

Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Döşemealtı (Antalya) İlçesinde Hidrolojik Parametrelerin Analizi ve Su Toplanma Havzalarının Belirlenmesi

Ayşe KONU ESKİTOĞLU¹ * 

¹ Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Gölhisar MYO, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Burdur, Türkiye

Alındı/Received: 28/10/2025; Kabul/Accepted: 17/11/2025; Yayın/Published: 23/12/2025

“5th International Turkish World Engineering and Science Congress, 4-7 December, 2025” Kongresinde özet bildiri olarak sunulacaktır.

*Sorumlu yazar e-posta: akonu@mehmetakif.edu.tr

Öz

Bu çalışma, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) teknolojilerini kullanarak Antalya'nın Döşemealtı ilçesindeki su toplama havzalarının ve temel hidrolojik parametrelerin belirlenmesini amaçlamaktadır. Yaklaşık 687 km²'lik çalışma sahası, Döşemealtı Ovası üzerinde konumlanmış olup çevresi dağlık bir topografyaya sahiptir. Analizlerde 30×30 m çözünürlüklü SRTM SYM verisi ve ArcGIS 10.8 yazılımının gelişmiş hidroloji araçları kullanılmıştır. Çalışma kapsamında SYM üzerindeki çukurlar “Fill” işlemiyle giderilmiş; ardından D8 algoritmasına dayalı Akış Yönü ve Akış Toplamı analizleri gerçekleştirilmiştir. Akış Toplamı sonuçlarına belirli bir eşik değeri uygulanarak drenaj ağı modellenmiş ve Strahler metoduna göre sınıflandırılmıştır. Raster formatta elde edilen akarsu ağı, “Stream to Feature” aracıyla vektör formata dönüştürülmüştür. Tüm alt havzalar içerisinde en geniş alana sahip olan ana havza seçilmiş ve sınırları en uzun drenaj hattı dikkate alınarak yeniden çizilmiştir. Hesaplamalar sonucunda ana havzanın alanı 184.98 km², akarsu ağının toplam uzunluğu 134.60 km olarak belirlenmiştir. Bu değerler doğrultusunda drenaj yoğunluğu ($Dd = \Sigma L/A$) 0.73 km/km² olarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar, çalışma sahasının genel olarak seyrek-orta gelişmiş bir drenaj ağına sahip olduğunu ve bölgenin karstik yapısıyla uyumlu bir hidrolojik karakter sergilediğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), Hidrolojik Analiz, Su Toplama Havzası

Analysis of Hydrological Parameters and Determination of Water Basins in Döşemealtı (Antalya) District with Geographic Information Systems

Abstract

This study aims to identify watersheds and analyze key hydrological parameters in the Döşemealtı district of Antalya using Geographic Information Systems (GIS) and Digital Elevation Model (DEM) technologies. The study area, covering approximately 687 km², is located on the Döşemealtı Plain and is surrounded by mountainous terrain. A 30×30 m resolution SRTM DEM and the advanced hydrology tools of ArcGIS 10.8 were utilized in the analysis. Depressions in the DEM were first corrected using the “Fill” function, followed by Flow Direction and Flow Accumulation analyses based on the D8 algorithm. A drainage network was derived by applying a threshold to the flow accumulation grid and classified using the Strahler stream ordering method. The raster-based drainage network was converted to a vector format for further spatial analysis through the “Stream to Feature” tool. Among all delineated sub-basins, the largest one was selected as the main watershed, and its boundaries were redrawn based on the longest drainage line. The area of the main watershed was calculated as 184.98 km², and the total stream length within the basin was determined as 134.60 km. Based on these values, the drainage density ($Dd = \Sigma L/A$) was computed as 0.73 km/km², indicating a low to moderately developed drainage network consistent with the karstic and geomorphological characteristics of the region. The findings highlight the effectiveness of GIS-based hydrological modeling for understanding surface runoff processes in complex terrains.

Key Words: Geographic Information Systems (GIS), Hydrological Analysis, Watershed

Atf / To cite: Konu Eskitoğlu, A (2025). Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Döşemealtı (Antalya) İlçesinde Hidrolojik Parametrelerin Analizi ve Su Toplanma Havzalarının Belirlenmesi. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Ermenek Akademi Dergisi, 2(2): 23-30.

1.GİRİŞ

Su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi, yüzey ve yeraltı suyu bileşenlerinin mekânsal ve nicel özelliklerinin bütüncül bir yaklaşımla analiz edilmesini gerektirmektedir. Bu tür entegre analizler, tarımsal faaliyetlerin verimliliğini artırmada ve gelecekteki su stresi risklerini öngörerek önlem almada temel bir öneme sahiptir. Bu noktada, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) tabanlı uygulamalar, hidrolojik modelleme için güçlü araçlar sunmaktadır. Bu teknolojiler aracılığıyla bir bölgenin drenaj ağları, akış yolları ve su toplama havzaları gibi temel hidrolojik parametreleri hassasiyetle belirlenebilmektedir.

Bu çalışmanın temel hedefi, Döşemealtı (Antalya) yöresinin su toplama havzası sınırlarını, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Sayısal Yükseklik Modeli verileri kullanılarak gerçekleştirilecek detaylı bir hidrolojik analizle ortaya koymaktır.

İlçenin konumu itibarıyla bulunduğu ana 1:100.000'lik pafta N25-d'dir. 1:100.000 ölçekli bir pafta, kendi içinde 1:25.000 ölçeğinde 16 alt paftaya ayrılır. Bu nedenle Döşemealtı, büyük ölçüde N25-d grubundaki paftalarda yer alır. Çalışma sahası yaklaşık 687 km²'lik bir alanı kapsamaktadır. Çalışma sahasının UTM projeksiyon sistemi Z 36 ya göre koordinatları (1. 302000 D, 4113500 K, 2. 311500 D, 4091300 K, 3. 313400 D, 4093800 K, 4. 288100 D, 4106600 K)'dir (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma Sahası Lokasyon Haritası

Çalışma sahası, Antalya'nın kuzeyinde, Batı Torosların eteğinde konumlanan Döşemealtı ilçesi, büyük oranda Döşemealtı Ovası üzerinde yer almakla birlikte çevresi dağlık bir arazi yapısına sahiptir. Bölge, tipik Akdeniz iklimi etkisi altındadır ve yağışlar mevsimlere göre önemli değişkenlik gösterir. Kırkgöz su kaynakları ve düdenler gibi zengin karstik sulak alanlar barındırmaktadır. Bunlar bölgenin su kaynaklarının temelini oluşturur. Bölge hem yüzeysel hem de yer altı suyu dinamiklerini etkileyen karmaşık bir hidrografik yapıya sahiptir.

Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin (CBS) hidroloji disiplindeki temel uygulama alanlarını; yağış-akış süreçlerinin modellenmesi, su kalitesinin mekânsal ve zamansal değişiminin analizi, erozyon potansiyelinin belirlenmesi ve taşkın risklerinin tahmini ile yönetimi olarak sıralamaktadır (Singh, & Fiorentino, 1996).

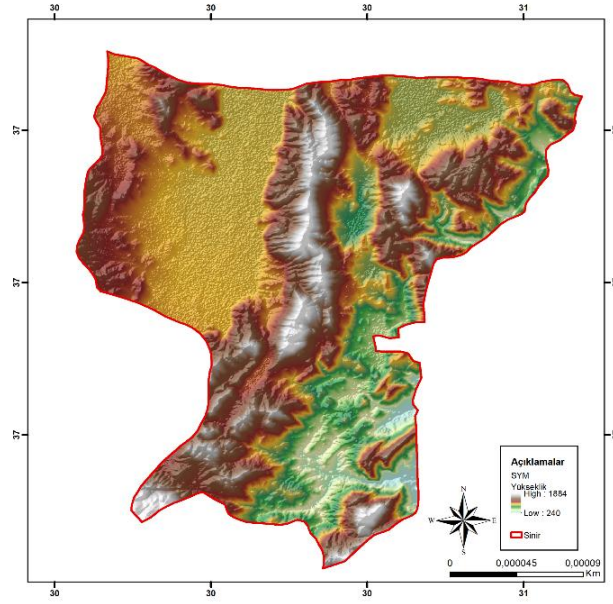
Hidrolojik havza yönetimi kapsamında alınacak kararların isabetliliği, havzanın fiziksel ve hidrografik karakteristiklerinin doğru bir şekilde anlaşılmasına doğrudan bağlıdır. Bu durum, çalışma sahasına yönelik yüksek çözünürlüklü ve kapsamlı mekânsal veri setlerinin kullanılmasını temel bir gereklilik haline getirmektedir. Bu bağlamda, Sayısal Yükseklik Modelleri (SYM), havza özelliklerinin çok boyutlu sorgulanması ve analizi için gerekli olan modern ve etkin bir veri ortamı sunmaktadır (Bağdatlı ve Öztürk, 2014)

Havza yönetiminde, sayısal yükselti modeli (SYM) oluşturulması, havza sınırlarının belirlenmesi ve havza karakteristiklerinin analiz edilmesi önemli uygulama alanlarıdır. Yağışın yüzeysel akışa dönüşüm sürecinde, havzanın fiziki özelliklerinin derinlemesine anlaşılması kritik bir rol oynamaktadır (Usul, 2008).

2. MATERYAL VE METOT

Çalışmanın metodolojik temelini, 30x30 m çözünürlüklü SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) oluşturmaktadır. Bu veri seti, arazi morfolojisinin detaylı bir temsili sunarak hidrolojik analizlerin hassasiyetini artırmaktadır (Şekil 2).

SYM verisinin işlenmesi, su toplama havzalarının sınırlandırılması ve akış ağlarının türetilmesi süreçleri, CBS tabanlı bir yazılım olan ArcGIS 10.8 platformu ve bu platformun sunduğu gelişmiş hidroloji analiz araçları kullanılarak tamamlanmıştır.



Şekil 2. Çalışma Alanı Sayısal Yükseklik Modeli (SYM)

2.1. CBS ile Veri İşleme Yöntemleri

Analizlerde mekânsal tutarlılığın sağlanabilmesi amacıyla, tüm SYM verisi ve türetilen raster-vektör katmanları WGS 1984 UTM Zone 36N projeksiyon sistemine dönüştürülmüş ve tüm hidrolojik modelleme adımları bu koordinat sistemi altında gerçekleştirilmiştir. Bu yaklaşım, akış yönü, akış birikimi ve drenaj ağı gibi mekânsal hesaplamalarda doğruluğu artırmakta ve çakışırma hatalarını önlemektedir.

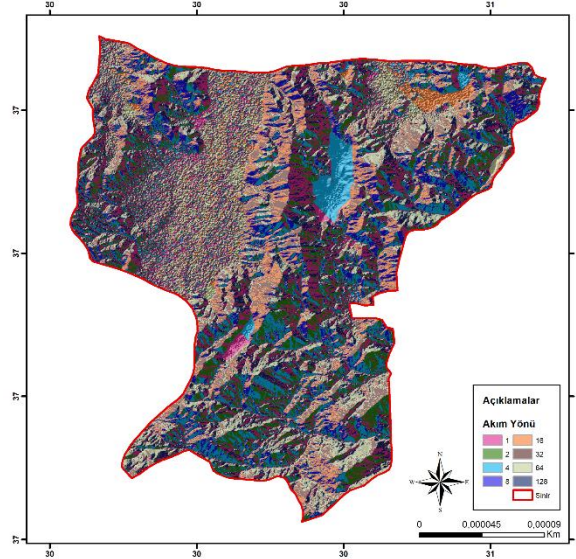
Çalışmada kullanılan 30 m çözünürlüklü SRTM SYM verisinin doğruluğu literatürden araştırılmış olup, küresel ölçekte ortalama yükseklik hatasının 6–10 m RMS aralığında, Türkiye yüzeyinde ise $\pm 8-12$ m arasında değiştiği belirtilmektedir (Farr et al., 2007; Öztürk vd., 2013). Bu hata aralığı, havza sınırlarının çıkarılması, akış yönlendirme ve akış birikimi analizleri gibi hidrolojik modelleme süreçleri açısından kabul edilebilir bir hassasiyet sunmaktadır.

Sayısal Yükseklik Modeli'nin (SYM) hidrolojik analize hazırlanması amacıyla, öncelikle "Fill" fonksiyonu ile yüzeydeki boşluklar ve anlık çukurlar giderilmiştir. Takip eden aşamada, yüzey akışının potansiyel yollarını belirlemek üzere Akış Yönü (Flow Direction) analizi yapılmıştır. Bu analizde, her hücre için akışın en dik eğimli komşuya doğru gerçekleştiğini varsayan D8 (sekiz yönlü) algoritması kullanılmıştır (Jenson & Domingue, 1988) (Şekil 3).



Şekil 3. Akım Yönleri

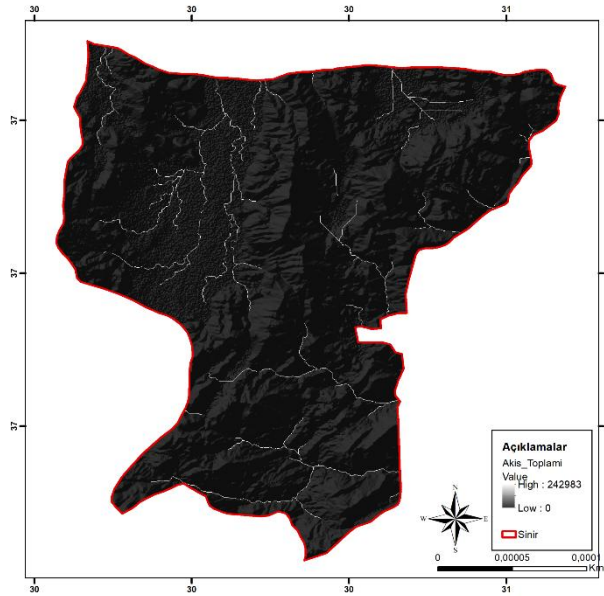
Ortaya çıkan akış yönü haritası, suyun arazi üzerindeki hareketini ve drenaj ağını takip etmek için kullanılan temel bir veri olup, özellikle yağış-akış modellemesi gibi ileri analizlerde kritik bir rol oynamaktadır (Şekil 4).



Şekil 4. Çalışma Sahası Akım Yönü Haritası

Akış yönü katmanının oluşturulmasını takiben, analiz sürecinin bir sonraki kritik aşaması olan Akış Toplamı (Flow Accumulation) analizi gerçekleştirilmiştir. Bu işlem, her bir hücreye yamaç yukarı alanlardan ne kadar suyun drene olduğunu (toplandığını) hesaplar. O'Callaghan ve Mark (1984) gibi araştırmacılar tarafından geliştirilen algoritmalar, bu sürecin dijital modeller üzerinden otomatik olarak yürütülmesine ve drenaj ağlarının hassas bir şekilde türetilmesine olanak tanımıştır (Martz & Garbrecht, 1998). Yüksek akış toplanma değerlerine sahip hücrelerin birleşimi, akarsu ağlarını oluşturur (Şekil 5).

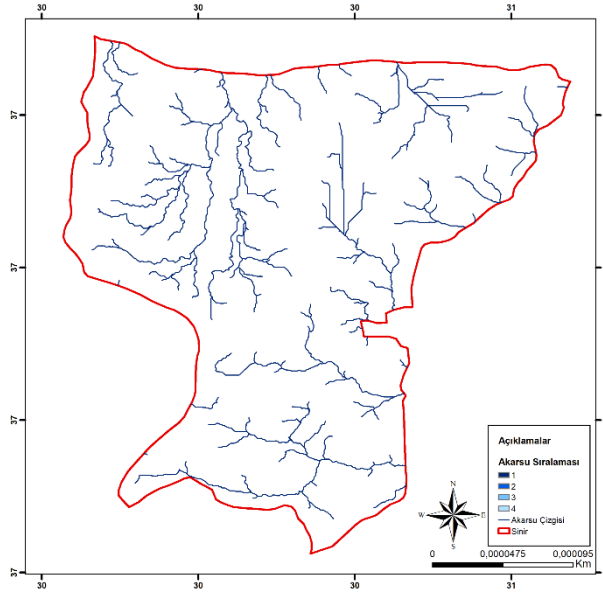
Dolayısıyla bu analiz, drenaj ağlarının modellenmesi, taşkın riski altındaki potansiyel alanların saptanması ve su bölümü çizgilerinin tanımlanması gibi uygulamaların temelini oluşturmaktadır (Mark, 1984).



Şekil 5. Çalışma Sahası Akış toplamı Haritası

Drenaj ağındaki akarsuların hiyerarşik olarak sınıflandırılması, Akarsu Sıralaması (Stream Order) olarak bilinen yöntemle gerçekleştirilir. Bu çalışmada, söz konusu sınıflandırma için en yaygın sistem olan Strahler metodu tercih edilmiştir (Strahler, 1957). Bu metodun uygulanabilmesi için, öncelikle Akış Toplamı verisinden bir akarsu ağı türetilmesi gerekmektedir. Bu amaçla, belirli bir minimum akış birikimi eşiği belirlenmiş; bu eşiğin üzerindeki akış değerlerine sahip hücreler sürekli bir drenaj hattı olarak kabul edilirken, altındaki hücreler ihmal edilmiştir. Bu yaklaşım, havzanın hidrografik yapısını anlamlı bir şekilde temsil eden bir akarsu ağının modellenmesini sağlamıştır. Akarsu ağının raster veri modelinden, daha esnek analiz imkânları sunan vektör veri modeline aktarılması, "Stream to Feature" aracı vasıtasıyla sağlanmıştır (Jenson & Domingue, 1988; Tarboton, 1997).

Raster format, akış yollarının tespiti için etkin bir yapı sunarken; her bir akarsu kolunu bağımsız bir coğrafi obje olarak tanımlayan, uzunluk ve bağlantı gibi nitelik bilgileri eklenebilen vektör (polyline) formatı, su kaynakları yönetimi ve hidrolojik modelleme uygulamaları için daha işlevseldir. Grid yapısındaki ham drenaj ağını, hem kartografik sunum kalitesi yüksek hem de ağ analizi gibi ileri mekânsal sorgulamalara uygun, yönetilebilir bir çizgi katmanına dönüştürerek çalışmanın sonraki aşamaları için temel bir veri seti oluşturmuştur (Şekil 6).



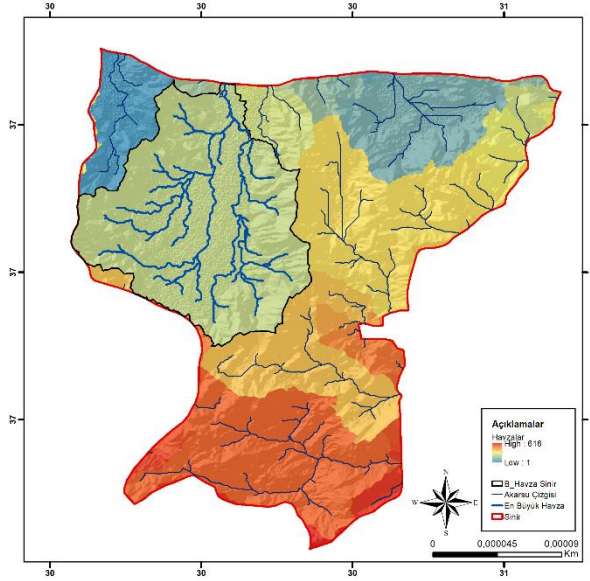
Şekil 6. Çalışma Sahası Akarsu Sıralaması Haritası

Akarsu ağı çıkarımının tamamlanmasının ardından tüm drenaj hatlarına ait uzunluklar ArcGIS 10.8 ortamında “Add Geometry Attributes” aracıyla metre cinsinden hesaplanmış ve kilometreye dönüştürülmüştür. Havza alanı UTM Zone 36N projeksiyonunda belirlenmiş olup drenaj yoğunluğu $Dd = \Sigma L/A$ formülü kullanılarak hesaplanmıştır. Bu kapsamda ana havza alanı 184.98 km², toplam akarsu uzunluğu ise 134.60 km olarak bulunmuştur. Bu işlem, havzanın hidrografik yapısının sayısal olarak tanımlanması ve havza davranışının morfolojik açıdan değerlendirilmesi açısından kritik bir aşama oluşturmaktadır.

2.2. Su Toplama Havzalarının Belirlenmesi

Bir havzanın morfolojik yapısı, özellikle de geometrik şekli, o havzanın hidrolojik tepkisini ve akım rejimini doğrudan etkileyen temel faktörlerden biridir (Bağdatlı ve Öztürk, 2014). Havza şeklindeki farklılıklar, yağış sonrası akışın toplanma süresini ve pik debi değerlerini değiştirdiğinden, hidrolojik analizlerde kritik bir parametre olarak kabul edilir.

Bu ilkeye dayanarak, çalışma alanındaki su toplama havzalarının alansal dağılımı bir Sayısal Yükselti Modeli (SYM) kullanılarak analiz edilmiştir. İlk olarak, bölgedeki tüm alt havzalar belirlenerek aralarından en geniş alana sahip olanı ana çalışma alanı olarak seçilmiştir. Ardından, seçilen bu havzanın sınırları, Akış Birikimi (Flow Accumulation) modelinden türetilen en uzun akarsu ağı (ana drenaj hattı) esas alınarak hassas bir şekilde yeniden çizilmiştir (Şekil 7).



Şekil 7. Çalışma Sahası Su Toplama Havzaları ve Drenaj Ağı Haritası

Nihai olarak tanımlanan bu havzanın alanı, çevresi, form faktörü ve drenaj yoğunluğu gibi temel morfometrik parametreleri hesaplanmıştır. Bu parametreler, havzanın yüzeyel akışa olan potansiyel tepkisini ve hidrolojik karakterini sayısal olarak ifade etmek amacıyla kullanılmıştır.

3. BULGULAR

Bu çalışma kapsamında, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) kullanılarak Döşemealtı ilçesinin hidrolojik parametreleri ve su toplama havzaları başarıyla modellenmiştir. 30x30 m çözünürlüklü SRTM SYM verisi kullanılarak yürütülen analizler sonucunda:

SYM verisi üzerindeki anlık çukurlar "Fill" fonksiyonu ile giderildikten sonra, suyun her bir hücreden akış yönü D8 algoritması kullanılarak tespit edilmiş ve çalışma alanının Akış Yönü Haritası oluşturulmuştur.

Akış yönü verisine dayalı olarak yapılan Akış Toplamı analizi ile yamaç yukarı alanlardan gelen suyun birikim bölgeleri belirlenmiş ve potansiyel drenaj hatlarını gösteren Akış Toplamı Haritası üretilmiştir.

Akış Toplamı haritasına belirli bir eşik değer uygulanarak havzanın drenaj ağı modellenmiş ve bu ağ, Strahler metoduna göre hiyerarşik olarak sınıflandırılarak Akarsu Sıralaması Haritası elde edilmiştir.

Raster formatındaki bu drenaj ağı, "Stream to Feature" aracıyla vektör (polyline) formatına dönüştürülerek ileri analizler ve kartografik sunumlar için işlevsel bir veri seti haline getirilmiştir.

SYM ve akış birikimi modelleri kullanılarak çalışma alanındaki alt havzalar belirlenmiş, en geniş alana sahip olan havza ana çalışma alanı olarak seçilmiş ve sınırları hassas bir şekilde çizilerek Su Toplama Havzaları Haritası oluşturulmuştur.

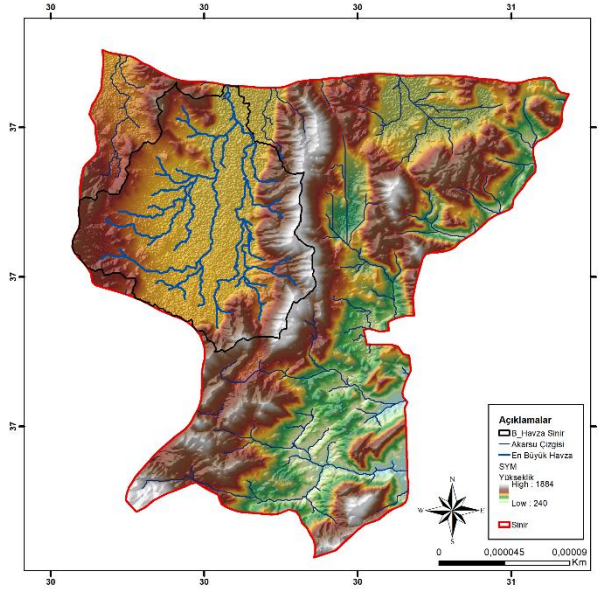
Çalışma alanında belirlenen ana havzaya ait drenaj ağı toplamda 134.60 km uzunluğundadır. Havza alanının 184.98 km² olması göz önüne alındığında drenaj yoğunluğu ($Dd = \Sigma L/A$) 0.73 km/km² olarak hesaplanmıştır. Bu değer, havzanın jeomorfolojik ve litolojik özellikleriyle uyumlu olarak seyrek-orta gelişmiş bir drenaj ağına sahip olduğunu göstermektedir. Karstik yapının geniş yayılımı, yüzeyel akışın sınırlı olması ve infiltrasyon kapasitesinin yüksekliği bu sonucu desteklemektedir.

Literatürle karşılaştırıldığında, elde edilen drenaj yoğunluğu değerinin Akdeniz Bölgesi'ndeki karstik havzalar için bildirilen 0.50–0.90 km/km² aralığıyla uyumlu olduğu görülmektedir (Doğan, 2015). Türkiye'nin farklı morfolojik bölgelerinde yapılan çalışmalarda ise 1.20–2.50 km/km² aralığında daha yoğun drenaj ağları rapor edilmiştir (Bağdatlı & Öztürk, 2014). Döşemealtı havzasında hesaplanan 0.73 km/km² değeri, bölgenin karstik litolojisi ve yüksek infiltrasyon kapasitesi nedeniyle drenaj ağının doğal olarak seyrek geliştiğini göstermekte ve literatürdeki benzer havza tipleriyle uyumlu bir karakter sunmaktadır.

Nihai olarak tanımlanan ana havzanın alanı, çevresi, form faktörü ve drenaj yoğunluğu gibi temel morfometrik parametreleri hesaplanarak havzanın hidrolojik karakteri sayısal olarak tanımlanmıştır.

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, Antalya'nın Döşemealtı ilçesinin su toplama havzası sınırlarının CBS ve SYM verileri kullanılarak detaylı bir hidrolojik analizle ortaya konulması hedefine başarıyla ulaşılmıştır. Elde edilen bu verilerin sayısal yükseklik modeli ile karşılaştırılması sonucunda, saha topografyasına ait zirve, sırt, vadi ve çukur gibi morfolojik yapılar ayrıntılı biçimde analiz edilebilmiştir (Şekil (8)). Metodolojik olarak, 30 metre çözünürlüklü SYM verisinin ArcGIS 10.8 yazılımı ile işlenmesi, bölgenin hidrolojik özelliklerinin hassasiyetle modellenebilmesi için etkin bir yöntem olduğunu kanıtlamıştır.



Şekil 8. Çalışma Sahası SYM, Su Toplanma Havzası ve Akarsu Sıralaması

Analizler sonucunda, ilçenin ana su toplama havzasının sınırları, bu havzaya ait hiyerarşik akarsu ağı (drenaj ağı) ve havzanın temel morfometrik özellikleri sayısal ve mekânsal olarak ortaya konmuştur. Su toplama havzasının toplam alanı yaklaşık 182 km² olarak hesaplanmıştır.

Ana havza için hesaplanan drenaj yoğunluğu değeri ($Dd = 0.73 \text{ km/km}^2$), çalışma alanının genel olarak seyrek bir drenaj ağına sahip olduğunu ve yüzeysel akışın karstik litoloji ile topoğrafik özellikler tarafından güçlü biçimde kontrol edildiğini göstermektedir.

Literatürde Türkiye'deki farklı havzalarda drenaj yoğunluğu değerlerinin yaklaşık 0.1–1.3 km/km² arasında değiştiği, düşük Dd değerlerinin genellikle geçirgen/karstik litolojik birimler ve yüksek infiltrasyon kapasitesiyle ilişkili olduğu belirtilmektedir (Dursun & Babalık, 2023; Fural, 2018; Çıtak & Kılıç, 2023). Bu çerçevede Döşemealtı havzası için hesaplanan 0.73 km/km² drenaj yoğunluğu, düşük–orta değer aralığında yer almakta ve karstik özelliklerin baskın olduğu havzalar için beklenen değerlerle uyum göstermektedir.

Bu çalışma, Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin, havza bazında su kaynakları yönetimi, tarımsal planlama ve olası su stresi risklerinin öngörülmesi gibi konularda karar vericiler için ne kadar güçlü ve vazgeçilmez bir araç olduğunu göstermektedir. Elde edilen veriler, Döşemealtı ilçesinde gelecekte yapılabilecek taşkın riski, kuraklık ve arazi kullanımı gibi daha detaylı çalışmalar için temel bir altlık niteliğindedir.

KAYNAKLAR

- Bağdatlı, C. M., & Öztürk, B. (2014). Havza morfolojik özelliklerinin belirlenmesinde Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) etkin rolü. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 18(1), 11–19. <https://doi.org/10.16984/saufbed.11000>
- Çıtak, S., & Kılıç, O. M. (2023). Yukarı Çekerek Havzası'nın Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak jeomorfometrik analizi. *Multidisipliner Yaklaşımlarla Coğrafya*, 1(4), 262–279. <https://doi.org/10.29329/mdag.2023.617.1>
- Dursun, İ., & Babalık, A. A. (2023). Burdur Gölü Havzasındaki morfometrik parametrelerin ve erozyon durumunun değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Forestry*, 24(1), 25–38. <https://doi.org/10.18182/tjf.1205157>
- Farr, T. G., Rosen, P. A., Caro, E., Crippen, R., Duren, R., Hensley, S., Kobrick, M., Paller, M., Rodriguez, E., Roth, L., Seal, D., Shaffer, S., Shimada, J., Umland, J., Werner, M., Oskin, M., Burbank, D., & Alsdorf, D. (2007). The Shuttle Radar Topography Mission. *Reviews of Geophysics*, 45(2), RG2004. <https://doi.org/10.1029/2005RG000183>

- Fural, Ş. (2018). Acısu Çayı'nın (Serik–Antalya) drenaj özelliklerinin morfometrik analizi. *The Journal of Academic Social Science Studies*, 8(72), 541–556. <https://doi.org/10.9761/JASSS7914>
- Jenson, S. K., & Domingue, J. O. (1988). Extracting topographic structure from digital elevation data for geographic information system analysis. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 54(11), 1593–1600. DOI: not available
- Mark, D. M. (1984). Automated detection of drainage networks from digital elevation models. *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, 21(2–3), 168–178. <https://doi.org/10.3138/D827-6777-0012-6187>
- Martz, L. W., & Garbrecht, J. (1998). The treatment of flat areas and depressions in automated drainage analysis of raster digital elevation models. *Hydrological Processes*, 12(6), 843–855. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1085\(199805\)12:6](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1085(199805)12:6)
- Singh, V. P., & Fiorentino, M. (1996). *Geographical information systems in hydrology*. Dordrecht: Springer Science+Business Media B.V. <https://doi.org/10.1007/978-94-015-8745-7>
- Strahler, A. N. (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Transactions of the American Geophysical Union*, 38(6), 913–920. <https://doi.org/10.1029/TR038i006p00913>
- 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>