



Küresel iklim model verilerinin farklı yöntemlerle ayrıştırılması ve geleceğe yönelik yağış tahminlerinin yapılması

Disaggregation of global climate model data using different methods and predicting future precipitation

Burak Gül^{1,*} 

¹ Dicle Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 21280, Diyarbakır Türkiye

Öz

Küresel iklim değişikliği, her geçen gün Dünya genelinde daha fazla etkisini artırarak tehlikeli sonuçlara neden olmaktadır. Özellikle iklim değişikliği kaynaklı şiddetli yağışlar, sel felaketlerine yol açmaktadır. Bu sel olayları, can kaybına ve maddi hasara neden olabilmektedir. Bu nedenle, çeşitli önleyici çalışmalar yürütülmektedir. Bu çalışmalardan biri, Yağış Şiddeti-Süre-Frekans (IDF) eğrilerinin oluşturulmasıdır. Ancak bu eğriler genellikle geçmiş tarihsel verilere dayandığından, gelecek için kullanılmaları uygun görülmemektedir. Bu nedenle, bu çalışmada iklim modeli verileri ve ayrıştırılmış yağış verileri kullanılarak iklim değişikliğini de içeren geleceğe yönelik yeni IDF eğrileri elde etmek için farklı yöntemler kullanılmıştır.

Anahtar kelimeler: İklim modelleri, Veri ayrıştırma, IDF eğrileri

1 Giriş

Küresel iklim değişikliği neredeyse bütün alanları doğrudan veya dolaylı yoldan etkileyerek canlı yaşamını önemli ölçüde etkilemektedir. Etkileri kimi bölgede kısa süreli kimi bölgede ise uzun ve kalıcı şekilde olabilmektedir. İklim değişikliğinin oluşmasına sebep olan birçok etken bulunmaktadır. Etkenler sırası ile şu şekildedir. Fosil yakıt kullanımı: Fosil yakıtların (kömür, petrol, doğal gaz) enerji üretimi, ulaşım ve endüstriyel faaliyetlerde yaygın olarak kullanılması, sera gazı emisyonlarını artırarak küresel iklim değişikliğine katkıda bulunmaktadır. Diğer bir etken ise sanayileşmedir. Sanayi sektöründeki faaliyetler, enerji ihtiyacını karşılamak ve üretim yapmak için büyük miktarda enerji kullanır. Bu durum, sera gazı emisyonlarının artmasına yol açmaktadır. Diğer bir sebep olan tarım ve hayvancılık faaliyetleri, sera gazı emisyonlarının önemli bir kaynağıdır. Özellikle hayvancılık sektörü, metan gazı salınımıyla iklim değişikliğine katkıda bulunmaktadır. Ormanların Tahribi: Ormanların yok edilmesi veya büyük ölçüde tahrip olması, atmosferdeki karbondioksit seviyelerinin artmasına neden olmaktadır. Ayrıca, ormanlar karbondioksit emerek ve oksijen üreterek iklimin düzenlenmesine katkıda bulunmaktadır. Bu nedenle, ormanların azalması küresel iklim değişikliğini hızlandırır.

Abstract

Climate change affects the world with increasing severity, leading to dangerous consequences. Global Climate change is increasing its effects worldwide every day and causing dangerous consequences. Especially, intense rainfall events caused by climate change lead to flooding disasters. These flooding events can result in loss of life and property damage. Therefore, various preventive measures are being implemented. One of these measures is the development of Intensity-Duration-Frequency (IDF) curves. However, since these curves are usually based on past historical data, they are not considered suitable for future use. For this reason, in this study, different methods were used to derive new IDF curves for the future, which include climate change, by using climate model data and disaggregated precipitation data.

Keywords: Climate models, Data disaggregation, IDF curves

Endüstriyel Süreçler: Çimento üretimi, kimyasal üretimi, demir ve çelik üretimi gibi endüstriyel süreçler sera gazı salınımına katkıda bulunmaktadır. Artan Nüfus ve Kentleşme: Hızla artan dünya nüfusu ve kentleşme, enerji talebini artırmakta ve sera gazı emisyonlarını yukarı seviyelere çıkarmaktadır. İnsanların ihtiyaçlarını karşılamak için enerji kullanımı ve kaynak tüketimi arttıkça, iklim üzerindeki etkiler de büyümektedir. Ulaşım: Karayolu, denizyolu, hava ve demiryolu taşımacılığı gibi ulaşım sektörleri, fosil yakıtların yoğun olarak kullanıldığı bir alandır. Motorlu araçların ve uçakların yol açtığı emisyonlar, küresel iklim değişikliğinin bir başka önemli etkenidir. Atık Yönetimi: Yanlış atık yönetimi ve atık bertarafı, metan gazı salınımına neden olabilmektedir. Metan gazı, karbondioksitten daha etkili bir sera gazıdır ve iklim değişikliğine önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır. Bu etkenler toplu bir şekilde değerlendirildiğinde ve ayrıca tartışıldığında çoğu kaynağında belirtmiş olduğu üzere iklim değişikliğinin en büyük sebebi insan olduğu görülmektedir [1-5]. İnsanın etki oranının ise %90 civarında olduğu da ayrıyeten ortaya konulmuştur [3], [4]. İklim değişikliği çok önemli bir konu olduğundan ve etki alanı fazla olduğundan dolayı iklim değişikliği ile ilgili yapılmış çalışmalar çeşitli alt başlıklar etrafında değerlendirilerek iklim değişikliği

* Sorumlu yazar / Corresponding author, e-posta / e-mail: (brkg121@gmail.com) B. Gül

Geliş / Received: 14.06.2023 Kabul / Accepted: 25.07.2023 Yayınlanma / Published: 15.10.2023

doi: 10.28948/ngumuh.1314786

sorunu geniş bir yelpazede değerlendirilmeye çalışılmıştır. Bu alt başlıklar ve bu başlıkların içeriği şu şekildedir: İklim Modelleri ve Senaryoları, iklim değişikliğinin etkilerini anlamak için bilgisayar tabanlı iklim modellerinin kullanılmasıyla gerçekleştirilmektedir [6-8]. Mevcut iklim verilerine dayanarak gelecekteki iklim senaryoları oluşturulur ve iklim değişikliğinin olası etkileri değerlendirilir. Hava ve Deniz Gözlemleri, atmosferde ve denizlerde meydana gelen değişikliklerin izlenmesi için hava ve deniz gözlem istasyonları kullanılarak yapılan gözlemler üzerinde odaklanır [9-12]. Bu gözlemler, iklim değişikliğinin belirtilerinin tespit edilmesi ve değişikliklerin izlenmesi için önemli veriler sağlar. Sera Gazı Emisyonları, iklim değişikliği ile en güçlü ilişkilendirilen faktörlerden biridir. Bu çalışmalar, sera gazı kaynaklarının belirlenmesi, emisyonların izlenmesi ve azaltma stratejilerinin geliştirilmesi üzerine odaklanır [13-15]. İklim Değişikliğinin Biyolojik Etkileri, iklim değişikliğinin doğal ekosistemler üzerindeki önemli etkilerini araştırmaktadır. Bu çalışmalar, iklim değişikliğinin bitki ve hayvan türleri üzerindeki etkilerini, habitat kaybını, türlerin göç hareketlerini ve biyolojik çeşitlilik üzerindeki potansiyel tehlikeleri incelemektedir [16-18]. Deniz Yükselmesi ve Okyanus Asitlenmesi, küresel iklim değişikliğinin deniz seviyesinde yükselmelere ve okyanusların asitlenmesine neden olduğu konusunda yapılan çalışmaları içerir [19-21]. Bu çalışmalar, deniz seviyesi yükselmesinin etkilerini, kıyı bölgeleri için riskleri ve okyanus ekosistemlerindeki değişiklikleri analiz etmeye yöneliktir. İklim Değişikliği ve İnsan Sağlığı, iklim değişikliğinin insan sağlığı üzerindeki önemli etkilerini araştırmaktadır. Bu çalışmalar, artan sıcaklık, aşırı hava olayları, salgın hastalıklar, besin kaynaklarının etkilenmesi gibi konuları içeren iklim değişikliğinin insan sağlığı üzerindeki etkilerini incelemektedir [22-24]. İklim Politikaları ve Uyum, iklim değişikliğiyle mücadele etmek için politikaların ve uyum stratejilerinin geliştirilmesine yönelik çalışmaları içerir. Bu çalışmalar, uluslararası iklim anlaşmaları, enerji dönüşümü, sürdürülebilir kalkınma ve toplumların iklim değişikliğiyle başa çıkma becerilerinin geliştirilmesi gibi konulara odaklanır [25-27]. Bu çalışmada ise küresel iklim modelleri ve senaryoları başlığı altında özellikle su yapılarının projelendirilmesinde büyük önem arz eden yağış şiddeti-süre-frekans (IDF) eğrilerinin geleceğe yönelik tahmin edilmesi üzerine olmuştur. IDF eğrileri barajlar, drenaj sistemleri, köprü, menfez gibi yapıların tasarım debilerinin hesabı için kullanılmaktadır. Bu konu hakkındaki temel sorun IDF eğrilerinin genellikle tarihsel veriler ışığında yapılmış olmasıdır. Tarihsel verilerle oluşturulmuş IDF eğrileri, geleceğe yönelik iklim değişikliğini de içinde barındıran veriler sağlayamamaktadır. Bu sorunun çözülmesi için ise küresel iklim modelleri ve senaryolarına ait veriler kullanılarak geleceğe yönelik IDF eğrileri türetilmiştir. Küresel iklim model verileri günlük toplam yağış halinde bulunduğundan IDF eğrilerinin oluşturulması için standart süreli yağış verilerine (5, 10, 15, 30dk, 1-24 saat) ayrıştırılması gerekmektedir. Ayrıştırmak için çalışmada iki farklı metod kullanılmıştır. Bunlardan ilki eşdeğer kuantil eşleştirme metodu (EQM), ikincisi ise yapay sinir ağları (ANN) olmuştur. Yapay sinir ağları (ANN) ve

küresel iklim modelleri, iklim değişikliği ve iklim sisteminin analizi için önemli araştırma araçları olarak kabul edilmektedir. Matematiksel modeller olan yapay sinir ağları, biyolojik sinir sistemlerinden ilham alınarak tasarlanmaktadır ve karmaşık veri setlerindeki desenleri ve ilişkileri tanımlama ve öğrenme yeteneklerine sahiptir. Öte yandan, küresel iklim modelleri, dünya genelindeki iklim sisteminin karmaşık etkileşimlerini simüle etmek amacıyla kullanılan matematiksel ve istatistiksel modellerdir. Bu modeller, atmosfer, okyanus, buz tabakaları ve diğer bileşenler arasındaki fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçleri içermektedir. Yapay sinir ağları, karmaşık iklim verilerindeki desenleri ve ilişkileri tanımlama ve analiz etme kabiliyetleri nedeniyle küresel iklim modelleri için değerli bir araç olarak kabul edilmektedir. Bu bağlamda, yapay sinir ağları, iklim değişikliği göstergelerini belirleme, iklim tahminleri yapma ve gelecekteki iklim senaryolarını oluşturma gibi amaçlar doğrultusunda gözlemsel verileri analiz etmek için kullanılabilmektedir [28-29]. Ayrıca, yapay sinir ağları, küresel iklim modellerinin geliştirilmesi ve iyileştirilmesinde de etkili bir şekilde kullanılabilmektedir. Eşdeğer kuantil eşleştirme ve yapay sinir ağları ile yapılan hesaplamalar doğrultusunda eşdeğer kuantil eşleştirme metodunun daha uygun sonuçlar verdiği yapay sinir ağlarına göre daha avantajlı olduğundan bulgular EQM'ye göre elde edilmiştir. Ordu ili için yapılan hesaplamalarda HadGEM-ES, MPI-ESM-MR, GFDL-ESM2M modelleri ve RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına ait ayrıştırılmış yağış verileri aracılığı ile IDF eğrileri türetilmiştir.

2 Çalışma alanı

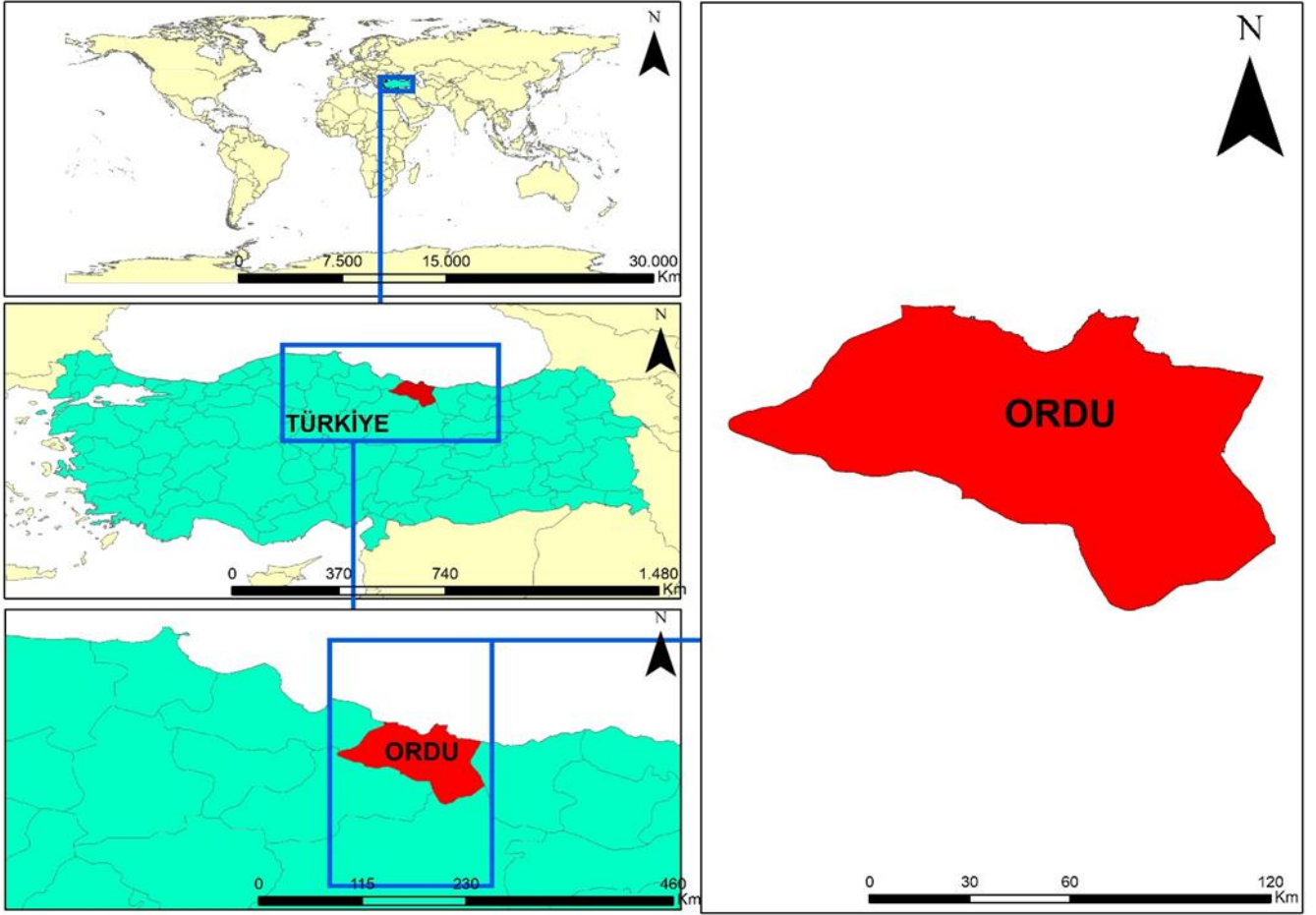
Çalışma alanı olarak Ordu ili seçilmiştir. Ordu genel olarak ılıman bir iklimle sahiptir. Yağışlar yıl boyunca dağılım gösterirken, kış aylarında genellikle daha yoğun bir şekilde yağış alır. Yaz aylarında da Karadeniz'in etkisiyle yağışlar devam edebilmektedir. Sıcaklık ise mevsimlere bağlı olarak Ordu'da değişiklik gösterir. Sıcaklık değerleri genellikle yaz aylarında 25-30 derece aralığında seyrederek, ancak bölgedeki yüksek nem nedeniyle hissedilen sıcaklık daha yüksek olabilmektedir. Kış aylarında ise sıcaklık genellikle 5-15 derece arasında değişir. En yüksek yağış miktarı ise yaklaşık 150 mm civarındadır. Ordu iline ait istasyon bilgileri Tablo 1'de lokasyon haritası ise Şekil 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Çalışma alanı ait istasyon bilgileri

Enlem	Boylam	Yükseklik (m)
40,8213	37,861	5

3 Çalışmada kullanılan veri setleri

Çalışmada kullanılan veriler sırası ile MPI-ESM-2M, HadGEM-ES, GFDL-ESM2M küresel iklim modellerinin RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına ait 2023-2098 yıllarını kapsayan günlük toplam yağış verileri, iklim modellerine ait 1971-2000 yıllarını kapsayan tarihsel veri seti ve son olarak da Ordu iline ait 1971-2000 yıllarına ait standart süreli yıllık maksimum yağış verileri olmuştur. Kullanılan tüm veri setleri Meteoroloji Genel Müdürlüğünden (MGM) temin edilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanı lokasyon haritası

HadGEM-ES iklim modeli, İngiltere'nin Hadley Centre for Climate Prediction and Research tarafından geliştirilmiştir. Atmosfer, okyanuslar, buzullar ve biyosfer dahil olmak üzere çeşitli bileşenlerin etkileşimini simüle etmektedir. GFDL-ESM2M iklim modeli ABD'nin Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (GFDL) tarafından geliştirilmiştir. GFDL-ESM2M, atmosfer, okyanus, buz ve karasal sistemlerin etkileşimini içeren bir Dünya iklim modelidir. MPI-ESM-MR iklim modeli Almanya'daki Max Planck Enstitüsü tarafından geliştirilmiştir.

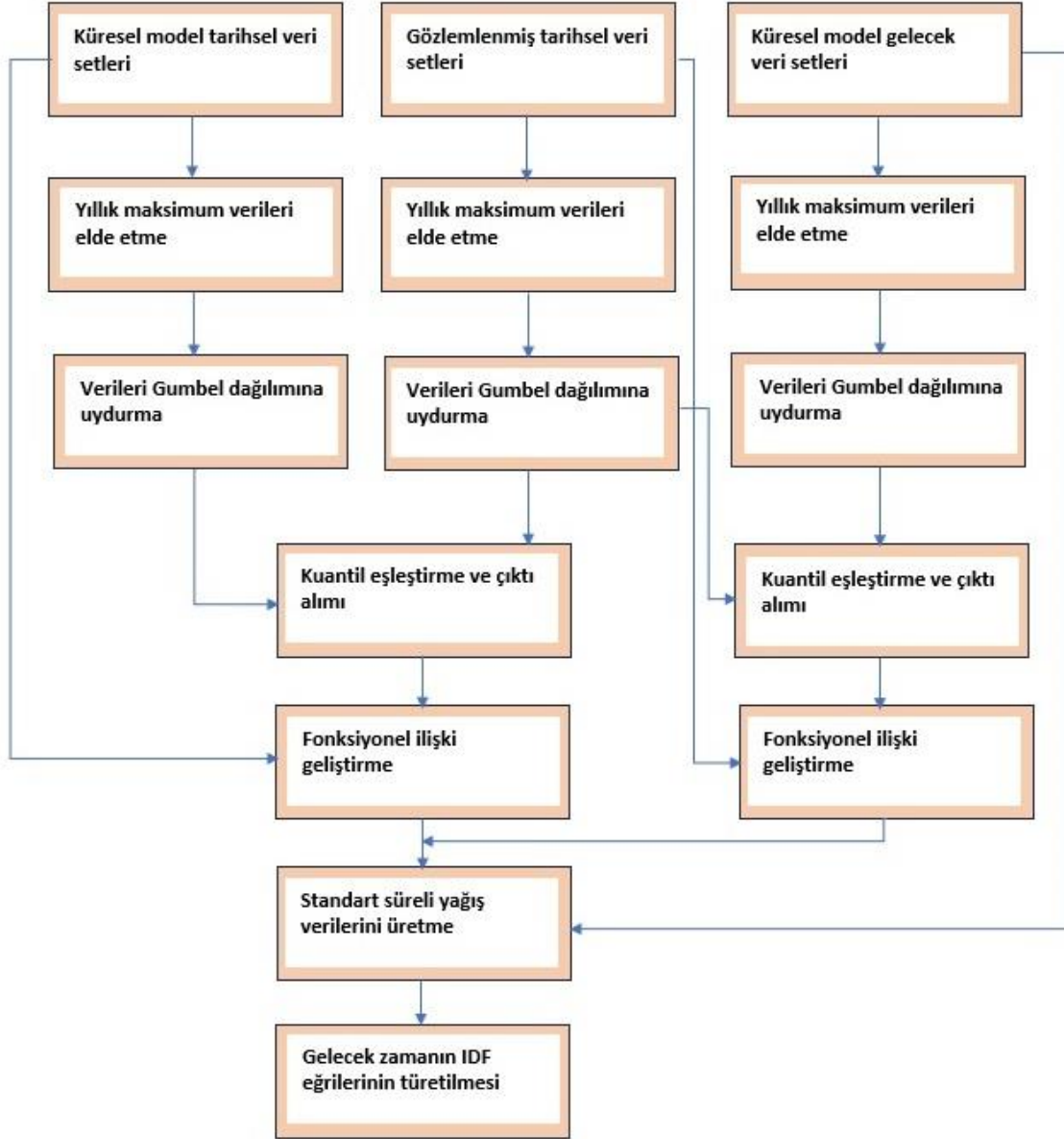
MPI-ESM-MR, atmosfer, okyanus, buz ve karasal sistemlerin karmaşık etkileşimlerini simüle eden bir iklim modelidir. Küresel iklim modellerinin orijinal halleri yüksek çözünürlükte oldukları için bu verilerle şehir veya bölgesel çapta inceleme yapmak ciddi anlamda zor ve anlamsızdır. Bundan dolayı bu veriler MGM tarafından RegCEM4.3.4 bölgesel ölçek küçültme işlemi yapılarak veriler 115-220 m çözünürlükten 20 m çözünürlüğe yükseltilmiştir. Çalışmada kullanılan iklim modellerinin dışında birçok iklim modeli bulunmaktadır. Fakat MGM'nin yaptığı çalışmalar sonucunda Türkiye'nin iklim dinamiklerine ve iklim tiplerine en uygun modeller çalışmada kullanılan modeller olarak belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan veriler, 20 m çözünürlüğe sahip veriler olmuştur.

4 Metotlar

4.1 Eşdeğer kuantil eşleştirme metodu

Şekil 2'de kullanılan birinci metodun işlem adımları gösterilmiştir. İşlem adımlarının ayrıntılı açıklaması aşağıda belirtilmiştir.

- İlk olarak küresel modellerin tarihsel veri setinin, gelecek veri setinin ve Ordu iline ait gözlemlenmiş yağış veri setlerine ait verilerden yıllık maksimum yağış verileri elde edilir.
- İkinci aşamada ise her bir veri seti için, Gumbel dağılımını en iyi şekilde uyduran dağılım parametreleri hesaplanır. Bu parametreler, veri setinin istatistiksel dağılımını tanımlayan özelliklerdir.
- Küresel iklim modellerine ait günlük maksimum verileri ile gözlemlenen standart süreli maksimum veri serileri arasında bir istatistiksel ilişki kurulur. Bu ilişki, kuantil eşleştirme prensibi kullanılarak elde edilir. Küresel iklim modelinin kümülatif olasılık dağılımı ile standart süreli serilerin kümülatif olasılık dağılımı birbirine eşitlenerek istatistiksel bir ilişki kurulur (Denklem 1, Denklem 2).



Şekil 2. Eşdeğer kuantil eşleştirme metodu işlem adımları [30]

$$Y_{max,j}^{STN} = f(X_{max}^{GCM}) \quad (1)$$

$$Y_{max,j}^{STN} = a_1 * X_{max}^{GCM} + b_1 \quad (2)$$

- Küresel iklim modellerine ait tarihsel veri setlerinin maksimum verileri ile küresel iklim modellerine ait gelecek maksimum yağış verileri kümülatif olasılık dağılımları arasında benzer bir kuantil eşleştirmeye dayalı istatistiksel ilişki kurulur (Denklem 3, Denklem 4).

$$Y_{max}^{GCM,FUT} = f(X_{max}^{GCM}) \quad (3)$$

$$Y_{max}^{GCM,FUT} = a_2 * X_{max}^{GCM} + b_2 \quad (4)$$

- Bir sonraki adımda ise Denklem (3) ve Denklem (4) birleştirilerek aşağıdaki denklem elde edilir (Denklem 5).

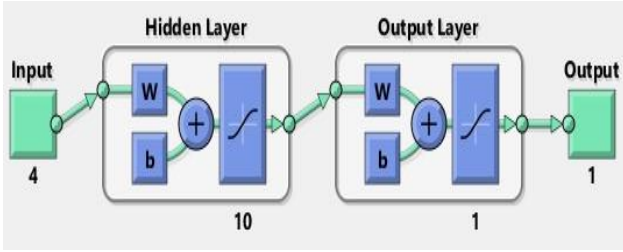
$$X_{max}^{STN,FUT} = a_1 * \left[\frac{X_{max}^{GCM,FUT} - b_2}{a_2} \right] + b_1 \quad (5)$$

- Son adımda ise Denklem (5)'ten elde edilen ayrıştırılmış veriler ile gumbel dağılımına göre geleceğe yönelik IDF eğrileri çizilir [30].

5 Yapay sinir ağları ile ayrıştırma (ANN)

Yapay sinir ağları, sinir hücrelerinin doğal biyolojik karşılıklarından esinlenerek oluşturulan matematiksel modellerdir. Bu modeller, karmaşık problemleri çözmek ve

desenleri tanımak için kullanılır. Yapay sinir ağları, birçok katmandan oluşur ve her katmanda sinir hücreleri bulunur. Bu sinir hücreleri, verileri işler ve bir sonraki katmana ileterek nihai çıktıyı üretir. Yapay sinir ağları, öğrenme süreciyle eğitilir ve deneyimlerden bilgi çıkararak performansını geliştirir. Bu ağlar, sınıflandırma, regresyon, desen tanıma ve tahmin gibi birçok görevde başarılı sonuçlar verir. Yapay sinir ağları, bilgisayar biliminde ve yapay zeka araştırmalarında önemli bir rol oynar ve karmaşık problemleri çözmek için güçlü bir araç olarak kabul edilir. Bu çalışmadaki ikinci metot olarak kullanılan yapay sinir ağları aracılığı ile girdi olarak 1, 6, 12, 24 saatlik gözlemlenmiş yağış verileri kullanıldı. Tahmin edilmesi istenen standart süreler ise 5, 10, 15, 30 dk oldu. Model için Sigmoid transfer fonksiyonuna sahip iki katmanlı bir ileri beslemeli model kullanılmıştır. Modelin geliştirilmesi için Lavenberg-Marquardt geri yayılım algoritması kullanılmıştır. Kullanılan ann yapısı Şekil 3'te gösterilmiştir.



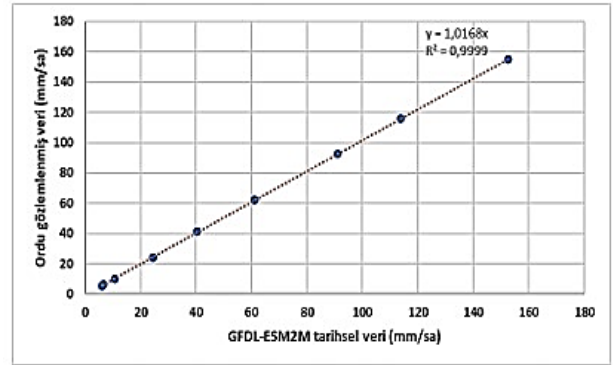
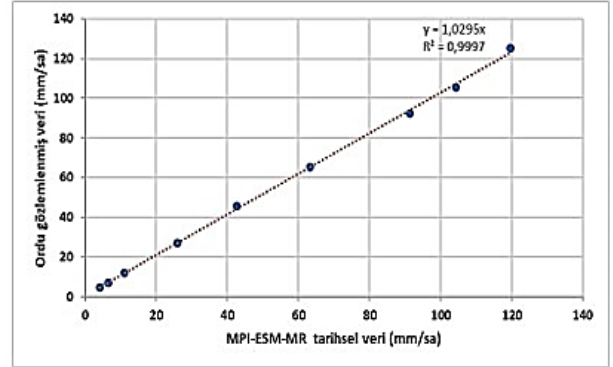
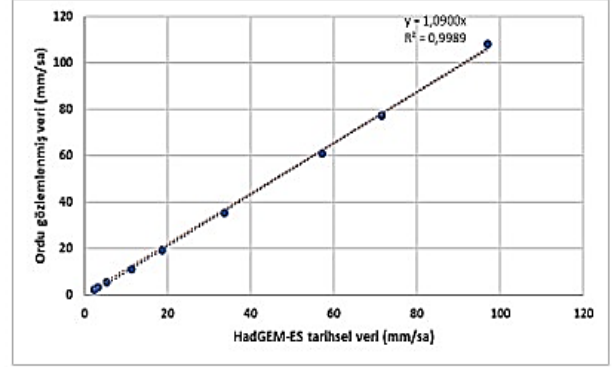
Şekil 3. ANN yapısı

6 Bulgular ve tartışma

Çalışmada ilk olarak 1971-2000 yılları arasındaki gözlemlenen tarihsel veri setleri ile aynı döneme ait iklim modellerinin tarihsel verileri, iklim modellerine ait günlük yağış verilerini daha kısa süreli yağış verilerine indirgeyerek IDF eğrilerini güncellemek için kullanılan eşdeğer kuantil eşleştirme yönteminin uygunluğunu belirlemek amacıyla kullanıldı. İkinci adım olarak yapay sinir ağları ile gözlemlenmiş 1, 6, 12, 24 saatlik maksimum yağış verileri aracılığı ile 5, 10, 15, 30 dk'lık yağış verileri tahmin edilmeye çalışıldı. Her iki metodunda geleceğe yönelik IDF eğrileri elde etmek için gerekli olan yağış verilerini türetmedeki başarısı test edilmeye çalışılarak yağış verisi ayrıştırma hangi metodu daha iyi olduğu ve metodların kullanımı açısından avantajlı ve dezavantajlı olduğu durumlar belirlenmeye çalışıldı.

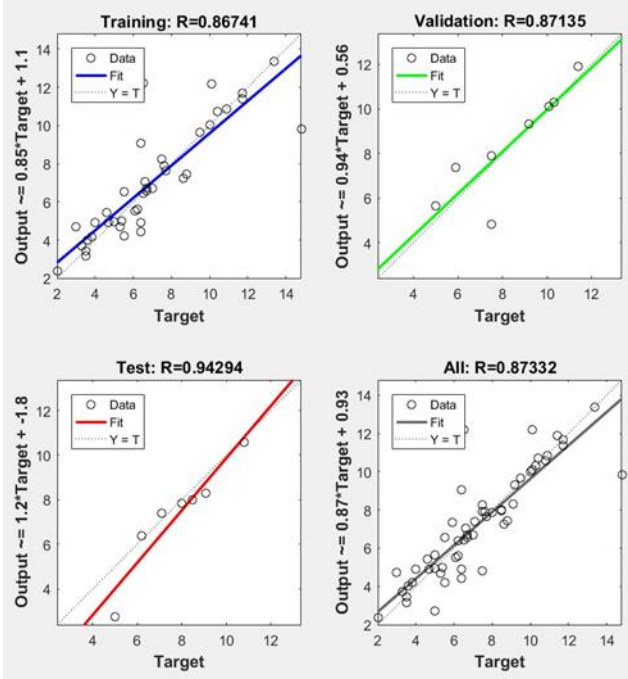
Şekil 4'te görüldüğü üzere eşdeğer kuantil eşleştirme metodu ile ayrıştırılan yağış verilerinin gözlemlenmiş yağış verileri ile yüksek bir uyum içerisinde olduğu görülmüştür. Bu sebepten ötürü geleceğe yönelik IDF eğrilerinin oluşturulmasında EQM'nin kullanılmasının uygun olduğu anlaşılmıştır. EQM yönteminin bir avantajı, veri dönüşümüne ihtiyaç duymamasıdır. Başlangıç veri setini değiştirmeden sadece eşleştirme işlemi yaparak istatistiksel analiz yapma imkânı sunar. Bu, veri bütünlüğünün korunmasını sağlar ve analiz sürecini kolaylaştırır. EQM yöntemi, örneklem büyüklüğünün dağılım eşleştirmesine olan etkisini azaltır. Bu da demektir ki küçük örneklemle bile etkili sonuçlar elde edilebilir. Bu özelliği sayesinde EQE yöntemi, veri sınırlılıkları nedeniyle kısıtlı örneklemle

çalışan araştırmacılar için ideal bir seçenek olabilmektedir. Özetle, EQM yöntemi, dağılım eşleştirmesi için kullanışlıdır çünkü iki değişken arasındaki dağılımı eşleştirir, veri dönüşümü gerektirmez ve örneklem büyüklüğüne duyarlıdır.



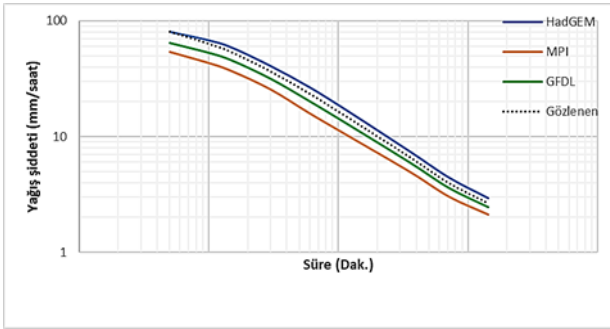
Şekil 4. Yukarıdan aşağıya doğru sırası ile HadGEM-ES, MPI-ESM-MR, GFDL-ESM2M modellerinin ayrıştırılmış T=10 yıl periyotlu yağış verileri ile Ordu ilinin gözlemlenmiş verilerinin karşılaştırılması

Yapay sinir ağları ile 1, 6, 12, 24 saatlik gözlemlenmiş veriler ile 30 dk'lık yağış verilerinin tahmin edilmesi üzerine yapılan analizler sonucu iyiye yakın sonuçlar elde edilmiştir (Şekil 5). Fakat yapay sinir ağları ile elde edilen verilerde, EQM ile elde edilen yüksek başarının benzeri elde edilememiştir. Yapay sinir ağları öğrenme ve kullandığı verinin azlık veya çokluğuna göre sonuçları değişmektedir. Bu özelliği ile EQM'den dezavantajlı duruma geçmektedir. EQM'nin yapay sinir ağlarına göre daha avantajlı olması, pratikliği açısından çalışmadaki tüm bulgular EQM ile elde edilmiştir.



Şekil 5. Yapay sinir ağları ile 30 dk'lık yağış verisinin elde edilmesine ait test sonuçları

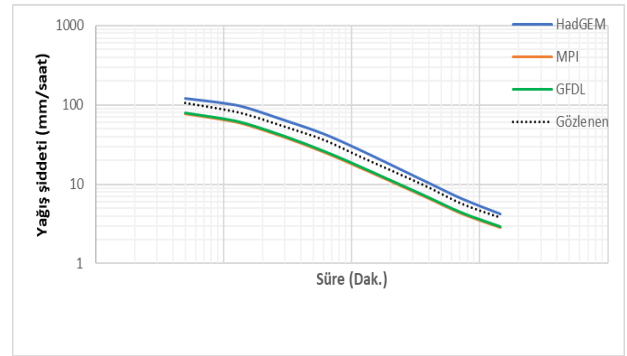
Şekil 6, Şekil 7 ve Şekil 8’de görüldüğü üzere HadGEM-ES modeline göre yağışlarda artış olduğu, GFDL-ESM2M ve MPI-ESM-2M modellerine göre ise azalış olduğu, MPI modeline göre azalışın GFDL’den fazla olduğu görülmektedir.



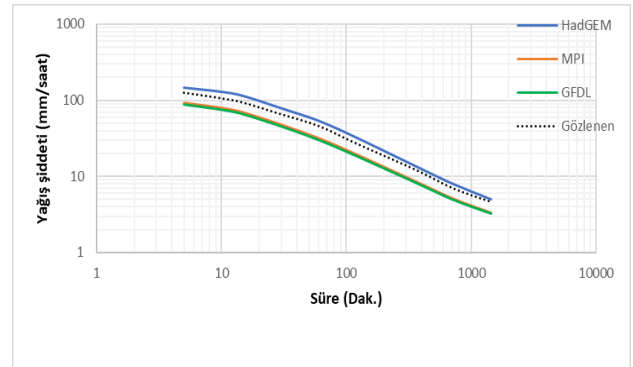
Şekil 6. T=2 yıl periyodu için RCP8.5 senaryosuna göre elde edilmiş yağış tahminlerinin gözlem değerleriyle karşılaştırılması

Elde edilen bulgulara göre T=2 yıl periyodunda HadGEM modeline göre %5-15 aralığında yağışların arttığı, MPI modeline göre %33-50 aralığında yağışların azaldığı, GFDL modeline göre ise %8-22 aralığında yağışların azaldığı görülmektedir (Şekil 9). T=5 yıl periyodunda HadGEM modeline göre %16-24 aralığında yağışların arttığı, MPI modeline göre %20-38 aralığında yağışların azaldığı, GFDL modeline göre ise %16-34 aralığında yağışların azaldığı görülmektedir (Şekil 10). T=10 yıl periyodunda HadGEM modeline göre %20-30 aralığında yağışların arttığı, MPI modeline göre %14-37 aralığında yağışların azaldığı, %20-43 aralığında yağışların azaldığı görülmektedir (Şekil 11). Son yıllara bakıldığında Ordu

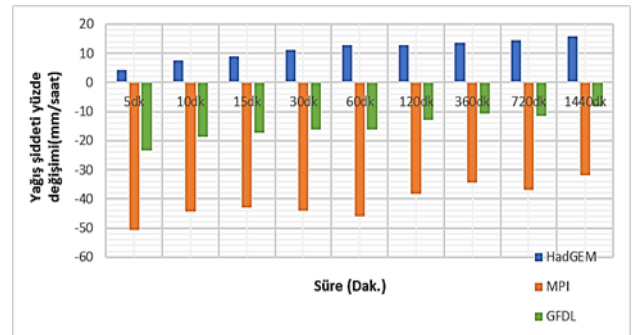
ilinde birçok taşkın olayı meydana geldiği görülmüştür. 7 Temmuz 2023 tarihinde aşırı yağışlardan kaynaklı olarak Bülbül Deresi’nde taşkınlar meydana geldiği, taşkın sebebi ile ciddi hasarlar olduğu görülmüştür [31]. 18 Temmuz 2022 tarihinde ise Ordu’nun Fatsa ilçesinde Ilıcalı Deresi’nde meydana gelen taşkın sonrası iş yerlerini ve çoğu evi su basmıştır [32]. Son yıllarda Ordu ilinde meydana gelen bu taşkınlar göz önünde bulundurulduğunda Ordu ilinin yağış durumunun HadGEM-ES modeli ile daha uyumlu olduğu görülmüştür. Çalışmada elde edilen bulgular incelendiğinde literatürdeki çalışmalara benzer sonuçlar elde edildiği görülmüştür [33-35].



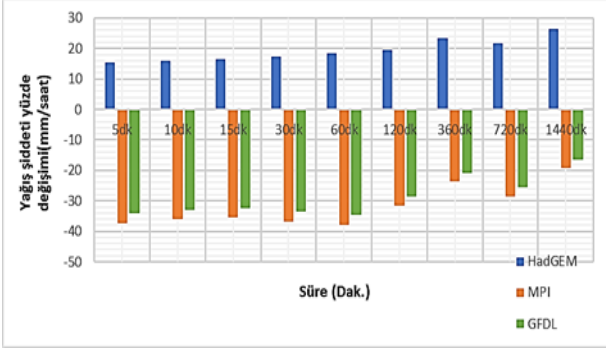
Şekil 7. T=5 yıl periyodu için RCP8.5 senaryosuna göre elde edilmiş yağış tahminlerinin gözlem değerleriyle karşılaştırılması



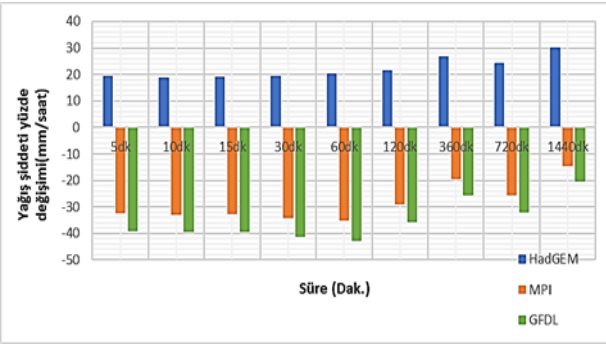
Şekil 8. T=10 yıl periyodu için RCP8.5 senaryosuna göre elde edilmiş yağış tahminlerinin gözlem değerleriyle karşılaştırılması



Şekil 9. T=2 yıl periyodu için RCP8.5 senaryosuna göre elde edilmiş yağış tahminlerinin gözlem değerleriyle % değişimi olarak karşılaştırılması



Şekil 10. T=5 yıl periyodu için RCP8.5 senaryosuna göre elde edilmiş yağış tahminlerinin gözlem değerleriyle % değişimi olarak karşılaştırılması



Şekil 11. T=10 yıl periyodu için RCP8.5 senaryosuna göre elde edilmiş yağış tahminlerinin gözlem değerleriyle % değişimi olarak karşılaştırılması

7 Sonuçlar

İklim değişikliği, dünya çapında ciddi bir sorun olarak kabul edilmektedir. Bilimsel kanıtlar, atmosferdeki sera gazlarının artışının, küresel sıcaklık artışına ve iklim sistemlerindeki önemli değişikliklere yol açtığı göstermektedir. Bu nedenle, iklim değişikliğiyle mücadele etmek ve etkilerini hafifletmek, büyük önem taşımaktadır. Bu nedenlerle, iklim değişikliğiyle mücadele etmek ve etkilerini azaltmak için küresel olarak birçok çalışma yapılması gerekmektedir. Bu çalışmada da özellikle su yapılarını projelendirilmesinde büyük öneme sahip olan IDF eğrileri üzerinde durulmuştur. Mevcut gözlem verilerine dayalı IDF eğrilerinin geleceğe yönelik iklim değişikliğini yansıtabilen özellikte olmaması, IDF eğrilerinin güncellenmesi durumunu ortaya koymuştur. Bu çalışmada da IDF eğrilerinin geleceğe yönelik tahminleri yapılmıştır. Elde edilen bulgular sonucunda HadGEM-ES modeline göre Ordu ilinin yağışlarının artacağı, MPI-ESM-MR ve GFDL-ESM2M modellerine göre ise yağışların azalacağı sonucu çıkmıştır. Bir başka deyişle HadGEM modeline göre şehrin su altyapısını yetersiz kalacağı, diğer modellere göre ise şehrin su altyapısının yeterli olduğu ve herhangi bir taşkına sebebiyet verecek durumun olmadığı sonuçlarına varılmıştır. Son yıllarda Ordu'da meydana gelen taşkınlar sebebi ile modellerden HadGEM modelinin Ordu ilinin su yapılarının tasarımı için diğer modellere göre daha uygun bir model olduğu görülmüştür. Küresel iklim modellerinin içerdiği parametrelerin ve hesap tekniklerinin farklı olmasından

kaynaklı her modelin farklı sonuçlar verdiği ayrıca görülmüştür. Herhangi bir çalışma yapılacak alandan elde edilen sonuçlar incelendiğinde tehlike arz edebilecek yani taşkın olma durumuna göre mühendislik çalışmalarının yapılması önerilmektedir. Çalışmada elde edilen verilerin çeşitli kurumların yapacağı uygulama çalışmalarında ve bu konu ile alakalı akademik çalışmalara destek vereceği umulmaktadır.

Çıkar çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Benzerlik oranı (iThenticate): %9

Kaynaklar

- [1] J. T. S. Pedersen, D. van Vuuren, J. Gupta, F. D. Santos, J. Edmonds, and R. Swart, IPCC emission scenarios: How did critiques affect their quality and relevance 1990–2022?. *Global Environmental Change*, 75, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2022.102538>
- [2] D. de Haas and J. Andrews, Nitrous oxide emissions from wastewater treatment - Revisiting the IPCC 2019 refinement guidelines. *Environmental Challenges*, 8, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2022.100557>
- [3] J. P. Palutikof et al., Enhancing the review process in global environmental assessments: The case of the IPCC, *Environ Sci Policy*, 139, 118–129, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2022.10.012>
- [4] C. Howarth and D. Viner, Integrating adaptation practice in assessments of climate change science: The case of IPCC Working Group II reports, *Environ Sci Policy*, 135, 1–5, Sep. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2022.04.009>
- [5] S. Colombini et al., Evaluation of Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) equations to predict enteric methane emission from lactating cows fed Mediterranean diets, *JDS Communications*, 2023. <https://doi.org/10.3168/jdsc.2022-0240>
- [6] F. Gogien, M. Dechesne, R. Martinerie, and G. Lipeme Kouyi, Assessing the impact of climate change on Combined Sewer Overflows based on small time step future rainfall timeseries and long-term continuous sewer network modelling. *Water Res*, 230, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2013.07.037>
- [7] A. D. Polasky, J. L. Evans, and J. D. Fuentes, CCdownscaling: A Python package for multivariable statistical climate model downscaling. *Environmental Modelling & Software*, 165, 105712, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2023.105712>
- [8] T. A. Demissie, Impact of climate change on hydrologic components using CORDEX Africa climate model in Gilgel Gibe 1 watershed Ethiopia. *Heliyon*, 9(6), 2023. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16701>
- [9] E. Sá et al., Climate change and pollutant emissions impacts on air quality in 2050 over Portugal. *Atmos Environ*, 131, 209–224, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.01.040>
- [10] C. Klausbruckner, H. Annegarn, L. R. F. Henneman, and P. Rafaj, A policy review of synergies and trade-

- offs in South African climate change mitigation and air pollution control strategies. *Environ Sci Policy*, 57, 70–78, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.12.001>
- [11] F. J. Sierro et al., Phase relationship between sea level and abrupt climate change. *Quat Sci Rev*, 28(25-26), 2867–2881, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2009.07.019>
- [12] T. Bardají et al., Sea level and climate changes during OIS 5e in the Western Mediterranean. *Geomorphology*, 104(1-2), 22–37, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2008.05.027>
- [13] Z. Duan, Impact of climate change on the life cycle greenhouse gas emissions of cross-laminated timber and reinforced concrete buildings in China. *J Clean Prod*, 395, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136446>
- [14] C. Franco et al., Key predictors of greenhouse gas emissions for cities committing to mitigate and adapt to climate change. *Cities*, 137, 104342, Jun. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.103044>
- [15] M. M. Ismail, I. Dincer, Y. Bicer, and M. Z. Saghir, Effect of using phase change materials on thermal performance of passive solar greenhouses in cold climates. *International Journal of Thermofluids*, 19, 100380, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.ijft.2023.100380>
- [16] S. Ferrier, T. D. Harwood, C. Ware, and A. J. Hoskins, A globally applicable indicator of the capacity of terrestrial ecosystems to retain biological diversity under climate change: The bioclimatic ecosystem resilience index. *Ecol Indic*, 117, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106554>
- [17] A. C. de Souza and J. A. Prevedello, Climate change and biological invasion as additional threats to an imperiled palm. *Perspect Ecol Conserv*, 19(2), 216–224, Apr. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2021.02.003>
- [18] S. Worischka, F. Schöll, C. Winkelmann, and T. Petzoldt, Twenty-eight years of ecosystem recovery and destabilisation: Impacts of biological invasions and climate change on a temperate river. *Science of the Total Environment*, 875, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.424>
- [19] A. K. Alhamid, M. Akiyama, H. Ishibashi, K. Aoki, S. Koshimura, and D. M. Frangopol, Framework for probabilistic tsunami hazard assessment considering the effects of sea-level rise due to climate change. *Structural Safety*, 94, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.strusafe.2021.102152>
- [20] N. Spencer, E. Strobl, and A. Campbell, Sea level rise under climate change: Implications for beach tourism in the Caribbean. *Ocean Coast Manag*, 225, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2022.106207>
- [21] X. Yu, L. Luo, P. Hu, X. Tu, X. Chen, and J. Wei, Impacts of sea-level rise on groundwater inundation and river floods under changing climate. *J Hydrol (Amst)*, 614, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.02.051>
- [22] S. Létourneau et al., Climate change and health in medical school curricula: A national survey of medical students' experiences, attitudes and interests. *Journal of Climate Change and Health*, 11, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.joclim.2023.100226>
- [23] J. Alford, A. Massazza, N. R. Jennings, and E. Lawrance, Developing global recommendations for action on climate change and mental health across sectors: A Delphi-style study. *The Journal of Climate Change and Health*, 12, 100252, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.joclim.2023.100252>
- [24] R. Alibudbud, Mental Health Service, Training, Promotion, and Research during Typhoons: Climate Change Experiences from the Philippines. *Asian J Psychiatr*, 103673, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.ajp.2023.103673>
- [25] B. Lin and H. Zhao, Tracking policy uncertainty under climate change. *Resources Policy*, 83, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103699>
- [26] M. Chaikumbung, The effects of institutions and cultures on people's willingness to pay for climate change policies: A meta-regression analysis. *Energy Policy*, 177, 113513, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2023.113513>
- [27] D. Furceri, M. Ganslmeier, and J. Ostry, Are climate change policies politically costly?. *Energy Policy*, 178, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2023.113575>
- [28] S. Moghanlo et al., Using artificial neural networks to model the impacts of climate change on dust phenomenon in the Zanjan region, north-west Iran. *Urban Clim*, 35, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100750>
- [29] G. Liu, B. Powell, and T. Friedrich, Climate downscaling for regional models with a neural network: A Hawaiian example. *Prog Oceanogr*, 215, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2023.103047>
- [30] R. K. Srivastav, A. Schar dong, and S. P. Simonovic, Equidistance quantile matching method for updating idfcurves under climate change. *Water Resources Management*, 28(9), 2539–2562, 2014. <https://doi.org/10.1007/s11269-014-0626-y>
- [31] Ordu'da sağanak sonrası taşkın (Flood after heavy rain in Ordu) <https://www.hurriyet.com.tr/video/orduda-saganak-sonrasi-taskin-42295881>, Accessed 14 July 2023
- [32] Ordu'da taşkın: Ev ve iş yerlerini su bastı (Flood in Ordu: Houses and workplaces flooded)<https://www.sozcu.com.tr/2022/gundem/orduda-dere-tasti-ev-ve-is-yerlerini-su-basti-7254892/> , Accessed 14 July 2023
- [33] H. Tayşi and M. Özger, Disaggregation of future GCMs to generate IDF curves for the assessment of urban floods. *Journal of Water and Climate Change*, 13(2), 2022. <https://doi.org/10.2166/wcc.2021.241>
- [34] H. Gürkan, H. Arabaci, M. Demircan, O. Eskioğlu, S. Şensoy, and B. Yazici, GFDL-ESM2M Modeli temelinde RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre Türkiye için sıcaklık ve yağış projeksiyonları. *Coğrafi*

Bilimler Dergisi, 14(2), 77–88, 2016.
https://doi.org/10.1501/Cogbil_0000000174.
[35] M. Vrac et al., Dynamical and statistical downscaling
of the French Mediterranean climate: Uncertainty

assessment. *Natural Hazards and Earth System
Science*, 12(9), 2769–2784, 2012. [https://doi.org/
10.5194/nhess-12-2769-2012](https://doi.org/10.5194/nhess-12-2769-2012)

