



# Kahramanmaraş Sütçü İmam University

## Journal of Engineering Sciences



Geliş Tarihi : 16.02.2022  
Kabul Tarihi : 17.03.2022

Received Date : 16.02.2022  
Accepted Date : 17.03.2022

### SCS-CN METODOLOJİSİ İÇİN HAVZA MORFOLOJİK HARİTALARININ GELİŞTİRİLMESİ: SISNE HAVZASI ÖRNEĞİ

#### DEVELOPMENT OF WATERSHED MORPHOLOGICAL MAPS FOR THE SCS- CN METHODOLOGY: CASE STUDY OVER SISNE BASIN

Mehmet Hanifi ÇUBUK<sup>1</sup> (ORCID: 0000-0003-2750-5490)  
Muhammet Ömer DİŞ<sup>2\*</sup> (ORCID: 0000-0002-3347-5112)

<sup>1,2</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Muhammet Ömer DİŞ, momerdıs@ksu.edu.tr

#### ÖZET

Bu çalışma, Kahramanmaraş Sisne Havzası üzerinde gerçekleştirilmiş olup bölgedeki geçmiş taşkın olaylarının nedenleri havza morfometrisi yönünden araştırılmıştır. Bu amaçla, SCS-CN metodolojisi kullanılarak; Hidrolojik Toprak Grupları (HTG), Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü (AKAÖ) gibi veriler Arc-GIS ortamında işlenmesiyle Eğri Numaraları (CN) elde edilmiştir. Sisne Havzasına ait CN değerlerinin ortalaması 82,62, havzanın toprak tarafından tutulan potansiyel maksimum yağış miktarı ( $S$ ) 53,43 mm ve başlangıçta tutulan yağış miktarı ( $I_a$ ) 10,7 mm olarak hesaplanmıştır. Havza hidrolik uzunluğu, havza eğimi gibi parametrelere bağlı olan gecikme süresi ise ( $t_{lag}$ ) 2,46 saat olarak belirlenmiştir. Ayrıca, havza ortalama geçirimsiz alanlarının yüzdesi arazi özellikleri haritasından yararlanarak %20,76 ve geçirimsizlik sınıfı olarak havza çoğunluğunun ormanlar sınıfında olduğu gözlemlenmiştir. Meydana gelen sel, taşkın gibi olayların sebebinin bölgeye ait yağış potansiyelinin yüksek olması, havza yapısı ve şeklinden dolayı olduğu düşünülmektedir. Çalışma çıktıları, meteorolojik parametrelerin eklenmesiyle hidrometeorolojik modeller vasıtasıyla bölgenin potansiyel taşkın haritaları ve hidrograf analizleri gibi gelecekteki çalışmaları motive edebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Hidrolojik Modelleme, SCS-CN, Sisne Havzası, Taşkın

#### ABSTRACT

This study was implemented over the Kahramanmaraş Sisne Basin, and the reasons of past flood events in the region were investigated in terms of basin morphometry. For this aim, using the SCS-CN methodology; Curve Numbers (CN) were obtained by processing data such as Hydrological Soil Groups (HTG), Land Use/Land Cover (LULC) in Arc-GIS environment. The Sisne Basin average CN value is 82.62, the basin's potential maximum retention after runoff begins ( $S$ ), is 53.43 mm, and the initial abstraction ( $I_a$ ) is 10.7 mm. The lag time ( $t_{lag}$ ) depending on the parameters such as the basin hydraulic length and slope was determined as 2.46 hours. In addition, it has been observed that the percentage of basin average impervious area is 20.76% using the land characteristics map, and the majority of the basin is in the forest class as the impermeability class. It might be concluded that the reason for flood and excess-runoff events is due to the high precipitation potential over the region and the basin structure and its shape. The study results can motivate future studies such as potential flood maps and hydrograph analyzes of the region through hydrometeorological models with the addition of meteorological parameters.

**Keywords:** Hydrological Modelling, SCS-CN, Sisne Basin, Flood

## GİRİŞ

Su, canlılar için vazgeçilmez temel kaynaklardan olduğu gibi, başta insanlara olmak üzere birçok faydalar sağlamaktadır. Özellikle ülkelerin kalkınmasında su kaynakları temel bir ihtiyaç olarak görülür (ÇTÜE, 2022). Türkiye her ne kadar su kaynakları açısından zengin olsa da gelecekte su kıtlığı gibi sorunlarla karşılaşılması için beşer olarak su kaynaklarına zarar vermemek ve bu kaynakları ihtiyaç nispetinde kullanmak önem arz eder. Gelişen teknolojiyle birlikte yeni tasarımların geliştirilmesi ve suyun iktisatlı olarak kullanılması gerekmektedir. Bu bakımdan temini sınırlı olan su kaynakları dünyadaki varlıklar için büyük önem arz etmekle birlikte, su kaynaklarının sürdürülebilir açısından korunması ve yönetimi için yüzey yağış-akışının tahmini esastır.

Yağış rejimindeki değişimler, hidrolojik, zirai ve su kaynakları bakımından çok önemli sonuçlar doğurabilir (Özfidaner, Şapolyo ve Topaloğlu 2016). Yağışların, sadece tarım alanında etkisi olmayıp, dünya üzerinde diğer alanlarda da birçok faydası vardır (Türkeş, Sümer ve Çetiner, 2000). Yağışların etkisiyle bir bölgede hidroelektrik santralin kurulması, baraj yapılması, sulanabilir tarım alanlarının artırılması gibi olumlu projeler yapılabilmektedir. Bu projeler yapılırken uzun süre olumlu neticeler alabilmek adına bölgenin coğrafi özelliklerinin göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Çünkü bölge jeomorfometrisine bağlı olarak gelen yağışın bir kısmı sızmaya, bir kısmı yüzeysel akışa, bir kısmı da buharlaşmaya geçer. Başta insanlar olmak üzere tüm canlıları etkileyebilecek nitelikte olan yağışlar, faydası olmakla birlikte sel ve taşkın gibi olaylara sebep olup zararları da olabilmektedir. Toprağın suya doygun olduğu bölgelerde yüzeysel akışa geçen yağış miktarı daha fazladır. Bu topraklar suya doygun hale gelmesiyle heyelan gibi zararlara da neden olabilmektedir (Kadıoğlu, 2008). Dünyada, yağışların sebep olduğu birçok felaket vardır ve bu büyük sel felaketleri can kaybının yanı sıra ekonomik açıdan da büyük zararlara neden olabilmektedir.

Hidrolojik döngüdeki parametrelerin tahmini ve ekstrem yağış zararlarının minimize edilmesi amacıyla geçmişten günümüze birçok hidrometeorolojik uygulamalar ve metotlar geliştirilmiştir. Hidrometeorolojik modeller bir bölge üzerinde meydana gelen yağış-akış sürecinin bilgisayar ortamında matematiksel benzeşiminin yapılması amacıyla kullanılmaktadır (Kargı, 2019). Bu modeller, dünyadaki çoklu etkileşimleri (fiziksel, ekolojik, sosyo-ekonomik, vb.) göz önünde bulundurarak karar vericilerin planlama ve işletim için en etkili kararı almalarını sağlamayı amaçlayan tahmin araçları olarak uygulanmaktadır (İspirli, 2019). Bu uygulamalar günümüzde gelişen teknolojiyle birlikte kullanışlı bir araç olan Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile de daha sistemli hale getirilmiştir. Geçmişte modellerde kullanılan hidrometeorolojik verilerin her biri farklı organizasyon veya devlet dairelerinde bulunmaktayken, günümüzde giderek bu veriler tek bir organizasyon tarafından depolanmakta ve modelleme yapacak kişi bu organizasyondan tek bir seferde her türlü veriyi elde edebilmektedir. Sayısal Yükseklik Modellerinin (SYM) CBS ortamında kullanımı ve verilerin her zaman kolay ulaşılabilir formda olması aynı havzada çalışma yürütecek diğer araştırmacılara bir altlık oluşturmaktadır (Aslan, Gündoğdu ve Demir, 2004; Akyüz, 2018). Aynı zamanda, bu modellerin taşkın erken uyarı sistemleri, taşkın frekans tahmini, taşkın güzergahı, iklim ve arazi kullanım değişikliği ve entegre havza yönetiminin etkisi gibi birçok alanda kullanımı da mevcuttur (İspirli, 2019).

Havzaların hidrometeorolojik simülasyonlarında çeşitli kullanım amacına yönelik farklı tip modeller kullanılabileceğinden, çalışma hedefine yönelik en uygun model tipi seçimi büyük önem arz etmektedir. Uygulama hedeflerinin genişliği, veri setlerine erişim, bölgenin jeomorfometrik yapısına bağlı olarak SWAT (Soil and Water Assessment Tool), MIKE SHE (Système Hydrologique Européen), HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center-the Hydrologic Modeling System), HEC-RAS (River Analysis System), CREST (the Coupled Routing and Excess STorage), WMS (the Watershed Modeling System) gibi geniş bir model yelpazesi vardır. Bu modeller birçok sahada uygulanarak gelişen teknolojiyle birlikte su kaynaklarının anlaşılması, tahmin edilmesi ve doğru olarak yönetilmesi gibi faydalar sağlamaktadır (Abbott, Bathurst, Cunge, O'Connell ve Rasmussen, 1986; Gassman, Reyes, Green ve Arnold, 2007; USACE, 2010; Daniel, Camp, LeBoeuf, Penrod, Dobbins ve Abkowitz, 2011; Wang, Hong, Li, Gourley, Khan, Yilmaz, Adler, Policelli, Habib, Irwn, Limaye, Korme ve Okello, 2011). Bu paket programları, havza fiziksel özelliklerinin girilmesi, hidrolojik döngünün tasviri, yağış-akış benzeşimleri, sızma, evapotranspirasyon, yüzeysel ve yüzeyaltı akış miktarlarının belirlenmesi amacıyla birçok metodoloji uygulamaktadır. Bu metotlar ile birlikte çalışılan bölgenin ileriye yönelik bazı olumsuzluklara (sel, fırtına veya su kıtlığı gibi) karşı önlem alınması gerekebilir. Ayrıca, bölgenin kalkındırmasında (regülatör, baraj, HES gibi) da yeni projeler üretilebilir. Bu modellerin ortak parametreleri (hidrolojik, meteorolojik ve jeomorfolojik) olduğu gibi, kullanılan metot için de kalibrasyon parametreleri içermektedir. Bu bağlamda tercih edilen yöntemin ihtiyaç

duyduğu veri setlerinin bilinmesi, kullanım amacı, kalibrasyon parametrelerinin bilinmesi model avantaj/dezavantajları bakımından önem arz etmektedir.

Geçmişten günümüze birçok hidrolog tarafından kullanılan metotlardan biri de SCS-CN (The Soil Conservation Service- Curve Number: Toprak Koruma Hizmeti Eğri Numarası) yöntemidir. SCS-CN yöntemi, küçük havzalardan belirli bir yağış olayı için yüzey akışını tahmin etmek amacıyla en yaygın olarak kullanılan tekniktir (Mishra ve Singh, 1999; Das ve Paul, 2006; Eraydın, 2015). SCS-CN metodu, akım ölçümü bulunmayan havzalarda verilen bir yağışın oluşturacağı dolaysız akış hidrografını belirlemek için geliştirilmiştir (USDA, 1957; SCS, 1972). Bu metodun, az veri ihtiyacı ile birlikte hızlı sonuç vermesi ve bu sonuçların diğer birçok çalışma için kullanılabilir olması gibi avantajları mevcuttur. Tarihsel olarak bakıldığında, SCS-CN yöntemi 1954 yılında ABD Tarım Bakanlığı (USDA) Toprak Koruma Servisi (SCS) tarafından geliştirilmiş ve Toprak Koruma Servisi (SCS) Ulusal Mühendislik El Kitabında detaylı olarak açıklanmıştır (SCS, 1985). Yöntemi içeren el kitabının ilk versiyonu 1954'te yayınlanmış olup, 1956, 1964, 1965, 1971, 1972, 1985 ve 1993'te müteakip revizyonlar izlemiştir (Ponce ve Hawkins, 1996). SCS-CN metodu kökeninde ise Sherman (1949)'ın dolaysız akış yağış çizimi ile yaptığı çalışmadan ve Mockus (1949)'un zemin, başlangıç zemin durumu, yağış süresi ve ortalama sıcaklık verilerinin kullanımıyla yüzey akışı tahminlerinden izler taşımaktadır (Arslan, 2008).

Bir havzaya düşen yağışın akış durumu belirli parametrelere bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Başta havzanın fiziki yapısı olmak üzere, bulunduğu konum bu açıdan büyük önem arz etmektedir. Toprak yapısı, bitki örtüsü, geçirgenlik, eğim, yüzey alanı gibi havzanın jeomorfometrik özellikleri, bir bölgedeki akış tahmininde belirleyici parametredir. Hidrometeorolojik modellemede daha az veri kullanılarak olumlu netice alınması imkânsız sayılmaz. Bu noktada SCS-CN metodu, yağış verilerinden akışın belirlenmesinde hidrologlar tarafından sıkça kullanılan bir yöntem olup, akışı elde etmek için yağış, hidrolojik toprak sınıfları, arazi kullanımı ve bitki örtüsü gibi verilere ihtiyaç duyar. Bu metotla ilgili ulusal ve uluslararası ölçekte birçok çalışma mevcuttur. Örneğin, Siddi Raju, Sudarsana Raju ve Rajasekhar (2018) tarafından Mandavi Havzasında (Hindistan) yağış-akış tahminlerinde SCS-CN metodu kullanılmış ve bu metodun yağış-akış tahmininde etkili bir yöntem olduğu ifade edilmiştir. Ramakrishnan, Bandyopadhyay ve Kusuma (2009) tarafından Hindistan'da yapılan diğer bir çalışmada ise, bölgedeki potansiyel su toplama alanları SCS-CN, GIS ve uzaktan algılama kullanarak incelenmiştir. Elde edilen bulgular ve saha araştırması neticesinde, potansiyel alanların uygunluğunun %80-100 aralığında SCS-CN metoduyla tahmin edildiği sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte, SCS-CN metodundan elde edilen sonuçlar taşkın yönetiminde ve planlamasında da kullanılmıştır. Örneğin, Al-Ghamdi, Elzahrany, Mirza ve Dawod (2012) tarafından yapılan çalışmada, Suudi Arabistan'ın Mekke şehrinde kentsel büyümenin sel tehlikeleri üzerindeki etkilerinin araştırılmasında SCS-CN metodundan yararlanılmıştır. Pik debi ve Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü (AKAÖ) arasındaki ilişki, korelasyon katsayılarıyla ifade edilmiştir.

Bir havza üzerinde modelleme yapılırken birçok metot bir arada da kullanılabilir. Bu yaklaşım, kullanılan farklı yöntemlerin performans değerlendirilmesine olanak sağlar. Örneğin, Govender, Dube ve Shoko (2022) tarafından Wet-Spa (A Distributed Model for Water and Energy Transfer Between Soil, Plants and Atmosphere), JULES (the Joint UK Land Environment Simulator), SWAT ve SCS-CN yöntemlerini kullanarak AKAÖ ve iklim değişikliğinin kısıtlı olan su kaynakları üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bhavsar ve Patel (2020), yüzey akışını tahmin etmek amacıyla SCS-CN ve Snyder'in modellerini karşılaştırılarak Hindistan'ın Tapi River Havzası üzerinde bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada, her iki model arasında SCS-CN metodunun daha uygun olduğu ifade edilmektedir. Ayrıca, birçok araştırmacı SCS-CN'nin kullanılan sınırlı verilerle yüksek tahmin performansı sağladığı ve akışı tahmin etmek için etkili bir yöntem olduğunu ifade etmektedir (Shafuan, Nurhidayu ve Kamarudin, 2016).

SCS-CN metodolojisi uluslararası alanda kullanıldığı gibi Türkiye'de de birçok hidrolog tarafından kullanılmaktadır. Örneğin, Özdemir (2007) tarafından Havran Çayı üzerinde meydana gelebilecek taşkınların anlaşılması için yağış-akış analizleriyle üretilen akım verilerinden maksimum akımların hesaplanması konusunda SCS-CN metodu uygulanmıştır. Çalışmada, pik debi zaman değerlerinin farklı çıkmasının nedeni olarak elde edilen morfolojik harita verilerinin (havzaların alansal büyüklükleri ve AKAÖ vs.) etkisi olduğu sonucuna varılmıştır. SCS-CN metodunun önemli parametrelerden biri olan havza için tutulma miktarının tespit edilmesi büyük önem arz etmektedir. Bu bakımdan Akgül (2009) tarafından Gediz Havzasında yapılan çalışmada ise, su depolama yapılarını besleyen havzalar için tutulma miktarının hesaplanmasında ve yüzey akışının belirlenmesinde SCS-CN metodu kullanılmıştır. Mesta, Kargı, Tezyapar, Ayvaz, Göktaş, Kentel ve Tezel (2019) tarafından, akışa geçen su miktarının hesaplanabilmesi amacıyla SCS-CN metodu tercih edilmiş ve uygulanan metotla hidrolojik modelin



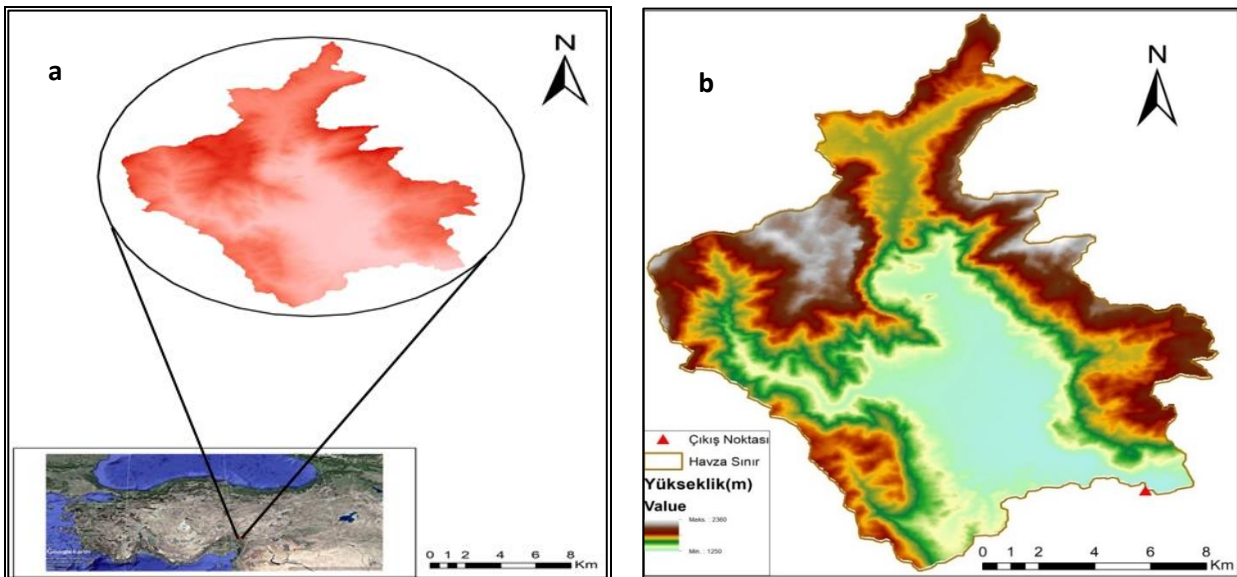
oldukça iyi bir performans sergilediği ifade edilmektedir. Cengiz (2021) tarafından yapılan çalışmada, Bodrum'daki kentsel taşkınların nedenleri araştırılmıştır. Bu amaçla, SCS-CN yöntemi kullanılmış ve taşkın sebep olduğu dereler tespit edilerek çözüm önerileri sunulmuştur. Elagca ve Diş (2022) SCS-CN yönteminin uygulanabilirliğini, Ceyhan'daki Ballıkaya Havzasında topografya, arazi kullanımı gibi havza fiziksel özelliklerini Arc-GIS ve HEC-GeoHMS ortamında işleyerek HEC-HMS modeliyle farklı objektif fonksiyonların kullanımıyla araştırmışlardır. Çalışma sonucunda, bu modülün bölgede hidrograf analizlerini yüksek oranda tahmin edebilme yeteneğine sahip olduğunu ifade etmektedirler.

Bu çalışmada gerek ulusal gerekse uluslararası uygulanabilirliği olan ve daha az veri parametresine sahip SCS-CN metodolojisi kullanılması amacıyla Andırın Sisne bölgesinde meydana gelen sel, taşkın gibi olayların havza yapısı ve şekli bakımından morfolojik haritaları geliştirilmiştir. Elde edilen haritalar birbirleriyle ilişkilendirilerek yorumlanmıştır. Özellikle arazi kullanımı, hidrolojik toprak gruplarının havzada dağılımı göz önünde bulundurulmuş ve hesaplanan eğri numaraları ile ilişkilendirilmiştir. Sel ve taşkın olaylarının olması bölgenin düşük drenajlı alanlara sahip olduğu ortalama geçirimsizlik haritasıyla desteklenmiştir. Ayrıca elde edilen CN değerlerinin havza alanındaki dağılımı harita ile gösterilmiş olup çalışma alanı hakkında ön fizibiliteyi sağlamaktadır. Böylelikle çalışma alanına gidilmeden iş yükünün minimize edilmesi amaçlanmıştır. Sisne Havzası geçmiş yıllara ait yağış kaynaklı taşkınlara maruz kaldığından dolayı bölge sakinleri bundan olumsuz etkilenmiştir. Çalışmada CN haritalarının ve bölge jeomorfometrisinin elde edilmesiyle, yağış kaynaklı yüzeysel akışın ve buna bağlı olarak potansiyel risk durumunun tahmin edilebilmesi, karar verici mekanizmalara yönelik planlaması hedeflenmektedir. Bu amaçla, CBS gibi araçlar kullanılarak, verilerin hızlı olarak işlenebilmesi, güncellenmiş arazi kullanımı, olası taşkın ve zaman kaybının önlenmesi sağlanmıştır.

## METOT

### Çalışma Alanı

Andırın Altınyayla mevkiinde bulunan Sisne Havzası, yüz ölçümü 172,07 km<sup>2</sup> olup 36°20' ve 36°30' doğu boylamları ile 37°41' ve 37°54' kuzey enlemleri arasında kalmaktadır (Şekil 1.a). Havzanın çıkış noktası kırmızı üçgen ile gösterilmiş olup koordinatları 36°29' doğu 37°41' kuzey noktasında ve havzanın güneydoğu tarafına düşmektedir (Şekil 1.b). Arc-GIS ortamında çalışılırken, coğrafi koordinat sistemi olarak ED1950-UTM ZONE-37N ve projeksiyon olarak ise *Transverse Mercator* kullanılmıştır. Arc-GIS'e aktarılan ham veri üzerine çıkış noktası koordinatları girilerek havza sınırları belirlenmiş ve bu sınırlar açık kahverengi çizgi ile gösterilmiştir. Toplam çevre uzunluğu 84 km olan havza, 1.250-2.400 m arasında değişen bir rakıma sahip olup çıkış noktasının çevre kısımları ve iç kısım yükseklikleri 1200+ m civarındadır. Havzanın ortalama eğimi %16,4 olup arazi örtüsü olarak yaklaşık %53'ünü ormanlar teşkil etmektedir. Çalışma alanının kuzey ve kuzey-batı tarafındaki yükseklik güneye göre daha yüksek değerlere sahiptir. Şekilden de anlaşılacağı üzere en yüksek değerler kahverengi tonunda, minimum değerler ise açık mavi tonundadır. Özellikle kuzey tarafında bu yükseklik değerleri maksimum seviyededir.

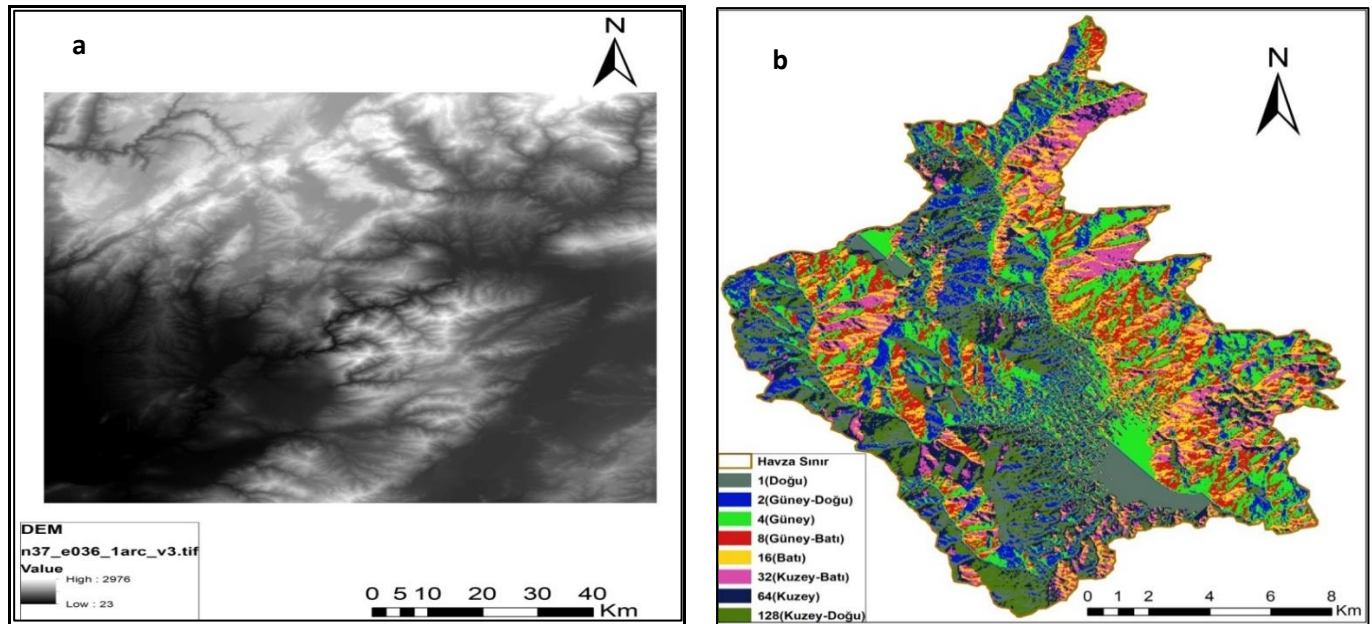


Şekil 1.a. Çalışma Alanı b. Bölgeye ait SYM

## Veri Setleri

USGS (United States Geological Survey-ABD Jeoloji Araştırmaları Kurumu)'den Sisne Havza bölgesine ait *Tagged Image File Format (tiff)* uzantılı 30x30 m mekânsal çözünürlüklü SYM verileri elde edilmiştir (USGS, 2021) (Şekil 2.a). Bu veri herhangi bir işlemten geçirilmeden ham veri olarak muhafaza edilip, Arc-GIS ortamına aktararak gerekli projeksiyon ve koordinat dönüşümleri sağlandıktan sonra; sırasıyla boşluk doldurma, akış yönü belirleme, kümülâtif akış, drenaj ağını oluşturma, çıkış noktasını işaretleme işlemlerinden geçirilmiştir. Ham SYM verisi minimum 20 m, maksimum değer olarak ise yaklaşık 3000 metredir. SYM verisindeki bir hücrenin kendinden daha yüksek olan hücrelerle çevrildiği durumlarda, yükseklik değeri az olan hücreye doğru akan su, boşluklar doldurulamadığından yüzey akışı olmayacaktır. Model bu problemi çözmek amacıyla, boşluk doldurma işlemi ile yükseklik değerini yeniden düzenlemektedir (Karadağ, 2012; Dis ve Elagca, 2019). Boşluk doldurma işleminden sonra ise akım yönleri belirlenir. Akım yönleri, SYM'ye bağlı olarak hidrolojide su yollarının hesabında ve sedimantasyon analizlerinde kullanılmaktadır (Tarboton, 1997). Havza analizlerinde önem arz eden bir işlem olan akım yönlerinin belirlenmesi, akarsuyun hareket yönü ve akarsu kollarının sahip olduğu alt havzaları bulmada kolaylık sağlamaktadır (Şekil 2.b).

SYM verisinin Arc-GIS ile kullanımıyla havzaya ait yükseklik, eğim haritaları ve akış kolları, alt havzalar oluşturularak SCS-CN metodu için altlıklar oluşturulmuştur. Ayrıca Tarım ve Köy İşleri Müdürlüğünden temin edilen Büyük Toprak Grupları (BTG) verisiyle, havzaya ait Hidrolojik Toprak Grupları (HTG), AKAÖ haritaları oluşturulmuştur. SCS-CN metodolojisi için sonraki aşamalarda ise ortalama geçirimsizlik, CN haritaları ve CN değerlerinin bir fonksiyonu olan başlangıçta tutulan yağış miktarı,  $I_a$ , toprak tarafından tutulan potansiyel maksimum yağış miktarı,  $S$ , değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 2.a. İşleme Tabi Tutulmamış SYM Verisi b. Arc-GIS Ortamında Akım Yönleri Belirlenmesi

## SCS-CN Yüzeysel Akım Yöntemi

Eğri Numarası yöntemi USDA tarafından geliştirilmiş olup arazi kullanma şekli ve toprak tiplerine göre gelen yağıştan akışın belirlenmesinde kullanılmaktadır. Bu hidrolojik model yöntemi 1954 yılında NEH-4 (National Engineering Handbook, Section 4: Hydrology) adıyla yayınlanmıştır (SCS, 1985). Hidrolojik model kurulumunda önemli bir parametre olan konsantrasyon süresi,  $t_c$  [saat], meydana gelen yağış için etki ettiği alanın hidrolojik olarak en uzak kısmından havzanın çıkış noktasına ulaşma süresidir (Dingman, 2002). Bu süre, gecikme süresinin,  $t_{lag}$  [saat], bir fonksiyonu olup, 1,67 gibi sabit bir sayıyla çarpılarak elde edilir. Gecikme süresi, diğer taraftan, yağış fazlalığının kütle merkezi ile akış pik değeri arasındaki zaman farkı olarak tanımlanır (Singh ve Singh, 2001; Fang, Bedient, Benavides ve Zimmer, 2008). Gecikme süresinin hesaplanması için Denklem 1'den de anlaşılacağı üzere havzanın ortalama eğiminin,  $W_{ort}$  [%], ortalama eğri numarasının,  $CN_{ort}$ , ve havzaya ait en uzun akarsu kolu uzunluğunun,  $L$  [m], bilinmesi gerekir.

$$t_{lag} = \frac{L^{0,8}(2540 - 22,86 CN_{ort})^{0,7}}{1410CN_{ort}^{0,7}\sqrt{W_{ort}}} \quad (1)$$

Daha önce de belirtildiği gibi çok fazla parametreye ihtiyaç duyulmayan SCS-CN yönteminde, yağış, HTG ve AKAÖ verileri kullanılmaktadır. Herhangi bir alan ve süredeki akışı bulmak için su dengesi denkleminde faydalanılarak Denklem 2 yazılabilir ve uygun bir alan ve zaman diliminin seçilmesi su dengesi analizini çok daha basit hale getirebilmektedir (De Ridder ve Boonstra, 1994). Denklem 2'den de görüleceği üzere, toplam yağış miktarı,  $P$  [mm], başlangıçta tutulan yağış miktarının,  $I_a$  [mm], sızma miktarının,  $F$  [mm], ve yüzeysel akış miktarının,  $Q$  [mm], toplamı olarak hesaplanmaktadır.

$$P = I_a + F + Q \quad (2)$$

Çok sayıda havzadan gözlemlenen verilere dayanarak elde edilen SCS yöntemine göre oransal eşitlik hipotezi, Denklem 3'ten de görüleceği üzere, sızmanın potansiyeline oranının, doğrudan akışın potansiyel değerine oranına eşit olmasıdır (SCS, 1972; 1985). Denklem 2'deki yüzeysel akış miktarı ve sızma yükseklikleri toplamı, Denklem 3'te yerine yazılarak;  $Q$  değeri için Denklem 4 elde edilmiş olacaktır.  $I_a$  değerleri Denklem 5'ten de görüleceği üzere, toprak tarafından tutulan potansiyel maksimum yağış miktarına,  $S$  [mm], bağlı olarak değişmektedir. Ayrıca, mevcut durum için bu bağıntıda geçen  $I_a$  değerlerindeki, Doğal Kaynakları Koruma Servisi (Natural Resources Conservation Service, NRCS) tarafından başlangıçta tutulan yağış miktarı hesabındaki oran sabiti değerinin,  $\lambda$ , tutulması veya değiştirilmesi konusunda herhangi bir karar verilmemiştir. Mevcut CN değerleri " $\lambda = 0.2$ " ile bağlantılı olarak geliştirildiğinden,  $\lambda$  değerlerindeki bir değişikliğin etkin bir şekilde yeni bir CN kümesini gerektireceği kolayca görülmektedir (Ponce ve Magallon, 2021). Başlangıçta tutulan yağış miktarı ve bu değerlerin oran sabiti Denklem 4'te yerine yazıldığında yüzeysel akış yüksekliği Denklem 6 ile bulunabilir.

$$\frac{Q}{P - I_a} = \frac{F}{S} \quad (3)$$

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S} \quad (4)$$

$$I_a = \lambda S \quad (5)$$

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad (6)$$

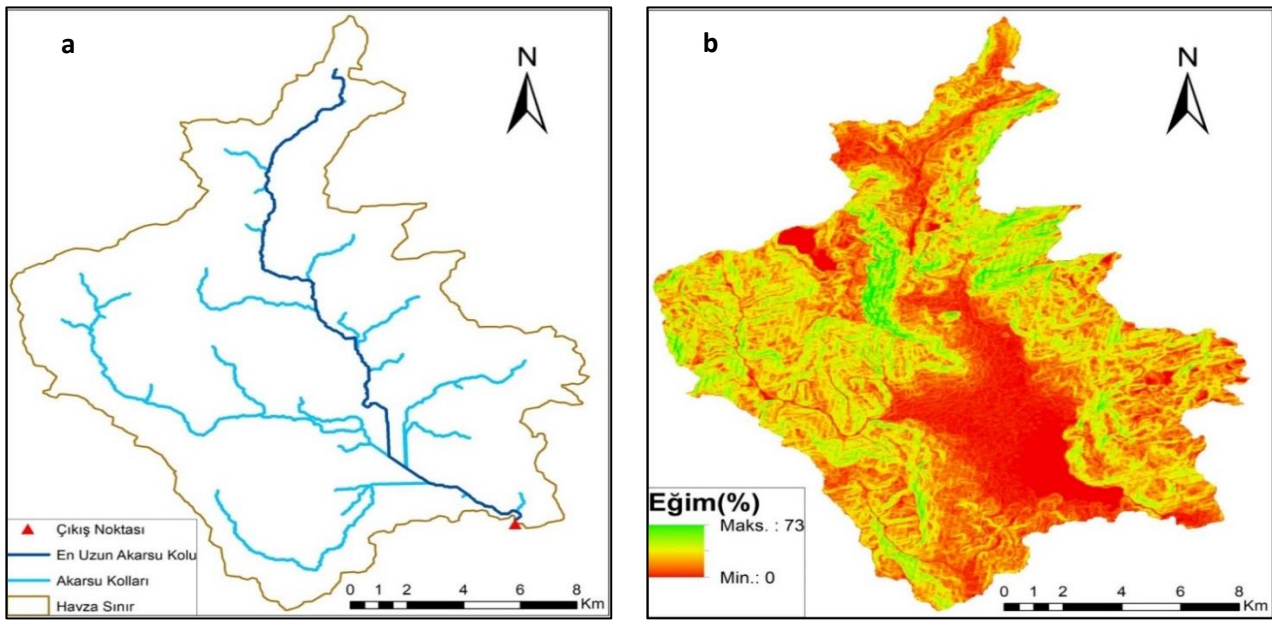
Yukarıdaki bağıntıda kullanılan  $S$  değerleri eğri numarasına bağlı olarak Denklem 7 ile hesaplanabilir. CN değerleri ise 0-100 arasında değişmekte olup boyutsuz bir parametredir. CN değerleri, yüzeysel akış hesaplamalarında bağıntılardan da anlaşılacağı üzere çalışılan havza için en duyarlı parametredir. Bu parametreyle havzanın başta sızma durumu olmak üzere gelen yağışın durumu da gözlemlenmektedir. CN değerlerinin sıfıra yakınsaması toprak tarafından tutulan potansiyel maksimum yağış miktarının sonsuza eşitlenmesini ve bütün yağışların toprağa sızdığını, eğri numarası değerinin yüze eşit olması ise  $S$  değerlerinin sıfıra yakınsamasını gelen yağışların tamamının yüzeysel akışa dönüştüğünü ifade etmektedir.

$$S = \frac{25400 - 254CN}{CN} \quad (7)$$



## BULGULAR

Havza sınırları içerisinde birçok dere olup her birinin bağlı olduğu ana akarsu kolu farklıdır. Ana akarsuya bağlı diğer küçük akarsu kollarının (dere) sürekliliği mevsimsel yağışlara bağlı olarak farklılık göstermektedir. Akış potansiyeli, zamanlaması, frekansı, süresi, mevsimselliği ve yıllık rejimi akarsu için önem arz etmektedir (Atak, 2014). Bu amaçla, SYM verisi temel işlemler sonucunda daha düzenli hale getirilerek, havzaya ait dereler ve en uzun akarsu kolu tespit edilmiştir (Şekil 3.a). Bu akarsu kollarından en uzununu, koyu mavi renkle gösterilmiş ve uzunluğu ise yaklaşık 2.500 metredir. Ayrıca en uzun akarsu kolu gecikme süresi ile doğru olarak değişmekte olup bu sürenin hesaplamalarında kullanılan ana parametrelerdendir. Sisne Havzasının eğimi ise Şekil 3.b'de gösterilmektedir. Eğim değerleri %0 ile %73 arasında değişmekte olup ortalama eğimi %16,4'tür. Eğim değerleri, havzanın kuzeyinden güneyine doğru azalmakta ve havza çıkış noktasında minimum değerlere ulaşmaktadır. Eğim değerlerinin yüksek olduğu bölgelerde akışın yüksek olması ve buna bağlı infiltrasyon miktarı, eğim değerlerinin az olduğu alanlara kıyasla daha düşüktür. Yoğun yağış dönemlerinde, toprağın doymuş hale gelmesiyle birlikte yağış bazlı akışlar yüksek eğimden düşük eğime doğru seyir halini almakta; eğimin çok azaldığı yerlerde ise taşkın riski artmaktadır (İSTKA, 2013; Utlu ve Ekinci, 2015).



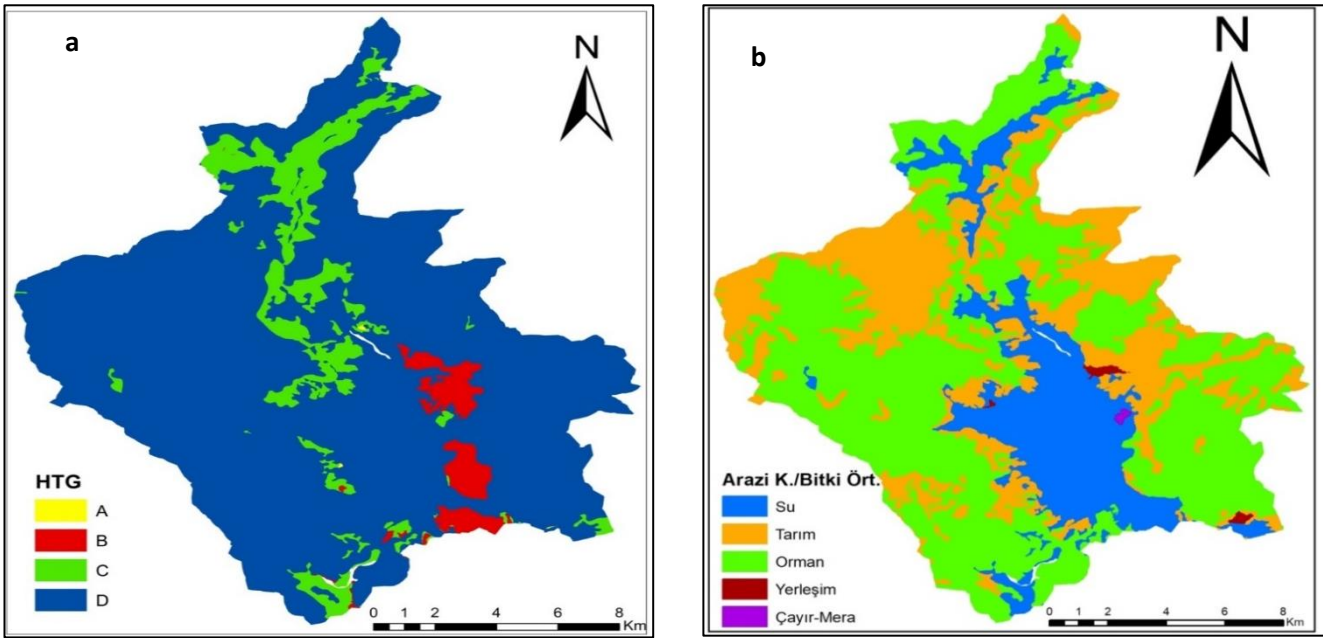
Şekil 3.a. Sisne Havzasına Ait Dere ve En Uzun Akarsu Kolu b. Eğim Haritası

Tarım ve Köy İşleri Müdürlüğünden temin edilen BTG verisi, Arc-GIS ara yüzüne aktarıldıktan sonra toprak tipleri sınıflandırılarak etki ettiği alanlar hesaplanmıştır. Her bir toprak grubu bir sembol ile belirtilir (Dizdar, 2003). Bölgede özellikle Kahverengi Orman Toprakları, Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları ve Alüvyal Toprakların hâkim olduğu tespit edilmiştir. Sınıflandırmaya göre Sisne Havzasını %56'sını Kahverengi Orman, %19'unu Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları oluşturmaktadır (Tablo 1). Kahverengi Orman Toprakları, dağlık ve tepelik olan eğimli bölgelerde görülen genç yapılı ormanlardan olup toprağın yıkanma oranı genellikle yüksek olduğu için pH değeri düşüktür. Su tutma kapasitesi gelişmiş olan bu topraklar uzun süre su tutabilir özelliktedir. Bu topraklar yapraklarını döken orman örtüsü altında, kireçli ana materyal üzerinde gelişmekte olan genç topraklardır (Özyavuz, 2011; Anonim, 2021). Alüvyal Topraklar ise sürekli veya mevsimlik olarak yaş genellikle de taban suyunun etkisi altındadırlar. Genellikle taze tortul depozitler üzerindeki genç toprak olarak tanımlanmaktadır (Turna, 2014).

Tablo 1. Büyük Toprak Gruplarının Havzada Alansal Dağılımı

Büyük Toprak Grupları	Sembol	Alan		Büyük Toprak Grupları	Sembol	Alan	
		Km <sup>2</sup>	%			Km <sup>2</sup>	%
Kahverengi Topraklar	A	0,15	0,09	Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları	N	34,12	19,83
Alüvyal Topraklar	B	23,20	13,48	Kırmızı Akdeniz Toprakları	T	5,34	3,10
Kırmızı Kahverengi Topraklar	E	3,21	1,86	Kireçsiz Kahverengi Topraklar	U	3,31	1,92
Kırmızımsı Kahverengi Topraklar	F	1,20	0,70	Bazaltik Topraklar	X	0,05	0,03
Kolüvyal Topraklar	K	4,23	2,46	Yerleşim Alanları	YR	0,64	0,37
Kahverengi Orman Toprakları	M	96,62	56,16				

HTG haritası Arc-GIS ortamında toprak sınıfları ve diğer toprak özellikleriyle kombinasyon yapılarak elde edilmiştir (Şekil 4.a). HTG haritası A, B, C ve D olmak üzere dört gruptan oluşmaktadır ve her bir grubun belirleyici özelliği vardır. A grubu infiltrasyon hızı yüksek iken, D grubu sızma hızı düşüktür. Bu dört grup özellikleri içerisinde A grubunda bulunan topraklar nemli olsalar bile kum veya çakıl içeriklerinden dolayı yüksek geçirgenlik değerine sahiptir. Bu topraklarda su taşınımı yüksek değerlerdedir. B grubu hidrofiziksel karakteristiğine bakıldığında sızma kapasitesi orta, kısmen derin ve kaba tekstürlü olup geçirgenliği hızlı topraklardan meydana gelmektedir. Sızma kapasitesi yavaş, orta tekstürlü ve geçirgenliği düşük olan grup C olarak ifade edilmektedir. D grubu ise akış potansiyeli çok yüksek, sızma miktarı ise çok az olan zeminlerdir (ıslanınca çok şişen zeminler, ağır plastik kil, yeraltı su yüzeyi her zaman yüksek olan zeminler, geçirimsiz tabakaya oturan derinliği az zeminler, bazı tuzlu zeminler) ve sığ toprak olan alanlarda görülürler. Bundan dolayı D grubu sığ topraklardan oluşup hemen hemen geçirimsiz bir tabakadan meydana gelmektedir (SCS, 1964; 1986; Arslan, 2008; Özalp, 2009). Havzanın büyük bir kısmını (%86,5) D grubu içerdiği gibi bu alanlarda akış potansiyelinin fazla olması ve buna bağlı olarak CN değerlerinin yüksek çıkması beklenmektedir. Sisne Havzasındaki hidrolojik toprak gruplarının havzadaki alansal dağılımına bakıldığında, yaklaşık olarak %10,1 (17,32 km<sup>2</sup>) kısmı C grubundan, %3,4 (5,89 km<sup>2</sup>) kısmı B grubundan ve %0,03 (0,05 km<sup>2</sup>) kısmı ise A grubundan meydana gelmektedir. C ve D guruplarının havzanın çoğunluğunu oluşturması gelen yağışın sızmadan ziyade akışa geçtiğini ifade etmektedir.



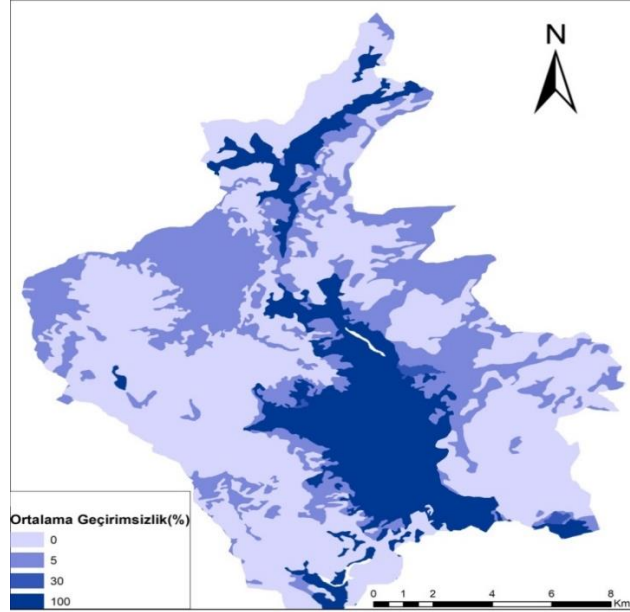
Şekil 4.a. HTG Haritası b. AKAÖ Haritası

Sisne Havzasının Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü haritası Şekil 4.b'de gösterilmektedir. Haritadan da görüleceği üzere, bölgenin büyük çoğunluğu orman, tarım ve sulak alanlardan oluşmaktadır. Bununla birlikte, havzada en az yer kaplayan yerleşim yerleri ve çayır-mera alanları da mevcuttur. Havzanın CN değerlerinin tespiti ve buna bağlı olarak yağışın akışa geçme durumundaki sızma oranlarının belirlenmesi açısından bu harita önem arz etmektedir. Sisne Havzası su ve tarım bakımından iyi durumda olduğu, akarsuların sürekliliği mevsimsel olarak devam ettiği gözlemlenmektedir. Ayrıca, bölgenin yüzdesel geçirimsizliği Şekil 4.b ve Tablo 2'nin bütüncül olarak kullanılmasıyla belirlenebilir. Geçirimsiz yüzeyler, uzun süredir kentsel alanlarda yağış-akış ilişkisini etkileyen kritik faktörlerden biri olarak kabul edilmektedir (Schoener, 2018). Tablo 2'den de görüleceği üzere, havzanın büyük çoğunluğunu oluşturan ormanlar, ortalama geçirimsizlik yüzdesi %0 iken su alanlarında %100'dür. Çayır-mera alanları ise havzada çok az yer kaplayıp %5 oranında tespit edilmiştir. Havzanın ortalama geçirimsizlik yüzdesi %20,76 hesaplanmıştır. Havzada bulunan yerleşim yerleri kırmızı renkle gösterilmiş olup geçirimsizlik yüzdesi %30 oranında; sulak bölgeler mavi renkle gösterilmiş olup havza geçirimsizliği %100 oranındadır (Şekil 5).



**Tablo 2.** Sisne Havzası Ortalama Geçirimsizlik Değerleri ([HEC-GeoHMS-USACE, 2013]'den Uyarlanmıştır.)

AKAÖ	Ort. Geçirimsizlik [%]	Alan [Km <sup>2</sup> ]	Alan [%]
Su	100	33,47	19,45
Orman	0	90,75	52,74
Tarım	5	47,07	27,36
Yerleşim	30	0,64	0,37
Çayır-mera	5	0,14	0,08

**Şekil 5.** Ortalama Geçirimsizlik Yüzdeliği

Eğri numaraları bulunurken havzaya ait AKAÖ ve HTG gibi bazı özelliklerin bilinmesi gerekmektedir. Bu değerler havza alanının yerleşim, ticari, sulak, orman vs. gibi kullanımına bağlı olarak farklı değerler almaktadır. Örneğin, çayır, otlak ve sık ormanlar gibi bölgelerde (sadece A Grubu için) CN değeri 30 iken, su/sulak alanlarda bu değer (A, B, C ve D gruplarının tamamında) 100'e ulaşmaktadır (Tablo 3). Arc-GIS'de Tablo 3'teki özelliklere göre kombinasyonu yapılmış ve Sisne Havzasına ait CN değerleri elde edilmiştir (Şekil 6).

**Tablo 3.** AKAÖ ve HTG'ye Göre CN Değerleri ([Saral, 2010]'dan Uyarlanmıştır.)

AKAÖ	HTG			
	A	B	C	D
Yerleşim	57	72	81	86
Ticari Alanlar	89	92	94	95
Endüstriyel Alanlar	81	88	91	93
Açık Alanlar	39	61	74	80
Çayır, Otlak	30	58	71	78
Sık Ormanlar	30	55	70	77
Seyrek Ormanlar	43	65	76	82
Su/Sulak Alanlar	100	100	100	100



maksimum su miktarı, CN değeri Denklem 7’de yerine yazıldığında 53,43 mm bulunurken  $I_a$  Denklem 5’de yerinde yazıldığında 10,7 mm olarak hesaplanmıştır. Başlangıçta tutulan yağış miktarı değeri görüldüğü gibi CN ile ters orantılı olup, maksimum  $I_a$  değeri minimum CN ile elde edilmiştir.

**Tablo 4:** Sisne Havzasına Ait Parametrik Değerleri

Alan km <sup>2</sup>	Uzunluk km	CN -	W %	L m	S mm	$t_{lag}$ saat dk	$I_a$ mm	Geçirimsizlik %
172,07	84	82,62	16,4	25079	53,43	2,46 147	10,7	20,76

## SONUÇLAR

Kahramanmaraş’daki en büyük yağışın Andırın ilçesine düşmesi sebebiyle Sisne Havzası ve bölgedeki tarım amacıyla kullanılan topraklar, özellikle kış ve bahar aylarında sürekli yağış altında kalmaktadır. Yağışların beslediği önemli su kaynakları potansiyeli de bulunan bölgede, sürekli ekstrem yağışlar ise sel ve taşkın gibi zararları da beraberinde getirmektedir. Bu metodolojinin uygulanmasıyla birlikte Andırın-Sisne bölgesindeki yağış-akış tahminleri ve buna bağlı olarak hidrograflar elde edilebilecektir. Birçok hidrometeorolojik modelin aksine SCS-CN metodu ile daha az veri kullanılarak olumlu sonuçlar elde edilebilmektedir. Gelişen teknolojiye bağlı olarak CBS kullanımının artması ve uzaktan algılama verileri, arazi ölçüm maliyetlerini ve iş yükünü minimize etmekte; böylece gerekli analiz ve haritalamalar daha kolay yapılabilir. Bu amaçla, CBS vasıtasıyla havza jeomorfolojisi (AKAÖ, HTG, akarsu kolları, rakım, akım yönü, eğim, geçirimsizlik, eğri numarası, vb.) temin edilmelidir.

SCS-CN metoduyla elde edilen haritalar, hidrograf analizleri bölgeye geleceğe yönelik yapılacak yeni çalışmalar için topoğrafik veya jeolojik açıdan destekleyici nitelikte olabilmektedir. Sisne Havzasına bakıldığında ortalama CN değeri 82,62, ortalama geçirimsizlik değeri %20,76 olup havza hakkında bazı ön bilgilere ulaşılmıştır. Geçmişte sel ve taşkın olaylarının olması bölgenin geçirimsizlik alanlara sahip olduğu ortalama geçirimsizlik haritasıyla desteklenmiştir. Elde edilen CN değerlerinin çalışma alanındaki dağılımı harita ile gösterilmiş olup çalışma hakkında ön fikirde bulunmayı sağlamıştır. Sisne Havzasının AKAÖ haritasından anlaşılacağı gibi yerleşim alanları oldukça az bir alana sahiptir. Ayrıca, BTG sınıfı yardımıyla bölgedeki tarıma elverişli alanlar belirlenebilmekte; böylece, yağışın sürekliliğiyle üretimde yeni projeler tasarlanabilmektedir. Hidrolojik toprak grupları ise akış potansiyeli tahmininde önemli rol almıştır. HTG haritasından da anlaşıldığı gibi havzanın büyük çoğunluğu D grubu, yani geçirgenliği çok yavaş olduğu tabakadan oluşmakta olup, geçirgenliğin az olması ise bölgedeki toprağın kil olduğunun göstergesi olarak yorumlanmıştır. Havza alanında yerleşim alanı az olduğu ve yağış oranının ise yüksek olduğu söylenebilir. Bununla birlikte, ortalama eğri numarası değeri ve SYM verilerinden havzanın eğim dağılımına bakılarak az eğimli topoğrafik yapıya sahip olduğu gözlemlenmiştir. Sisne Havzasına ait yükselti değerleri özellikle havzanın kuzey bölgesinde daha yüksek olduğu ve akışın kuzeyden güneydoğuya doğru olduğu görülmektedir. Havzanın gecikme süresi ( $t_{lag}$ ) 2,46 saat olarak bulunurken; bu değer, havzanın büyüklüğü, eğimi ve yapısına bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Andırın Sisne bölgesinde meydana gelen sel, taşkın gibi olayların sebebi bölgenin yağış bakımından potansiyelinin yüksek olması, havza yapısı ve şeklinden dolayı olduğu düşünülmektedir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara, evapotranspirasyon, sıcaklık, yağış gibi meteorolojik verilerin de eklenmesiyle bölgeye ait yağış-akış simülasyonları, taşkın frekans analizleri veya erken uyarı sistemleri geliştirilebilir. Böylelikle CBS ile entegre edilen SCS-CN metodu, yüzey yağış-akış tahmininin havza yönetiminde etkin bir şekilde kullanılabilmesini sağlayacaktır.

## KAYNAKLAR

Abbott, M.B., Bathurst, J.C., Cunge, J.A., O’Connell, P.E., & Rasmussen, J. (1986). An introduction to the European Hydrological System — Systeme Hydrologique Europeen, SHE, 1: History and philosophy of a physically-based, distributed modelling system. *Journal of Hydrology*. 87 (1–2), 45–59. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(86\)90114-9](https://doi.org/10.1016/0022-1694(86)90114-9)

Akgül, S. (2009). Gediz Havzasında su bütçesi elemanlarındaki değişimin tarımsal su kullanımına etkisi. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Ankara 246s.

Akyüz, D. E. (2018). Coğrafi Bilgi Sisteminde Havzanın Tanımlanması. *Su Vakfı, Su Bülteni* (6), 7.



Al-Ghamdi, K. A., Elzahrany, R. A., Mirza, M. N., & Dawod, G. M. (2012). Impacts of urban growth on flood hazards in Makkah City, Saudi Arabia. *International Journal of Water Resources and Environmental Engineering*, 4 (2), 23-34. <https://doi.org/10.5897/IJWREE11.128>

Anonim (2021). <https://www.orman.gen.tr/kahverengi-orman-topraklari.html> (ET:01.12.2021)

Arslan, O. (2008). Yağış-yeraltısuyu ilişkisi modellerinin değerlendirilmesi. Doktora Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta 90s.

Aslan, Ş. T. A., Gündoğdu, K. S., & Demir, A. O. (2004). Sayısal yükseklik modelinden yararlanılarak bazı havza karakteristiklerinin belirlenmesi: Bursa Karacabey İnkaya Göleti Havzası örneği. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18 (1), 167-180.

Atak, E. (2014). Sürdürülebilir Hidroelektrik İçin Çevresel Akış Kılavuzu. WWF-Türkiye, 69, İstanbul.

Bhavsar, P. N., & Patel, J. N. (2020). Event-based rainfall-run-off modeling and uncertainty analysis for lower Tapi Basin, India. *ISH Journal of Hydraulic Engineering*, 26 (3), 353-362. <https://doi.org/10.1080/09715010.2018.1464406>

Cengiz, K. (2021). Bodrum Yarımadası Kent Taşkınlarının Nedenleri ve Çözüm Önerileri Üzerine Bir Çalışma. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (25), 207-216. <https://doi.org/10.31590/ejosat.898178>

ÇTÜE (2022). T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, TÜBİTAK (MAM), Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü, <https://ctue.mam.tubitak.gov.tr/tr/arastirma-alanlari/su-ve-toprak-kaynaklarinin-surdurulebilir-yonetimi> (ET:29.01.2022).

Das, S., & Paul, P. K. (2006). Selection of site for small hydel using GIS in the Himalayan region of India. *Journal of Spatial Hydrology*, 6 (1). <https://scholarsarchive.byu.edu/josh/vol6/iss1/8>

Daniel, E.B., Camp, J.V., LeBoeuf E.J., Penrod, J.R., Dobbins, J.P., & Abkowitz, M.D. (2011). Watershed Modeling and its Applications: A State-of-the-Art Review . *The Open Hydrology Journal*. 5 (1), 26–50. <https://doi.org/10.2174/1874378101105010026>

De Ridder, N. A., & Boonstra, J. (1994). Analysis of water balances. Drainage principles and applications., (2<sup>nd</sup> Ed.), 601-633.

Dingman, S.L. (2002). Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA. Physical Hydrology (2<sup>nd</sup> Ed.), 646.

Dizdar, M. Y. (2003). Türkiye'nin toprak kaynakları. *TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Teknik Yayınlar Dizisi*, (2), 77-251.

Dis, M.O., & Elagca, A. (2019). Determination of Catchment Characteristics over Ballikaya Subbasin in Ceyhan Watershed via Arc-GIS Environment. *KSU Journal of Engineering Sciences*, 22, Special Issue, 88-94.

Elagca, A., & Dis, M.O. (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*.

Eraydın, E. (2015). Uzaktan Algılama ve Cbs Yöntemleri Kullanılarak Akış Eğri Numaralarından Eşen Çayı Havzası İçin Taşkınların Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul 107s.

Fang, Z., Bedient, P.B., Benavides, J.A., & Zimmer, A.L. (2008). Enhanced Radar-Based Flood Alert System and Flood Plain Map Library. *Journal of Hydrologic Engineering ASCE*. 926-938. [https://doi.org/10.1061/\(Asce\)1084-0699\(2008\)13:10\(926\)](https://doi.org/10.1061/(Asce)1084-0699(2008)13:10(926))

Gassman, P. W., Reyes, M. R., Green, C. H., & Arnold J. G. (2007). The Soil and Water Assessment Tool: Historical Development, Applications, and Future Research Directions. *Transactions of the ASABE*. 50 (4), 1211–1250. <https://doi.org/10.13031/2013.23637>

Govender, T., Dube, T., & Shoko, C. (2022). Remote sensing of land use-land cover change and climate variability on hydrological processes in Sub-Saharan Africa: Key scientific strides and challenges. *Geocarto International*, 1-27. <https://doi.org/10.1080/10106049.2022.2043451>

HEC-GeoHMS-USACE, Geospatial Hydrologic Modeling Extension HEC-GeoHMS User's Manual Version 10.1, (2013). US Army Corps of Engineers. *Hydrologic Engineering Center*. Davis, CA, USA. February.

İspirli, M. N. (2019). HEC-HMS Model Programı Kullanılarak Dağlık Havzalarda Kar Erimesine Etki Eden Parametrelerin Belirlenmesi ve Kırkgöze Çipak Havzası'nın Hidrolojik Modellenmesi. Doktora Tezi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Erzurum 161s.

İSTKA (2013). Kozlar deresinin taşkın riskinin belirlenmesi ve koruma tedbirleri, İSTKA/2012/DFD/83, proje raporu

Kadıoğlu, M. (2008). Sel, Heyelan ve Çığ için Risk Yönetimi, Afet Zararlarını Azaltmanın Temel İlkeleri, *JICA Türkiye Ofisi Yayınları* No:2, 251-276, Ankara.

Karadağ, A. A. (2012). Kovada Gölü alt havza sınırlarının belirlenmesi. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 8 (1), 58-76.

Kargı, P. G. (2019). Ergene havzası yağış-akış ilişkilerinin hidrolojik ve hidrolik modelleme ile belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli 178s.

Mesta, B., Kargı, P. G., Tezyapar, İ., Ayvaz, M. T., Göktaş, R. K., Kentel, E., & Tezel, U. (2019). Yenicegözü Havzası'ndaki yağış-akış ilişkisinin HEC-HMS hidrolojik modeli ile belirlenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25 (8), 949-955. <https://doi.org/10.5505/pajes.2019.75133>

Mishra, S. K., & Singh, V. P. (1999). Another look at SCS-CN method. *Journal of Hydrologic Engineering*, 4 (3), 257-264. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1084-0699\(2001\)6:5\(451\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1084-0699(2001)6:5(451))

Mockus, V. (1949). Estimation of total (peak rates of) surface runoff for individual storms. Exhibit A of Appendix B, Interim Survey Rep. Grand (Neosho) River Watershed, USDA, Washington.

Özalp, D. (2009). Dere taşkın risk haritalarının cbs kullanılarak oluşturulması ve cbs ile taşkın risk analizi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul 139s.

Özdemir, H. (2007). SCS CN Yağış-akış modelinin CBS ve uzaktan algılama yöntemleriyle uygulanması: Havran Çayı Havzası örneği (Balıkesir). *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 5 (2), 1-12. [https://doi.org/10.1501/Cogbil\\_0000000078](https://doi.org/10.1501/Cogbil_0000000078)

Özfidaner, M., Şapolyo, D., & Topaloğlu, F. (2016). İç Anadolu bölgesi yağış verilerinin gidiş analizi. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5, 161-168. <https://doi.org/10.17100/nevbiltek.210982>

Özyavuz, M. (2011). Bitki örtüsünün ekolojik şartlarının Coğrafi Bilgi Sistemleri ve uzaktan algılama teknikleri ile analizi, Ganos (Işıklar) Dağı, Tekirdağ. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8 (2), 37-47.

Ponce, V. M., & Hawkins, R. H. (1996). Runoff curve number: Has it reached maturity? *Journal of hydrologic engineering*, 1(1), 11-19. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1084-0699\(1996\)1:1\(11\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1084-0699(1996)1:1(11))

Ponce, V. M., & Magallon, L. (2021). Initial abstraction revisited. Online publication. [http://ponce.sdsu.edu/initial\\_abstraction\\_revisited.html](http://ponce.sdsu.edu/initial_abstraction_revisited.html). (13.05.2021)

Ramakrishnan, D., Bandyopadhyay, A., & Kusuma, K. N. (2009). SCS-CN and GIS-based approach for identifying potential water harvesting sites in the Kali Watershed, Mahi River Basin, India. *Journal of earth system science*, 118, 355-368. <https://doi.org/10.1007/s12040-009-0034-5>

- Saral, A. (2010). Çok Kriterli Karar Verme ve Bilgi Difüzyonu Yöntemleri Yardımıyla, Taşkın Risk Analizi Yazılımının Gerçekleştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Bilişim Enstitüsü İletişim Sistemleri Anabilim Dalı, İstanbul 75s.
- Schoener, G. (2018). Urban runoff in the US Southwest: Importance of impervious surfaces for small-storm hydrology. *Journal of Hydrologic Engineering*, 23 (2), 05017033. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HE.1943-5584.0001610](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0001610)
- SCS (1964). National Engineering Handbook Supplement A, Section 4, Chapter 10, Soil Conservation Service, USDA, Washington D.C.
- SCS (1972). National Engineering Handbook (NEH) Section 4. Hydrology, Soil Conservation Service, USDA, Washington D.C.
- SCS (1985). Hydrology-National Engineering Handbook, Section 4, Chapter 10, Soil Conservation Service, USDA, Washington D.C.
- SCS (1986). Urban Hydrology for Small Watersheds, TR-55, USDA, Washington D.C.
- Shafuan, M. F. A., Nurhidayu, S., & Kamarudin, N. (2016). SCS-CN in Tropics: Is It Reliable?. *Pertanika J. Sch. Res. Rev.* 2 (1) 1–21.
- Sherman, L. K. (1949). The unit hydrograph method, In *Physics of the Earth*. O. E. Menizer Ed. *Dover Publications*, 514-525, New York.
- Siddi Raju, R., Sudarsana Raju, G., & Rajasekhar, M. (2018). Estimation of rainfall runoff using SCS-CN method with RS and GIS techniques for Mandavi Basin in YSR Kadapa District of Andhra Pradesh, India. *Hydrospatial Analysis*, 2 (1), 1-15. <https://doi.org/10.21523/gcj3.18020101>
- Singh, P., & Singh, V.P. (2001). *Snow and Glacier Hydrology*. The Netherlands: *Kluwer Academic Publishers*. 285.
- Tarboton, D. G. (1997). A new method for the determination of flow directions and upslope areas in grid digital elevation models. *Water resources research*, 33 (2), 309-319. <https://doi.org/10.1029/96WR03137>
- Turna, M. (2014). İkramiye Vadisi Florası. Yüksek Lisans Tezi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, Sakarya 151s. <https://doi.org/10.16984/saufenbilder.292196>
- Türkeş, M., Sümer, U. M., & Çetiner, G. (2000). Küresel İklim Değişikliği ve Olası Etkileri, Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları, 7-24, ÇKÖK Gn. Md., Ankara.
- USACE (2010). Hydrologic Modeling System HEC-HMS User's Manual Version 3.5. US Army Corps of Engineers, Hydrological Engineering Center. Davis, CA, USA.
- USDA (1957). Soil Conservation Service. National Engineering Handbook. Section 4. Supplement A.
- USGS (2021). United States Geological Survey Digital Elevation Model, ABD Jeoloji Araştırmaları Kurumu Sayısal Yükseklik Modeli, <https://earthexplorer.usgs.gov/> (ET:11.10.2021)
- Utlu, M. & Ekinci, D. (2015). Namnam Çayı Havzasının (Muğla) Uygulamalı Hidrografyası. *Coğrafya Dergisi*, (30), 38-60.
- Wang, J., Hong, Y., Li, L., Gourley, J. J., Khan, S. I., Yilmaz, K. K., Adler, R. F., Policelli, F. S., Habib, S., Irwn, D., Limaye, A.S., Korme, T. & Okello, L. (2011). The coupled routing and excess storage (CREST) distributed hydrological model. *Hydrological Sciences Journal*, 56 (1), 84–98. <https://doi.org/10.1080/02626667.2010.543087>