



Bismil Ovası'nın SWAT yöntemiyle hidrolojik ve yağış-akış modellemesi

Hydrological and rainfall-runoff modelling of the Bismil Plain using SWAT

Yunus Emre Çolak^{1*}, Recep Çelik²

¹ Dicle Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, yunusemre.colak@dicle.edu.tr
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-2197-7530>

² Dicle Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, recep.celik@dicle.edu.tr
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0739-6146>

MAKALE BİLGİLERİ

Makale Geçmişi:

Geliş 24 Mart 2025
Revizyon 10 Mart 2026
Kabul 11 Mart 2026
Online 23 Mart 2026

Anahtar Kelimeler:

Bismil, hidrolojik modelleme, ova, SWAT, yağış-akış.

ÖZ

Artan su talebi, iklim değişkenliği ve yanlış arazi kullanımı, su kaynakları üzerindeki baskıyı artırmakta ve sürdürülebilir havza yönetimini daha da önemli hale getirmektedir. Bu nedenle, havza ölçeğinde hidrolojik süreçlerin doğru biçimde modellenmesi, su kaynaklarının etkin planlanması ve yönetilmesi açısından kritik bir gereklilik oluşturmaktadır. Bu çalışmada, Diyarbakır ili sınırlarında ve Yukarı Dicle Alt Havzası içerisinde yer alan Bismil Ovası için SWAT modeli kullanılarak 2013–2024 dönemine ait hidrolojik ve yağış-akış modellemesi gerçekleştirilmiştir. Model girdileri olarak topografya, arazi kullanımı, toprak haritası ve günlük iklim verileri kullanılmış; kalibrasyon, validasyon ve belirsizlik analizi SWAT-CUP/SUFI-2 aracılığıyla yürütülmüştür. Model sonuçlarına göre yıllık ortalama yağış 454.00 mm, potansiyel evapotranspirasyon 791.60 mm, gerçekleşen evapotranspirasyon 234.10 mm, yüzey akışı 79.40 mm ve sığ akifere perkolasyon 92.28 mm olarak hesaplanmıştır. Yer altı suyu geri akışı 64.60 mm, derin akifere beslenme ise 4.20 mm olarak belirlenmiştir. Bu bulgular, Bismil Ovası'nda yağışın önemli bir bölümünün evapotranspirasyon, yüzey akışı ve sığ akifer beslenimi arasında paylaşıldığını ve bölgenin yarı kurak hidrolojik karakterini ortaya koymaktadır. Validasyon sonuçlarına göre model performansı NSE = 0.81, RSR = 0.44 ve PBIAS = -10.8 olarak elde edilmiştir. Belirsizlik analizinde P-faktör = 0.89 ve R-faktör = 0.94 bulunmuştur. Ayrıca gözlenen en yüksek pik debi 461.00 m³/s, model tarafından hesaplanan pik debi ise 447.50 m³/s olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak SWAT modeli, Bismil Ovası'nın mevsimsel yağış-akış rejimini ve su yönetimi açısından kritik hidrolojik süreçleri ortaya koymada etkili bir araç olarak değerlendirilmiştir.

ARTICLE INFO

Article history:

Received 24 March 2025
Received in revised form 10 March 2026
Accepted 11 March 2026
Available online 23 March 2026

Keywords:

Bismil, hydrologic modelling, plain, SWAT, rainfall-runoff

Doi: 10.24012/dumf.1664181

* Sorumlu Yazar

ABSTRACT

Increasing water demand, climate variability, and improper land use intensify pressure on water resources and make sustainable watershed management increasingly important. Therefore, accurate modeling of hydrological processes at the watershed scale constitutes a critical requirement for the effective planning and management of water resources. In this study, hydrological and rainfall-runoff modeling for the 2013–2024 period was carried out for the Bismil Plain, located within the Upper Tigris Sub-basin and within the administrative boundaries of Diyarbakır Province, using the SWAT model. Topography, land use, soil maps, and daily climatic data were used as model inputs, while calibration, validation, and uncertainty analysis were performed through SWAT-CUP/SUFI-2. According to the model results, the annual average precipitation was calculated as 454.00 mm, potential evapotranspiration as 791.60 mm, actual evapotranspiration as 234.10 mm, surface runoff as 79.40 mm, and percolation to the shallow aquifer as 92.28 mm. Groundwater return flow was estimated at 64.60 mm, whereas recharge to the deep aquifer was determined as 4.20 mm. These findings indicate that a substantial portion of precipitation in the Bismil Plain is partitioned among evapotranspiration, surface runoff, and shallow aquifer recharge, thereby reflecting the semi-arid hydrological character of the region. Validation results yielded NSE = 0.81, RSR = 0.44, and PBIAS = -10.8, indicating satisfactory model performance. In the uncertainty analysis, the P-factor and R-factor were found to be 0.89 and 0.94, respectively. In addition, the maximum observed peak discharge was 461.00 m³/s, whereas the corresponding peak discharge simulated by the model was 447.50 m³/s. Overall, the SWAT model proved to be an effective tool for identifying the seasonal rainfall-runoff regime and the hydrological processes that are critical for water resources management in the Bismil Plain.

Giriş

Su, bütün canlılar için en önemli ihtiyaçların başında gelmektedir. İnsanlık bilinen tarihten bu yana yerleşimlerini, yaşam biçimlerini su kaynaklarına yakın noktalarda sürdürmüştür. Dünya üzerindeki toplam su miktarının %97.5'i tuzlu su olarak bulunurken, geriye kalan %2.5 tatlı su rezervinin birçoğu buzullar ve derin yer altı suyu kaynaklarında depolanmaktadır. Bu durum canlıların kullanılabilir su ihtiyacını gidermesini zorlaştırmaktadır [1]. Birleşmiş Milletler tarafından yayınlanan Su Kalkınma Raporu'na göre 2050 yılında gerçekleşecek küresel su talebinin 2010 yılında gerçekleşen su talebine göre %30 artış talebağı öngörülmektedir. Ayrıca 2021 yılı itibarıyla yaklaşık 750 milyon insan su talebi sıkıntısı çeken bölgelerde yaşamaktadır [2]. Bu durumlar göz önüne alındığında su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi büyük önem arz etmektedir.

Su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi, su kaynaklarının uzun vadede korunmasıyla, mevcut ve gelecekteki su ihtiyaçlarının dengeli bir şekilde planlaması ve bu plan doğrultusunda yönetilmesi süreci olarak tanımlanmaktadır [3]. Yönetim planlamaları yapılırken, beşeri ve iklimsel faktörler göz önüne alınmalıdır. Beşeri faktörler evsel su kullanımı, tarımsal su kullanımı ve endüstriyel su kullanımı olarak genel bir çerçeveye oluştururken yağış rejimleri, sıcaklık değişimleri, evapotranspirasyon gibi durumlar iklimsel faktörleri oluşturmaktadır [4].

Devletler sürdürülebilir su yönetimi konusunda çeşitli çalışmalar yapmaktadır. Avrupa Birliği'nin 2001 yılında yürürlüğe koyup 2014 yılına kadar yeni kararlar getirdiği Su Çerçeve Direktifi (EU-WFD), üye devletlere su kaynaklarını koruma, izleme ve sürdürülebilir kullanma yükümlülüğü getirmiştir [5]. Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (EPA) 2019 yılında su tasarrufunu teşvik eden politikalar geliştirip, hidrolojik modellerle karar alma süreçlerine dahil etmiştir [6]. Türkiye'de ise sürdürülebilir su yönetimi politikaları T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, Tarım ve Orman Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) ve Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı gibi kamu kurumları tarafından ele alınmaktadır [7]. Bu bağlamda Türkiye'de 2872 sayılı Çevre Kanunu, 831 sayılı Sular Hakkında Kanun, 167 sayılı Yeraltı Suları Hakkında Kanun çıkarılmıştır [8]. Bunun yanı sıra Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından Ulusal Havza Yönetimi Stratejisi 2012-2023 kapsamında, havza bazlı yönetim modeli benimsenmiştir. Bu doğrultuda su temininin sağlanması ve havzalarda gerçekleştirilmesi planlanan yatırımlar Türkiye'deki 25 nehir havzası için hazırlanmıştır [9]. DSİ ise 2023 yılında Ulusal Su Planı çalışmasını hayata geçirmiştir. Bu plan entegre havza yönetimi uygulamalarını içermekte ve suyun verimli kullanımını sağlayacak teknolojik yatırımlara odaklanmaktadır [10]. Bu yönetim uygulamaları, doğal çevre ile beşeri faktörleri birbirleriyle ilişkilendirerek canlıların su ihtiyaçlarını sürdürülebilir bir şekilde temin etmeyi amaçlamaktadır [11]. T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı 11. Kalkınma Planı çerçevesinde yayınladığı raporda Türkiye'nin mevcut yıllık 112 milyar m³ olarak belirlenen kullanılabilir su kaynaklarından yararlanma oranı %39 olarak tespit edilmiştir. Bu miktarın %73'ü tarımsal sulamada, %16'sı içme ve kullanmada, %11'i ise

endüstride kullanılmaktadır [12]. Bu dağılım, tarım sektörünün su tüketimi üzerinde büyük bir rol oynadığını ve Türkiye'nin sulama politikaları üzerine yeni stratejiler üretmesi gerektiğini göstermektedir. Bu bağlamda stratejilerin üretilmesi için hidrolojik modellerin gerekli olduğu görülmektedir.

Hidrolojik modeller, su kaynaklarının yönetimi ve planlanması açısından büyük bir öneme sahiptir. Bu modeller, su döngüsüne ait yağış, sıcaklık, buharlaşma gibi değişkenleri analiz edip, çalışma alanının özelliklerini göz önünde bulundurarak ve buna bağlı matematiksel denklemler kurarak suyun verimli ve sürdürülebilir kullanımına katkı sağlamaktadır. Ayrıca bu modeller, farklı mekansal ölçütlere göre geliştirilip kullanılabilir. Bu noktada modeller, belirli bir havza veya bölgeyi kapsayabileceği gibi, alt havza ya da birden fazla havza için de uygulanabilmektedir [13]. Bu durumla ilişkili olarak hidrolojik modeller, yapılacak herhangi bir yatırım ya da önlem için daha bilinçli kararların alınmasına yardımcı olmaktadır [14].

Teknolojik çalışmaların gelişimiyle hidrolojik modellerin yapılması için çeşitli yazılımlar kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları 3D FLOW, SAC-SMA, LISFLOOD, Lumped SAC-SMA, KINEROS, HEC, ArcGIS'tir [13].

SWAT modellemesi, ArcGIS ve QGIS tabanlı arayüzler ile QSWAT+ gibi açık kaynaklı yazılımlar kullanılarak uygulanabilmektedir. Fiziksel tabanlı ve yarı dağıtılmış nitelikte olan bu model, hidrolojik süreçleri ayrıntılı biçimde temsil etmekte ve girdi verilerinin farklı mekansal ölçeklerde değerlendirilmesine imkan tanımaktadır [16].

Coğrafi Bilgi Sistemi tabanlı arayüze sahip olan bu modelleme yöntemi, sayısal verileri tek bir tabanda toplayarak modellemenin süreçlerini, takibini, veri güncellemesini ve yaşanabilecek hataların çözümünü kolay bir şekilde bulunmasına olanak tanımaktadır [17]. Ayrıca modellemede mekansal girdi verisi olarak arazi kullanımı, toprak türü ve iklim verilerinin kullanılması modellemenin simülasyon güvenilirliğini arttırmaktadır. Daha önceki çalışmalar incelendiğinde SWAT simülasyon aracı kullanılarak dünya genelinde farklı amaçlar güdülen çok sayıda araştırma bulunmaktadır.

Rufino ve arkadaşları tarafından 2023 yılında yapılan çalışmada Amazon Havzası'nda bulunan Jari Nehri Havzası'nda akış ve su dengesi bileşenlerinin analiz edilebilmesi amacıyla SWAT simülasyon aracı kullanılmıştır. Modellemenin kalibrasyon ve validasyon değerlerine bakıldığında, modelin hidrolojik süreçleri başarılı bir şekilde temsil ettiği görülmüştür. Çalışma sonucunda ise yıllık ortalama yağış miktarının önemli bir kısmının evapotranspirasyon ile atmosfere geri döndüğü tespit edilmiştir [18].

Negash ve arkadaşları tarafından 2024 yılında yapılan çalışmada SWAT modeli ile Etiyopya'da bulunan Jemma Havzası'nın yüzey akışını ve sediment verimini tahmin etmek amaçlanmıştır. Bu sebeple çalışma alanındaki farklı arazi kullanımları incelenmiş olup, bölgede toprak erozyonunun yüksek seviyede gerçekleştiğini ve sediment kayıplarının olduğu görülmüştür [19].

Vinayakam ve arkadaşları tarafından 2024 yılında Hindistan'ın en büyük ikinci nehir havzası olan Godavari Nehir Havzası'nda depolama rezervuarları aracılığıyla temin edilen suyun akış tahminine etkisinin değerlendirilmesi amacıyla SWAT modeli kurulmuştur. Çalışma sonuçlarına göre rezervuarların akış üzerinde serbest akışı önemli ölçüde değiştirmediklerini ancak su verimini arttırdığını ve evapotranspirasyonun önemli ölçüde arttığını tespit etmişlerdir [20].

Lilian ve arkadaşları tarafından 2022 yılında Kenya'da bulunan Lower Nzoia Alt Havzası'nın arazi kullanımı ile hidrolojik denge bileşenleri arasındaki ilişkinin açıklanması adına SWAT modeline ihtiyaç duyulmuştur. Yapılan çalışmanın sonuçları arazi kullanımının hidrolojik denge bileşenleri üzerinde doğrudan etkili olduğu ve buna bağlı olarak sürdürülebilir su politikalarının mevcut duruma göre şekillendirilmesi gerektiğini vurgulamıştır [21].

Kadir ve arkadaşları tarafından 2019 yılında Türkiye'nin Batı Karadeniz Havzası sınırları içerisindeki Filyos Çayı Havzası SWAT modeli kullanılarak su verimi, yüzey akışı, yeraltı suyu beslemesi ve evapotranspirasyon üzerine çalışma yapmışlardır. Bu çalışma sonucunda iklim değişikliği ve arazi kullanımı faktörlerinin, araştırma konusu üzerinde önemli etkilerinin olduğunu tespit etmişlerdir [22]. Bu çalışmaların amaç ve sonuçlarına bakıldığında SWAT modelinin ilgili problemi çözdüğü kanısına ulaşılmıştır.

Literatürde Yukarı Dicle Alt Havzası veya bu havzanın alt havzalarına ilişkin doğrudan bir SWAT modellemesi çalışmasına rastlanmamıştır. Bu yönüyle, yapılan çalışma literatürdeki bu boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır.

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yayınlanan Bölgesel İklim Değişikliği Eylem Planları Raporu'na göre Türkiye'de 25 ana su havzası bulunmaktadır [23]. Bu havzaların 13 tanesi müstakil nehir havzası niteliğinde olup geriye kalan 12 tanesi ise daha küçük alanlara yayılmış, nehir ve gölleri kapsayan su havzalarıdır. Ayrıca bu havzaların 21'i açık drenaj sistemli olup 4 tanesi kapalı havza niteliğindedir. 25 ana su havzası içerisindeki 5 adet havzanın ise akarsuları ülke sınırlarının dışına çıkmaktadır. Hem açık drenaj sistemine sahip olup hem de akarsuları sınır dışına çıkan havzalardan biri ise Dicle-Fırat Havzası'dır [11].

Dicle ve Fırat nehirleri Türkiye'de doğup Basra Körfezi'ne dökülmektedir. Bu sebeple havza Türkiye, Suriye ve Irak devletlerini kapsamaktadır [24]. Bu nehirler arasında kalan Dicle-Fırat Havzası'nın alanı yaklaşık olarak 17.779.202 hektardır [25]. Dicle-Fırat Havzası'nın alt havzası olan Yukarı Dicle Alt Havzası, sınırları içerisinde idari bölüm olarak Elazığ, Bingöl, Muş, Batman, Mardin illerinin bir kısmı yer alırken Diyarbakır ilinin tamamı yer almaktadır.

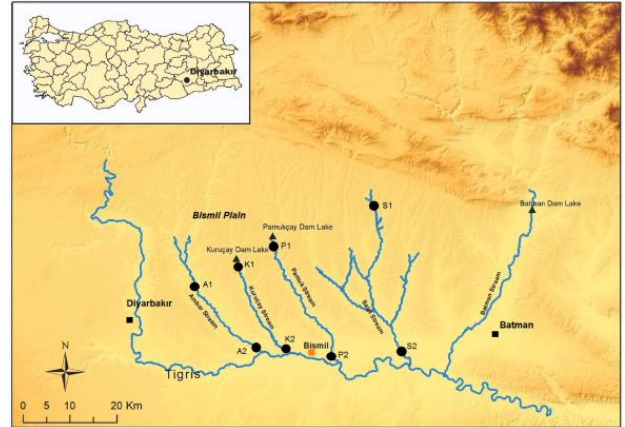
Bu çalışmada, Yukarı Dicle Alt Havzası'nda bulunan ve Diyarbakır ili sınırlarında yer alan, farklı topografik özelliklere, su kaynaklarına ve çeşitli arazi kullanımı yapısına sahip Bismil Ovası için 2013-2024 yılları arasında SWAT modeli kurulmuş; kalibrasyon ve validasyon işlemleri sonrasında yağış-akış durumu değerlendirilmiştir.

Materyal ve Metot

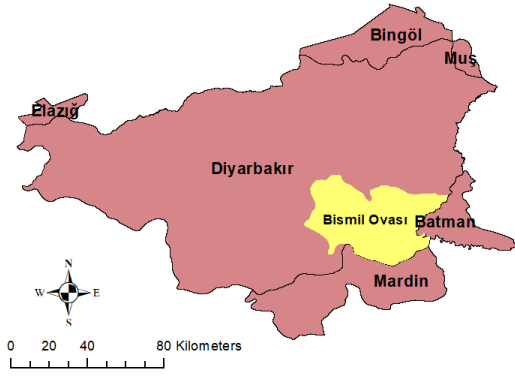
Çalışma alanı

Diyarbakır ili, Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yer almaktadır. Diyarbakır'ın sınır komşuları ise doğuda Batman, Siirt, Muş; güneyde Mardin; batıda Şanlıurfa, Adıyaman ve kuzeyde Malatya illeridir [26]. Diyarbakır; Bağlar, Bismil, Çermik, Çınar, Çüngüş, Dicle, Eğil, Ergani, Hani, Hazro, Kayapınar, Kocaköy, Kulp, Lice, Silvan, Sur ve Yenişehir olmak üzere 17 idari ilçeye sahiptir [27]. Şehrin yer altı su kaynaklarının zengin oluşu ve Dicle Nehri tarım üretimini ön plana çıkartmıştır [28]. Ayrıca Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) kapsamında yapılan sulama kanalları, barajlar, göletler tarımsal kalkınmayı desteklemiştir [29].

Bu çalışmada ele alınan Bismil Ovası, yaklaşık 141.284 hektarlık bir alanı kapsamakta olup Diyarbakır ili kent merkezinin doğusunda yer almaktadır. Ova aynı zamanda Yukarı Dicle Alt Havzası'nın güney doğusunda bulunmaktadır. Ova içerisinde Dicle Nehri, Pamuk Çayı, Kuruçay, Ambar Çayı, Salat Çayı, Batman gibi çok sayıda akarsu geçmektedir. Ayrıca GAP kapsamında yapılmış olan Kralkızı ve Ilısu Barajları ova su sağlamaktadır. Bismil, karasal iklime sahiptir. Bu doğrultuda yazları sıcak ve kurak, kışları ise soğuk ve az yağışlıdır. Ancak GAP kapsamında ova ikliminin değiştiği rapor edilmiştir [30]. Bismil Ovası, gerek su kaynakları gerek iklim yapısı itibarıyla tarımın yoğun olarak yapıldığı bir bölgedir. Tarım arazilerin birçoğu yukarıda bahsedilen su kaynakları tarafından sulanmaktadır. Şekil 1'de Bismil Ovası'nın konumu ve jeolojik yapısı gösterilmektedir [31]. Şekil 2'de ise Bismil Ovası'nın Yukarı Dicle Alt Havzası içerisindeki konumu gösterilmiştir.

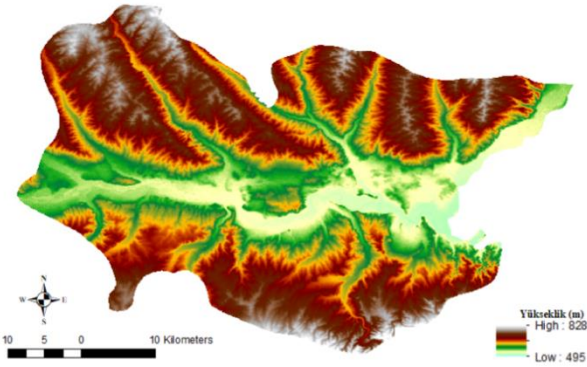


Şekil 1. Bismil Ovası'nın konumu ve jeolojik haritası [31]



Şekil 2. Bismil Ovası'nın Yukarı Dicle Alt Havzası içerisindeki konumu

Şekil 3'te çalışma alanı içerisinde en yüksek rakım 828 m iken en düşük rakım 495 m olarak görülmektedir.



Şekil 3. Bismil Ovası'nın yükseklik haritası

Modelin tanımlanması

Bu çalışmada hidrolojik modelleme süresince ArcGIS 10.2, SWAT ve SWAT-CUP yazılımları kullanılmıştır. SWAT modeli temel olarak iki farklı girdi grubuna ihtiyaç duymaktadır. Bunlardan ilki mekansal girdiler olup arazi kullanımı, toprak haritası ve topoğrafik yapıdan oluşmaktadır. Mekansal girdiler Hidrolojik İşlem Birimi (HİB) adı verilen modelin en küçük işlem birimini oluşturmaktadır. Diğer veri girdisi ise zamana bağlı olarak değişen iklim verileridir. İklim verileri ise yağış (mm), sıcaklık (C°), nispi nem (%), rüzgar hızı (m/s) ve güneş ışıması bilgilerinden oluşmaktadır [32]. Girilen veriler doğrultusunda SWAT modeli, hidrolojik model oluştururken kara fazı ve akarsu fazı şeklinde iki ayrı grup olarak hesaplamaktadır. Kara fazında yüzey akışı, buharlaşma ve sızma hesaplanırken akarsu fazında drenaj sistemi boyunca sedimentasyon ve su taşınımı hesaplanmaktadır. Hesaplama yapılırken kullanılan denklem ise

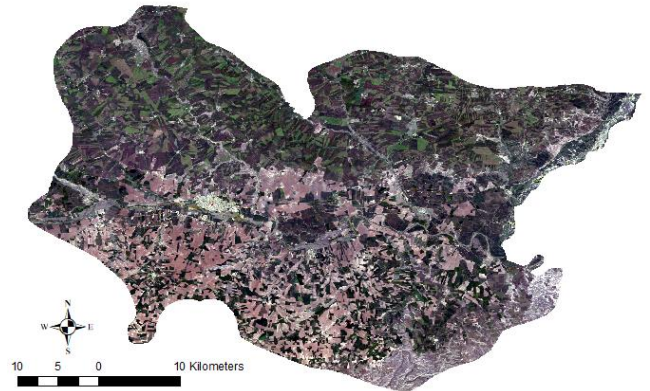
$$SW_t = SW_0 + \sum_{i=1}^t (R_{day} - Q_{surf} - E_a - w_{seep} - Q_{gw}) \quad (1)$$

şeklinde. Bu denklemde SW_t ; toprağın toplam su içeriğini (mm), SW_0 ; toprağın başlangıçtaki toplam su içeriğini (mm), t ; zamanı (gün), R_{day} günlük yağış miktarını (mm), Q_{surf} günlük yüzeysel akış miktarını (mm), E_a ; bitkilerin günlük su tüketim miktarını (mm), w_{seep} ; günlük olarak topraktan

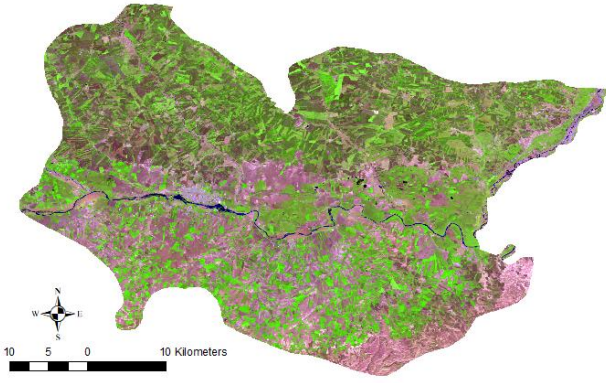
doygunluk bölgesine giren su miktarını (mm), Q_{gw} ise günlük geri akış miktarını temsil etmektedir [33]. Bu çalışmada HİB için girdiler arazi kullanımı, toprak haritası, alanın topoğrafya bilgileri ve iklim verileridir.

Bu çalışmada, model girdilerinden biri olan topoğrafik veriler, 2025 yılı Ocak ayında, Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu (USGS) tarafından sağlanan, 30 m mekansal çözünürlüğe sahip raster formatındaki SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) verilerinden temin edilmiş olup bu veriler hidrolojik modellemede ova içerisindeki eğim ve akış yönü analizleri ile akarsu ağının oluşturulmasında kullanılmıştır.

Modelleme kullanılmak üzere arazi kullanımı verileri, 8 bantlı ve raster formatındaki Landsat 8 OLI/TIRS (Operational Land Imager/Thermal Infrared Sensor) uydu görüntülerinden 2024 yılı Ağustos ayında, bulutsuz atmosfer koşulları dikkate alınarak temin edilmiştir. Bulutsuz hava koşullarında elde edilen görüntüler, yeryüzü örtüsünün daha net ayırt edilmesine olanak sağlamıştır. Elde edilen ham veri, çalışma alanına göre "Maximum Likelihood Classification" yöntemiyle sınıflandırma yapılmıştır. Bu sınıflandırma için ham veri 4-3-2 ve 6-5-2 Landsat 8 bant kombinasyonları ile incelenmiştir. 4-3-2 bant kombinasyonu insan gözünün gördüğü en yakın kombinasyon olup kentsel alanlar ve su kaynaklarının bir kısmının tespitinde kullanılmıştır (Şekil 4). 6-5-2 bant kombinasyonu ise bitki örtüsünün tespiti için kullanılmıştır (Şekil 5). Çalışma alanı, arazi kullanımı açısından 6 farklı sınıfa ayrılmıştır. Bu sınıflar, AGRR (Agriculture Land-Row Crops) tarımsal üretimde bitkilerin belirli aralıklarla ve düzenli sıralar halinde ekildiği alanları tanımlarken, AGRL (Agriculture Land-Generic) ise tarımsal üretim yapılan ancak belirli bir mahsul türüyle sınırlandırılmayan genel tarım alanlarını tanımlamaktadır. URMD (Urban/Medium Density) orta yoğunluklu yerleşim bölgelerini ve buna bağlı olarak altyapı sınıflandırma verisini sağlamaktadır. RNGE (Range-Grasses) bitki örtüsünün az olduğu otlak alanları temsil etmektedir. WATR (Water), modelde su kütlelerini temsil etmektedir. BARL (Barren Land) ise bitki örtüsü bulunmayan kayalık bölgeleri, terk edilmiş tarım arazilerini çölleşmiş veya erozyona uğramış toprakları, maden sahalarını simülasyon için model girdileri içerisinde eklenmektedir.



Şekil 4. Bismil Ovası'nın 4-3-2 bant kombinasyonu görüntüsü

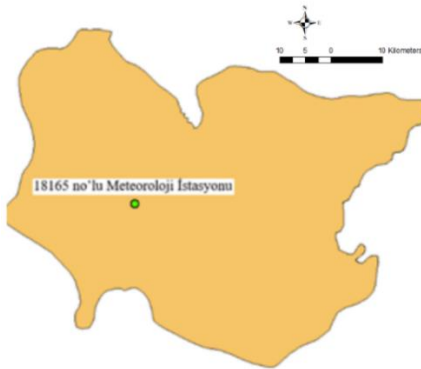


Şekil 5. Bismil Ovası'nın 6-5-2 bant kombinasyonu görüntüsü

Model girdilerinden bir diğeri olan toprak verileri, 2025 yılı Ocak ayında, Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından yayımlanan Digital Soil Map of the World (DSMW) temelli, vektör formatında, shapefile uzantılı harita verilerinden temin edilmiştir. Söz konusu veriler, hidrolojik modellemelerde infiltrasyon kapasitesi, yüzey akışı, yer altı suyu etkileşimleri ve erozyon potansiyeli gibi süreçlerin toprak özelliklerine bağlı olarak değerlendirilmesinde kullanılmıştır. Ayrıca bu veri seti, çalışma alanındaki baskın toprak grupları ile bunlara ait doku sınıfı, organik madde oranı, geçirgenlik ve derinlik gibi fiziksel özelliklerin model kapsamında temsil edilmesine olanak sağlamıştır.

Bu çalışmada, model girdileri kapsamında kullanılan meteorolojik veriler, 2013–2024 dönemine ait günlük bazı verilerden oluşturulmuştur. Yağış (mm), sıcaklık (°C), nispi nem (%) ve rüzgar hızı (m/s) verileri, Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından işletilen 18165 numaralı hava gözlem istasyonundan temin edilmiştir. Söz konusu istasyon 37°49'51.0"K, 40°39'16.0"D koordinatlarında yer almakta olup 558 m rakıma sahiptir. Güneş ışınımı verisi ise Global Solar Atlas platformundan sağlanmıştır. Bu iklim parametreleri, yüzey akışı, buharlaşma, infiltrasyon, toprak nemi ve yer altı suyu dinamikleri üzerinde doğrudan etkili olduğundan, hidrolojik süreçlerin doğru biçimde temsil edilmesi amacıyla modele entegre edilmiştir.

18165 numaralı meteoroloji hava gözlem istasyonunun Bismil Ovası üzerindeki konumu Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. 18165 numaralı meteoroloji hava gözlem istasyonunun Bismil Ovası üzerindeki konumu

Bu çalışmada, SWAT modelinin kalibrasyon ve validasyon işlemleri, Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından sağlanan Salat Akım Gözlem İstasyonu'na ait günlük akım verileri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İstasyon, 37°51'00.0"K ve 40°52'59.9"D koordinatlarında, 525 m rakımda yer almakta olup çalışma alanının hidrolojik davranışını temsil edebilecek niteliktedir.

Tablo 1. Modelin girdi verileri, verilerin temin edildiği kurum/kuruluş, verilerin tarih tablosu

Girdi Verisi	Temin Edildiği Kurum/Kuruluş	Tarih
Topoğrafya	USGS	2025
Arazi kullanımı	USGS	2024
Toprak özellikleri	FAO	2025
Meteorolojik veriler	MGM ve Global Solar Atlas	2013-2024
Akım verisi	DSİ	2013-2024

Modelin kalibrasyon ve validasyon değerlerinin hesaplanması

Yapılan modellemenin doğruluğunun artırılması amacıyla kalibrasyon ve validasyon işlemlerinin gerçekleştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu süreçler sayesinde model çıktılarının gerçek gözlemlerle daha uyumlu hale getirilmesi amaçlanmaktadır. Bu doğrultuda, SWAT ve SWAT-CUP uygulamalarında öncelikle model parametreleri gözlemsel verilere uyum sağlayacak şekilde kalibre edilmekte, ardından elde edilen parametre seti bağımsız bir veri döneminde validasyona tabi tutulmaktadır. Bu yaklaşım, modelin hem gözlenen verilere uyum düzeyinin hem de farklı dönemlerdeki öngörü performansının değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Bu çalışmada kalibrasyon, validasyon, parametre optimizasyonu ve belirsizlik analizi işlemleri SWAT-CUP yazılımı kullanılarak yürütülmüştür. SWAT-CUP bünyesinde yer alan SUFI-2 algoritması aracılığıyla model parametreleri belirli belirsizlik aralıkları içerisinde optimize edilmiş; ayrıca kullanılan gözlemsel akım verisinin kaynağı, dönem aralıkları, seçilen parametreler ve performans ölçütleri açık biçimde tanımlanmıştır. Böylece modelin çalışma alanındaki hidrolojik koşulları daha gerçekçi biçimde temsil etmesi amaçlanmıştır.

Kalibrasyona dahil edilen parametreler, çalışma alanının hidrolojik davranışını doğrudan etkileyen ve SWAT modelinde akım oluşumunu belirlemede yüksek duyarlılığa sahip değişkenler arasından seçilmiştir. Bismil Ovası; tarımsal kullanımın yaygın olduğu, topoğrafik farklılıklar içeren, yüzey ve yer altı suyu etkileşiminin belirgin biçimde hissedildiği bir alan olduğundan, model performansını etkileyen başlıca süreçlerin özellikle yüzey akışı, toprak nemi, buharlaşma, taban akışı, kanal iletkenliği ve yer altı suyu gecikmesi üzerinden şekillendiği değerlendirilmiştir. Bu nedenle seçilen parametreler, çalışma alanının hidrolojik özelliklerini temsil etme kapasitesi dikkate alınarak belirlenmiştir. Ayrıca model performansının değerlendirilmesinde kullanılan istatistiksel ölçütler ile belirsizlik göstergeleri de yöntem bölümünde açıklanarak kalibrasyon-validasyon sürecinin bilimsel temeli güçlendirilmiştir.

CN2 parametresi, yağışın yüzey akışına dönüşme potansiyelini ifade ettiğinden, özellikle tarımsal arazilerin geniş yer kapladığı Bismil Ovası'nda akış tepkisinin belirlenmesi açısından kritik öneme sahiptir. ESCO parametresi, toprak katmanlarından gerçekleşen buharlaşma sürecini temsil etmekte olup, yarı kurak iklim koşullarının etkili olduğu çalışma alanında toprak-su dengesinin doğru yansıtılması bakımından kalibrasyona dahil edilmiştir. ALPHA_BF parametresi, taban akışının zamansal tepkisini belirlediğinden, Dicle Nehri ve bağlı akarsu sistemlerinin yer altı suyu ile olan ilişkisini modelde daha gerçekçi biçimde temsil etmek amacıyla seçilmiştir.

Benzer şekilde, SOL_AWC parametresi toprağın kullanılabilir su tutma kapasitesini ifade etmekte ve tarımsal faaliyetlerin yoğun olduğu Bismil Ovası'nda bitki-su-toprak etkileşiminin değerlendirilmesi açısından önem taşımaktadır. CH_K2 parametresi, akarsu yatağının hidrolik iletkenliğini göstermekte olup, kanal boyunca su iletimi ve sızma süreçlerinin modellenmesinde etkili olduğu için kalibrasyona dahil edilmiştir. GW_DELAY parametresi ise suyun toprak profilinden yer altı sistemine geçişindeki gecikme süresini temsil etmekte ve yer altı suyu katkısının akım üzerindeki zamansal etkisini açıklamada önemli rol oynamaktadır. Dolayısıyla bu parametrelerin seçimi, yalnızca literatürde SWAT modeli için yaygın biçimde kullanılan hassas parametreler olmalarına değil, aynı zamanda çalışma alanının iklim, toprak, arazi kullanımı ve su rejimi özelliklerini doğrudan yansıtmalarına dayanmaktadır.

Validasyon aşaması, kalibrasyon sonucunda elde edilen parametre setinin farklı bir zaman diliminde test edilerek modelin zamansal tutarlılığının değerlendirilmesini kapsamaktadır. Böylece kalibrasyon döneminde optimize edilen parametrelerin, farklı hidrolojik koşullar altında da kabul edilebilir düzeyde performans gösterip göstermediği sınanmıştır.

Bu çalışmada, 2013–2014 yılları modelin başlangıç koşullarından kaynaklanan belirsizliklerin azaltılması ve hidrolojik bileşenlerin dengeye ulaşmasının sağlanması amacıyla ısınma dönemi olarak belirlenmiştir. 2015–2019 yılları arasındaki dönem, veri sürekliliğinin sağlanması, eksik veri oranının düşük olması ve farklı hidrolojik koşulları temsil etmesi nedeniyle kalibrasyon dönemi olarak seçilmiştir. 2020–2024 yılları ise kalibre edilen parametre setinin bağımsız bir zaman aralığında test edilmesine olanak sağlaması amacıyla validasyon dönemi olarak kullanılmıştır.

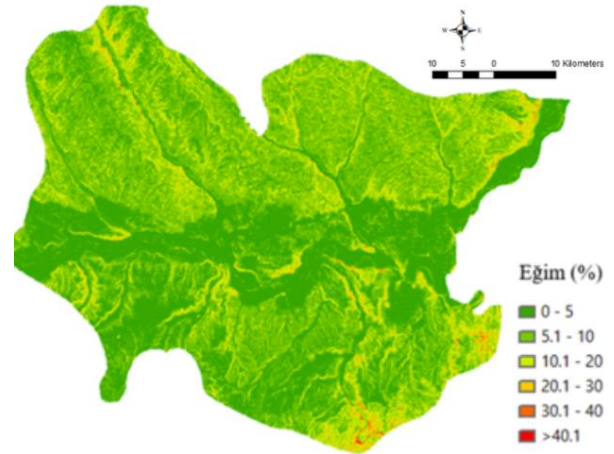
Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada, Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan ve Yukarı Dicle Alt Havzası sınırları içerisinde yer alan Bismil Ovası için ArcGIS 10.2, SWAT ve SWAT-CUP kullanılarak hidrolojik modelleme yapılmıştır. Modellemenin oluşturulmasının amacı yağış-akış ve taşkın-kuraklık durumlarının gözetilerek sürdürülebilir su yönetimi konusunda yarı kurak bir bölge olan Bismil Ovası özelinde kapsamlı bir çalışma oluşturmaktır.

Modelin oluşturulması için topoğrafya bilgileri, arazi kullanımı, toprak haritası ve iklim verileri (yağış (mm), sıcaklık (C°), nispi nem (%), rüzgar hızı (m/s), güneş ışıınımı (MJ/m²)) model girdisi olarak eklenmiştir. Model girdileri, çalışma alanına uygun bir şekilde düzenlenip çeşitli

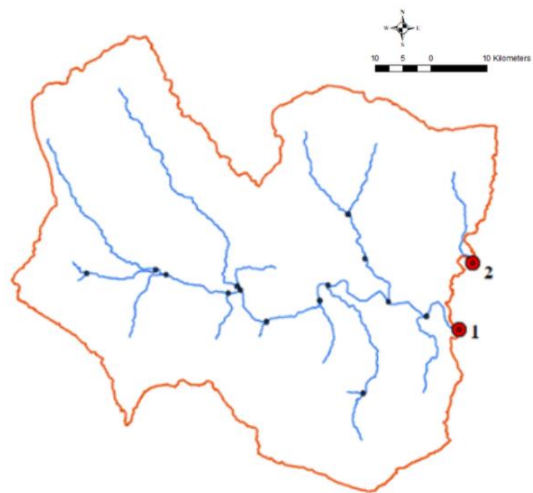
sınıflandırmalar uygulanmıştır. Modellemenin ardından kalibrasyon ve validasyon işlemleri uygulanarak model gerçek şartlara yakınlştırılmıştır.

Topoğrafyaya ait ham veri, çalışma alanı sınırlarına göre kırılmış, uygun projeksiyon sistemine dönüştürülmüş ve topoğrafik farklılıkların hidrolojik süreçler üzerindeki etkisini daha iyi ortaya koyabilmek amacıyla altı eğim sınıfına ayrılmıştır. Elde edilen veri seti, ova içerisindeki eğim ve akış yönü analizleri ile akarsu ağının oluşturulmasında kullanılmış; yapılan değerlendirmeler sonucunda çalışma alanında eğimin genel olarak orta düzeyde olduğu belirlenmiştir. Bu durum, yüzey akışına bağlı olarak bazı kesimlerde erozyon riskinin gelişebileceğine işaret etmektedir.



Şekil 7. Çalışma alanına ait eğim haritası

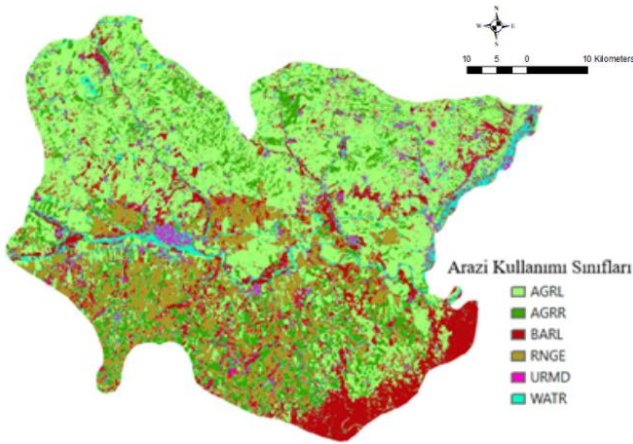
Şekil 8'de çalışma alanında bulunan akarsuların akış ağları verilmiştir. Akış ağına göre akış yönü hesaplanmıştır. Bu hesaplama göre Şekil 8'de akarsuyun çıkış noktaları kırmızı nokta işaretleriyle belirtilmiştir. Modelin eğim çıktısı ile akış yönünün birbirleriyle uyumlu olduğu görülmüştür.



Şekil 8. Çalışma alanının akarsu akış ağları

Şekil 9'da SWAT modellemesi için düzenlenen arazi kullanımı verilerinin değerlendirilmesi sonucunda, tarım alanlarının çalışma alanının yaklaşık %47'sini oluşturduğu

belirlenmiş olup, bu durum arazi kullanımının su kaynakları üzerindeki belirgin etkisini ortaya koymaktadır. Tarımsal alanlarda uygulanan sulama yöntemleri ile toprağın su tutma kapasitesi, yağışın yüzey akışına dönüşen kısmı ile yer altı suyuna sızan kısmının belirlenmesinde etkili olmaktadır. Buna karşılık, kentsel alanların toplam alanın %12'sini kaplaması, su tüketiminin artmasına ve geçirimsiz yüzey oranının yükselmesine bağlı olarak hidrolojik denge üzerinde baskı oluşturabilmektedir. Bununla birlikte, bu etkiler doğrudan ölçülmemiş olup arazi kullanım desenine dayalı çıkarımsal değerlendirmeler olarak ele alınmalıdır. Ayrıca mera ve otlak alanlarının sınırlı düzeyde kalması, doğal su döngüsünün işleyişini etkileyerek yüzey akışı ve toprak erozyonu riskini artırabilecek bir unsur olarak değerlendirilmektedir. Çalışma alanına ait arazi kullanımı haritası Şekil 9'da, sınıflandırma sonucunda elde edilen arazi kullanım türlerinin yüzdesel dağılımı ise Tablo 2'de sunulmuştur.



Şekil 9. Çalışma alanına ait arazi kullanımı haritası

Tablo 2. Arazi kullanımının yüzdesel dağılımları

Arazi Kullanım Sınıfı	Dağılımlar (%)
AGRR	32
AGRL	15
BARL	19
RNGE	16
URMD	12
WATR	6

SWAT modeline girdi olarak tanımlanan ve çalışma alanına göre düzenlenen FAO kaynaklı toprak haritası verilerine göre, Bismil Ovası'nda iki farklı toprak birimi belirlenmiştir. Çalışma alanı içerisinde "Lc63-3bc-3191" ve "Xk55-3ab-3309" kodlarıyla tanımlanan bu toprak birimlerinden, "Lc63-3bc-3191" kodlu toprak türü %35 kil, %33 kum ve %32 silt; "Xk55-3ab-3309" kodlu toprak türü ise %34 kil, %41 kum ve %25 silt içeriğine sahiptir (Tablo 3). Bu dağılım, çalışma alanındaki toprakların genel olarak kum, kil ve silt fraksiyonlarının birbirine yakın oranlarda bulunduğu, ancak bazı birimlerde kum oranının daha yüksek seyrettiği bir yapı ortaya koyduğunu göstermektedir. Buna bağlı olarak, söz konusu toprak özelliklerinin su tutma kapasitesi, infiltrasyon, yüzey akışı ve toprakta su depolanması gibi hidrolojik

süreçler üzerinde etkili olabileceği değerlendirilmektedir. Çalışma alanına ait toprak haritası Şekil 10'da sunulmuştur.

Tablo 3. Çalışma alanında bulunan toprak tiplerinin içerikleri

FAO Toprak Kodu	Kil Oranı (%)	Kum Oranı (%)	Silt Oranı (%)
Lc63-3bc-3191	35	33	32
Xk55-3ab-3309	34	41	25



Şekil 10. FAO toprak türü sınıflandırma haritası

Modelin kalibrasyon ve validasyon bulguları, SWAT modelinin gözlemsel verilerle uyum düzeyini ortaya koymak amacıyla değerlendirilmiştir. Kalibrasyon sürecinde kullanılan parametrelerin başlangıç ve optimize edilmiş değerleri Tablo 4'te sunulmuştur. Bu kapsamda CN2, ESCO, ALPHA_BF, SOL_AWC, CH_K2 ve GW_DELAY parametreleri kalibrasyona dahil edilmiştir. Söz konusu parametreler sırasıyla yüzey akışı, toprak buharlaşması, taban akışı, toprağın kullanılabilir su tutma kapasitesi, kanal hidrolik iletkenliği ve yer altı suyu gecikme süresi gibi hidrolojik süreçlerin modellenmesinde belirleyici rol oynamaktadır. Kalibrasyon sonucunda parametre değerlerinde yapılan güncellemeler, modelin çalışma alanının hidrolojik özelliklerini daha gerçekçi biçimde temsil etmesini sağlamıştır.

Tablo 4. Kalibrasyon için kullanılan değerlerin başlangıç ve kalibre edilmiş değerleri

Parametre	Başlangıç	Kalibre Değer
CN2	78.20	73.65
ESCO	0.44	0.56
ALPHA_BF	0.16	0.22
SOL_AWC	0.24	0.28
CH_K2 (mm/sa)	12	16
GW_DELAY (gün)	201	194

Validasyon aşaması, kalibrasyon sonucunda belirlenen parametre setinin farklı bir zaman dilimine ait gözlemsel verilerle sınanarak modelin zamansal tutarlılığının

değerlendirilmesini ifade etmektedir. Bu çalışmada validasyon işlemi, 2020–2024 yılları arasındaki veriler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Böylece kalibrasyon sürecinde optimize edilen parametrelerin, farklı dönem koşulları altında da güvenilir sonuçlar üretip üretmediği test edilmiştir.

Modelin validasyon performansının değerlendirilmesinde NSE (Nash-Sutcliffe Efficiency), RSR (Root Mean Square Error Ratio) ve PBIAS (Percentage Bias) istatistiklerinden yararlanılmıştır. Bu ölçütler, model başarısını farklı yönlerden ortaya koymaları nedeniyle tercih edilmiştir. Bu kapsamda NSE modelin tahmin başarısını, RSR hata büyüklüğünün gözlemsel verilerin değişkenliğine oranını, PBIAS ise modelin sistematik sapma eğilimini göstermektedir. Modelden elde edilen performans değerleri ve bunlara ilişkin sınıflandırmalar Tablo 5, Tablo 6 ve Tablo 7’de sunulmuştur.

Tablo 5. NSE ölçütleri ve modelden elde edilen NSE değeri

Performans Ölçütleri	NSE	Modelin NSE Değeri
Çok iyi	$0.75 < \text{NSE} \leq 1.00$	0.81
İyi	$0.65 < \text{NSE} \leq 0.75$	
Kabul edilebilir	$0.50 < \text{NSE} \leq 0.65$	
Kabul edilemez	$\text{NSE} \leq 0.50$	

Tablo 6. RSR ölçütleri ve modelden elde edilen RSR değeri

Performans Ölçütleri	RSR	Modelin RSR Değeri
Çok iyi	$0.00 < \text{RSR} \leq 0.50$	0.44
İyi	$0.50 < \text{RSR} \leq 0.60$	
Kabul edilebilir	$0.60 < \text{RSR} \leq 0.70$	
Kabul edilemez	$\text{RSR} > 0.70$	

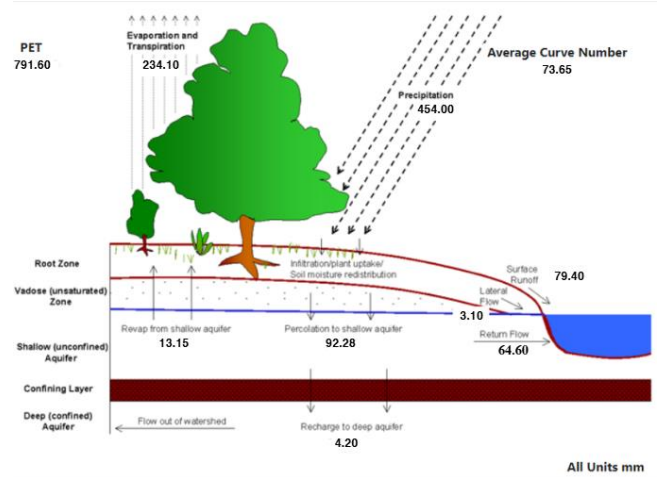
Tablo 7. PBIAS ölçütleri ve modelden elde edilen PBIAS değeri

Performans Ölçütleri	PBIAS (%)	Modelin PBIAS Değeri (%)
Çok iyi	$\text{PBIAS} < \pm 10$	
İyi	$\pm 10 < \text{PBIAS} < \pm 15$	-10.8
Kabul edilebilir	$\pm 15 < \text{PBIAS} < \pm 25$	
Kabul edilemez	$\text{PBIAS} > \pm 25$	

Validasyon sonuçlarına göre modelin NSE değeri 0.81 olarak hesaplanmış ve bu değer “çok iyi” performans sınıfında değerlendirilmiştir. RSR değeri 0.44 olup yine “çok iyi” düzeyde performansa işaret etmektedir. PBIAS değeri ise -10.8 olarak belirlenmiş ve bu sonuç “iyi” sınıfında yer almıştır. Elde edilen bu bulgular, modelin gözlenen verilerle yüksek düzeyde uyum sağladığı görüşüne varılmıştır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, NSE ve RSR değerlerinin çok iyi, PBIAS değerinin ise iyi düzeyde olması, oluşturulan SWAT modelinin hem tahmin başarısı hem de sapma kontrolü açısından kabul edilebilir ve güvenilir sonuçlar verdiğini ortaya koymaktadır. Bu durum, modelin Bismil Ovası’nın hidrolojik davranışını yansıtmada yeterli performansa sahip olduğunu ve yağış-akış süreçlerinin

değerlendirilmesinde kullanılabilecek uygun bir araç olduğunu göstermektedir.



Şekil 11. SWAT modelinin hidrolojik bileşenleri ve su döngüsü sonuç çıktısı

Bismil Ovası’nın SWAT modeline göre su döngüsü bileşenleri ve hidrolojik süreçlere ilişkin dağılımı Şekil 11’de sunulmuştur. Model sonuçları, çalışma alanındaki yağış, evapotranspirasyon, yüzey akışı, sızma ve yer altı suyu bileşenlerinin birbirleriyle olan ilişkisini nicel olarak ortaya koymaktadır. Bu kapsamda yıllık ortalama yağış miktarı 454.00 mm olarak belirlenmiştir. Potansiyel evapotranspirasyon (PET) değeri ise 791.60 mm olup, bu değer yıllık toplam yağışın oldukça üzerinde gerçekleşmesi, çalışma alanında atmosferik su talebinin yüksek olduğunu göstermektedir. Bu durum, Bismil Ovası’nın yarı kurak iklim özellikleriyle uyumlu bir sonuç vermekte ve özellikle sıcak dönemde su açığının belirginleştiğine işaret etmektedir. Gerçekleşen evapotranspirasyonun 234.10 mm olması ise, toplam yağışın yaklaşık yarısının bitki örtüsü ve toprak yüzeyi aracılığıyla atmosfere geri döndüğünü göstermektedir.

Model çıktıları yüzey akışı ve sızma bileşenleri açısından değerlendirildiğinde, Average Curve Number değerinin 73.65 olduğu görülmektedir. Bu değer, çalışma alanında yüzey akış oluşum potansiyelinin orta-yüksek düzeyde olduğunu göstermektedir. Bismil Ovası’nda tarım alanlarının geniş yer kaplaması, toprak yapısının belirli ölçüde suyu tutabilmesine rağmen yüzey akışa da olanak tanınması ve arazi kullanımının büyük ölçüde insan etkisi altında şekillenmesi, bu sonucun ortaya çıkmasında etkili görülmektedir. Yüzey akışı (Surface Runoff) değerinin 79.40 mm olması, yağışın belirli bir bölümünün doğrudan yüzeysel akışa dönüştüğünü göstermektedir. Bu durum, özellikle tarımsal kullanımın yaygın olduğu ve eğimin genel olarak düşük-orta düzeyde seyrettiği alanlarda beklenen hidrolojik tepkiyle uyumludur.

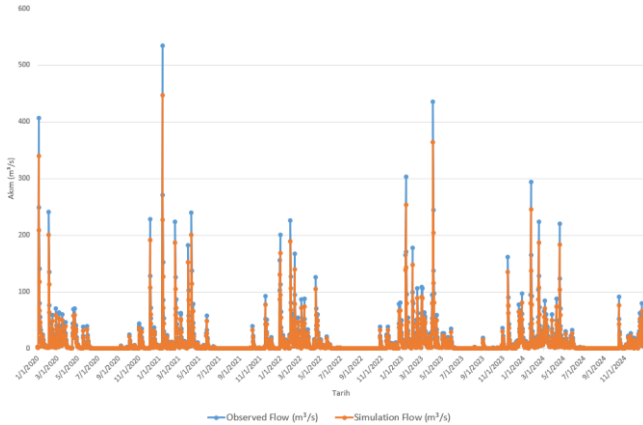
Sığ akifere sızma (Percolation to Shallow Aquifer) değeri 92.28 mm olarak hesaplanmıştır. Bu sonuç, yağışın önemli bir kısmının infiltrasyon yoluyla toprak profilini geçerek sığ yer altı suyu sistemine ulaştığını göstermektedir. Çalışma alanında tanımlanan toprakların kumlu tınlı-killi karakter taşıması ve orta-yüksek su tutma kapasitesine sahip olması, bu sızma miktarını destekleyen başlıca etmenler arasında

değerlendirilebilir. Buna karşılık yanal akış (Lateral Flow) değerinin yalnızca 3.10 mm olması, suyun toprak içerisinde yatay hareketinden çok düşey yönde ilerleme eğiliminde olduğunu göstermektedir. Bu bulgu, çalışma alanının genel topoğrafik yapısı ile uyumlu olup, düşük ve orta eğimli kesimlerde yanal akışın sınırlı kalabildiğini düşündürmektedir.

Yer altı suyu bileşenleri açısından değerlendirildiğinde, sığ akiferden buharlaşma ve bitki kullanımı yoluyla atmosfere geri dönen suyu ifade eden revap değeri 13.15 mm olarak belirlenmiştir. Bu değerin görece düşük olması, sığ akiferde depolanan suyun sınırlı bir bölümünün yeniden atmosfere taşındığını göstermektedir. Yer altı suyu geri akışı (Return Flow) ise 64.60 mm olarak hesaplanmıştır. Bu sonuç, sığ yer altı suyunun akarsu sistemlerini beslemede önemli bir rol oynadığını ve çalışma alanındaki taban akışı bileşeninin hidrolojik denge açısından dikkate değer düzeyde olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle Dicle Nehri ve bağlı akarsu sistemlerinin bulunduğu bir alanda bu büyüklükteki geri akış, yer altı suyu ile yüzey suyu arasındaki etkileşimin belirgin olduğunu göstermektedir.

Derin akifere beslenim (Recharge to Deep Aquifer) değerinin 4.20 mm olması ise, suyun yalnızca çok küçük bir kısmının derin yer altı suyu rezervuarlarına ulaşabildiğini ortaya koymaktadır. Bu sonuç, çalışma alanında suyun daha çok üst toprak katmanları ile sığ akifer zonunda depolandığını, derin akiferlere geçişin ise sınırlı kaldığını göstermektedir. Toprak özellikleri, geçirgenliğin orta düzeyde olması ve hidrolojik sistemin sığ akifer lehine işlemesi bu sonucu desteklemektedir.

Çalışma alanı içerisinde bulunan 2020-2024 yılları arasındaki Salat Çayı akım gözlem istasyonu ile modelleme sonucu akım değerlerinin karşılaştırılması Şekil 12’de gösterilmiştir.

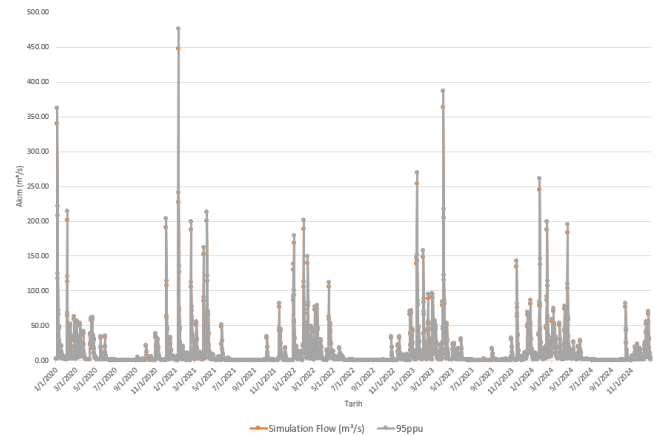


Şekil 12. Model çıktısı ve gözlemlenen yüzeyel akış-zaman grafiği

Şekil 12’deki görselde ocak-şubat-mart döneminde yüzeyel akış değerlerinde belirgin artışların meydana geldiği görülmektedir. Söz konusu yükselişler, kış ve erken ilkbahar döneminde etkili olan yağış rejiminin yanı sıra, ovanın daha yüksek kesimlerinde gerçekleşebilecek kar birikimi ve buna bağlı erime süreçleriyle ilişkilendirilebilir. Nisan-mayıs-haziran döneminde ise yüzeyel akışın orta düzeyde seyrettiği anlaşılmaktadır. Bu dönemde gözlenen akışların, ilkbahar

yağışları ile toprakta biriken nemin etkisi altında geliştiği; özellikle kısa süreli ve yüksek şiddetli yağış olaylarının akımda ani yükselmelere neden olabildiği değerlendirilmektedir. Buna karşılık temmuz-ağustos-eylül periyodunda yüzeyel akışın oldukça düşük düzeylere gerilediği görülmektedir. Yaz mevsiminde yağışların azalması, sıcaklıkların yükselmesi ve güneş radyasyonuna bağlı evapotranspirasyonun artması, toprak nemini azaltarak yüzeyel akışın zayıflamasına yol açmaktadır. Bu dönem, Bismil Ovası açısından hidrolojik bakımdan en kurak zaman aralığını temsil etmektedir. Ekim-kasım-aralık döneminde ise, özellikle kasım ve aralık aylarında yüzeyel akışın yeniden belirgin biçimde yükseldiği anlaşılmaktadır. Bu artışın, sonbahar yağışlarının başlaması, toprak neminin yeniden artması ve bazı olaylarda yağmur-kar geçişli süreçlerin etkili olmasıyla bağlantılı olduğu düşünülmektedir. Ayrıca model sonuçları, yüksek akım olaylarını da büyük ölçüde temsil edebildiğini göstermektedir. Bu kapsamda gözlemlenen en yüksek pik debi 461.00 m³/s olarak belirlenirken, aynı olaya ilişkin model tarafından hesaplanan pik debi değeri 447.50 m³/s olmuştur. Bu durum, modelin pik akım büyüklüğünü birbirine oldukça yakın değerlerle yansıttığını, ancak aşırı akım koşullarında sınırlı düzeyde düşük tahmin eğilimi gösterebildiğini ortaya koymaktadır.

Model performansı, gözlenen ve simüle edilen akımlar arasındaki uyumun belirsizlik ölçütleriyle birlikte incelenmesi suretiyle değerlendirilmiştir. Bu kapsamda elde edilen P-faktör değerinin 0.89 ve R-faktör değerinin 0.94 olması, gözlenen akım değerlerinin yaklaşık %89’unun %95 tahmin belirsizlik bandı (95PPU) içerisinde kaldığını ve belirsizlik aralığının kabul edilebilir genişlikte olduğunu göstermektedir (Şekil 13). Bu sonuçlar, modelin ovadaki genel akım rejimini ve mevsimsel değişim örüntüsünü büyük ölçüde temsil edebildiğine işaret etmektedir. Bununla birlikte, özellikle bazı dönemlerde gözlenen akım ile simüle edilen akım arasında belirli farklılıkların ortaya çıkması, model sonuçlarının özellikle yüksek akım olayları bakımından dikkatli yorumlanması gerektiği kılmalıdır.



Şekil 13. Model çıktısı yüzeyel akış ve bu akışın 95PPU grafiği

Özellikle pik debi dönemlerinde gözlenen sapmaların birden fazla nedene bağlı olarak geliştiği değerlendirilmektedir. İlk olarak, kısa süreli ve yüksek şiddetli yağışların günlük zaman çözünürlüğündeki meteorolojik verilerle tam olarak temsil

edilememesi, ani akım yükselişlerinin model tarafından eksik ya da gecikmeli yansıtılmasına neden olabilmektedir. İkinci olarak, çalışma alanında tarımsal arazi kullanımının baskın olması, sulama uygulamaları, drenaj müdahaleleri ve yüzey-yakın yer altı suyu etkileşimleri gibi insan etkili süreçlerin modele tam anlamıyla dahil edilememesi, simülasyon sonuçları üzerinde belirli ölçüde belirsizlik oluşturmaktadır.

Tüm bulgular birlikte ele alındığında, Bismil Ovası için geliştirilen SWAT modelinin yağış-akış rejimindeki mevsimsel değişimleri genel hatlarıyla başarılı biçimde yansıttığı düşünülmektedir. Bununla birlikte, özellikle taşkın karakteri gösteren yüksek akım olaylarının daha doğru temsil edilebilmesi için, yağış verisinin mekansal temsil gücünün artırılması, toprak hidrolik özelliklerinin yerel ölçekte daha ayrıntılı tanımlanması ve tarımsal su kullanımına bağlı süreçlerin modele daha kapsamlı biçimde entegre edilmesi önem arz etmektedir. Bu tür iyileştirmelerin, hem taşkın riskinin daha sağlıklı değerlendirilmesine hem de bölgeye yönelik su yönetimi planlamalarının daha güçlü bilimsel temellere oturtulmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Etik kurul onayı ve çıkar çatışması beyanı

Hazırlanan makalede etik kurul izni alınmasına gerek yoktur.

Hazırlanan makalede herhangi bir kişi/kurum ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynaklar

- [1] İ. Avcı, "Dünya'da ve Türkiye'de Su Politikaları ve Su Yönetimi," *TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Bülten Dergisi*, pp. 4-11, 2021.
- [2] B. Milletler, "Su Gelişim Raporu 2," Meksiko, 2006.
- [3] D. P. Loucks, "Sustainable Water Resources Management," *Water International*, pp. 3-10, 2000.
- [4] C. Yozgat, "Suyun Bir İnsan Hakkı Olarak Değerlendirilmesi," *Maltepe Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, pp. 507-545, 2020.
- [5] E. Parliament, "Establishing a Framework for Community Action in the Field of Water Policy," Brüksel, 2000.
- [6] U. S. E. P. A. - EPA, "National Water Reuse Action Plan (Draft)," Washington, D.C., 2019.
- [7] E. Turan ve E. Bayrakdar, "Türkiye'nin Su Yönetim Politikaları: Ulusal Güvenlik Açısından Bir Değerlendirme," *Uluslararası Politik Araştırmalar Dergisi*, pp. 1-19, 31 Ağustos 2020.
- [8] T. Aküzüm, B. Çakmak ve Z. Gökarp, "Türkiye'de Su Kaynakları Yönetiminin Değerlendirilmesi," *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, pp. 64-74, 2010.
- [9] B. Kurt, A. Turak, A. Türker, M. A. Çalışkan, Ö. Balkız, S. Gümrükçü, G. Sarıgül ve U. Zeydanlı, "Türkiye'de Suyun Durumu ve Su Yönetiminde Yeni Yaklaşımlar: Çevresel Perspektif," İstanbul, 2013.
- [10] T. T. v. O. Bakanlığı, "Ulusal Su Planı 2019-2023," Ankara, 2019.
- [11] N. Garipağaoğlu ve M. Uzun, "Development Stages of Basin Management and Different Models," *International Journal of Geography and Geography Education (IGGE)*, pp. 338-357, November 2020.
- [12] T. K. Bakanlığı, "11. Kalkınma Planı Su Kaynakları Yönetimi ve Güvenliği Özel İhtisas Komisyonu Raporu," Ankara, 2018.
- [13] Z. F. Toprak, B. Selek, Y. Karaarslan, K. Yenigün, V. Gümüş ve M. H. Aydoğdu, "Bir Havzanın Su Bütçesinin Belirlenmesi İçin Yeni Bir Yaklaşım," *Su Kaynakları Dergisi*, pp. 51-60, 2018.
- [14] C. Koç, "Su Kaynakları Yönetiminin Geleceği, Su Güvenliği ve Ortaya Çıkan Sorunlar," *Artvin Çoruh Üniversitesi Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkezi Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, pp. 211-223, 2024.
- [15] P. W. Gassman, M. R. Reyes, C. H. Green ve J. G. Arnold, "The Soil and Water Assessment Tool: Historical Development, Applications, and Future Research Directions," *Transactions of the ASABE*, pp. 1211-1250, 2007.
- [16] O. Francisco, V. Milver, R. Srinivasan, C. Janghwoan, C. Hiudae, K. Srikanth ve A. Ashish, "ArcGIS-SWAT: A Geodata Model and GIS Interface for SWAT," *Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)*, pp. 295-309, 2006.
- [17] V. E. Rivera, S. C. Villar, R. A. Vaca, D. Golicher, J. A. Monterrosas ve J. H. Rosés, "Effects of Finer Scale Soil Survey and Land-Use Classification on SWAT Hydrological Modelling Accuracy in Data-Poor Study Areas," *Journal of Water Resource and Protection*, pp. 100-125, 2022.
- [18] P. R. Ricardo, B. Gücker, M. Faramarzi, I. G. Boëchat, F. d. S. Cardozo, P. R. Santos, G. D. Zanin, G. Mataveli ve G. Pereira, "Evaluation of the SWAT Model for the Simulation of Flow and Water Balance Based on Orbital Data in a Poorly Monitored Basin in the Brazilian Amazon," *Geographies Journal*, pp. 1-18, 2023.
- [19] N. T. Zewde, M. A. Denboba, S. A. Tadesse ve Y. S. Getahun, "Predicting Runoff and Sediment Yields Using Soil and Water Assessment Tool (SWAT) Model in the Jemma Subbasin of Upper Blue Nile,

- Central Ethiopia,” *Environmental Challenges Journal*, 2024.
- [20] V. Jothiprakash ve P. Ch, “Streamflow Estimation Using SWAT Model Including Large Storage Reservoirs in Godavari River Basin, India,” *Journal of Earth System Science*, 2024.
- [21] L. . A. Juma, N. V. Nkongolo, J. M. Raude ve C. Kiai, “Assessment of Hydrological Water Balance in Lower Nzoia Sub-Catchment Using SWAT-Model: Towards Improved Water Governance in Kenya,” *Heliyon*, June 2022.
- [22] K. Özdemir ve Ö. Güngör, “Filyos Çayı Havzasında SWAT Modelinin Uygulanması,” *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, pp. 90-102, 2019.
- [23] Ş. v. İ. D. B. T.C. Çevre, “Bölgesel İklim Değişikliği Eylem Planları,” Ankara, 2020.
- [24] M. ONÜÇYILDIZ, M. S. Abdulmohsin ve N. BÜYÜKKARACIĞAN, “Tigris-Euphrates Basin and Iraq Hydraulic Structures,” *Selcuk University Journal of Social and Technical Researches*, pp. 118-151, 2016.
- [25] T. T. v. O. Bakanlığı, “Fırat-Dicle Havzası,” Ankara, 2021.
- [26] T. K. v. T. B. D. İ. Müdürlüğü, “T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Diyarbakır İl Müdürlüğü Web Sayfası,” 2025. [Çevrimiçi]. Available: <https://diyarbakir.ktb.gov.tr/TR-56881/cografya.html#:~:text=Diyarbak%C4%B1r%C2%20G%C3%BCneydo%C4%9Fu%20Anadolu%20B%C3%B6lgesinin%20orta,ve%20Bing%C3%B6llerinin%20ile%20%C3%A7evrimi%C5%9Ftir..> [Erişildi: Ocak 2025].
- [27] D. Valiliği, “Diyarbakır Valiliği Web Sayfası,” 2025. [Çevrimiçi]. Available: <http://www.diyarbakir.gov.tr/ilcelerimiz>. [Erişildi: Ocak 2025].
- [28] M. E. Yakut, *ŞEHİR COĞRAFYASI AÇISINDAN DİYARBAKIR*, İstanbul: T.C. Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı, 2020.
- [29] Ö. Yıldız, “GAP İllerinde Sosyal ve Ekonomik Dönüşüm,” *Ege Akademik Bakış Dergisi*, pp. 287-300, 2008.
- [30] İ. B. Peker ve G. Cüceloğlu, “SWAT (Soil and Water Assessment Tool) Modeline Genel Bir Bakış ve Modelin Türkiye'deki Uygulamaları,” *İTÜ Dergisi-e: Çevre, İklim ve Sürdürülebilirlik*, pp. 9-26, 2022.
- [31] Ş. Çankaya, M. Varol ve A. Bekleyen, “Hydrochemistry, water quality and health risk assessment of streams in Bismil plain, an important agricultural area in southeast Türkiye,” *Environmental Pollution*, c. 331, bölüm 1, Art. no. 121874, 2023, doi: 10.1016/j.envpol.2023.121874.
- [32] J. G. Arnold, R. Srinivasan, S. Muttiah ve J. R. Williams, “Large Area Hydrologic Modeling and Assessment Part I: Model Development,” *Journal of the American Water Resources Association*, pp. 73-89, 1998.
- [33] M. A. Malik, A. Q. Dar ve M. . K. Jain, “Modelling streamflow using the SWAT model and multi-site calibration utilizing SUFI-2 of SWAT-CUP model for high altitude catchments, NW Himalaya's,” *Modeling Earth Systems and Environment*, pp. 1203-1213, 2022.