



Araştırma Makalesi / Research Article

Diyarbakır Ovasında Çok Kriterli Karar Verme Modeli ve CBS Entegrasyonu ile Yeraltı Barajı Yer Seçimi

Subsurface Dam Site Selection in the Diyarbakır Plain Using Multi-Criteria Decision-Making Model and GIS Integration

Melis ARCA ^{1,*} , Recep ÇELİK ²

¹ Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, 21280, Diyarbakır, Türkiye

² Dicle Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 21280, Diyarbakır, Türkiye

<https://doi.org/10.55007/dufed.1684987>

MAKALE BİLGİSİ

Makale Tarihi

Alınış, 27 Nisan 2025

Revize, 12 Mayıs 2025

Kabul, 13 Mayıs 2025

Online Yayınlama, 29 Mayıs 2025

Anahtar Kelimeler

AHP yöntemi, Coğrafi bilgi sistemleri (CBS), Çok kriterli karar verme (ÇKKV), TOPSIS yöntemi, Yeraltı barajı

ARTICLE INFO

Article History

Received, 27 April 2025

Revised, 12 May 2025

Accepted, 13 May 2025

Available Online, 29 May 2025

Keywords

Analytic hierarchy process (AHP), Geographic information systems (GIS), Multi-criteria decision-making (MCDM), Technique for order preference by similarity to ideal solution (TOPSIS), Groundwater dam

ÖZ

Bu çalışmanın temel amacı, Diyarbakır Ovası'nda yeraltı barajı inşasına uygun alanları belirlemek amacıyla Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) gibi çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile entegre biçimde uygulanmasıdır. Küresel ölçekte artan su talebi ve mevcut kaynakların sürdürülebilir yönetimi, özellikle yarı kurak bölgelerde alternatif su depolama çözümlerine olan ilgiyi artırmıştır. Yeraltı barajları, bu kapsamda buharlaşma kaybını azaltan ve çevresel etkisi düşük yapılar olarak öne çıkmaktadır. Çalışmada, yeraltı barajı yer seçimi için 11 parametre belirlenmiş ve raster veri formatında CBS ortamında işlenmiştir. Parametreler, 3-6-9 puanlama sistemi ile sınıflandırılmış, AHP yöntemi ile ağırlıklandırılmış ve tutarlılık oranı kontrol edilmiştir. TOPSIS yöntemi kullanılarak her bölgenin uygunluk skorları hesaplanmış ve alanlar “en uygun”, “orta uygun” ve “uygun değil” şeklinde sınıflandırılmıştır. Sonuçlar, özellikle alüvyonal zeminlerin yoğunlaştığı, eğimin düşük ve yüzey su kaynaklarına yakın bölgelerin yüksek uygunluk skorlarına sahip olduğunu göstermiştir. Bu yöntem, sürdürülebilir su yönetimi planlamaları için etkili bir karar destek aracı sunmaktadır.

ABSTRACT

The primary aim of this study is to identify suitable areas for groundwater dam construction in the Diyarbakır Plain by integrating multi-criteria decision-making (MCDM) methods such as the Analytic Hierarchy Process (AHP) and the Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) with Geographic Information Systems (GIS). The globally increasing demand for water and the need for sustainable management of existing resources have heightened interest in alternative water storage solutions, particularly in semi-arid regions. Groundwater dams, in this context, stand out as structures that minimize evaporation

***Sorumlu Yazar**

E-posta Adresleri: meliskarakas21@gmail.com (Melis ARCA), recep.celik@dicle.edu.tr (Recep ÇELİK)

losses, have low environmental impact, and offer high sustainability. In the study, 11 parameters were identified for groundwater dam site selection and processed in GIS environment using raster data format. The parameters were classified using a 3-6-9 scoring system, weighted through the AHP method, and checked for consistency. Using the TOPSIS method, suitability scores for each region were calculated, and the areas were classified as “most suitable,” “moderately suitable,” and “unsuitable”. The results indicate that areas with intensive alluvial soils, low slope, and proximity to surface water sources have higher suitability scores. This integrated method offers an effective decision support tool for sustainable water management planning.

1. GİRİŞ

Günümüzde artan nüfus, kentleşme, endüstrileşme ve iklim değişikliği gibi etkenler, dünya genelinde su kaynaklarının miktarını ve kalitesini doğrudan etkilemektedir. Özellikle yarı kurak ve kurak iklim bölgelerinde su stresi ciddi boyutlara ulaşmıştır. Türkiye gibi yarı kurak iklim kuşağında yer alan ülkelerde, su kaynaklarının sürdürülebilirliği yalnızca çevresel bir mesele değil; aynı zamanda tarımsal üretim, halk sağlığı, sanayi ve enerji politikaları açısından stratejik bir konu haline gelmiştir. Bu bağlamda, klasik yüzey barajlarının ötesine geçen alternatif su yönetimi çözümlerine duyulan ihtiyaç giderek artmaktadır.

Bu alternatiflerden biri olan yeraltı barajları, buharlaşma kaybı olmaksızın suyun depolanmasına, doğal zemin filtrasyonu sayesinde su kalitesinin korunmasına ve çevresel etkilerin en aza indirilmesine olanak sağlayan yapılardır. Özellikle yüzey akışının düzensiz olduğu bölgelerde, geçirimsiz bir bariyer aracılığıyla suyun yeraltında tutulmasını hedefleyen bu yapılar; yüzey rezervuarlarına göre daha az alan kaplamakta, daha uzun ömürlü olmakta ve doğal çevreyle daha uyumlu bir çözüm sunmaktadır.

Ancak yeraltı barajlarının planlanması, çok sayıda doğal ve beşerî faktörün birlikte değerlendirilmesini gerektiren karmaşık bir süreçtir. Jeolojik yapılar (özellikle geçirgenlik düzeyleri), zemin türü (kil, kum, çakıl), topoğrafik eğim, yağış rejimi, su kaynaklarının mekânsal dağılımı (akarsular ve yeraltı su seviyeleri), fay hatlarına yakınlık, arazi kullanım biçimi (tarım, yerleşim, ormanlık alan) ve akifer türü (basınçlı, serbest, karstik vb.) gibi çok sayıda parametre bu süreçte dikkate alınmalıdır.

Bu denli çok boyutlu karar alanlarında, karar vericilere nesnel bir yol haritası sunmak amacıyla çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve TOPSIS gibi yöntemler, hem nicel hem nitel verileri birlikte değerlendirme imkânı sunarak, mekânsal planlama süreçlerinde güçlü bir karar destek mekanizması sağlamaktadır. Saaty (1980) tarafından geliştirilen AHP yöntemi, karar vericilerin öznel

değerlendirmelerini ikili karşılaştırmalar yoluyla sayısallaştırmakta ve tutarlılık kontrolü gerçekleştirmektedir [1]. Malczewski (1999), AHP'nin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile entegrasyonunun arazi uygunluk analizleri ve mekânsal karar destek süreçlerinde etkili bir yaklaşım sunduğunu vurgulamıştır [2].

Son yıllarda bu yöntemlerin hidrojeoloji ve su kaynakları planlaması alanlarında kullanım alanı genişlemiştir. Örneğin Vashist ve Singh (2024), Hindistan'daki Krishna Nehri havzasında AHP tabanlı taşkın riski haritalaması yaparak, hidrolojik ve topografik faktörleri birlikte değerlendirmiştir [3,4]. Benzer şekilde, Getachew (2019) eğitim yapılarının yer seçimi sürecinde GIS ve TOPSIS yöntemlerini bir araya getirerek, mekânsal kararların doğruluk ve güvenilirliğini artırmıştır [5].

TOPSIS yöntemi ise ideal çözüme yakınlık prensibine dayalı olarak alternatiflerin en uygun olanlarını objektif biçimde belirlemeye olanak sağlamaktadır. Bu yöntem, AHP ile elde edilen kriter ağırlıklarıyla birlikte kullanıldığında, güçlü ve tutarlı bir karar destek yapısı ortaya çıkarmaktadır. Böylece çok sayıda parametreye dayalı mekânsal veriler haritalandırılarak görselleştirilebilmekte ve yorumlanabilmektedir.

Bu çalışmada, literatürde yaygın olarak kullanılan CBS tabanlı çok kriterli değerlendirme yaklaşımı Diyarbakır Ovası özelinde uygulanmıştır. Bu kapsamda 11 farklı parametre CBS ortamında raster veri formatında işlenmiş, AHP yöntemi ile ağırlıklandırılmış ve TOPSIS yöntemi aracılığıyla her piksel için uygunluk skoru hesaplanmıştır. Parametreler arasında yeraltı su seviyesi, zemin yapısı, eğim, yağış, akifer türü, alüvyon varlığı ve iletkenlik gibi hidrojeolojik değişkenlerle birlikte, arazi kullanımı ve yerleşim alanlarına uzaklık gibi sosyo-mekânsal faktörler bütüncül şekilde değerlendirilmiştir.

Sonuç olarak, bu çalışmanın amacı yalnızca yeraltı barajı için uygun alanları belirlemekle sınırlı değildir. Aynı zamanda, çok kriterli karar verme yöntemlerinin ve CBS teknolojilerinin su kaynakları planlamasına nasıl entegre edilebileceğini göstermeyi ve karar vericilere bilimsel, görsel ve pratik bir rehber sunmayı hedeflemektedir.

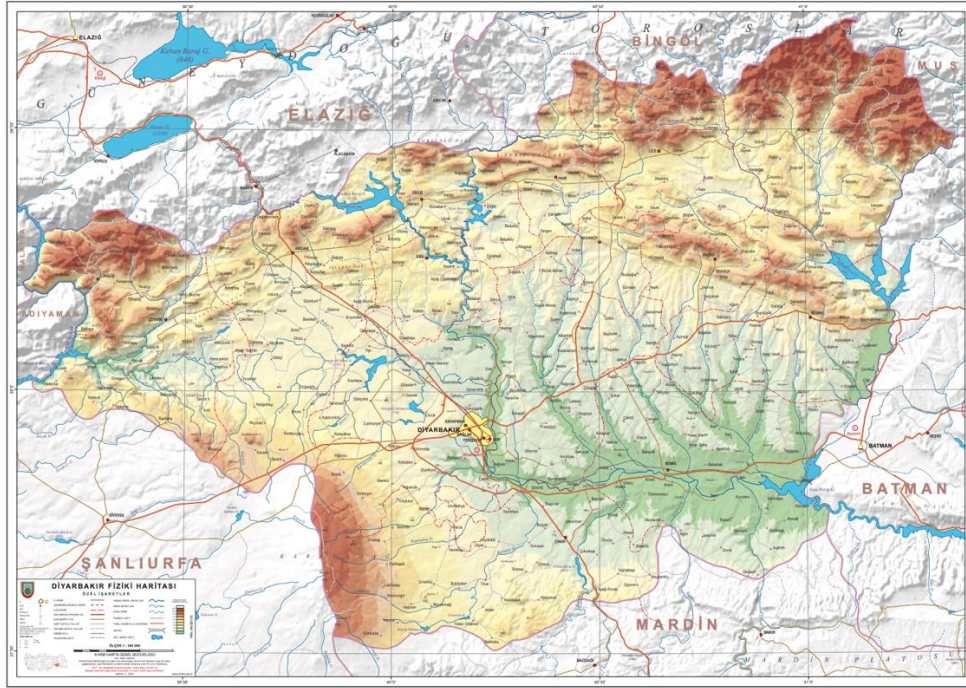
2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile entegre edilen çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılarak Diyarbakır Ovası'nda yeraltı barajı için en uygun alanlar belirlenmiştir. Analiz sürecinde, AHP (Analitik Hiyerarşi Süreci) yöntemi ile kriterlerin ağırlıkları belirlenmiş, ardından TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemi ile her alan için uygunluk skoru hesaplanmıştır.

2.1 Çalışma Alanı

Diyarbakır Ovası, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin en önemli tarımsal üretim alanlarından biridir. Yarı kurak iklim koşullarının hüküm sürdüğü bu bölgede, yılın büyük bir bölümünde sulama gereksinimi bulunmaktadır. Tarımsal faaliyetlerin yoğun olduğu ovada mevcut geleneksel su yapıları, özellikle yaz aylarında su ihtiyacını karşılamakta yetersiz kalabilmektedir. Bu nedenle, su kaynaklarının daha etkin ve sürdürülebilir bir şekilde yönetilebilmesi için alternatif yöntemlerin değerlendirilmesi gerekmektedir.

Yeraltı barajları, bu bağlamda buharlaşma kayıplarını minimize eden, çevresel etkileri düşük ve uzun vadeli su güvenliği sağlayabilen yapılar olarak Diyarbakır Ovası için uygulanabilir bir çözüm alternatifi sunmaktadır. Şekil 1'de Diyarbakır Ovası çalışma alanının sınırları, akarsu sistemleri ve yerleşim bölgeleri genel coğrafi bağlam içinde sunulmuştur. Bu harita, analiz yapılan raster alanları görselleştirmek açısından temel bir referans sağlamaktadır.



Şekil 1. Diyarbakır Ovası Çalışma Alanı Haritası

2.2 Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP)

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), karmaşık karar verme problemlerini hiyerarşik bir yapıya dönüştürerek her kriterin görelî önemini belirlemeye olanak tanıyan nicel bir yöntemdir (Saaty, 1980). AHP'de karar vericiler kriterleri ikili karşılaştırmalar yoluyla değerlendirir ve bu karşılaştırmalar sonucunda özdeğer yaklaşımıyla ağırlık katsayıları (w) hesaplanır. Bu katsayılar, karar vericinin her bir

kriteri diğerine göre ne ölçüde önemli bulunduğunu yansıtır. Süreç sonunda tutarlılık oranı (Consistency Ratio, CR) hesaplanarak yapılan değerlendirmelerin tutarlılığı test edilir. $CR \leq 0.10$ olması durumunda ikili karşılaştırmaların tutarlı olduğu kabul edilir [1].

Bu çalışmada, yeraltı barajı yeri seçiminde etkili olduğu literatürde sıkça vurgulanan toplam 11 parametre (eğim, jeoloji, zemin, su kaynaklarına yakınlık vb.) dikkate alınmış ve her biri AHP yöntemi ile ağırlıklandırılmıştır. Uzman görüşleriyle oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi kullanılarak kriterlere ait ağırlıklar elde edilmiş ve bu ağırlıklar raster veriye entegre edilerek parametre haritaları oluşturulmuştur.

2.3 TOPSIS Yöntemi

Teknik olarak "İdeale Yakınlıkla Sıralama" anlamına gelen TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), karar verilecek alternatiflerin pozitif ideal çözüme (en iyi değer) en yakın ve negatif ideale (en kötü değer) en uzak olmasına dayanır. Yöntem aşağıdaki adımları içermektedir:

- Karar Matrisi Oluşturulması: Alternatiflerin her bir kritere göre aldığı değerler matris şeklinde düzenlenir.
- Normalize Edilmiş Karar Matrisi: Farklı birimlerdeki değerlerin karşılaştırılabilir hale gelmesi için normalize edilir.
- Ağırlıklı Normalize Matris: Her bir kriter değeri, o kritere ait AHP ağırlığı ile çarpılarak hesaplanır.
- Pozitif ve Negatif İdeal Çözüm Değerleri: Her kriter için en iyi (max) ve en kötü (min) değerler belirlenir.
- Uzaklıkların Hesaplanması: Her alternatifin pozitif ve negatif çözüme olan uzaklığı Öklidyen mesafeyle hesaplanır.
- TOPSIS Skorunun Hesaplanması: Alternatifin pozitif çözüme yakınlığı, toplam uzaklıkların oranı ile belirlenir.

TOPSIS yöntemi, özellikle çok sayıda parametre içeren mekânsal analizlerde tercih edilmekte ve CBS tabanlı karar destek sistemleriyle birlikte kullanıldığında, uygunluk derecelerini mekânsal olarak görselleştirmeye olanak tanımaktadır.

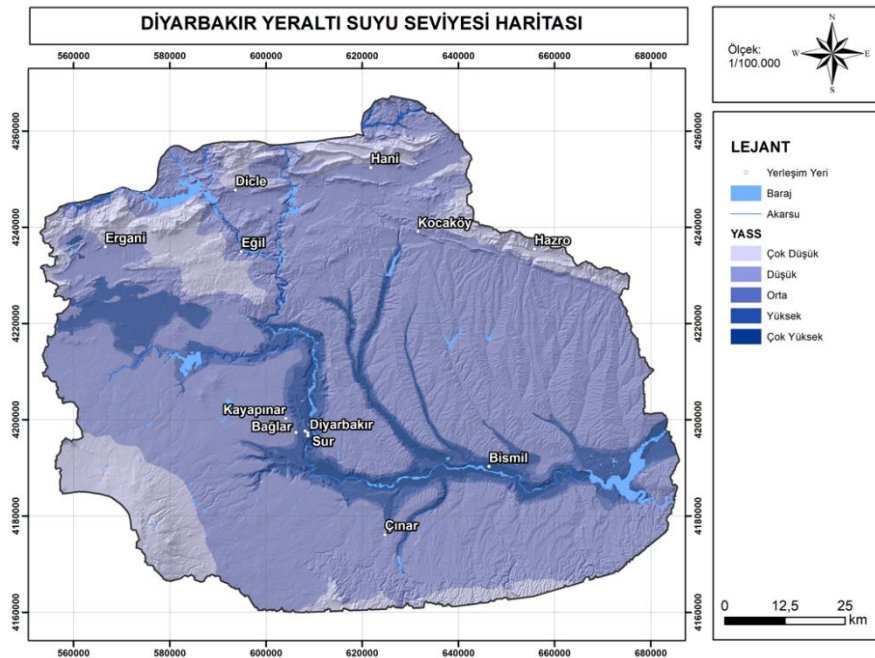
3. ARAŞTIRMA BULGULARI

3.1 Kullanılan Veriler ve Parametreler

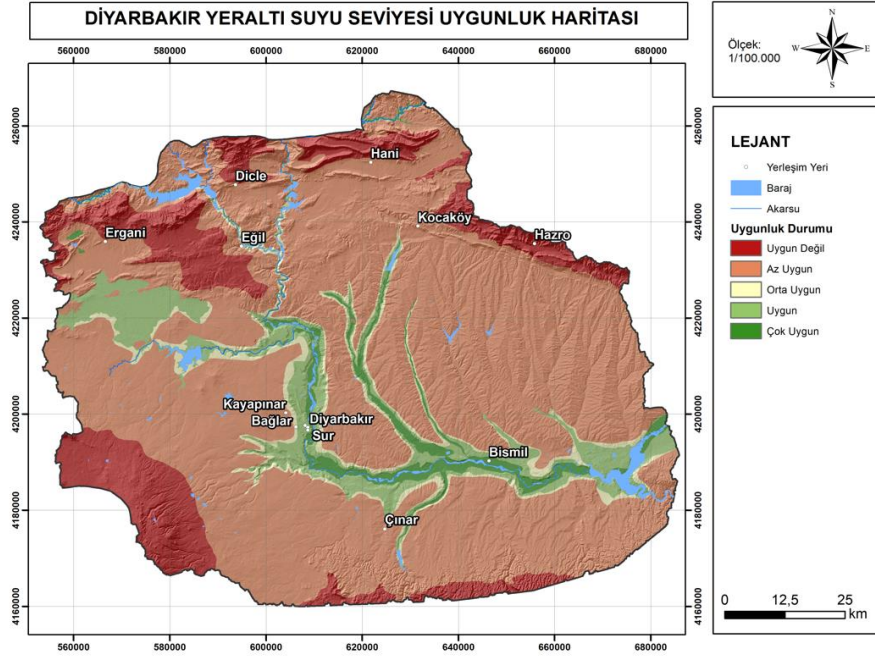
3.1.1 Yeraltı Su Seviyesi

Yeraltı su seviyesinin yüksekliği, yeraltı barajlarının dolum süresi üzerinde doğrudan etkili olup, özellikle kurak ya da yarı kurak bölgelerde bu tür yapıların etkinliği açısından kritik bir parametredir. Yüzeye çok yakın olan yeraltı suları, barajın hızlı dolumunu sağlasa da, bu durum aynı zamanda yapısal stabilite açısından risk oluşturabilir. Örneğin, yüzeye çok yakın su seviyeleri sızma, yüzey doygunluğu ve zeminin taşıma kapasitesinde azalma gibi olumsuz etkiler yaratabilir. Bu durum, özellikle mühendislik yapılarının planlamasında zemin güvenliği açısından dikkatle değerlendirilmelidir. Diğer yandan, su seviyesinin çok derinde olması, barajın verimli çalışmasını engelleyebilir; çünkü suyun yeraltında taşınması ve depolanması zorlaşır, dolum süresi uzar ve maliyetler artar.

Genel kabul gören yaklaşım, yeraltı su seviyesinin orta derinlikte olduğu alanların yeraltı barajı inşası için daha uygun olduğudur. Bu tür alanlar hem hızlı dolum kapasitesi sağlar hem de mühendislik açısından daha az risk içerir [5]. Çalışma kapsamında, Diyarbakır ili özelinde yeraltı su seviyesi dağılımı analiz edilmiş ve uygunluk kriterlerine göre sınıflandırılmıştır. Yeraltı Su Seviyesi parametresinin doğal dağılımı Şekil 2’de verilmiştir. Şekil 2 ve Şekil 3, yeraltı su seviyesinin mekânsal dağılımını ve uygunluk derecelerini göstermektedir. Özellikle orta derinliğe sahip alanların yeraltı barajı için daha elverişli olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 2. Diyarbakır İli Yeraltı Su Seviyesi Haritası



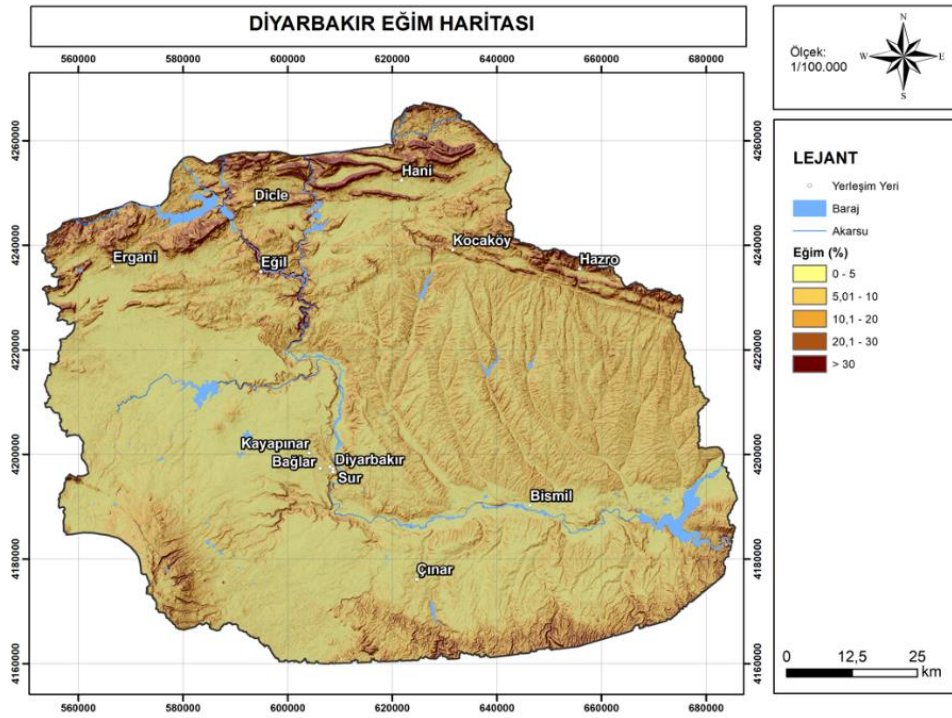
Şekil 3. Diyarbakır Yeraltı Su Seviyesi Parametresi Uygunluk Haritası

3.1.2 Eğim

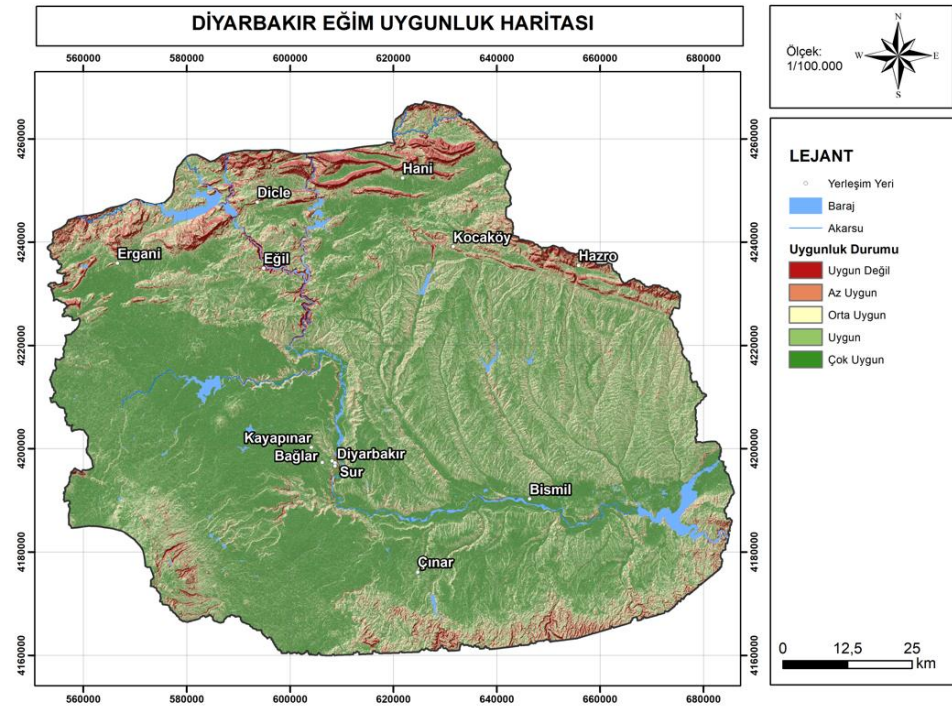
Resim Eğim, bir arazinin yatay düzleme göre eğiklik derecesini ifade eder ve yeraltı barajı yer seçiminde kritik öneme sahiptir. Düşük eğimli alanlar ($\sim 0-3^\circ$), yüzey akış hızını azaltarak suyun zemine sızması ve yeraltı suyunun beslenmesi için daha uygun koşullar sağlar. Bu bölgelerde yeraltı barajları suyu daha uzun süre tutabilir, bu da suyun depolanması açısından avantaj yaratır. Özellikle ova tabanlarında yer alan düşük eğimli alanlar, barajların yapısal istikrarı ve su toplama kapasitesi açısından tercih edilmektedir.

Orta eğimli alanlar ($3-6^\circ$ ve $6-13^\circ$) ise suyun kısmen yüzeyden akmasına izin verirken, belirli alanlarda sızma da sağlayabilir. Ancak bu bölgelerde barajın verimliliği, topografik yapının yanı sıra zemin özellikleriyle de yakından ilişkilidir.

Yüksek eğimli alanlarda ($>13^\circ$) ise su, yer çekiminin etkisiyle hızla yüzeyden uzaklaşır. Bu durum, yeraltı barajlarının etkili bir şekilde su tutmasını engelleyebilir. Aynı zamanda bu tür alanlarda inşaat zorlukları, erozyon riski ve mühendislik maliyetleri daha yüksektir. Bu nedenle, çok eğimli araziler genellikle uygun olmayan alanlar olarak değerlendirilir. Yeraltı barajı tasarımında eğim faktörünün dikkatle analiz edilmesi gereklidir (Malczewski, 1999; Saaty, 1980) [1,2]. Ayrıca yüksek eğimli araziler, inşaat açısından mühendislik zorlukları ve maliyet artışına yol açmaktadır. Diyarbakır ili özelinde yapılan analizlerde, bölgedeki eğim dağılımı değerlendirilmiştir. Şekil 4 ve Şekil 5, Diyarbakır ili genelindeki eğim dağılımını ve bu dağılıma göre yer altı barajı için uygunluk sınıflarını sunmaktadır. Düşük eğimli bölgeler yüksek uygunluk potansiyeli taşımaktadır.



Şekil 4. Diyarbakır İli Eğim Dağılımı Haritası



Şekil 5. Diyarbakır İli Eğim Parametresi Uygunluk Haritası

3.1.3 Zemin (Yüzey) Yapısı

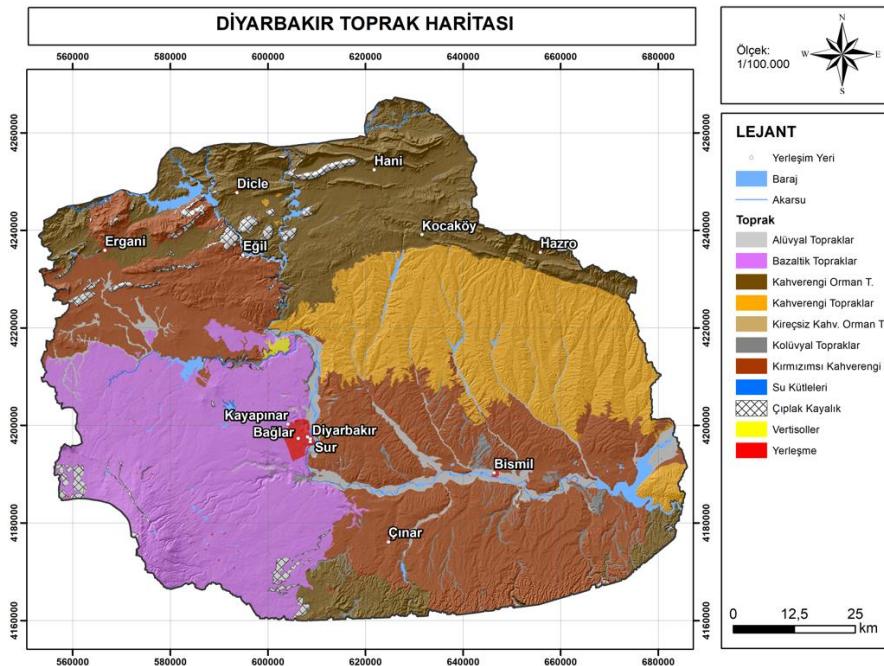
Zemin yapısı, yeraltı barajı uygulamalarında suyun toprak içerisinde tutulabilirliği ve sızma riskinin kontrolü açısından belirleyici bir parametredir. Geçirgen toprak tipleri (örneğin kumlu ve çakıllı

zeminler), suyun infiltrasyonunu ve depolanmasını kolaylaştırırken; kil ve silt gibi düşük geçirgenlikli zeminler, suyun yüzey altına geçişini sınırlandırarak yeraltı barajlarında tampon zon olarak işlev görebilmektedir [6].

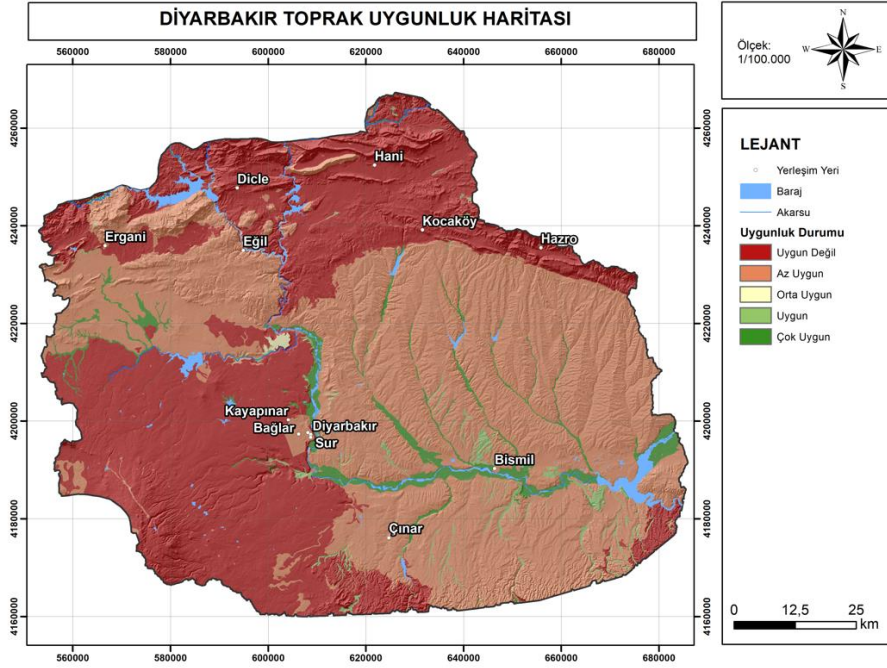
Ancak bu iki uç zemin tipi arasında yer alan, orta düzey geçirgenliğe sahip (örneğin kumlu tınlı) toprakların, yeraltı barajı uygulamaları için en uygun ortamı sunduğu söylenebilir. Bu tür zeminler, hem yeterli su tutma kapasitesi sağlar hem de kontrollü sızma yoluyla yeraltı su seviyesinin dengede tutulmasına olanak tanır.

Diyarbakır iline ait toprak yapısı, harita üzerinde farklı renk skalalarıyla sınıflandırılmıştır. Özellikle bazaltik topraklar, kahverengi orman toprakları ve alüvyal topraklar, geçirgenlik potansiyelleri açısından değerlendirilmiştir. Alüvyal toprakların yaygın olduğu nehir yataklarına yakın kesimler, yeraltı suyu beslemesi açısından önemli avantajlar sunmaktadır. Buna karşılık, killi ve taşlı toprakların yoğunlaştığı bölgeler, geçirimsizlik nedeniyle sınırlı uygunluk potansiyeli taşımaktadır [7].

Şekil 6 ve Şekil 7, zemin yapısının sınıflandırılmasını ve bu yapıya göre gerçekleştirilen uygunluk analizini göstermektedir. Bu kapsamda, kumlu ve alüvyal zeminlerin bulunduğu alanlar, yeraltı barajı yer seçimi açısından daha avantajlı olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 6. Diyarbakır İli Yüzey (Zemin) Yapısı Haritası



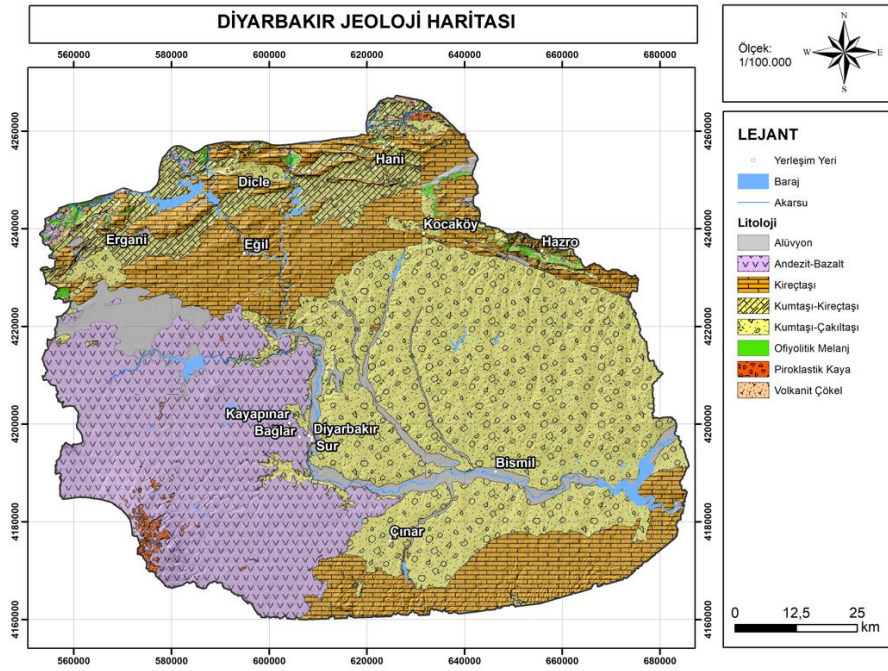
Şekil 7. Diyarbakır İli Yüzey (Zemin) Yapısı Uygunluk Haritası

3.1.4 Jeoloji

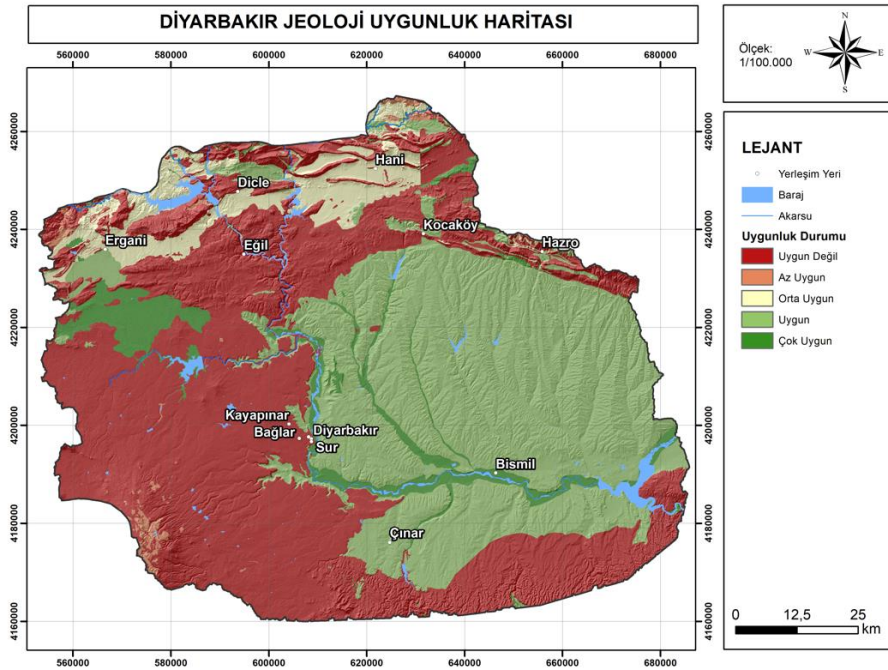
Yeraltı barajı inşaatı için uygun zemin özelliklerinin belirlenmesinde jeolojik yapı kritik bir rol oynar. Alüvyon, kumtaşı, çakıltası gibi yüksek geçirgenliğe sahip litolojik birimler, yeraltı suyu depolama kapasitesi açısından öncelikli olarak tercih edilmektedir (MTA, 2020) [8]. Bu tür formasyonlar, hem suyun kolayca hareket etmesini hem de barajda istenilen seviyede tutulmasını sağlar.

Buna karşılık, bazalt, granit, şist gibi düşük geçirgenliğe veya geçirimsizliğe sahip kayalar, suyun akışını ve depolanmasını kısıtladığı için yeraltı barajı yapımında genellikle uygun olmayan formasyonlar olarak değerlendirilir. Ancak bazı bazalt formasyonlarında çatlaklı yapılar nedeniyle lokal geçirgenlik artışı görülebilir; bu durum detaylı jeolojik analizlerle netleştirilebilir.

Bu çalışmada, Diyarbakır ili genelinde yayılım gösteren jeolojik birimler, litolojik özelliklerine göre sınıflandırılmış ve geçirgenlik potansiyelleri göz önünde bulundurularak uygunluk değerlendirmesine tabi tutulmuştur. Haritada, farklı renkler farklı jeolojik formasyonları temsil etmektedir. Özellikle alüvyonel dolguların yoğunlaştığı nehir vadileri ve ova tabanları, yeraltı barajı için potansiyel alanlar olarak öne çıkmaktadır. Şekil 8 ve Şekil 9, jeolojik birimlerin dağılımı ile geçirgen formasyonların yer altı barajı açısından uygunluk analizini sunmaktadır. Alüvyon ve kumtaşı gibi litolojiler öne çıkmaktadır.



Şekil 8. Diyarbakır İli Jeoloji Formasyonları Haritası



Şekil 9. Diyarbakır İli Jeoloji Parametresi Uygunluk Haritası

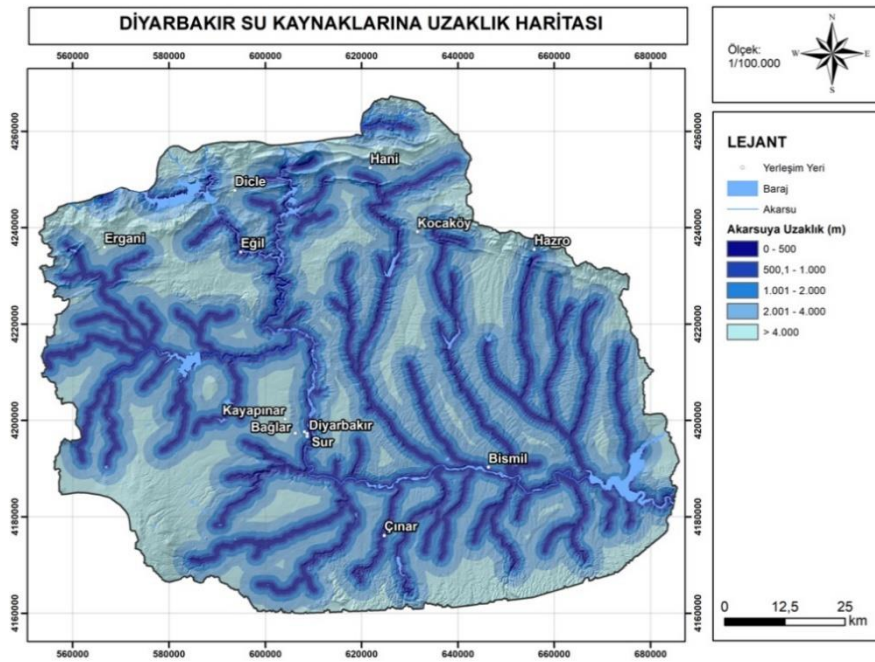
3.1.5 Su Kaynaklarına Yakınlık

Baraj yapılacak alanın nehir, dere veya taşkın yataklarına yakın olması, yeraltı barajlarının su kaynaklarını daha verimli şekilde besleyebilmesi açısından büyük önem taşır. Yüzey sularına yakınlık, sadece baraj dolum sürecini hızlandırmakla kalmaz, aynı zamanda sürekli su temini açısından da

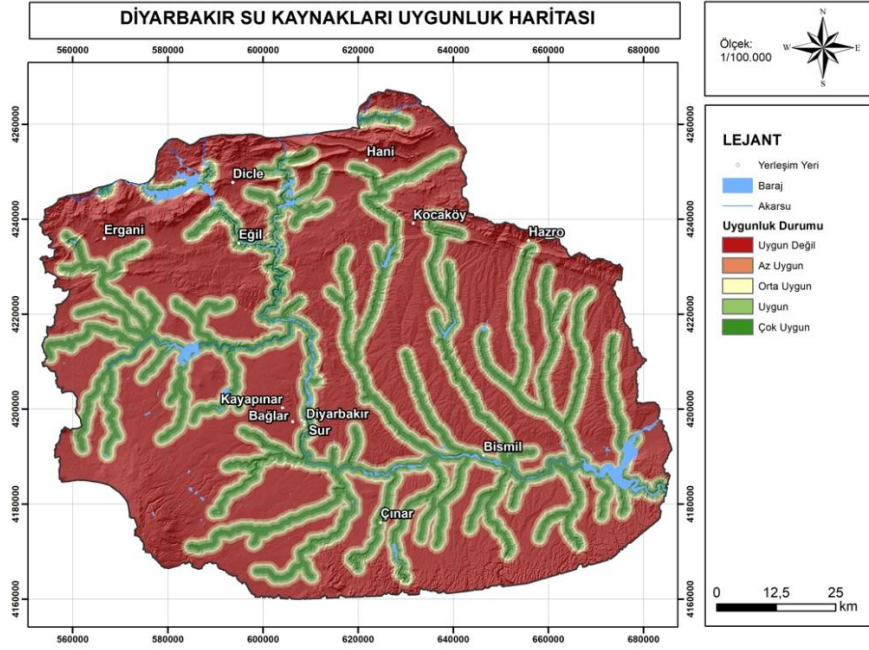
sürdürülebilirlik sağlar [9]. Özellikle kurak veya yarı kurak bölgelerde, yüzeysel akışa yakın alanlarda yapılacak yeraltı barajları, mevsimsel yağışların etkili biçimde depolanmasına olanak tanır.

Bununla birlikte, taşkın riski yüksek olan alanlar, yapı güvenliği açısından potansiyel tehdit oluşturabilir. Aşırı yüzeysel akış, baraj yapılarının zarar görmesine, zemin stabilitesinin bozulmasına ve verimliliğin düşmesine neden olabilir. Bu nedenle, yer seçimi yapılırken sadece su varlığı değil, taşkın riski düzeyi de dikkate alınmalıdır.

Bu çalışma kapsamında, Diyarbakır ili genelinde yüzey sularına yakınlık ve taşkın riski dağılımı raster verileriyle analiz edilmiştir. Uygunluk değerlendirmesi yapılırken, akarsu sistemlerinin yoğunluğu, taşkın potansiyeli ve yerleşim alanlarına olan uzaklık gibi kriterler birlikte değerlendirilmiştir. Haritada mavi tonlar, yüzey sularına yakınlığı; kahverengi ve turuncu tonlar ise yüksek taşkın riski taşıyan bölgeleri göstermektedir. Bu kapsamda, suya yakın ancak taşkın riski düşük bölgeler, yeraltı barajları için öncelikli aday alanlar olarak öne çıkmaktadır. Şekil 10 ve Şekil 11, yüzey su kaynaklarına yakınlık ile taşkın riski analizini yansıtmaktadır. Suya yakın ancak taşkın riski düşük alanlar baraj planlamasında öncelikli alanlardır.



Şekil 10. Diyarbakır İli Su Kaynaklarına Yakınlık ve Taşkın Riski Dağılım Haritası



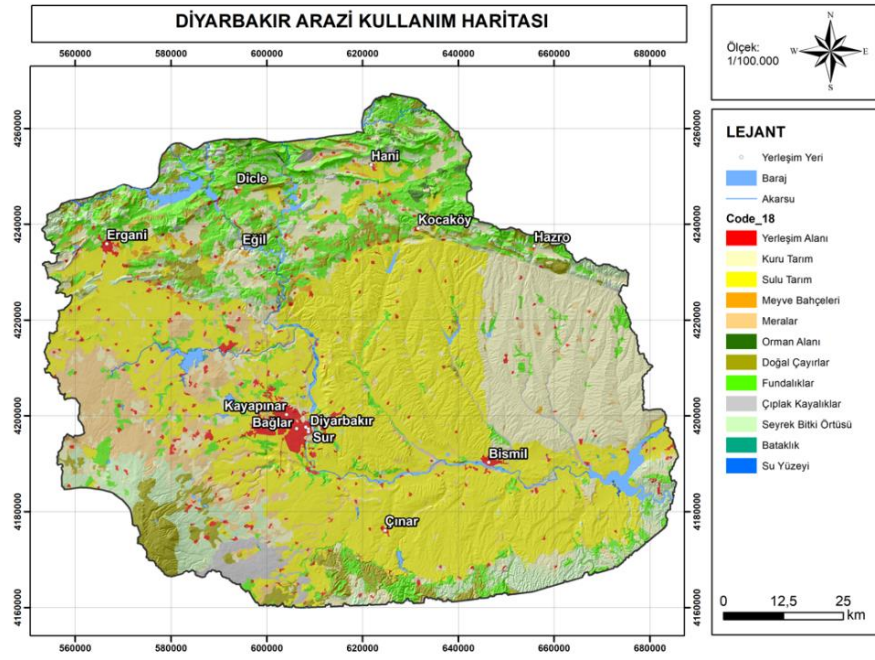
Şekil 11. Diyarbakır İli Su Kaynaklarına Yakınlık Parametresi Uygunluk Haritası

3.1.6 Arazi Kullanımı

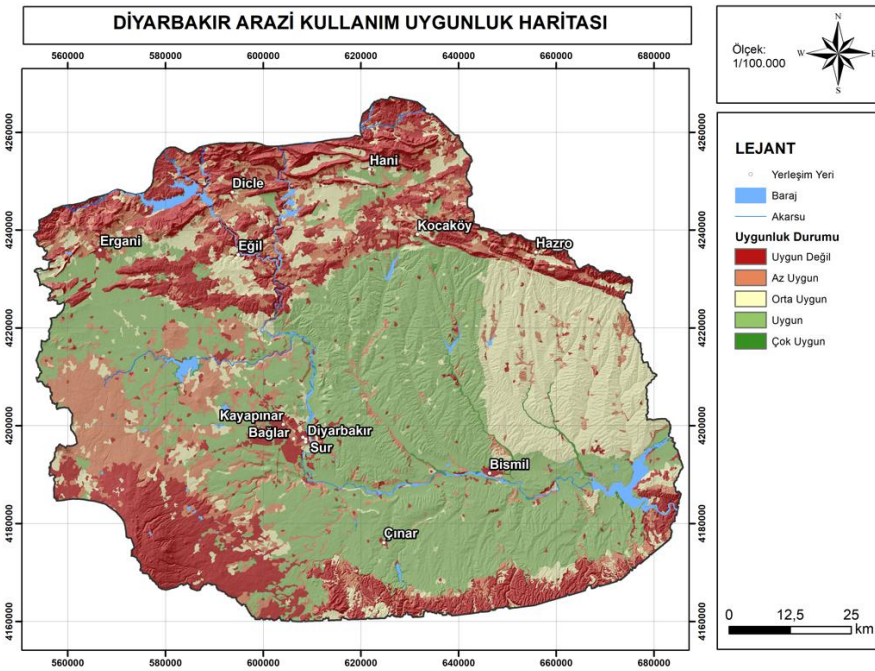
Tarım dışı ve yerleşimden uzak bölgeler, çevresel etkiyi azaltmak adına tercih edilir. Tarımsal alanlara çok yakın yerlerde, arazi kullanım değişikliği nedeniyle sosyal maliyetler doğabilir [10]. Arazi kullanım kabiliyeti, bir arazinin tarım, ormancılık ya da mera gibi faaliyetlere uygunluğunu belirleyen ve bu uygunluğu sınıflandıran önemli bir parametredir. Yeraltı barajı yer seçiminde, özellikle I., II. ve III. sınıf gibi yüksek üretim potansiyeline sahip tarım arazileri koruma önceliği taşıdığından, bu alanlar baraj inşası için uygun görülmemektedir. Bu alanlarda yer altı barajı yapımı, tarımsal faaliyetlerin sürdürülebilirliği açısından sakıncalı olabilir.

Öte yandan, V., VI. ve VII. sınıf gibi erozyon riski yüksek, eğimli ve sınırlı tarım potansiyeline sahip alanlar; arazi bozulmalarının önüne geçmek, yüzey akışını azaltmak ve yeraltı su seviyesini beslemek adına yeraltı barajı uygulamaları için daha uygun kabul edilmektedir. Bu sınıflar, barajın çevresel etkisini minimize etmek açısından da avantaj sunar.

Diyarbakır iline ait arazi kullanım kabiliyetleri analiz haritası incelendiğinde, ilin büyük bölümünün IV., V. ve VI. sınıf arazilerden oluştuğu görülmektedir. Bu durum, kırsal bölgelerde yer altı barajı potansiyelini artırmakta; özellikle merkezden uzak, eğimli ve tarımsal baskının düşük olduğu bölgelerde uygulamaların teşvik edilmesine olanak tanımaktadır. Şekil 12 ve Şekil 13, arazi kullanım kabiliyetine dayalı sınıflamayı ve yer altı barajı açısından uygunluk durumlarını göstermektedir. Tarım dışı, eğimli ve erozyon riski yüksek alanlar daha uygun bulunmuştur.



Şekil 12. Diyarbakır İli Arazi Kullanımı Kabiliyet Haritası



Şekil 13. Diyarbakır İli Arazi Kullanımı Parametresi Uygunluk Haritası

3.1.7 Yağış

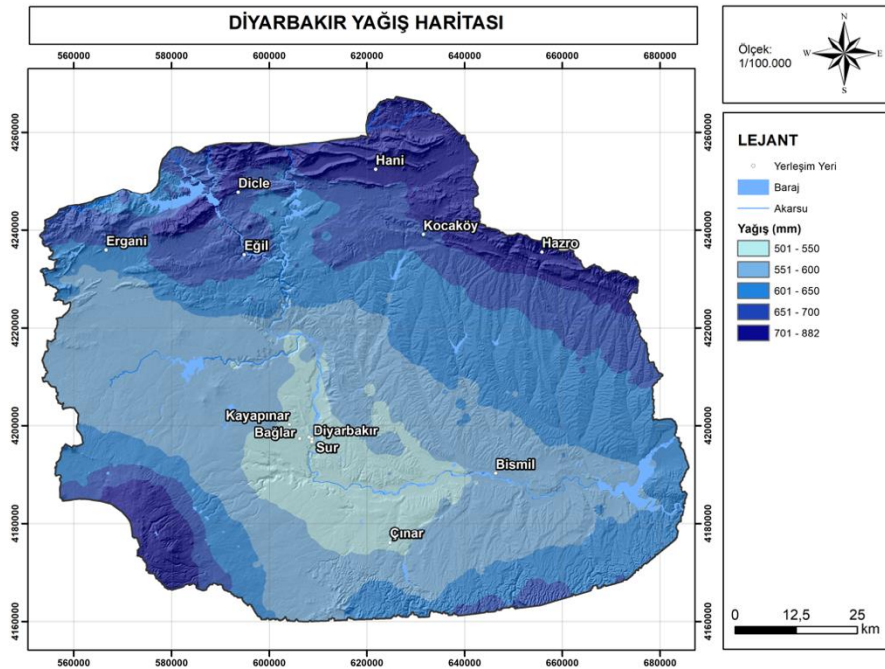
Yağış, yeraltı barajlarının dolun potansiyelini etkileyen en temel hidrolojik parametrelerden biridir. Yıllık ortalama yağış miktarının fazla olduğu bölgeler, yüzey akışının artması ve sızma yoluyla yeraltı suyunun daha etkin beslenmesi açısından avantaj sağlamaktadır [3]. Bu nedenle, yeraltı

barajlarının yer seçimi sürecinde yağış dağılımının mevsimsel ve bölgesel değişimleri dikkate alınmalı; yağışın yüksek olduğu alanlar öncelikli değerlendirilmelidir.

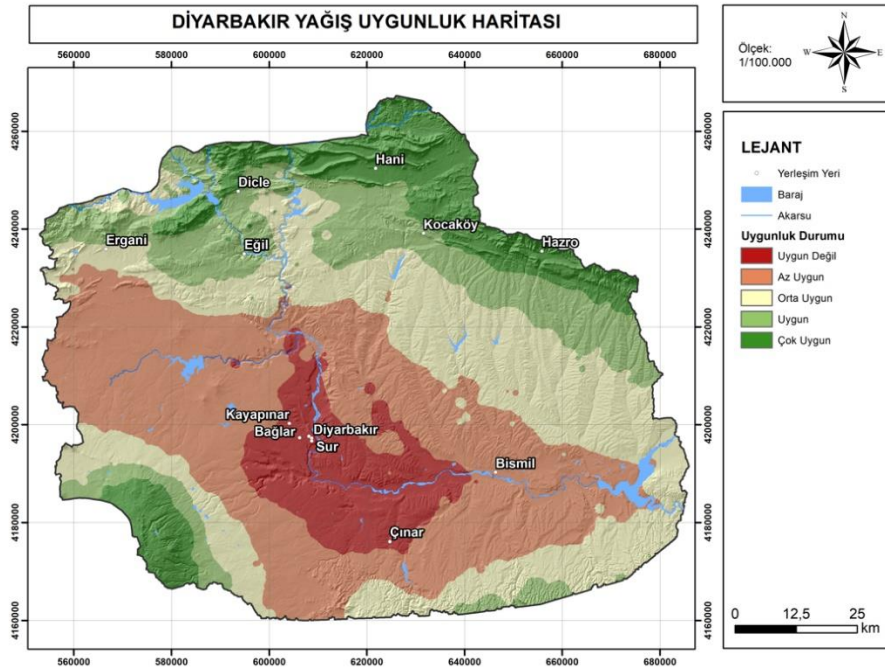
Diyarbakır ili, yarı kurak iklim kuşağında yer almasına rağmen, kuzeydoğusundaki dağlık kesimlerde yıllık yağış miktarları ovaya kıyasla daha yüksektir. Bu bölgelerde, yükselti farklarının ve orografik etkinin etkisiyle, özellikle ilkbahar ve kış aylarında yağış yoğunluğu artmaktadır. Topografik yapı, yağışın coğrafi dağılımını belirlerken, arazi eğimi ve bitki örtüsü gibi faktörler de yağışın yüzey ve yeraltı sistemlerine katkısını şekillendirmektedir.

Topografik yapı ve yükselti, yağışın coğrafi dağılımını doğrudan etkiler. CBS tabanlı analizde kullanılan raster yağış verileri, yıllık ortalama yağış (mm) bilgisine dayalı olarak sınıflandırılmıştır. Harita üzerinde renk skalası kullanılarak farklı yağış zonları gösterilmiştir. Koyu kırmızı tonlar yüksek yağışlı alanları, açık sarı tonlar ise düşük yağışlı alanları temsil etmektedir.

Bu sınıflandırma, yeraltı barajı inşası için öncelikli bölgelerin belirlenmesine olanak sağlamaktadır. Yağışın 600 mm'nin üzerinde olduğu bölgeler “en uygun”, 400–600 mm aralığı “orta uygun”, 400 mm'nin altındaki alanlar ise “uygun değil” olarak değerlendirilmiştir. Özellikle Diyarbakır ili kuzey kesimlerinde kırmızı ile gösterilen yüksek yağışlı alanlar, yeraltı barajı planlaması için stratejik fırsatlar sunmaktadır. Şekil 14 ve Şekil 15, yağış dağılımı verileriyle yıllık ortalama değerlere göre uygunluk derecelerini sunmaktadır. Yüksek yağışlı bölgeler öncelikli olarak öne çıkmaktadır.



Şekil 14. Diyarbakır İli Yıllık Ortalama Yağış Dağılımı Haritası



Şekil 15. Diyarbakır İli Yağış Parametresi Uygunluk Haritası

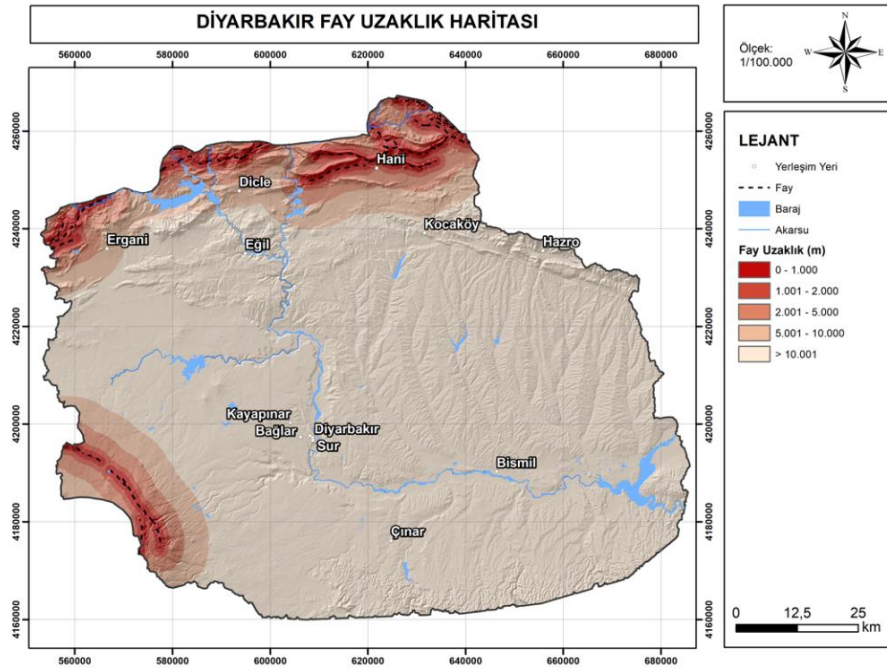
3.1.8 Fay Hattı Yakınlığı

Fay hatları, yer kabuğundaki kırık zonlarını temsil eder ve bu bölgelerde meydana gelen sismik aktiviteler, yeraltı yapıları için ciddi yapısal riskler oluşturur. Yeraltı barajlarının inşasında, fay hatlarına olan mesafe doğrudan güvenlik ve mühendislik kararı açısından belirleyici bir kriterdir. Özellikle aktif fay hatlarına çok yakın alanlarda inşa edilen baraj yapılarında, deprem sırasında zemin hareketlerine bağlı deformasyon riski yüksektir. Bu nedenle yeraltı barajı planlamasında sismotektonik verilerin dikkate alınması zorunludur [11,12].

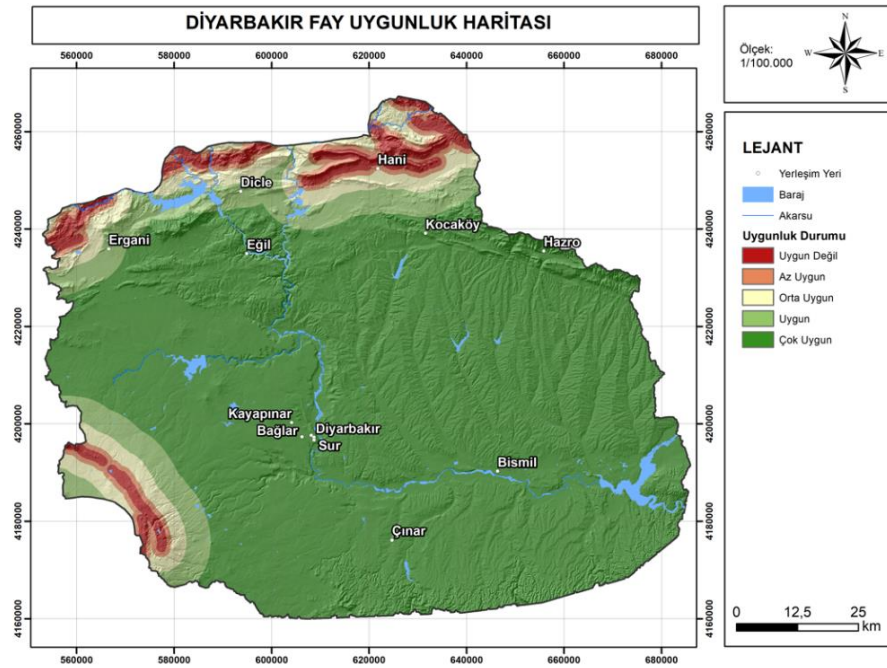
Diyarbakır ili, Türkiye'nin aktif deprem kuşaklarından biri olan Bitlis-Zagros Kenet Kuşağı ile Doğu Anadolu Fay Zonu arasında yer almakta olup, kuzeydoğusunda Lice, Hani, Kulp gibi ilçeler aktif faylara yakın konumlanmaktadır. Bu alanlarda jeolojik kırık hatları boyunca diri fayların varlığı saptanmıştır. Bu nedenle söz konusu ilçeler ve çevreleri, yeraltı barajı inşası açısından yüksek riskli alanlar arasında değerlendirilmiştir.

Fay hattı yakınlığı, CBS ortamında raster tabanlı olarak modellenmiş ve Diyarbakır ili için oluşturulan sismik uygunluk haritası üzerinde görsel olarak sunulmuştur. Haritada aktif fay hatları, kırmızı çizgilerle belirtilmiş; bu çizgilere yakın olan bölgeler düşük uygunluk (riskli alanlar), uzak bölgeler ise yüksek uygunluk olarak sınıflandırılmıştır. Fay hatlarına 0–5 km arası mesafe olan bölgeler “uygun değil”, 5–10 km arası “orta uygun”, 10 km üzeri bölgeler ise “en uygun” olarak

değerlendirilmiştir. Şekil 16 ve Şekil 17, fay hatlarına olan uzaklık temelinde yapılan sınıflamayı içermektedir. Deprem riski nedeniyle fay hatlarından uzak bölgeler daha uygun kabul edilmiştir.



Şekil 16. Diyarbakır İli Fay Hatlarına Yakınlık Dağılımı Haritası

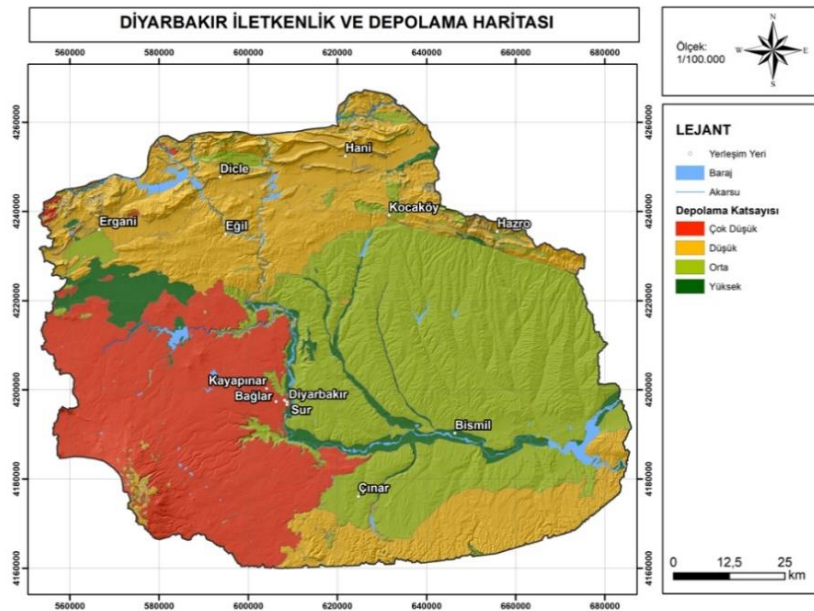


Şekil 17. Diyarbakır İli Fay Hattı Yakınlığı Parametresi Uygunluk Haritası

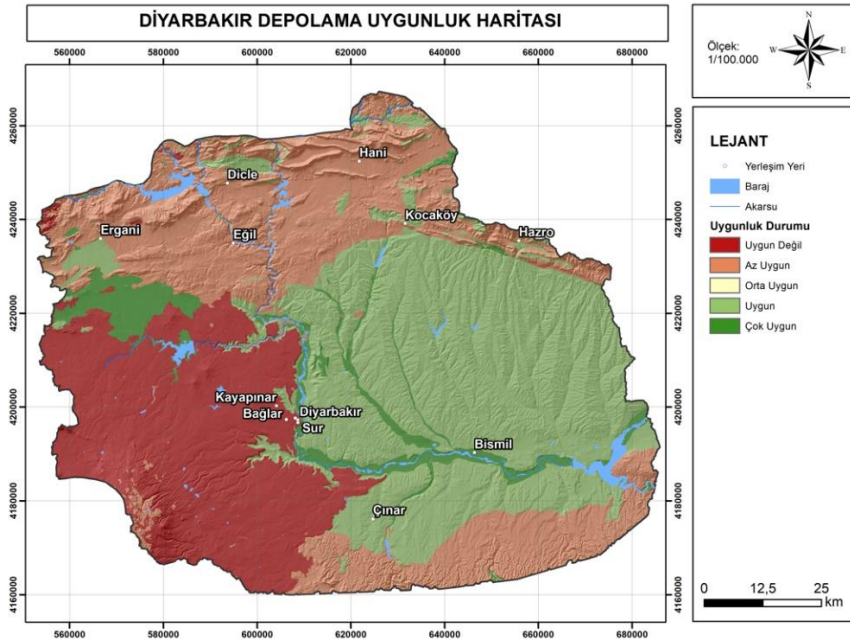
3.1.9 İletkenlik ve Depolama Katsayısı

Zeminin hidrolik iletkenliği (permeabilitesi), suyun yeraltı ortamında ne kadar hızlı hareket edebileceğini belirleyen temel fiziksel özelliktir. Bu parametre, yeraltı barajlarında suyun depolanma süreci, rezervuar dolumu ve suyun yatay-düşey hareketliliği açısından kritik rol oynar. Yüksek hidrolik iletkenliğe sahip zeminler (örneğin kum, çakıl gibi iri taneli malzemeler), suyun hızlı bir şekilde yayılmasına olanak tanırken, düşük iletkenlik değerleri (örneğin kil veya silt gibi ince taneli malzemeler), suyun geçişini yavaşlatarak barajın dolum süresini uzatabilir. Bu nedenle çok düşük iletkenlik, barajın işlevini azaltırken, çok yüksek iletkenlik de suyun istenilen alanda tutulmamasına neden olabilir [5].

Depolama katsayısı ise, akiferin veya zeminin belirli bir alanda ne kadar su tutabileceğini gösteren bir parametredir. Bu katsayı, hem gözenekliliğe hem de doymuluk durumuna bağlı olarak değişiklik gösterir. Serbest akiferlerde depolama katsayısı daha yüksekken, basınçlı akiferlerde bu değer düşüktür. Yeraltı barajlarının etkin çalışabilmesi için orta düzeyde iletkenliğe ve yüksek depolama katsayısına sahip ortamlar tercih edilir. Bu sayede su hem yeterince tutulabilir hem de kontrollü bir şekilde kullanılabilir hale gelir. Bu parametrelerin birlikte değerlendirilmesi, baraj yerinin hidrojeolojik uygunluğunu belirlemek açısından büyük önem taşır. Raster veriler üzerinden analiz edilen bu değişkenler, AHP ve TOPSIS gibi çok kriterli karar verme yöntemleriyle ağırlıklandırılarak nihai uygunluk değerlendirmesine katkı sunmaktadır. İletkenlik ve Depolama Katsayısı parametresinin doğal dağılımı Şekil 18'de verilmiştir. Şekil 19, zeminlerin iletkenlik ve depolama katsayısına göre mekânsal uygunluklarını ortaya koymaktadır. Su tutma kapasitesi yüksek alanlar tercih edilmiştir.



Şekil 18. Diyarbakır İli İletkenlik ve Depolama Katsayısı Dağılımı Haritası



Şekil 19. Diyarbakır İli İletkenlik ve Depolama Katsayısı Uygunluk Haritası

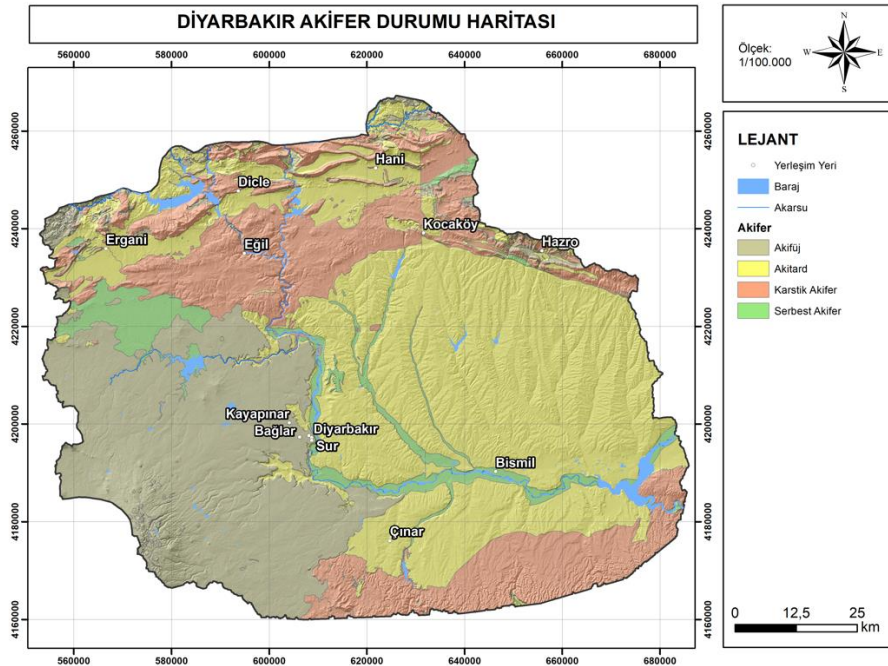
3.1.10 Akifer Durumu

Akiferler, yeraltında suyu tutan ve ileten geçirgen jeolojik birimlerdir. Yeraltı barajlarının verimliliği, bu akiferlerin tipine ve hidrodinamik özelliklerine doğrudan bağlıdır. Genel olarak üç tür akifer ayırt edilmektedir: serbest (unconfined), basınçlı (confined) ve karstik akiferler.

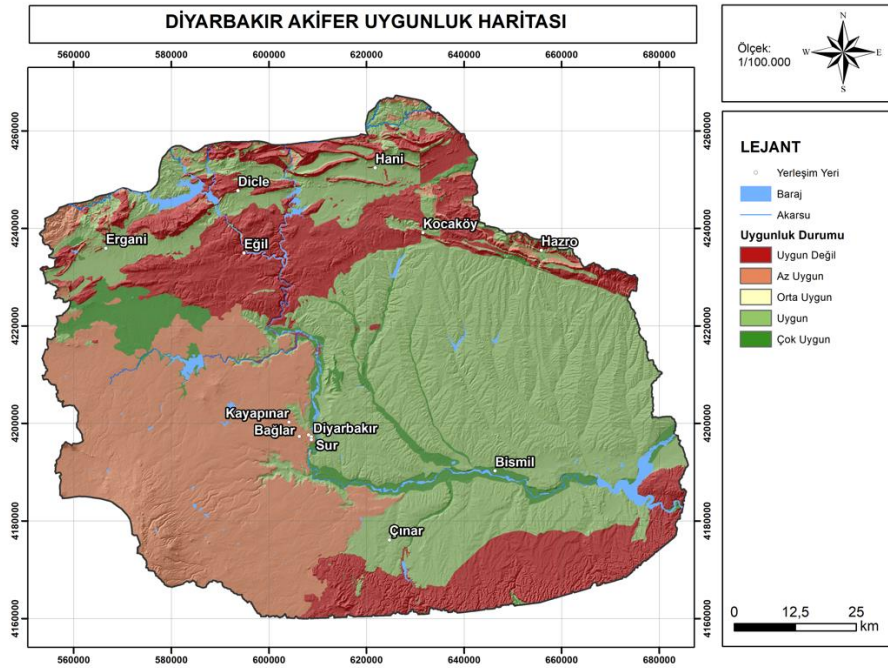
Basınçlı akiferler, geçirimsiz tabakalar arasında yer alan ve suyu sabit basınçta tutan sistemlerdir. Bu özellikleri sayesinde, yeraltı barajlarında depolanan suyun yüzeye çıkışı kontrollü bir şekilde sağlanabilir. Bu durum, su yönetimi açısından oldukça avantajlıdır.

Serbest akiferler, yüzeye daha yakın ve üstünde geçirimsiz bir tabaka bulunmayan akifer tipidir. Bu yapılar, yağış ve yüzey sularından kolayca beslenebilir; ancak su seviyeleri mevsimsel değişimlere oldukça duyarlıdır. Bu da barajın doluluk ve boşalma döngülerinde dalgalanmalara neden olabilir.

Karstik akiferler ise kalker gibi kolay eriyebilen kayalar içinde oluşan boşluklardan meydana gelir. Bu akiferlerde su çok hızlı hareket eder ve bu durum yeraltı barajlarında suyun tutulmasını güçleştirir. Ayrıca ani boşalmalar ve kontrolsüz akımlar görülebilir, bu da mühendislik açısından riskli koşullar yaratır [4]. Bu nedenle, yeraltı barajı inşa edilecek alanların basınçlı veya uygun geçirgenliğe sahip serbest akiferlerle sınırlı olması önerilmektedir. Şekil 20 ve Şekil 21, akifer türlerinin dağılımını ve bu yapılara göre uygunluk analizini göstermektedir. Basınçlı ve uygun geçirgenliğe sahip serbest akiferler olumlu değerlendirilmiştir.



Şekil 20. Diyarbakır İli Akifer Tipi ve Yayılımı Haritası



Şekil 21. Diyarbakır İli Akifer Durumu Parametresi Uygunluk Haritası

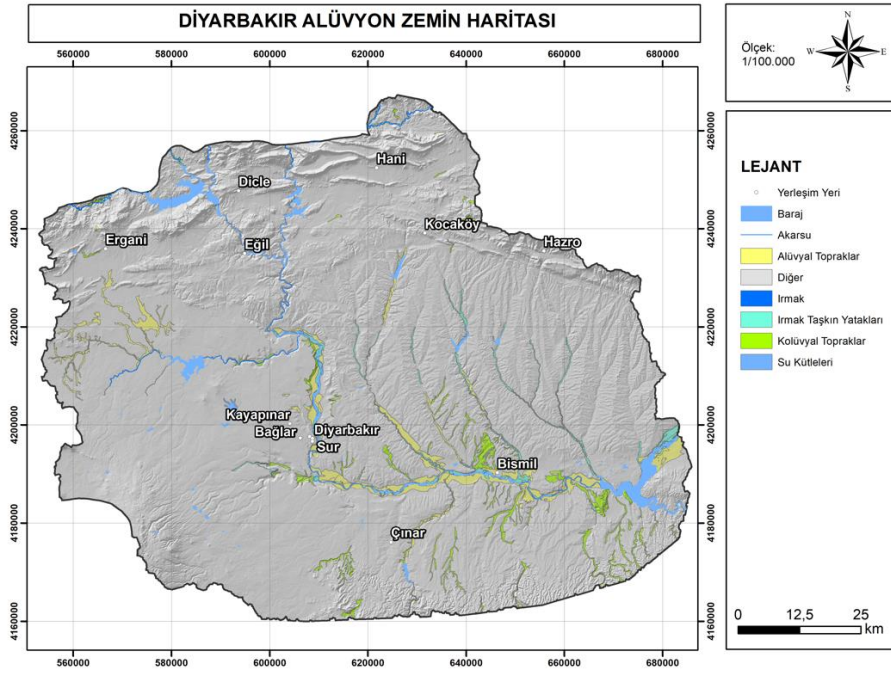
3.1.11 Alüvyon

Alüvyonal zeminler, genellikle nehir yatakları boyunca biriken kum, çakıl, mil ve kil gibi gevşek tortul malzemelerden oluşur. Bu tür zeminler yüksek geçirgenlik özelliklerine sahiptir ve bu da onları yeraltı barajlarının kurulumu açısından son derece uygun kılar. Özellikle kumlu-çakıllı alüvyonlar, hem suyun depolanması hem de yeniden beslenmesi (recharge) açısından avantaj sunar.

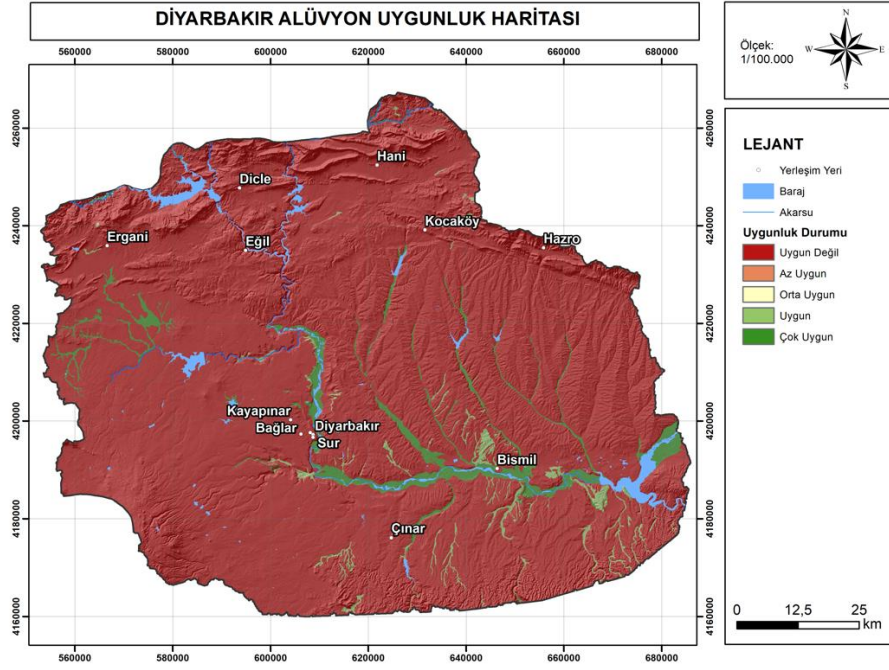
Alüvyonların bulunduğu bölgelerde, suyun sızma kapasitesi yüksek olduğu için yüzeysel akış minimize edilir, bu da yeraltı suyunun verimli şekilde tutulmasını sağlar. Aynı zamanda, bu zeminlerdeki hidrolik iletkenlik düzeyi sayesinde suyun depolama ve dağılım süreci daha kontrollü hale gelir. Bu özellikler, barajın hem hidrolojik performansını artırmakta hem de mühendislik uygulamalarının başarısını desteklemektedir.

Ancak, her alüvyonal zemin baraj için uygun değildir. Özellikle çok ince taneli veya kil içeriği yüksek alüvyonlar geçirimsizlik sorunlarına ve suyun akışında dengesizliklere yol açabilir. Bu nedenle zemin özelliklerinin detaylı bir şekilde analiz edilmesi gereklidir.

Bu çalışmada, Diyarbakır ili sınırları içerisinde alüvyonal alanlar ArcGIS ortamında tanımlanmış, raster veri katmanı olarak sınıflandırılmış ve 3-6-9 puan sistemine göre normalize edilmiştir. Analiz sonucunda elde edilen harita, alüvyon varlığının yoğunlaştığı bölgeleri görsel olarak sunmakta ve yeraltı barajı için potansiyel bölgeleri tanımlamaktadır. Haritada özellikle Dicle Nehri ve çevresindeki tortul birikim alanları dikkat çekmektedir. Şekil 22 ve Şekil 23, alüvyonal zeminlerin konumlarını ve baraj potansiyeli açısından uygunluk analizini içermektedir. Dicle Nehri çevresi bu açıdan öne çıkmaktadır.



Şekil 22. Diyarbakır İli Alüvyonal Zeminlerin Dağılımı Haritası



Şekil 23. Diyarbakır İli Alüvyon Parametresi Uygunluk Haritası

3.2 AHP (Analitik Hiyerarşi Süreci)

AHP yöntemi, karar vericilerin kriterler arasındaki karşılaştırmalarını matematiksel modele dönüştürerek göreceli ağırlıklar oluşturur. Bu yöntemde ikili karşılaştırmalarla her kriterin diğerlerine göre önemi belirlenir. Tutarlılık oranı (CR) %10'un altında olduğu sürece elde edilen ağırlıklar güvenilirdir [1]. Bu çalışmada kullanılan 11 parametre aşağıda açıklanmış ve AHP yöntemiyle ağırlıklandırılmıştır.

- Yeraltı Su Seviyesi: Yüksekliği, baraj dolm hızını etkiler; orta seviye genelde tercih edilir.
- Eğim: Düşük eğimli alanlar su tutma açısından daha uygundur.
- Zemin Yapısı: Kum, çakıl gibi geçirgen zeminler tercih edilir; kil ise su sızmasını engeller.
- Jeoloji: Geçirgen formasyonlar baraj için uygundur, örneğin alüvyon ve kumtaşı.
- Su Kaynaklarına Yakınlık: Yüksek öneme sahiptir; su temini kolaylaştırır.
- Arazi Kullanımı: Yerleşim dışı alanlar tercih edilir; çevresel etki azalır.
- Yağış: Barajın dolm süresi açısından yüksek yağışlı bölgeler daha uygundur.
- Fay Hattı Yakınlığı: Deprem riski nedeniyle uzak bölgeler daha güvenlidir.
- İletkenlik ve Depolama Katsayısı: Zeminin su geçirgenliği ve tutma kapasitesi açısından önemlidir.
- Akifer Durumu: Basınçlı akiferler tercih edilir; karstik akiferlerde su kontrolü zordur.
- Alüvyon: Su tutma kapasitesi yüksek zemin tipidir.

AHP yöntemiyle belirlenen kriter ağırlıkları aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 1.).

Tablo 1. Yeraltı Barajı Yer Seçiminde Kullanılan Parametreler ve AHP Ağırlıkları

Parametre	Ağırlık (%)
Su kaynaklarına yakınlık	16 %
Arazi kullanımı	14 %
Jeoloji	13 %
Yağış	11 %
Eğim	10 %
Zemin yapısı	9 %
Fay hattı yakınlığı	8 %
Yeraltı su seviyesi	7 %
Akifer durumu	6 %
Alüvyon	4 %
İletkenlik ve depolama katsayısı	2 %

3.2.1 AHP Ağırlıklarının CBS Ortamında Raster Verilere Uygulanması

Bu çalışmada, yeraltı barajı yeri seçiminde belirlenen 11 parametreye ait mekânsal veriler Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında raster formatında analiz edilmiştir. Parametreler, önce uygunluk açısından normalize edilerek 0 ile 1 arasında değerler alacak şekilde dönüştürülmüş; ardından AHP yöntemi ile elde edilen ağırlıklarla çarpılarak her hücre için ağırlıklı uygunluk puanı hesaplanmıştır. Her bir raster hücresi için uygulanan bu işlem, aşağıdaki formüle dayanmaktadır:

$$\text{Uygunluk Skoru (S)} = \text{Tüm kriterler için (Normalize Değer} \times \text{Kriter Ağırlığı)} \quad (1)$$

Bu hesaplama sonucunda elde edilen toplam puan, hücrenin yeraltı barajı kurulumu açısından uygunluk düzeyini göstermektedir. Tüm hücreler için yapılan bu işlem sonucunda, Diyarbakır Ovası'nın genel uygunluk haritası elde edilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Raster Hücresine ait Normalize Değerler, AHP Ağırlıkları ve Uygunluk Puanı Hesaplaması

Parametre	Normalize Değeri	AHP Ağırlığı	Ağırlıklı Değer
Yeraltı Su Derinliği	0.75	0.10	0.0750
Eğim	0.85	0.12	0.1020
Zemin Türü	0.70	0.08	0.0560
Jeolojik Uygunluk	0.60	0.11	0.0660
Su Kaynaklarına Yakınlık	0.90	0.15	0.1350
Taşkın Riski	0.65	0.06	0.0390
Arazi Kullanımı	0.50	0.10	0.0500
Yağış Miktarı	0.75	0.08	0.0600
Fay Hattına Uzaklık	0.80	0.05	0.0400
İletkenlik (Depolama Katsayısı)	0.65	0.07	0.0455
Akifer Türü	0.55	0.08	0.0440
TOPLAM PUAN	—	1.00	0.7125

3.3 TOPSIS ve Uygunluk Değerlendirmesi

TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemi, çok kriterli karar verme teknikleri arasında nesnelliği ve pratik uygulanabilirliği nedeniyle yaygın olarak tercih edilmektedir. Yöntemin temel prensibi, her bir alternatifin pozitif-ideal çözüme (en iyi değer) ve negatif-ideal çözüme (en kötü değer) olan uzaklıklarının hesaplanmasına dayanır. Alternatif bir lokasyon, pozitif çözüme ne kadar yakın ve negatif çözüme ne kadar uzaksa, o denli uygun olarak değerlendirilir [1,13].

Bu çalışmada, AHP yöntemiyle ağırlıklandırılmış 11 parametreye ait raster veriler her hücre için normalize edilmiştir. Her parametrenin değeri, AHP'den gelen ağırlıklarla çarpılmış ve toplam skorlar hesaplanmıştır. Elde edilen TOPSIS skorları 0 ile 1 arasında değer almış; 1'e yakın skorlar yüksek uygunluk, 0'a yakın skorlar ise düşük uygunluk anlamına gelmiştir. Bu yöntem, özellikle sınırlı sayıda aday bölge üzerinden karar verilmesi gereken durumlarda nesnel bir değerlendirme imkânı sunmaktadır [14].

Literatürde benzer yöntemlerin farklı coğrafi uygulamalarda kullanıldığı görülmektedir. Örneğin, Getachew (2019), okul yer seçimi analizlerinde çevresel, sosyoekonomik ve altyapı kriterlerini entegre ederek TOPSIS yöntemini başarıyla uygulamıştır. Zhou ve arkadaşları (2021) ise yeraltı suyu yeniden şarj alanlarının mekânsal uygunluk analizinde AHP-TOPSIS entegrasyonunun yüksek doğruluk sağladığını belirtmiştir [4,15].

Bu çalışma kapsamında Diyarbakır Ovası'nda belirlenen 10 temsili analiz noktası TOPSIS yöntemiyle değerlendirilmiş; her nokta için koordinat bilgisi, hesaplanan skor ve uygunluk sınıfı aşağıdaki tabloda sunulmuştur. Uygunluk değerlendirmesi için aşağıdaki eşik değerler esas alınmıştır:

- $0.70 \leq \text{Skor} \leq 1.00 \rightarrow \text{En Uygun}$
- $0.50 \leq \text{Skor} < 0.70 \rightarrow \text{Orta Uygun}$
- $0.00 \leq \text{Skor} < 0.50 \rightarrow \text{Uygun Değil}$

Tablo 3. TOPSIS Yöntemiyle Analiz Edilen Noktalar, Koordinatlar ve Skorlar

Nokta No	Koordinat (Lat, Lon)	TOPSIS Skoru	Uygunluk
1	37.95, 40.20	0.83	En uygun
2	37.93, 40.23	0.76	En uygun
3	37.92, 40.18	0.69	Orta uygun
4	37.91, 40.22	0.64	Orta uygun
5	37.90, 40.25	0.58	Orta uygun
6	37.94, 40.27	0.51	Uygun değil
7	37.96, 40.17	0.45	Uygun değil
8	37.97, 40.16	0.38	Uygun değil
9	37.98, 40.26	0.31	Uygun değil
10	37.99, 40.24	0.25	Uygun değil

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve TOPSIS yöntemlerinin birlikte uygulanması, Diyarbakır Ovası'nda yeraltı barajı inşası açısından potansiyel alanların bilimsel temellere dayalı olarak belirlenmesini mümkün kılmıştır. Analizler sonucunda elde edilen skorlar, hidrojeolojik, topoğrafik ve çevresel faktörlerin mekânsal bütünlüğü içerisinde değerlendirilerek karar vericilere yön gösterici uygunluk haritaları sunmuştur.

TOPSIS yöntemiyle elde edilen skorlar, çalışmanın çok kriterli değerlendirme hedefini başarıyla yansıtmaktadır. Yüksek skor alan bölgeler, genellikle alüvyon zeminlerin yoğunlaştığı, eğim oranının düşük olduğu ve yüzey su kaynaklarına yakın konumlanan alanlar olarak dikkat çekmektedir. Bu alanların aynı zamanda yağış rejimi bakımından da avantajlı olduğu gözlemlenmiştir. Bu sonuç, Freeze ve Cherry (1979) tarafından vurgulanan “geçirgenliği yüksek akiferlerde su tutulumu ve yönetiminin daha verimli olduğu” prensibiyle de örtüşmektedir [5].

Ayrıca, çalışmada üretilen tematik raster haritalar, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) aracılığıyla hem görselleştirme hem de karar destek sistemi işlevi taşımakta ve mühendislik uygulamaları açısından büyük avantaj sağlamaktadır. Bu haritalar, yerel yönetimler, çevre mühendisleri, hidrojeologlar ve su kaynakları planlamacıları için bölgesel ölçekli stratejik planlamalarda kullanılabilecek güçlü bir referans kaynağı niteliğindedir. Şekil 24, tüm parametrelerin AHP ve TOPSIS yöntemleriyle birleştirilmesiyle elde edilen nihai uygunluk haritasıdır. “Çok uygun”, “orta uygun” ve “uygun değil” alanlar sınıflandırılmıştır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar arasında çıkar çatışması yoktur.

ETİK BEYANI

Bu çalışmada, yazarlar “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamındaki tüm kurallara uyduklarını, ilgili yönergenin “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler” olarak belirtilen başlığı altındaki eylemlerden hiçbirini gerçekleştirmediklerini taahhüt ederler.

YAZARLARIN KATKILARI

Recep ÇELİK: Kavramsallaştırma, gözetim ve liderlik sorumluluğu (araştırma faaliyetinin planlanması ve yürütülmesi için gözetim ve liderlik sorumluluğu), metodoloji (metodolojinin geliştirilmesi ya da tasarımı). Melis ARCA: Yazma-orijinal taslak hazırlama, yazma-gözden geçirme ve düzenleme, veri toplama, verinin düzenlenmesi (çeşitli kaynaklardan toplanan verilerin organizasyonu ve bütünleştirilmesi), görselleştirme (veri sunumu), analiz (verileri analiz etmek için istatistiksel, matematiksel, hesaplamalı ya da diğer tekniklerin kullanılması), metodoloji (metodolojinin geliştirilmesi ya da tasarımı).

KAYNAKLAR

- [1] T. L. Saaty, *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. New York: McGraw-Hill, 1980.
- [2] J. Malczewski, *GIS and Multicriteria Decision Analysis*. New York: John Wiley & Sons, 1999.
- [3] K. Vashist and K. Singh, “Flood hazard mapping using GIS-based AHP approach for Krishna River basin,” *Hydrological Processes*, vol. 38, no. 1, pp. 110–122, 2024.
- [4] Y. Getachew, “Application of multi-criteria decision analysis integrated with GIS and air pollution model inputs for schools site selection,” M.S. thesis, Addis Ababa University, Ethiopia, 2019.
- [5] R. A. Freeze and J. A. Cherry, *Groundwater*. New Jersey: Prentice Hall, 1979.
- [6] S. K. Sharma and M. L. Kansal, “Suitability analysis for subsurface dam site selection using remote sensing and GIS,” *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, vol. 59, no. 3, pp. 174–186, 2011.
- [7] S. Tadayon and M. Feizi, “Investigating suitable sites for underground dam construction using GIS (Case study: Yazd–Ardakan plain),” *Environmental Earth Sciences*, vol. 70, no. 3, pp. 1289–1297, 2013, doi: 10.1007/s12665-012-2192-3.

- [8] MTA Genel Müdürlüğü, *Jeoloji ve Hidrojeoloji Haritaları Arşivi*. Ankara: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayınları, 2020.
- [9] N. Saatçioğlu, “Yeraltı Barajları Ölçütleri,” *DSİ Teknik Bülteni*, vol. 5, no. 2, pp. 13–27, 2019.
- [10] A. Shaban, “Groundwater mapping using remote sensing and GIS,” *Environmental Earth Sciences*, vol. 75, no. 7, pp. 643, 2016.
- [11] ESRI (Environmental Systems Research Institute), *ArcGIS Pro User Guide*. (2020). Erişim Tarihi: 02.05.2025. [Online]. <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/help/main/welcome-to-the-arcgis-pro-app-help.htm>
- [12] MTA Genel Müdürlüğü, *Yenilenmiş Diri Fay Haritaları, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı*. (2023). Erişim Tarihi: 02.05.2025. [Online]. <https://www.mta.gov.tr/v3.0/hizmetler/yenilenmis-diri-fay-haritalari>
- [13] C. L. Hwang and K. Yoon, *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. New York: Springer-Verlag, 1981.
- [14] M. Behzadian, S. K. Otaghsara, M. Yazdani, and J. Ignatius, “A state-of the-art survey of TOPSIS applications,” *Expert Systems with Applications*, vol. 39, no. 17, pp. 13051–13069, 2010.
- [15] E. Yılmaz and S. Erdem, “Gömülü havzalarda yeraltı su potansiyelinin belirlenmesi: Karaman ili örneği,” *Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, vol. 12, no. 3, pp. 321–330, 2018.
- [16] Y. Zhou, X. Li, C. Zhang, and R. Wang, “Integrated assessment of groundwater recharge using TOPSIS-AHP and GIS: A case study in Northern China,” *Environmental Earth Sciences*, vol. 80, no. 2, pp. 115, 2021.