

**Uludag Bee Journal**

Uludag Bee J.

e-ISSN: 2687-5594

ISSN 1303-0248

<https://dergipark.org.tr/en/pub/uluaricilik><https://uadubj.uludag.edu.tr/>

## CBS Tabanlı AHP yöntemi kullanılarak Ardahan ilinde arıcılık potansiyeli taşıyan alanların belirlenmesi

**Mucip DEMİR**

Coğrafya Öğretmenliği Ana Bilim Dalı, Sosyal Bilimler ve Türkçe Eğitimi Bölümü, Dede Korkut Eğitim Fakültesi, Kafkas Üniversitesi, Merkez Kampus, 36000 Kars/Türkiye, E-mail: mucipdemir@hotmail.com, ORCID No: 0000-0003-1122-2664

Received: 27.10.2025

Accepted: 02.01.2026

Published: 23.02.2026

### Öz

Arıcılık, kırsal alanlarda gelir kaynakları sınırlı topluluklar için kritik bir ekonomik faaliyet olup, sürdürülebilir ve planlı yürütülmesi büyük önem taşımaktadır. Kafkas arı ırkının Türkiye'deki ana gen merkezlerinden biri olan Ardahan'da, kısa üretim sezonu ve zorlu coğrafi koşullar arıcılık faaliyetlerini sınırlamakta; bu nedenle kaynakların rasyonel ve etkin kullanımı önem arz etmektedir. Bu bağlamda, Ardahan ilinde arıcılık faaliyetlerinin en verimli yürütülebileceği alanların belirlenmesi amacına yönelik olarak, arıcılık yer seçimini etkileyen faktörlerin görece önemi uzmanların AHP ikili karşılaştırma anketleriyle değerlendirilmiş; anket verileri modelin güvenilirliği, tutarlılık oranı ve duyarlılık analizleriyle desteklenmiş ve kriter ağırlıkları CBS ortamında entegre edilerek uygunluk haritaları oluşturulmuştur. Analizler, belirlenen alanlar ile Ardahan ilinde arıcılık yapılan mevcut alanlar arasında %86,6 oranında örtüşme sağlandığını göstermekte olup, bu oran ilin büyük bir kısmının arıcılık için çok uygun olduğunu ortaya koymaktadır. Elde edilen bulgular, CBS-AHP yaklaşımının Ardahan ölçeğinde saha gerçekliğini yansıtan ve benzer çevresel koşullara sahip bölgelerde de mekânsal planlamaya katkı sağlayabileceğini göstermektedir.

**Anahtar Sözcükler:** Arıcılık, Ardahan İli, Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV), Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS)

Identification of beekeeping potential areas in Ardahan province using a GIS-based AHP approach

### Abstract

Beekeeping is a critical economic activity for rural communities with limited income sources, and its sustainable and planned management is essential. Ardahan, as one of the main genetic centers of the Caucasian honeybee in Turkey, faces short production seasons and harsh geographical conditions that constrain beekeeping activities; therefore, the rational and efficient use of resources is crucial. In this context, this study aimed to identify the most suitable areas for beekeeping in Ardahan. The relative importance of factors affecting site selection was evaluated through expert surveys using the Analytic Hierarchy Process (AHP) pairwise comparison method. The survey data were supported by model reliability, consistency ratio, and sensitivity analyses, and the calculated weights were integrated into a GIS environment to produce suitability maps. The analyses revealed 86.6% spatial overlap between the model identified areas and the existing beekeeping locations, indicating that a large portion of the province is highly suitable for apiculture. These findings demonstrate that the GIS-AHP hybrid approach provides a reliable framework for spatial planning of beekeeping in Ardahan and can inform similar assessments in regions with comparable environmental conditions.

**Keywords:** Beekeeping, Ardahan Province, Multi-Criteria Decision Making (MCDM), Analytical Hierarchy Process, (AHP), Geographic Information Systems (GIS)

## Extended abstract

**Introduction:** Beekeeping constitutes an important economic activity for rural populations with limited income and livelihood alternatives. Therefore, increasing production, yield, and income from beekeeping and ensuring its sustainability are of vital importance. Factors such as a growing population and global climate change further increase the necessity of accurately identifying and rationally using natural input resources for beekeeping. In this context, in addition to methods based on traditional knowledge and experience, modern remote sensing-based site selection and management approaches are increasingly common in beekeeping activities. However, the presence of numerous parameters and preference elements in determining beekeeping areas complicates the site selection process. To address this complexity, the use of Multi-Criteria Decision Making (MCDM) analyses integrated with Geographic Information Systems (GIS), supported by remote sensing data and field studies, has increased in recent years. The combined use of GIS-based Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods in identifying suitable areas for beekeeping ensures the efficient identification and evaluation of resources with high accuracy. It also supports economic sustainability, particularly in rural areas, by contributing to the reduction of climatic risks.

In order to determine suitable potential areas for beekeeping in Ardahan province, the Analytical Hierarchy Process (AHP) method, which is one of the Multi-Criteria Decision Making methods that allows for hierarchical analysis of the relationships between criteria and systematic evaluation of expert opinions in the decision-making process, was preferred, taking into account literature reviews and the geographical characteristics of the research area.

**Data and Method:** This study employed a GIS-based Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) approach using the Analytical Hierarchy Process (AHP) to identify suitable areas for beekeeping in Ardahan Province. Criteria and sub-criteria were selected based on migratory beekeeping regulations, relevant literature, and the region's geographical characteristics. Thematic data were sourced from public institutions and online platforms, then standardized in terms of spatial resolution and geographic projection using GIS software. Thematic maps for criteria such as slope, aspect, temperature, wind, precipitation, land use, proximity to freshwater sources, and road accessibility were generated and reclassified into four suitability classes based on literature-defined thresholds. Pairwise comparisons among the criteria were conducted using the AHP-OS tool to assign weights, with consistency ratios (CR) calculated for reliability. A weighted overlay analysis was then performed in the GIS environment to produce a beekeeping suitability map. Finally, the accuracy of the spatial model was validated by comparing the map results with field data obtained

through on-site observations.

**Results:** According to the GIS-based analysis, of Ardahan Province's total area of 4,933 km<sup>2</sup>, 14.46 % (709 km<sup>2</sup>) was classified as "highly suitable," 29.03 % (1,432 km<sup>2</sup>) as "suitable," and 39.30% (1,941 km<sup>2</sup>) as "less suitable" for beekeeping. These findings indicate a significant potential for beekeeping activities across the province, with a total of 2,141 km<sup>2</sup> representing 43.49 % of the land identified as suitable for apicultural use.

GIS-based analysis reveals that Ardahan Province has high potential for beekeeping, mainly due to extensive alpine meadows offering rich and sustainable nectar and pollen sources. High-altitude areas such as Keldağ, Yalnızçam, Allahuekber, and Kısır Mountains combine diverse vegetation, favorable climate, and low human impact, making them ideal for sustainable traditional and migratory apiculture.

GIS-based analysis shows that 17.25 % of Ardahan Province is unsuitable for beekeeping due to natural and human-related factors. However, the widespread presence of alpine meadows during the beekeeping season, linked to the region's high elevation, enhances habitat suitability. Unsuitable areas are mainly near settlements, major roads, and large water bodies, where human activity creates environmental stress. Overall, beekeeping in Ardahan is concentrated in natural and semi-natural areas with minimal human impact.

**Discussion and Conclusion:** A 86.6 % overlap was found between areas with potential for beekeeping identified in Ardahan province and areas with active beekeeping. This result is largely consistent with the overlap rates obtained in studies using similar methods in Turkey and around the world. The high accuracy achieved demonstrates the effectiveness of the AHP method, the reliability of expert opinions, and the up-to-dateness of the thematic maps. It also supports the applicability of the method to regions with similar geographical conditions.

In this study, the criteria weights and correspondence analyses determined using the AHP method largely overlap with those of Demir (2024), a study conducted on the province of Kars, which has similar geographical characteristics. This similarity supports the validity and reliability of the method and demonstrates that the model is applicable not only to Ardahan but also to other Eastern Anatolian provinces with similar environmental conditions. The consistency of the findings with the literature strengthens the scientific basis and regional comparative value of the study.

In this study conducted to identify suitable areas for beekeeping in Ardahan Province, the "land cover/land use" criterion was determined to be the most influential within the AHP framework. This outcome is consistent with various national and international studies, which also emphasize land cover and land use as the primary determinant in

beekeeping site selection. The prioritization of this criterion across different geographic and ecological contexts highlights its critical role in ensuring the availability of floral resources, which are fundamental for sustainable beekeeping. The consistency of this finding with previous research supports the reliability and validity of the criterion weights established in this study, and further indicates that the applied methodological framework can be effectively adapted to regions with similar environmental characteristics.

## GİRİŞ

Arıcılık, kırsal alanlarda sınırlı gelir kaynaklarına sahip nüfus için önemli bir tarımsal üretim ve geçim alternatifi olmasının yanı sıra, ekosistem hizmetleri ve biyolojik çeşitliliğin korunması açısından da stratejik bir faaliyet alanıdır. Bununla birlikte arıcılığın verimliliği; iklim koşulları, bitki örtüsü, topoğrafya, arazi kullanımı ve beşerî faktörlerin ortak etkisi altında şekillenmektedir. Küresel iklim değişikliği ve arazi kullanımındaki dönüşümler, arıcılığın temel girdileri olan kaynaklarının mekânsal ve zamansal sürekliliğini doğrudan etkilemekte; bu durum, özellikle iklimsel kısıtların belirgin olduğu bölgelerde sınırlı doğal kaynakların rasyonel ve planlı kullanımını zorunlu kılmaktadır (Hilmi vd. 2011).

Bu bağlamda, uzaktan algılama verileriyle desteklenen Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinin birlikte kullanımı, arıcılık için uygun alanların belirlenmesinde etkin karar destek araçları olarak öne çıkmaktadır. Bu yaklaşımlar; çok sayıda çevresel ve beşerî kriterin birlikte değerlendirilmesini sağlayarak, alan seçimine ilişkin belirsizlikleri azaltmakta, alternatiflerin nesnel olarak karşılaştırılmasına olanak tanımlarken kısıtlı imkânlarla sahip kırsal alanlarda yanlış yer seçimine bağlı verim ve gelir kayıplarını önleyerek, mevcut doğal ve ekonomik kaynakların rasyonel kullanımını desteklemektedir. Literatürde AHP, FAHP, ANP, TOPSIS, ELECTRE, MAUT ve LINMAP gibi farklı ÇKKV yöntemlerinin arıcılık yer seçimi ve kaynak potansiyeli analizlerinde kullanıldığı çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Maris vd. 2009; Ceylan ve Sarı 2017; Açık 2019; Sarı vd. 2020a; Tennakoon vd. 2023) (Tablo 1). Bu yöntemler arasında AHP, hiyerarşik yapısı ve CBS ortamına entegrasyon kolaylığı nedeniyle arıcılık yer seçiminde yaygın biçimde tercih edilmektedir (Taherdoost & Madanchian, 2023).

Arıcılık faaliyetleri açısından Ardahan ili, zengin alpin çayır florası, doğal nektar ve polen kaynakları ile Kafkas Arı Irkının Türkiye'deki ana gen merkezlerinden biri olması nedeniyle ekolojik ve

genetik bakımdan özgün bir potansiyele sahiptir (Ardahan Tarım ve Orman İl Müdürlüğü, 2024). Buna karşın, karasallık ve yüksek irtifanın neden olduğu uzun ve sert kış koşulları ile buna bağlı kısa vejetasyon süresi, arıcılık faaliyetlerinin mekânsal dağılımını ve üretim süresini önemli ölçüde sınırlandırmaktadır. Bu iklimsel baskılar altında Ardahan ilinde, doğal kaynakların plansız kullanımı daha da riskli hâle gelmekte ve sınırlı üretim dönemlerinde mevcut potansiyelin en uygun alanlarda değerlendirilmesini zorunlu kılmaktadır. Ancak il genelinde arıcılığın çoğunlukla ikincil bir ekonomik faaliyet olarak yürütülmesi, teknik bilgi birikiminin sınırlı olması ve planlı alan kullanımına yönelik bilimsel çalışmaların yetersizliği, sahip olunan bu potansiyelin etkin biçimde değerlendirilememesine neden olmaktadır (TÜİK, 2024).

Mevcut literatürde, arıcılık alanlarının belirlenmesine yönelik CBS tabanlı ÇKKV uygulamalarının farklı bölgelerde yaygın biçimde kullanıldığı görülmekle birlikte, Ardahan ili özelinde yüksek çözünürlüklü mekânsal verilerle desteklenmiş, sistematik bir CBS–AHP alan uygunluk analizinin eksik olduğu anlaşılmaktadır. Bu belirgin araştırma boşluğu, ağır iklim koşulları altında sınırlı doğal kaynakların en uygun alanlarda değerlendirilmesini sağlayacak analitik ve bütüncül planlama yaklaşımlarına duyulan gereksinimi açıkça ortaya koymaktadır. Bu çalışma, Ardahan ili için CBS–AHP tabanlı bir mekânsal uygunluk modeli geliştirerek, arıcılık faaliyetlerinin sürdürülebilir, verimli ve katma değeri yüksek bir üretim yapısına kavuşturulmasına yönelik bilimsel bir karar destek altyapısı sunmayı amaçlamaktadır.

## GEREÇ ve YÖNTEM

Bu çalışmada Ardahan ili idari sınırları dâhilindeki arıcılık üretim potansiyeli taşıyan alanların CBS tabanlı ÇKKV yöntemlerinden AHP analizlerine dayalı olarak belirlenmesi amaçlanmıştır.

Araştırmada hiyerarşik sırasıyla;

- ❖ Literatür incelemeleri sonucu elde edilen kanaate göre çalışmada CBS tabanlı ÇKKV yöntemlerinden olan AHP yönteminin kullanılmasına karar verilmiştir.
- ❖ Araştırma için seçilen AHP yönteminin uygulanması için gerekli olan kriter ve alt kriterler, gezginci arıcılık yönetmeliği, literatürde kabul gören araştırma sonuçları ve çalışma sahasının coğrafi özellikleri dikkate alınarak tespit edilmiştir.

Araştırmanın ana amacına uygun olacak şekilde CBS ortamındaki tematik kriter analizlerinde kullanılacak sayısal özellikte veriler ve setleri açık kaynaklardan elde edilmiştir (Tablo 2)

**Tablo 1.** Arıcılık faaliyetleri yer seçimine yönelik yapılmış çalışmalar ve kullanılan ÇKKV karar verme yöntemleri.*Table 1. Studies on beekeeping location selection and applied MCDM techniques.*

ÇKKV Yöntemi	Referans	Lokasyonu	Araştırma Sonucu
<b>AHP</b>	Demir (2024).	Kars,Türkiye	Araştırmada; CBS tabanlı AHP analizleri sonucunda elde edilen uygunluk haritalarının aktif arıcılık yapılan alanlarla, % 100 örtüştüğü tespit edilmiştir.
<b>AHP</b>	Roque, vd. (2024).	Montesinho,Tejo, Alentejo,Portekiz	Araştırma sonucu, incelenen bölgenin % 68,4'ünün, mevcut arı kovanlarının çoğunun bulunduğu alanlarla örtüştüğünü ve araştırma alaninin arıcılık için yüksek veya çok yüksek bir uygunluğa sahip olduğunu göstermektedir.
<b>AHP</b>	Mercan (2023).	Bitlis, Türkiye	Araştırmada Bitlis İlindeki ilçelerin arıcılık potansiyeli tespit edilmiş, ilin büyük bölümünün önemli arıcılık potansiyeli taşıdığı belirlenmiştir.
<b>Fuzzy AHP</b>	Tennakoon vd. (2023),	Queensland, Avustralya	Araştırmada; CBS tabanlı Fuzzy AHP analizleri sonucunda elde edilen uygunluk haritalarının aktif arıcılık yapılan alanlarla, % 70 örtüştüğü tespit edilmiştir.
<b>AHP</b>	Elmastaş, vd. (2022).	Adıyaman, Türkiye	Adıyaman ilinin % 58,3'ünün arıcılık için çok uygun ve uygun arazilerden. % 41,7'sinin ise arıcılığa uygun olmayan arazilerden oluştuğu tespit edilmiştir.
<b>AHP,TOPSIS,VİKOR</b>	Sarı vd. (2020a).	Konya, Türkiye	Araştırmada; aktif olarak arıcılık yapılan alanlarla, CBS tabanlı ÇKKV yöntemlerinden AHP yöntemi kullanılarak belirlenen alanların % 82, VİKOR yöntemi kullanılarak belirlenen alanların % 88 ve TOPSIS yöntemi kullanılarak belirlenen alanların ise % 91 oranında örtüştüğü belirlenmiştir.
<b>AHP, PROMETHEE</b>	Sarı vd. (2020b),	Konya, Türkiye	Araştırmada; aktif olarak arıcılık yapılan alanlarla, CBS tabanlı ÇKKV yöntemlerinden AHP yöntemi kullanılarak belirlenen alanların % 74,19, PROMETHEE yöntemi kullanılarak belirlenen alanların % 76,56 oranında örtüştüğü belirlenmiştir.
<b>AHP, TOPSIS</b>	Açık (2019),	Konya, Karaman, Aksaray, Niğde; Türkiye	Araştırmada; arıcılık potansiyeli taşıyan alanların belirlenmesinde kullanılan CBS tabanlı ÇKKV yöntemlerinden AHP ve TOPSIS yöntemlerinin sonuçları arasında anlamlı farklılık olmadığını göstermiştir. CBS tabanlı AHP ve TOPSIS yöntemleri analizleri sonucunda elde edilen uygunluk haritalarının aktif arıcılık yapılan alanlarla, büyük oranda örtüştüğü tespit edilmiştir.
<b>AHP</b>	Ceylan ve Sarı (2017).	Konya, Türkiye	Araştırmada; CBS tabanlı AHP analizleri sonucunda elde edilen uygunluk haritalarının aktif arıcılık yapılan alanlarla, % 82 oranında örtüştüğü tespit edilmiştir.arıcılık yer tespiti için CBS tabanlı ÇKKV yöntemleri kullanilmasının önemi vurgulanmıştır.
<b>AHP</b>	Zoccali, vd. (2017).	Calabria, İtalya	Araştırma sonucu, inceleme alaninin %74 'ünün, arıcılık için yüksek veya çok yüksek bir uygunluğa sahip olduğunu göstermektedir. CBS tabanlı AHP analizleri sonucunda elde edilen uygunluk haritalarının aktif arıcılık yapılan alanlarla, çok büyük oranda örtüştüğü tespit edilmiştir.
<b>AHP</b>	Maris vd. (2009).	Selangor, Malezya	Araştırmada arıcılık yapılan alanlarla, CBS tabanlı AHP analizleri sonucunda belirlenen potansiyel alanların % 90 örtüştüğü tespit edilmiştir.

**Tablo 2.** Araştırmada Kullanılan Veri Kaynakları, Özellikleri ve İşlem Özeti*Table 2. Data Sources Used in the Research, Their Characteristics, and Process Summary*

Kriter	Veri Kaynağı	Veri(Format)	Veri Yılı/Dönemi	Projeksiyon (Kaynak→Dönüşüm)	Mekansal Veri Orjin Çöz.→ İşlem Çöz.
<b>Arazi Eğimi Güneş Bakışı</b>	Alos Palsar DEM	Raster (GeoTIFF)	2022	WGS84(UTM) → <b>WGS84 (TM42)</b>	12.5m→12.5m
<b>Sıcaklık Rüzgâr Yağış ve Nem</b>	WorldClim v2.1	Raster (GeoTIFF)	1990-2024 Nisan-Ağus	WGS84(UTM) → <b>WGS84 (TM42)</b>	1000m→12.5m
<b>Arazi Ört/Kullanımı</b>	CORINE LULC	Raster (GeoTIFF)	2018	ETRS89 / LAEA → <b>WGS84 (TM42)</b>	100m→12.5m
<b>Tatlı Su Kaynak Karayolu Ağı</b>	Openstreetmap	Vector→Raster (GeoTIFF)	2024	WGS84(UTM) → <b>WGS84 (TM42)</b>	Vector→12.5m

❖ Açık kaynaklardan elde edilen veri setlerinin işlem öncesi standardize edilmesi amacıyla;

- Veri Türü (Format) Dönüşümü: Araştırmada kullanılan tatlı su kaynakları ve karayolu ulaşım ağı verileri vektör formatında temin edilmiştir. Bu veriler, raster tabanlı ÇKKV analizlerine uyum sağlamak amacıyla raster formata dönüştürülmüş; ardından Euclidean distance analizleriyle mesafe yüzeyleri oluşturulmuştur. Böylece söz konusu kriterler, diğer raster veri setleri ile birlikte ağırlıklı bindirme (Weighted Overlay) analizinde kullanılabilir hale getirilmiştir.

- Projeksiyon Dönüşümü: Araştırmada kullanılan veri setlerinden; Alos Palsar DEM, WorldClim v2.1 ve OpenStreetMap kaynaklı veriler WGS84/UTM koordinat sisteminde, CORINE Land Cover 2018 verileri ise ETRS89/LAEA projeksiyon sisteminde temin edilmiştir. WGS84/UTM, GNSS tabanlı verilerle uyumlu yapısı ve 6° dilim genişliği sayesinde veri entegrasyonunda yaygın olarak kullanılmaktadır. Tüm veri setleri, mekânsal çakışma ve konumsal tutarlılığın sağlanması amacıyla Türkiye’de yaygın olarak kullanılan, 42° doğu boylamı merkezli ve 3° dilim genişliğine sahip WGS84/TM42 (Transversal Mercator / Gauss-Krüger) koordinat sistemine dönüştürülmüştür. Bu dönüşüm ile tüm kriter katmanları aynı mekânsal referans sistemi altında birleştirilerek çok kriterli analizler için gerekli mekânsal uyum sağlanmıştır.

- Mekânsal Çözünürlük (Downscaling) ve Yeniden Örnekleme: Analizde kullanılan veri setleri farklı özgün mekânsal çözünürlüklere sahip olduğundan ÇKKV analizlerinde hücre bazlı karşılaştırılabilirliğin sağlanması amacıyla 12,5 m ortak hücre boyutu esas alınmıştır. Bu kapsamda, Alos Palsar DEM verileri özgün olarak 12,5 m çözünürlüğe sahip olduğundan yeniden örnekleme gerektirmemiştir. WorldClim v2.1 kaynaklı sıcaklık, rüzgâr hızı ve yağış verileri ise 1000 m çözünürlükten bilinear interpolasyon yöntemiyle 12,5 m çözünürlüğe indirgenmiştir. Bu işlem, mikro-ölçekli iklim koşullarının üretilmesini hedeflemekte; bölgesel ölçekte tanımlı iklim verilerinin mekânsal sürekliliği korunarak, diğer tematik katmanlarla

uyumlu biçimde modele entegrasyonunu amaçlamaktadır. Literatürde, bu tür çözünürlük indirgemelerinin mutlak değerler açısından yaklaşık  $\pm 5-10$  düzeyinde belirsizlik oluşturabileceği, ancak uygunluk ve potansiyel analizlerinde kullanılan göreceli mekânsal dağılım örüntülerini büyük ölçüde koruduğu belirtilmektedir (örneğin Glawion vd., 2025; Jimenez vd., 2024). CORINE Land Cover 2018 verileri ise sınıfsal veri yapısının korunması amacıyla 100 m çözünürlükten nearest neighbor yöntemiyle 12,5 m çözünürlüğe dönüştürülmüştür. Uygulanan yeniden örnekleme ve çözünürlük uyumlaştırma işlemleri, veri kaynaklı bazı belirsizlikler içerebilmekle birlikte, modelin uygunluk sınıflarının göreceli mekânsal dağılımını değerlendirmeye yönelik yapısı dikkate alındığında analiz sonuçları üzerindeki etkisinin sınırlı olduğu kabul edilmiştir. Bu ön-işlem adımları sonucunda tüm veri setleri aynı mekânsal referans sistemi, hücre boyutu ve veri formatı altında standartlaştırılarak analizlerin mekânsal doğruluğu ve metodolojik tutarlılığı sağlanmıştır.

❖ Önceki işlem basamağında standardize edilen veri katmanları kullanılarak araştırma alanına özgü eğim, bakı, sıcaklık, rüzgâr, yağış, arazi kullanımı, tatlı su kaynakları mesafesi elverişliliği ve karayolu mesafesi elverişliliği tematik kriter haritaları oluşturulmuştur.

❖ Önceki işlem basamağında oluşturulan tematik kriter haritaları, araştırma ana amacına yönelik olarak literatür çalışmaları sonucu belirlenen uygunluk değer ve aralıklar dikkate alınarak CBS yazılımı üzerinde dört kriter alt sınıfında yeniden sınıflandırılmıştır (Şekil 1).

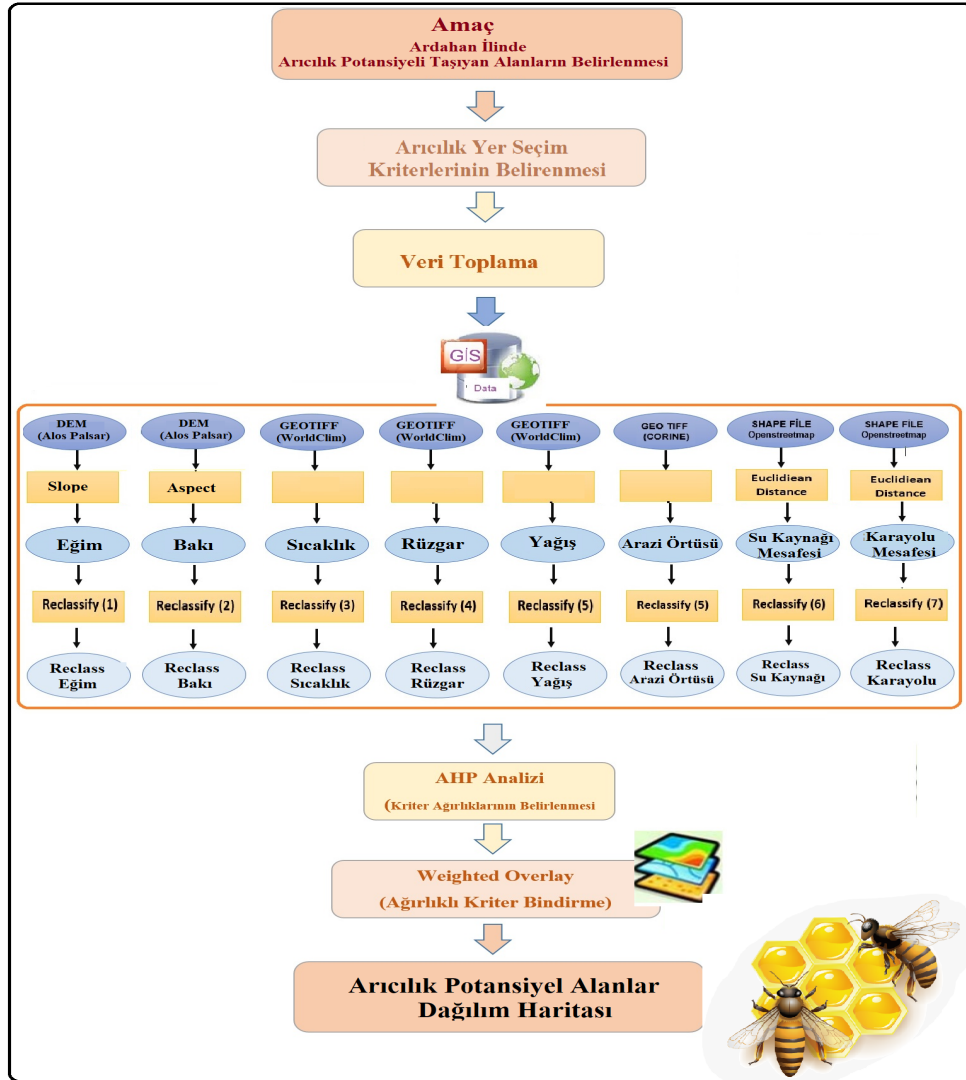
❖ Araştırma ana kriterlerinin ağırlıklandırılması ve sıralanması için Goepel (2018), tarafından geliştirilen web tabanlı çevrimiçi (AHP-OS) uygulaması kullanılarak araştırma ana kriterleri arasında AHP ikili karşılaştırmaları yapılmış ve ikili karşılaştırma tutarlılık CR değerleri oranı hesaplanmıştır (Tablo 2).

❖ Önceki işlem basamağında AHP analizleri sonucu belirlenen araştırma kriterlerinin kriter ağırlıkları ve sıralamaları kullanılarak CBS

ortamında bindirme (Weighted Overlay) işlemi yapılmış böylece araştırma sahasında arıcılık potansiyeli taşıyan alanlar haritalandırılarak tespit edilmiştir (Şekil 1).

❖ Araştırmanın son işlem basamağında, modelin mekânsal doğruluğunu ve geçerliliğini test etmek amacıyla, açık kaynaklardan temin edilen ve inceleme dönemine ait koordinat bilgileri içeren mevcut arıcılık faaliyet alanları kullanılmıştır. Bu veriler, CBS ortamında analiz edilerek, model tarafından oluşturulan "Ardahan İli Arıcılık Potansiyeli Uygunluk Alanları Haritası" ile karşılaştırılmıştır. Doğrulama sürecinde, mevcut arıcılık alanlarının uygunluk sınıfları içerisindeki

dağılımı aritmetik olarak hesaplanmış ve bu dağılımlar üzerinden görsel ve istatistiksel uyum analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, uygunluk düzeyleri ile mevcut arıcılık dağılımı arasındaki ilişki korelasyon katsayısı ile değerlendirilmiştir; ayrıca, alanlar arasındaki örtüşme/kesişim oranları hesaplanarak modelin geçerliliği nicel olarak analiz edilmiştir. Araştırmanın son aşamasında ise, CBS tabanlı model çıktısı olan "Ardahan İli Arıcılık Potansiyeli Uygunluk Alanları Haritası" ile yerinde yapılan gözlemlere dayalı olarak elde edilen saha verileri karşılaştırılmış; böylece modelin sahaya yansıyan doğruluğu ve uygulanabilirliği test edilmiştir.



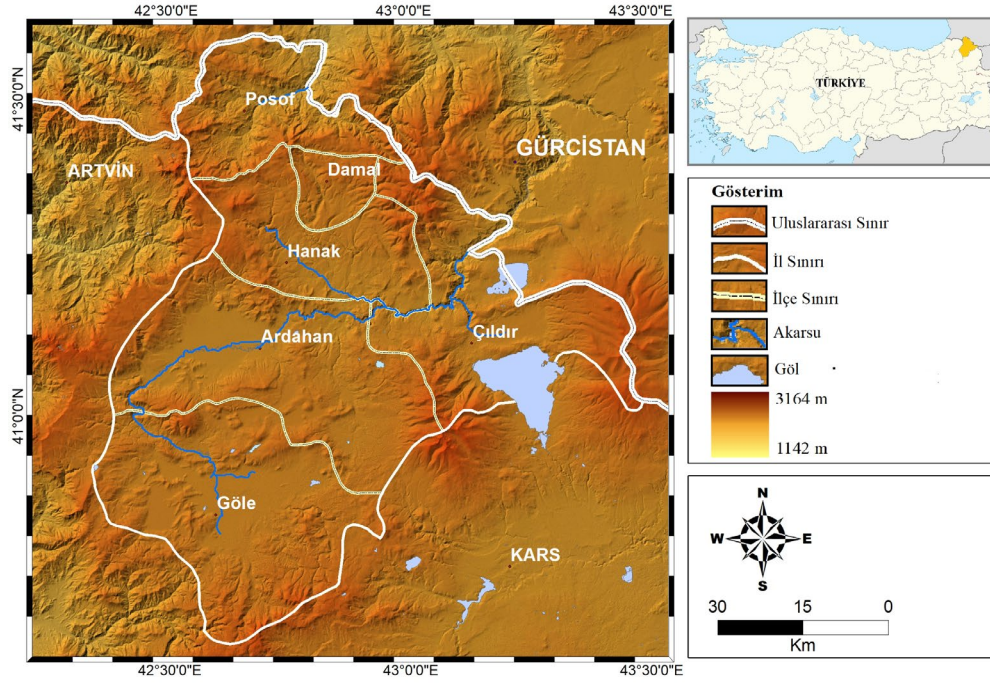
Şekil 1. Araştırma Hiyerarşik Diyagramı

Figure 1. Research Hierarchical Diagram

### Araştırma Sahasının Konumu ve Coğrafi Özellikleri

Araştırma sahasını oluşturan Ardahan ili, Türkiye'nin kuzeydoğusunda yer almakta olup, batıdan Artvin ve Erzurum, güneyden Kars illeriyle kuzey ve doğudan, Gürcistan, güneydoğudan Ermenistan'la komşudur

(Şekil 2). Ardahan ili 4.933 km<sup>2</sup> yüzölçümüne sahip olup Türkiye topraklarının % 0,63'ünü oluşturmaktadır (HGM 2024). Ardahan ili idari olarak Merkez, Çıldır, Damal, Göle, Hanak ve Posof olmak 6 ilçe sınırları dâhilinde 40 mahalle ve 226 köy yerleşimine bölünmüştür (Koday ve Gevker. 2020).



**Şekil 2.** Ardahan İli ve İlçeleri Lokasyon Haritası (2024).

**Figure 2.** Ardahan Province and Districts Location Map (2024).

Doğu Anadolu'da bulunan illere nispetle morfolojik bakımdan tek düze bir görüntüye sahip olan il arazisinin büyük bölümü 2000 metre irtifa ortalamasına sahip Ardahan Platosu düzlüklerinden oluşmaktadır. İl topraklarını batıdan sınırlayan Yalnızçam ve Allahuekber dağları ile güneydoğuda Kars ili ile sınır oluşturan Kısır Dağı ve kuzeyde Posof civarındaki Keldağ en önemli yükseltileri oluşturmaktadır. İl arazisini tamamı Kura akarsuyu havzasında yer almakta olup ilde Doğu Anadolu'daki en büyük tatlı su gölü durumundaki Çıldır gölünün yanı sıra Aktaş ve diğer birçok küçük boyutlu göl ise ilin hidrografik varlığını oluşturmaktadır. Ardahan ilinin genel irtifası 1.142 metre ile 3.164 metre arasında değişmekte olup, ortalama irtifası 2.172 metredir (Dede, 2023). Ardahan ili genelinde mevcut yüksek irtifa ve karasallık koşullarının baskın etkisiyle sert karasal iklim hâkimdir. Kış dönemi oldukça uzun, soğuk ve çoğu zaman kar örtülü; yaz dönemi ise oldukça kısa, serin ve büyük ölçüde yağışlı bir karaktere sahiptir. İlin yıllık ortalama sıcaklığı 4,3 °C olup, yıllık toplam yağış miktarı 600 mm civarındadır (Kaltakkıran 2024).

İl genelinde nisan ve ağustos aylarını kapsayan dönemde yüksek irtifaya bağlı olarak geciken ilkbahar karakteristiklerinin hakim olması ve bu nedenle havadaki bağıl nem oranının fazlalığına bağlı olarak meydana gelen "yaz yağışları" neticesinde tüm arazi, bir kısmı endemik alpin çayır bitkileri ile örtülmektedir (Koçman 1990). Bu özellikler diğer coğrafi koşulların da olumlu etkisiyle ilde arıcılık için çok uygun koşullar oluştururken diğer yandan ilin "Kafkas Arı Irkının" Artvin'le beraber ülkemizdeki ana gen merkezi durumunda bulunması arıcılık üretimi ve ürünlerinin de özgün bir karaktere sahip olmasına neden olmaktadır. Bu özgünlüğü

doğrulayacak şekilde Ardahan ilinin arıcılık ürünlerinden çiçek balı Coğrafi İşaretlerin Korunması Hakkında Kanun Hükmünde Kararname kapsamında 01/06/2017 tarihinde "Ardahan çiçek balı" ismiyle tescil edilerek coğrafi işaret almıştır. Bu özgün arıcılık yapısının korunması amacıyla ise Ardahan ili, Artvin'le birlikte resmi olarak Kafkas Arısının gen merkezi Posof ilçesi ise Kafkas Arısının farklı farklı ekotiplerini barındırdığı için tam izole alan olarak ilan edilmiştir. Bu nedenle Ardahan ili arazisi, aynı özellikteki Artvin ilinden taşınabilecek koloniler haricinde il dışından gelebilecek gezginci arıcılık faaliyetlerine tamamen kapatılmıştır (Ardahan Valiliği 2017).

Arıcılık üretimine etki eden tüm coğrafi kaynaklar bakımından çeşitli ve oldukça zengin bir üretim potansiyeline sahip olan Ardahan ilinde, sert karasal iklim koşullarında yıllara göre meydana gelen istikrarsızlık nedeniyle arıcılık üretiminde belirgin dalgalanmalar görülmektedir (Tablo 3). Ardahan ili, 2024 yılı arıcılık sezonunda 707 tarımsal işletmeye ait 36.063 arılı kovanda, ortalama 4,3 kg verim ve toplam 156 ton bal üretimiyle Türkiye illeri arasında 68. sırada bulunmaktadır (TÜİK 2024).

Ardahan ili ilçeleri arasında 2013-2024 yılları arasındaki dönemde arıcılık için elverişli koşullara sahip olan ve arıcılık ile uğraşan işletme sayısının diğer ilçelere nispetle fazla olduğu bilinen Merkez ve Hanak ilçeleri yıllık ortalama 49 ton bal üretimiyle ilk sıralarda yer almaktadır. Arıcılık için diğer ilçelerle benzer koşullara sahip olmasına rağmen arıcılık yapan işletme sayısının azlığına bağlı olarak Damal ilçesi yıllık ortalama 9,6 ton bal üretimiyle il genelinde son sırada bulunmaktadır (TÜİK 2024; Tablo 3).

**Tablo 3.** Ardahan İli ve İlçelerinin Yıllara Göre Bal üretimi ve İşletme Sayıları (2024).**Table 3.** Honey Production and Business Numbers In Ardahan Province and its Districts by Year (2024).

	Damal	Göle	Hanak	Merkez	Posof	Çıldır	Bal Toplam (ton)	İşletme sayısı
2013	11,5	14,5	42,0	42,0	25	38	172,8	770
2014	12,0	14,5	50,0	44,0	27	56	203,3	685
2015	13,5	17,0	55,0	46,0	28	32	191,5	661
2016	13,5	8,1	56,0	66,0	29	29	200,7	669
2017	4,6	7,1	58,0	53,0	28	29	179,2	936
2018	4,5	29,9	67,3	44,7	24	20	190,6	525
2019	5,5	30,0	67,4	111,7	31	52	297,8	483
2020	6,1	26,1	9,0	18,8	30	31	120,7	465
2021	5,6	5,5	8,0	33,0	18	10	80,0	540
2022	14,8	10,4	73,9	36,0	65	44	245,0	658
2023	13,6	4,0	65,2	40,0	15	34	171,1	706
2024	10,3	8,1	40,4	52,2	17	28	156,2	707
Ortalama	9,6	14,6	49,3	49,0	28,0	33,5	184,1	650,4

### Araştırma Kriterlerin Belirlenmesi ve Özellikleri

Araştırma sahasını oluşturan Ardahan ili idari yönetim alanındaki, arıcılık faaliyetleri için uygun özellikteki lokasyonların belirlenmesi amacıyla;

❖ Arıcılık yönetmeliğinde (2011), bahsi geçen gezginci arıcılık yer seçimi için anılan hükümler,

❖ Araştırma ana amacına yönelik olarak benzer konudaki literatürdeki araştırmaların sonuçları,

❖ Ardahan ilinde arıcılık üzerine de çalışan 1 uzman veteriner hekim ve Ardahan ilinde aktif olarak faaliyetlerini sürdürün 7 arıcılık üreticisinin görüşleri doğrultusunda;

- Arazi Eğimi Dağılımı,
- Arazi Bakısı Yönleri Dağılımı,
- Arazi Sıcaklık Dağılımı,
- Arazi Yağış ve Nemlilik Dağılımı,
- Arazi Rüzgâr Hızı Dağılımı,
- Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımı Dağılımı,
- Arazi Tatlı Su Kaynaklarının Mesafesi ve Dağılımı,
- Arazi Karayolu Ulaşım Ağı Mesafesi ve Dağılımı,

olmak üzere sekiz araştırma kriteri belirlenmiştir (Tablo 4).

Araştırmada; Arıcılık için uygun yer seçimi üzerine yapılan literatür incelemeleri neticesinde, daha önce yapılmış araştırmalarda kriter veya alt kriter olarak dikkate alınmış ve kullanılmış olan;

- İrtifa kriteri, Ardahan ili arazisinin büyük kısmının 2.000 m yükselti ortalamasına sahip plato sahası üzerinde yer alması ve önemli irtifa farkı göstermemesi nedeniyle,

- Bitki, polen ve nektar miktarı dağılımını gösteren kapsamlı veri setleri ve haritaların bilimsel çalışmalara dayalı olarak Ardahan ili için henüz hazırlanmamış olması nedeniyle,

- Pestisit kullanılan/kullanılmış arazilerin mekânsal dağılımlarına ait bilimsel çalışmalara dayalı vektörel veri ve haritaların Ardahan ili için henüz hazırlanmamış olması nedeniyle,

- Kimyasal gübre kullanılan/kullanılmış alanların mekânsal dağılımlarına ait bilimsel çalışmalara dayalı vektörel veri ve haritaların Ardahan ili için, henüz hazırlanmamış olması nedeniyle,

- Arıcılık sezonu atmosferik polüsyonu ve kimyasal kirlilik mekânsal dağılımlarına ait bilimsel çalışmalara dayalı vektörel veri ve haritaların Ardahan ili için, henüz hazırlanmamış olması nedeniyle,

bu kriterler araştırma analizleri haricinde tutulmuştur.

Araştırmada, literatürdeki mevcut araştırmaların sonuçlarının yanı sıra, yasal ve teknik nedenlerden dolayı doğrudan arıcılık faaliyeti yapılamayacak,

- Ardahan iline ait akarsu yatağı ve göl yüzeylerinin 10 metre çevresi,

- Ardahan' ili yerleşim merkezleri ve 1.000 metre çevreleri, maskelenerek analizler dışında tutulmuştur.

**Tablo 4.** Arıcılık için uygun alanların belirlenmesine yönelik yapılmış literatürde mevcut çalışmalar ve kullanılan kriterler.*Table 4. Existing studies in the literature and criteria used to determine suitable areas for beekeeping*

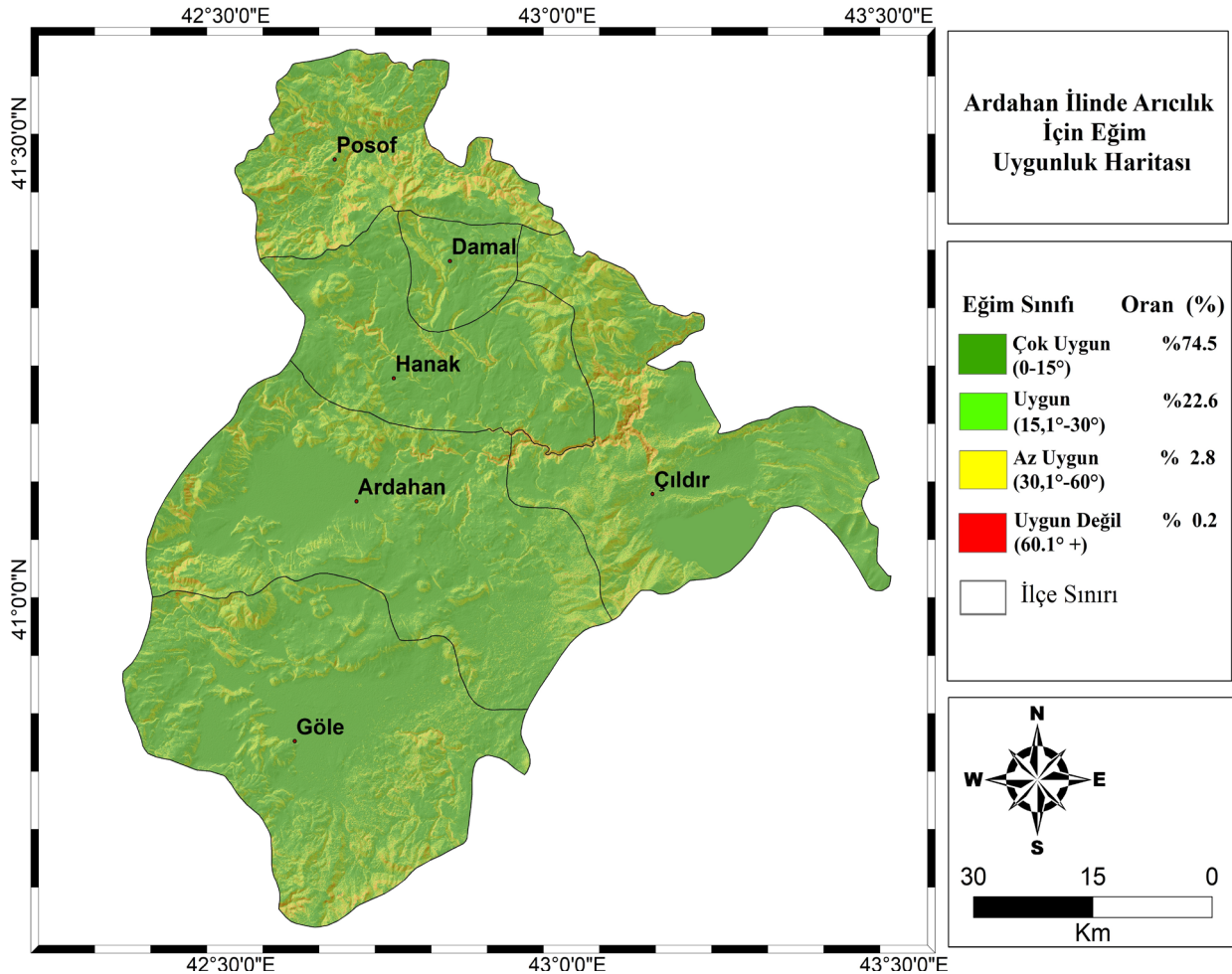
Kriter	Maris, vd. (2009).	Estoque & Murayama (2010).	Amiri & Shariff (2012).	Abou-Shaara vd. (2013).	Fernandez, vd. (2016).	Widiatmaka vd. (2016).	Ceylan ve Sarı (2017).	Pantoja vd. (2017).	Açık (2019).	Gorgi vd. (2019).	Sarı vd (2020a).	Elmastaş, vd. (2022)	Mercan (2023).	Tennakoon vd. (2023).	Demir (2024).
Arazi İrtifası	*	*				*	*		*		*	*	*	*	
Arazi Eğimi							*		*		*	*	*	*	*
Güneş Rady.					*									*	
Güneş Bakısı							*		*		*	*	*	*	*
Sıcaklık			*	*				*		*			*	*	*
Rüzgar										*			*		*
Nem				*						*					
Yağış	*		*			*	*	*			*	*	*	*	*
Tatlı Su Kay.	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
NDVI													*		
Arazi Ört/Kul		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Polen, Nektar	*														
Ulaşım Ağı	*	*	*		*	*	*	*		*	*	*	*	*	*
E.manyetik M					*						*				
Enerji Nak. M													*		
Yerleşim Mes					*	*	*		*		*	*			
Pazara Mes.						*									
Doğal Afet R.			*								*				
Turizm								*							

### Ardahan İli Genelinde Arıcılık Faaliyetleri İçin Arazi Eğimi Elverişlilik Durumu

Arıcılık faaliyetlerinin verimli ve sürdürülebilir yürütülebilmesi için kovanların yerleştirileceği arazilerin topoğrafik özellikleri, özellikle eğim durumu, kritik öneme sahiptir. Düşük eğimli araziler, hem kovan yerleşimi hem de ulaşım ve bakım açısından avantaj sağlarken, yüksek eğimli alanlar teknik zorluklar ve artan maliyetlerle üretimi güçleştirmektedir (Elmastaş vd. 2022). Literatürde net bir sınır bulunmamasıyla birlikte, 1°-30° arası eğime sahip araziler genellikle arıcılığa uygun kabul edilmektedir (Abou-Shaara, 2015). Arıcılık üretimine etkisi bakımından literatürdeki mevcut araştırmalar ve araştırma sahası özellikleri dikkate alınarak arazi eğimi unsuru dört kriter alt sınıfında incelenmek üzere araştırma ana kriterleri arasına alınmıştır (Ceylan ve Sarı. 2017; Açık. 2019; Elmastaş vd. 2022; Mercan. 2023; Tennakoon vd. 2023; Demir 2024).

Araştırma sahasındaki arıcılık üretimine arazi eğimi ve bakısı bakımından uygun alanların belirlenmesine yönelik yapılan CBS tabanlı tematik analiz sonucunda, 1. ve 2. arazi ağırlık alt sınıfında yer alan, çok uygun ve uygun kabul edilebilecek 1–30° arası eğimli arazilerin, 4.933 km<sup>2</sup> yüzölçümüne sahip il alanının %97,1'ini oluşturduğu belirlenmiştir (Şekil 3).

Ardahan ilinde arıcılık üretimine arazi eğimi faktörü bakımından çok uygun ve uygun araziler, ortalama 2.000 metre irtifaya sahip Ardahan Platosu düzlükleri ile çevresindeki hafif eğimli yamaçlar üzerinde yoğunlaşmaktadır. İlde arıcılık faaliyetleri için arazi eğimi bakımından doğrudan uygun olmayan alanlar ise ilin kuzey, güney ve batı kesimlerini sınırlandıran yüksek eğime sahip dağlık sahaların yanı sıra Kura Nehri ana vadisi ve havzası dâhilindeki küçük akarsuların vadi yamaçlarında yoğunlaşmaktadır (Şekil 3; Tablo 5).



Şekil 3: Ardahan İli Genelinde Arıcılık Faaliyetleri İçin Arazi Eğimi Elverişlilik Haritası (2024).

Figure 3: Land Slope Suitability Map for Beekeeping Activities in Ardahan Province (2024).

### Ardahan İli Genelinde Arıcılık Faaliyetleri İçin Güneş Bakısı Elverişlilik Durumu

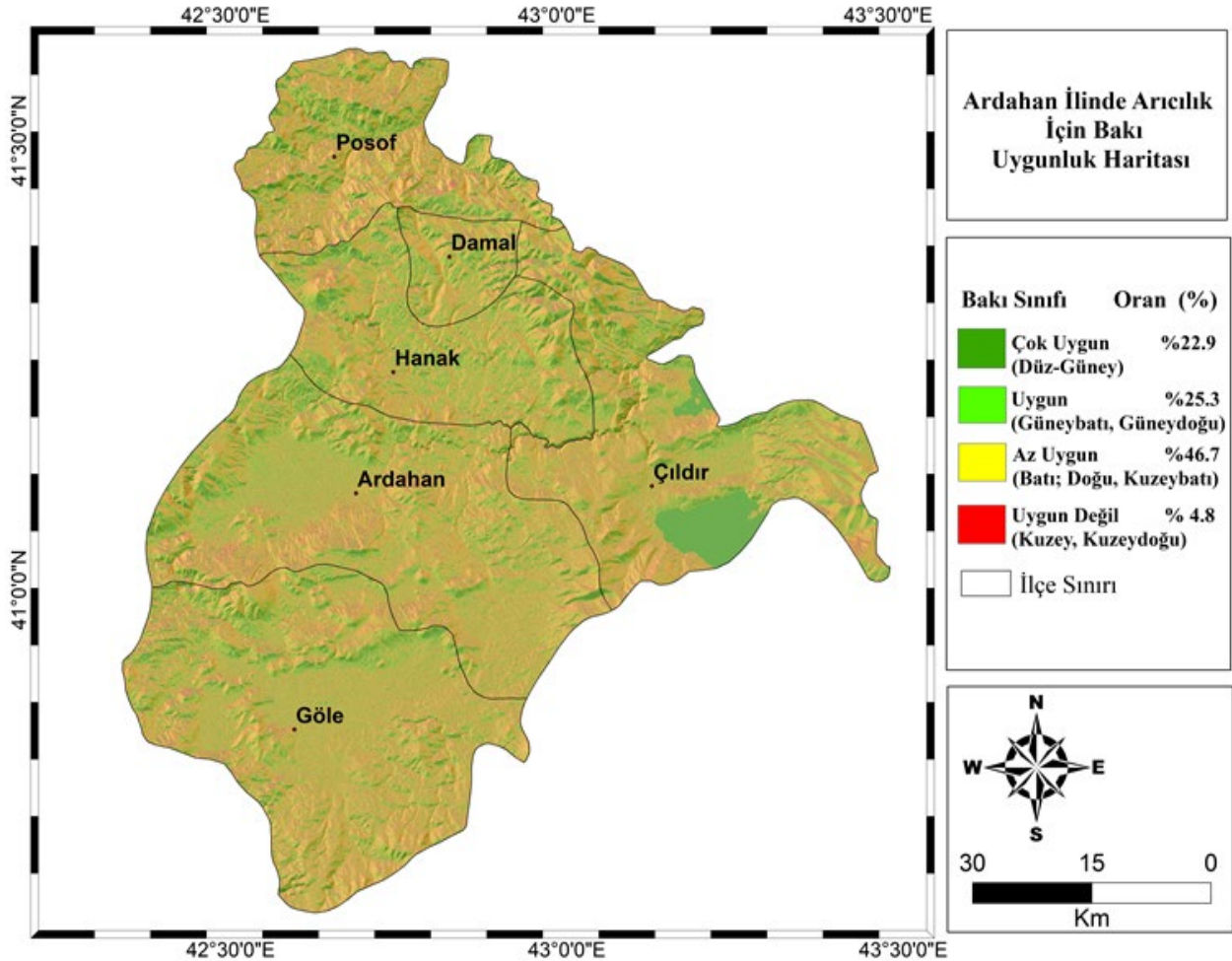
Bakı, bir arazinin güneşe göre konumunu ifade eder ve sıcaklık üzerindeki olumlu etkileri nedeniyle arıcılıkta önemli bir çevresel faktördür. Güneş ışınımına açık yönlerde, kovan içi sıcaklık daha istikrarlı olmakta; bu da arı kolonilerinin etkinliği ve bal verimi üzerinde doğrudan olumlu etki yaparken, güneşlenme süresinin artması, arıların kovan dışı çalışma süresini de uzatmaktadır (Amiri vd. 2011).

Bu nedenle, Ardahan ilinde kovanlar üreticiler tarafından güneydoğu, güney ve güneybatı yamaçlara yerleştirilmekte olup, bu yerleşim şekli hem kolonilerin termal konforunu artırmakta hem de arıların etkin foraj yapabilme süresini maksimize etmektedir (Demir 2024).

Arıcılık üretimine etkisi bakımından, literatürdeki araştırmalar ve araştırma sahası özellikleri dikkate alınarak güneş bakısı unsuru dört kriter alt sınıfında incelenmek üzere araştırma kriterleri arasına alınmıştır (Amiri & Shariff 2012; Sarı vd. 2020a;

Elmastaş vd. 2022; Tennakoon vd. 2023; Demir 2024).

Araştırma sahasındaki arıcılık üretimine güneş bakısı bakımından uygun alanların belirlenmesine yönelik yapılan CBS tabanlı tematik analiz sonucunda, 1. ve 2. arazi ağırlık alt sınıfında yer alan ve çok uygun ile uygun kabul edilebilecek, güney yönlü arazilerin, toplam 4.933 km<sup>2</sup> yüzölçümüne sahip il alanının % 48,11'ini oluşturduğu belirlenmiştir. Ardahan ilinde arıcılık üretimine güneş bakısı faktörü bakımından çok uygun ve uygun araziler, ortalama 2.000 metre irtifaya sahip Ardahan Platosu düzlüklerinin yanı sıra Keldağ, Yalnızçam, Kısır ve Allahuekber Dağları'nın güney yamaçları üzerinde yoğunlaşmaktadır. İlde arıcılık faaliyetleri için güneş bakısı faktörü bakımından doğrudan kullanılmayan veya uygun olmayan araziler ise daha çok Keldağ, Yalnızçam, Kısır ve Allahuekber Dağları'nın kuzey yamaçlarında yoğunlaşmaktadır (Şekil 4).



Şekil 4: Ardahan İli Genelinde Arıcılık Faaliyetleri İçin Güneş Bakısı Elverişlilik Haritası (2024).

Figure 4: Sun Aspect Availability Suitability Map for Beekeeping Activities in Ardahan Province (2024).

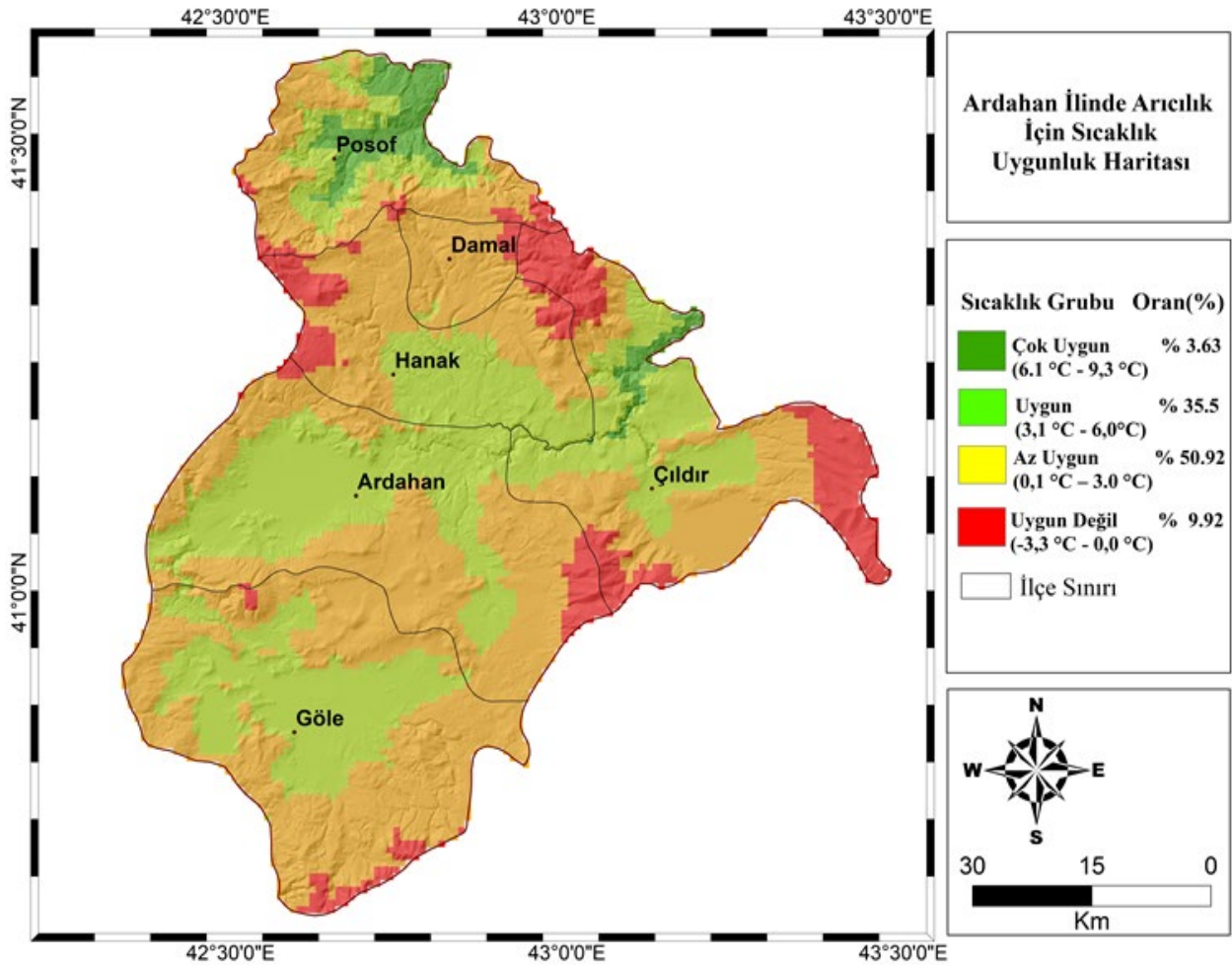
### Ardahan İli Genelinde Arıcılık Faaliyetleri İçin Sıcaklık Elverişlilik Durumu

Arı kolonilerinin sağlıklı gelişimi ve verimli üretim yapabilmesi, büyük ölçüde çevresel sıcaklık koşullarına bağlılık göstermektedir. Arıcılık faaliyetlerininin açık arazilerde sürdürüldüğü dönemde gündüz saatlerinde arıların dış ortamda nektar ve polen toplama gibi faaliyetlerini sürdürebilmesi için sıcaklığın 10-36 °C aralığında, ideal olarak ise 30 °C civarında olması gerektiği belirtilmektedir (Demir, 2015).

Aynı dönemde gece saatlerinde ise kolonide termoregülasyon yükünün artmaması ve kuluçka faaliyetlerinin olumsuz etkilenmemesi için gerekli olan kovan içi sıcaklık dengesinin korunabilmesini sağlayan dış sıcaklığın 0 °C'nin altına düşmemesi önem arz etmektedir (Tautz vd. 2003; Groh vd. 2004). Buna rağmen arıcılık faaliyetlerinin sürdürülebilirliği ve verimliliği açısından yalnızca gündüz veya gece sıcaklıkları değil, tüm gün süresini kapsayan 24 saatlik sıcaklık profilinin dikkate alınması gerekmektedir (Roberts vd. 1999; McAfee vd. 2020).

Bu bağlamda, günlük profilde dış ortam sıcaklığının 0 °C'nin altına düşmesi ya da 30 °C'nin üzerine çıkması, hem koloni sağlığı hem de üretim verimliliği açısından risk oluşturmaktadır olup, bu çerçevede özellikle yüksek rakımlı ve karasal iklim özellikleri taşıyan alanlarda arıcılık planlamalarının, 24 saatlik sıcaklık profiline dayalı biyolojik eşikler gözetilerek yapılması gerekmektedir (Tautz vd. 2003; Groh vd. 2004).

CBS tabanlı tematik analiz sonuçlarına göre, Ardahanda nisan–ağustos ayları arasındaki beş aylık açık arazi üretim dönemindeki herhangi bir günde sıcaklığın 4,8°C-28,5°C arasında değiştiği ve günlük ortalama 3,1°C - 9,3 °C sıcaklık aralığında yer alan “çok uygun” ve “uygun” sınıflardaki araziler tüm ilin 4.933 km<sup>2</sup> 'lik yüzölçümünün % 39,2'sini oluşturmaktadır. Bu dönemde arıcılığa elverişli alanlar başta Ardahan platosu düzlükleri ve çevresindeki hafif eğimli yamaçlarda yoğunlaşırken ilin 2.500 metre civarı irtifaya sahip dağlık alanları negatif sıcaklık değerleri nedeniyle arıcılık için elverişsizlik göstermektedir (Şekil 5; Tablo 5).



Şekil 5: Ardahan İli Genelinde Arıcılık Faaliyetleri İçin Sıcaklık Elverişlilik Haritası (2024).

Figure 5: Temperature Suitability Map for Beekeeping Activities in Ardahan Province (2024).

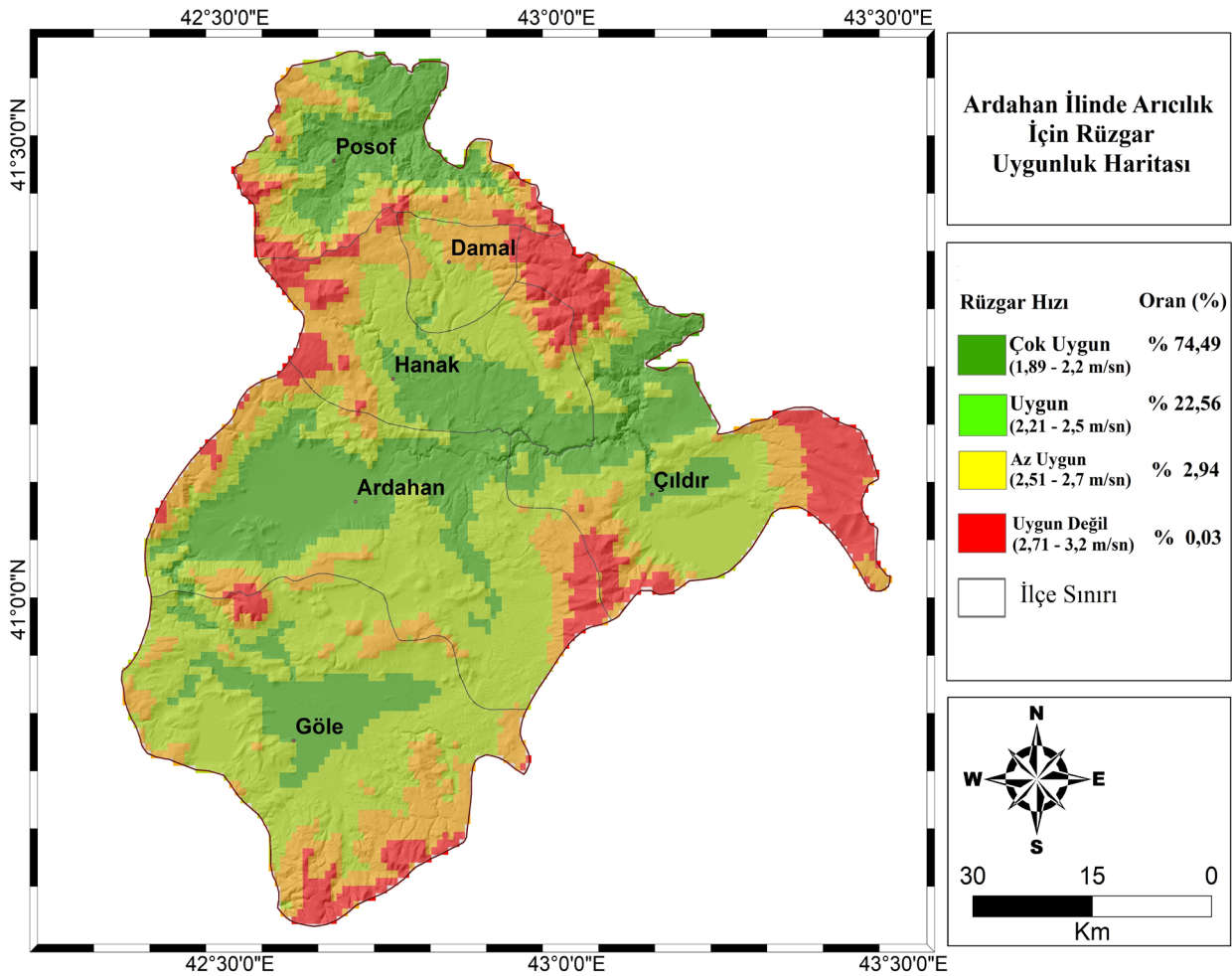
## Ardahan İli Genelinde Arıcılık Faaliyetleri İçin Rüzgâr Elverişlilik Durumu

Rüzgâr, hem bitki polinasyonu hem de arıcılık faaliyetleri açısından ekosistem üzerinde belirleyici bir çevresel etkidir. Rüzgâr, arıcılık üretimi için temel girdiyi oluşturan Anemogam bitkilerde polenlerin geniş alanlara taşınmasını sağlayarak polinasyonu kolaylaştırıp, bu yolla genetik çeşitliliği artırmakta ve bitki topluluklarının yapısı ile dağılımını etkilemektedir (Whitehead 1969; Ackerman 2000).

Buna rağmen arıcılık sezonunda rüzgâr hızı önemli bir çevresel faktör olup özellikle gündüz saatlerinde 4 m/sn'nin altındaki rüzgâr hızları, arıların rahatça uçuş yaparak nektar ve polen toplamasını desteklerken, bu sınırın üzerindeki hızlar koloni performansını olumsuz etkileyip kovan içi sıcaklık dengesini bozarak koloni sağlığını tehdit edebilmektedir (Demir, 2015; Kulikovski vd. 2000). Bu nedenle üreticiler, kovanlarını rüzgâra karşı

korunaklı vadilere, ormanlık alanlara veya hakim rüzgârlara kapalı yamaçlara yerleştirmeyi tercih etmektedir. Bu alanlar koloni faaliyetlerinin devamlılığı ve verimlilik açısından avantaj sunmaktadır (Abou-Shaara 2015).

CBS tabanlı tematik analizlere göre, Ardahan ilinde nisan–ağustos döneminde 1,9 m/s-3,2 m/s m/s ortalama rüzgâr hızına sahip olan ve “çok uygun” ile “uygun” sınıflarda değerlendirilen alanlar, 4.933 km<sup>2</sup>'lik yüzölçümün % 69,5'ini oluşturmaktadır (Şekil 5). Bu alanlar, ortalama 2.000 m irtifaya sahip Ardahan platosu ile çevresindeki düşük irtifalı tepeler ve Kura Nehri havzasındaki korunaklı vadilerde yoğunlaşmaktadır. Buna karşılık, 3 m/s'yi aşan rüzgâr hızlarının görüldüğü Allahuekber, Yalnızçam, Keldağ, Akbaba ve Kısır dağlarının yüksek kesimleri arıcılık açısından elverişsiz alanlar olarak belirlenmiştir (DMİGM, 2022) (Şekil 6; Tablo 5).



Şekil 6: Ardahan İli Genelinde Arıcılık Faaliyetleri İçin Rüzgâr Elverişlilik Haritası (2024).

Figure 6: Wind Suitability Map for Beekeeping Activities in Ardahan Province (2024).

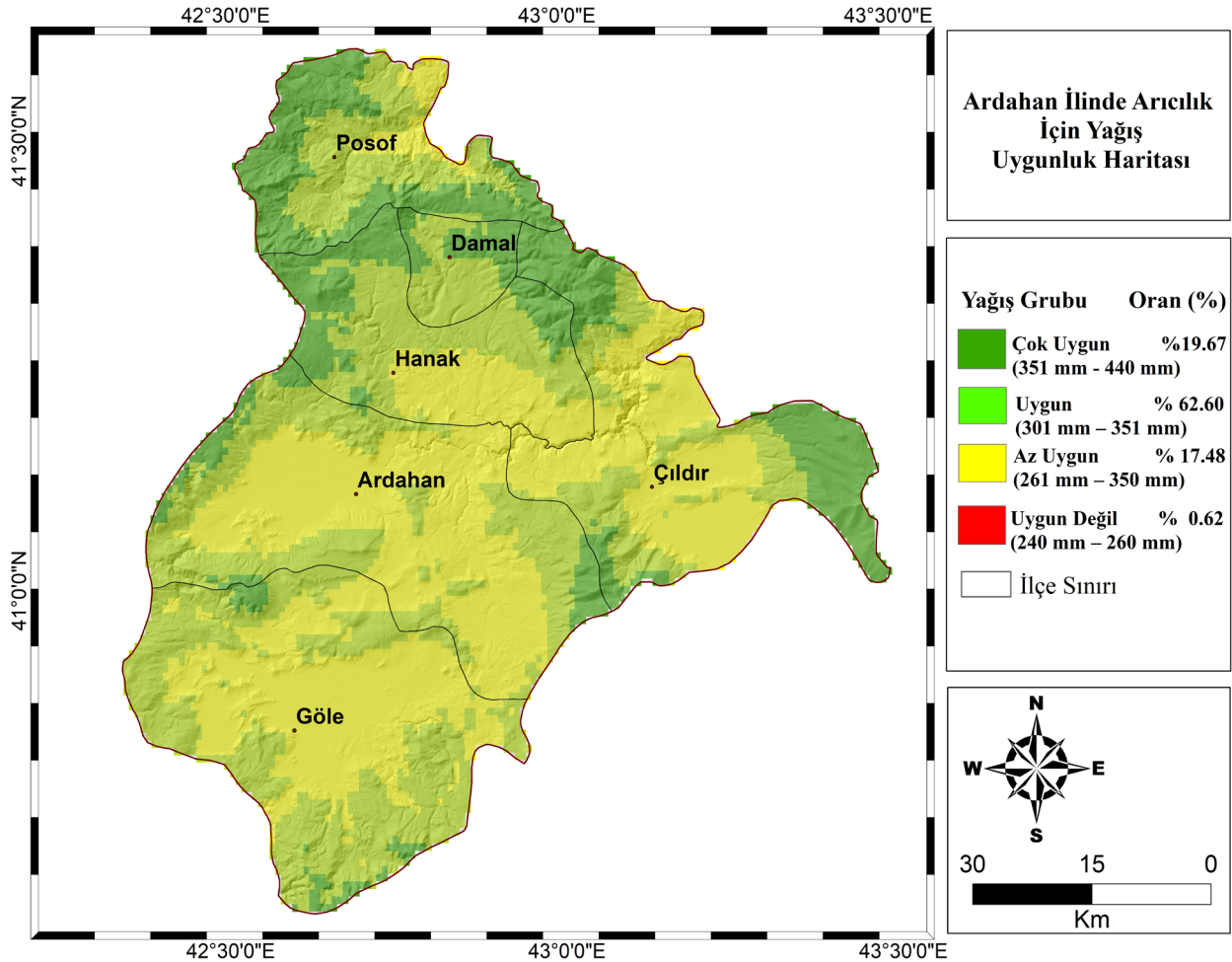
## Ardahan İli Genelinde Arıcılık Faaliyetleri İçin Yağış Elverişlilik Durumu

Arıların yaşam faaliyetleri, havadaki nemlilik ve yağış koşulları ile doğrudan ilişkilidir. İdeal nem ve yağış seviyelerine sahip bölgelerde bitkisel çeşitlilik artmakta ve buna bağlı olarak arıcılık üretimi yükselmektedir (Amiri vd. 2011; Mercan 2023).

Ancak yüksek nem ve sık yağışlar, arıların toplayıcılık etkinliklerini sınırlamakta (Seeley 2009) ve kovan içi nem artışı, küf ile paraziter hastalık riskini artırarak üretim kayıplarına yol açmaktadır (Elmastaş vd. 2022; Winston 1987). Bu nedenle, arıcılıkta kovanların nem dengesi ve hava sirkülasyonunun sağlandığı, yağışın görece az olduğu iyi drenajlı alanlarda konumlandırılması tercih edilmektedir. Arıcılık üretimine etkisi bakımından literatürdeki mevcut araştırmalar ve araştırma sahası özellikleri dikkate alınarak yağış unsuru dört kriter alt sınıfında incelenmek üzere

araştırma ana kriterleri arasına alınmıştır (Maris vd. 2009; Amiri & Shariff 2012; Widiatmaka vd. 2016; Ceylan ve Sarı. 2017; Gorgi vd. 2019; Sarı vd 2020a; Elmastaş, vd. 2022; Mercan 2023; Tennakoon vd. 2023; Demir 2024).

CBS tabanlı tematik analiz sonuçlarına göre, Ardahan ilinde arıcılık üretimi açısından yağış ve nemlilik kriterleri bakımından "çok uygun" ve "uygun" olarak sınıflandırılan, nisan-ağustos dönemi boyunca 240-440 mm ortalama yağış alan araziler, ilin 4.933 km<sup>2</sup> km<sup>2</sup>'lik yüzölçümünün % 82,52'sini kapsamaktadır. Bu alanlar ağırlıklı olarak ilin batı ve güneybatısında, ortalama 2.500 m rakıma sahip Yalnızçam ve Allahuekber Dağları'nın yamaçlarında yoğunlaşmaktadır. Öte yandan, arıcılık açısından elverişsiz araziler ise genellikle Posof çukuru ile Kura Nehri vadisi ve bağlı yan vadilerde yer almaktadır (Şekil 7; Tablo 5).



Şekil 7: Ardahan İli Genelinde Arıcılık Faaliyetleri İçin Yağış Elverişlilik Haritası (2024).

Figure 7: Precipitation Suitability Map for Beekeeping Activities in Ardahan Province (2024).

## Ardahan İli Genelinde Arıcılık Faaliyetleri İçin Arazi Örtüsü ve Arazi Kullanımı Elverişlilik Durumu

Arazi örtüsü ve kullanım durumu, arı kolonilerinin

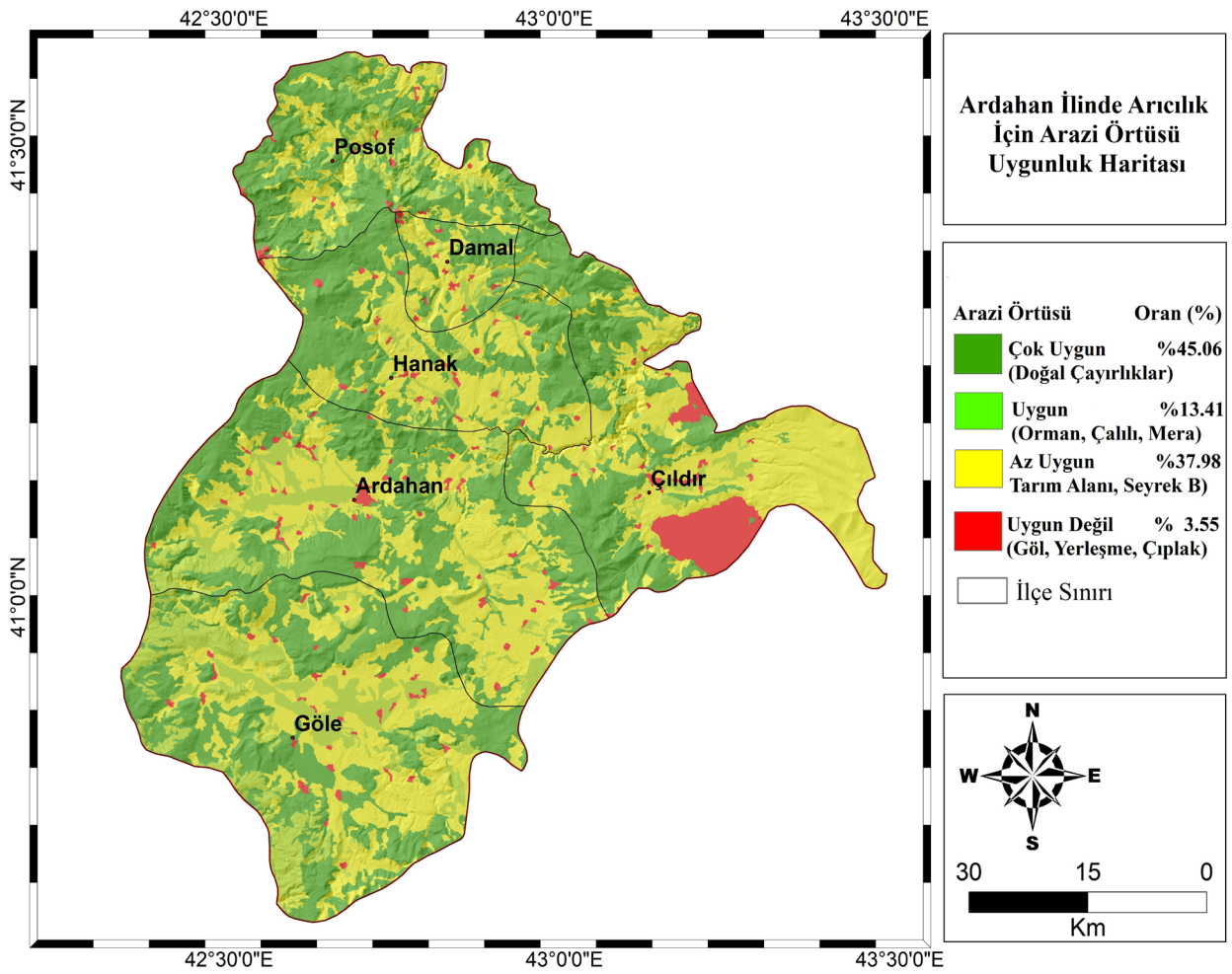
beslenme olanaklarını ve dolayısıyla arıcılık faaliyetlerinin verim, kalite ve çeşitliliğini doğrudan etkileyen temel faktörlerdendir (Sarı & Kandemir, 2022). Mera, çayır, orman ve çalılık alanlar arıcılık için uygun habitatlar sunarken; tarım arazileri sınırlı,

yerleşim ve çıplak alanlar ise genellikle elverişsizdir. Doğal çayır ve ormanlık alanlar zengin nektar ve polen kaynaklarıyla arıların beslenmesini desteklerken, tarım alanlarında pestisit kullanımı ve monokültür yapı arı sağlığı üzerinde olumsuz etki yaratmaktadır (Kremen, Williams & Thorp 2007).

Arazi örtüsü, mikroklima ve korunaklılık açısından da önemli olup, arıların biyolojik çeşitliliğe sahip habitatları tercih etmektedir (Potts vd. 2010). Arıcılık üretimine etkisi bakımından literatürdeki mevcut araştırmalar ve araştırma sahası özellikleri dikkate alınarak Arazi Örtüsü ve Arazi Kullanımı Elverişlilik Durumu dört kriter alt sınıfında incelenmek üzere araştırma ana kriterleri arasına alınmıştır (Estoque & Murayama 2010; Abou-Shaara vd. 2013; Demir

2024).

CBS tabanlı tematik analiz sonucunda, Ardahan ilinde arıcılık üretimine arazi örtüsü ve kullanım elverişliliği bakımından “çok uygun” ve “uygun” sınıflarında değerlendirilen alanların, ilin 4.933 km<sup>2</sup>’lik yüzölçümünün % 58,47’sini oluşturduğu belirlenmiştir (Şekil 8; Tablo 4). Bu alanlar, çayır ve meraların yaygınlığıyla birlikte özellikle Yalnızçam, Allahuekber, Akbaba ve Kısır Daları’nın yüksek ve yağışlı yamaçlarında yoğunlaşmaktadır. Buna karşılık, arıcılık açısından elverişsiz seyrek bitkili ve çıplak araziler dağlık bölgelerin üst kesimlerinde, su yüzeyleri ise Çıldır ve Aktaş gölleri çevresinde yoğunlaşmaktadır (Şekil 8; Tablo 5).



Şekil 8: Ardahan İli Genelinde Arıcılık Faaliyetleri İçin Arazi Örtüsü ve Arazi Kullanımı Elverişlilik Haritası (2024).

Figure 8: Land Cover and Land Use Suitability Map for Beekeeping Activities in Ardahan Province (2024).

### Ardahan İli Genelinde Arıcılık Faaliyetleri İçin Tatlı Su Kaynakları Mesafesi Elverişlilik Durumu

Arıların yaşamlarını sürdürebilmesi için temiz ve erişilebilir tatlı su kaynaklarına ihtiyaç vardır. Su, yalnızca temel yaşamsal gereksinimlerin karşılanmasında değil; kovan içi nem ve sıcaklık

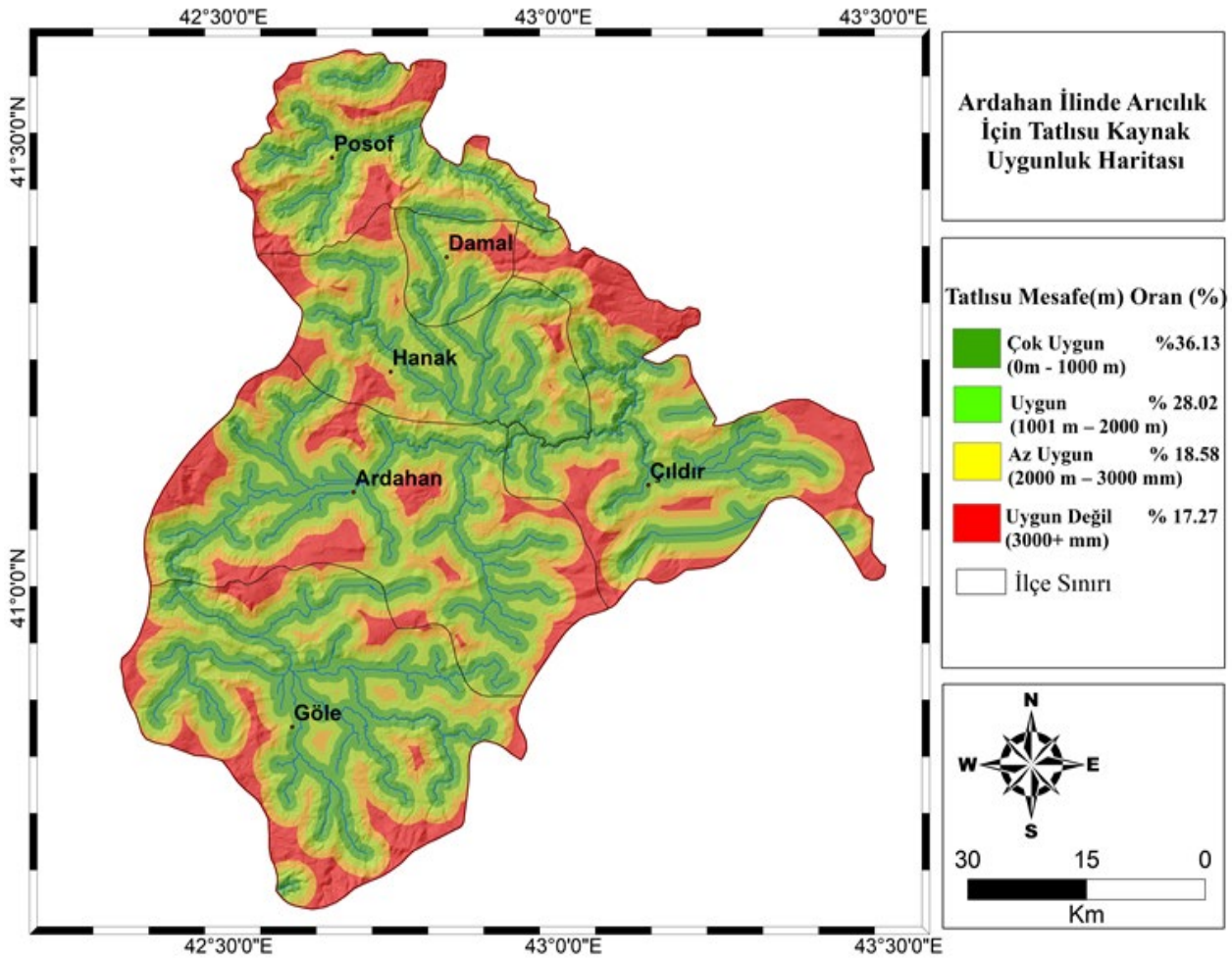
dengesi ile larva beslenmesinde de kritik rol oynar (Johansson & Johansson 1978; Amiri vd. 2011). Arılar suyun bir kısmını bitkilerden temin etse de esas olarak akarsu, göl ve yeraltı su kaynaklarına bağımlıdır. Bu nedenle, kovanların tatlı su kaynaklarına yakın konumlandırılması verimlilik açısından önemlidir (Mercan 2023; Elmastaş vd.

2022).

Suya uzak mesafedeki kovanlar, artan enerji tüketimi nedeniyle koloni verimliliğini olumsuz etkiler (Szabo 1980; Crane 1990). Arıcılık üretimine etkisi bakımından literatürdeki mevcut araştırmalar ve araştırma sahası özellikleri dikkate alınarak Tatlı Su Kaynakları Mesafesi Elverişlilik Durumu dört kriter alt sınıfında incelenmek üzere araştırma ana kriterleri arasına alınmıştır (Gorgi vd. 2019; Elmastaş vd. 2022; Demir. 2024).

Ardahan ilinde arıcılık açısından tatlı su kaynaklarına mesafe bakımından “çok uygun” ve “uygun” sınıflarında değerlendirilen alanlar, il

yüzölçümünün % 64,15'ini kapsamaktadır (Şekil 9;Tablo 4). Yüksek plato niteliğindeki Kura Havzası'nda yer alan il arazisi; uygun eğim, irtifa ve iklim koşulları sayesinde arı kolonilerinin ihtiyaç duyduğu çok sayıda akarsu ve gölü barındırmaktadır. arıcılık sezonunda yüksek bağıl nemle birlikte, tatlı su kaynaklarının yerleşimlere ve potansiyel arıcılık alanlarına yakınlığı, alanın bu kriter açısından son derece elverişli olduğunu göstermektedir. Uygun olmayan alanlar ise oldukça sınırlı olup, ilin sodalı özellikteki Aktaş Gölü çevresinde yer almaktadır (Şekil 9; Tablo 5).



Şekil 9: Ardahan İli Genelinde Arıcılık Faaliyetleri İçin Tatlı Su Kaynakları Mesafesi Elverişlilik Haritası (2024).

Figure 9: Freshwater Resources Distance and Availability Map for Beekeeping Activities in Ardahan Province (2024).

### Ardahan İli Genelinde Arıcılık Faaliyetleri İçin Karayolu Ulaşım Ağı Elverişlilik Durumu

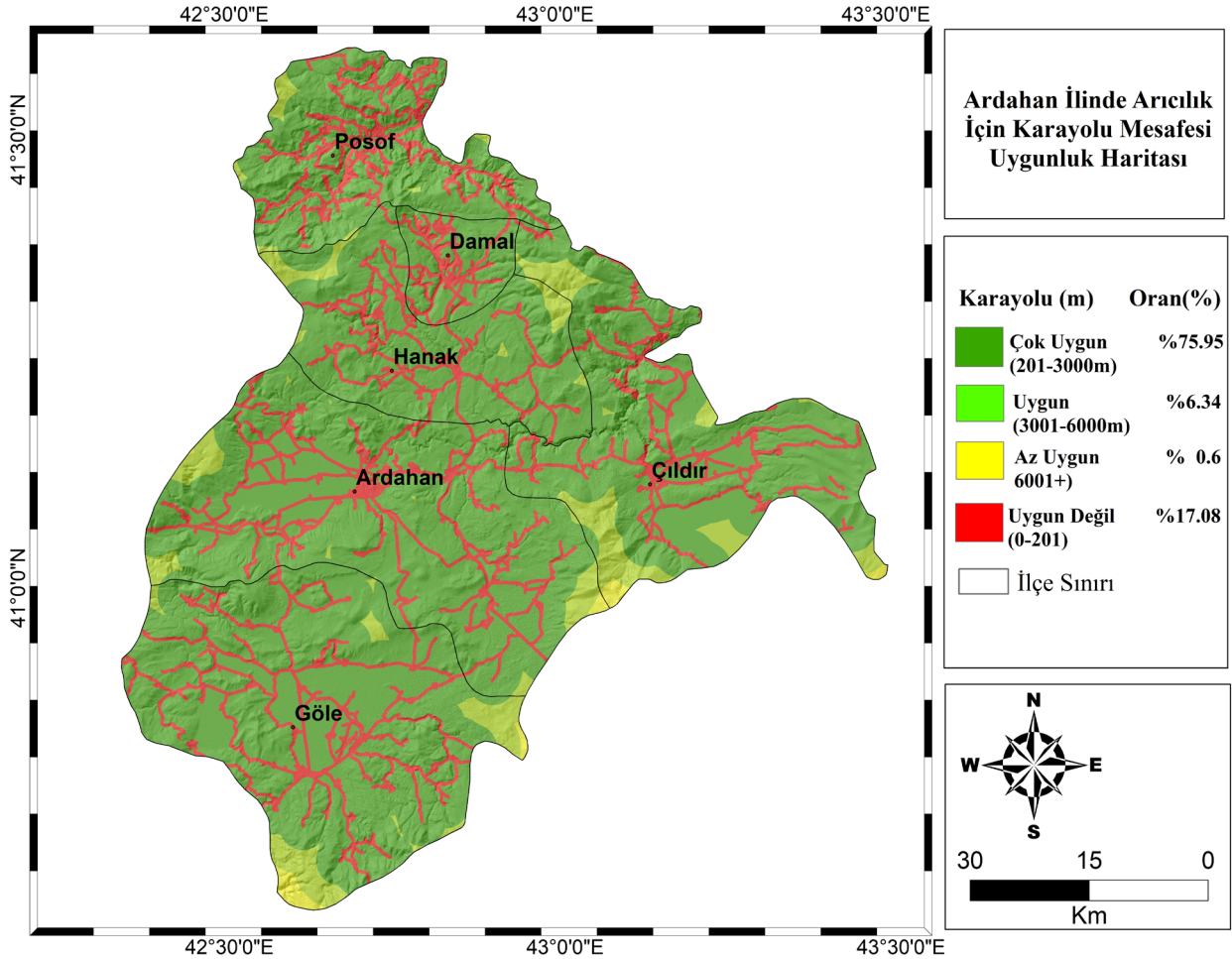
Arı kolonilerinin konumlandırılmasında karayolu mesafesi, hem arı sağlığı hem de arıcılık faaliyetlerinin sürdürülebilirliği açısından önemlidir. Ulaşılabilir alanlar lojistik açıdan avantaj sağlasa da, kovanların doğrudan yol kenarına yerleştirilmesi; egzoz gazı, gürültü ve titreşim gibi stres faktörleri nedeniyle arılar üzerinde olumsuz etkilere yol açabilir (Elmastaş vd. 2022; Sarı&Kandemir 2022).

Bu nedenle, ideal konum hem erişilebilir hem de çevresel risklerden uzak olmalıdır. Arıcılık Yönetmeliği'ne (2011) göre de, kovanlar düşük yoğunluklu yollara en az 30 metre, yoğun trafiğe sahip yollara ise en az 200 metre mesafede yerleştirilmelidir. Bu düzenleme, arı sağlığını korurken arıcılık faaliyetlerinin erişilebilirliğini de güvence altına almaktadır.

Arıcılık üretimine etkisi bakımından literatürdeki mevcut araştırmalar ve araştırma sahası özellikleri

dikkate alınarak karayolu ulaşım ağı mesafesi elverişlilik durumu araştırma ana kriterleri arasına alınmıştır (Demir 2024). Ardahan ilinde karayolu ulaşım ağına mesafe bakımından arıcılık açısından “çok uygun” ve “uygun” sınıflarında değerlendirilen alanlar, il yüzölçümünün % 82,3’ünü kapsamaktadır (Şekil 10; Tablo 4). Yüksek fakat az eğimli plato niteliğindeki arazi yapısı, karayolu ulaşım ağının kırsal alanlara ulaşmasını kolaylaştırmış ve bu

durum arıcılık faaliyetleri açısından avantaj sağlamıştır. Karayolu ağının homojen dağılımı ve arıcılık yapılabilecek alanlara olan kısa mesafe, alanın bu bakımdan elverişliliğini göstermektedir. İl yollarının %17’sini oluşturan devlet yolları, trafik yoğunluğu nedeniyle arıcılık için tercih edilmezken, % 83’ünü oluşturan kırsal özellikli düşük yoğunluklu yollar, arıcılık açısından daha uygun koşullar sunmaktadır (KGM, 2023; Şekil 10).



**Şekil 10:** Ardahan İli Genelinde Arıcılık Faaliyetleri İçin Karayolu Ulaşım Ağı Elverişlilik Haritası (2024).

*Figure 10: Transportation Network Convenience Map for Beekeeping Activities in Ardahan Province (2024).*

Bu çalışmada kullanılan eşik ve sınıflandırma değerleri literatüre dayalı olarak belirlenmiş, ancak Ardahan ilinin yüksek rakım ve karasal iklim koşulları dikkate alınarak saha gerçekliğine uyarlanmıştır. Literatürde sıcaklık ve rüzgâr kriterlerinin çoğunlukla yalnızca gündüz saatlerine göre ve net eşikler

tanımlanmadan ele alındığı görülmektedir. Bu nedenle çalışmada sıcaklık ve rüzgâr günlük (24 saat) ortalamalar, yağış ise arıcılık sezonunu temsil edecek şekilde sezonluk toplamlar üzerinden değerlendirilmiştir. Böylece kriterler, koloni sağlığı ve üretim sürekliliğini daha gerçekçi biçimde yansıtabilecek şekilde tanımlanmıştır.

**Tablo 5** Araştırmada Kullanılan Kriterlerin, Ağırlık Derece ve Sınıfları**Table 5.** Weight Degrees and Classes of the Criteria Used in the Researchs

Kriter	Uygunluk Sınıfı	Araştırma Değerleri	Literatürde Değerler	Dayanak (Literatür)
Arazi Eğimi (°)	1.Çok uygun	0,0°-15°	0,0°-15°	Abou-Shaara (2015); Ceylan & Sarı (2017); Açık (2019); Elmastaş vd. (2022); Mercan (2023); Tennakoon vd. (2023); Demir (2024)
	2. Uygun	15,1°-30°	15,1°-30°	
	3. Az uygun	30,1°-45°	30,1°-45°	
	4. Uygun değil	55,1°+	55,1°+	
Bakı (Sezon)	1.Çok uygun	Düz, Güney	Güney yönler	Amiri vd. (2011); Amiri & Shariff (2012); Sarı vd. (2020a); Elmastaş vd. (2022); Tennakoon vd. (2023); Demir (2024)
	2. Uygun	GD-GB	GD-GB	
	3. Az uygun	Doğu, Batı, Kuzeybatı	D-B	
	4. Uygun değil	Kuzey, Kuzeydoğu	Kuzey yönler	
Ortalama Sıcaklık (Günlük)	1.Çok uygun	6,1 °C - 9,3 °C	5 – 10 °C	Roberts vd. (1999); Tautz vd (2003); Groh vd. (2004); Demir (2015); McAfee vd. (2020)
	2. Uygun	3,1 °C - 6,0°C	3 – 6 °C	
	3. Az uygun	0,1 °C - 3,0 °C	0 – 3°C	
	4. Uygun değil	-3,3 °C - 0,0 °C	<0 °C	
Ortalama Rüzgâr Hızı (Günlük)	1.Çok uygun	1,89 - 2,2 m/sn	<2,5 m/sn	Kulikovski vd. (2000); Abou-Shaara (2015); Demir (2015); Elmastaş vd. (2022)
	2. Uygun	2,21 - 2,5 m/sn	2 – 3 m/sn	
	3. Az uygun	2,51 - 2,7 m/sn	3 – 4 m/sn	
	4. Uygun değil	2,71 - 3,2 m/sn	>4 m/sn	
Ortalama Yağış (Sezon)	1.Çok uygun	351 - 440 mm	300 – 450 mm	Maris vd. (2009); Amiri & Shariff (2012); Widiatmaka vd. (2016); Gorgi vd. (2019); Elmastaş vd. (2022); Mercan (2023); Tennakoon vd. (2023)
	2. Uygun	301 -351 mm	250 – 350 mm	
	3. Az uygun	261 - 300 mm	200 – 250 mm	
	4. Uygun değil	240 - 260 mm	<200 mm	
Arazi Örtüsü	1.Çok uygun	Doğal çayır, mera	Çayır, mera	Estoque & Murayama (2010); Abou-Shaara vd. (2013); Potts vd. (2010); Sarı & Kandemir (2022); Demir (2024)
	2. Uygun	Orman, çalılık	Ormanlık alanlar	
	3. Az uygun	Tarım alanları	Tarım alanları	
	4. Uygun değil	Çplk. Arz, Su, Yerleşim	Çplk Arz,Su,Yerleşim	
Suya Mesafe	1.Çok uygun	0-1.000 m	<1.000	Johansson & Johansson (1978); Szabo (1980); Crane (1990); Amiri vd. (2011); Gorgi vd. (2019); Elmastaş vd. (2022); Mercan (2023)
	2. Uygun	1.001-2.000 m	1.000 – 2.000	
	3. Az uygun	2.001-3.000 m	2.000 – 3.000	
	4. Uygun değil	3.001 m+	>3.000	
Karayolu Mesafe	1.Çok uygun	201-3.000 m	200 – 3.000m	Arıcılık Yönetmeliği (2011); Elmastaş vd. (2022); Sarı & Kandemir (2022); Demir (2024); KGM (2023)
	2. Uygun	3.001-6.000 m	3.000 – 6.000m	
	3. Az uygun	6.001 m +	>6.000m	
	4. Uygun değil	0-200 m	<200m	

## Araştırma Kriterlerinin Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) Analizi

AHP algoritması, arıcılık için uygun alanlarının belirlenmesinde kullanılan en popüler ÇKKV yöntemlerinden biri olup Thomas L. Saaty tarafından geliştirilmiştir. AHP, karmaşık karar problemlerinde birden fazla kriterin ve alternatifin karşılaştırılması ve sıralanması için kullanılır. Bu yöntem, karar vericilerin karar alma sürecinde, her bir kriterin göreceli önemini değerlendirebilmelerini ve alternatifleri objektif bir şekilde sıralayabilmelerini sağlar (Saaty, 1980). AHP algoritması uygulamasında sırasıyla;

❖ **Hiyerarşi Yapısının Oluşturulması** İlk adımda, karar problemi hiyerarşik olarak üç seviyeye ayrılır:

- Amaç (En Üst Düzey): Karar verilecek ana hedef ya da amaç belirlenir.
- Kriterler (Orta Düzey): Hedefe ulaşmak için dikkate alınması gereken kriterler tanımlanır.
- Değerlendirilecek alt Düzey alternatifler belirlenerek ararın netleştirilmesi sağlanır (Saaty, 1980).

❖ **Karar Matrisi ve Karşılaştırmaların Yapılması:** Karar verici, her alternatifin her bir kriterle ne kadar uyumlu olduğunu değerlendiren karşılaştırmalar yapar. Bu karşılaştırmalar Saaty'nin 1–9 ölçeğine dayalı olarak yapılır. Bu ölçek, alternatifler arasında göreceli üstünlükleri belirlemeyi sağlar (Saaty, 2008).

❖ **Ağırlıkların Hesaplanması:** Kriter ve alternatiflerin göreceli ağırlıkları, özdeğer yöntemine göre hesaplanır. Karar matrisi normalize edilir ve her bir satırın ortalaması alınarak ağırlık vektörü elde edilir.

- Normalize Etme: Her sütun, kendi toplamına bölünerek aşağıdaki formüllerle normalize edilir:

$$S_j = \sum_{i=1}^n a_{ij} \quad (1)$$

$$\tilde{a}_{ij} = \frac{a_{ij}}{S_j} \quad (2)$$

- Ağırlık Hesaplama: Normalize edilmiş değerlerin satır ortalamaları alınarak ağırlıklar hesaplanır:

$$w_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \tilde{a}_{ij} \quad (3)$$

Burada  $a_{ij}$  matris elemanlarını,  $S_j$  ise ilgili sütunun toplamını ifade etmektedir (Forman & Gass, 2001).

❖ **Tutarlılık Kontrolü:** AHP'de önemli bir aşama olup öncelikle Tutarlılık İndeksi (CI) hesaplanır:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (4)$$

formüllüye hesaplanır. Burada  $\lambda_{\max}$ : Karar matrisi

özdeğeri,  $n$ : Karar matrisi boyutudur.

Daha sonra Tutarlılık Oranı

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (5)$$

RI (Rastgele Tutarlılık İndeksi), belirli bir boyut için öngörülen tutarlılık değerini temsil eder. Eğer CR değeri **0.1'in altında ise**, kararlar tutarlı kabul edilir (Saaty, 1980).

❖ **Alternatiflerin Sıralanması ve Karar Verme** Ağırlıklar hesaplandıktan sonra, alternatiflerin toplam puanları hesaplanır. Bu puanlar, her alternatifin her bir kriterdeki ağırlığının toplamıyla elde edilir. Sonuç olarak, en yüksek puanı alan alternatif en uygun seçenek olarak belirlenir (Vargas, 1990).

**Sonuçların Değerlendirilmesi** Son aşamada, karar verici tüm alternatifleri ve kriterleri gözden geçirerek nihai kararını alır. AHP, karar vericilere her bir alternatifin nasıl değerlendirildiğini gösterir ve objektif bir karar alma süreci sunar (Triantaphyllou, 2000).

AHP, CBS yazılımlarıyla entegre bir şekilde gerçekleştirilen araştırma analizlerinde sıklıkla tercih edilen en ileri düzeydeki yöntemlerden biridir. Ancak, yüksek hesaplama gereksinimleri ve öz vektör kavramına dayalı karmaşık işlem aşamaları gerektirmiş olmasından dolayı AHP ile ilgili hesaplamaların genellikle Microsoft Excel, Google Sheets gibi elektronik tablolama araçlarıyla yapılması neredeyse zorunluluk durumuna gelebilmektedir. Bununla birlikte, bu tür araçların kullanımı karmaşık olabilmekte ve AHP yöntemindeki hesaplama adımlarında hata yapmaya açık formüllerin varlığı uygulamanın etkinliğini azaltabilmektedir. Bu sebeple, hesaplama süreçlerini otomatikleştiren, kullanıcıların yalnızca temel veri toplama yöntemini izleyerek sonuca kolayca ulaşmalarını sağlayan ve internet üzerinden erişilebilen çeşitli yazılım uygulama çözümleri geliştirilmiştir (Prachi 2021). Bu nedenlerle bu çalışmada esas alınan kriterlerin AHP ağırlıkları, sıralamaları ve tutarlılık oranlarının hesaplanabilmesi için Goepel (2018) tarafından geliştirilmiş olan web tabanlı çevrimiçi AHP-OS uygulaması kullanılmıştır.

## Kriter İlişkileri Kontrolü (Correlation / VIF)

AHP analizleri öncesinde, seçilen iklimsel ve çevresel kriterler arasındaki olası çoklu bağlantıların belirlenmesi amacıyla korelasyon katsayıları ve Variance Inflation Factor (VIF) değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, tüm kriterlerin VIF değerleri literatürde kabul gören sınır olan 5'in altında (O'Brien 2007) 2 olarak belirlenmiştir. Bu durum, kriterler arasında çoklu bağlantı riskinin bulunmadığını ve kriterlerin AHP analizinde güvenle kullanılabileceğini göstermektedir (Tablo 6).

**Tablo 6:** Araştırmada Kullanılan Kriterler Arası Korelasyon ve VIF Değerleri**Table 6.** Correlation and VIF Values Between the Criteria Used in the Study

Kriter No	Kriter Adı	VIF	Korelasyon (r)
1	Arazi Eğimi	1,95	—
2	Güneş Bakışı	1,82	0,21
3	Sıcaklık	1,67	0,18
4	Rüzgâr Hızı	1,54	0,12
5	Yağış ve Nemlilik	1,88	0,25
6	Arazi Örtüsü/Kullanımı	1,72	0,19
7	Tatlı Su Kaynakları Mesafesi	1,61	0,11
8	Karayolu Ulaşım Ağı Mesafesi	1,57	0,09

### Uzman Anketi ve AHP Uygulaması

VIF ve korelasyon analizlerinden sonra, güvenle kullanılacak kriterlerle ikili karşılaştırma anketi hazırlanmıştır. Bu anket, Goepel (2018) tarafından geliştirilmiş web tabanlı AHP-OS uygulaması aracılığıyla Ardahan ilinde arıcılık konusunda deneyimli bir veteriner hekim ile ilde arıcılık üretimi yapan 7 arıcı olmak üzere toplam 8 uzmana uzaktan erişim yöntemiyle uygulanmıştır. Uzmanlara, araştırmada belirlenen 8 kriter doğrultusunda ikili karşılaştırmalar yaptırılmış ve her bir kriterin diğer kriterlere göre göreceli önemi değerlendirilmiştir.

Uzmanlardan elde edilen yanıtlar, geometrik ortalama (geometric mean) yöntemi kullanılarak birleştirilmiş; bu yöntem, farklı uzman görüşlerini tek bir ortak değerlendirmeye dönüştürmek için literatürde önerilen standart bir yaklaşım olarak kabul edilmektedir. Birleştirme işlemi sonrasında,

AHP-OS uygulaması aracılığıyla her kriterin ağırlıkları ve önem sıraları otomatik olarak hesaplanmış, ayrıca ikili karşılaştırmaların tutarlılık oranları (Consistency Ratio – CR) ve standart sapmaları belirlenmiştir. Bu sayede, her kriterin karar sürecindeki göreceli önemi güvenilir ve objektif bir şekilde ortaya konmuştur.

Çalışma kapsamında belirlenen (Tablo 7), kriterlerin birbirlerine göre göreceli önemlerini gösteren matris oluşturulmuştur. Matriste, “Arazi Örtüsü/Kullanımı” kriterinin yüksek değerler alması, uzmanlar tarafından karar sürecinde en öncelikli kriter olarak değerlendirildiğini ortaya koyarken. Buna karşılık, “Arazi Eğimi” kriteri, diğer kriterlere kıyasla düşük değerler almış ve karar sürecindeki göreceli önemi daha düşük olarak belirlenmiştir.

**Tablo 7.** Araştırmada Kullanılan Kriterler için İkili Karşılaştırma Matrisi.**Table 7.** Pairwise Comparison Matrix for Criteria Used in the Research.

Sıra / Kriter	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	6	5	4	6	9	5	7
2	1/6.	1	1	1	0.5	3	0.33	0.33
3	1/5.	1	1	1	1	3	0.33	1
4	1/4.	1	1	1	1	4	1	0.25
5	1/6.	2	1	1	1	6	0.25	0.25
6	1/9.	0.33	0.33	0.25	0.17	1	0.14	0.14
7	1/5.	3	3	1	4	7	1	1
8	1/7.	3	1	4	4	7	1	1

AHP yöntemi ile yapılan analiz sonucunda, hesaplanan tutarlılık oranı (CR = 0,069), kabul edilen eşik değer (0,1) oldukça altında kalmıştır. Bu durum, uzmanların değerlendirmeleri arasında yüksek tutarlılık olduğunu ve elde edilen kriter ağırlıklarının güvenilir olduğunu göstermektedir (Tablo 8)

AHP yöntemiyle yapılan ikili karşılaştırmalar sonucunda, kriterler için elde edilen standart sapma değerleri 0,009 ile 0,143 arasında değişmektedir. En düşük standart sapma Arazi Eğimi kriterinde ( $\sigma = 0,009$ ) olup, bu kriterin uzmanlar arasında oldukça

homojen değerlendirildiğini göstermektedir. Buna karşın, en yüksek standart sapma Arazi Örtüsü/Kullanımı kriterinde ( $\sigma = 0,143$ ) tespit edilmiştir; Bu durum, uzman görüşlerinin bu kriterde daha çeşitli olduğunu ve karar sürecinde farklı algıların etkili olabileceğini göstermektedir (Tablo 8).

Duyarlılık analizi kapsamında ise, kriter ağırlıklarına  $\pm 5\%$  varyasyon uygulanmış ve ağırlıkların olası değişim aralıkları belirlenmiştir. Örneğin, en yüksek ağırlığa sahip Arazi Örtüsü/Kullanımı kriteri %36,2 – 40,1 aralığında, en düşük ağırlığa sahip Arazi Eğimi kriteri ise % 1,9 – 2,1 aralığında değişim

göstermektedir. Bu analiz, ağırlıklardaki küçük değişimlerin genel sıralamayı ve karar sonuçlarını önemli ölçüde etkilemediğini, modelin güvenilir ve duyarlılığa karşı dayanıklı olduğunu ortaya koymaktadır (Tablo 8).

AHP analizi sonuçlarına göre, araştırma sahasında belirlenen uygunluk kriterleri arasında en yüksek ağırlık değerinin % 38,1 ile "Arazi örtüsü ve kullanım durumu" kriterine, en düşük ağırlık değerinin ise % 2,0 oranıyla "Arazi eğimi dağılımı" kriterine ait olduğu tespit edilmiştir (Tablo 8).

**Tablo 8.** Araştırmada Kullanılan Kriterlerin Öncelik Ağırlıkları, Standart Sapmaları ve Duyarlılık Aralıkları

**Table 8.** Priority Weights, Standard Deviations, and Sensitivity Ranges of the Criteria Used in the Research

Sıra	Kriter	Öncelik Ağırlığı	Sıralama	Standart Sapma ( $\sigma$ )	$\pm 5\%$ Varyasyon
1	Arazi Eğimi	2,00%	8	0,90%	1,9 – 2,1%
2	Güneş Bakışı	13,90%	2	4.3%	13,2 – 14,6%
3	Sıcaklık	10,80%	5	2.9%	10,3 – 11,3%
4	Rüzgâr	12,30%	3	6.2%	11,7 – 12,9%
5	Yağış	11,00%	4	5.1%	10,5 – 11,6%
6	Arazi Örtüsü	38,10%	1	14.3%	36,2 – 40,1%
7	Tatlı Su Mesafesi	5,70%	7	2.7%	5,4 – 6,0%
8	Karayolu Mesafesi	6,10%	6	3.6%	5,8 – 6,4%

### CBS Tabanlı Alan Uygunluk Analizi

Araştırmada AHP yöntemiyle elde edilen kriter ağırlıkları CBS ortamında bindirme (overlay) analizi ile değerlendirilmiş ve çalışma alanı arıcılık açısından dört uygunluk sınıfı altında gruplandırılarak uygunluk haritaları oluşturulmuştur. Modelin doğrulanması amacıyla mevcut arı kolonilerinin konumsal dağılımları ile uygunluk

sınıfları karşılaştırılmış; kolonilerin % 86,6'sının "çok uygun" ve "uygun" alanlarda yer aldığı belirlenmiştir. Ayrıca ROC–AUC (0,86) ve Cohen's Kappa (0,71) değerleri, modelin ayırt edicilik gücünün yüksek ve gözlenen verilerle uyumunun güçlü olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar, AHP–CBS tabanlı uygunluk modelinin güvenilir ve karar destek amaçlı kullanıma uygun olduğunu ortaya koymaktadır (Tablo 9).

**Tablo 9.** Ardahan İlinde Arıcılık Faaliyetleri İçin AHP–CBS Uygunluk Analizi Sonuçları ve Model Doğrulama Bulguları

**Table 9.** Results of AHP–CBS Suitability Analysis and Model Validation Findings for Beekeeping Activities in Ardahan Province

Uygunluk Sınıfı	Alan (km <sup>2</sup> )	Alan Oranı (%)	Koloni Sayısı	Koloni Oranı (%)
Çok Uygun	709	14,46	82	35,5
Uygun	1432	29,03	118	51,1
Az Uygun	1941	39,3	19	8,2
Uygun Değil	851	17,25	12	5,2
<b>Toplam</b>	<b>4933</b>	<b>100</b>	<b>231</b>	<b>100</b>

### BULGULAR

CBS tabanlı analizler sonucunda, Ardahan ilinin 4.933 km<sup>2</sup>'lik toplam yüzölçümünün % 14,46'sına karşılık gelen 709 km<sup>2</sup>'lik bölümü arıcılık açısından "çok uygun", % 29,03'üne denk gelen 1.432 km<sup>2</sup>'lik bölümü "uygun" ve % 39,30'unu oluşturan 1.984 km<sup>2</sup>'lik bölümü ise "az uygun" olarak sınıflandırılmıştır (Tablo 8). Bu bulgular, il genelinde arıcılık faaliyetleri için önemli bir potansiyel bulunduğunu göstermekte olup, toplamda % 43,49 oranına karşılık gelen 2.141 km<sup>2</sup>'lik alanın arıcılık için elverişli olduğunu ortaya koymaktadır (Şekil 11);

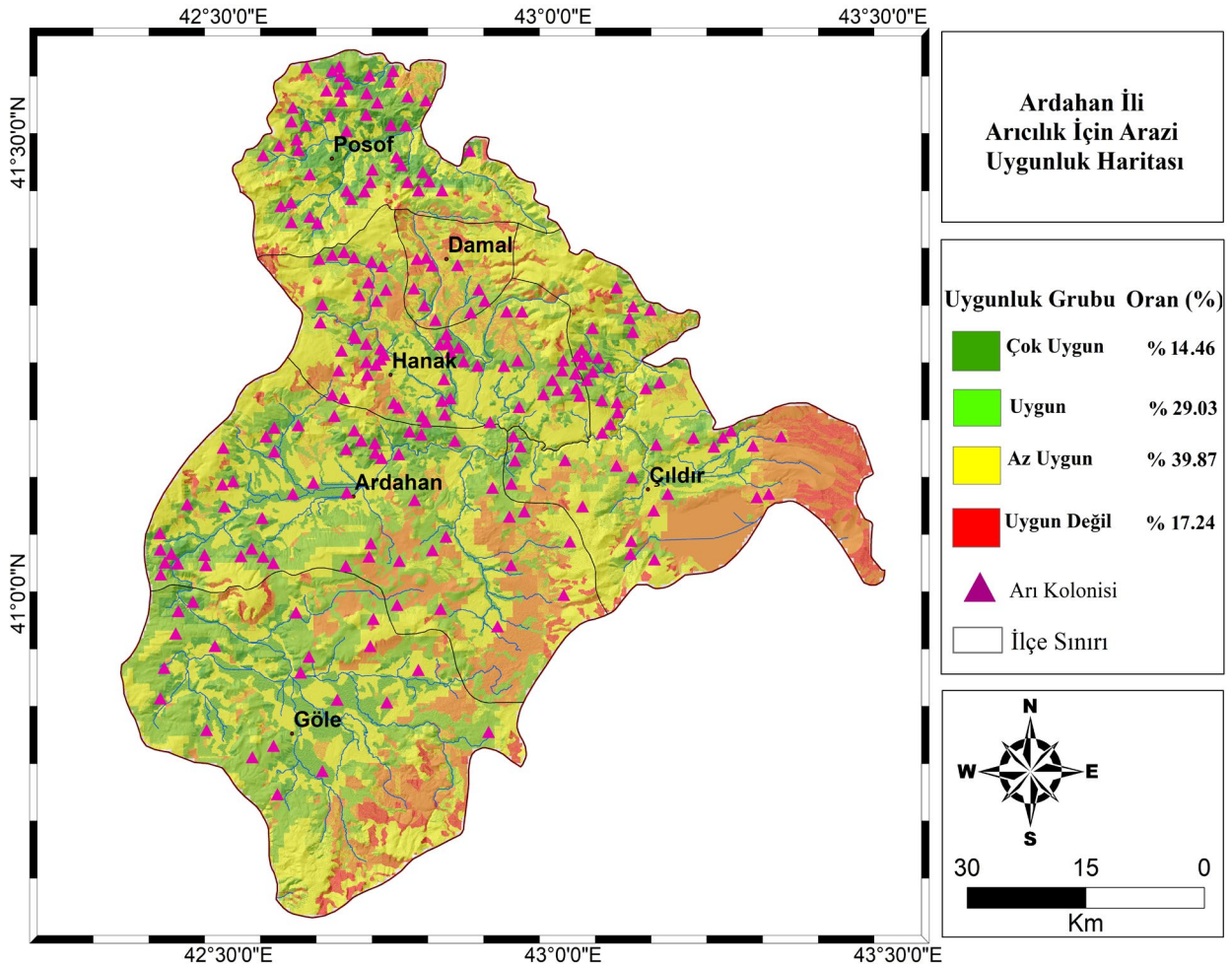
CBS tabanlı tematik bindirme analizleri sonucunda, 4.933 km<sup>2</sup> yüzölçümüne sahip Ardahan ilinin % 43,49'unu oluşturan 2.141 km<sup>2</sup>'lik bölümünün arıcılık üretimi açısından "çok uygun" ve "uygun" potansiyele sahip arazilerden oluştuğu belirlenmiştir

(Şekil 11). Bu durum, ilin ekolojik özellikleriyle doğrudan ilişkilidir. Özellikle alpin çayırların geniş alanlara yayılması, arıcılık için temel girdi olan nektar ve polen kaynaklarının sürekliliğini sağlamaktadır. Alpin çayırlar, uzun çiçeklenme periyotları ve yüksek floristik çeşitlilikleri sayesinde arı kolonileri için zengin ve sürdürülebilir bir besin ortamı sunmaktadır. Arıcılık potansiyelinin yüksek olduğu alanlar, başta Keldağ, Yalnızçam, Allahuekber ve Kısır Dağları olmak üzere yüksek irtifalı dağlık bölgelerde yoğunlaşmaktadır. Bu alanların ortak özelliği, yalnızca bitki örtüsünün zenginliği değil; aynı zamanda ılıman yaz sıcaklıkları, yeterli nemlilik gibi elverişli iklimsel koşullar ile insan etkisinin görece düşük olduğu doğal habitatları barındırmalarıdır. Analiz bulguları, arıcılık üretim potansiyelinin bu bölgelerde özellikle bitki örtüsünün yoğunluğu ve çeşitliliği ile doğrudan

bağlantılı olduğunu ortaya koymaktadır. Bu durum, Ardahan ilinin yüksek rakımlı bölgelerinde arıcılık faaliyetlerinin sürdürülebilir şekilde geliştirilebileceğini göstermektedir.

CBS üzerinde yapılan tematik bindirme analizleri sonucunda, Ardahan ilinin toplam yüzölçümünün % 56,55'ini oluşturan yaklaşık 2.792 km<sup>2</sup>'lik alanın arıcılık faaliyetleri ve üretimi açısından "az uygun" ve "uygun olmayan" arazilerden oluştuğu belirlenmiştir (Şekil 11). Bu araziler, çeşitli doğal ve beşerî faktörler nedeniyle arıcılık açısından elverişsiz koşullar sunmaktadır. Bununla birlikte, bu oranın görece düşük seviyede kalmasının, ilin yüksek rakımlı topoğrafyasına bağlı olarak ilkbahar yağışlarının geç başlaması ve buna bağlı olarak nisan–ağustos arıcılık sezonu süresince alpin çayır bitkilerinin geniş alanlarda yayılım göstermesiyle ilişkili olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum, il genelinde çıplak veya bitki örtüsünden yoksun arazilerin miktarını önemli ölçüde azaltarak arıcılık açısından elverişli habitatların yaygınlaşmasına katkı sağlamaktadır. Ardahan'da arıcılık için uygun olmayan alanların büyük bölümü doğal nedenlerden ziyade insan faaliyetlerinin yoğunlaştığı bölgelerde yer almaktadır. Bu kapsamda, analiz sürecinde arıcılık yönetmeliği sınırlamaları doğrultusunda

özellikle maskelenerek değerlendirme dışı bırakılan yerleşim merkezleri ve yakın çevreleri ile devlet karayolu ana ağı boyunca uzanan yüksek trafik yoğunluklu güzergâhların çevresi, gürültü, hava kirliliği ve titreşim gibi çevresel stres faktörlerinin etkisiyle arıcılık açısından elverişsiz alanlar olarak belirlenmiştir. Ayrıca, Çıldır ve Aktaş gölleri gibi büyük su kütlelerinin yüzeyleri de arıcılık üretimi açısından doğrudan kullanılmayan alanlar arasında yer almaktadır. Bu bulgular, Ardahan ilinde arıcılık faaliyetlerinin büyük ölçüde doğal ve yarı-doğal habitatlar içerisinde, insan etkisinin görece düşük olduğu alanlarda yoğunlaştığını göstermektedir (Şekil 11). Ardahan ilinde arıcılık potansiyeli taşıyan alanların yaklaşık % 60'ının, il genelinde kayıtlı bulunan 350 civarında aile işletmesi tarafından kullanıldığı belirlenmiştir (Ardahan Arıcılık Birliği, 2024; Ardahan İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, 2024). Ardahan ilinde CBS analizleri sonucunda belirlenen potansiyel alanların tamamının değerlendirilememesinde, sahanın Kafkas arılarının gen kaynağını oluşturması ve bu nedenle Ardahan ile Artvin dışındaki illerden gelen gezginci arıcılığa kapalı olması temel etken olup mevcut işletme sayısının potansiyel alanlara oranla yetersiz kalması da bu durumun bir diğer belirleyici unsurunu oluşturmaktadır.



Şekil 11. Ardahan İli Genelinde Arıcılık Faaliyetleri İçin Uygunluk Dağılım Haritası (2024).

Figure 11. Distribution Map of Suitability for Beekeeping Activities in Ardahan Province (2024).

## TARTIŞMA

Bu çalışmada, Ardahan ilinde arıcılık faaliyetleri için uygun potansiyele sahip alanların belirlenmesine yönelik olarak gerçekleştirilen CBS tabanlı AHP analizleri sonucunda, potansiyel arıcılık alanları ile hâlihazırda aktif olarak kullanılan arıcılık alanları arasında %86,6 oranında bir örtüşme tespit edilmiştir. Bu yüksek örtüşme oranı, geliştirilen uygunluk modelinin saha gerçekliğini büyük ölçüde yansıttığını ve arıcılık yer seçimine ilişkin mevcut üretim pratikleriyle uyumlu sonuçlar ürettiğini göstermektedir.

Literatürde farklı coğrafi ve ekolojik koşullarda yürütülen benzer çalışmalarda da potansiyel alanlar ile mevcut arıcılık faaliyetleri arasında yüksek düzeyde örtüşmeler rapor edilmiştir. AHP yöntemiyle Kars ili için % 99,7 (Demir 2024), Montesinho (Portekiz) için % 68,4 (Roque vd., 2024), Fuzzy AHP yöntemiyle Queensland (Avustralya) için % 70 (Tennakoon vd. 2023), Adıyaman ili için % 74 (Elmastaş vd. 2022), Konya ili için farklı ÇKKV yöntemleriyle %7 6–91 aralığında (Sarı vd., 2020a; 2020b), Calabria (İtalya) için % 74 (Zoccali vd. 2017) ve Selangor (Malezya) için % 90 (Maris vd. 2009) olarak bildirilen örtüşme oranları dikkate alındığında, Ardahan ili için elde edilen % 86,6'lık değer literatürle uyumlu ve görece yüksek olduğu görülmektedir.

Bu sonucun, AHP sürecine dâhil edilen uzmanların arıcılık yer seçimi konusundaki deneyim ve saha bilgileri ile kullanılan tematik haritaların güncelliği ve yüksek mekânsal çözünürlüğüyle doğrudan ilişkili olduğu değerlendirilmektedir. Özellikle bitki örtüsü, topoğrafya ve arazi örtüsü/kullanımı verilerinin ayrıntılı biçimde temsil edilmesi, uygunluk analizinin sahadaki mevcut arıcılık alanlarıyla güçlü bir mekânsal uyum göstermesini sağlamıştır. Bu durum, geliştirilen AHP–CBS tabanlı yaklaşımın metodolojik güvenilirliğini artırmakta ve benzer ekolojik koşullara sahip alanlar için referans bir çerçeve sunduğunu ortaya koymaktadır.

Çalışmada kullanılan kriterlerin ağırlıkları ve öncelik sıralamaları AHP yöntemi doğrultusunda belirlenmiştir. Uzman görüşlerinin geometrik ortalama yöntemiyle birleştirilmesi sonucunda hesaplanan tutarlılık oranının (CR = 0,069) kabul edilebilir eşik değerinin altında kalması, kriter ağırlıklarının güvenilir olduğunu göstermektedir. Standart sapma değerleri, uzman değerlendirmelerinin genel olarak tutarlı olduğunu, ancak arazi örtüsü/kullanımı kriterinde algısal çeşitliliğin daha belirgin olduğunu ortaya koymuştur. Bu durum, kriterin yerel çevresel ve sosyo-ekonomik koşullara daha duyarlı olmasından kaynaklanmaktadır.

Modelin karar yapısının sağlamlığı, kriter ağırlıklarına  $\pm\%5$  varyasyon uygulanarak gerçekleştirilen duyarlılık analizleri ile test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, ağırlıklardaki bu sınırlı değişimlerin uygunluk sınıflarının genel sıralamasını

ve mekânsal dağılımını anlamlı düzeyde etkilemediğini ortaya koymuş; modelin kararlı bir yapıya sahip olduğunu göstermiştir. Ayrıca kriterler arası ilişkilerin değerlendirilmesinde VIF değerlerinin 5'in altında kalması, çoklu bağlantı riskinin bulunmadığını ortaya koyarken (O'Brien, 2007), korelasyon analizlerinin yalnızca doğrusal ilişkileri değerlendirebilmesi çalışmanın metodolojik sınırlılıkları arasında yer almaktadır.

Analizde kullanılan veri setlerinin farklı mekânsal çözünürlüklere sahip olması nedeniyle tüm tematik katmanlar CBS ortamında 12,5 m ortak çözünürlüğe dönüştürülmüştür. Özellikle WorldClim v2.1 kaynaklı iklim verilerine uygulanan çözünürlük indirgeme (downscaling) işlemi, mikroklimatik koşulların birebir üretilmesini değil, bölgesel iklim örüntülerinin mekânsal sürekliliğinin ve görelî dağılım desenlerinin korunmasını amaçlamaktadır. Literatürde de belirtildiği üzere, bu tür işlemler mutlak değerlerde belirli belirsizlikler oluşturabilmekte; ancak görelî mekânsal örüntülerin büyük ölçüde korunduğu kabul edilmektedir (Glawion vd. 2025; Jimenez vd. 2024). Bu nedenle iklim verileri, mutlak eşiklerden ziyade uygunluk sınıflarının belirlenmesinde kullanılmıştır.

Bu çalışmada kullanılan iklimsel kriterlere ait eşik ve sınıflandırma değerleri literatüre dayalı olarak belirlenmiş, ancak Ardahan ilinin yüksek rakımı ve belirgin karasal iklim koşulları dikkate alınarak saha gerçekliğine uyarlanmıştır. Literatürde sıcaklık ve rüzgâr kriterlerinin çoğunlukla yalnızca gündüz saatlerine dayalı olarak ele alındığı görülürken, bu çalışmada sıcaklık ve rüzgâr günlük (24 saat) ortalamalar üzerinden değerlendirilmiş; yağış kriteri ise arıcılık sezonunu temsil edecek şekilde sezonluk toplamlar kullanılarak analiz edilmiştir. Bu yaklaşım, iklimsel değişkenlerin koloni sağlığı ve üretim sürekliliği üzerindeki etkilerinin daha gerçekçi ve bütüncül biçimde modele yansıtılmasını sağlamıştır.

## Sonuç

Arıcılık faaliyetleri açısından Ardahan ili, zengin alpin çayır florası, doğal nektar ve polen kaynakları ile Kafkas Arı Irkının Türkiye'deki ana gen merkezlerinden biri olması nedeniyle ekolojik ve genetik bakımdan özgün bir potansiyele sahiptir. Buna karşın, karasal iklim özellikleri ve yüksek irtifanın etkisiyle uzun ve sert geçen kış koşulları ile kısa vejetasyon süresi, arıcılık faaliyetlerinin mekânsal dağılımını ve üretim süresini önemli ölçüde sınırlandırmaktadır. Bu iklimsel baskılar altında, doğal kaynakların plansız kullanımı üretim risklerini artırmakta ve mevcut potansiyelin yalnızca en uygun alanlarda değerlendirilmesini zorunlu kılmaktadır.

Bu çalışmada, Ardahan ilinde arıcılık faaliyetleri için uygun potansiyele sahip alanların belirlenmesine yönelik olarak CBS tabanlı AHP yöntemi kullanılarak mekânsal bir uygunluk modeli geliştirilmiştir. Model sonuçlarının hâlihazırda aktif olarak kullanılan arıcılık alanlarıyla % 86,6 oranında örtüşmesi, geliştirilen yaklaşımın saha gerçekliğini yüksek

düzyeyde yansıtığını ve uygulamaya dönük güvenilir çıktıları ürettiğini göstermektedir. Literatürde farklı coğrafi alanlar için yapılan benzer çalışmalarla elde edilen sonuçlarla ortaya konan bu uyum, modelin bilimsel geçerliliğini ve yöntemsel sağlamlığını desteklemektedir.

AHP analizinde elde edilen tutarlılık oranının kabul edilebilir sınırların altında kalması (CR = 0,069) ve geçekleştirilen duyarlılık analizleri, kriter ağırlıklarındaki sınırlı değişimlerin uygunluk sınıflarının mekânsal dağılımını ve sıralamasını anlamlı düzeyde etkilemediğini ortaya koymuştur. Ayrıca iklim verilerine uygulanan çözünürlük indirgeme (downscaling) yaklaşımı, mutlak mikroklimatik değerler üretmekten ziyade bölgesel iklim örüntülerinin görel mekânsal dağılımını koruyarak uygunluk analizine entegre edilmiştir. Sıcaklık ve rüzgârın 24 saatlik ortalamalar, yağışın ise arıcılık sezonunu temsil eden toplamlar üzerinden değerlendirilmesi, iklimsel etkilerin koloni sağlığı ve üretim sürekliliği açısından daha geeki biçimde modele yansıtılmasını sağlamıştır.

Elde edilen bulgular doğrultusunda geliştirilen AHP–CBS tabanlı uygunluk haritasının, Ardahan ilinde arıcılık faaliyetlerinin planlanması ve yönlendirilmesinde etkin bir karar destek aracı olarak kullanılabilereği değerlendirilmektedir. Bu kapsamda, İl Arıcılık Komisyonu ve ilgili kamu kurumlarının arıcılık yer seçimi, yeni konaklama alanlarının belirlenmesi ve üretim planlamasına yönelik karar süreçlerinde bu çalışmada üretilen uygunluk haritasını referans alması önerilmektedir. Ayrıca geliştirilen yaklaşımın, benzer iklimsel ve ekolojik özelliklere sahip illere uyarlanabilir olması, çalışmanın bölgesel ölçekte uygulanabilirliğini ortaya koymaktadır.

**Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı:** Araştırma tek yazar tarafından yapılmıştır.

**ıkar atışması Beyanı:** Araştırmada herhangi bir çıkar atışması olmadığını beyan eder.

**Veri Kullanılabilirliği:** Mevcut çalışmada kullanılan veya analiz edilen tüm veriler ve materyaller bu yazıda mevcut olup akademik etik kurallarına uygun bir şekilde verilmiştir. Mevcut çalışmada kullanılan veriler ilgili yazardan temin edilebilir.

**Etik Beyanı:** Bu araştırma için etik belgesi gerekli değerdir.

**Finans Kaynağı:** Bulunmamaktadır.

## KAYNAKLAR

Abou-Shaara HF, Al-Ghamdi A, Mohamed A. suitability map for keeping honey bees under harsh environmental conditions using geographical information system. Arabia Saudita. World Appl. Sci. J, 2013; 22.8: 1099-1105,

<https://doi.org/10.5829/idosi.wasj.2013.22.08.7384>

Abou-Shaara, HF. Suitability of current and future conditions to apiculture in Egypt using Geographical Information System. Journal of Agricultural Informatics, 2015; 6 (2): 12-22, <https://doi.org/10.17700/jai.2015.6.2.189>

Ackerman, Josef Daniel. "Abiotic pollen and pollination: ecological, functional, and evolutionary perspectives. Plant Systematics and Evolution 222.1 2000, 167-185. <https://doi.org/10.1007/BF00984101>

Açık, M. S. Konya, Karaman, Aksaray ve Niğe illerinde uygun arıcılık yerlerinin belirlenmesinde AHP ve TOPSIS yöntemlerinin incelenmesi, Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora tezi, Konya 2019, (erişim tarihi 12.08.2025) <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSoruSonucYeni.jsp>

Amiri F, Shariff AB, Arekhi S. An approach for rangeland suitability analysis to apiculture planning in Gharah Aghach region, Isfahan-Iran. World Applied Sciences Journal, 2011;12(7):962-72 <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:16854213>

Amiri F, Shariff A. Application of geographic information systems in land-use suitability evaluation for beekeeping: A case study of Vahregan watershed (Iran). African Journal of Agricultural Research. 2012; 7(1): 89-97, <https://doi.org/10.5897/AJAR10.1037>

Amiri, E., Meixner, M. D., Büchler, R., & Kryger, P. Influence of microclimatic conditions on the health and productivity of honey bee colonies. Journal of Apicultural Research, 2011; 50(1), 23–30. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.50.1.04>

Akın, M, ř; Yılcı, A. Kırsal kalkınma için aracılığın önemi: Refahiye örneği. İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 2022; 9.19: 33-48. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/izusb>

Ardahan Arıcılık Birliği. Ardahan İli Arıcılık Kayıtları ve Üretim Verileri Raporu. 2024. Ardahan.

Ardahan İl Tarım ve Orman Müdürlüğü. Ardahan İli Arıcılık Faaliyetleri Yıllık Raporu (Arıcılık Kayıt Sistemi – AKS İstatistikleri dâhil). 2024. Ardahan.

Ardahan Valiliği. Ardahan Balı Tescillendi. 2017, (09.06.2017) <http://www.ardahan.gov.tr/bal090617> (erişim tarihi: 31.07.2025).

Arıcılık Yönetmeliği, 2011. T.C. Resmi Gazete Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanunu, 5996 sayılı 1/6/2010 Ankara <https://www.tarimorman.gov.tr/Belgeler/Mevzuat/Talimatlar/gkgm/2010-33.pdf> (erişim

- tarihi: 24.07.2025).
- ASF, Alos Palsar  
[https://search.asf.alaska.edu/#/?zoom=6.812  
 &center=41.223,38.571&polygon](https://search.asf.alaska.edu/#/?zoom=6.812&center=41.223,38.571&polygon) adresinden  
 (Erişim tarihi: 29.07.2025)
- Ceylan DA, Sarı F. Konya İli İçin Çok Ölçütlü Karar Analizleri ile En Uygun Arıcılık Yerlerinin Belirlenmesi. *Uludag Bee Journal*, 2017;17(2):59-71, <https://doi.org/10.31467/uluaricilik.373637>
- COPERNICUS, CORINE  
<https://land.copernicus.eu/paneuropean/CORINE-land-cover> 2018.(Erişim; 29. 07. 2025)
- Crane, E. Bees and beekeeping: science, practice and world resources. 1990. ISBN (Paperback): 0-8014-2429-1 0-8014-2429-1
- Dede, V. Ardahan iline ait bazı temel coğrafi özelliklerin ve arazi-toprak verilerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri ile değerlendirilmesi (Kuzeydoğu Anadolu). *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 2023; 11.2: 82-98. <https://doi.org/10.33409/tbbbd.1373909>
- Demir, M. Kars İlinin arıcılık potansiyeli ve değerlendirme durumu. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 2014; 19.32: 209-230. <https://doi.org/10.17295/dcd.34740>
- Demir M. CBS Tabanlı AHP Yöntemi Kullanılarak Kars İlinde Arıcılık Potansiyeli Taşıyan Alanların Belirlenmesi. *Uludag Bee Journal* 2024;24(1):1-25. <https://doi.org/10.31467/uluaricilik.1355161>
- Elmastaş N, Ölmez İ, Vural E. Suitability Analysis of Apiculture (Beekeeping) Activity Areas with Multi-Criteria Method: A Case Study of Adıyaman. *Coğrafya Dergisi*. 2022; (44): 19-30, <https://doi.org/10.26650/JGEOG2022-894419>
- Estoque RC, Murayama Y. Suitability analysis for beekeeping sites in La Union, Philippines Using GIS and Multi-Criteria Evaluation Techniques. *Research Journal of Applied Sciences*. 2010; 5(3): 242-253. <https://doi.org/10.3923/rjasci.2010.242.253>
- Fernandez P, Roque N, & Anjos O. Spatial multicriteria decision analysis to potential beekeeping assessment. Case study: Montesinho Natural Park (Portugal). 19th AGILE International Conference on Geographic Information Science-Geospatial Data in a Changing World, HelsinkiFinlandiya, Book of Proceedings, 14-17 June 2016.
- Hilmi, M., Bradbear, N., & Mejia, D. Beekeeping and sustainable livelihoods. Rural Infrastructure and Agro-Industries Division Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO, Rome 2011 ISBN 978-92-5-107062-8
- Fick SE, Hijmans RJ. WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International journal of climatology*. 2017; 37(12):4302-4315, <https://doi.org/10.1002/joc.5086>
- Forman, Ernest H., and Saul I. Gass. "The analytic hierarchy process—an exposition." *Operations research* 49.4 (2001): 469-486. <https://doi.org/10.1287/opre.49.4.469.11231>
- Glawion, L., Polz, J., Kunstmann, H. et al. Global spatio-temporal ERA5 precipitation downscaling to km and sub-hourly scale using generative AI. *npj Clim Atmos Sci* 8, 219 2025;. <https://doi.org/10.1038/s41612-025-01103-y>
- Goepel, K.D. Implementation of an Online Software Tool for the Analytic Hierarchy Process (AHP-OS). *International Journal of the Analytic Hierarchy Process*, 2018; Vol. 10 Issue 3 2018, pp 469-486. <https://doi.org/10.13033/ijahp.v10i3.590>
- Googlemaps. <https://www.google.com/maps> 2021; (Erişim Tarihi 29. 08. 2025)
- Gorgi, M; Piri S, Hosein; N, S. Potential analysis of beekeeping land use development using Analytical Hierarchy Process (Case study: Tamin rangelands–Mirjaveh city). *Geography and Development*, 2019; 17.55: 237-256. <https://doi.org/10.22111/GDIJ.2019.4586>
- Groh, C., Tautz, J., & Rössler, W. Synaptic organization in the adult honey bee brain is influenced by brood-temperature control during pupal development. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2004. 101(12), 4268-4273. <https://doi.org/10.1073/pnas.040077310>
- HGM 2024. Harita Genel Müdürlüğü. <https://www.harita.gov.tr/urun/il-ve-ilce-yuz-olcumleri/176> (erişim tarihi: 16. 07. 2025).
- Jimenez, David A., et al. "Assessing downscaling techniques for frequency analysis, total precipitation and rainy day estimation in CMIP6 simulations over hydrological years." *Hydrology and Earth System Sciences* 28.9 2024: 1981-1997.
- Johansson, T. S. K., & Johansson, M. P. Some aspects of water relations in the honey bee colony. *Bee World*, 1978. 59(4), 129–140. <https://doi.org/10.1080/0005772X.1978.11097758>
- Heinrich, B. *The Hot-Blooded Insects: Strategies and Mechanisms of Thermoregulation*. Harvard University Press. 1993. ISBN 0-674-40838-1
- Kaltakkıran, G. Ardahan ilinin meteorolojik verilerindeki değişimin istatistiksel olarak incelenmesi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2024. 14(1), 208-226. <https://doi.org/10.17714/gumusfenbil.1242946>
- KGM. Karayolları Genel Müdürlüğü. 2023, <https://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/>

- Bolgeler/18Bolge/ YolAgi.aspx (erişim tarihi: 16. 07. 2025).
- Koçman A. Kura Nehri yukarı havzasında doğal bitki toplulukları ve yetişme ortamı özellikleri (NE Anadolu). *Ege Coğrafya Dergisi*, 1990. 5, 1, 44-54.
- Koday, Z And Gevker, Ş. "Ardahan İlinin İdari Coğrafya Analizi." 21. Yüzyılda Türkiye Coğrafyası Araştırmaları, Gazi Kitabevi, 2020, Pp.239-267.
- Kulikovski, D., Peng, C. Y. S., & Lin, H. Influence of windbreaks on honey bee flight activity and colony development. *Apidologie*, 2000. 31(4), 407–413.  
<https://doi.org/10.1051/apido:2000120>
- Kremen, C., Williams, N. M., & Thorp, R. W. Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2007. 99(26), 16812–16816.  
<https://doi.org/10.1073/pnas.262413599>
- Maris, N., Mansor, S., Shafri, H., Apicultural Site Zonation Using GIS and Multi-Criteria Decision Analysis. *Pertanika J. Trop. Agric. Sci.* 2008; 31(2), 147-162.
- McAfee, A., Chapman, A., Higo, H., Underwood, R., Milone, J., Foster, L. J., ... & Pettis, J. S. Vulnerability of honey bee queens to heat-induced loss of fertility. *Nature sustainability*, 2020. 3(5), 367-376.  
<https://doi.org/10.1038/s41893-020-0493-x>
- Mercan Ç. Coğrafi bilgi sistemi ve AHP ile arıcılık faaliyet alanları için arazi uygunluk değerlendirmesi: Bitlis/Türkiye örneği *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 2023,23(1):61-77.  
<https://doi.org/10.31467/uluaricilik.1245078>
- O'Brien, R. M. A caution regarding rules of thumb for variance inflation factors. *Quality & Quantity*, 41, 673–690. 2007;.  
<https://doi.org/10.1007/s11135-006-9018-6>
- OpenStreetMap Map of Kars Province 2022.  
<https://www.openstreetmap.org/#map=9/40.4908/42.6736> (erişim tarihi: 29. 07. 2025).
- Özgökçe, F., Ünal, M., Kemeç, S., Ardahan ballı bitki florası. T.C. Serhat Kalkınma Ajansı, Araştırma Raporu, 2024 ISBN: 978-605-70780-6-3
- Pantoja, G., Gómez, M., Contreras, C., Grimau, L., & Montenegro, G. Determination of suitable zones for apitourism using multi-criteria evaluation in geographic information systems: a case study in the O'Higgins Region, Chile. *Ciencia e investigación agraria: revista latinoamericana de ciencias de la agricultura*, 2017; 44(2), 139-153.  
<http://dx.doi.org/10.7764/rcia.v44i2.1712>
- Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., & Kunin, W. E. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, 2010. 25(6), 345–353.  
<https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.01.007>
- Roberts, S. P., & Harrison, J. F. Mechanisms of thermoregulation in flying bees. *American Zoologist*, 1998. 38(3), 492-502.  
<https://doi.org/10.1093/icb/38.3.492>
- Roque, N., Fernandez, P., Silveira, C., Vilas-Boas, M., & Anjos, O. Using analytic hierarchy process to assess beekeeping suitability in Portuguese controlled areas: a first approach. *Insects*, 2024. 15 (2), 91.  
<https://doi.org/10.3390/insects15020091>
- Saaty, T.L. *The Analytic Hierarchy Process*, New York: McGraw Hill. Pittsburgh: RWS Publications 1980; ISBN: 0070543712, 9780070543713
- Saaty, T. L. Decision making with the analytic hierarchy process. *International journal of services sciences*, 2008; 1(1), 83-98.  
<https://doi.org/10.1504/IJSSci.2008.01759>
- Sarı, F. Ceylan, DA, Özcan, MM Arıcılık uygunluğunun belirlenmesinde çok kriterli karar analiz tekniklerinin karşılaştırılması. *Apidologie* 2020a; 51, (481–498)  
<https://doi.org/10.1007/s13592-020-00736-7>
- Sarı F, Kandemir İ, Ceylan D.A, Gül A. Using AHP and PROMETHEE multi-criteria decision making methods to define suitable apiary locations. *Journal of Apicultural Research*.2020b; 59(4): 546-557.  
<https://doi.org/10.1080/00218839.2020b.1718341>.
- Sarı, F, & Kandemir, I. A Geographic approach for determining honey bee conservation areas for sustainable ecosystem services. *Arabian Journal of Geosciences*, 2022; 15, 731. <https://doi.org/10.1007/s12517-022-10017-5>
- Seeley, T. D. *The wisdom of the hive: the social physiology of honey bee colonies*. Harvard University Press. 2009. ISBN 9780674953765
- Szabo, T. I. Water collection by honey bees. *Journal of Apicultural Research*, 1980. 19(3), 165–170.  
<https://doi.org/10.1080/00218839.1980.11199997>
- Taherdoost, H., & Madanchian, M. Multi-criteria decision making (MCDM) methods and concepts. *Encyclopedia*, 2023; 3(1), 77-87.  
<https://doi.org/10.3390/encyclopedia3010006>
- Tarım ve Orman Bakanlığı 2022.  
<https://arastirma.tarimorman.gov.tr/aricilik/Lin k/2/Arıcılık-Istatistikleri> (erişim tarihi: 19. 07. 2025).
- Tautz, J., Maier, S., Groh, C., Rössler, W., & Brockmann, A. Behavioral performance in adult honey bees is influenced by the temperature experienced during their pupal development. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2003.100(12), 7343-

7347.  
<https://doi.org/10.1073/pnas.1232346100>
- Tennakoon, S, Apan, A, Maraseni, T, Altarez R.D. Decoding the impacts of space and time on honey bees: GIS based fuzzy AHP and fuzzy overlay to assess land suitability for apiary sites in Queensland, Australia. *Applied Geography*, 2023; 155: 102951. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2023.102951>
- Triantaphyllou, Evangelos. Multi-criteria decision making methods. In: *Multi-criteria decision making methods: A comparative study*. Springer, Boston, MA, 2000. p. 5-21. [https://doi.org/10.1007/978-1-4757-3157-6\\_2](https://doi.org/10.1007/978-1-4757-3157-6_2)
- Tunçel, H. Türkiye'de (1966-1986 yılları arasında) arıcılığa genel bir bakış. *Türkiye Coğrafyası Uygulama ve Araştırma Merkezi Dergisi*, 1992; 1, 97-126.
- TÜİK Türkiye İstatistik Kurumu <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Hayvansal-Uretim-Istatistikleri-2024>, (erişim tarihi: 14. 08. 2025).
- Türk Patent ve Marka Kurumu. Ardahan Çiçek Balı Coğrafi İşaret Tescil Belgesi. 2017, <https://ci.turkpatent.gov.tr/cografisaretler/detay/38103> (erişim tarihi: 14. 08. 2025).
- Vargas, L. G. An overview of the analytic hierarchy process and its applications. *European journal of operational research*, 1990, 48.1: 2-8. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90056-H](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90056-H)
- Whitehead, Donald R. "Wind pollination in the angiosperms: evolutionary and environmental considerations. *Evolution* 1969: 28-35. <https://doi.org/10.2307/2406479>
- Widiatmaka., Ambarwulan W, Sjamsudin CE, Syaufina L. Geographic information system and analytical hierarchy process for land use planning of beekeeping in forest margin of Bogor Regency, Indonesia. *Jurnal Silvikultur Tropika*. 2016; 7(3): p50-S57, <https://doi.org/10.29244/j-siltrop.7.3>
- Winston, M. L. *The biology of the honey bee*. Harvard University Press. (1991) ISBN 9780674074095
- Zoccali, P., et al. A novel GIS-based approach to assess beekeeping suitability of Mediterranean lands. *Saudi journal of biological sciences*, 2017, 24.5: 1045-1050. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2017.01.062>



©2026 Bursa Uludag University

**International copyright: CC BY-NC-ND 4.0**

**This article is licensed under Creative Commons Attribution-Non Commercial-No Derivatives 4.0**

**To view a copy of this licence, visit:**

**<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>**