KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi, 29(3), 2026
Araştırma Makalesi

KSU J Eng Sci, 29(3), 2026
Research Article

Kahramanmaras Sutcu Imam University
Journal of Engineering Sciences

Geliş Tarihi : 07.04.2026
Kabul Tarihi : 13.05.2026

Received Date : 07.04.2026
Accepted Date : 13.05.2026

YAĞIŞ-AKIŞ DİNAMİKLERİNDE ARAZİ KULLANIMININ ROLÜ: SENTINEL VE CORINE VERİLERİNİN ENTEGRASYONU

THE ROLE OF LAND USE IN RAINFALL-RUNOFF DYNAMICS: INTEGRATION OF SENTINEL AND CORINE DATA

Arif ÖZ[1] (ORCID: 0000-0001-5504-4295)
Muhammet Ömer DİŞ[1*] (ORCID: 0000-0002-3347-5112)

[1] Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye
*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Muhammet Ömer DİŞ, momerdis@ksu.edu.tr

ÖZET

Nüfus artışı, kentleşme ve iklim değişikliği gibi faktörlerin su kaynakları üzerindeki baskısı, sürdürülebilir havza yönetimini giderek daha kritik hale getirmektedir. Bu çalışmada, Ceyhan Havzası genelinde farklı mekânsal çözünürlüklere sahip Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü (AKAÖ) verileri kullanılarak, Soil Conservation Service-Curve Number (SCS-CN) tekniği ile yağış-akış katsayısının mekânsal dağılım üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Analizde 100 m mekânsal çözünürlüğe sahip CORINE ile 10, 20 ve 60 m mekânsal çözünürlüğe sahip SENTINEL verileri kullanılmıştır. Sonuç olarak, havza genelinde analiz edilen iki farklı veri seti için CN değerlerinin ortalamalarının birbirine yakın olduğu belirlenmiştir (CORINE: 74,75; SENTINEL: 73,00). Ancak mekânsal çözünürlüğün artmasıyla birlikte CN değerlerinin mekânsal dağılımında önemli farklılıkların ortaya çıktığı tespit edilmiştir. CORINE veri setinden elde edilen bulgular, SENTINEL veri setine kıyasla daha yüksek CN değerleri ortaya koymuştur. Ayrıca, elde edilen sonuçlar, kentleşmedeki ivmenin yüzeysel akış potansiyelini artırırken, havzadaki tarım ve orman arazilerinde bu potansiyelin azaldığını ortaya koymaktadır. Bulgular, güncel arazi kullanım haritalarının kullanımının ve bu verilerdeki mekânsal çözünürlük farklılıklarının hidrolojik modelleme ve potansiyel kuraklık/taşkın gibi ekstrem süreçlerin tahmininde dikkate alınmasının önemini vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Ceyhan Havzası, AKAÖ, maksimum olabilirlik, yağış-akış potansiyeli, SCS-CN

ABSTRACT

The pressure on water resources from population growth, urbanization, and climate change makes sustainable watershed management increasingly critical. This study examined the spatial distribution of the rainfall-runoff coefficient across the Ceyhan Basin using the Soil Conservation Service-Curve Number (SCS-CN) method and Land Use/Land Cover (LULC) data at varying spatial resolutions. Over the past century, urbanization, population growth, climate change, and the conversion of forested areas to agricultural land have collectively increased global water demand. This trend has further emphasized the importance of sustainable water resource management and conservation efforts. In this context, the impact of LULC data with different spatial resolutions on the spatial distribution of the runoff coefficient was investigated in the Ceyhan Basin using the SCS-CN method. The analysis used CORINE data at 100 m and SENTINEL data at 10 m, 20 m, and 60 m. The findings indicate that the average CN values obtained from the two datasets analyzed across the basin were relatively similar (CORINE: 74.75; SENTINEL: 73.00). However, significant differences in the spatial distribution of CN values were observed as spatial resolution increased. The results from the CORINE dataset showed higher CN values than those from the SENTINEL dataset. Furthermore, the findings reveal that while urban expansion increases the potential for surface runoff, this potential decreases in agricultural and forested areas within the basin. These results underscore the importance of using up-to-date land use maps and accounting for spatial resolution differences in hydrological modeling and the prediction of extreme events, such as potential droughts and floods.

Keywords: Ceyhan Basin, LULC, maximum likelihood, rainfall-runoff potential, SCS-CN

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).

GİRİŞ

Dünyanın oluşum sürecinden günümüze kadar su, yerkürede sürekli bir döngü içerisinde hareket etmektedir. Yeryüzünden ve okyanuslardan buharlaşan su, atmosfere yükselip yoğuşarak tekrar yağış şeklinde yüzeye düşmektedir. Yeryüzüne düşen su yeraltına sızarak yeraltı suyu rezervlerini beslerken, sızmayan kısım ise yüzeysel akış yoluyla nehirlere ve okyanuslara ulaşır. Bu hidrolojik döngüdeki yağış-akış bilinmezinin anlaşılması, su yönetimi, altyapı planlaması, taşkın ve kuraklık gibi hidrolojik çalışmalarda büyük bir önem taşır. Yağış bazlı akış simülasyonları, yol, köprü, baraj, menfez ve genel olarak akarsu ve göllerle etkileşime giren her türlü yapı tipinin inşası ve tasarımında yol gösterici rol oynamaktadır. Aynı zamanda uzun vadeli su yönetimi ve pompa istasyonları için yağış-akış modelleri büyük öneme sahiptir (Nickman vd., 2016; Wicher, 2017).

Nüfusun artmasıyla birlikte, kentleşme sürecinde de büyük bir artış görülmektedir. Bu artış ile birlikte arazi kullanımı ve örtüsünde (AKAÖ) büyük değişimler meydana gelmektedir. Yaşam alanlarının genişlemesiyle birlikte su geçirmez alan hızlıca büyümekte, buna bağlı olarak yağış tutma kapasitesinde ise ciddi bir azalış görülmektedir. Bu konuyla alakalı yapılan çalışmalara bakıldığında, kentleşmenin olduğu alanlarda yüzeyin sızma kapasitesinde azalmaların meydana geldiği, böylelikle suyun dengesinin bozulduğu tespit edilmiştir. Yüzeyin sızma kapasitesindeki azalma ile birlikte akış yoğunluğu artarak ani taşkınların oluşmasına sebep olmaktadır. Kentsel alanlarda meydana gelen ve gelebilecek taşkınlar, şehir güvenliği açısından büyük bir engel durumundadır (Bras & Perkins, 1975; Locatelli vd., 2017; Tang vd., 2024; Yang & Zhang, 2011). Bu sebepten dolayı arazi kullanımı ve örtüsündeki değişimlerin hidrolojik süreç üzerindeki etkisinin araştırılmasını zorunlu hale getirmiştir.

Yağış–akış modellemeleri için günümüzde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) uygulamaları ile bir problem karşısında kolay karar verebilme ve verileri katmanlar halinde üst üste getirerek tamamını bir arada değerlendirme imkânı bulunmaktadır. Bu sayede birçok veriyi bir anda görüp yorumlama fırsatı doğmaktadır. CBS uygulamaları ile akarsu drenaj ağı belirlenerek o model üzerinde havza, alt havza ve bazı havza karakteristikleri oluşturulabilmektedir. Havzadaki yağış-akış ilişkisi hesaplamalarında çeşitli yöntemler kullanılmakla birlikte, Soil Conservation Service-Curve Number (SCS-CN) yöntemi, az veri gereksinimi, kullanım kolaylığı ve CBS ile uyumlu yapısı nedeniyle yaygın olarak tercih edilmektedir. Bu metot, yağıştan kaynaklanan yüzey akışının tahmininde dünya genelinde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. ABD Tarım Bakanlığı'nın Doğal Kaynakları Koruma Servisi tarafından geliştirilen yöntem tarımsal, orman ve kentsel alanlarda belirli yağış olayları için, yağış-akış ilişkisini modellemede en sık kullanılan yöntemlerden biridir. Sık kullanılmasının ve güvenilirliğinin temel nedeni toprak tipi, AKAÖ ve yüzey durumu gibi havzaya ait özellikleri hesaba katmasıdır (Mishra & Singh, 2003). Hem uluslararası hem de ulusal literatürde, SCS-CN metodunun yağış-akış katsayısı hesaplamalarında etkinliği ve uygulanabilirliği üzerine birçok çalışma bulunmaktadır (Elagca & Dis, 2022; Knebl vd., 2005; Niyazi vd., 2020; Sahu vd., 2023; Shakarneh vd., 2022).

Chomutovka Havzası'nda (Çekya) SCS-CN yöntemi kullanılarak arazi örtüsü değişikliklerinin hidrolojik rejim üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi için dört farklı senaryo (10, 20, 50 ve 100 yıllık muhtemel yağış) ile hesaplama yapılmıştır. Bu hesaplamada CORINE 1992 ve 2000'deki AKAÖ verileri kullanılmıştır. Hidrolojik modellemede farklı havza koşullarına göre akış değişimlerinin incelenmesi için HEC-HMS programı seçilmiştir. Hesaplamalar neticesinde, 10 yıllık muhtemel yağış durumunda 1992 yılına ait arazi kullanımına göre 2000 yılında %17 oranında taşkın debisinin maksimum seviyesinde azalma görülmüştür. 100 yıllık muhtemel yağış senaryosunda ise bu oran %10,2'dir. Uygulanan SCS-CN yönteminin bu tür hidrolojik problemler için uygun olduğu sonucuna varılmıştır (Jenicek, 2007). Romanya'nın Sălăuța, Runc ve Țibleș, havzalarında AKAÖ değişikliklerinin yüzey akışı üzerindeki etkilerinin incelenmesi için ise 2000, 2006 ve 2012 yıllarına ait CORINE verileri ve SCS-CN yöntemi birlikte kullanılarak yüzey akış katsayısı hesaplaması yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar neticesinde, küçük arazi örtüsü değişikliklerinin bile yüzey akışını önemli ölçüde etkilediği, tarımsal faaliyetlerin artmasına bağlı olarak ormanlık alanların tarım arazisine dönüşümü nedeniyle yüksek yüzey akışı durumlarının oluştuğu tespit edilmiştir (Strapazan vd., 2019). Buji Havzası'nda (Çin) yapılan diğer bir çalışmada ise 1980'den 2000'e (1980, 1988, 1994, 2000) kadar arazi kullanımındaki değişimin yüzey akışı üzerindeki etkisinin incelenmesi amacıyla SCS-CN metodu seçilmiştir. 1980-2000 yılları arasında kentleşmiş arazinin artması ve ekilebilir arazilerin azalması ile, akış katsayısında %13,4 oranında bir artış görülmüştür. Taşkın pik dönemlerinde ise %12 oranında debi artışı yaşandığı tespit edilmiştir (Peijun vd., 2001). Hindistan'ın Bamnidhi Havzası'nda SENTINEL'e ait AKAÖ verileri ile SCS-CN yöntemi kullanılarak yağış-akış katsayıları hesaplanmıştır. Hesaplamalar neticesinde, CN değerlerinin 30 ile 97 arasında değiştiği görülmüştür. En düşük akış potansiyelinin ormanlık bölgelerde olduğu gözlenmiştir (Yadav & Ghodichore, 2023).

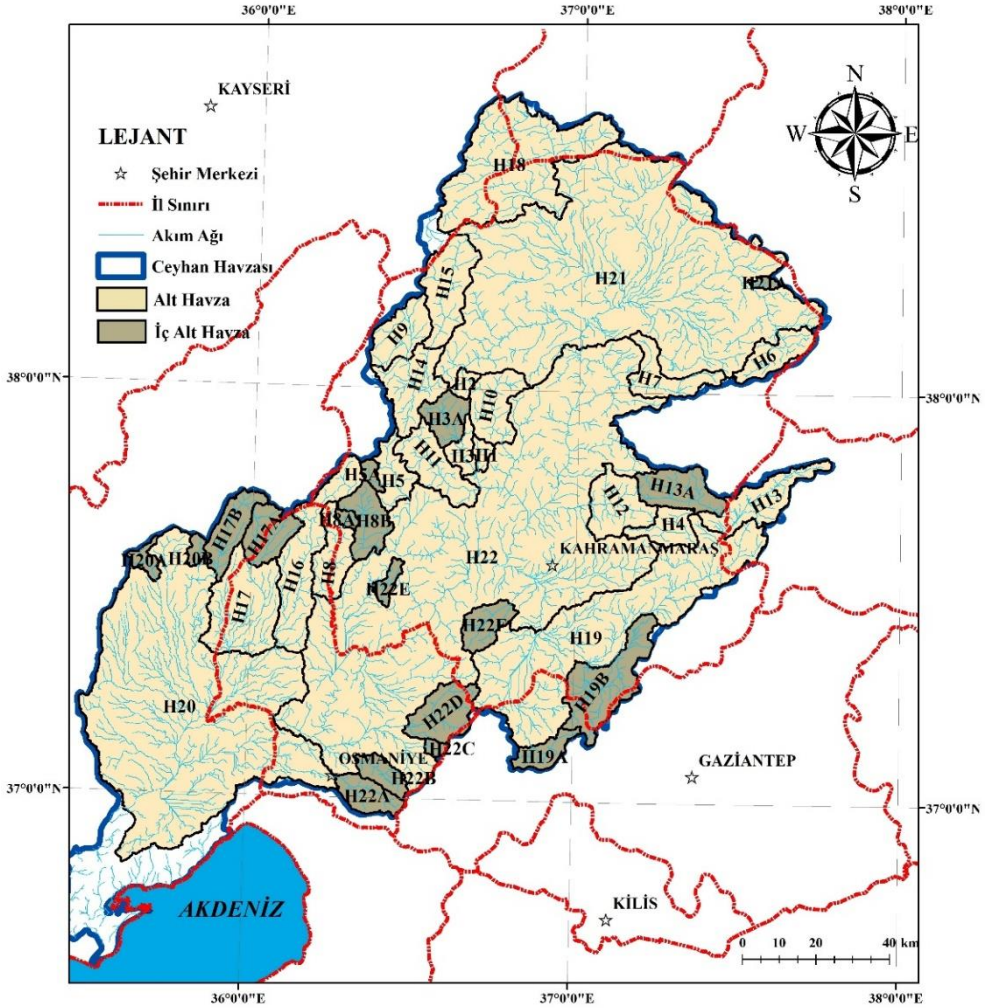
Uluslararası literatürde AKAÖ ve SCS-CN yöntemleri üzerine kapsamlı çalışmalar bulunmakla birlikte, Türkiye'deki araştırmalar ve ulusal uygulamalar bu konunun yerel arazi kullanımı, hidrolojik koşullar ve bölgesel yaklaşımlar açısından incelenmesinin önemini ortaya koymaktadır. Örneğin, Sisne Havzası'nda (Kahramanmaraş) meydana gelen taşkın olaylarının nedenlerinin incelenmesi amacıyla, SCS-CN kullanılarak havzadaki yağış-akış katsayıları hesaplanmıştır. Havzaya ait ortalama CN değeri 82,62 olarak bulunmuş olup, bölgede meydana gelen göllenme ve taşkınların havzaya ait yağış potansiyelinin yüksek olması ve havza yapısından kaynaklandığı ifade edilmiştir. Bulgular, elde edilen CN değerlerinin, bölgedeki şiddetli yağışların yağış-akış mekanizmasında yüksek yüzeysel akış potansiyeli oluşturduğunu, aynı zamanda CN değerlerinin belirlenmesinde AKAÖ haritalarının önemini vurgulamaktadır (Çubuk & Diş, 2022). Denizli'de bulunan Serinhisar Havzası'nın yağmur suyu hasadına uygun bölgelerinin tespiti için SCS-CN yöntemi kullanılarak akış potansiyelleri hesaplanmıştır. AKAÖ verisi olarak SENTINEL-2A verisi kullanılmıştır. Yağmur suyu hasadı çalışmaları neticesinde yıllık yaklaşık 7 milyon 244 bin metreküp hasat yapılacağı hesaplanmış ve bu miktarın yıllık sulama ihtiyacının %40'ına denk geldiği belirtilmiştir (Özben & Güngör, 2024). Ölçüm verisi olmayan İzmit Havzası'nda yapılan çalışmada, yüzey akışını tahmin etmek için SCS-CN yöntemi kullanılmıştır. CN değerleri CORINE-2006 veri tabanlarının yardımıyla elde edilmiştir. Havzanın %56,10'u ormanlık alanları, %27'si meralar ve tarım alanları temsil ettiği görülmüştür. Sonuçlara göre CN değerlerinin yaklaşık olarak 55-70 arasında olduğu tespit edilmiştir. CORINE-2006 verileriyle elde edilen bulgular, SCS-CN yönteminin İzmit bölgesinde yüzey akışı tahmininde kullanılabilir olduğunu ortaya koymuştur (Topçuoğlu vd., 2023). Batı Karadeniz Bölgesi, Bartın ilinin doğusunda yapılan diğer bir ulusal çalışmada, yağış kaynaklı heyelanların potansiyel eşik değerlerinin dolaylı yöntemlerle belirlenmesi amaçlanmaktadır. Yetersiz meteorolojik ve heyelan verisi nedeniyle, SCS-CN yöntemi kullanılarak yağış-yüzey akışı ilişkisi ve CORINE 2006 verileriyle arazi kullanımı incelenmiştir. AKAÖ verilerine göre çalışma alanının %55-60'ı ormanlık alanlar, %16,9'luk kısmı ise tarımsal alanlar oluşturmaktadır. 1985, 1998 ve 2021 yıllarında meydana gelen heyelanlar ile akarsu ölçüm-yağış verileri arasındaki ilişki analiz edilmiştir. Sonuçlara göre, günlük 80 mm ve ardışık yağışlı günlerde ise toplam 160 mm yağış miktarları heyelanları tetikleyebilecek kritik eşik değerler olarak belirlenmiştir. Bu bulgular, veri yetersizliğinin olduğu bölgelerde heyelan riski değerlendirmeleri için kullanılabilecek bir temel sunmaktadır (Avcı & Ercanoglu, 2024). Kahramanmaraş ili özelinde yapılan diğer bir çalışmada, CORINE 2018 ve SENTINEL-2A'ya ait AKAÖ verileri ile SCS-CN metodu kullanılarak CN dağılımına etkisi araştırılmıştır. Bu hesaplamalar neticesinde SENTINEL-2A'ya ait AKAÖ verilerinin CORINE 2018'e göre daha yüksek CN değerleri verdiği tespit edilmiştir. SENTINEL-2A'ya ait daha yüksek çözünürlüklü AKAÖ verisinin hidrolojik modellemelerin yanı sıra doğru taşkın tahmini ve potansiyel kuraklık tahmininde kullanılmasına olanak sağladığı düşünülmüştür (Öz & Dis, 2024). Marmara Bölgesi'nde yapılan çalışmada ise Yenicegörüce Havzası ve civarında ölçülmüş olan günlük yağış ve sıcaklık verileri toplanmıştır. Bölgenin AKAÖ, hidrolojik toprak grupları (HTG) ve sayısal yükseklik haritası (SYH) gibi morfolojik verileri Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında işlenmiştir. AKAÖ bilgileri CORINE 2012 verilerinden elde edilmiştir. Ardından HEC-HMS programı yardımıyla havzaya ait yağış-akış modellemesi oluşturulmuştur. 1997-2002 yılları arasındaki günlük veriler kullanılarak kalibre edilen model, sonraki üç yıllık periyot için doğrulanmıştır. Yenicegörüce Havzası'ndaki yağış-akış ilişkisinin oldukça iyi tahmin edildiği; diğer taraftan, alt havza bazında sonuçların geliştirilmeye açık olduğu ifade edilmektedir (Mesta vd., 2019).

Ulusal ve uluslararası çalışmalar incelendiğinde, SCS-CN yönteminin yağış-akış katsayısı hesaplamalarında güvenilir bir araç olduğu ortaya konmuştur. Farklı iklim, toprak ve arazi kullanım koşullarında uygulanabilirliği, bu yöntemin hidrolojik modelleme çalışmalarında geniş bir kullanım alanına sahip olduğunu göstermektedir. Yöntemde yüzeysel akışı etkileyen en kritik parametrenin CN değerleri olduğu ve bu değerler hesaplanırken AKAÖ verilerinin öneminin vurgulandığı belirtilmektedir. Literatürde, yapılan çalışmalar genellikle daha dar kapsamlı alt havzalarla veya sınırlı morfolojik yapılarla kısıtlı kalmıştır. Bu çalışmanın literatüre sunduğu temel özgün katkı; veri setlerinin mekânsal çözünürlük farklarının yağış-akış simülasyonları üzerindeki etkisini, topografik, tarımsal ve kentsel arazi kullanımı açısından son derece karmaşık, makro ölçekli ve su yönetimi açısından Türkiye için stratejik bir öneme sahip olan Ceyhan Havzası genelinde kapsamlı bir şekilde ortaya koymasıdır. Bu kapsamda, literatüre katkı sağlamak amacıyla iki farklı mekânsal çözünürlüğe sahip SENTINEL ve CORINE'e ait AKAÖ verileri kullanılarak, SCS-CN yöntemi ile havzaya ait yağış-akış katsayıları hesaplanmıştır. Yüksek ve düşük çözünürlüklü AKAÖ verilerinin yağış-akış dinamikleri üzerindeki doğrudan etkisini kıyaslayabilmek için, bu veri setleri herhangi bir mekânsal eşleştirme veya yeniden örneklem işlemine tabi tutulmadan orijinal çözünürlükleriyle analize dahil edilmiştir. Verilerin ortak bir çözünürlüğe indirgenmemesi sayesinde, piksel boyutunu değiştirmenin yaratacağı enterpolasyon hataları engellenmiş ve veri setlerinin kendi doğal yapılarının CN hesaplamalarına etkisi korunarak, mekânsal çözünürlük faktörünün makro ölçekli havza yönetim politikalarına entegrasyonu için yeni bir bilimsel altlık sunulmuştur.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma Alanı

Ceyhan Havzası, 36° 33’ ile 38° 44’ kuzey enlemleri ve 35° 15’ ile 37° 44’ doğu boylamları arasında yer almaktadır. Havza batıdan Seyhan, kuzeyden ve doğudan Fırat, güneyden Asi havzalarıyla komşudur. İskenderun Körfezi'nden başlayarak İç Anadolu'nun derinliklerine kadar uzanan, sarp ve dağlık alanların yanı sıra geniş alüvyal düzlüklerden oluşan karmaşık bir morfolojiye sahiptir. Havzada en yüksek rakım 3069 m iken, yükseklik güneyden kuzeye doğru artmaktadır ve toplam havza alanı yaklaşık 21391 km²’dir. Adana, Osmaniye ve Kahramanmaraş olmak üzere üç il havzanın büyük çoğunluğunu oluşturmakla birlikte, Kayseri, Sivas, Malatya, Adıyaman ve Hatay illerinin bir kısmını da içine almaktadır (Şekil 1). Ceyhan Havzası'nın iklim özelliklerine bakıldığında, Akdeniz iklimi ve karasal iklim arasında bir geçiş iklimi görülmektedir. Kışlar çoğunlukla sert geçmekte ve yıllık toplam yağışın çoğunluğu kış aylarında görülmektedir. Yaz dönemleri ise yağış yönünden kurak geçmektedir. Yağış değerlerine bakıldığında ise, havzanın kuzey kesimlerinde ortalama 500 mm civarında iken, güney kesimlerinde bu değerin ortalama 900 mm’ye çıktığı tespit edilmiştir. Yıllık ortalama sıcaklık değerleri 15 °C civarındadır. En sıcak ay Temmuz, en soğuk ayı ise Ocak olarak belirtilmektedir (Aksoy, 2020; Burgan & Aksoy, 2022; Sarıgül & Turoğlu, 2020; SYGM, 2018; Yüce & Eşit, 2020; Yuce vd., 2019). T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (SYGM) raporuna göre, Ceyhan Havzası AKAÖ bakımından incelendiğinde, fundalık, orman ve mera alanları toplam havzanın yarısından fazladır (%53,36). Havzada tarım, bağ ve bahçe gibi zirai alanların oranı %38,20 iken, yapılaşma oranı %8,44’ tür (SYGM, 2018). Havza su kaynakları açısından incelendiğinde ise havzanın ismini aldığı Ceyhan Nehri'nin toplam uzunluğu 425 km, yıllık debi miktarı 82,9 m³/sn’dir. Havzada içme ve kullanma suyu amacıyla yüzeysel su kaynakları ve yeraltı suları birlikte kullanılmaktadır. Sulama suyu ise, Kartalkaya, Ayvalı, Kılavuzlu ve Menzelet Barajlarından ve yer altı su kaynaklarından temin edilmektedir (SYGM, 2016).



Şekil 1. Çalışmada Kullanılan Alt Havzaların Drenaj Alanlarını Gösteren Ceyhan Havzası Haritası

Ceyhan Havzası üzerinde bulunan Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'ne (DSİ) ve Elektrik İşleri Etüt İdaresi'ne (EİE) bağlı Akım Gözlem İstasyonları (AGİ) bilgileri kullanılarak Arc-GIS 10.5 programı yardımıyla havza modellemesi

yapılmıştır. Bu modelleme sürecinde, öncelikle havzaya ait Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) verileri kullanılarak hücresel bazda akış yönü ve akım toplama analizleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen drenaj ağı üzerinde, her bir AGİ'nin konumu çıkış (mansap) noktası kabul edilerek toplamda 40 adet havza oluşturulmuştur. Çalışmada istasyon konumlarının verilmesinin amacı, yalnızca mevcut hidrometrik altyapının görselleştirilmesidir. Bunun yanı sıra, DSİ bünyesindeki hidrometeorolojik veri altyapısının incelenmesi ve yönetimsel amaçlarla kullanımını destekleyecek biçimde bilgiler sunulmaktadır. Özellikle eğri numaralarının doğru tahmini, düşük akımların yanı sıra sel ve ani taşkın gibi ekstrem akımların güvenilir biçimde öngörülmesi açısından kritik öneme sahiptir.

Bu doğrultuda, alt havzalar coğrafi ve topoğrafik veriler kullanılarak oluşturulmuş, istasyonlar ise çalışmanın uygulama açısından noktasal referans niteliğinde sunulmuştur. Alt havzaların oluşturulması su yönetimi, hidrolojik analizler veya ekosistem araştırmaları gibi konularda oldukça önemlidir (Diş vd., 2015). Ancak alt havzaların içerisinde bulunan ve birbirine bağlı olan iç alt havzalar da bulunmaktadır. Bu havzalardan 22 adedi alt havza, 18 adedi ise iç içe geçmiş alt havzadır. Alt havzalar küçükten büyüğe doğru numaralandırılmış, iç alt havzalar ise alfabetik olarak isimlendirilmiştir. Bu alt havzalara ilişkin bilgiler Tablo 1'de sunulmuştur. Tablo 1'den de görüleceği üzere en küçük alt havzanın alanı 37,37 km², en büyüğü ise 5159,82 km²'dir. Havza genelinde ortalama rakım değeri 1014 m'dir.

Tablo 1.Çalışmada Kullanılan Alt Havza Bilgileri

#	Havza Adı	İstasyon No	İstasyon Adı	Havza Alanı (km²)	Ort. Rakım (m)
1	H1	D20A080	Tanır	37,37	1276,35
2	H2	D20A078	Salyan	39,12	1704,44
3	H3	D20A054	Tekir	213,79	1290,85
4	H3A	D20A074	Tekir/Kısık	136,29	1676,56
5	H4	D20A060	Kısık	135,51	1420,87
6	H5	D20A036	Körsulu	141,35	1611,99
7	H5A	D20A069	Karapınar	31,96	1723,97
8	H6	D20A066	Söğütlü	161,90	1925,93
9	H7	D20A051	Ekinözü	191,71	1656,07
10	H8	D20A046	Kadirli	395,31	969,02
11	H8A	D20A058	Tahta	25,44	1264,36
12	H8B	D20A059	Keşiş	174,89	1376,42
13	H9	E20A029	Türbüzek	201,41	1799,45
14	H10	D20A057	Çemrengeç	226,37	1640,78
15	H11	D20A053	Fırnız	245,03	1576,77
16	H12	D20A056	Bertiz	247,52	1575,77
17	H13	D20A081	Aksu	464,46	1031,54
18	H13A	D20A002	Başpınar	214,06	1489,49
19	H14	E20A006	Göksun Çayı	273,13	1540,29
20	H15	D20A016	Kömür Suyu	304,95	2110,07
21	H16	E20A008	Savrun	450,99	912,11
22	H17	E20A007	Sonboz	458,60	214,51
23	H17A	D20A043	Kesik	178,20	1021,29
24	H17B	D20A045	Eskimantaş	178,52	720,40
25	H18	E20A025	Hurman	988,19	1828,35
26	H19	D20A048	Kılılı	1548,24	753,41
27	H19A	D20A040	Ballıkaya	99,35	905,54
28	H19B	D20A064	Mizmilli	372,88	730,19
29	H20	E20A004	Ceyhan	3230,00	137,85
30	H20A	D20A071	Kozan	50,42	630,65
31	H20B	D20A044	Dağlıcak	33,10	756,32
32	H21	E20A009	Göksun	4085,77	1509,96
33	H21A	E20A022	Hanköy	21,89	1575,39
34	H22	D20A024	Hemite	5159,82	943,95
35	H22A	D20A008	Karaçay	131,79	1288,64
36	H22B	D20A005	Yarpuz Çayı	94,74	1169,00
37	H22C	D20A073	Hasanbeyli	22,87	1037,23
38	H22D	D20A010	Humus	218,40	1052,31
39	H22E	D20A077	Çatak	46,81	889,39
40	H22F	D20A063	Orcan	133,40	1003,83

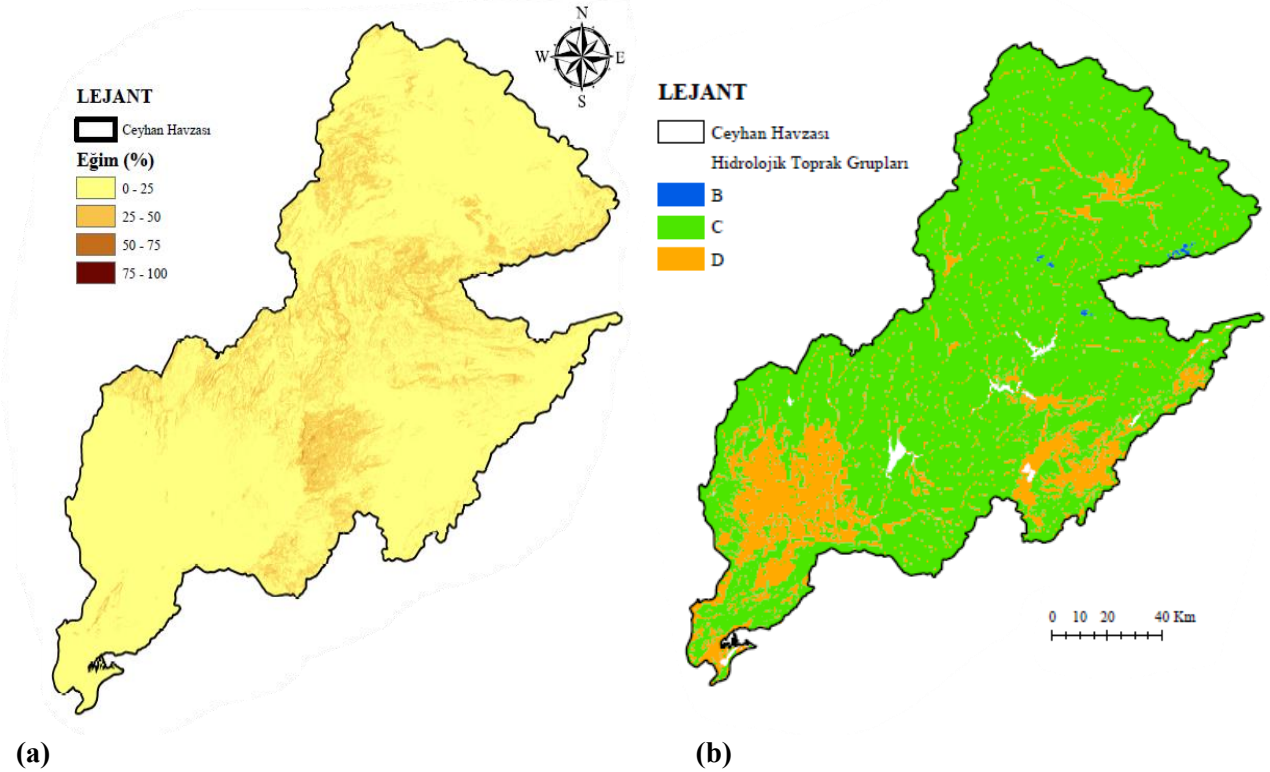
Analiz Yöntemleri ve Teknikleri

Yağış-akış katsayıları, düşen yağışın ne kadarının yüzey akışına dönüştüğünü, ne kadarının ise toprağa sızdığını veya buharlaşarak atmosferle etkileşime girdiğini tahmin etmemize olanak sağlar. Bu katsayılar, arazi kullanım tipine,

yüzey örtüsüne, yağış yoğunluğuna ve toprak yapısına bağlı olarak değişmektedir (Hawkins, 1993; Soulis&Valiantzas, 2012; Karakaya vd., 2024). Bu bağlamda, yağış-akış katsayısı hesaplamalarında yaygın olarak kullanılan SCS-CN yöntemi seçilmiştir. SCS-CN yöntemi Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı tarafından 1954 yılında geliştirilerek el kitabı şeklinde yayınlanmıştır (SCS-TR55, 1986; Mishra & Singh, 2003). Bu yöntem yağış sonrası sızma nedeniyle kayba uğrayan suların fazlasının hesaplanmasında kullanılmaktadır.

Bu yöntemin uygulanması için, çalışılan havzaya ait Arazi Sayısal Yükseklik Modeli (SYM), Arazi Kullanımı/Örtüsü ve Hidrolojik Toprak Grupları verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla, Ceyhan Havzası'na ait SYM verileri ABD Yerbilimsel Araştırma (USGS) kurumunun web sitesinden elde edilmiştir (Web-1). Elde edilen bu model 30x30 m çözünürlüklü hücrelerden oluşmaktadır. Bu veriler Arc-GIS 10.5 programına eklenir. Gerekli projeksiyon ve alan sınırlandırmaları yapıldıktan sonra bu verilerden eğim ve yükseklik analizleri yapılabilmektedir. Arc-GIS 10.5 programı üzerinde elde edilen yükseklik haritası üzerinden eğim haritası elde edilmiştir (Şekil 2a). Alanın eğim değerleri suyun akış yönünü belirlemede önem arz etmektedir. Şekil 2a'da gösterilen eğim analizi haritasına göre büyük kısmı yüzde 0 ile 25 eğim değerine sahiptir. Yüzde 25'in üzerinde eğimler havzanın orta kısımlarında ve kuzeybatı kısımlarında bulunmaktadır. Çalışma alanına ait hidrolojik toprak grubu haritasını oluşturabilmek için ise, European Soil Data Center (ESDAC) veri tabanından 250 metre mekânsal çözünürlüklü toprak özellikleri elde edilmiştir (Toth vd., 2017).

Bu veriler, eğri numarasına (CN) dayalı küresel hidrolojik toprak grupları kılavuzuna göre Arc-GIS 10.5 programı kullanılarak, A, B, C ve D hidrolojik toprak gruplarına ayrılmıştır. ESDAC verisinin AKAÖ verilerine göre daha düşük ölçekte olması ölçek uyuşmazlığı riski taşısa da, havza özelinde erişilebilir en tutarlı veri seti olması nedeniyle tercih edilmiştir. Ceyhan Havzası'na ait hidrolojik toprak grubu haritası Şekil 2b'de verilmiştir. Genel olarak A grubu gibi düşük akım potansiyeli ve yüksek sızma kapasitesine sahipken, D grubu ise tam tersi şekilde yüksek akım potansiyeli ve düşük sızma kapasitesine sahip toprak gruplarını temsil etmektedir. Şekil 2b'den görüleceği üzere, havza genelinde yüksek sızma potansiyeline sahip A grubu toprak bulunmadığı, havzanın genelinde ise yoğunlukla düşük sızma kapasitesine sahip C ve D gruplarının olduğu görülmüştür. ESDAC tarafından sağlanan verilerin görece düşük mekânsal çözünürlüğü, hidrolojik toprak gruplarının belirlenmesinde sınırlı bir kullanım olanağı sunmaktadır. Ayrıca, verilerin doğruluğunun tespiti açısından Tarım ve Orman Bakanlığı'nın Ceyhan Havzası Taşkın Yönetim Planı incelenmiştir. Bu çalışmada havzanın kumlu ve silt/kil karışımlı taneli yapıda olduğu, yani ince daneli ve geçirimsiz tabakaya (C ve D Grubu) sahip olduğu ifade edilmiştir (SYGM, 2018). Bu durum, yüzey akışının artmasına, potansiyel ani sellerin oluşmasına ve taşkın riskinin yükselmesine neden olabilecek hidrolojik koşulları tetikleyebilir.



(a) **(b)**

Şekil 2. a. Eğim Haritası **b.** Hidrolojik Toprak Grubu Haritası

Arazi kullanım değişikliğinin neden olduğu su teminine ve kalitesine yönelik değişimler, yüzey ve yeraltı sularının hidrolojik fonksiyonlarını etkileyen kritik bir konu halini almaktadır (Fohrer vd., 2005; Stonestorm vd., 2009). Bu nedenle, AKAÖ verileri, çalışma alanına ilişkin akım potansiyelinin ve sızma kapasitesinin hesaplanmasında kritik bir öneme sahiptir. Mekânsal çözünürlükleri farklı olan CORINE ve SENTINEL projelerinden türetilen AKAÖ verilerinin yağış-akış katsayısının hesaplanmasına etkileri, çözünürlük farklarının oluşturduğu değişkenlikler çerçevesinde değerlendirilmektedir.

CORINE projesi, Avrupa Birliği tarafından yürütülen ve arazi kullanımı/örtüsü ile ilgili verilerin sağlanması amacıyla geliştirilmiş bir programdır. CORINE projesi, 1985 yılından itibaren Avrupa'da arazi değişimlerinin izlenmesi, çevresel planlama, kentsel gelişim ve doğa koruma çalışmaları için kullanılmaktadır. CORINE veri setleri Kopernik Arazi İzleme Servisi'nin SENTINEL-2 ve Landsat gibi uydulardan elde ettiği yüksek çözünürlüklü optik görüntülerinin arazi örtüsünün tespiti ve sınıflandırılması için Coğrafi Bilgi Sistemlerinde (CBS) işlenmesi sonucu türetilmektedir. CORINE verileri, arazi değişim trendlerinin incelenmesi amacıyla 6 yıllık periyotlarda (CORINE 2000, 2006, 2012 ve 2018) güncellenmektedir. Yapılan yağış-akış katsayısı hesaplamalarında, güncel olması sebebiyle CORINE 2018 (Metin boyunca CORINE olarak kısaltılmıştır) verisi kullanılmıştır. Bu veriler 100 metrelik mekânsal çözünürlüğe sahiptir.

Bu çalışmada, CORINE ile karşılaştırma olanağı da sağlayan daha yüksek çözünürlükle veri sağlayabilen SENTINEL uydusuna ait arazi kullanımı/örtüsü verileri de kullanılmıştır. SENTINEL-2A, Avrupa Birliği'nin Kopernik programı kapsamında geliştirilen ve Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından işletilen optik uydu serisinin ilk üyesidir. Bu uydu, 2015 yılından günümüze SENTINEL-2B ile birlikte çalışarak Dünya yüzeyinin tamamını 5 günde bir tarayarak yüksek mekânsal çözünürlükte (10 m, 20 m ve 60 m) görüntülemektedir. SENTINEL-2A, 13 farklı spektral banttan görüntü almaktadır. Bu bantlar, görünür ışık, yakın kızılötesi (NIR) ve kısa dalga kızılötesi (SWIR) bölgelerini kapsamaktadır. Uydu, optik sensörleri aracılığıyla Dünya yüzeyinden yansıyan güneş ışığını ölçerek doğal renkli haritalar oluşturmaktadır. NIR ve SWIR bantları ile bitki örtüsü yoğunluğu, su içeriği ve toprak yapısı gibi özellikler belirlenmektedir. Bu sayede, arazi örtüsü, toprak nemi ve su kalitesi gibi birçok parametreyi analiz etmeye olanak sağlamaktadır. SENTINEL-2A (Metin boyunca SENTINEL olarak kısaltılmıştır) yüksek çözünürlüklü veriler sağlamasına karşın, optik sensörlere sahip uydu olması sebebiyle gece ve yoğun bulutlu havalarda veri kalitesi düşüktür. Bu sebepten dolayı, SENTINEL için sıfır bulutluluk oranına sahip Aralık 2020'de çekilen uydu görüntüleri hücreler halinde indirilerek Arc-GIS 10.5 programı üzerinde gerekli projeksiyon ve alan sınırlandırmaları yapılarak düzenlenmiştir. Bunun yanı sıra, CORINE için en güncel veri seti olan 2018 yılı verisi kullanılmıştır. 2018-2020 arasındaki iki yıllık süreçte havza genelindeki arazi örtüsü değişiminin bölgesel ölçekte ihmal edilebilir düzeyde olduğu kabul edilerek işlem yapılmıştır. Elde edilen ham veri seti Arc-GIS 10.5 programında işlenerek arazi kullanımı/örtüsü bilgileri türetilmiştir.

Bu bilgileri türetebileceğimiz Maksimum Olabilirlik Tahmini (MLE), En Küçük Kareler Yöntemi (OLS) ve Bayesçi Yöntem gibi istatistiksel birçok tahmin ve kestirim yöntemi bulunmaktadır. Bayesçi yöntemle yapılan bir çalışmada modellemenin zayıf performans gösterdiği tespit edilmiştir. Yine bir çalışmada MLE yönteminin dünyanın her bölgesi için en uygun yöntem olduğu ve yüksek doğruluğa sahip olduğu belirtilmiştir (Kim&Schmidt, 2000; Yagoub&Kolan, 2006; Dewan&Yamaguchi, 2009; Hegazy&Kaloop, 2015; Choudhary vd., 2018; Chugtai vd., 2021; Macarringue vd., 2022). Ancak yapılan çalışmalar ışığında, bu yöntemlerden istatistikte bir modelin parametrelerini olabilirlik fonksiyonunu en iyi şekilde kestirmesi ve özellikle büyük veri setleriyle çalışmaya olanak sağlaması sebebiyle MLE yöntemi seçilmiştir (Myung, 2003; Robert, 2007; Seber&Lee, 2012). Bu yöntem, yapılan gözlemlerin kullanılan istatistiksel model çerçevesinde en olası olduğu parametreleri belirleyen bir kestirim yaklaşımıdır. X rastgele değişkeninin varsayılan dağılımına bağlı olarak tahmin parametresi için en çok olabilirlik tahmin edicisi Denklem 1'de gösterilmiştir.

$$L = (\theta; x_1, x_2, \ldots\ldots, x_n) = \prod_{i=1}^{n} f_x(x_i; \theta) \quad (1)$$

Burada, $f_x(x_i; \theta)$ her biri x_i gözleminin θ parametresine bağlı olasılık yoğunluk fonksiyonudur. θ'ya göre logaritmik olasılığını maksimize etmek daha uygundur. Üstel dağılım için, $\log L(\theta) = n\log(\theta) - \sum_{i=1}^{n} \theta x_i$ eşitliğini sıfıra eşitlendiğinde parametre tahmin edici $\hat{\theta} = \frac{1}{\overline{x_n}}$ eşit olur. Ancak günümüzde birçok bilgisayar uygulaması yardımıyla bu yöntemler kolayca hesaplanabilmektedir. Bu sebepten dolayı Arc-GIS 10.5 programı üzerinde MLE yöntemi kullanılarak her bir sınıflandırma grubu için numune seçimi yapılarak daha güvenilir arazi kullanımı/örtüsü haritası modellenmiştir. Uygulanan sınıflandırma süreci temelde üç aşamadan oluşmaktadır. Öncelikle uydu görüntülerinden

her bir sınıflandırma grubu için referans ataması yapılmıştır. CBS programı olasılık yoğunluk fonksiyonlarını hesaplayarak ve kestirim modeli eğiterek çalışır. Son olarak, algoritma çalıştırılarak görüntüdeki her bir pikselin istatistiksel olarak en yüksek ihtimalle ait olduğu arazi sınıfına atanması yapılır. Tüm bu veriler elde edildikten sonra, Arc-GIS 10.5 programı üzerinde arazi kullanımı/örtüsü ve hidrolojik toprak grubu verileri birleştirilir. Çalışma alanının CN katsayılarının bulunabilmesi için CN atama tablosu oluşturulur. Arazi kullanım verilerinin CN değerlerine dönüştürülme süreci ise, CBS ortamında mekânsal keşişim analizi ile gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada, elde edilen AKAÖ haritası ile hidrolojik toprak grubu haritası çakıştırılarak, her iki katmanın özelliklerini taşıyan yeni bir birleşik veri seti oluşturulmuştur. Ardından, CN atama tablosu oluşturulan yeni haritanın öznitelik tablosuyla eşleştirilmiş ve haritada her bir alana karşılık gelen CN değerlerinin ataması sağlanmıştır.

Hidrolojik modelleme, iklim değişikliği, su yönetimi ve planlama gibi çalışmaların temelini su dengesi denklemi oluşturmaktadır (Denklem 2). Eşitlikte kullanılan, P, toplam yağış miktarını; Ia, buharlaşma, yüzeyde biriken su ve terleme gibi kayıpları; F, infiltrasyon (Sızma); Q=Pe, etkin yağış yüksekliği veya dolaysız yüzey akışı olarak tanımlanır. Genel olarak, dolaysız yüzey akışı yüksekliği, toplam yağış yüksekliğine eşit veya ondan daha küçük olmaktadır. Ayrıca, göllenmeden önce tutulan su miktarı (Ia) kadar yağan yağışın akışa katılmadığı kabul edilmektedir. Bu nedenle, potansiyel akış yüksekliği (Pe), P-Ia'ya eşit olur. Öte yandan, deneysel araştırmalar neticesinde, Ia ve S arasındaki ilişki Ia=0.2S olarak tanımlanmıştır. Bu doğrultuda, nihai denklem Denklem 3'te gösterildiği şekilde elde edilir (De Ridder& Boonstra, 1994; Çubuk&Diş, 2022; Özdemir&Diş, 2022).

$$P = I_a + F + Q \tag{2}$$

$$P_e = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)} \tag{3}$$

Potansiyel maksimum su miktarı, S, toprak cinsi ve zemin örtüsüne bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bu miktar, Denklem 4'te de görüldüğü üzere, yerel veya ulusal yönetmelikler ve kaynaklar üzerinden, farklı toprak tipi, zemin cinsi ve arazi sınıfları için belirlenen CN değerlerinin bir fonksiyonu olarak hesaplanabilir (SCS, 1964).

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \tag{4}$$

Bu doğrultuda, dört farklı hidrolojik toprak grubu belirlenmiştir. A Grubu, düşük yüzey akış potansiyeline sahip olup, tamamen ıslandıklarında yüksek geçirimlilik hızına sahip, derin ve iyiden aşırıya kadar değişen drenajlı kum ve çakıllardan oluşan topraklardır. B Grubu, tamamen ıslandıklarında orta ve iyi drenaj hızına sahip toprakları ifade etmektedir. C Grubu, suyun yeraltına doğru akışını engelleyen, orta ve ince bünyeli katmanlara sahip ve tamamen ıslandıklarında yavaş iletim hızına sahip topraklardan oluşur. D Grubu ise yüksek yüzey akış potansiyeline sahip olup, tamamen ıslandıklarında çok yavaş iletim hızına sahip, şişme potansiyelli killi topraklar ve yüksek taban suyu bulunan neredeyse geçirimsiz topraklardır (Dizdar, 1984).

Farklı toprak tipleri ve arazi kullanım örtülerine ilişkin CN değerleri TR-55 teknik kılavuzundan elde edilerek Tablo 2'de gösterilmiştir (Chadli vd., 2016). Arc-GIS 10.5 programının HEC-GeoHMS modülü kullanılarak elde edilen bu veriler, Ceyhan Havzası üzerinde hesaplama sürecine dahil edilmiştir.

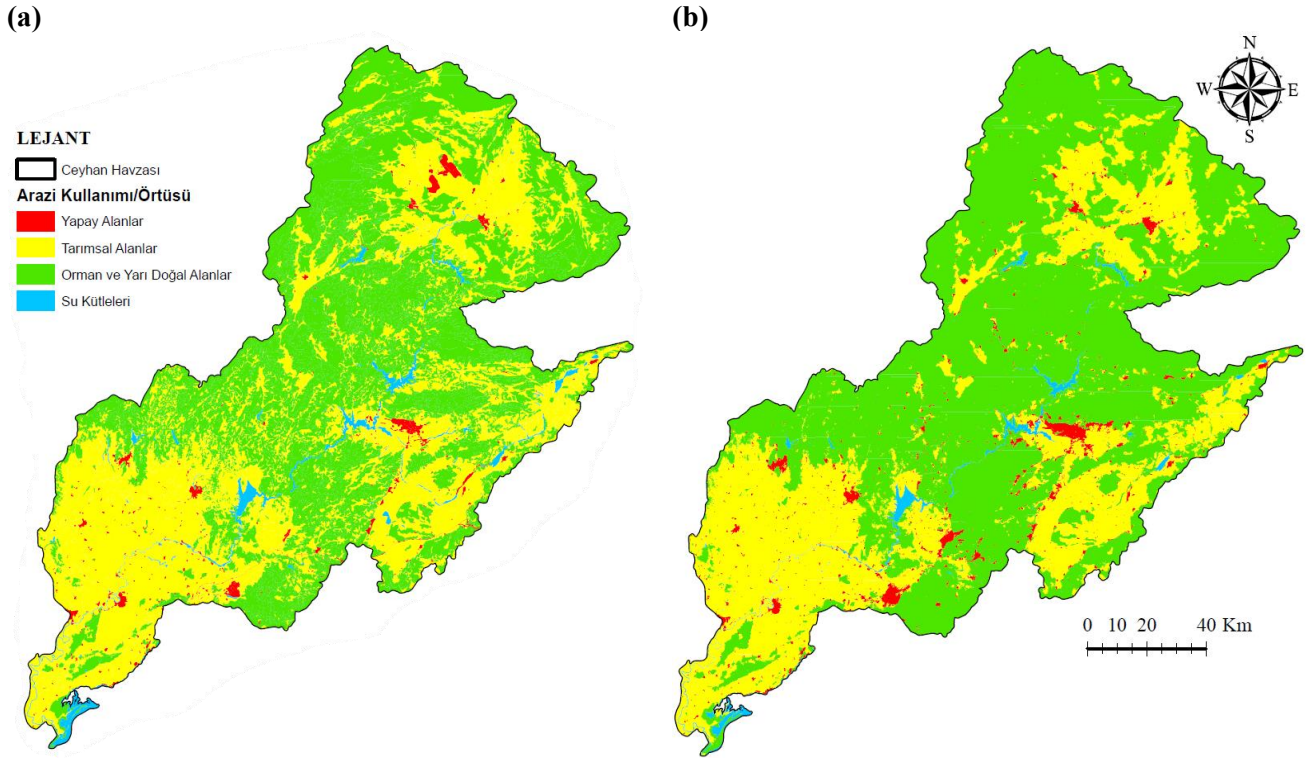
Tablo 2: Eğri Numarası Atama

Arazi Kullanım Değeri	Açıklama	A	B	C	D
1	Yapay Alanlar	57	72	81	86
2	Tarımsal Alanlar	67	77	83	87
3	Orman ve Yarı Doğal Alanlar	30	55	70	77
4	Su Kütleleri	100	100	100	100

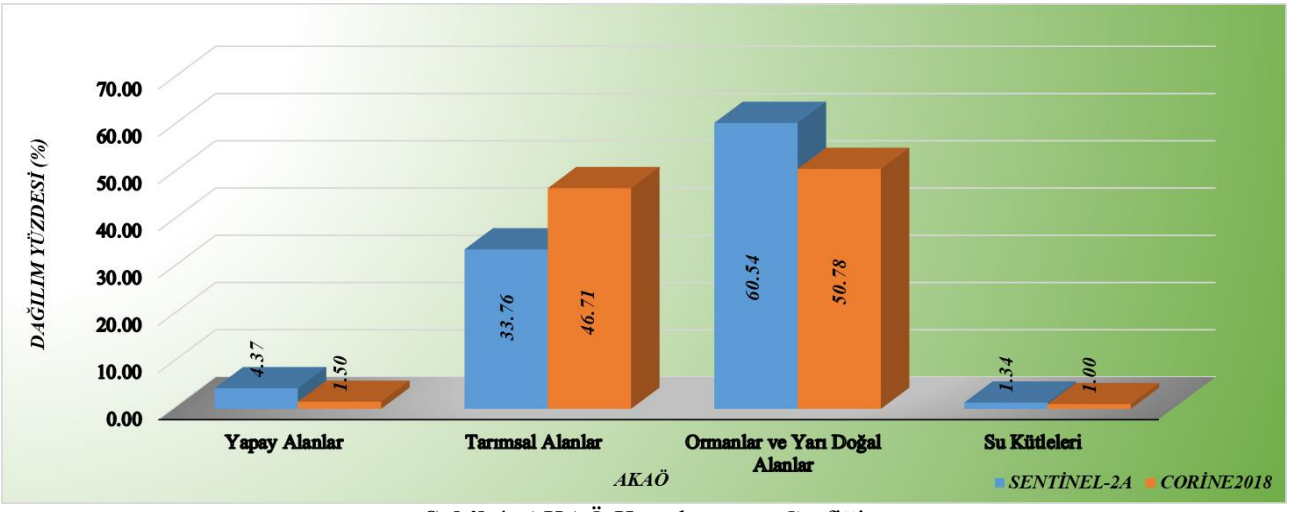
BULGULAR

Öncelikle Arc-GIS programı üzerinde CORINE arazi kullanımı/örtüsü haritasında çok fazla sınıflandırma verisi bulunmasından kaynaklı harita dört ana başlık altında yeniden düzenlenerek Şekil 3a'da gösterilmiştir. Bu sınıflandırma çalışma alanını yorumlamada kolaylık sağlaması amacıyla yapılmıştır (Çubuk&Diş, 2022; Özdemir&Diş, 2022; Öz&Diş, 2024). Ayrıca SENTINEL uydusundan elde edilecek AKAÖ verilerinin karşılaştırılmasına olanak sağlamaktadır. Yüksek mekânsal çözünürlüğe sahip SENTINEL uydusundan elde edilen arazi kullanım verilerinin CBS ortamında MLE yöntemi kullanılarak her bir sınıflandırma grubu için 300 adet numune seçimi yapılmıştır. MLE yöntemi ile CBS programı ile ilgili gridlere en iyi kestirimi yaparak sınıflandırma grupları oluşturulmuş ve oluşturulan harita Şekil 3b'de gösterilmiştir. Ayrıca MLE yöntemi ile elde edilen arazi kullanımı/örtüsü verileri mevcut hali (Google Earth) ile 1:1 ölçekte her bir arazi sınıfı için 250 adet numune ile karşılaştırılıp teyit edilmiştir. Bu sayede farklı mekânsal çözünürlük değerlerine sahip iki uydunun arazi kullanımı/örtüsü haritalarını kıyaslama şansımız olmuştur. Haritalara bakıldığında, SENTINEL verileri yapay alanlar ile ormanlık alanları daha iyi yansıtmaktadır. Buna karşılık CORINE verisi, yapay ve ormanlık alanların belirlenmesinde görece zayıf kalırken, tarımsal alanları daha başarılı bir şekilde görüntülemiştir. Havzanın güney kısımlarında çoğunlukla tarımsal alanlar ve yapay alanlar bulunmaktadır. Havzanın orta kısımlarında ise mekânsal çözünürlük farklılığından kaynaklı olarak SENTINEL'in ormanlık ve yarı doğal alanları daha iyi tanımladığı, CORINE'in ise tarımsal alanları daha doğru şekilde yansıttığı görülmüştür. Hâlihazırda uydu görüntüleriyle karşılaştırıldığında, ormanlık ve yarı doğal alanların SENTINEL tarafından daha yoğun şekilde yakalandığı tespit edilmiştir. Kuzey kesiminde ise her iki veri seti benzer bir görüntü sunmuştur.

Bu iki uyduya ait verilerden elde edilen arazi kullanımı/örtüsü hakkında Şekil 4'te gösterilen karşılaştırma grafiklerine bakılacak olursa, CORINE verilerinde yapay alanların daha az yoğunlukta olduğu ve tarımsal alanların ise daha yoğun olduğu görülmektedir. Buna karşın, SENTINEL uydusunun daha yüksek mekânsal çözünürlükte veriye sahip olmasından dolayı, tarımsal alanların daha az yoğunlukta olduğu ve yapay alanların daha yoğun olduğu gözlenmektedir. Bunun sebebi olarak son yıllarda tarımsal özelliğe sahip alanlarda artan nüfus ve bu nüfusa bağlı olarak artan yapılaşma ve endüstri çalışmaları gösterilebilir. Ayrıca iki harita arasındaki su kütleleri hemen hemen aynı durumdadır.

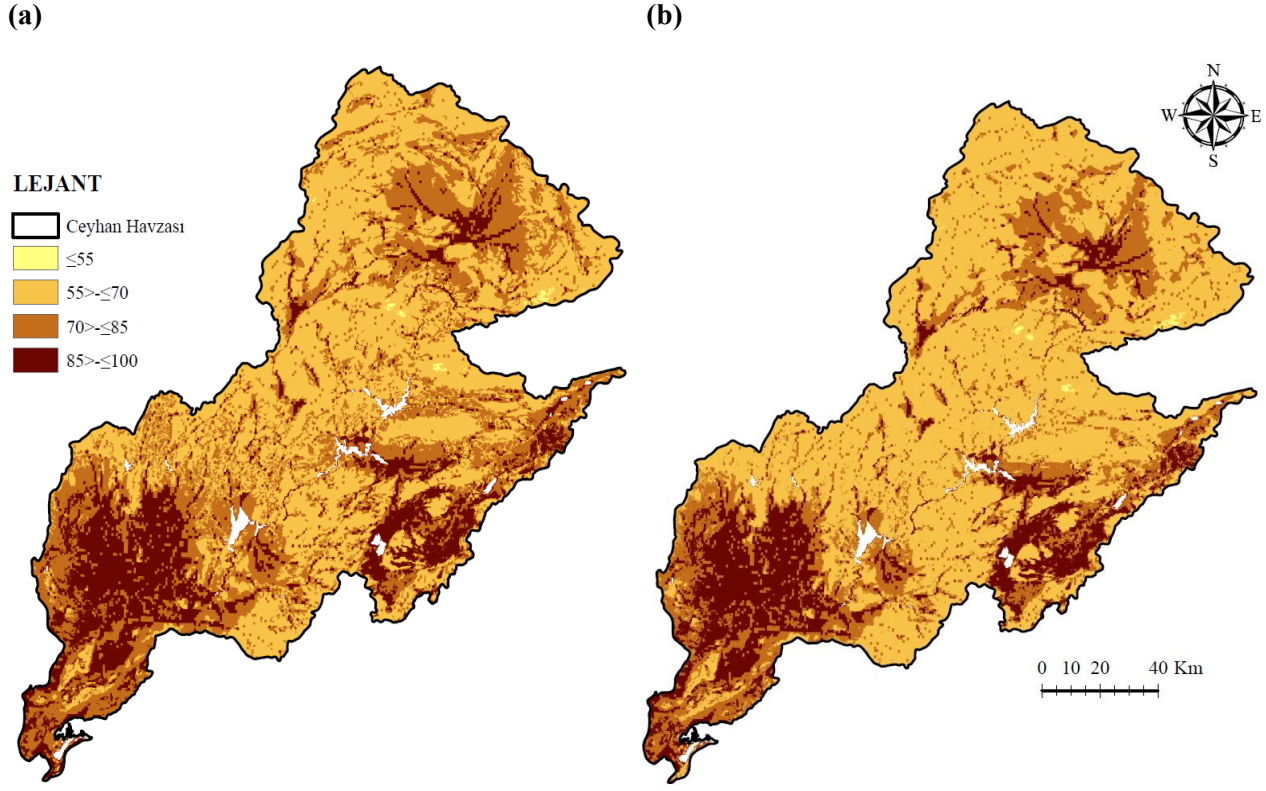


Şekil 3. a. CORINE AKAÖ Haritası **b.** SENTINEL AKAÖ Haritası



Şekil 4. AKAÖ Karşılaştırma Grafiği

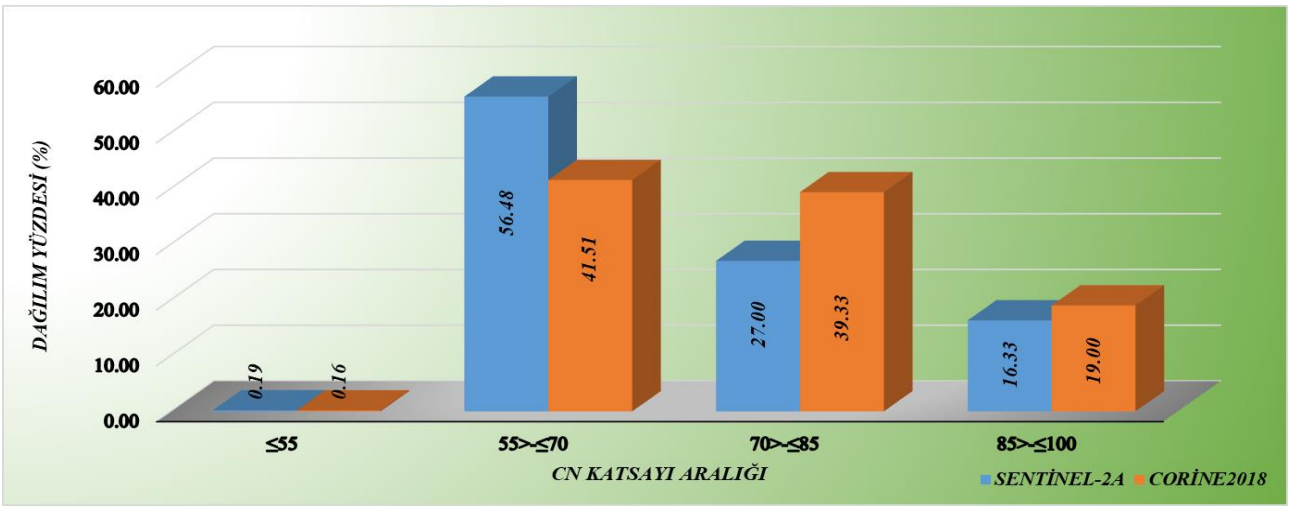
Belirlenen araziye ait sayısal yükseklik, arazi kullanımı/örtüsü ve hidrolojik toprak grubu haritaları Arc-GIS 10.5 programının HEC-geoHMS modülünde birleştirilerek iki uyduya ait CN katsayıları hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar neticesinde Şekil 5a ve Şekil 5b'de sırasıyla CORINE ve SENTINEL uydu verilerine ait iki farklı CN katsayısı dağılım haritası gösterilmiştir. CORINE'nin SENTINEL'e göre daha yüksek CN değerleri sağladığı tespit edilmiştir. Haritaya bakıldığında, havzanın güney ve kuzey kısımlarında sonuçların birbirine çok yakın olduğu, orta kısmında ise bariz bir farklılığın oluşmadığı görülmektedir. Her iki CN dağılım haritası incelendiğinde, havzanın eğim değerlerinin düşük olmasına karşın, havzanın güney kısmında yüksek yağış-akış katsayıları olduğu görülmektedir. Bunun sebebi incelenecek olursa, havzanın hidrolojik toprak grubu dağılımına bakıldığında (Şekil 2b) C ve D grubu toprak yapısına sahip olduğu görülmüştür. Yani, yavaş iletim hızına sahip killi bir toprak olması sebebiyle yağış-akış katsayı değerlerinin olduğundan daha yüksek çıkmasına sebep olmuştur. Mekânsal çözünürlüğü farklı olan iki AKAÖ veri seti üzerinde hidrolojik toprak gruplarının bariz bir etkisi görülmemiştir. Çünkü halihazırda havza genelinde yüksek oranda C ve D grubu toprak yapısı bulunmaktadır.



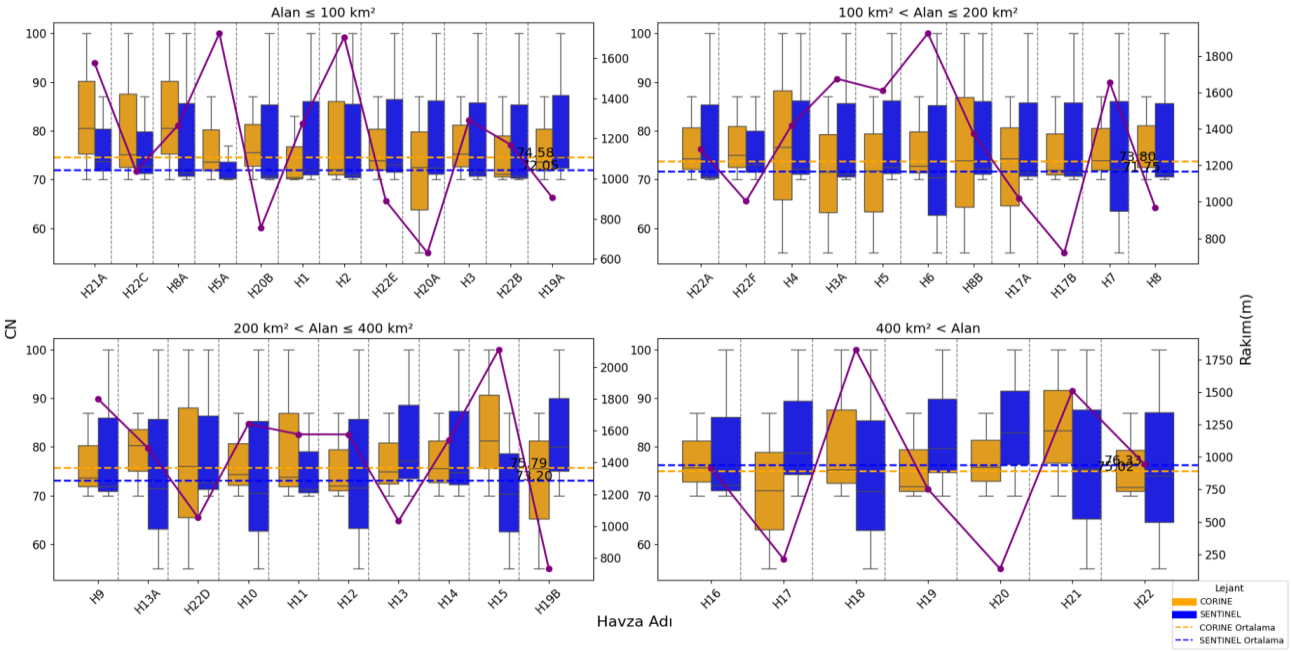
Şekil 5. a. CORINE Bazlı CN Katsayı Dağılımı **b.** SENTINEL Bazlı CN Katsayı Dağılımı

Şekil 6'da belirtilen CN katsayı dağılım grafiğine göre her iki arazi kullanımı/örtüsü verilerinden elde edilen CN katsayı ortalaması CORINE için 74,75 iken, SENTINEL için 73,00 olarak hesaplanmıştır. Havza genelinde her iki veri setinin birbirine yakın sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Haritalara bakıldığında, büyük çoğunluğun 55-70 değerleri arasında olduğu tespit edilmiştir. Bu değerlerin genellikle ormanlık ve tarımsal alanları temsil eden mahallerde olduğu görülmektedir. SENTINEL'in ormanlık ve yarı doğal alanları daha iyi tespit etmesinden kaynaklı yağış-akış katsayısı görece daha düşük çıkmış, CORINE'in ise tarımsal alanları fazla tespit etmesinden kaynaklı yağış-akış katsayı değerleri görece daha yüksek çıkmıştır. Ayrıca haritaya bakıldığında CN katsayılarının 70-85 değerleri arasında da yoğunlukta olduğu söylenebilir. Bu değerlerin ise yapay alanlar ve yüksek eğimli yer şekillerinin olduğu bölgelerde olduğu tespit edilmiştir. Yüksek CN değerleri yüksek akış derecesini temsil eder. Bu sebepten dolayı sel riskinin ciddi tehlikelere yol açabileceği söylenebilir.

SENTINEL verilerinin CORINE'e göre daha düşük akış değerlerine sahip olmasının sebebi olarak, daha yüksek çözünürlüklü AKAÖ verisi sağlaması görülebilir. Ayrıca, spektral bantları sayesinde arazi örtüsünü daha detaylı bir şekilde ayırt edebilmesidir. Bu durum özellikle ormanlık alanların daha iyi sınıflandırılmasını sağlamış ve CN katsayısında küçük farklılıklara neden olmuştur. Bunun yanı sıra, havzaya ait eğim değerlerinin düşük olması her iki uydu için de havza genelinde düşük yağış-akış katsayısı değerlerinin elde edilmesini sağlamıştır. Ancak her iki uydu için de 70 ile 100 aralığında bulunan CN değerleri, artan popülasyonla beraber gelişen düzensiz şehirleşme ve sanayileşme ile ilişkilendirilebilir. Çünkü yapay alanların artışı neticesinde yüzeyden akan suyun tahliyesi zorlaşmakta ve olası taşkın durumlarında yüksek akışlar meydana gelmektedir. Bu konuyla alakalı ulusal ve uluslararası yapılan çalışmalar incelendiğinde, Türkiye'de bulunan Kahramanmaraş ili üzerinde gerçekleştirdikleri çalışmada Sentinel-2A uydu görüntüleri ile CORINE 2018 arazi örtüsü verilerini karşılaştırmalı olarak kullanmış ve SCS-CN yöntemiyle CN dağılımını incelemişlerdir. Çalışmanın bulguları, Sentinel-2A verisinin yüksek mekânsal çözünürlüğü ve güncelliği sayesinde CORINE 2018'e kıyasla daha yüksek CN değerleri ürettiğini göstermiştir. Araştırmacılar, bu farklılığın özellikle kentleşme ve arazi örtüsündeki değişimleri daha hassas yakalayabilme kapasitesinden kaynaklandığını vurgulamış ve AKAÖ verisinin doğruluğunun yağış-akış modellemesinde kritik bir belirleyici olduğunu ortaya koymuşlardır (Öz&Diş, 2024). Benzer şekilde, Kuzey Makedonya'daki Ovche Pole bölgesinde CORINE 2018 ve SENTINEL-2A verilerini bir arada kullanarak SCS-CN yöntemiyle yağış-akış katsayılarını tahmin etmiş, özellikle tarımsal faaliyetlerde suyun daha verimli kullanılabilmesi için daha hassas ve ayrıntılı arazi örtüsü haritalarının geliştirilmesinin önemine dikkat çekmiştir (Onchevcski&Mihara, 2021). Ayrıca, Sentinel-2A verisinin Maksimum Olabilirlik Sınıflandırması (MLE) gibi sınıflandırıcılarla yüksek doğruluklar sağladığını ve AKAÖ haritalarının üretimini artırdığını belirtmiştir (Phiri vd., 2020). Tüm bulgular değerlendirildiğinde, SENTINEL verilerinin CORINE'e kıyasla daha yüksek mekânsal çözünürlük sunması nedeniyle AKAÖ verilerinin gerçeğe daha yakın sonuçlar ürettiği belirlenmiştir. Bu durumun ise, yağış–akış katsayılarının daha güvenilir ve doğru bir şekilde elde edilmesine katkı sağladığı sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 6. CN Katsayısı Karşılaştırma Grafiği



Şekil 7. Alt Havzalar Bazında CN-Rakım Karşılaştırma Grafiği

Şekil 7'de Arc-GIS 10.5 ortamında oluşturulan 40 adet havza alansal olarak küçükten büyüğe doğru sıralanmış, ayrıca her bir alt havza için ortalama yükseklik (rakım) değerleri de işlenmiştir. Bu sayede alan ve yükseklik parametrelerinin CN katsayısı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bu grafikte de iki veri seti arasında genel bir uyum olduğu görülmektedir. Diğer taraftan, CORINE'den elde edilen CN değerleri daha düşük değişkenliğe sahip olup değerler havza içerisinde birbirine yakındır. Ayrıca, verilerin medyanı olan ikinci çeyrekler (Q2), CORINE'den türetilen CN değerlerinin SENTINEL'e kıyasla merkez değerlerinin daha düşük tahmin edildiğini göstermektedir. SENTINEL veri seti CORINE'e kıyasla, güncel AKAÖ görüntüleri ile yüksek mekânsal ve zamansal çözünürlüğe sahip uydu sağladığından, havza bazında daha geniş CN dağılımına sahiptir. SENTINEL veri setinden elde edilen minimum ve maksimum CN değerleri bıyıkları (whiskers) ve aykırı noktaları daha iyi temsil etmiştir. Havza büyüklüğü arttıkça rakımın etkisinin daha belirgin hale geldiği görülmüştür. Çünkü küçük havzalarda, rakımdan ziyade havzanın bitki örtüsü, toprak tipi ve arazi kullanımı gibi özellikleri CN değerlerini daha çok etkilemektedir. Alan büyüklüğünün CN değerlerine bariz bir etkisi görülmemekle birlikte, ortalama değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmüştür.

TARTIŞMA VE SONUÇ

İki uydu verisi üzerinde CN dağılımında farklılıkların oluşmasının sebebi, uyduların mekânsal çözünürlük değerlerinin farklı olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Bu durum, Çubuk&Diş (2022) ve Öz&Diş (2024) çalışmaları ile paralellik göstermekte olup, yüksek çözünürlüklü verilerin havza ölçeğindeki hidrolojik olayları daha hassas yansıttığı düşünülmektedir. Ayrıca SENTINEL uydusundan elde edilen AKAÖ verilerinin daha düşük değerler vermesinin nedenleri arasında ormanlık ve yarı doğal alanların daha iyi görüntülenmesi gösterilebilir. CORINE verilerinde homojenleşen ve olduğundan daha geniş görünen alanların, SENTINEL'in 10 metrelik çözünürlüğü sayesinde gerçek sınırlara daha yakın gözlemlendiği görülmüştür. Bu durum, literatürde düşük çözünürlüklü verilerin taşkın debilerini olduğundan fazla tahmin etme eğilimi gösterdiğine dair yapılan tartışmaları destekler niteliktedir.

Bununla birlikte, CN katsayılarının yalnızca mekânsal çözünürlük farkı nedeniyle değil, havzadaki toprak özellikleri ve hidrolojik toprak grupları ile de doğrudan ilişkili olduğu görülmektedir. Özellikle, havzanın büyük bir bölümünün C ve D grubu topraklardan oluşması, bu bölgelerde su geçirgenliğinin düşük olmasına ve dolayısıyla yüzey akışının artmasına neden olmaktadır. Killi ve suyu yavaş ileten toprak yapısı, SENTINEL'in sağladığı daha detaylı arazi örtüsü verisine rağmen, bazı bölgelerde yüksek CN değerlerinin korunmasına sebep olmuştur. Bu bulgu, arazi kullanımı ne kadar iyi tanımlanırsa tanımlansın, havza jeolojisinin akış üzerindeki baskın rolünü koruduğunu ve havza yönetiminde AKAÖ etkileşiminin ayrılmaz bir bütün olarak ele alınması gerektiğini vurgulamaktadır.

İki uydu verisinden elde edilen sonuçlardan da anlaşıldığı üzere, kentleşmenin olduğu alanlarda yüksek CN değerleri çıkmaktadır. Bu sebepten dolayı artan kentleşme ve ormanlık alanların azalması yüzeydeki su akışını artırmaktadır. SENTINEL yüksek mekânsal çözünürlüğe sahip veri sağlamasından dolayı, kentleşmenin olduğu alanları daha iyi gözlemleme fırsatı sunmuştur. Bunun yanı sıra, tarımsal ve ormanlık alanların tahrip edilerek yerlerine düzensiz ve plansız şekilde binaların, yolların ve endüstriyel tesislerin yapılması, olması muhtemel bir taşkın durumunda ciddi zararlar vereceği apaçık ortadadır. Kentleşmenin olduğu alanlarda oluşabilecek yüksek yağış durumlarında altyapı ve drenaj çalışmaları ile suyun tahribat meydana getirmeyecek şekilde tahliyesi yapılmalıdır. Bunun yanı sıra, geçirgen yüzey özelliğine sahip malzemelerin kullanımı ve yağmur suyu hasadı gibi sürdürülebilir çözümler geliştirilerek yüzey akışı azaltılabilir. Bu öneriler, sadece teorik birer çıkarım değil, çalışmanın sonuçlarında ortaya çıkan yüksek CN değerlerine sahip riskli bölgeler için somut birer çözüm önerisi olarak sunulmaktadır.

Sonuç olarak, CN katsayılarının taşkın riski üzerindeki etkisi, kentleşme, arazi kullanımı değişiklikleri, toprak özellikleri ve iklim faktörleri birlikte ele alınarak değerlendirilmelidir. Bu çalışma, uydu teknolojilerindeki ilerlemenin hidrolojik modelleme doğruluğunu nasıl etkilediğini ortaya koymaya yönelik çalışmalara ön ayak olacaktır. İklim değişikliğiyle artan ani ve yoğun yağışlar, ani sel ve taşkın riskini yükseltirken, yağış rejimi ve buharlaşma oranlarının zaman içindeki değişimi CN katsayılarını doğrudan etkileyebilir. Geleceğe yönelik hidrolojik modelleme çalışmaları ile farklı iklim senaryolarında CN değerlerindeki değişimler analiz edilmelidir. Taşkın riskini azaltmak için yeşil alanların korunması, geçirgen yüzeylerin artırılması ve taşkın yataklarının korunması gibi stratejiler uygulanmalı, hidrolojik modellemelerle CN katsayılarının taşkın tahminlerindeki rolü detaylı şekilde incelenerek havza yönetimi daha etkin hale getirilmelidir. Uzun vadeli planlamalar ve sürdürülebilir kent politikalarıyla taşkın riskleri minimize edilebilir.

Yapay Zeka Katkı Beyanı

Bu makale tamamen herhangi bir yapay zeka aracının yardımı olmadan yazılmış, düzenlenmiş, analiz edilmiş ve hazırlanmıştır. Metin, veri analizi ve şekiller dahil tüm içeriğin yalnızca yazarlar tarafından oluşturulduğunu beyan ederim.

KAYNAKLAR

Aksoy, H. (2020). Surface water. In N. Harmancioglu & D. Altinbilek (Eds.), *Water resources of Turkey* (Vol. 2, pp. 127–158). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-11729-0_5

Avcı, P., & Ercanoglu, M. (2024). Utilization of streamflow rates for determination of precipitation thresholds for landslides in a data-scarce region (Eastern Bartın, NW Türkiye). *Environmental Earth Sciences*, *83*(7), Article 192. https://doi.org/10.1007/s12665-024-11487-4

Bras, R. L., & Perkins, F. E. (1975). Effects of urbanization on catchment response. *Journal of the Hydraulics Division*, *101*(3), 451–466. https://doi.org/10.1061/JYCEAJ.0004230

Burgan, H. I., & Aksoy, H. (2022). Daily flow duration curve model for ungauged intermittent subbasins of gauged rivers. *Journal of Hydrology*, *604*. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.127249

Chadli, K., Kirat, M., Laadoua, A., & El Harchaoui, N. (2016). Runoff modeling of Sebou watershed (Morocco) using SCS curve number method and geographic information system. *Modeling Earth Systems and Environment*, *2*(3). https://doi.org/10.1007/s40808-016-0215-6

Choudhary, K., Boori, M. S., & Kupriyanov, A. (2018). Spatial modelling for natural and environmental vulnerability through remote sensing and GIS in Astrakhan, Russia. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, *21*(2), 139–147. https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2017.05.003

Chughtai, A. H., Abbasi, H., & Karas, I. R. (2021). A review on change detection method and accuracy assessment for land use land cover. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, *22*. https://doi.org/10.1016/j.rsase.2021.100482

Çubuk, M. H., & Diş, M. Ö. (2022). SCS-CN metodolojisi için havza morfolojik haritalarının geliştirilmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, *25*(2), 57–70. https://doi.org/10.17780/ksujes.1073949

De Ridder, N. A., & Boonstra, J. (1994). Analysis of water balances. In *Drainage principles and applications* (2nd

ed., pp. 601–633). International Institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI).

Dewan, A. M., & Yamaguchi, Y. (2009). Using remote sensing and GIS to detect and monitor land use and land cover change in Dhaka Metropolitan of Bangladesh during 1960–2005. *Environmental Monitoring and Assessment*, *150*, 237–249. https://doi.org/10.1007/s10661-008-0226-5

Dis, M. O., Anagnostou, E., Zac, F., Vergara, H., & Hong, Y. (2015). Evaluating multi-scale flow predictions for the Connecticut River Basin. *Journal of Waste Water Treatment & Analysis*, *6*(2). https://doi.org/10.4172/2157-7587.1000208

Dizdar, M. Y. (1984). *Küçük havzalarda yüzey akış eğri numarasının tayini* (No. 749). Topraksu Genel Müdürlüğü Yayınları. https://kutuphane.tarimorman.gov.tr/vufind/Record/1227344

Elagca, A., & Diş, M. Ö. (2022). Application of Arc-GIS, HEC-GeoHMS and HEC-HMS in a holistic sense for estimation of rainfall-runoff process: Case study over Ballikaya Basin. *Acta Scientiarum. Technology*, *44*(1). https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v44i1.58360

Fohrer, N., Haverkamp, S., & Frede, H.-G. (2005). Assessment of the effects of land use patterns on hydrologic landscape functions: Development of sustainable land use concepts for low mountain range areas. *Hydrological Processes*, *19*(3), 659–672. https://doi.org/10.1002/hyp.5623

Hawkins, R. H. (1993). Asymptotic determination of runoff curve numbers from data. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, *119*(2), 334–345. https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9437(1993)119:2(334

Hegazy, I. R., & Kaloop, M. R. (2015). Monitoring urban growth and land use change detection with GIS and remote sensing techniques in Daqahlia governorate Egypt. *International Journal of Sustainable Built Environment*, *4*(1), 117–124. https://doi.org/10.1016/j.ijsbe.2015.02.005

Jenicek, M. (2007, September 24–26). *Effects of land cover on runoff process using SCS CN method in the upper Chomutovka catchment* [Paper presentation]. WaReLa Scientific Conference on Integrated Catchment Management for Hazard Mitigation, Trier, Germany.

Karakaya, D., Ozturk, B., & Elçi, S. (2024). Hydrokinetic power potential assessment of the Çoruh River Basin. *Energy for Sustainable Development*, *82*. https://doi.org/10.1016/j.esd.2024.101533

Kim, Y., & Schmidt, P. (2000). A review and empirical comparison of Bayesian and classical approaches to inference on efficiency levels in stochastic frontier models with panel data. *Journal of Productivity Analysis*, *14*(2), 91–118. https://doi.org/10.1023/A:1007801006988

Knebl, M. R., Yang, Z.-L., Hutchison, K., & Maidment, D. R. (2005). Regional scale flood modeling using NEXRAD rainfall, GIS, and HEC-HMS/RAS: A case study for the San Antonio River Basin Summer 2002 storm event. *Journal of Environmental Management*, *75*(4), 325–336. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2004.11.024

Locatelli, L., Mark, O., Mikkelsen, P. S., Arnbjerg-Nielsen, K., Deletic, A., Roldin, M., & Binning, P. J. (2017). Hydrologic impact of urbanization with extensive stormwater infiltration. *Journal of Hydrology*, *544*, 524–537. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.11.030

Macarringue, L. S., Bolfe, É. L., & Pereira, P. R. M. (2022). Developments in land use and land cover classification techniques in remote sensing: A review. *Journal of Geographic Information System*, *14*(1), 1–28. https://doi.org/10.4236/jgis.2022.141001

Mesta, B., Kargı, P. G., Tezyapar, İ., Ayvaz, M. T., Göktaş, R. K., Kentel, E., & Tezel, U. (2019). Determination of rainfall–runoff relationship in Yenicegoruce Basin with HEC-HMS hydrologic model. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, *25*(8), 949–955. https://doi.org/10.5505/pajes.2019.75133

Mishra, S. K., & Singh, V. P. (2003). *Soil Conservation Service curve number (SCS-CN) methodology*. Springer.

Myung, I. J. (2003). Tutorial on maximum likelihood estimation. *Journal of Mathematical Psychology*, *47*(1), 90–100. https://doi.org/10.1016/S0022-2496(02)00028-7

Nickman, A., Lyon, S. W., Jansson, P.-E., & Olofsson, B. (2016). Simulating the impact of roads on hydrological responses: Examples from Swedish terrain. *Hydrology Research*, *47*(4), 767–781. https://doi.org/10.2166/nh.2016.030

Niyazi, B. A., Masoud, M. H., Ahmed, M., Basahi, J. M., & Rashed, M. A. (2020). Runoff assessment and modeling

in arid regions by integration of watershed and hydrologic models with GIS techniques. *Journal of African Earth Sciences*, *172*, Article 103966. https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2020.103966

Onchevski, O., & Mihara, M. (2021). Rainwater harvesting as a mean for water conservation in Ovche Pole Region, Macedonia. *International Journal of Environmental and Rural Development*, *12*(1), 95–106.

Oz, A., & Dis, M. O. (2024). Effect of land use/land cover maps on CN method: Case study over Kahramanmaras. *Acta Scientiarum. Technology*, *46*(1). https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v46i1.66835

Özben, O. M., & Güngör, M. (2024). Determination of suitable sites for rainwater harvesting in Denizli Serinhisar district watershed. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, *30*(5), 668–678. https://doi.org/10.5505/pajes.2023.85616

Özdemir, K., & Diş, M. Ö. (2022). Acquisition of Afrin Bridge Basin characteristics and curve number methodology via GIS. *Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, *9*(16). https://doi.org/10.54365/adyumbd.943684

Peijun, S., Yi, Y., & Sinica, C. J. (2001). The effect of land use on runoff in Shenzhen City of China. *Acta Ecologica Sinica*, *21*(7), 1041–1049.

Phiri, D., Simwanda, M., Salekin, S., Nyirenda, V. R., Murayama, Y., & Ranagalage, M. (2020). Sentinel-2 data for land cover/use mapping: A review. *Remote Sensing*, *12*(14). https://doi.org/10.3390/rs12142291

Robert, C. P. (2007). *The Bayesian choice: From decision-theoretic foundations to computational implementation* (2nd ed.). Springer.

Sahu, M. K., Shwetha, H. R., & Dwarakish, G. S. (2023). State-of-the-art hydrological models and application of the HEC-HMS model: A review. *Modeling Earth Systems and Environment*, *9*(3), 3029–3051. https://doi.org/10.1007/s40808-023-01704-7

Sarıgül, O., & Turoğlu, H. (2020). Kahramanmaraş şehri sel ve taşkınlarının coğrafi analizi ve öngörüler. *Coğrafya Dergisi*, (40), 275–293. https://doi.org/10.26650/JGEOG2020-0018

Seber, G. A. F., & Lee, A. J. (2012). *Linear regression analysis* (2nd ed.). John Wiley & Sons.

Shakarneh, M. O. A., Khan, A. J., Mahmood, Q., Khan, R., Shahzad, M., & Tahir, A. A. (2022). Modeling of rainfall–runoff events using HEC-HMS model in southern catchments of Jerusalem Desert-Palestine. *Arabian Journal of Geosciences*, *15*(1), Article 127. https://doi.org/10.1007/s12517-021-09406-z

Soil Conservation Service. (1964). *National engineering handbook* (Supplement A, Section 4, Chapter 10). U.S. Department of Agriculture.

Soil Conservation Service. (1986). *Urban hydrology for small watersheds* (Technical Release 55). U.S. Department of Agriculture.

Soulis, K. X., & Valiantzas, J. D. (2012). SCS-CN parameter determination using rainfall-runoff data in heterogeneous watersheds – the two-CN system approach. *Hydrology and Earth System Sciences*, *16*(4), 1001–1015. https://doi.org/10.5194/hess-16-1001-2012

Stewart, D., Canfield, E., & Hawkins, R. (2012). Curve number determination methods and uncertainty in hydrologic soil groups from semiarid watershed data. *Journal of Hydrologic Engineering*, *17*(11), 1180–1187. https://doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000452

Stonestrom, D. A., Scanlon, B. R., & Zhang, L. (2009). Introduction to special section on impacts of land use change on water resources. *Water Resources Research*, *45*(7). https://doi.org/10.1029/2009WR007937

Strapazan, C., Haidu, I., & Kocsis, I. (2019). Assessing land use/land cover change and its impact on surface runoff in the southern part of the Țibleș and Rodnei Mountains. In *Air and Water – Components of the Environment Conference Proceedings* (Cluj-Napoca, Romania). https://doi.org/10.24193/AWC2019_23

Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. (2016). *İklim değişikliğinin su kaynaklarına etkisi projesi, proje nihai raporu, ek-22: Ceyhan havzası*.

Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. (2018). *Ceyhan havzası taşkın yönetim planı*.

Tang, J., Liu, D., Shang, C., & Niu, J. (2024). Impacts of land use change on surface infiltration capacity and urban flood risk in a representative karst mountain city over the last two decades. *Journal of Cleaner Production*, *454*,

Article 142196. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142196

Topçuoğlu, M. E., Karagüzel, R., & Doğan, A. (2023). Comparison of the SCS-CN and hydrograph separation method for runoff estimation in an ungauged basin: The Izmit Basin, Turkey. *International Journal of Economic and Environmental Geology*, *12*(4), 22–31. https://doi.org/10.46660/ijeeg.v12i4.70

Tóth, B., Weynants, M., Pásztor, L., & Hengl, T. (2017). 3D soil hydraulic database of Europe at 250 m resolution. *Hydrological Processes*, *31*(14), 2662–2666. https://doi.org/10.1002/HYP.11203

U.S. Geological Survey. (n.d.). *Geographic information systems, digital elevation model data website*. Retrieved July 26, 2021, from https://earthexplorer.usgs.gov/

Wicher, K. (2017). *Rainfall runoff modeling in Kävlinge River basin with HEC-HMS* [Master's thesis, Lund University].

Yadav, U., & Ghodichore, N. (2023). Estimating runoff for Bamnidhi watershed using SCS curve number approach and geospatial technique. *International Journal of Plant & Soil Science*, *35*(18), 86–93. https://doi.org/10.9734/ijpss/2023/v35i183270

Yagoub, M. M., & Kolan, G. R. (2006). Monitoring coastal zone land use and land cover changes of Abu Dhabi using remote sensing. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, *34*, 57–68. https://doi.org/10.1007/BF02990747

Yang, J.-L., & Zhang, G.-L. (2011). Water infiltration in urban soils and its effects on the quantity and quality of runoff. *Journal of Soils and Sediments*, *11*, 751–761. https://doi.org/10.1007/s11368-011-0356-1

Yüce, M. I., & Eşit, M. (2020). Ceyhan havzasının kuraklık risk haritasının SPI ve SPEI metotları ile belirlenmesi. *Su Kaynakları*, *5*(2), 1–8.

Yüce, M. I., Eşit, M., & Karataş, M. C. (2019). Hydraulic geometry analysis of Ceyhan River, Turkey. *SN Applied Sciences*, *1*(7), Article 763. https://doi.org/10.1007/s42452-019-0800-1