

Devrekani Çayı Havzası'nın Yukarı Kesiminde Sıcaklık ve Yağış ile Akımın Mevsimsel Trendleri ve Hidroklimatik İlişkileri

Seasonal Trends and Hydroclimatic Relationships of Streamflow, Temperature, and Precipitation in the Upper Devrekani Stream Basin

Cemil İRDEM* - Selinay ATAY**

Öz

Bu çalışmada, Devrekani Çayı Havzası'nın yukarı kesiminde sıcaklık, yağış ve akım değişkenlerinin mevsimsel özellikleri, aralarındaki ilişkiler ve uzun dönemli değişimleri incelenmiştir. Çalışmada 1978-2011 dönemine ait akım verileri ile 1978-2025 dönemini kapsayan sıcaklık ve yağış verileri kullanılmıştır. Hidroklimatik değişkenlerin mevsimsel davranışları tanımlayıcı istatistikler, Kruskal-Wallis testi ve eta-kare (η^2) etki büyüklüğü değerleri kullanılarak değerlendirilmiş; değişkenler arasındaki ilişkiler Pearson ve Spearman korelasyon analizleri ile incelenmiştir. Uzun dönemli eğilimler Mann-Kendall trend testi ve Sen eğim katsayısı kullanılarak belirlenmiş, olası değişim noktaları ise Pettitt testi ile araştırılmıştır. Sonuçlar, sıcaklık, yağış ve akım değişkenlerinin belirgin ve istatistiksel olarak anlamlı bir mevsimsellik sergilediğini göstermiştir ($p < 0,001$). Yağış ile akım arasında kış ($r = 0,571$; $p < 0,01$), sonbahar ($r = 0,517$; $p < 0,01$) ve yaz ($r = 0,463$; $p < 0,01$) mevsimlerinde anlamlı pozitif ilişkiler belirlenirken, sıcaklık ile akım arasındaki ilişkiler genel olarak zayıf ve negatif yönlü bulunmuştur. Trend analizleri, kış akımlarında yılda ortalama $0,147 \text{ m}^3/\text{s'lik}$ istatistiksel olarak anlamlı bir azalma eğilimi olduğunu ($Z = -2,278$; $p < 0,05$), buna karşılık yaz ve sonbahar sıcaklıklarında anlamlı artış eğilimleri bulunduğunu ortaya koymuştur (sırasıyla $Z = 3,334$; $p < 0,01$ ve $Z = 2,551$; $p < 0,05$). Pettitt testi sonuçlarına göre yalnızca yaz sıcaklıkları serisinde 2005 yılında istatistiksel olarak anlamlı bir değişim noktası belirlenmiştir ($p = 0,023$). Elde edilen bulgular, Devrekani Çayı Havzası'nın hidrolojik yapısının güçlü bir mevsimsel kontrol altında olduğunu ve son yıllarda özellikle yaz sıcaklıklarında gözlenen artışların havzanın hidroklimatik dinamikleri üzerinde giderek daha belirgin hale geldiğini göstermektedir. Bu durum, havza bazlı su kaynakları yönetiminde ve kuraklık hafifletme stratejilerinde artan iklimsel baskının dikkate alınmasının önemini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Devrekani Çayı Havzası, Hidroklimatoloji, Akım rejimi, İklim-akım ilişkileri, Trend analizi

Abstract

This study investigated the seasonal characteristics, interrelationships, and long-term variability of temperature, precipitation, and streamflow in the upper Devrekani Stream Basin. Streamflow data covering the period 1978-2011 and temperature and precipitation data spanning 1978-2025 were used. Seasonal hydroclimatic behavior was evaluated using descriptive statistics, the Kruskal-Wallis test, and eta-squared (η^2) effect size measures, while relationships among variables were examined using Pearson and Spearman correlation analyses. Long-term trends were assessed using the Mann-Kendall trend test and Sen's slope estimator, whereas potential change points were identified using the Pettitt test. The results revealed a pronounced and statistically significant seasonality in temperature, precipitation, and streamflow variables ($p < 0.001$). Significant positive correlations between precipitation and streamflow were detected during winter ($r = 0.571$; $p < 0.01$), autumn ($r = 0.517$; $p < 0.01$), and summer ($r = 0.463$; $p < 0.01$).

Bu makale 08.02.2026 tarihinde dergimize gönderilmiş; 11.02.2026 tarihinde hakemlere gönderilme işlemi gerçekleştirilmiş; 12.06.2026 tarihinde hakem raporlarının değerlendirilmesi sonucu yayın listesine dâhil edilmiştir.

Makaleye atıf şekli: Cemil İrdem - Selinay Atay, "Devrekani Çayı Havzası'nın Yukarı Kesiminde Sıcaklık ve Yağış ile Akımın Mevsimsel Trendleri ve Hidroklimatik İlişkileri", *Müellif Uluslararası Sosyal ve Beşeri Bilimler Dergisi*, S. 5, (Haziran 2026), s. 73-91.

* Dr. Öğr. Üyesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Coğrafya Bölümü Öğretim Üyesi, E-mail: cemilirdem@karabuk.edu.tr, munirdedeoglu@karabuk.edu.tr, Orcid: 0000-0003-4796-0618.

** Çankırı Karatekin Üniversitesi, LUE, Coğrafya Anabilim Dalı, Doktora Öğrencisi, E-mail: selinayatay12@gmail.com., Orcid: 0000-0002-2756-4207.

0.01), whereas relationships between temperature and streamflow were generally weak and negative. Trend analyses indicated a statistically significant decline in winter streamflow, with an average decrease of 0.147 m³/s per year ($Z = -2.278$; $p < 0.05$), while significant increasing trends were observed in summer and autumn temperatures ($Z = 3.334$, $p < 0.01$ and $Z = 2.551$, $p < 0.05$, respectively). According to the Pettitt test, a statistically significant change point was identified only in the summer temperature series in 2005 ($p = 0.023$). These findings demonstrate that the hydrological regime of the Devrekani Stream Basin is strongly controlled by seasonal hydroclimatic variability and that the recent increase in summer temperatures has become increasingly evident within the basin's hydroclimatic dynamics. The results further highlight the importance of considering growing climatic pressures in basin-scale water resources management and drought mitigation strategies.

Keywords: Devrekani Stream Basin, Hydroclimatology, Streamflow Regime, Climate–Streamflow Relationships, Trend Analysis

Giriş

Canlıların yaşamı açısından, su ekosistemindeki tatlı sular son derece büyük bir değer taşır (Yazıcı, 2024). Bu açıdan su kaynaklarının sürekliliği ve sürdürülebilir kullanımı oldukça önemlidir. Su kaynaklarının sürekliliği ise doğal çevrede suyun hareketini ve dağılımını sağlayan hidrolojik döngü ile doğrudan ilişkilidir. Hidrolojik döngü, suyun atmosfer, hidrosfer ve litosfer arasındaki dolaşımını sağlayarak su kaynaklarının yenilenmesinde temel bir mekanizma olarak işlev görmektedir. Bununla birlikte Küresel iklim değişikliği, hidrolojik döngü ve su kaynakları üzerinde önemli etkiler meydana getirmektedir. Dünya ısındıkça hidrolojik döngü hızlanmakta ve yağış rejimindeki değişimler neticesinde tatlı su ekosistemleri üzerindeki baskı artmaktadır (Oki ve Kanae, 2006; Şiltu ve Akca, 2023).

Sanayileşmenin hız kazanması ve sera gazı emisyonlarındaki artış, küresel iklim sisteminde önemli değişikliklere yol açmakta ve bu değişikliklerin su kaynakları üzerindeki etkileri giderek belirginleşmektedir. İklim değişikliği, yağışın zamansal ve mekânsal dağılımında önemli değişimlere neden olarak bölgesel ve yerel ölçekte su kaynaklarının yönetiminde yeni zorluklar ortaya çıkarmaktadır (Wang ve Liu, 2023). Bu süreç aynı zamanda hidrolojik düzensizlikler aracılığıyla yeraltı su kaynakları ve akarsu akımları üzerinde de etkili olmaktadır. Akarsu akımları, havzaların hidrolojik rejimini doğrudan yansıtan temel göstergelerden biridir. Akarsu akımlarının oluşumu ve değişimi büyük ölçüde hidroklimatolojik koşullar tarafından belirlenmekte olup, akım özellikleri akarsu ekosistemlerinin ve habitat yapısının şekillenmesinde belirleyici bir rol oynamaktadır. Son yıllarda gerçekleştirilen çalışmalar, sıcaklık ve yağış gibi iklim değişkenleri ile akım arasındaki ilişkilerin istatistiksel yöntemlerle analiz edilmesinin hidrolojik süreçlerin anlaşılmasına önemli katkılar sağladığını ortaya koymaktadır (Akbaş ve Özdemir, 2018; Chen vd., 2016; Coşkun ve İrdem, 2022; Çelik, 2010; Esen, 2021; Gentilucci vd., 2023; İrdem, 2023; Palta vd., 2019; Panditharathne vd., 2023; Soydan vd., 2016; Sütgibi, 2015; Tağıl ve Alevkayalı, 2014; Türkeş ve Acar Deniz, 2011).

Türkiye'nin kuzeyinde yer alan Karadeniz Bölgesi, yüksek yağış miktarı ve nemli iklim özellikleri nedeniyle ülkenin önemli su kaynaklarına sahiptir. Dağlık topoğrafyası, kısa mesafelerde belirgin yükselti farklarına sahip olması ve yağışın yıl geneline yayılmış olması bölgede çok sayıda akarsu sisteminin oluşmasına olanak sağlamaktadır. Bu akarsular, bölgenin hidrolojik yapısının şekillenmesinde ve ekosistem çeşitliliğinin korunmasında önemli rol oynamaktadır. Bu bölgede yer alan Devrekani Çayı Havzası, Batı Karadeniz'in önemli akarsu sistemlerinden biri olup akım rejimi büyük ölçüde sıcaklık ve yağış gibi meteorolojik faktörlerin etkisi altında şekillenmektedir. Bu nedenle havzadaki hidroklimatik değişkenler arasındaki ilişkilerin ortaya konulması, akarsu rejiminin anlaşılması ve su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi açısından önem taşımaktadır.

Devrekani Çayı Havzası'nın yukarı kesimi, bölgenin önemli su kaynaklarından biri olmasına rağmen, sıcaklık, yağış ve akım değişkenleri arasındaki ilişkileri mevsimsel ölçekte inceleyen ve bu değişkenlerin uzun dönemli eğilimleri ile olası rejim değişimlerini birlikte değerlendiren kapsamlı hidroklimatik çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu nedenle çalışma

alanındaki hidroklimatik değişkenler arasındaki ilişkilerin ve uzun dönemli değişimlerin ortaya konulması önem taşımaktadır.

Bu çalışma, Devrekani Çayı Havzası'nın yukarı kesiminde sıcaklık, yağış ve akım değişkenlerinin mevsimsel özelliklerini, aralarındaki ilişkileri ve uzun dönemli eğilimlerini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Bu kapsamda hidroklimatik değişkenlerin zamansal ve mevsimsel değişkenliği analiz edilmiş, değişkenler arasındaki ilişkiler korelasyon yöntemleriyle incelenmiş, uzun dönemli eğilimler ve olası rejim değişimleri ise trend ve kırılma analizleri yardımıyla değerlendirilmiştir.

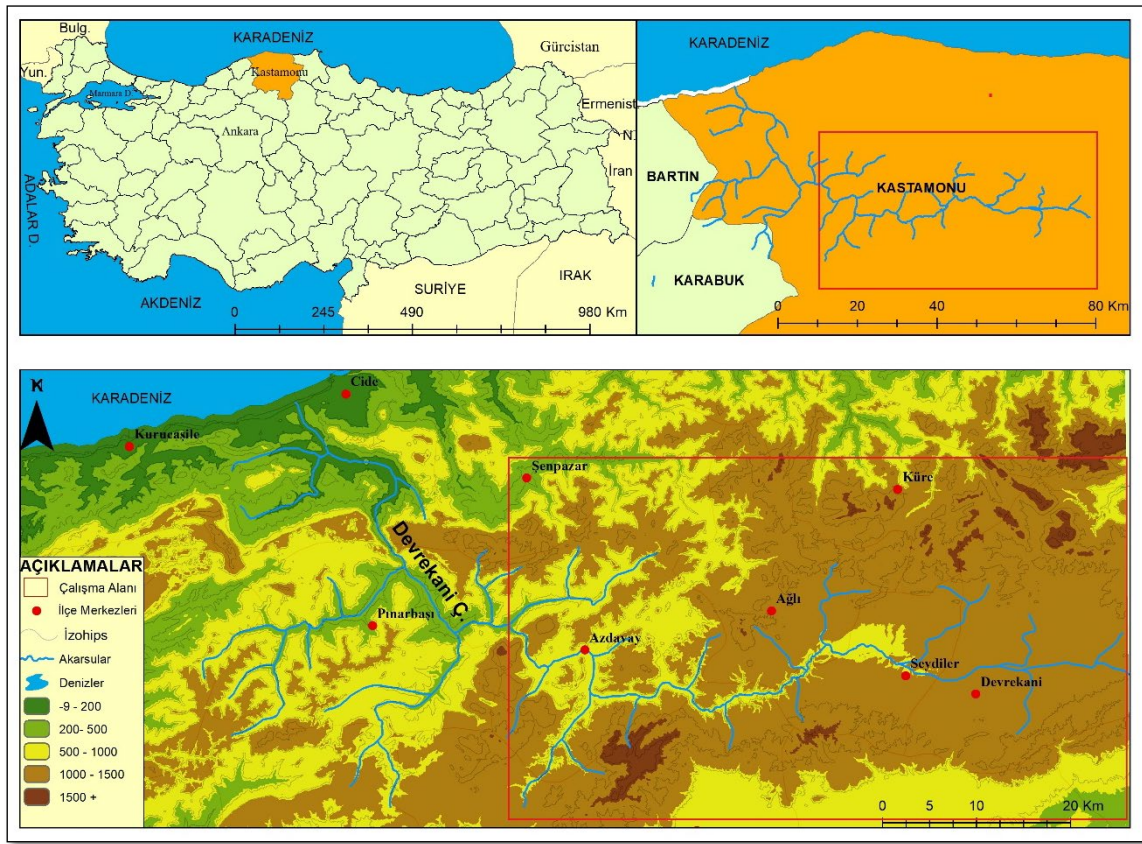
Çalışma sonucunda elde edilen bulguların, havzadaki hidrolojik süreçlerin daha iyi anlaşılmasına katkı sağlaması, akarsu akımlarının iklim değişkenlerine duyarlılığının ortaya konulması ve bölgedeki su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimine yönelik bilimsel bir temel oluşturması beklenmektedir. Ayrıca sonuçların, benzer hidroklimatik özelliklere sahip havzalarda gerçekleştirilecek karşılaştırmalı çalışmalar için karşılaştırma olanağı sunacağı değerlendirilmektedir.

Materyal ve Yöntem

Çalışma Alanı

Bu çalışma, Karadeniz Bölgesi'nin Batı Karadeniz Bölümü'nde yer alan Devrekani Çayı Havzası'nın yukarı kesiminde gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Havza, kıyı kesimlerinde etkili olan nemli Karadeniz iklimi ile iç kesimlerde görülen karasal iklim özellikleri arasında bir geçiş kuşağında yer almakta olup topoğrafik olarak engebeli bir yapı sergilemektedir. Bu durum, sıcaklık ve yağış rejimlerinin şekillenmesinin yanı sıra yağışın mekânsal dağılımı ve yüzey akış süreçleri üzerinde de belirleyici bir rol oynamaktadır.

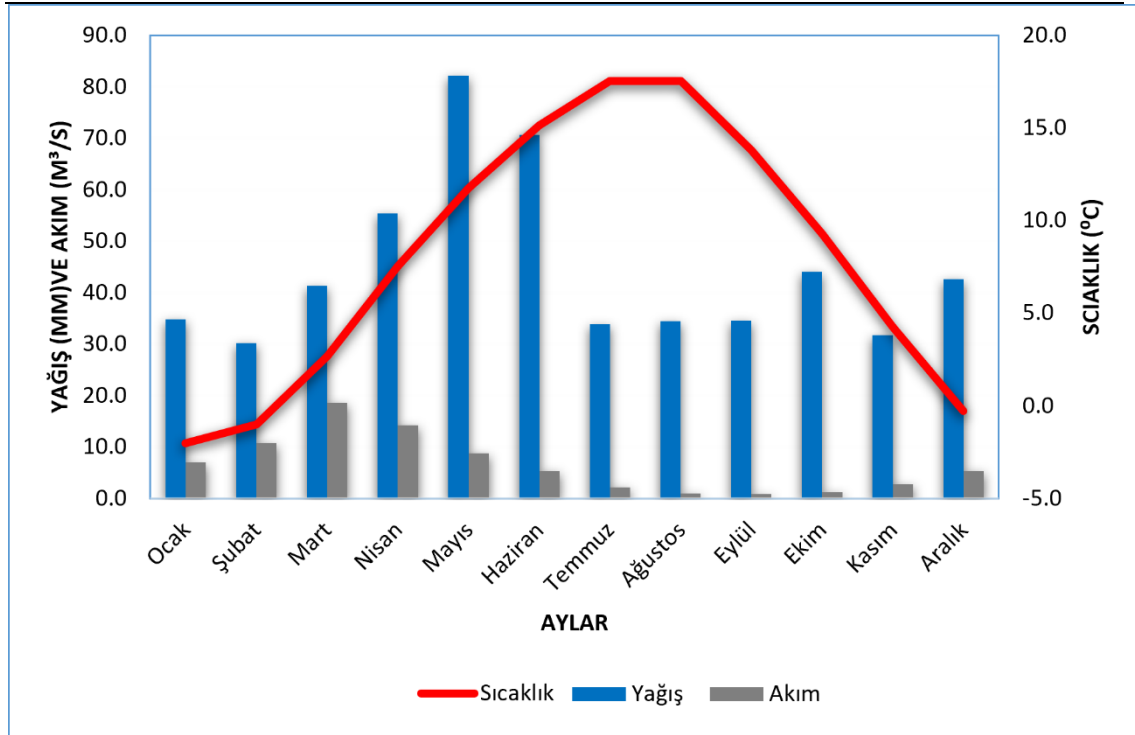
Devrekani Çayı Havzası kuzeyde Karadeniz, doğu ve güneydoğuda Gökırmak Havzası, güneyde Araç Çayı Havzası ve batıda Bartın Çayı Havzası ile çevrilidir. Çalışma sahası idari bakımdan Devrekani, Daday, Ağlı, Seydiler, Pınarbaşı, Azdavay ve Cide ilçelerinin bir kısmını kapsamaktadır (Öztürk vd., 2011). Devrekani Çayı'nın Küre Dağları'nı yararak oluşturduğu Valla Kanyonu, yaklaşık 800 m derinliği ve 12 km uzunluğu ile bölgenin dikkat çekici jeomorfolojik unsurlarından biridir. Çalışma sahası içerisinde yer alan Beyler, Kulaksızlar ve Küre Çatak barajları ise sulama ve içme suyu temini açısından önemli işlevlere sahiptir (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2023).



Şekil 1. Çalışma sahasının lokasyon haritası.

Çalışma sahasının hidroklimatik özellikleri incelendiğinde, belirgin bir mevsimsellik dikkat çekmektedir (Şekil 2). Aylık ortalama sıcaklıklar kış aylarında 0 °C civarında ve altında iken yaz aylarında yaklaşık 18 °C civarına ulaşmaktadır. Yağışlar yıl boyunca devam etmekle birlikte özellikle ilkbahar aylarında artış göstermekte ve mayıs ayında maksimum değere ulaşmaktadır. Buna karşılık yaz aylarında yağış miktarında azalma gözlenmektedir.

Akım rejimi mevsimsel iklim özellikleriyle yakından ilişkilidir (Şekil 2). En yüksek akım değerleri ilkbahar döneminde, özellikle mart ayında (~18,6 m³/s) gözlenirken, yaz sonu ve sonbahar başında akımlar minimum seviyelere (~1 m³/s) düşmektedir. İlkbahar aylarında artan akımlar, yağışların yanı sıra yüksek kesimlerde biriken kar örtüsünün erimesinin de etkili olabileceğini düşündürmektedir. Ayrıca Şekil 2’de yağış ile akım arasındaki gecikmeli ilişki dikkat çekmektedir. Yağış mayıs ayında zirve yaparken buna karşılık akımın daha erken, mart ayında maksimuma ulaşması, havzada kar birikiminin ve erimenin önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Bu belirgin mevsimsel hidroklimatik yapı, Devrekani Çayı Havzası’nı iklim-akım ilişkilerinin incelenmesi açısından uygun bir çalışma alanı haline getirmektedir.



Şekil 2. Devrekani Meteoroloji İstasyonu (sıcaklık ve yağış) ile Azdavay Akım Gözlem İstasyonu'na ait aylık ortalama değerlerin mevsimsel dağılımı.

Veri Analizi

Bu çalışmada sıcaklık, yağış ve akım verileri kullanılmıştır. Sıcaklık ve yağış verileri, çalışma alanını temsil eden uzun dönemli ve kesintisiz gözlem serisine sahip Devrekani Meteoroloji İstasyonu'ndan temin edilmiş olup 1978-2025 dönemini kapsamaktadır. Akım verileri ise Devrekani Çayı üzerindeki Azdavay Akım Gözlem İstasyonu'ndan elde edilmiş ve 1978-2011 dönemine aittir. Değişkenler arasındaki ilişkilerin karşılaştırılabilir biçimde değerlendirilmesi amacıyla korelasyon analizleri, tüm veri setlerinin ortak olduğu 1978-2011 dönemi üzerinden gerçekleştirilmiştir.

Hidroklimatik değişkenlerin mevsimsel davranışlarını ortaya koymak amacıyla veriler mevsimlik ölçeğe dönüştürülmüştür. Mevsimler kış (aralık–ocak–şubat), ilkbahar (mart–nisan–mayıs), yaz (haziran–temmuz–ağustos) ve sonbahar (eylül–ekim–kasım) olarak tanımlanmıştır. Kış mevsimi serileri, aralık ayının bir sonraki yılın ocak ve şubat aylarıyla birlikte değerlendirilmesiyle oluşturulmuştur. Bu nedenle 1978-2010 dönemi için kış mevsimine ait gözlem sayısı diğer mevsimlere göre bir yıl daha azdır ($n = 33$). Mevsimlik hesaplamalarda sıcaklık ve akım için aritmetik ortalamalar, yağış için ise toplam değerler kullanılmıştır.

Hidroklimatik değişkenlerin mevsimsel dağılım özelliklerini belirlemek amacıyla tanımlayıcı istatistikler hesaplanmış ve veri dağılımları kutu grafikler (boxplot) şeklinde görselleştirilmiştir. Bu kapsamda medyan, çeyrekler arası aralık (IQR), minimum–maksimum değerler ve aykırı gözlemler değerlendirilmiştir. Mevsimler arasındaki farklılıkların istatistiksel anlamlılığı parametrik olmayan Kruskal-Wallis Testi ile incelenmiştir (Kruskal & Wallis, 1952). Ayrıca Kruskal-Wallis Testi sonuçlarının etki büyüklüğünü değerlendirmek amacıyla eta-kare (η^2) değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen eta-kare değerleri; $\eta^2 = 0,01$ için 'küçük', $\eta^2 = 0,06$ için 'orta' ve $\eta^2 = 0,14$ ve üzeri için 'yüksek' etki büyüklüğü anlamına gelecek şekilde yorumlanmıştır (Green ve Salkind, 2005).

Akım ile iklim değişkenleri (sıcaklık ve yağış) arasındaki ilişkileri belirlemek amacıyla, sürekli değişkenler arasındaki doğrusal ilişkinin yönünü ve derecesini belirlemede yaygın olarak kullanılan Pearson Korelasyon Analizi uygulanmıştır (Keskin ve Özsoy, 2004). Pearson Korelasyon Analizi'ne ek olarak, değişkenler arasındaki monoton ilişkilerin değerlendirilmesi amacıyla Spearman sıra korelasyon katsayıları da hesaplanmıştır (Spearman, 1904). Analizler mevsimlik veriler üzerinden ve ortak veri dönemi olan 1978-2011 yılları arası için

gerçekleştirilmiş, korelasyon katsayılarının istatistiksel anlamlılığı $p < 0,05$ düzeyine göre değerlendirilmiştir.

Zaman serilerindeki uzun dönemli eğilimleri belirlemek amacıyla parametrik olmayan Mann-Kendall Trend Testi uygulanmıştır (Mann, 1945; Kendall, 1975). Trendlerin yönünü ve büyüklüğünü belirlemek için ise iklim değişikliği ve hidro-meteorolojik çalışmalarda yaygın olarak kullanılan, trendlerdeki lineer değişimin (eğimin) hesaplanmasına olanak sağlayan parametrik olmayan Sen eğim katsayısı yöntemi (Sen, 1968) kullanılmıştır (Yüce vd., 2018; Ergün vd., 2024). Trend analizleri akım verileri için 1978-2011, sıcaklık ve yağış verileri için ise 1978-2025 dönemleri kapsamında gerçekleştirilmiştir.

Zaman serilerinde anlamlı bir değişim veya kırılma noktası bulunup bulunmadığını belirlemek amacıyla Pettitt (1979) tarafından geliştirilen parametrik olmayan Pettitt Kırılma Testi uygulanmıştır. Bu yöntem hidroklimatik zaman serilerindeki değişim noktalarının belirlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Çelik vd., 2025). Analiz sonucunda kırılma yılı, Pettitt istatistiği (U) ve anlamlılık düzeyi (p) hesaplanmış ve $p < 0,05$ durumunda istatistiksel olarak anlamlı kırılma kabul edilmiştir.

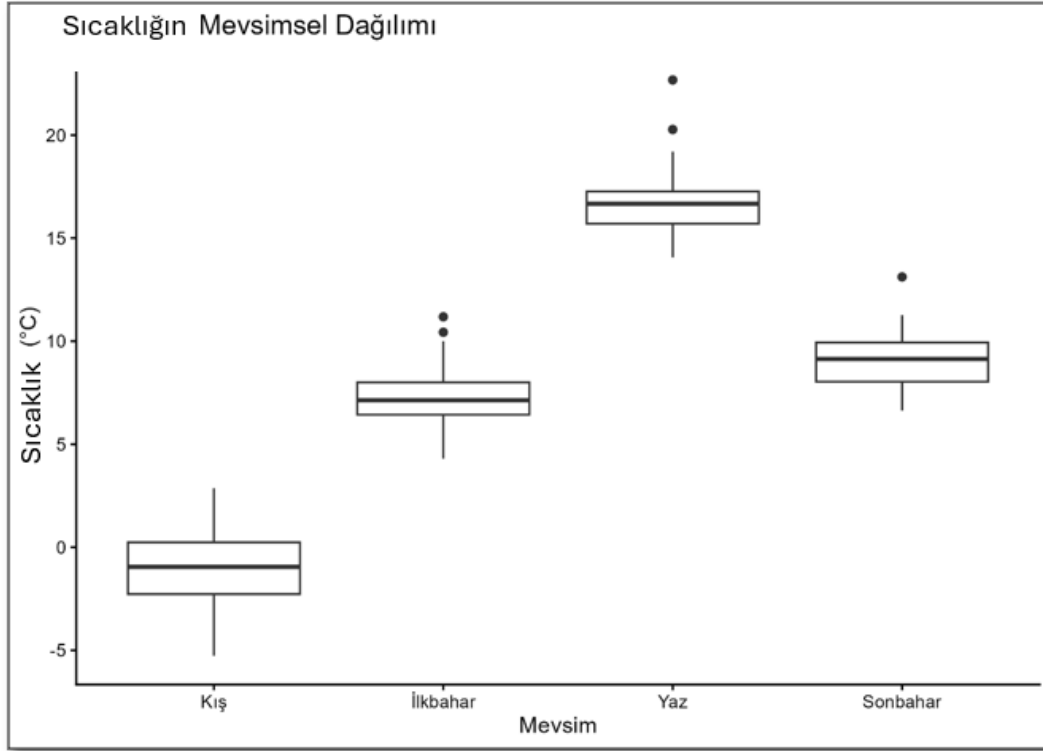
Tüm istatistiksel analizler R yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Korelasyon (Pearson ve Spearman) ve grup karşılaştırma (Kruskal-Wallis) analizleri temel *stats* paketi ile yürütülmüş, Kruskal-Wallis etki büyüklüğü (η^2) hesaplamalarında *rstatix* paketinden yararlanılmıştır. Mann-Kendall trend testi ve Pettitt kırılma analizi *trend* paketi kullanılarak uygulanmıştır. Grafikler ise *ggplot2* paketi aracılığıyla oluşturulmuştur (R Core Team, 2025; version 4.5.2).

Bulgular

Sıcaklık ve Yağış ile Akımın Mevsimsel Özellikleri

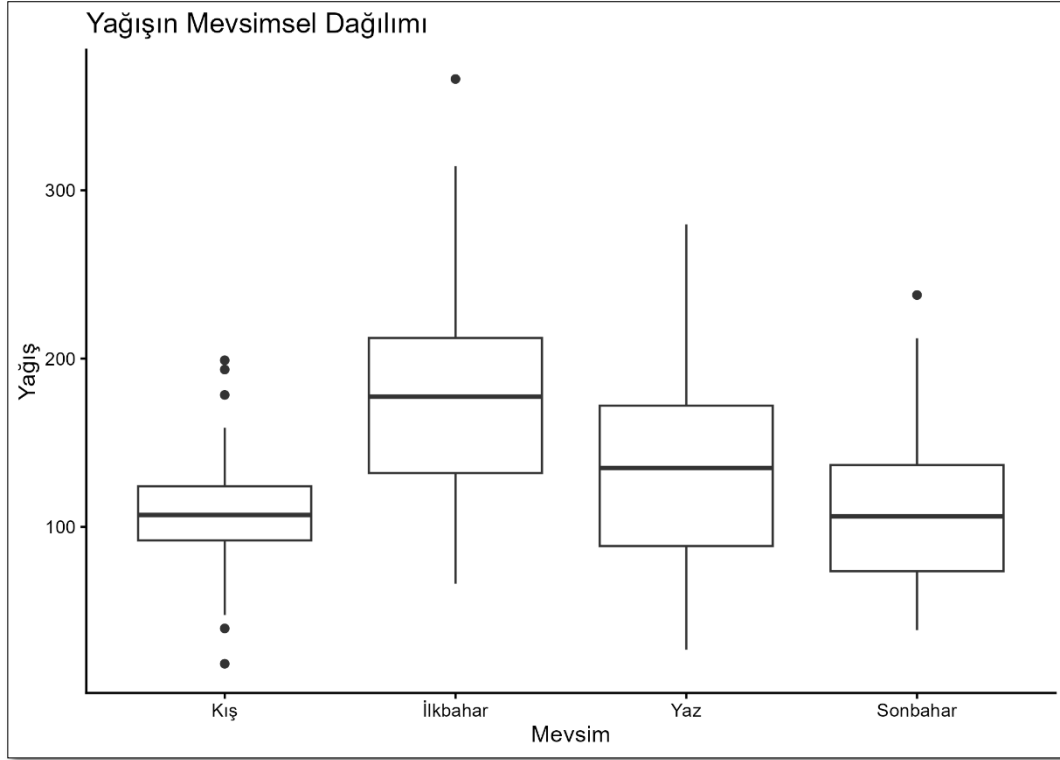
Devrekani Çayı Havzası'nın yukarı kesiminde hidroklimatik koşulların mevsimsel özelliklerini ortaya koymak amacıyla sıcaklık, yağış ve akım verileri mevsimlik ölçekte değerlendirilmiştir. Mevsimsel sınıflandırmada kış (aralık-ocak-şubat), ilkbahar (mart-nisan-mayıs), yaz (haziran-temmuz-ağustos) ve sonbahar (eylül-ekim-kasım) dönemleri esas alınmıştır. Sıcaklık, yağış ve akım değişkenlerinin mevsimsel dağılımları sırasıyla Şekil 3, Şekil 4 ve Şekil 5'te sunulmuştur.

Hidroklimatik koşulların mevsimsel dağılımını ortaya koymak amacıyla oluşturulan kutu grafikleri, sıcaklık değerlerinin yıl içerisinde belirgin bir mevsimsel değişim gösterdiğini ortaya koymaktadır (Şekil 3). En düşük sıcaklık değerleri kış mevsiminde, en yüksek sıcaklık değerleri ise yaz mevsiminde gözlenmiştir. İlkbahar ve sonbahar mevsimleri sıcaklık bakımından geçiş karakteri sergilemekte olup, sıcaklık değerleri bu mevsimlerde daha ılıman aralıklarda dağılım göstermektedir. Kış mevsiminde sıcaklık değerleri çoğunlukla sıfırın altında veya sıfıra yakın değerler etrafında yoğunlaşırken, yaz mevsiminde medyan sıcaklık değerinin belirgin biçimde yükseldiği ve dağılımın daha yüksek sıcaklık aralıklarında gerçekleştiği görülmektedir. Ayrıca bazı mevsimlerde gözlenen aykırı değerler, belirli yıllarda ekstrem sıcaklık koşullarının yaşanmış olabileceğine işaret etmektedir. Kruskal-Wallis Testi sonuçları, sıcaklık değerlerinin mevsimler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur ($p < 0,001$).



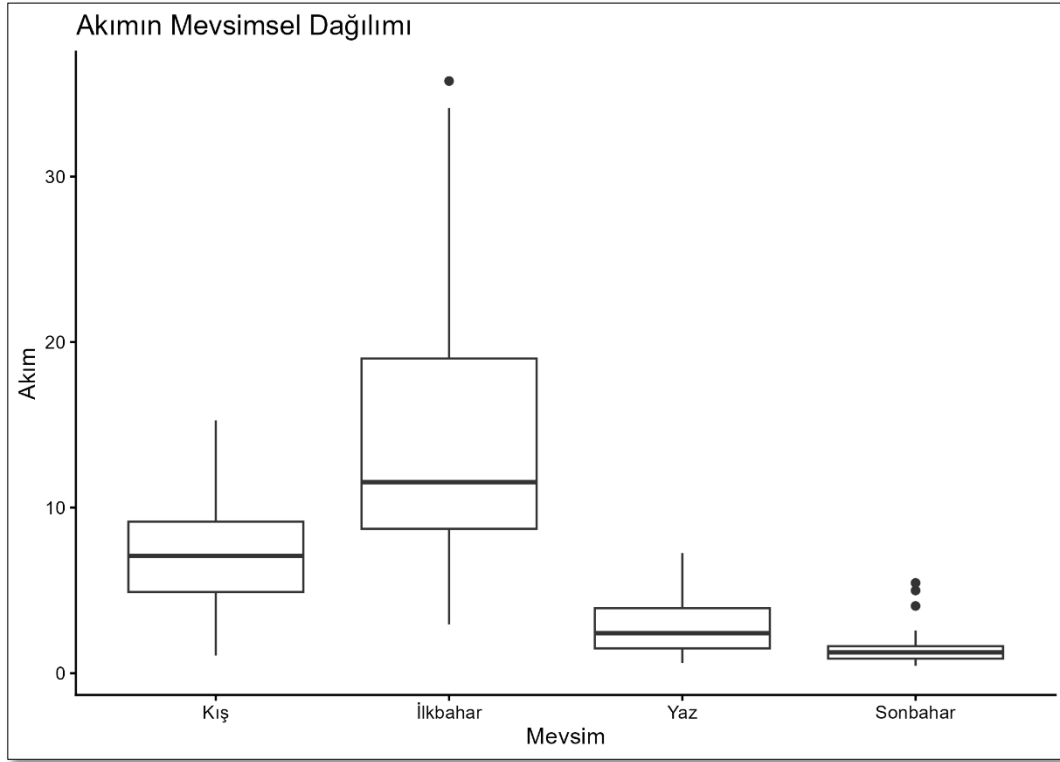
Şekil 3. Devrekani Çayı Havzası’nda sıcaklık değerlerinin mevsimsel dağılımını gösteren kutu grafikleri. Kutular çeyrekler arası aralığı (Q1–Q3), kutu içindeki yatay çizgi medyan değeri, kutudan uzanan çizgiler minimum ve maksimum değerleri, noktalar ise aykırı değerleri göstermektedir.

Yağışların mevsimsel dağılımı incelendiğinde, havzada yıl içerisinde belirgin farklılıklar gösterdiği görülmektedir (Şekil 4). Yağışların özellikle kış ve sonbahar mevsimlerinde görece yüksek olduğu, yaz mevsiminde ise belirgin şekilde azaldığı belirlenmiştir. Kutu grafikleri, yağış değerlerinin mevsimler arasında farklı dağılım özelliklerini sergilediğini ortaya koymaktadır. Ayrıca bazı mevsimlerde gözlenen aykırı değerler, belirli yıllarda ekstrem yağış koşullarının yaşanmış olabileceğine işaret etmektedir.



Şekil 4. Devrekani Çayı Havzası'nda yağış değerlerinin mevsimlere göre dağılımı. Kutu grafikleri yağış miktarlarının mevsimsel değişimini göstermektedir. Kutular çeyrekler arası aralığı (Q1–Q3), kutu içindeki yatay çizgi medyan değeri, kutudan uzanan çizgiler minimum ve maksimum değerleri, noktalar ise aykırı değerleri göstermektedir.

Akım değerleri incelendiğinde Devrekani Çayı'nın yukarı kesiminde akım rejiminin mevsimsel olarak değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Akımların özellikle kış ve ilkbahar mevsimlerinde daha yüksek olduğu, yaz ve sonbahar mevsimlerinde ise azaldığı belirlenmiştir. Bu durum akım rejiminin büyük ölçüde yağış koşullarına bağlı olduğunu göstermektedir. Kış ve ilkbahar mevsimlerinde gerçekleşen yağışların yüzey akışı ve yeraltı suyu yoluyla akarsulara taşınması, ayrıca ilkbahar mevsiminde yağışlarla birlikte kar erimelerinin de katkısı ile bu dönemlerde akım değerlerinin artmasına neden olmaktadır. Akım değerlerinin mevsimsel dağılımı Şekil 5'te gösterilmektedir.



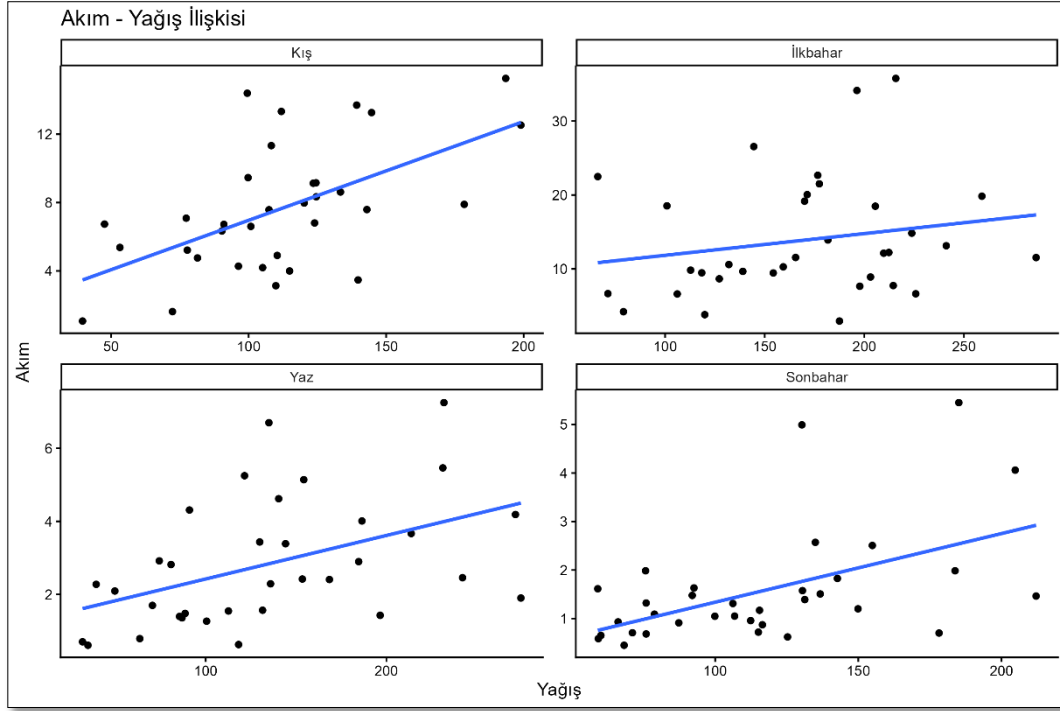
Şekil 5. Devrekani Çayı Havzası'nda akım değerlerinin mevsimlere göre dağılımı. Kutular çeyrekler arası aralığı (Q1–Q3), kutu içindeki yatay çizgi medyan değeri, kutudan uzanan çizgiler minimum ve maksimum değerleri, noktalar ise aykırı değerleri göstermektedir.

Mevsimler arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını değerlendirmek amacıyla uygulanan Kruskal-Wallis Testi sonuçları, sıcaklık, yağış ve akım değişkenlerinin tümünde mevsimler arasında anlamlı farklılıklar bulunduğunu göstermiştir ($p < 0,001$). Hesaplanan eta kare (η^2) değerleri, mevsimselliğin sıcaklık ($\eta^2 = 0,881$) ve akım ($\eta^2 = 0,674$) üzerinde çok yüksek, yağış üzerinde ise yüksek düzeyde ($\eta^2 = 0,140$) etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Bu sonuçlar, çalışma alanındaki hidroklimatik koşulların güçlü bir mevsimsel kontrol altında şekillendiğini göstermektedir.

Akım ile İklim Değişkenleri Arasındaki Mevsimsel İlişkiler

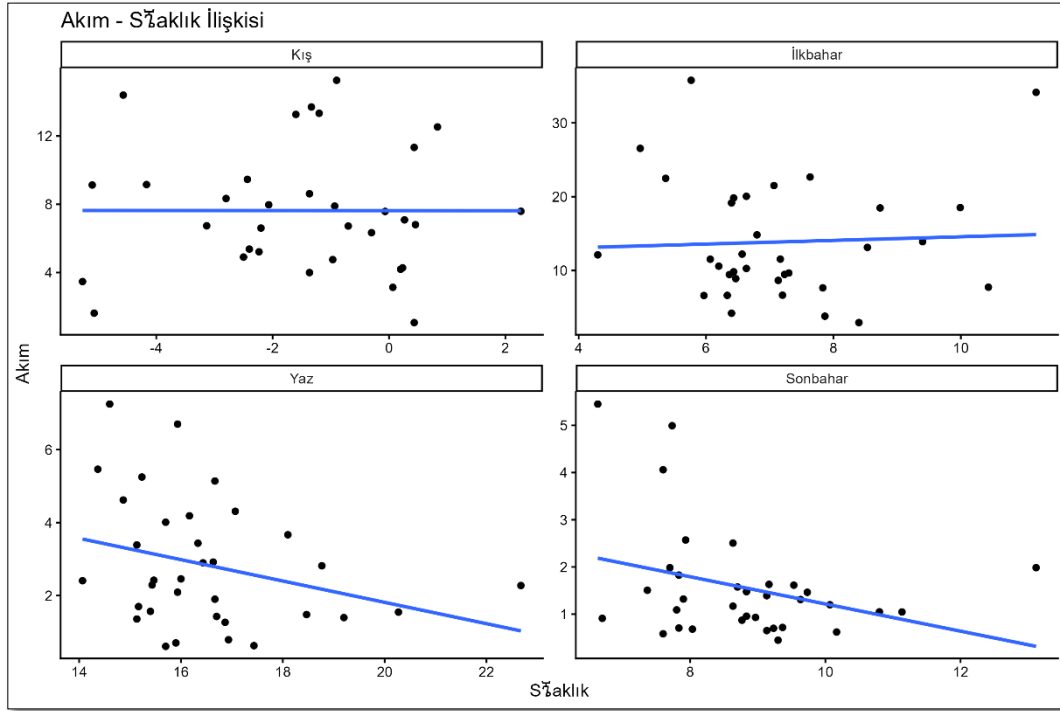
Akım ile iklim değişkenleri arasındaki ilişkileri belirlemek amacıyla sıcaklık, yağış ve akım verileri arasında Pearson Korelasyon Analizi uygulanmıştır. Korelasyon analizleri tüm veri setlerinin ortak olduğu 1978-2011 dönemi için gerçekleştirilmiştir. Mevsimlik korelasyon katsayıları Tablo 1 ile sırasıyla Şekil 6, Şekil 7 ve Şekil 8'de sunulmuştur.

Analiz sonuçları, yağış ile akım arasında bazı mevsimlerde istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler bulunduğunu göstermektedir. Kış mevsiminde yağış ile akım arasında pozitif yönde ve yüksek düzeyde anlamlı bir ilişki belirlenmiştir ($r = 0,571$, $p < 0,01$). Yaz ve sonbahar mevsimlerinde de yağış ile akım arasında sırasıyla orta düzeyde pozitif ve anlamlı ilişkiler tespit edilmiştir ($r = 0,463$ ve $r = 0,517$; $p < 0,01$). Buna karşılık ilkbahar mevsiminde yağış ile akım arasındaki ilişki pozitif olmakla birlikte istatistiksel olarak anlamlı değildir ($r = 0,197$, $p > 0,05$). Spearman sıra korelasyon analizi sonuçları da Pearson korelasyon sonuçlarıyla büyük ölçüde uyumlu olup, ilişkilerin yönü ve anlamlılığı açısından benzer bulgular ortaya koymuştur (Tablo 1, Şekil 6 ve Şekil 8).



Şekil 6. Devrekani Çayı Havzası'nda yağış ile akım arasındaki mevsimsel ilişkiler. Noktalar her yıl için hesaplanan mevsimlik sıcaklık-akım değer çiftlerini, mavi çizgiler ise bu ilişkiyi temsil eden doğrusal regresyon eğilimlerini göstermektedir.

Sıcaklık ile akım arasındaki ilişkiler incelendiğinde genel olarak zayıf ve istatistiksel olarak anlamlı olmayan korelasyonlar gözlenmiştir. Kış ve ilkbahar mevsimlerinde sıcaklık ile akım arasında anlamlı bir ilişki tespit edilmemiştir. Buna karşılık yaz ve sonbahar mevsimlerinde sıcaklık ile akım arasında negatif yönlü ilişkiler belirlenmiştir (sırasıyla $r = -0,299$ ve $r = -0,322$). Her ne kadar bu ilişkiler istatistiksel olarak anlamlı olmasa da, sıcaklık artışları ile akım değerleri arasında ters yönlü bir eğilimin bulunduğu görülmektedir. Spearman sıra korelasyon analizi sonuçları da Pearson korelasyon sonuçlarıyla uyumlu olup, sıcaklık ile akım arasındaki ilişkilerin genel olarak zayıf düzeyde ve istatistiksel olarak anlamsız olduğunu göstermektedir (Tablo 1, Şekil 7 ve Şekil 8).



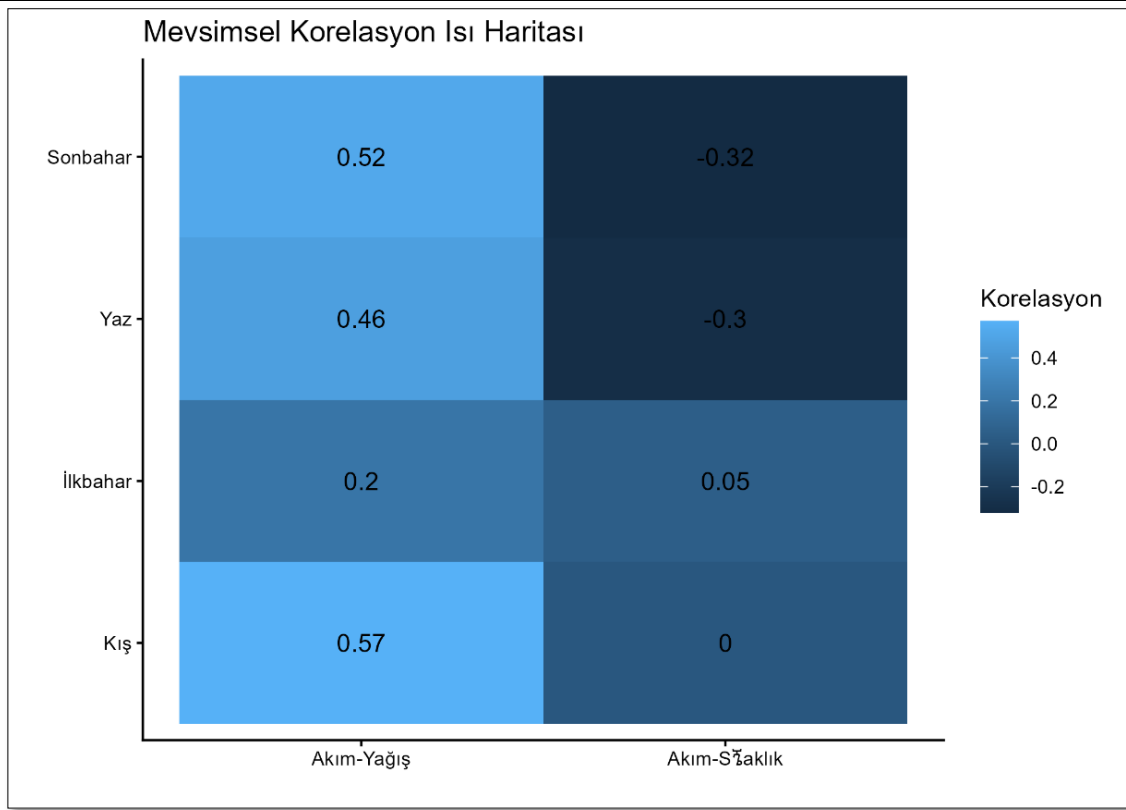
Şekil 7. Devrekani Çayı Havzası'nda sıcaklık ile akım arasındaki mevsimsel ilişkiler. Paneller kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerini göstermektedir. Noktalar her yıl için hesaplanan mevsimlik sıcaklık-akım değer çiftlerini, mavi çizgiler ise bu ilişkiyi temsil eden doğrusal regresyon eğilimlerini göstermektedir.

Tablo 1. Devrekani Çayı Havzası'nda akım ile sıcaklık ve yağış arasındaki mevsimsel korelasyon sonuçları (1978-2011)

Mevsim	n	Akım-Sıcaklık r	p	Spearman ρ	p	Akım - Yağış r	p	Spearman ρ	p
Kış	33	-0,001	0,998	-0,041	0,822	0,571	0,001	0,530	0,002
İlkbahar	34	0,046	0,796	-0,123	0,496	0,197	0,263	0,240	0,179
Yaz	34	-0,299	0,086	-0,286	0,107	0,463	0,006	0,523	0,002
Sonbahar	34	-0,322	0,064	-0,259	0,145	0,517	0,002	0,530	0,002

Not: r: Pearson korelasyon katsayısı; ρ : Spearman sıra korelasyon katsayısı; p: istatistiksel anlamlılık düzeyi; n: gözlem sayısı. Pearson korelasyon katsayısı değişkenler arasındaki doğrusal ilişkiyi, Spearman sıra korelasyon katsayısı ise değişkenler arasındaki monoton ilişkiyi ifade etmektedir. $p < 0,05$ düzeyindeki ilişkiler istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

Sıcaklık ve yağış ile akım arasındaki mevsimsel ilişkiler grafiksel olarak Şekil 7 ve Şekil 8'de gösterilmektedir. Korelasyon katsayılarının mevsimsel dağılımı ise Şekil 9'da sunulan korelasyon ısı haritasında özetlenmektedir.



Şekil 8. Devrekani Çayı Havzası'nda hidroklimatik değişkenler (sıcaklık ve yağış) ile akım arasındaki mevsimsel korelasyon katsayılarının ısı haritası. Hücrelerde Pearson korelasyon katsayıları gösterilmektedir.

Sıcaklık ve Yağış ile Akımın Mevsimsel Trendleri

Devrekani Çayı Havzası'nın yukarı kesiminde hidroklimatik değişkenlerin uzun dönemli eğilimlerini belirlemek amacıyla sıcaklık, yağış ve akım verileri için Mann-Kendall trend testi uygulanmış ve trendlerin büyüklüğü Sen eğim katsayısı kullanılarak hesaplanmıştır. Trend analizlerinde veri serilerinin kapsadığı dönemler dikkate alınmıştır. Buna göre akım verileri için analizler 1978-2011, sıcaklık ve yağış verileri için ise 1978-2025 dönemleri için gerçekleştirilmiştir. Trend analizine ilişkin ayrıntılı sonuçlar Tablo 2'de sunulmuştur.

Sıcaklık trendleri incelendiğinde havzada özellikle yaz ve sonbahar mevsimlerinde belirgin artış eğilimleri bulunduğu görülmektedir. Yaz mevsiminde sıcaklık değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir artış trendi belirlenmiştir ($Z = 3,334$, $p < 0,01$). Sen eğim katsayısı yaz sıcaklıklarının yıllık ortalama yaklaşık $0,053$ °C arttığını göstermektedir. Benzer şekilde sonbahar mevsiminde de sıcaklık değerlerinde anlamlı bir artış eğilimi bulunmaktadır ($Z = 2,551$, $p < 0,05$). Buna karşılık kış ve ilkbahar mevsimlerinde sıcaklık değerlerinde artış yönünde eğilimler gözlenmesine rağmen bu eğilimler istatistiksel olarak anlamlı değildir (Tablo 2, Şekil 9).

Yağış trendleri değerlendirildiğinde ise havzada belirgin bir uzun dönemli eğilim bulunmadığı görülmektedir. Kış mevsiminde yağışlarda azalma yönünde bir eğilim belirlenmiş olmakla birlikte bu eğilim istatistiksel anlamlılık sınırına oldukça yakındır ($p \approx 0,05$). İlkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde ise yağış değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir trend tespit edilmemiştir (Tablo 2). Yağış serilerinin zaman içindeki değişimi Şekil 9'da sunulmuştur.

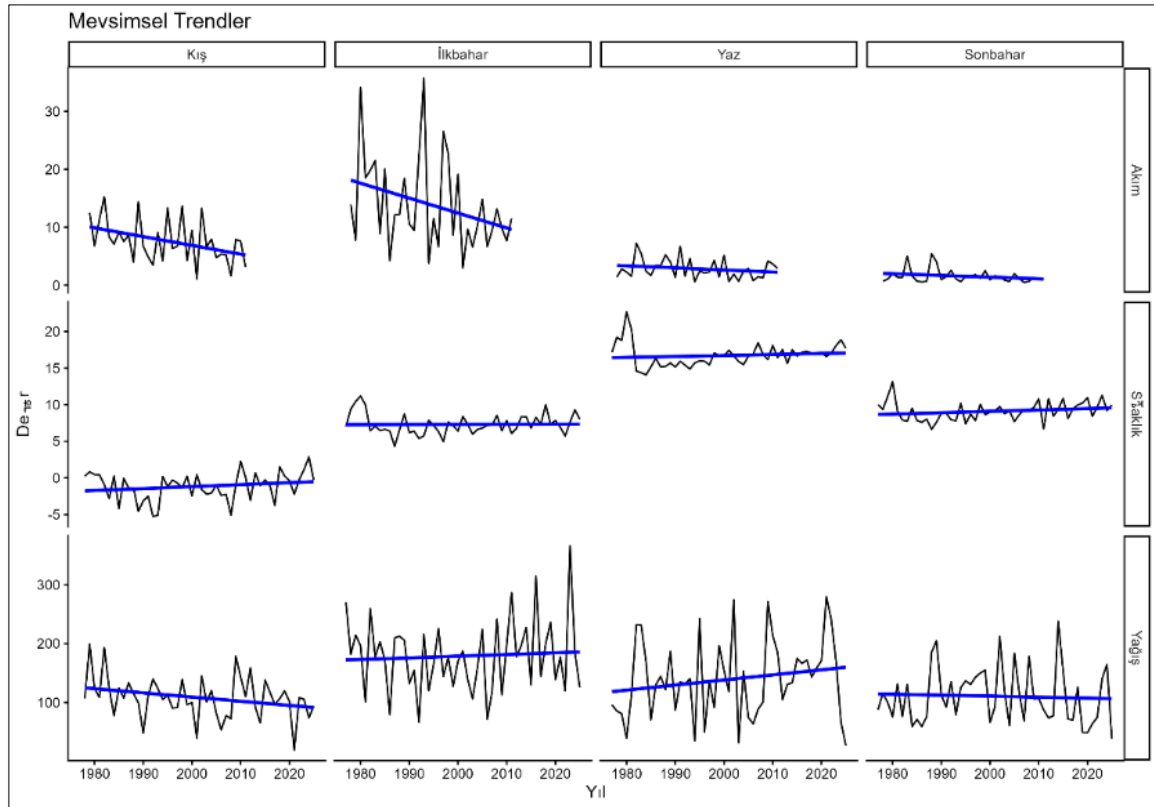
Akım trendleri incelendiğinde özellikle kış mevsiminde belirgin bir azalma eğilimi olduğu görülmektedir. Mann-Kendall testi sonuçlarına göre kış mevsiminde akım değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir azalma trendi belirlenmiştir ($Z = -2,278$, $p < 0,05$). Sen eğim katsayısı kış akımlarında yıllık ortalama $-0,147$ m³/s'lik bir azalma olduğunu göstermektedir. Buna karşılık ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde akım değerlerinde azalma yönünde eğilimler

bulunmasına rağmen bu eğilimler istatistiksel olarak anlamlı değildir (Tablo 2). Akım değerlerinin zaman içerisindeki değişimi Şekil 9'da gösterilmiştir.

Tablo 2. Devrekani Çayı Havzası'nın yukarı kesiminde sıcaklık, yağış ve akım değişkenlerinin mevsimsel Mann-Kendall trend analizi sonuçları

Değişken	Dönem	Mevsim	n	Z	p	Sen eğimi	Yorum
Sıcaklık	1978-2025	Kış	48	0,898	0,369	0,017	Anlamlı eğilim yok
		İlkbahar	48	1,102	0,270	0,015	Anlamlı eğilim yok
		Yaz	48	3,334	0,001	0,053	Anlamlı artış
		Sonbahar	48	2,551	0,011	0,036	Anlamlı artış
Yağış	1978-2025	Kış	48	-1,946	0,052	-0,560	Anlamlı eğilim yok
		İlkbahar	48	0,196	0,845	0,170	Anlamlı eğilim yok
		Yaz	48	1,413	0,158	1,064	Anlamlı eğilim yok
		Sonbahar	48	-0,693	0,488	-0,311	Anlamlı eğilim yok
Akım	1978-2011	Kış	33	-2,278	0,023	-0,147	Anlamlı azalış
		İlkbahar	34	-1,571	0,116	-0,193	Anlamlı eğilim yok
		Yaz	34	-0,860	0,390	-0,026	Anlamlı eğilim yok
		Sonbahar	34	-1,127	0,260	-0,012	Anlamlı eğilim yok

Not: Trendlerin istatistiksel anlamlılığı parametrik olmayan Mann-Kendall testi ile belirlenmiş, trend büyüklüğü ise Sen eğim katsayısı ile hesaplanmıştır. $p \leq 0,05$ olan değerler istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.



Şekil 9. Devrekani Çayı Havzası'nda sıcaklık, yağış ve akım serilerinin mevsimsel zaman içindeki değişimi ve doğrusal trendleri. Her bir panel ilgili değişken için (sıcaklık, yağış ve akım) kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerine ait zaman serilerini göstermektedir. Mavi çizgiler doğrusal trendleri temsil etmektedir.

Pettitt kırılma testi sonuçları, Devrekani Çayı Havzası'nda incelenen hidroklomatik değişkenlerin çoğunda istatistiksel olarak anlamlı bir rejim değişimi bulunmadığını göstermektedir (Tablo 3). Akım serileri açısından tüm mevsimlerde p değerlerinin 0,05'ten büyük

olması, incelenen dönemde akım rejiminde belirgin bir kırılma noktasının bulunmadığını ortaya koymaktadır. Bununla birlikte bazı mevsimlerde potansiyel kırılma yılları 1989, 1993, 1998 ve 2002 olarak belirlenmiş olsa da bu değişimler istatistiksel olarak anlamlı değildir (Tablo 3).

Çalışma sahasında yer alan Küre Çatak (1993), Beyler (1994) ve Kulaksızlar (2001) barajlarının işletmeye alınma tarihleri ile akım serilerinde belirlenen bazı potansiyel kırılma yılları (1989, 1993, 1998 ve 2002) arasında zamansal bir yakınlık bulunmaktadır. Ancak Pettitt testi sonuçlarına göre söz konusu kırılmalar istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p > 0,05$).

Sıcaklık serilerinde yalnızca yaz mevsiminde istatistiksel olarak anlamlı bir kırılma tespit edilmiştir ($p = 0,023$). Pettitt testi sonucunda yaz sıcaklıkları için belirlenen kırılma yılı 2005 olup, bu tarih serideki olası değişim noktasını temsil etmektedir. Buna karşılık kış, ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde sıcaklık serilerinde istatistiksel olarak anlamlı bir kırılma belirlenmemiştir (Tablo 3).

Yağış serileri incelendiğinde tüm mevsimlerde p değerlerinin 0,05'ten büyük olduğu görülmekte ve bu durum yağış rejiminde istatistiksel olarak anlamlı bir kırılma bulunmadığını göstermektedir. Her ne kadar 1995, 2007, 2008 ve 2015 yıllarının bazı mevsimlerinde olası kırılmalar belirlenmiş olsa da bu değişimlerin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı anlaşılmaktadır (Tablo 3).

Tablo 3. Devrekani Çayı Havzası'nda sıcaklık, yağış ve akım değişkenlerinin mevsimsel serilerinde belirlenen Pettitt kırılma noktası testi sonuçları.

Değişken	Mevsim	Gözlem sayısı (n)	Pettitt istatistiği (U)	P değeri	Kırılma yılı	Sonuç
Sıcaklık	Kış	48	205	0,214	2008	Anlamlı kırılma yok
Sıcaklık	İlkbahar	49	188	0,342	2012	Anlamlı kırılma yok
Sıcaklık	Yaz	49	299	0,023	2005	Anlamlı kırılma
Sıcaklık	Sonbahar	49	261	0,066	2006	Anlamlı kırılma yok
Yağış	Kış	48	192	0,282	1995	Anlamlı kırılma yok
Yağış	İlkbahar	49	126	0,905	2007, 2009	Anlamlı kırılma yok
Yağış	Yaz	49	214	0,203	2008	Anlamlı kırılma yok
Yağış	Sonbahar	49	176	0,425	2015	Anlamlı kırılma yok
Akım	Kış	33	118	0,209	1989	Anlamlı kırılma yok
Akım	İlkbahar	34	119	0,245	1998, 2000	Anlamlı kırılma yok
Akım	Yaz	34	100	0,454	1993	Anlamlı kırılma yok
Akım	Sonbahar	34	101	0,441	2002	Anlamlı kırılma yok

Not: U: Pettitt test istatistiği; p: anlamlılık düzeyi; kırılma yılı, Pettitt testi tarafından belirlenen olası değişim noktasını göstermektedir. Birden fazla kırılma yılı verilen durumlarda, Pettitt istatistiğinin maksimum değerinin ilgili yıllarda eşit hesaplanması nedeniyle birden fazla olası değişim noktası belirlenmiştir. Yalnızca $p \leq 0,05$ olan sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı kırılma olarak değerlendirilmiştir.

Genel olarak Pettitt kırılma testi sonuçları, Devrekani Çayı Havzası'nda incelenen hidroklimatik değişkenlerin büyük bölümünde istatistiksel olarak anlamlı bir değişim noktası bulunmadığını göstermektedir. Bununla birlikte yaz sıcaklıkları serisinde 2005 yılında istatistiksel olarak anlamlı bir kırılma tespit edilmiştir (Tablo 3).

Tartışma ve Sonuç

Devrekani Çayı Havzası'nın yukarı kesiminde gerçekleştirilen bu çalışmanın bulguları, sıcaklık, yağış ve akım gibi hidroklimatik değişkenlerin istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0,001$) biçimde güçlü bir mevsimsellik sergilediğini ortaya koymuştur. Havzada akım rejiminin büyük ölçüde yağış koşulları tarafından kontrol edildiği; özellikle kış ve ilkbahar mevsimlerindeki yüksek akımların yağışlar, yüzey ile yeraltı suyu katkısı ve ilkbahardaki kar erimeleriyle ilişkili olduğu görülmektedir. Nitekim çalışmada yağış ve akım arasında kış ($r = 0,571$, $p < 0,01$), sonbahar ($r = 0,517$, $p < 0,01$) ve yaz ($r = 0,463$, $p < 0,01$) mevsimlerinde istatistiksel olarak anlamlı pozitif ilişkiler tespit edilmiştir. Kış mevsiminde yüksek toprak nemi ve düşük evapotranspirasyon sayesinde yağışların önemli bir kısmının akarsulara ulaşması bu ilişkiyi güçlendirmektedir. Bu

bulgular, literatürdeki diğer havzalar için gerçekleştirilen çalışmalarla büyük bir uyum içindedir. Nitekim çalışma sahasına oldukça yakın bir konumda yer alan Karabük'teki Yenice Çayı üzerinde yapılan çalışmada da İrdem (2023), yağış ile akım arasında tüm aylarda pozitif yönde ilişkiler saptamış ve yağış şiddeti arttıkça akım değerlerinin belirgin şekilde yükseldiğini ortaya koymuştur. Benzer şekilde, Coşkun ve İrdem (2022) Melen Çayı'nda, Akbaş ve Özdemir (2018) Marmara Denizi havzasında ve Panditharathne vd. (2023) Nilwala Nehri Havzası'nda yağış ile akım arasında güçlü pozitif ilişkiler tespit etmişlerdir.

Sıcaklık ile akım arasındaki ilişki incelendiğinde ise, kış ve ilkbahar aylarında belirgin bir korelasyon bulunmazken, yaz ($r = -0,299$) ve sonbahar ($r = -0,322$) mevsimlerinde negatif yönlü ilişkiler belirlenmiştir. Bu durum istatistiksel olarak anlamlı olmasa da yaz aylarında sıcaklıkların artmasının evapotranspirasyon süreçlerini güçlendirerek havzanın hidrolojik rejimi üzerinde suyu azaltıcı dolaylı etkiler yarattığına işaret etmektedir. Bu tespit, Batı Karadeniz Bölgesi'nin genel hidrolojik karakteriyle bütünüyle örtüşmektedir; örneğin İrdem (2023), Yenice Çayı havzasında nisan-kasım döneminde sıcaklıklar ile günlük akım değerleri arasında buharlaşma artışına bağlı olarak negatif korelasyonlar tespit etmiştir. Yine Bingöl'de sıcaklık ile akım arasında negatif bir ilişki bulan Esen (2021) ve İzmir çevresinde yaz aylarındaki sıcaklık artışlarının akım değerlerini olumsuz etkilediğini vurgulayan Çelik (2010) tarafından yürütülen araştırmalar, sıcaklık-buharlaşma-akım mekanizmasının genel geçerliliğini desteklemektedir.

Havzadaki uzun dönemli hidrolojik eğilimler (1978-2011 dönemi) değerlendirildiğinde, özellikle kış mevsimi akım değerlerinde yıllık ortalama $0,147 \text{ m}^3/\text{s}$ 'lik istatistiksel olarak anlamlı bir azalma eğilimi saptanmıştır ($Z = -2,278$, $p < 0,05$). Akımlardaki bu düşüş, kış yağışlarında istatistiksel anlamlılık sınırına çok yakın olan azalma eğilimi ($p \approx 0,05$) ile yakından bağlantılı görülmektedir. Kış yağışlarında tespit edilen bu azalış, Partal ve Kahya (2006)'nın Türkiye genelinde ve özellikle Karadeniz kıyı kuşağında kış aylarında tespit ettikleri belirgin yağış düşüşleriyle doğrudan örtüşmektedir. Ay (2020) da Kastamonu, Bartın ve çevre illerdeki yağış serilerinde yıllık bazda istatistiksel olarak anlamlı bir trend bulunmadığını, ancak dönemsel azalış eğilimlerinin görülebildiğini rapor etmiştir. Dünyadan Gentilucci vd. (2023) Yukarı Potenza Havzası'nda ve Chen vd. (2016) Huangfuchuan Havzası'nda benzer şekilde akış serilerinde azalma eğilimleri tespit etmişlerdir. Türkiye ölçeğinde ise Sütgibi (2015) Büyük Menderes Havzası'nda kış mevsiminde anlamlı bir azalma eğilimi bulurken, Türkes ve Acar Deniz (2011) Güney Marmara'da kış yağışlarındaki azalmanın akımlarda belirgin düşüşlere yol açtığını ifade etmiştir. Buna karşın, diğer mevsimlerde yağışlarda anlamlı bir uzun dönemli trend bulunmaması, Tağil ve Alevkayalı (2014) ile Soydan vd. (2016)'nın yağış eğilimlerinde anlamlı değişim olmamasına rağmen buharlaşmaya bağlı olarak akımlarda dönemsel azalışlar görüldüğü yönündeki bulgularıyla uyumaktadır.

Çalışmanın en dikkat çekici sonuçlarından biri ise, yaz ve sonbahar sıcaklıklarında tespit edilen ivmeli artış eğilimleridir (sırasıyla $Z = 3,334$, $p < 0,01$ ve $Z = 2,551$, $p < 0,05$). Üstelik Pettitt kırılma testi, yaz sıcaklıklarında 2005 yılı civarında istatistiksel olarak anlamlı ($p = 0,023$) bir rejim değişimi yaşandığını ortaya koymuştur. Bu durum, 2000'li yılların ortalarından itibaren bölgede iklim değişikliği kaynaklı belirgin bir ısınma evresine geçildiğini göstermektedir. Çalışmada Devrekani Çayı Havzası için saptanan bu ısınma eğilimi ve kırılma yılı, Batı Karadeniz Bölgesi özelinde yapılan çok güncel ve kapsamlı çalışmalarla doğrudan desteklenmektedir. Nitekim Yaman ve Ertuğrul (2020), çalışma sahasına çok yakın olan Bartın ilinde özellikle yaz sıcaklıklarında ve bilhassa ağustos ayında çok kuvvetli ($p < 0,001$) artış trendleri saptamış ve sıcaklık rejimlerindeki kırılmaların 1990'ların sonu ile 2000'li yılların başında yoğunlaştığını belirtmiştir. Keskin vd. (2025) Batı Karadeniz Havzası genelindeki meteorolojik istasyonlarda sıcaklıklarda belirgin artış eğilimlerinin hâkim olduğunu ve trend eğilimlerinin özellikle 2000'li yıllardan sonra dikleştiğini vurgulamıştır. Benzer şekilde, Çelebioğlu vd. (2021) Karadeniz Bölgesi'nde sıcaklıkların on yılda ortalama $0,22 \text{ }^{\circ}\text{C}$ arttığını hesaplarken, Ertuğrul vd. (2014) Kastamonu ve çevresindeki sıcaklık artışlarının 21. yüzyıl sonuna kadar yaz aylarında $6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar ulaşabileceğini öngörmektedir. Bu ısınma eğilimleri ayrıca Çelik (2010), Sütgibi (2015) ve Esen (2021) gibi araştırmacıların Türkiye'nin farklı havzaları için saptadıkları verilerle de bütünüyle uyum içindedir.

Havzada yağış serilerinde anlamlı bir artış görülmemesine rağmen sıcaklıklarda yaşanan bu keskin ivmelenme, havzanın hidrolojik dengesini doğrudan tehdit etmektedir. Karadeniz

Bölgesi genelinde sıcaklıkların belirgin bir şekilde artarken yağış trendlerinin sabit kalması (veya kış aylarında azalması), Taşkolı vd. (2024)'nin de vurguladığı üzere, şiddetli kuraklık riskinin önemli bir göstergesidir. Türkeş ve Acar Deniz (2011)'in de ifade ettiği gibi, bilhassa yaz ve sonbahar aylarında gözlenen sıcaklık artışları evapotranspirasyonu artırarak hem toprak nemini tüketmekte hem de bölge su kaynakları açısından ciddi bir baskı oluşturmaktadır. Yazın kuruyan toprak, takip eden sonbahar ve kış yağışlarının akışa geçmesini geciktirerek kış akımlarındaki azalmanın da (istatistiksel olarak kaydedildiği üzere) dolaylı tetikleyicisi konumuna gelmektedir.

Sonuç olarak, Devrekani Çayı Havzası'nda yağış ve akım serilerinde belirgin bir yapısal rejim kırılması bulunmazken, yaz sıcaklıklarında 2005 yılında yaşanan rejim değişikliği hidrolojik sistem üzerinde giderek artan iklimsel bir kısıt haline gelmiştir. Palta vd. (2019)'nin Göksu Nehri için örneklediği gibi, havza içindeki baraj ve bent (Küre Çatak, Beyler vb.) gibi yapay depolama alanlarının akımlar üzerinde dönemsel antropojenik etkileri olabilmektedir. Her ne kadar akım serilerinde bu barajların yapım yıllarıyla örtüşen bazı potansiyel kırılma yılları (1989, 1993, 1998, 2002) saptanmış olsa da bu kırılmalar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > 0,05$). Ayrıca mevcut çalışmada barajların işletme rejimleri ve depolama hacimlerine ilişkin ayrıntılı verilere ulaşılamadığından, bu antropojenik etkinin nicel olarak değerlendirilmesi mümkün olmamıştır. Ancak Devrekani Çayı'nın yukarı kesimindeki genel eğilimler, akım değerlerindeki hidrolojik değişkenliğin büyük ölçüde doğal iklimsel süreçler ve artan ısınma dalgalanmaları tarafından kontrol edildiğini göstermektedir. Elde edilen bu güçlü kanıtlar ışığında; bölgesel karar vericilerin, gerek Taşkolı vd. (2024) gerekse Yaman ve Ertuğrul (2020) tarafından vurgulandığı üzere, bölgesel iklim stratejileri, su kaynakları yönetimi ve kuraklık hafifletme politikalarını havza yönetim planlarında acil bir öncelik olarak dikkate almaları zorunlu görünmektedir.

Kaynakça

- Akbaş, A., ve Özdemir, H. (2018). Marmara Denizi havzasının hidroklimatolojik dinamiklerinin belirlenmesi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 70, 123–131. <https://doi.org/10.17211/tcd.401265>.
- Ay, M. (2020). Trend and homogeneity analysis in temperature and rainfall series in western Black Sea region, Turkey. *Theoretical and Applied Climatology*, 139(3), 837–848. <https://doi.org/10.1007/s00704-019-03066-6>.
- Chen, Y., Guan, Y., Shao, G., & Zhang, D. (2016). Investigating trends in streamflow and precipitation in Huangfuchuan Basin with wavelet analysis and the Mann-Kendall test. *Water*, 8(3), 77. <https://doi.org/10.3390/w8030077>.
- Coşkun, M., ve İrdem, C. (2022). Büyük Melen Çayı'nda (Düzce) günlük yağışlarla akım ilişkisinin analizi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 8(2), 196–206. <https://doi.org/10.21324/dacd.1000469>.
- Çelebioğlu, T., Tayanç, M., & Oruç, H. N. (2021). Determination of temperature variabilities and trends in Turkey. *Bursa Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 26(3), 1003–1020. <https://doi.org/10.17482/uumfd.881416>.
- Çelik, A. (2010). *Gediz havzasında yağış ve sıcaklık trendleri ile akarsu akımları arasındaki ilişkilerin incelenmesi* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi.
- Çelik, M. F., Pınarlık, M., & Selek, Z. (2025). Seasonal and annual time period precipitation trend analysis: Case study of Ankara province. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 40(2), 1279–1298. <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.1334926>.
- Ergün, M., Fırat, B., Tuncer, G., ve Sönmez, O. (2024). Küçük Menderes Havzasında Mann-Kendall ve Şen'in eğimi yöntemleri kullanılarak meteorolojik değişkenlerin trend analizi. *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, 14(2), 1-12.
- Ertuğrul, M., Varol, T., & Özel, H. B. (2014). Climate changes in prospect for the West Black Sea forests. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 16(23-24), 35–43.

- Esen, F. (2021). Göynük Çayı Havzası'nın (Bingöl) Hidroklimatolojik Analizi. *Fırat University Journal of Social Sciences*, 31(1), 25-40. <https://doi.org/10.18069/firatsbed.762813>.
- Gentilucci, M., Djouhou, S. I., Barbieri, M., Hamed, Y., & Pambianchi, G. (2023). Trend analysis of streamflows in relation to precipitation: A case study in Central Italy. *Water*, 15, 1586. <https://doi.org/10.3390/w15081586>.
- Green, S. B., & Salkind, N. J. (2005). *Using SPSS for Windows and Macintosh: analyzing and understanding data* (4th edition). New Jersey: Pearson.
- İrdem, C. (2023). Yenice Çayı'nda (Karabük) günlük ortalama sıcaklık ve günlük toplam yağışların akım üzerindeki etkileri. *Uluslararası Batı Karadeniz Sosyal ve Beşerî Bilimler Dergisi*, 7(2), 207–227. <https://doi.org/10.46452/baksoder.1284272>.
- Kendall, M. G. (1975). *Rank correlation methods*. Charles Griffin.
- Keskin, S., ve Özsoy, A. N. (2004). Kanonik korelasyon analizi ve bir uygulaması. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 10(1), 67–71.
- Keskin, M.Z., Abu Arra, A., Akca, S. and Şişman, E. (2025), Actual and Potential Trend Analysis Under Climate Change Using Risk Sen's Slope (RSS) in Western Black Sea Basin in Türkiye. *Int J Climatol*, 45: e8703. <https://doi.org/10.1002/joc.8703>.
- Kruskal, W. H., & Wallis, W. A. (1952). Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American Statistical Association*, 47(260), 583–621.
- Mann, H. B. (1945). Nonparametric tests against trend. *Econometrica*, 13(3), 245–259. <https://www.jstor.org/stable/1907187>.
- Oki, T., & Kanae, S. (2006). Global hydrological cycles and world water resources. *Science*, 313(5790), 1068. <https://doi.org/10.1126/science.1128845>.
- Öztürk, S., Tönük, G. U., ve Arıca, B. (2012). Devrekani Çayı alt havzası'nın doğal kaynak değerlerinin CBS ile belirlenmesi. *KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Özel Sayı, 14.
- Palta, Ş., Yurtseven, İ., & Aksay, H. (2019). Göksu Nehri Havzasının Yağış-Akış İlişkileri. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 21(3), 860-872. <https://doi.org/10.24011/barofd.560701>.
- Panditharathne, R., Gunathilake, M. B., Chathuranika, I. M., Rathnayake, U., Babel, M. S., & Jha, M. K. (2023). Trends and variabilities in rainfall and streamflow: A case study of the Nilwala River Basin in Sri Lanka. *Hydrology*, 10, 8. <https://doi.org/10.3390/hydrology10010008>.
- Partal, T., & Kahya, E. (2006). Trend analysis in Turkish precipitation data. *Hydrological Processes*, 20(9), 2011–2026. <https://doi.org/10.1002/hyp.5993>.
- Pettitt, A. N. (1979). A non-parametric approach to the change-point problem. *Applied Statistics*, 28(2), 126–135. <https://doi.org/10.2307/2346729>.
- R Core Team. (2025). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria
- Sen, P. K. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of the American Statistical Association*, 63(324), 1379–1389.
- Soydan, N. G., Gümüş, V., Şimşek, O., Gerger, R., ve Ağun, B. (2016). Seyhan havzası aylık ortalama akım ve yağış verilerinin trend analizi. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 7(2), 319–327.
- Spearman, C. (1904). The proof and measurement of association between two things. *The American Journal of Psychology*, 15(1), 72–101. <https://doi.org/10.2307/1412159>.
- Sütgibi, S. (2015). Büyük Menderes havzasının sıcaklık, yağış ve akım değerlerindeki değişimler ve eğilimler. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 31, 398–414.

Şiltu, E. ve Akça, L., (2023). "İklim Değişikliği, Türkiye Yeraltı ve Yüzeysel Su Kaynakları", *İklim Değişikliği Çerçevesinde Su Kaynaklarının Mevcut Durumu ve Geleceği* (Ed. Mehmet Emin Aydın, Ahmet Duran Şahin), Türkiye Bilimler Akademisi Yayını, Ankara, s.12-28.

Tağıl, Ş., ve Alevkayalı, Ç. (2014). Eğirdir Gölüne Kuzeyden Dökülen Akarsularda Akım Trendi ve Yağış İlişkisi. *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 17(32), 211-229. <https://doi.org/10.31795/baunsobed.645483>.

Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. (2023). *Batı Karadeniz Havzası Kuraklık Yönetim Planı* (Cilt 1).

https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/Kuraklik%20Yonetim%20Planlari/01_Bati%20Karadeniz%20Havzasi_Cilt%201.pdf.

Taşkolu, İ., Acar, R., & Çırağ, B. (2024). Trend analysis of precipitation and temperatures in the Black Sea region using the innovative trend analysis. *Journal of Studies in Advanced Technologies*, 2(2), 74–82. <https://doi.org/10.63063/jsat.1505540>.

Türkeş, M., ve Acar Deniz, Z. (2011). Güney Marmara Bölümü'nün (Kuzey Batı Anadolu) klimatolojisi ile yağış ve akım dizilerinde gözlenen değişimler ve eğilimler. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, 8(1). 1579-1600.

Wang, X., & Liu, L. (2023). The impacts of climate change on the hydrological cycle and water resource management. *Water*, 15, 2342. <https://doi.org/10.3390/w15132342>.

Yaman, B., & Ertuğrul, M. (2020). Change-point detection and trend analysis in monthly, seasonal and annual air temperature and precipitation series in Bartın province. *Geology, Geophysics and Environment*, 46(3), 223–237. <https://doi.org/10.7494/geol.2020.46.3.223>.

Yazıcı, (2024) "Karakteristikleri ve Sınıflandırılmalarıyla Şelaleler", *Sosyal, Beşeri ve İdari Bilimler Alanında Araştırmalar ve Değerlendirmeler II* (Ed. Mustafa Batuhan Kurt) Gece Kitaplığı Yay., Ankara, s. 1-32.

Yüce, Ş., Ercan, B., Eşit, M., ve Ünsal, M. (2018). Seyhan Havzası yağış verilerinin eğilim analizi. *İklim Değişikliği ve Çevre*, 3(2), 47–54.

Extended Abstract

This study investigates the seasonal characteristics, interrelationships, and long-term variability of temperature, precipitation, and streamflow in the upper Devrekani Stream Basin, located in the Western Black Sea Region of Türkiye. Understanding the interactions among hydroclimatic variables is essential for interpreting hydrological processes and supporting sustainable water resource management under changing climatic conditions.

The dataset consists of streamflow observations from the Azdavay Stream Gauging Station covering the period 1978-2011 and temperature and precipitation records obtained from the Devrekani Meteorological Station for the period 1978-2025. To ensure comparability among variables, correlation analyses were performed using the common observation period (1978-2011). Hydroclimatic variables were aggregated into seasonal series, including winter (December-February), spring (March-May), summer (June-August), and autumn (September-November).

Seasonal characteristics of the variables were evaluated using descriptive statistics, boxplot analyses, the Kruskal-Wallis test, and eta-squared (η^2) effect size measures. Relationships among variables were examined using both Pearson and Spearman correlation analyses. Long-term trends were assessed using the non-parametric Mann-Kendall trend test and Sen's slope estimator, while potential change points were identified using the Pettitt test.

The results revealed a pronounced and statistically significant seasonal pattern in temperature, precipitation, and streamflow variables ($p < 0.001$). Significant positive correlations between precipitation and streamflow were identified during winter ($r = 0.571$, $p < 0.01$), autumn ($r = 0.517$, $p < 0.01$), and summer ($r = 0.463$, $p < 0.01$), indicating that seasonal precipitation variability exerts a strong influence on streamflow dynamics. In contrast, relationships between

temperature and streamflow were generally weak and negative, particularly during summer and autumn, suggesting that increasing temperatures may indirectly affect streamflow through enhanced evapotranspiration processes.

Trend analyses showed a statistically significant decline in winter streamflow, with an average decrease of 0.147 m³/s per year ($Z = -2.278$, $p < 0.05$). Conversely, significant increasing trends were detected in summer ($Z = 3.334$, $p < 0.01$) and autumn temperatures ($Z = 2.551$, $p < 0.05$). Precipitation trends were generally not statistically significant, although a weak decreasing tendency was observed in winter precipitation.

The Pettitt test indicated no statistically significant change points in streamflow or precipitation series. However, a statistically significant change point was detected in the summer temperature series in 2005 ($p = 0.023$), indicating a notable shift in summer temperature conditions within the basin.

Overall, the findings demonstrate that the hydroclimatic regime of the Devrekani Stream Basin is strongly influenced by seasonal precipitation variability, while increasing temperatures have become increasingly prominent within the basin's hydroclimatic dynamics. The observed decline in winter streamflow together with rising summer and autumn temperatures may have important implications for future water availability and ecosystem sustainability. These findings highlight the importance of incorporating both precipitation variability and temperature-driven processes into basin-scale water resources management and drought mitigation strategies. Furthermore, the study provides a valuable framework for comparative hydroclimatic investigations in similar mountainous basins of the Black Sea Region.