet

Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin önemli etkilerinden birisi de deniz seviyesi yükselmeleridir. Deniz seviyesi yükselmelerinin ilerleyen dönemlerde, ¾'ü sularla çevrili olan dünyamız ve yarımada görünümündeki ülkemiz için ciddi bir tehdit olması beklenmektedir. Bu tehdit, deniz seviyesi yükselmelerinin kıyı bölgelerdeki yaşam alanlarına, ekosistemlere ve biyolojik çeşitliliğe zarar verme potansiyelinden ileri gelmektedir. Ayrıca Çukurova Deltası'ndaki tarım alanlarının sular altında kalarak zarar görmesi, ülkemizde gıda güvenliği sorununun ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Bu çalışma ile bölgeye dikkat çekilmek ve risklerle başa çıkılabilecek önlemler tartışılmak istenmiştir. Çalışmada, Çukurova Deltası'nda oluşması muhtemel deniz seviyesi yükselmelerini gösteren simülasyonlar kullanılarak tehlikenin boyutları ortaya koyulmuştur. Çukurova deltasındaki deniz seviyesi yükselmeleri 50'şer cm aralıklarla 0-6 metre bandında "CoastalDEMv2.1 modeli" kullanılarak simüle edilmiştir. Çukurova Deltası'ndaki arazi kullanım şekilleri ve tarım arazilerinin tespiti ise "Copernicus Arazi Gözetim Uygulaması" ile yapılmıştır. Çukurova deltasında yer alan lagünlerin, bataklıkların, kumulların, kıyı yerleşimlerinin ve tarım alanlarının çeşitli iklim senaryolarına göre ilerleyen yıllarda sular altında kalması beklenmektedir. Deltada yer alan tarım alanlarında yetiştirilebilen ürün çeşitliliğinin fazla, verimliliğin yüksek ve yılda birden fazla hasat yapılabilir olması, bölgenin deniz seviyesi yükselmelerine karşı gözetilmesini gerektirmektedir. Deniz seviyesi yükselmeleri yavaş ilerleyen süreçleri içeriyor olsa da bu riske karşı alınacak olan önlemlerin daha hızlı bir şekilde hayata geçirilmesi hayati önem taşımaktadır. Çünkü deniz seviyesi yükselmeleri öncelikle kıyılarda bulunan ve düşük kot yüksekliğine sahip yerleşim yerlerini, tarım alanlarını, sanayi üretim tesislerini ve diğer doğal çevreleri etkisi altına almaktadır. Özellikle verimli tarım alanları deniz seviyesi yükselmelerinden büyük zararlar görebilmektedir. Deniz seviyesi yükselmelerinin potansiyel etkilerine karşı geri çekilme, uyum ve koruma yöntemleri ile bölgedeki zarar en aza indirilebilecektir. Bunun için yerel ve merkezi yönetimlerin bölge ölçeğinde daha detaylı şekilde hazırlayacakları afet riski planlarını kararlı bir şekilde hayata geçirmeleri büyük önem taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Küresel ısınma, Deniz seviyesi yüklemesi, Çukurova deltası, Tarım alanları, Gıda güvenliği

JEL Kodları: Q0, Q5, Q54

POTENTIAL IMPACTS OF SEA LEVEL RISE ON AGRICULTURAL LANDS IN THE ÇUKUROVA DELTA AND METHODS TO COPE WITH THESE IMPACTS

Abstract

One of the important effects of global warming and climate change is sea level rise. Sea level rise is expected to be a serious threat to our world, which is ¾ surrounded by water, and our country, which looks like a peninsula, in the future. This threat arises from the potential of sea level rise to harm habitats, ecosystems and biodiversity in coastal areas. Additionally, because the damage to agricultural areas in the Çukurova Delta due to flooding may cause food security problems in our country. This study aims to draw attention to the region and discuss measures that can be taken to cope with the risks. Simulations showing possible sea level rises in the Çukurova Delta were used in the study. Sea level rise in the Çukurova Delta was simulated using the "CoastalDEMv2.1 model" in the 0-6 meter band at 50 cm intervals. Land use patterns and agricultural lands in the Çukurova Delta were determined using the "Copernicus Land Surveillance Application". It is expected that the lagoons, marshes, dunes, coastal settlements and agricultural areas in the Çukurova delta will be flooded in the coming years according to various climate scenarios. The diversity of products that can be grown in the agricultural areas in the delta, the high productivity and the ability to harvest more than once a year necessitate that the region be monitored against sea level rise. Although sea level rise involves slow-moving processes, it is vital that measures to be taken against this risk are implemented more rapidly. Because sea level rise primarily affects coastal settlements, agricultural areas, industrial production facilities and other natural environments with low elevations. Especially productive agricultural areas can be greatly damaged by sea level rise. The damage in the region can be minimized with retreat, accommodation and protection methods against the potential effects of sea level rise. For this reason, it is of great importance for local and central governments to resolutely implement disaster risk plans that they will prepare in more detail on a regional scale.

Keywords: Global warming, Sea level rise, Çukurova Delta, Agricultural areas, Food security

JEL Codes: Q0, Q5, Q54

¹ Sosyal Güvenlik Uzmanı, Doç.Dr., Sosyal Güvenlik Kurumu, E-Posta: makalin@sgk.gov.tr  ORCID ID: orcid.org/ 0000-0002-5170-7503

1 GİRİŞ

Türkiye'nin, üç tarafı denizlerle çevrili bir ülke olması nedeniyle küresel ısınma ve iklim değişikliğinin önemli sonuçlarından olan deniz seviyesi yükselmelerinden birinci derecede etkilenmesi beklenmektedir. Deniz seviyesi yükselmelerinin etki düzeyi, Türkiye'deki yoğun nüfuslu kentlerin ve verimli tarım alanlarının çoğunlukla kıyı alanlarda bulunmasından dolayı artmaktadır. Nitekim, deniz seviyesi yükselmeleri, kıyı alanlarının su altında kalmasına, kumsalların erozyona uğramasına, yer altı sularının kirlenmesine, toprağın aşırı tuzlanmasına, su baskınlarının çoğalmasına, tarımsal üretimin azalmasına, gıda güvenliğinin risk altına girmesine, yerleşim yerlerindeki altyapıların hasar görmesine ve ekosistemlerin değişime uğramasına sebep olabilmektedir.

Deniz seviyesi yüklemelerinden etkilenen tarım alanları; yukarıda sayılan tüm bu potansiyel etkiler içerisinde tarımsal verimliliğe, sürekliliğe, gıda güvenliğine, insan sağlığına ve toplum refahına zarar vermesi nedeniyle oldukça kritik bir öneme sahiptir. Bu yüzden Bafra, Küçük Menderes, Büyük Menderes, Meriç, Sakarya, Gediz ve Çukurova gibi yoğun biçimde tarımsal üretimin yapıldığı kıyı ovalarının deniz seviyesi yükselme riskine karşı korunması gerekir.

Seyhan, Ceyhan ve Tarsus (Berdan) ırmaklarının oluşturduğu Çukurova Deltası, Türkiye'nin en büyük kıyı ovası olmasının yanı sıra; fiziki, ekonomik, ekolojik ve jeopolitik özelliklerinden dolayı da hassasiyet gösterilmesi gereken bir coğrafi yapıdır. Özellikle tarımsal üretim ve gıda güvenliği bakımından Çukurova Deltası'nın ulusal ölçekte katma değer üretme kapasitesi, bölgeye daha çok önem verilmesine sebep olmaktadır. Bu çalışmada Çukurova Deltası'ndaki tarım alanlarının deniz seviyesi yüksekliği karşısındaki kırılganlığı çeşitli iklim senaryoları çerçevesinde belirlenmeye çalışılmıştır. Bölgedeki tarım alanlarının olası deniz seviyesi yükselmelerine karşı ne şekilde korunabileceği ve bu olası etkilere karşı tarımsal üretimin en az ne şekilde zarar görebileceği kısa, orta ve uzun erimli stratejilerle ortaya koyulmuştur. Çukurova Deltası özelinde yapılan bu araştırmanın, ülkemizin diğer delta ovaları ve kıyı bölgeleri için de örnek oluşturması; ülkemizdeki kıyı bölgelerinin planlanmasına ve tarımsal üretimin sürdürülebilirliğine katkı vermesi beklenmektedir.

Deniz seviyesi yükselmelerinin kıyı bölgelerdeki yaşam alanlarına, ekosistemlere ve biyolojik çeşitliliğe olan yıkıcı etkisi; fırtına dalgaları, toprak erozyonları, şiddetli yağışlar ve diğer kıyı taşkın faktörlerinin de etkisiyle önemli ölçüde artmaktadır. Özellikle nehirlerin denize döküldükleri deltalarda, küresel ısınma ve iklim değişikliğinin de etkisiyle yoğun yağışlar gerçekleşebilmektedir. Bu gelişmeler taşkınların daha kısa aralıklarla meydana gelmesine ve su baskınlarının daha sık yaşanmasına sebep olmaktadır (Reimann vd., 2023). Bunun yanı sıra kıyı bölgelerinde kentleşme ve altyapı faaliyetleri nedeniyle toprağın suyu tutma kapasitesi azalabilmektedir. Bu ise ekolojik açıdan kırılgan yapıdaki kıyı alanlarını su baskınlarına karşı savunmasız hale getirmektedir (Dosman vd., 2022).

Deniz seviyesi yükselmesi; özellikle yağış rejimlerinin değişmesi, şiddetli yağışların daha sık yaşanıyor olması ve yüksek fırtına dalgalarının ortaya çıkmasıyla birlikte kıyı ovaları üzerinde yıkıcı etkiler ortaya çıkarmaktadır. Bu durumun 21. yüzyıl boyunca devam edip, 22. yüzyılın ortalarına değin ağırlaşarak devam etmesi beklenmektedir (IPCC, 2021). Türkiye'deki tarımsal üretimin önemli bir kısmının yapıldığı Çukurova'nın sular altında kalarak işlevsiz hale gelmesi ise bölgede kıtlık riski oluşturarak gıda güvenliği sorununu ortaya çıkaracaktır. Bu yüzden bölgenin deniz seviyesi yükselmelerinin sebep olacağı potansiyel riskler karşısında dirençli hale gelmesi hem bölge hem de ülke açısından önem arz edecektir.

Çalışmada Çukurova Deltası'nda ilerleyen yıllarda oluşması muhtemel deniz seviyesi yükselmelerini gösteren simülasyonlar kullanılmıştır. Bu simülasyonlar oluşturulurken, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Panelinin (IPCC) Altıncı Değerlendirme Raporu'ndan (AR6, 2022), Küresel ve Bölgesel Deniz Seviyesi Yükselişi Senaryolarından ve Deniz Seviyesi Yükselişi Teknik Raporu'ndan (Sweet vd., 2022) faydalanılmıştır. Çukurova deltasındaki deniz seviyesi yükselmeleri 50'şer cm aralıklarla 0-6 metre bandında CoastalDEMv2.1 modeli kullanılarak simüle edilmiştir (Climate Central, 2024).

Kıyı alanlarını deniz seviyesi yükselmesi ve kıyı taşkınlarından kaynaklanan tehditlere karşı kırılganlığını doğru bir şekilde değerlendirmek için doğru yükseklik verileri gereklidir. ABD,

Avustralya, İngiltere ve bazı Avrupa Ülkeleri lidardan türetilen yüksek kaliteli yükseklik verileri yayınlar, dünyanın geri kalanı, özellikle gelişmekte olan ülkeler, uydu radarından türetilen daha düşük güvenilirliği olan küresel dijital yükseklik modellerine göre tahminlerde bulunmaktadır.

CoastalDEMv2.1 modellemesi dünyanın dört bir yanından birçok kıyı taşkın riski ölçüm istasyonlarından elde edilen verileri ve bildirimleri kullanmak sureti ile olası deniz seviyesi yükselmelerinin alansal etkilerini tahmin etmeye yardımcı olmaktadır. Bu modellemede sunulan verilerin doğruluğu dünya çapındaki diğer küresel dijital yükseklik modelleri ile karşılaştırılarak yapılmaktadır. CoastalDEMv2.1 modellemesinde NASA'nın ICESat-2 uydusundan alınan kara yüksekliği ölçümleri, CoastalDEM v1.1, NASADEM, TanDEM-X, MERIT ve AW3D30 gibi diğer küresel dijital yükseklik modelleri ile karşılaştırılmaktadır. Bu girdiler yükseklik, nüfus yoğunluğu, bitki örtüsü yoğunluğu ve diğer yükseklik ölçümlerini içermektedir. CoastalDEM v2.1 modellemesi ile küresel medyan sapmasını neredeyse tamamen ortadan kaldırarak 0,01 metrenin altına indirmiştir. Böylece CoastalDEM v2.1 modellemesi ile nüfus yoğunluğundan bağımsız olarak tüm alanlar dahil biçimde 0-5 metre yükseklik bandının tamamında çok küçük hata payları ile ölçümler yapılabilmektedir.

Çukurova Deltası'ndaki arazi kullanım şekilleri ve tarım arazilerinin tespiti ise Avrupa Birliği Uzay Programının (European Union's Space Programme) bir parçası olan "Copernicus Arazi Gözetim Uygulaması" ile yapılmıştır. 2018 yılının referans alındığı "Copernicus Arazi Gözetim Uygulaması" ile 44 farklı Arazi Örtüsü envanteri detaylandırılarak gösterilebilmektedir. Bu uygulamadan elde edilen uydu verileri ile bölgedeki tarım alanları, kumullar, sulak alanlar, yerleşim yerleri ve ormanlar farklı renklerle birbirinden ayrıştırılarak gösterilmiştir. Veri seti, alansal olaylar için 25 hektar (ha) Minimum Haritalama Birimine (MMU), doğrusal olaylar için ise 100 metre Minimum Haritalama Genişliği (MMW) değerine sahiptir. Uygulamada değişim katmanları daha yüksek çözünürlükte gösterilmiştir. Arazi Örtüsü Değişiklikleri (YDM) için minimum haritalama birimi (MMU) 5 hektara kadar gösterilebilmektedir.

"Copernicus Arazi Gözetim Uygulaması", ekosistemlerin korunması, biyolojik çeşitlilik kaybının durdurulması, iklim değişikliğinin etkilerinin izlenmesi, kentsel arazi işgalinin izlenmesi, tarımdaki gelişmelerin değerlendirilmesi ve su kaynakları direktifleriyle başa çıkılması gibi Avrupa Birliği Çevre Eylem Programlarının temel öncelikli alanlarının uygulanmasını destekleyen önemli veri kümeleri sunmaktadır. Uygulama ile tarım alanlarının ortalama büyüklüğü hesaplanabiliyor olsa da bu ölçümler güvenilir kesinlikte sonuç vermediğinden çalışmada kullanılmamıştır. Bunun yerine önceki yıllarda deltada yapılan çalışmalarda kullanılan detaylı alan ve yükseklik ölçümlerinden faydalanılmıştır.

1. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Kıyılar; deniz seviyesi yükselmeleri, erozyon, sel, taşkın, toprak ve su kirlenmesi tehlikelerine karşı oldukça hassas yerlerdir (Brown vd., 2022). Bunun yanı sıra üçte ikisi sularla örtülü olan dünyamızda kıyı alanları, birçok insan aktivitesine ve farklı türden ekosisteme de ev sahipliği yapmaktadır. Birleşmiş Milletler Çevre Programına (UNEP) göre dünya nüfusunun yaklaşık %37'si kıyıya 100 km mesafedeki alanlarda yaşamaktadır (UNEP, 2024). Yine tüm dünyada yaklaşık 600 milyon insanın, deniz seviyesinden 10 metre veya daha az yükseklikteki kıyı yerleşimlerinde yaşadığı ve metropollerin yarısından fazlasının kıyılarda yer aldığı bilinmektedir (Kirezci vd., 2020).

Yeryüzünün büyük bölümünün sularla kaplı olması ve büyük şehirlerin genellikle kıyılara yakın bölgelerde yer alması, olası deniz seviyesi yükselmelerinin insan yaşamı ve refahı üzerindeki etkilerinin önemini daha da arttırmaktadır (Craig, 2010). Bunun nedeni beşerî ve ekonomik faaliyetlerin yoğun bir biçimde görüldüğü kıyılarda, küresel ısınma ve iklim değişikliğinin sebep olduğu deniz seviyesi yükselmelerinin yıkıcı etkilerinin daha derin bir biçimde hissediliyor olmasından kaynaklanmaktadır.

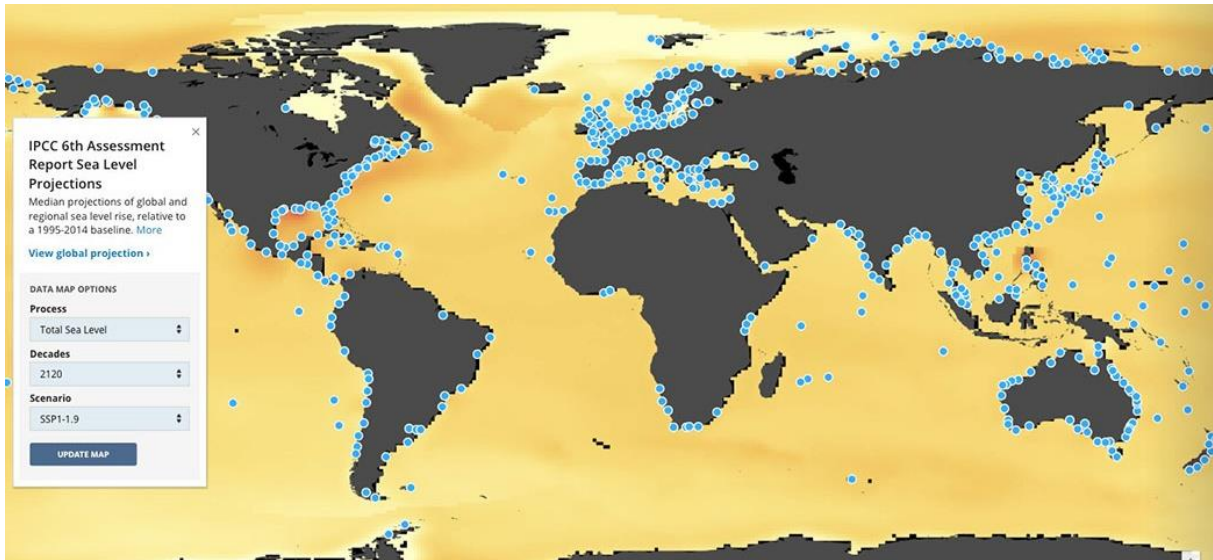
Kıyı alanlarının insanların ekonomik ve beşerî faaliyetleri için çekici yerler olmasının birçok sebebi bulunmaktadır. Kıyılarda, inşa edilebilen ya da doğal olarak bulunan limanlar, bulundukları bölgede ticaretin gelişebilmesi sebebiyle insanların refahının artmasına yol açabilmektedir. Bunun yanı sıra kıyı bölgelerinde su ürünlerinden fayda sağlanabilmektedir. Bu da insanların geçimlerini sağlayabilmeleri için bir alternatif oluşturmaktadır. Nihayetinde kıyı şeritlerinde bulunan platolar ve alüvyon ovaları

tarımsal üretim için verimli tarım alanlarıdır. İnsanlar tarih boyunca tarımsal üretimlerini bu verimli arazilerde yapmayı tercih etmişlerdir.

Kıyılar, deniz ve kara ekosistemlerinin yakınlaştığı ve her iki ekosistemin etkileşim içerisine girdiği alanlardır. Kıyılar bu özelliklerinden dolayı biyolojik ve jeolojik açıdan canlı yaşamına elverişli ortamlar sunabilmektedir (Özhan, 2008). Kıyılar, kıyı suları ile kıyı topraklarının bütünüdür. Dolayısıyla kıyılar adaları, geçiş niteliğindeki ve gel-git hareketlerinin yaşandığı alanları, bataklıkları, sulak alanları ve kumsalları içerir (Klee ve Gary, 1999).

Kıyı alanları Türkiye’de 3621 sayılı Kıyı Kanununda tanımlanmıştır. Buna göre , “kıyı çizgisi, deniz, tabii ve suni göl ve akarsularda, taşkın durumları dışında, suyun karaya değdiği noktaların birleşmesinden oluşan çizgiyi; kıyı kenar çizgisi; deniz, tabii ve suni göl ve akarsularda, kıyı çizgisinden sonraki kara yönünde su hareketlerinin oluşturulduğu kumluk, çakıllık, kayalık, taşlık, sazlık, bataklık ve benzeri alanların doğal sınırını; kıyı, kıyı çizgisi ile kıyı kenar çizgisi arasındaki alanı; dar kıyı ise kıyı kenar çizgisinin, kıyı çizgisi ile çakışmasını” ifade etmektedir. Bu tanımlardan hareketle dünya nüfusunun çoğunun kıyı kenar çizgisinden itibaren kara yönüne yatay olarak kurulan yerleşim yerlerinde yaşadıkları ve faaliyetlerini bu alanlarda sürdürdükleri anlaşılmaktadır.

Farklı kot yüksekliklere sahip kıyı alanlarında yaşayanlar, deniz seviyesi yükselme riskine karşı aynı oranda etkilenmezler. Deniz seviyesi yükselmelerinden bazı kentler kısmen zarar görürken, bazı kentler ve bazı küçük adalar ise yok olma riskiyle yüz yüze kalabilmektedir (World Economic Forum, 2019). Nitekim Maldivler, Tuvalu, Kiribati, Marshall Adaları ve Samoa gibi ada ülkelerinin yakın bir gelecekte tamamen sular altında kalıp yok olmaları beklenmektedir. Çin, Vietnam, Japonya, Hindistan, Bangladeş, Endonezya, Tayland, Hollanda, Filipinler, Myanmar, ABD, Birleşik Krallık, Brezilya, Almanya, Fransa, Malezya, Tayvan, Güney Kore, Nijerya ve İtalya gibi ülkeler ise deniz seviyesi yükselmelerinden kısmen etkilenenler olacaktır. Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA) kıyı bölgelerde yaşayan nüfus yoğunluğunu göz önünde bulundurularak bu ülkeleri deniz seviyesi yükselmelerine karşı hassas yerler olarak ilan etmiştir (NASA, 2024a).



Şekil 1. Deniz Seviyesi Yükselmelerinden Etkilenmesi Beklenen Ülkeler

Kaynak: NASA, 2024a

Deniz seviyesi çoğunlukla okyanus suyunun toplam hacminde oluşan artışlarla yükselmektedir. Bu durum, eriyen kutup buz tabakalarının yanı sıra ısındıkça suyun doğal olarak genişlemesinin bir sonucu olarak da ortaya çıkabilmektedir. 1993 yılından bu yana Grönland ve Antarktika'daki buz tabakalarındaki erimelerin küresel ortalama deniz seviyesini önemli ölçüde etkilediği belirlenmiştir (Craig & Palmer, 2024). Uydu verileri baz alınarak yapılan hesaplamalara göre Grönland'da her yıl yaklaşık olarak 270 milyar ton buz kütlesi, küresel ısınma ve iklim değişikliği nedeniyle eriyerek denize

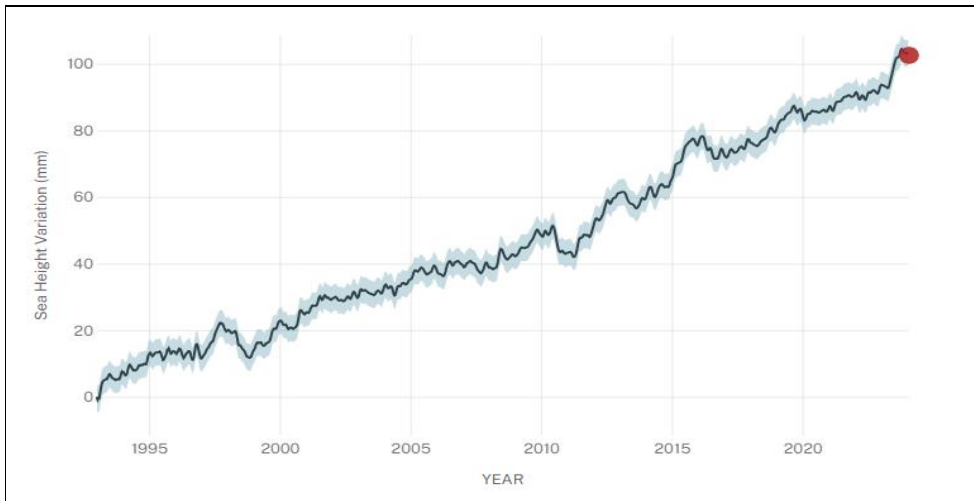
karışmaktadır (Craig & Palmer, 2024). Deniz seviyesinin yükselmesinde daha az rol oynayan diğer bir faktör ise karadaki akiferlerin, göllerin, rezervuarların ve nehirlerin denizlere akarak karadaki su kaynaklarını denizlere taşımasıdır (Lindsey, 2023).

Hâkim rüzgârlar, okyanus akıntıları ve hava basınçları gibi doğal faktörler de deniz seviyesini yükseltebilmektedir. Yine kıyı şeritleri dinamik yapıları gereği, tektonik kaymalardan, sediment sıkışması gibi doğal jeolojik süreçlerden etkilenebilmektedir. Bu da deniz seviyesinin doğal jeolojik sebeplerden dolayı yükselmesine yol açmaktadır. Etkileri sınırlı olsa da kum taşıma ve madencilik gibi beşerî ve ekonomik faaliyetler de kıyı topraklarının aşınması nedeniyle deniz seviyesini yükseltebilmektedir.

Deniz seviyesi yükselmelerinin fiziksel etkileri; alçak bölgelerdeki sulak alanların su altında kalması, kıyı şeridinin erozyona uğraması, kıyı taşkınlarının yaşanma sıklığının ve şiddetinin artması, nehir ve yeraltı sularının tuzluluk oranının artarak su kalitelerinin bozulması, koy ve akarsu ağzlarındaki gelgit aralıklarının değişmesi, nehir tabanındaki alüvyon, çökelti veya tortuların yer değiştirmesi, dalga boylarının yükselmesi ve dip sularına ulaşan ışığın azalması (Titus,1990) şeklinde sıralanabilir.

Dünyanın dört bir yanındaki gelgit ölçüm istasyonları, çeşitli manuel ve otomatik sensörler kullanarak 20. Yüzyılın başından itibaren günlük olarak yüksek ve alçak gelgit ölçümleri yapabilmektedir. Bilim insanları dünya çapında çok sayıda istasyondan elde edilen veriler ile küresel ortalamayı hesaplayabilmekte ve bunu mevsimsel farklılıklara göre düzenleyebilmektedir. 1990'lı yılların başından bu yana ise uydu altimetrelere, okyanusa yönlendirilen radar darbelerinin (atışlarının) dönüş hızını ve yoğunluğunu ölçerek deniz yüzeyinin yüksekliğini belirleyebilmektedir. NASA'nın bu yöntemle gerçekleştirdiği uydu ölçümlerine göre global deniz seviyesi yükselmeleri 1993-2024 yılları arasında 103,3 mm olarak gerçekleşmiştir (Lindsey, 2022).

Küresel ortalama deniz seviyesi 1920 yılından bu yana geçen yaklaşık 100 yıllık dönemde 15 ila 20 cm artış göstermiştir. Gelgit ölçerlerden ve uydulardan elde edilen gözlem verileri, küresel olarak deniz seviyesindeki yükselişin hızlandığını ve bu artışın üçte birinden fazlasının son yirmi beş yılda meydana geldiğini göstermektedir (NOAA, 2022; NASA, 2024a). Gel-git ve deniz seviyesi ölçüm kayıtlarına göre, küresel ortalama deniz seviyesi 19. yüzyılın sonundan günümüze kadar geçen sürede yaklaşık 10-25 cm kadar yükselmiştir (IPCC, 2014). Farklı iklim senaryolarına göre yapılan tahminlerde deniz seviyesinin yakın ve orta erimde artmaya devam edeceği tahmin edilmektedir. 2000 yılı deniz seviyesini referans alan bir senaryoya göre ortalama deniz seviyesi yükselmeleri 2030 yılında 0,13 cm; 2040 yılında 0,19 cm, 2050 yılında 0,28 cm olarak belirlenmiştir (NOAA, 2022).



Şekil 2. 1993-2024 Global Deniz Seviyesi Yükselmeleri

Kaynak: NASA, 2024b.

Yapılan araştırmalarda deniz seviyesi yükselmelerinin önemli bir bölümünün, aynı dönemde gözlenen küresel ortalama sıcaklık artışlarıyla ilişkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu araştırmalarda ortalama sıcaklıklardaki artışların, okyanus sularında termal genişlemeye sebep olarak deniz seviyelerini 2 cm ile 7 cm yükselttiği; aynı dönemdeki sıcaklık artışlarının dağ ve örtü buzullarını eritmek suretiyle deniz seviyelerini 2 cm ile 5 cm yükselttiği hesaplanmıştır (IPCC, 2014). Deniz seviyesi yükselmelerine sebep olan diğer faktörlerin etkisini belirlemek ise daha karmaşık süreçleri içerdiğinden kesin ölçümler gerçekleştirmek oldukça güçtür. Nitekim yüzey ve yeraltı sularındaki oransal değişiklikler deniz seviyesinde küçük bir değişikliğe neden olabilmektedir (Türkeş, 2020).

Tablo 1. Deniz Seviyesi Yükselmeleri Senaryoları (2020-2050)

	2020	2030	2040	2050
Çok İyimser Senaryo	0.06 [0.05, 0.07]	0.09 [0.08, 0.10]	0.12 [0.11, 0.13]	0.15 [0.14, 0.17]
İyimser Senaryo	0.07 [0.06, 0.07]	0.11 [0.09, 0.12]	0.15 [0.13, 0.17]	0.20 [0.18, 0.23]
Nötr Senaryo	0.07 [0.07, 0.09]	0.13 [0.11, 0.15]	0.19 [0.16, 0.23]	0.28 [0.22, 0.32]
Kötümser Senaryo	0.08 [0.07, 0.10]	0.14 [0.11, 0.20]	0.23 [0.18, 0.32]	0.37 [0.27, 0.46]
Çok Kötümser senaryo	0.08 [0.07, 0.10]	0.15 [0.11, 0.22]	0.27 [0.18, 0.39]	0.43 [0.31, 0.57]

Kaynak: NOAA, 2023.

Deniz seviyesi yükselmelerine yönelik olarak yapılan projeksiyonlar, çeşitli iklim senaryolarına ve çeşitli güvenilirlik düzeylerine göre farklılık gösterebilmektedir.

Tablo 2. Deniz Seviyesi Yükselmeleri Senaryoları (2050-2150)

	2050	2100	2150
Çok İyimser Senaryo	0.15	0.3	0.4
İyimser Senaryo	0.20	0.5	0.8
Nötr Senaryo	0.28	1.0	1.9
Kötümser Senaryo	0.37	1.5	2.7
Çok Kötümser Senaryo	0.43	2.0	3.7

Kaynak: NOAA, 2023.

Deniz seviyesinin bu yüzyılın sonlarında çok kötümser senaryoya göre 2 metre; nötr senaryoya göre 1 metre; iyimser senaryoya göre ise, 0,3 metre yükselmesi beklenmektedir. 2150 yılına uzanan uzun erimli projeksiyonlarda ise deniz seviyesinin çok kötümser senaryoya göre 3,7 metre; nötr senaryoya göre 1,9 metre; iyimser senaryoya göre ise, 0,4 metre yükseleceği öngörülmektedir (NOAA, 2023).

Deniz seviyesi yükselmesi, taşkın ve fırtına dalgaları ile kıyılardaki kumullara, bataklıklara, flora ve faunaya telafisi güç zararlar verebilmekte; sulak alanları tahrip edip, kıyı erozyonuna ve yeraltı sularının tuzlanmasına yol açabilmektedir. Diğer taraftan, deniz seviyesi yükselmelerinin kıyı alanlardaki etkileri, yağış rejimindeki değişimler ve şiddetli yağışlarla daha da artabilmektedir. Deniz seviyesi yükselmeleri sonucu oluşan taşkınlar; toprak erozyonuna, sulak alanlarda barınan canlılara ve diğer birçok bitki türüne zarar verebilmekte, yer altı su kaynaklarının kirlenmesine sebep olabilmektedir.

Tablo 3a: Farklı SSP Senaryolarında Öngörülen Deniz Seviyesi Yükselişi

Güven.	Sen.	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080
Orta	SSP1-1.9	0,039	0,072	0,095	0,13	0,148	0,177	0,193
Orta	SSP1-1.9	0,043	0,08	0,107	0,146	0,169	0,206	0,231
Orta	SSP1-1.9	0,049	0,092	0,128	0,176	0,21	0,26	0,301
Orta	SSP1-1.9	0,061	0,117	0,168	0,232	0,286	0,356	0,421
Orta	SSP1-1.9	0,074	0,141	0,207	0,289	0,361	0,449	0,53
Orta	SSP1-2.6	0,039	0,072	0,102	0,141	0,17	0,207	0,23
Orta	SSP1-2.6	0,043	0,079	0,114	0,158	0,192	0,234	0,266
Orta	SSP1-2.6	0,049	0,092	0,136	0,189	0,232	0,29	0,338
Orta	SSP1-2.6	0,061	0,117	0,175	0,247	0,311	0,391	0,466
Orta	SSP1-2.6	0,074	0,141	0,214	0,303	0,386	0,486	0,584
Orta	SSP2-4.5	0,039	0,072	0,108	0,157	0,197	0,242	0,287
Orta	SSP2-4.5	0,043	0,08	0,119	0,173	0,219	0,273	0,323
Orta	SSP2-4.5	0,049	0,093	0,142	0,204	0,262	0,33	0,403
Orta	SSP2-4.5	0,061	0,117	0,18	0,263	0,343	0,437	0,54
Orta	SSP2-4.5	0,073	0,139	0,217	0,317	0,416	0,534	0,662
Orta	SSP3-7.0	0,039	0,073	0,113	0,167	0,216	0,276	0,337
Orta	SSP3-7.0	0,043	0,081	0,124	0,183	0,239	0,306	0,377
Orta	SSP3-7.0	0,049	0,094	0,145	0,215	0,282	0,366	0,458
Orta	SSP3-7.0	0,061	0,117	0,185	0,274	0,365	0,476	0,6
Orta	SSP3-7.0	0,073	0,141	0,224	0,331	0,443	0,58	0,735
Orta	SSP5-8.5	0,039	0,078	0,122	0,18	0,238	0,307	0,377
Orta	SSP5-8.5	0,043	0,085	0,134	0,198	0,262	0,339	0,42
Orta	SSP5-8.5	0,05	0,098	0,157	0,232	0,31	0,404	0,509
Orta	SSP5-8.5	0,062	0,122	0,197	0,293	0,396	0,522	0,664
Orta	SSP5-8.5	0,074	0,147	0,237	0,353	0,479	0,633	0,811
Düşük	SSP1-2.6	0,039	0,072	0,1	0,13	0,164	0,198	0,229
Düşük	SSP1-2.6	0,043	0,079	0,114	0,158	0,192	0,234	0,266
Düşük	SSP1-2.6	0,052	0,097	0,142	0,196	0,244	0,301	0,352
Düşük	SSP1-2.6	0,07	0,138	0,221	0,31	0,399	0,49	0,585
Düşük	SSP1-2.6	0,077	0,169	0,282	0,4	0,516	0,638	0,775
Düşük	SSP5.8.5	0,039	0,074	0,108	0,159	0,224	0,296	0,372
Düşük	SSP5.8.5	0,043	0,085	0,133	0,195	0,259	0,339	0,42
Düşük	SSP5.8.5	0,052	0,101	0,161	0,24	0,326	0,432	0,557
Düşük	SSP5.8.5	0,071	0,15	0,258	0,397	0,569	0,778	1,028
Düşük	SSP5.8.5	0,081	0,195	0,352	0,541	0,767	1,046	1,398

Kaynak: Garner vd. 2021.

Farklı güven düzeylerine göre oluşturulan senaryolarda ise 2020-2150 yıllarını kapsayan dönemde küresel deniz seviyesi yüksekliği tahminleri çeşitlilik göstermektedir. Orta güvenilirlikteki SSP1-1.9 senaryosuna göre 2050 yılında öngörülen ortalama küresel deniz seviyesi yükselmesi 0,13 metre ile 0,29 metre arasında değişirken; aynı senaryo ve aynı güvenilirlik düzeyine göre bu veriler 2150 yılında 0,29 metre ile 1,1 metre arasındadır. Bu rakamlar düşük güvenilirlikteki SSP5.8.5 iklim değişikliği senaryosunda ise çok daha fazla artmaktadır. Düşük güvenilirlikteki SSP5.8.5 iklim değişikliği senaryosuna göre 2050 yılında öngörülen küresel deniz seviyesi yükselmesi 0,54 metre iken 2100 yılında 2,27 metre, 2150 yılında ise 5,43 olarak tahmin edilmiştir (Garner vd., 2021).

Tablo 3b: Farklı SSP Senaryolarında Öngörülen Deniz Seviyesi Yükselişi

Güven.	Sen.	2090	2100	2110	2120	2130	2140	2150
Orta	SSP1-1.9	0,215	0,212	0,241	0,256	0,269	0,28	0,29
Orta	SSP1-1.9	0,26	0,275	0,296	0,317	0,335	0,353	0,369
Orta	SSP1-1.9	0,348	0,384	0,428	0,466	0,502	0,536	0,569
Orta	SSP1-1.9	0,489	0,548	0,62	0,682	0,74	0,798	0,855
Orta	SSP1-1.9	0,62	0,704	0,781	0,865	0,945	1,022	1,1
Orta	SSP1-2.6	0,252	0,265	0,293	0,315	0,335	0,354	0,371
Orta	SSP1-2.6	0,298	0,324	0,351	0,38	0,407	0,433	0,457
Orta	SSP1-2.6	0,386	0,436	0,497	0,545	0,591	0,637	0,681
Orta	SSP1-2.6	0,539	0,615	0,702	0,777	0,851	0,923	0,994
Orta	SSP1-2.6	0,68	0,778	0,874	0,973	1,07	1,162	1,255
Orta	SSP2-4.5	0,326	0,371	0,395	0,436	0,476	0,515	0,553
Orta	SSP2-4.5	0,378	0,435	0,463	0,513	0,562	0,611	0,657
Orta	SSP2-4.5	0,476	0,556	0,628	0,702	0,775	0,848	0,919
Orta	SSP2-4.5	0,646	0,759	0,887	1	1,113	1,223	1,332
Orta	SSP2-4.5	0,794	0,939	1,08	1,22	1,359	1,498	1,635
Orta	SSP3-7.0	0,406	0,48	0,497	0,564	0,632	0,698	0,763
Orta	SSP3-7.0	0,457	0,548	0,571	0,651	0,731	0,809	0,885
Orta	SSP3-7.0	0,561	0,679	0,758	0,868	0,978	1,086	1,19
Orta	SSP3-7.0	0,741	0,901	1,043	1,199	1,355	1,506	1,652
Orta	SSP3-7.0	0,906	1,108	1,277	1,467	1,657	1,846	2,031
Orta	SSP5-8.5	0,468	0,555	0,557	0,633	0,706	0,776	0,839
Orta	SSP5-8.5	0,52	0,625	0,642	0,732	0,818	0,9	0,976
Orta	SSP5-8.5	0,633	0,766	0,856	0,98	1,1	1,214	1,322
Orta	SSP5-8.5	0,828	1,011	1,191	1,37	1,545	1,715	1,878
Orta	SSP5-8.5	1,015	1,242	1,476	1,698	1,919	2,132	2,335
Düşük	SSP1-2.6	0,252	0,265	0,293	0,315	0,335	0,354	0,371
Düşük	SSP1-2.6	0,298	0,324	0,351	0,38	0,407	0,433	0,457
Düşük	SSP1-2.6	0,402	0,452	0,517	0,57	0,624	0,679	0,734
Düşük	SSP1-2.6	0,684	0,791	0,898	1,008	1,117	1,226	1,337
Düşük	SSP1-2.6	0,925	1,085	1,245	1,401	1,553	1,709	1,874
Düşük	SSP5.8.5	0,45	0,53	0,557	0,633	0,706	0,776	0,839
Düşük	SSP5.8.5	0,52	0,625	0,642	0,732	0,818	0,9	0,976
Düşük	SSP5.8.5	0,709	0,88	1,047	1,248	1,469	1,712	1,978
Düşük	SSP5.8.5	1,304	1,603	1,897	2,181	2,848	3,797	4,821
Düşük	SSP5.8.5	1,8	2,274	2,818	3,401	4,049	4,741	5,435

Kaynak: Garner vd. 2021.

Taşkın suları, yukarıda sayılan olumsuz etkilerin yanı sıra kıyı alanlarının kullanımına bağlı olarak başta tarım arazileri olmak üzere insan faaliyetlerinin görüldüğü konut ve rekreasyon alanlarına da zarar verebilmektedir. Deniz seviyesi yükselmeleri tarım yapılan kıyı bölgelerine tuzlu su girişine neden olarak toprak yapısını bozmaktadır. Bu durum tarım arazilerindeki verimli toprakların aşırı tuzlanması nedeniyle çorak hale gelmesine yol açmaktadır. Kasırga ve tayfunların sebep olduğu sel ve su baskınlarının yanı sıra uzun süren kuraklık dönemleri de bu yerlerdeki toprakların tuzluluk oranını arttırmaktadır.

Tarım toprağındaki veya sulama suyundaki yüksek tuz seviyeleri, tuza duyarlı mahsullerin suyu ve gerekli diğer besin maddelerini emmesini zorlaştırmaktadır. Bunun sonucunda bitkilerin büyümesi baskılanmakta ve mahsul verimi önemli ölçüde azalmaktadır. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'nün (FAO) 2021 yılında yayınladığı rapora göre dünya çapında 833 milyon hektardan fazla

toprak tuzlanmadan etkilenmektedir. Bu rakam her geçen yıl 1,5 milyon hektar daha artış göstermektedir. Rapora göre, deniz seviyesi yükselmeleri bölgedeki tarla ve arazilerde yetişen bitkilerin su tutma kapasitelerini doyuma ulaştırarak gelişimlerine zarar vermekte; topraktaki mineralleri azaltarak toprağın aşırı şekilde tuzlanmasına yol açmaktadır. Bu durumun ise dünya çapında yaklaşık 1,5 milyar insanı, gıda üretiminden kaynaklanan stres ve kıtlık nedeniyle etkilemesi beklenmektedir (FAO, 2021).

Sebebi deniz seviyesi yükselmesi olsun ya da olmasın verimli tarım alanlarının tuzlanma nedeniyle çorak hale gelmesi olağan bir durumdur. Toprakların tuzlanması dünyanın her bir yerinde ve neredeyse tüm iklim koşullarında meydana gelebilir. Ancak toprakların tuzlanması nemli bölgelere kıyasla kurak ve yarı kurak bölgelerde daha yaygın bir şekilde görülmektedir. Tuzlanma suretiyle bozulan topraklar kurak ve yarı kurak bölgelerde tarımsal üretim, gıda güvenliği ve sürdürülebilirlik açısından ciddi sorunlara sebep olabilmektedir. Tuzlanan topraklar sadece tarımsal üretimdeki verimliliği azaltmakla kalmamakta aynı zamanda topraktaki biyolojik çeşitliliğe de zarar vermektedir. Tuzdan etkilenen toprakların kirlenici maddelere karşı tampon görevi görme ve filtre etme yeteneği oldukça azalır. Tuzlanma, topraktaki bitkiler için toksik ve toprak yapısını bozabilecek iyonların yoğunlaşmasına sebep olmaktadır (FAO, 2024).

Bu bağlamda Akdeniz'e kıyısı olan ve deniz seviyesine yakın tarım, yerleşim ve sanayi alanlarını bünyesinde barındıran Çukurova Deltası'nın deniz seviyesi yükselmelerinden çok yönlü biçimde etkilenmesi beklenmektedir. Özellikle verimli tarım topraklarının su baskınları ve aşırı tuzlanma sebebiyle tahrip olması hem bölge hem de ülke ekonomisi için endişe verici sonuçlar ortaya çıkaracaktır. Ayrıca bu durum kıtlık, yetersiz beslenme, temiz suya erişememe ve çevre kirliliği gibi sebeplerle insan sağlığını olumsuz etkileyecektir. Deniz seviyesi yükselme riskine karşı gereken uyum ve adaptasyon yöntemlerinin geliştirilememesi halinde, asırlardır tarımsal üretim faaliyetlerinin yoğun bir şekilde yapıldığı Çukurova Deltası yok olma riski ile karşı karşıya kalabilecektir.

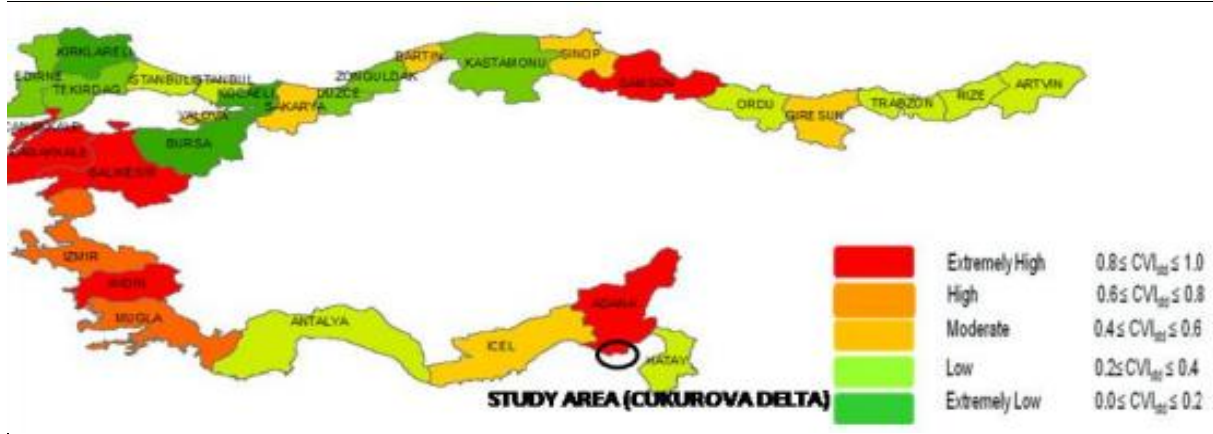
2. BULGULAR

Çukurova Deltası; Türkiye'nin güneyinde, Akdeniz'in doğusunda ve Mersin İli ile İskenderun Körfezi arasında yer almaktadır. Deltanın kuzeyinde epirojenik ve orojenik hareketler sonucu oluşan Toros Dağları uzanmaktadır. Deltanın bulunduğu kısımda, kırılma ve bükülme faaliyetlerine bağlı olarak zaman içerisinde çökmeler meydana gelmiş ve delta deniz seviyesine daha da yaklaşmıştır. Seyhan, Ceyhan ve Tarsus (Berdan) nehirlerinin getirdiği alüvyonlar ile de bölge, delta ovası şeklindeki son halini almıştır. Çukurova Deltası, 1.577 km'lik Akdeniz kıyılarındaki doğu batı yönünde 143 km'lik kıyı şeridi boyunca uzanmakta ve 2.842 m² alanı kaplamaktadır (Şahin ve Bağcı, 2015, s. 5-7). Bu özelliği ile Çukurova, Türkiye'nin en büyük kıyı ovası olma özelliğini taşımaktadır. Delta batıdan doğuya lagün, bataklık, kıyı kordonu, kumul ve plaj gibi çeşitli morfolojik yapılar ile şekillenmiştir. Deltanın kuzey-güney yönündeki genişliği Tarsus yakınlarında 20 km iken Adana şehir merkezine doğru 51 km'ye kadar uzanmaktadır. Delta, doğuya doğru küçülerek Misis Dağlarına doğru son bulmaktadır (Şahin ve Bağcı, 2015).

Çukurova deltasında kıyı boyunca uzanan kara şeridinin büyük bir kısmının deniz seviyesinden yüksekliği 2 metreden daha azdır. 1 ila 10 km genişliğindeki kıyı kum kuşağında yer alan kumullar bu bölgeyi su baskınlarına karşı koruyarak bir nevi tampon görevi üstlenmektedir. Deniz seviyesinden yüksekliği 3 metrenin altında olan ve su baskını riski taşıyan bu yerlerde; kumullar, sulak alanlar, tarım arazileri ile meraların yanı sıra birçok konut, yerleşim ve altyapı alanları da bulunmaktadır. Çukurova Delta'sında yaklaşık 101.399 hektar arazi, 3 metrelik rakımın altında yer aldığından, bölge deniz seviyesi yükselişine karşı oldukça kırılgan bir özellik göstermektedir (Güney, 2013).

Bir bölgenin kırılganlık düzeyi, doğal ya da yapay dış etkenlerden hangi şiddette zarar görebildiğine göre değişebilmektedir. Zarar görebilirlik ise bir popülasyonun veya ekosistemin oluşması muhtemel tehlikelerden ne ölçüde etkilenmeye yatkın olduğunu ve bu etkilerle başa çıkabilme kapasitesini ifade etmektedir. Bu tanımdan hareketle kıyı hassasiyeti de (Coastal Vulnerability), çevresel tehditlere maruz kalmanın, nüfus yoğunluğunun ve başa çıkma kapasitesinin bir fonksiyonu olarak ifade edilebilir. Aşağıda Türkiye'nin kıyı kentlerinin zarar görebilirlik düzeylerini tanımlamak amacıyla hesaplanan CVI puanları, dörtte birlik aralıklara göre aşırı düşük, düşük, orta, yüksek ve aşırı yüksek gibi kategorilere

ayrılmıştır. Yapılan bu değerlendirmede Çukurova Deltası'nın Türkiye'de kıyı hassasiyeti açısından en hassas alanlardan birisi olduğu görülmektedir (Simav vd., 2014).



Şekil 2. Türkiye Kıyı Kırılabilirlik İndeksi

Kaynak: Simav vd., 2014.

Bölgede 5 metrelik arazi yükselti konturuna kıyından 10-20 km, 2,5 metrelik arazi yükselti konturuna ise ortalama 10 km sonra ulaşılmaktadır (Kuleli, 2006). Verimli tarım topraklarının ve uluslararası yasalarla korunan sulak alanların yer aldığı kıyılar, olağan koşullarda dahi zaman zaman taşkına maruz kalabilmektedir. Bunun nedeni deltanın geniş düzlüklere sahip alçak bir yapıda olmasından kaynaklanmaktadır.

Tablo 4. Çukurova Deltasında Deniz Seviyesi Yükselmelerine Göre Arazi Kullanımı ve Altyapı Alanları

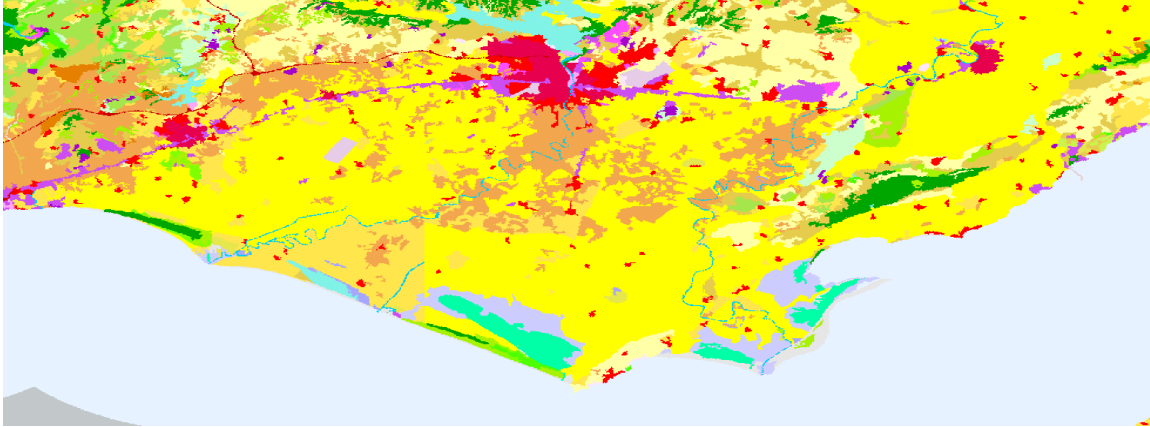
Arazi kullanımı ve altyapı	Deniz seviyesi					
	0-1 m (52.447 ha)	0-2 m (68.799 ha)	0-3 m (101.399 ha)	1-2 m (16.352 ha)	2-3 m (32.600 ha)	1-3 m (48.952 ha)
Sulak Alan (ha)	35.430,00	35.430,00	35.430,00			
Kuru Tarım Alanı (ha)	3.940,61	10.158,12	24.074,22	6.217,51	13.916,10	20.133,61
Sulu Tarım Alanı (ha)	1.716,51	2.777,69	8.319,26	1.061,18	5.541,57	6.602,75
Kumullar (ha)	2.271,34	3.421,34	4.351,28	1.150,00	929,94	2079,94
Bataklıklar (ha)	1.976,60	2.594,55	3.368,50	617,95	773,95	1391,9
Otlaklar (ha)	4.025,30	4.125,40	13.202,37	3.700,10	5.476,92	9177,02
Yerleşim yeri (ha)	40,27	71,19	295,40	30,92	224,19	255,12

Kaynak: Güney, 2013.

Delta genelinde kırmızı renkli Akdeniz toprakları bulunmasının yanı sıra nehir kenarlarında alüvyal topraklar, deniz kıyısına yakın sahalarda ise hidromorfik alüvyal topraklar yer almaktadır (Kafalı Yılmaz, 2019: 974). Uygun iklim şartları ve sulama imkânları ile bu topraklar tarımsal faaliyetler için oldukça elverişli hale gelmekte, yılın her döneminde ürün hasadına imkân vermektedir. Delta ovasının makineli tarıma uygun biçimde engebesiz olması da toprak tarımının geniş düzlüklere yayılmasını kolaylaştırmaktadır. Deltada, tahıl, pamuk, soya, ayçiçeği ve yerfıstığı; bağ ve bahçelerde ise turunçgiller, zeytin ile diğer meyve ve sebze türleri başta olmak üzere birçok tarım ürünü yetiştirilebilmektedir.

Çukurova deltasındaki arazi kullanım şekilleri yer yer çeşitlilik gösterse de bölgedeki tarım alanları oldukça geniş yer kaplamaktadır. Avrupa Birliği Uzay Programının (European Union's Space Programme) bir parçası olan Copernicus Arazi Gözetim Uygulamasının bir çıktısı olarak "Corine Land

Cover 2018” ile elde edilen uydu verilerinde de bölgedeki arazi kullanımının çoğunlukla tarım alanları olduğu açıkça görülebilmektedir.



Şekil 3. Çukurova Deltasındaki Arazi Kullanım Çeşitleri

Kaynak: URL 1

Yukarıdaki haritada sarı renkteki yerler sulama ile tarım yapılan alanları göstermektedir. Kahverengi ile boyanmış yerler zeytinlikler, turkuaz yerler kıyı lagünleri, lilâ yerler ise bataklık alanlarıdır. Haritadan da görülebileceği üzere kırmızı renkle gösterilen yerleşim yerleri deltada oldukça az yer tutmaktadır. Bunun nedeni kentin kuzeye doğru büyümesi ve delta'nın güneyinin tamamen tarımsal üretime ayrılmış olmasından kaynaklanmaktadır.

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) Altıncı Değerlendirme Raporu (AR6) (IPCC, 2022), Küresel ve Bölgesel Deniz Seviyesi Yükselişi Senaryoları ve Deniz Seviyesi Yükselişi Teknik Raporu'ndan (NOAA, Sweet vd., 2022) yararlanılarak oluşturulan iklim değişikliği senaryoları, simülasyonlar aracılığı ile Çukurova Deltası'na aktarılmıştır. Haritalarda deniz seviyesi yükselmeleri 0-6 metre bandında 50 cm aralıklarla CoastalDEMv2.1 modeli kullanılarak gösterilmiştir (Climate Central, 2024). Bu modellemeye göre deniz seviyesi yükselmelerinden öncelikle kıyı alanlardaki yerleşimler ve kentsel altyapılar ile üretim tesislerinin etkilenmesi beklenmektedir. Yumurtalık Lagünleri (Yapı, Ömer, Darboğaz, Avcıali, Eşemen), Ağyatan Lagünü, Akyatan Lagünü, Tuzla Lagünü, Dipsiz Lagünü ile kumullar, bataklıklar ve sazlıklar yakın dönemde bölgede deniz seviyesi yükselmeleri nedeniyle sular altında kalacak doğal alanları oluşturacaktır. Akyatan ve Yumurtalık lagünleri arasında uzanan kumulların ardında bulunan Adalı mevki tarım alanlarının yanı sıra Kuzupınarı, Deveciüşağı, Haylazlı, Ayvalık, Kalemli ve Zeytinbeli mevkilerinde bulunan tarım arazilerinin de deniz seviyesi yükselmelerinden öncelikli olarak etkilenmesi beklenmektedir.



Şekil 4. Çukurova Deltasındaki Olası Deniz Seviyesi Yükselmeleri

Kaynak: Climate Central, 2024

Bölgedeki tarım alanları; kıyılardaki lagün, kumul ve bataklıkların hemen ardından başlayarak delta'nın tamamına yayılmıştır. Karataş İlçesi'nin kuzeyinde yer alan tarım alanlarının bulunduğu Gökaya, Çakırören, Çukobirlik, Yemişli mevkileri ile Akyatan ve Tuz Gölü Lagünleri'nin kuzey batısında yer alan Karagöçer, Hasırağacı, Tabaklar, Tuz Kuyusu, Çayboyu, Kulak, Ağzıdelik, Baharlı ve Çatalca mevkilerindeki tarım alanlarının bu yüzyılın sonlarına doğru sular altında kalması beklenmektedir.



Şekil 5. Çukurova Deltasındaki Olası Deniz Seviyesi Yükselmeleri

Kaynak: Climate Central, 2024

En kötümser iklim değişikliği senaryolarına göre Çukurova Deltası'nda oluşacak deniz seviyesi yükselmeleri 20-25 km daha iç kesimlere sokulacaktır. Buna göre kuzeyde Sirkenli, Helvacı, Çukurkamış, Terliksiz, Zağarlı, Çakşırılı, Yüzbaşı, Kuruköprü, Gökçeli, Yenice, Oymaklı, Akdam, Kızıлтаhta, Yalnızca, Eğriağaç, Yahşiler, Develiören, Doğankent; Kuzeybatıda Hacıhasan, Kiremitli, Kadıköy, Yeniklöy, Çine, Mürseloğlu, Köylüoğlu, Yunusoğlu, Karaahmetli, Dervişler, Gümüşyazı, Alifakı, Ballica, Yeniçay, Aliğa, Yeşiltepe, Atalar mevkiilerinde bulunan tarım alanları sular altında kalacaktır.



Şekil 6. Çukurova Deltasındaki Olası Deniz Seviyesi Yükselmeleri

Kaynak: Climate Central, 2024

2016 yılında yapılan bir çalışmada, Uluslararası İklim Değişikliği Paneli'nin 5. Değerlendirme Raporuna (IPCC, 2014) göre 2100, 2200, 2300, 2400, 2500 yıllarında öngörülen deniz seviyesi yükselme senaryoları Coğrafi Bilgi Sistemleri aracılığıyla Çukurova Deltası'na uyarlanmıştır. Çalışmada deniz seviyesi yükselmelerinden Türkiye ölçeğinde en çok Çukurova Deltası'nın etkileneceği belirlenmiştir. Çalışmaya göre 2100 yılında gerçekleşmesi öngörülen 0,83 metrelik deniz seviyesi yükselmesinin 113 km²'lik alanı (%0,82) etkilemesi beklenmektedir. Yine 2200 yılına gelindiğinde 2,03 metrelik deniz seviyesi yükselmesinin 382 km² alanı (%2,76), 2300 yılına gelindiğinde 3,59 metrelik deniz seviyesi yükselmesinin 652 km² alanı (%4,71), 2400 yılına gelindiğinde 5,17 metrelik deniz seviyesi yükselmesinin 899 km² alanı (%6,49), 2500 yılında gelindiğinde ise 6,63 metrelik deniz seviyesi yükselmesinin 1013 km²'lik (%7,31) alanı sular altında bırakması beklenmektedir (Geymen ve Dirican, 2016).

Deniz seviyesi yükselmelerinin Çukurova Deltası üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bir başka alan çalışmasında ise 2100 yılında taşkınların maksimum 6,7 metreye ulaşacağı ve deltadaki toplam 1.397 km²'lik tarım alanının 952 km²'sini (%68) sular altında bırakacağı hesaplanmıştır (Simav vd., 2013, s. 679). Makul senaryolara göre bile deltadaki 41 km²'lik sulak alanların tamamının, 66 km²'lik tarım alanlarının ise %62'sinin (41 km²) sular altında kalacağı öngörülmüştür (Simav vd., 2013).

3. TARTIŞMA

Seyhan ve Ceyhan nehirlerinin taşıdığı alüvyonlarla oluşan ve Akdeniz'e 110 km kıyısı bulunan Çukurova Deltası, ekolojik çeşitlilik ve tarımsal verimlilik anlamında büyük öneme sahiptir. Bölgede yapılan tarım faaliyetleri bölge ve ülke ekonomisine büyük katkı sağlamaktadır. Deltada buğday, mısır, narenciye, soya fasulyesi ve pamuk en çok yetiştirilen ürünlerdendir.

Kıyı boyunca uzanan 150 km genişliğindeki kara şeridinin büyük bir kısmının deniz seviyesinden yüksekliği 2 m'den daha azdır. 1 ila 10 km genişliğindeki kıyı kum kuşağı bu bölgeyi su baskınlarına

karşı koruyarak tampon görevi görmektedir. Deniz seviyesinden yüksekliği 3 m'nin altında olan ve su baskını riski taşıyan bu alanlar; kumullar, sulak alanlar, tarım arazileri ile meraların yanı sıra birçok konut, yerleşim ve altyapı alanını da içermektedir. Çukurova Delta'sında yaklaşık 101.399 hektar arazi alanı, 3 m rakımın altında yer aldığından bölge deniz seviyesi yükselişine karşı oldukça kırılgan bir özellik göstermektedir (Güney, 2013).

Gıda güvenliği, gıda yoksulluğu ve refah düzeyi bakımından deniz seviyesi yükselmeleri Çukurova Deltasında ciddi riskler oluşturmaktadır. Deniz seviyesi yükselmelerine bağlı olarak meydana gelen taşkınlar, seller ve su kirliliği bölgedeki tarım topraklarının kalitesini düşürerek tarım arazilerinin ekime ve meralara uygunluğunu ortadan kaldırmaktadır. Bu da tarımsal üretimi azaltmakta, ürün kalitesini düşürmekte ve tarımsal ürünlerde görülen hastalıkların yaşanma sıklığını arttırmaktadır. Bölgede biyolojik çeşitliliğin azalması ve yeraltı sularının yok olması da deniz seviyesinin yükselmelerinin gıda güvenliği bakımından bölgeye verebileceği zararlardan bazılarını oluşturmaktadır (Schmidhuber ve Tubiello, 2007; Taylor vd., 2013).

Bölgede tarım alanlarının daralması, verimliliğin azalması ve ürün kalitesinin düşmesi, gıda üretim maliyetlerini artırarak ürün fiyatlarının yükselmesine sebep olabilecektir (Barrera ve Hertel, 2021; Dadzie vd., 2021). Bu durumda başta bölge halkı olmak üzere gıdaya erişim sorunu ortaya çıkabilecektir. İhtiyaç duyulan tarım ürünlerinin uzak mesafelerden tedariki ise yüksek nakliye masrafları ve daha fazla komisyoncu payları nedeniyle gıda fiyatlarını aşırı biçimde yükseltebilecektir (Nathaniel vd., 2021).

Deniz seviyesi yükselmelerinin, tarım sektöründe çalışan yoksulları çok daha fazla etkilemesi beklenmektedir. Tarım alanlarının zarar görmesi aynı zamanda topraklarını kaybeden üreticilerin de yoksulluk riski ile karşılaşmalarına sebep olabilecektir. Topraksız ve mevsimlik tarım işçileri için durum daha da kötüleşebilecektir. Geçim kaynaklarının yok olması nedeniyle bölgede yoksulluk yapısal bir hal alabilecektir. İşsizlik, yoksulluk ve geçim sıkıntısı nedeniyle aileler yurtlarını terk etmek zorunda kalabileceklerdir.

Deniz seviyesi yükselmelerine karşı küresel ölçekte önerilen adaptasyon temelli çözümler üç gruba ayrılmaktadır. Bunlar denize kıyısı olan yerde; geri çekilme (Retreat), uyum (Accommodation) ve koruma (Protection) şeklinde hayata geçirilmeye çalışılmaktadır. Geri çekilme (Retreat), deniz seviyesi yükselmelerine karşı riskli alanları söz konusu risklerden korumaya yönelik herhangi bir çabayı gerektirmemektedir. Geri çekilme yönteminde sular altında kalacak olan yerler terkedilerek, ekosistemler iç bölgelere doğru kaydırılmaktadır. Geri çekilme yöntemi diğer yöntemlere kıyasla daha ekonomiktir (Dronkers vd., 1990).

Uyum yönteminde (Accommodation), risk altındaki araziler palyatif yöntemlerle kullanılmaya devam edilir. Bu yöntemin uygulandığı kıyılarda, arazinin su altında kalmaması için herhangi bir girişimde bulunulmaz. Ancak sular altında kalan yerlerde oluşan yeni şartlara uyum sağlayacak yöntemler geliştirilir ve bölgeye tutunulmaya çalışılır. Kazıklar üzerinde yükseltilecek evler, yüzen barınaklar, balık çiftliklerine dönüştürülen tarım alanları ve su ile tuz toleransı yüksek bitkilerin yetiştirilmesi; deniz seviyesi yükselmelerinden etkilenen alanlarda uyum sağlanmaya yönelik olarak geliştirilen yöntemlerden bazılarıdır (Dronkers vd., 1990).

Koruma (Protection) yöntemi ise sular altında kalması beklenen alanların tuzlu su taşkınlarından etkilenmemesine veya en az düzeyde etkilenmesine yönelik bazı uygulamaları içermektedir. Riskli alanlarda kıyı setlerin inşa edilmesi en çok başvurulan koruma yöntemlerindendir. Kum tepelerinin oluşturulması da kıyı setlerinin inşa edilmesindeki amaçla benzerlik gösterir. Toprağı deniz suyundan koruyabilmek için önleyici nitelikte bitki örtüsü oluşturmak, bölgedeki ekosisteme zarar vermeden alınabilecek bir koruma yöntemi olarak riskli alanlarda uygulanabilmektedir. Riskli bölgelerde oluşturulan bataklıklar, sulak alanlar ve rezervuarlar ise su tutma kapasitelerinden dolayı kıyı taşkınlarının önüne geçebilen diğer korumacı yöntemlerdendir (Dronkers vd., 1990).

Deniz seviyesi yükselmesi şimdilik en çok Bangladeş, Çin, Hindistan ve Hollanda gibi kıta ülkeleri ile Tuvalu, Samoa ve Kiribati gibi ada ülkelerini etkiliyor gibi görünse de yakın gelecekte ülkemizi ve

ülkemizin en büyük deltası olan Çukurova'yı da etkisi altına alacaktır. Deniz seviyesi yükselmesinin yanı sıra fırtına dalga boylarının artması da deltada tuzlu su baskınlarının yaşanma sıklığının artmasına sebep olacaktır. Bu durum ise deltada kıyı lagünlerinin ve kumulların hemen ardından başlayan tarım alanları için çok ciddi riskleri ortaya çıkarmaktadır.

Seyhan, Ceyhan ve Tarsus (Berdan) nehirlerinin taşıdıkları alüvyonlu topraklarla oluşan Çukurova Deltası, tarımsal üretim açısından oldukça önemli bir konuma sahiptir. Bu özelliğinden dolayı üzerinde hassasiyetle durulması ve toprak yapısının korunması gerekir. Yılda birden çok hasat yapılabilen verimli deltadaki toprakların yapısı; taşkınlar, aşırı sıcaklar ve uzun süren kuraklıklar nedeniyle bozulma riski ile karşı karşıyadır. Taşkınlar, kuraklıklar ve aşırı sıcaklar, deltadaki bitki toleransını ve dayanıklılığını değiştirmekle kalmamakta aynı zamanda hasat sürelerini uzatmakta, verimliliği ise azaltmaktadır.

Deniz seviyesi yükselmeleri nedeniyle oluşan tuzlu su taşkınlarından, Çukurova Deltası'ndaki tatlı su rezervlerinin ve yeraltı su kaynaklarının geriye döndürülemez şekilde etkilenmesi beklenmektedir. Bu durum, Çukurova Deltası'ndaki tarım alanları açısından durumu daha karmaşık hale getirmektedir. Nitekim, tuzlu su girişi sadece tatlı su kaynaklarını bozmakla kalmamakta aynı zamanda tarım alanlarındaki toprak kimyasının da büyük oranda değişmesine sebep olmaktadır (Tully vd., 2019). Bu da bölgede tarımsal alanlarının uyum kapasitesinin hem küresel ısınmaya hem iklim değişikliğine hem de deniz seviyesi yükselmelerine karşı artırılmasını gerekli kılmaktadır (USDA, 2022).

Yakın gelecekte beklenen deniz seviyesi yükselmeleri ve fırtına dalgalarına karşı Tuzla, Akyatan, Akyayan ve Yumurtalık Lagünleri'nin hemen ardında yer alan tarım topraklarının daha yüksek alanlara taşınması tek seferlik kalıcı bir çözüm olabilir. Bu yöntemle verimli tarım toprakları sel ve taşkınlardan korunarak hasar riski en aza indirilebilir. Bölge açısından geri çekilme, deniz seviyesi yükselmelerinin gelecekteki hasar potansiyelini kalıcı olarak ortadan kaldıracak tek strateji olarak değerlendirilebilir (Moore, 2022). Kıyı lagünleri ve kumulların ardından başlayan tarım topraklarının daha yüksek alanlara taşınmasıyla boş kalacak araziler ise sulak alan ve bataklık şeklinde değerlendirilebilir. Yeni ekosistemlerin kurulması, bölgedeki canlılığın devamı için de uygun koşullar oluşturacaktır.

Deniz seviyesi yükselmeleri ve yüksek dalga boylu fırtınalar nedeniyle oluşan tuzlu su taşkınlarının tarım alanlarındaki etkisi yönetilerek, bölgedeki çiftçilerin farklı tarım yöntemlerini kullanması teşvik edilebilir. Böylece üreticilerin taşkınlardan ve su baskınlarından etkilenen alanları tamamen terk etmelerinin de önüne geçilmiş olacaktır. Tarım alanlarının yeni oluşan fiziksel şartlara uygun hale getirilerek sulak alanlara dönüştürülmesi ve sulak alanlar üzerinde sınırlı da olsa çiftçilere kullanım hakları verilmesi bölgenin atıl kalmasını önleyebilir. Yukarıda da bahsedildiği üzere, taşkın sularından etkilenerek aşırı derecede tuzlu hale gelen tarım topraklarının bulunduğu arazilerin sulak alanlara dönüştürülmesi, bölgedeki ekosistemi zenginleştireceği gibi taşkın sularını tutacak bir tampon bölgede de oluşturacaktır. Bu durum ilk etapta 0-2,5 metre yüksekliğe sahip tarım arazilerinin taşkın sularına karşı daha korunaklı hale gelmesini sağlayacaktır.

Deltadaki tarım topraklarının tuzlanması verimlilik ve ürün kalitesi açısından oldukça ciddi problemlere yol açmaktadır (Koca vd., 2007). Çünkü yoğunluğuna ve süresine bağlı olmak kaydı ile tuz stresi bitkilerde büyüme, gelişme, çimlenme, hücre bölünmesi, fotosentez gibi pek çok biyolojik olayı etkilemektedir (Bressan, 2008). Bu yüzden taşkın sularının ve uzun süren kuraklıkların sebep olduğu tuzlanmadan etkilenen tarım alanlarını yeni ekosistemler oluşturacak şekilde dönüştürmek iyi bir seçenek olabilir. Deltadaki tarım alanlarında tuz toleransı ve katma değeri yüksek bitkiler yetiştirmek (USDA, 2024) ekonomik anlamda zarar gören üreticinin zararını en aza indirebilir. Bu tip ürün çeşitlendirme yöntemleri ile gıda güvenliği korunarak tarımsal üretimin sürekliliği de sağlanabilir.

Mısır, soğan, turuncgiller (özellikle limon), marul ve fasulye tuz duyarlılığı yüksek bitkilerdir. Çukurova Deltası'nda tarımı yapılan bu ürünlerin yerine tuza orta derecede toleranslı olan domates, pamuk, arpa, karanfil ve ıhlamur ile tuza yüksek toleranslı hurma, şeker pancarı ve gül tarımı yapılabilir. Ayrıca bölgede palmiye, kavak, söğüt, meşe, çınar ve ceviz ağaçları da tuza olan tolerans düzeylerine göre değişen miktarlarda yetiştirilebilir (Ekmekçi, 2005; Gürel & Avcıoğlu, 2001; Bressan, 2008). Bu yöntemle çiftçilerin, tuzdan zarar gören tarım toprakları nedeniyle oluşan zararları ekonomik olarak giderilirken deltadaki ekolojik çeşitlilik de korunmuş olacaktır.

Çiftçiler kısa vadede toprak sağlığını iyileştirebilmek ve tuzlu taşkın sularından etkilenen tarım alanlarını eski haline getirebilmek için bazı yöntemlere başvurabilirler. Bunlardan birisi tuzlanan toprağın yıkanmasıdır. Sulama yöntemi ile topraktaki fazla tuz seyreltilip topraktan uzaklaştırılabilir. Ancak bu yöntemin oldukça masraflı ve topraktaki diğer değerli minareller üzerinde de etkileri olabileceği göz ardı edilmemelidir. Mevsimsel yağışların da doğal bir yöntem olarak toprağın tuzdan arındırılması sürecine katkı vermesi beklenebilir. İçeriğindeki tuz miktarı düşük olan kompost ve gübre kullanımının üreticiler tarafından benimsenmesi ise topraktaki tuz miktarını yönetebilmek için başvurulabilecek bir diğer kısa vadeli yöntem olabilir (Yılmaz vd., 2011).

Diğer taraftan tuzdan etkilenen toprakları yönetmek ve iyileştirmek için teknolojik yeniliklerin bölgede deneysel düzeyde de olsa uygulanması gerekebilir. Bunun için Çukurova Deltası'nda deniz seviyesinden farklı yüksekliklerdeki tarım topraklarının bozulma riski bir bütün olarak ele alınmalıdır. Tuzdan etkilenen tarım topraklarının sürdürülebilir şekilde yönetilebilmesi için ulusüstü kuruluşlardan yardım alınmalıdır (FAO, 2024). Bölgede elde edilen veriler, risk altındaki tarım alanlarını en iyi şekilde yönetebilmek için küresel ölçekte bilgi ağlarına entegre edilmeli ve değişimler eşzamanlı olarak izlenmelidir.

Deniz seviyesi yükselmelerinden deltadaki sulak alanların, sazlıkların, kumulların ve nihayetinde tarım alanlarının korunabilmesi için kıyı setleri inşa edilebilir. Bu setlerin inşası oldukça maliyetlidir. Bakım ve onarım masrafları bu maliyeti ilerleyen dönemlerde daha da arttırabilir. İnşa edilmesi halinde kıyı setleri, fırtına dalgalarına veya yükselen denizlerin meydana getirdiği doğrudan su baskınlarına karşı etkili bir çözüm olabilir. Ancak bu setler kara ile deniz arasındaki bağlantıyı keseceğinden aşırı yağışların sebep olduğu sel sularının denize ulaşmasını da engelleyebilecektir. Böylesi durumlarda suların tahliyesi için devasa su pompalarının devreye sokulması gerekebilir (Moore, 2022). Dolayısıyla tarım alanlarına tuzlu su girişini engelleyen bu setler, sel riskine karşı işlevsiz kalabilir. Ayrıca bölgedeki lagünler, bataklıklar, sulak alanlar ve diğer kıyı ekosistemleri bu yapay kıyı setlerinden olumsuz etkilenebilir.

Yönetimsel açıdan alınacak bazı kararların ve belirlenecek stratejilerin de deniz seviyesi yükselmelerine karşı Çukurova Deltası'ndaki tarım alanlarını koruması veya zararı en aza indirilmesi mümkündür. Öncelikle yerel ya da merkezi yönetim tarafından kamu güvenliğinin sağlanması amacıyla deniz seviyesinin altında kalması beklenen tarım arazileri kamulaştırılabilir. Sonrasında, kamulaştırılan tarım arazilerinde taşkınları önlemek amacıyla koruma yöntemleri uygulanabilir. Bu yöntemler, bölgeye araç girişinin yasaklanması, koruyucu setlerin inşası, ekolojik rezerv alanlarının oluşturulması ya da tabiat parkı şeklindeki rekreasyon alanlarının kurulması olabilir. Bu yöntemlerle riskli alanlarda yerleşimin ve ekonomik faaliyetlerin önüne geçilerek can ve mal kayıpları en aza indirilebilir.

Çukurova Deltası'nda bulunan altyapıyı koruyabilmek için bariyerlerinin, setlerin ve duvarların inşası büyük önem taşımaktadır. Deltadaki tarım alanları dahil, yerleşim yerlerini ve kentsel altyapıyı taşkın sularından koruyabilmek için bu stratejinin hayata geçirilmesi gerekmektedir. Böylece tarım alanlarının terkedilmesinin ve tarım faaliyetlerinin daha yüksek rakımlı bölgelere taşınmasının maliyeti de ortadan kalkabilecektir. Drenaj ve kanalizasyon sistemlerinin bölgedeki deniz seviyesi yükselmeleri riskine göre dizayn edilmesi ile de taşkın sularının tarım topraklarına ulaşmadan bertaraf edilmesi sağlanabilecektir.

Deniz seviyesindeki yükselmesi ve fırtına dalgası dinamiklerinin modellenmesi deltada erken uyarı sistemlerinin etkinliğini arttırabilecektir. Erken uyarı sistemleri; taşkın, fırtına dalgası ve seller için bölgesel, ulusal ve uluslararası düzeydeki bilgi ağlarından beslenebilir. Deltadaki yeraltı sularının seviyesindeki ve kalitesindeki değişiklikler bu bilgi ağı sayesinde akifer yönetimini kolaylaştırabilir. Akiferlerdeki su seviyesinin, yeraltı sularının kimyasal bileşenlerindeki değişikliklerin ve tuzlu su girişlerinin tespiti, deltadaki tarımsal üretimin kapasitesinin ve verimliliğinin planlanabilmesi açısından önem arz edebilir.

Yumurtalık ve Karataş ilçelerinde yer alan kıyı sulak alanları deniz seviyesi yükselmelerine bağlı fırtına dalgalarına karşı tampon görevi görmektedir. Bu sulak alanların su tutma kapasitesinin arttırılması ile kıyıya yakın tarım alanlarının suya olan maruziyetleri azaltılabilir. Deltadaki mevcut sulak alanları

korumak, öngörülen deniz seviyesi yükselmesi ve fırtına şiddetindeki olası değişiklikleri kontrol edebilmeyi de kolaylaştırabilir.

SONUÇ

Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin etkileri her geçen gün daha da fazla hissedilmektedir. Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin önemli bir sonucu olan deniz seviyesi yükselmelerinin de son zamanlarda farklı coğrafyalardaki birçok hassas alanı etkisi altına aldığı sıkça görülmektedir. Deniz seviyesi yükselmeleri yavaş ilerleyen süreçleri içeriyor olsa da bu riske karşı alınacak olan önlemlerin daha hızlı bir şekilde hayata geçirilmesi hayati önem taşımaktadır. Çünkü deniz seviyesi yükselmeleri öncelikle kıyılarda bulunan ve düşük kot yüksekliğine sahip yerleşim yerlerini, tarım alanlarını, sanayi üretim tesislerini ve diğer doğal çevreleri etkisi altına almaktadır. Özellikle verimli tarım alanları deniz seviyesi yükselmelerinden büyük zararlar görebilmektedir.

Ülkemizin güneyinde yer alan Çukurova Deltası da fiziki, ekonomik, ekolojik ve jeopolitik özelliklerinden dolayı deniz seviyesi yüklemesi riskine karşı hassasiyet gösterilmesi gereken yerlerin başında gelmektedir. Özellikle tarımsal üretim ve gıda güvenliği bakımından Çukurova Deltası'nın ulusal ölçekte katma değer üretme kapasitesi, bölgenin önem düzeyini daha da arttırmaktadır. Deltada yer alan tarım alanlarında yetiştirilebilen ürün çeşitliliğinin fazla, verimliliğin yüksek ve yılda birden fazla hasat yapılabiliyor olması, bölgenin deniz seviyesi yükselmelerine karşı gözetilmesini gerektirmektedir.

Çukurova deltasında yer alan lagünlerin, bataklıkların, kumulların, kıyı yerleşimlerinin ve tarım alanlarının çeşitli iklim senaryolarına göre ilerleyen yıllarda sular altında kalması beklenmektedir. Deniz seviyesi yükselmelerinin potansiyel etkilerine karşı geri çekilme (Retreat), uyum (Accommodation) ve koruma (Protection) yöntemleri ile bölgedeki zarar en aza indirilebilecektir. Bunun için yerel ve merkezi yönetimlerin bölge ölçeğinde daha detaylı şekilde hazırlayacakları afet riski planlarını kararlı bir şekilde hayata geçirmeleri büyük önem taşıyacaktır.

KAYNAKÇA

- Barrera, E. L., & Hertel, T. (2021). Global food waste across the income spectrum: Implications for food prices, production and resource use. *Food Policy*, 98, 101874. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2020.101874>
- Bressan, R. A. (2008). Stres fizyolojisi. In L. Taiz, E. Zeiger, & D. Türkan (Eds.), *Bitki fizyolojisi* (pp. 591–620). Palme Yayıncılık.
- Brown, S., Nicholls, R. J., Woodroffe, C. D., Hanson, S., Hinkel, J., Kebede, A. S., Neumann, B., & Vafeidis, A. T. (2013). Coastal hazards. In C. W. Finkl (Ed.), *Sea-level rise impacts and responses: A global perspective* (pp. 117–149). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-5234-4_6
- Climate Central. (2024). *Sea level rise*. <https://www.climatecentral.org/sea-level-rise>
- Copernicus. (2024). *Land cover viewer – dataset ID: 0407d497d3c44bcd93ce8fd5bf78596a*. <https://land.copernicus.eu/en/mapviewer?dataset=0407d497d3c44bcd93ce8fd5bf78596a>
- Craig, C., & Palmer, B. (2024). *Sea level rise 101: The causes and effects of this undeniable consequence of climate change—and how communities can respond*. <https://www.nrdc.org/stories/sea-level-rise-101#what-is>
- Craig, R. K. (2010). A public health perspective on sea-level rise: Starting points for climate change adaptation. *Widener Law Review*, 15, 521–540.

- Dadzie, S. K. N., Inkoom, E. W., Akaba, S., Annor-Frempong, F., & Afful, J. (2021). Sustainability responses to climate-smart adaptation in Africa: Implication for food security among farm households in the Central Region of Ghana. *African Journal of Economic and Management Studies*, 12(2), 208–227. <https://doi.org/10.1108/AJEMS-02-2020-0075>
- Dodman, D., Hayward, B., Pelling, M., Castan Broto, V., Chow, W., Chu, E., Dawson, R., Khirfan, L., McPhearson, T., Prakash, A., Zheng, Y., & Ziervogel, G. (2022). Cities, settlements and key infrastructure. In H. O. Pörtner, D. C. Roberts, M. Tignor, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegria, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, & B. Rama (Eds.), *Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 907–1040). Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>
- Dronkers, J., Gilbert, J. T. E., Butler, L. W., Carey, J. J., Campbell, J., James, E., McKenzie, C., Misdorp, R., Quin, N., Ries, K. L., Schroder, P. C., Spradley, J. R., Titus, J. G., Vallianos, L., & von Dadelzen, J. (1990). *Strategies for adaptation to sea level rise: Report of the IPCC Coastal Zone Management Subgroup*. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Ekmekçi, E., Apan, M., & Kara, T. (2005). Tuzluluğun bitki gelişimine etkisi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(3), 118–125.
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2021). *World Soil Day: FAO highlights the threat of soil salinization to global food security*. <https://www.fao.org/newsroom/detail/world-soil-day-fao-highlights-threat-of-soil-salinization-to-food-security-031221/en>
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2024). *Areas of work: Salinity*. <https://www.fao.org/global-soil-partnership/areas-of-work/soil-salinity/en/>
- Garner, G. G., Hermans, T., Kopp, R. E., Slangen, A. B. A., Edwards, T. L., Levermann, A., Nowicki, S., Palmer, M. D., Smith, C., Fox-Kemper, B., Hewitt, H. T., Xiao, C., Aðalgeirsdóttir, G., Drijfhout, S. S., Edwards, T. L., Golledge, N. R., Hemer, M., Krinner, G., Mix, A., Notz, D., Nowicki, S., Nurhati, I. S., Ruiz, L., Sallée, J.-B., Yu, Y., Hua, L., Palmer, T., & Pearson, B. (2021). *IPCC AR6 sea level projections (Version 20210809)*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5914709>
- Gary, A., & Klee, A. (1999). *The coastal environment: Toward integrated coastal and marine sanctuary development*. Prentice Hall.
- Geymen, A., & Dirican, A. Y. (2016). İklim değişikliğine bağlı deniz seviyesi değişiminin coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak analiz edilmesi. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 8(1), 65–74. <https://doi.org/10.15659/hartek.16.04.308>
- Güney, O. İ. (2013). Assessment of sea level rise impact on population and land use in the Mediterranean coast of Turkey. *Journal of Applied Biological Sciences*, 7(3), 56–60.
- Gürel, A., & Avcioğlu, R. (2001). Bitkilerde strese dayanıklılık fizyolojisi. In S. Özcan, E. Gürel, & M. Babaoğlu (Eds.), *Bitki biyoteknolojisi II: Genetik mühendisliği ve uygulamaları* (pp. 308–313). Selçuk Üniversitesi Vakfı Yayınları.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2014). *Climate change 2014: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (R. K. Pachauri & L. A. Meyer, Eds.). IPCC.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). Summary for policymakers. In V. Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K.

- Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, & B. Zhou (Eds.), *Climate change 2021: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 3–32). Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2023). *Climate change 2023: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (H. Lee & J. Romero, Eds.). IPCC. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>
- IPCC. (2021). Summary for policymakers. In V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, & B. Zhou (Eds.), *Climate change 2021: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 3–32). Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
- Kafalı Yılmaz, F. (2019). Adana Ovaları'nda endüstriyel tarım bitkilerinin üretimindeki değişiklikler. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 23(3), 973–986.
- Kirezci, E. (2020). Projections of global-scale extreme sea levels and resulting episodic coastal flooding over the 21st century. *Scientific Reports*, 10(1), 11629. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-67736-6>
- Koca, H., Bor, M., Özdemir, F., & Türkan, D. (2007). The effect of salt stress on lipid peroxidation, antioxidative enzymes and proline content of sesame cultivars. *Environmental and Experimental Botany*, 60(3), 344–351. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2006.12.005>
- Kuleli, T. (2006). Deniz seviyesi yükselmesi ve Çukurova Deltası kıyı bölgesi üzerindeki etkilerinin belirlenmesi. In *Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları VI. Ulusal Konferansı Bildiriler Kitabı* (07–11 Kasım 2006, Muğla).
- Lindsey, R. (2022). *Climate change: Global sea level*. National Oceanic and Atmospheric Administration. <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-sea-level>
- Moore, B. (2022). *IPCC: Sea level rise adaptation is essential, not optional*. Natural Resources Defense Council (NRDC). <https://www.nrdc.org/bio/rob-moore/ipcc-sea-level-rise-adaptation-essential-not-optional>
- Nathaniel, S., Barua, S., Hussain, H., & Adeleye, N. (2021). The determinants and interrelationship of carbon emissions and economic growth in African economies: Fresh insights from static and dynamic models. *Journal of Public Affairs*, 21(1), e2157. <https://doi.org/10.1002/pa.2157>
- National Aeronautics and Space Administration (NASA). (2024a). *NASA's sea level projection tool*. https://sealevel.nasa.gov/data_tools/17
- National Aeronautics and Space Administration (NASA). (2024b). *Satellite data: 1993–Present, satellite sea level observations*. <https://climate.nasa.gov/vital-signs/sea-level/?intent=121>
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (2022). *Global and regional sea level rise scenarios for the United States: Updated mean projections and extreme water level probabilities along U.S. coastlines*.

<https://oceanservice.noaa.gov/hazards/sealevelrise/noaa-nostechrpt01-global-regional-SLR-scenarios-US.pdf>

- Oppenheimer, M., Glavovic, B. C., Hinkel, J., van de Wal, R., Magnan, A. K., Abdlgawad, A., Cai, R., Cifuentes-Jara, M., DeConto, R. M., Ghosh, T., Hay, J., Isla, F., Marzeion, B., Meyssignac, B., & Sebesvari, Z. (2022). Sea level rise and implications for low-lying islands, coasts and communities. In H.-O. Pörtner, D.-C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegria, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, & N. M. Weyer (Eds.), *The ocean and cryosphere in a changing climate* (pp. 32–446). Cambridge University Press.
- Özhan, E. (2008). Türkiye’de bütünleşik kıyı yönetimi: Son gelişmeler. In *Türkiye’nin Kıyı ve Deniz Alanları VII. Ulusal Konferansı, Türkiye Kıyıları 08, Bildiriler Kitabı* (27–30 Mayıs 2008, Ankara). Türkiye Kıyı ve Deniz Alanları Merkezi.
- Reimann, L., Vafeidis, A. T., & Honsel, L. E. (2023). Population development as a driver of coastal risk: Current trends and future pathways. *Cambridge Prisms: Coastal Futures*, 1, e14. <https://doi.org/10.1017/cft.2023.3>
- Schmidhuber, J., & Tubiello, F. N. (2007). Global food security under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(50), 19703–19708. <https://doi.org/10.1073/pnas.0701976104>
- Simav, Ö., Şeker, D. Z., & Gazioğlu, C. (2013). Coastal inundation due to sea level rise and extreme sea state and its potential impacts: Çukurova Delta case. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 22, 671–680. <https://doi.org/10.3906/yer-1205-6>
- Simav, Ö., Şeker, D., & Tanık, A. (2014). Potential impacts of sea level rise on the coastal vulnerability of Çukurova Delta. *Fresenius Environmental Bulletin*, 23, 3101–3108.
- Sweet, W. V., Hamlington, B. D., Kopp, R. E., Weaver, C. P., Barnard, P. L., Bekaert, D., Brooks, W., Craghan, M., Dusek, G., Frederikse, T., Garner, G., Genz, A. S., Krasting, J. P., Larour, E., Marcy, D., Marra, J. J., Obeysekera, J., Osler, M., Pendleton, M., Roman, D., Schmied, L., Veatch, W., White, K. D., & Zuzak, C. (2022). *Global and regional sea level rise scenarios for the United States: Updated mean projections and extreme water level probabilities along U.S. coastlines* (NOAA Technical Report NOS 01). National Oceanic and Atmospheric Administration. <https://oceanservice.noaa.gov/hazards/sealevelrise/noaa-nostechrpt01-global-regional-SLR-scenarios-US.pdf>
- Şahin, K., & Bağcı, H. R. (2015). CBS ve UA teknikleriyle Türkiye’nin başlıca deltalarının morfometrik özelliklerinin değerlendirilmesi. In *Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu (UJES 2015)*, Samsun.
- Taylor, R. G., Scanlon, B., Döll, P., Rodell, M., Van Beek, R., Wada, Y., Longuevergne, L., Leblanc, M., Famiglietti, J. S., Edmunds, M., & Konikow, L. (2013). Ground water and climate change. *Nature Climate Change*, 3(4), 322–329. <https://doi.org/10.1038/nclimate1744>
- Titus, J. G. (1990). Greenhouse effect, sea level rise and land use. *Land Use Policy*, 7(2), 138–153. [https://doi.org/10.1016/0264-8377\(90\)90006-B](https://doi.org/10.1016/0264-8377(90)90006-B)

- Tully, K. L., Weissman, D., Wyner, W. J., Miller, J., & Jordan, T. (2019). Soils in transition: Saltwater intrusion alters soil chemistry in agricultural fields. *Biogeochemistry*, 142(3), 339–356. <https://doi.org/10.1007/s10533-019-00542-2>
- Türkeş, M., Sümer, M., & Çetiner, G. (2000). Küresel iklim değişikliği ve olası etkileri. In *Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları* (13 Nisan 2000, İstanbul Sanayi Odası, ss. 7–24). Çevre Bakanlığı, ÇKÖK Genel Müdürlüğü.
- U.S. Department of Agriculture (USDA). (2022). *Natural Resources Conservation Service: Climate change adaptation plan*. <https://www.nrcs.usda.gov/conservation-basics/natural-resource-concerns/climate/adaptation>
- U.S. Department of Agriculture (USDA). (2024). *Saltwater intrusion: A growing threat to coastal agriculture, coastal zone management*. <https://www.climatehubs.usda.gov/hubs/northeast/topic/saltwater-intrusion-growing-threat-coastal-agriculture>
- U.S. Department of Agriculture (USDA). (2024). *Saltwater intrusion: A growing threat to coastal agriculture*. <https://www.climatehubs.usda.gov/hubs/northeast/topic/saltwater-intrusion-growing-threat-coastal-agriculture>
- United Nations Environment Programme (UNEP). (2005). Singh, A., Pathirana, S., & Shi, H. *Assessing coastal vulnerability: Developing a global index for measuring risk* (Final Report).
- United Nations Environment Programme (UNEP). (2024). *Ocean, seas and coasts – Regional seas programme*. <https://www.unep.org/topics/ocean-seas-and-coast>
- World Economic Forum. (2019). *The global risks report 2019*. https://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Risks_Report_2019.pdf
- Yılmaz, E., Tuna, A. L., & Bürün, B. (2011). Bitkilerin tuz stresi etkilerine karşı geliştirdikleri tolerans stratejileri. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(1), 47–66.
- Zscheischler, J., Martius, O., Westra, S., Bevacqua, E., Raymond, C., Horton, R. M., van den Hurk, B., AghaKouchak, A., Jézéquel, A., Mahecha, M. D., Maraun, D., Ramos, A. M., Ridder, N. N., Thiery, W., & Vignotto, E. (2020). A typology of compound weather and climate events. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1, 333–347. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0060>.

STATEMENT OF ETHICAL AND SCIENTIFIC PRINCIPLES RESPONSIBILITY

The author declares that all stages of the preparation of this study were conducted in accordance with ethical rules and scientific citation principles. This study does not fall within a category that requires approval from an ethics committee.

AUTHOR CONTRIBUTION STATEMENT

1st author contribution: 100%

ETİK VE BİLİMSEL İLKELER SORUMLULUK BEYANI

Bu çalışmanın tüm hazırlanma süreçlerinde etik kurallara ve bilimsel atıf gösterme ilkelerine riayet edildiğini yazar beyan eder. Bu çalışma etik kurul izni gerektiren çalışma grubunda yer almamaktadır.

ARAŞTIRMACILARIN MAKALEYE KATKI ORANI BEYANI

1. yazar katkı oranı: %100