

**AHP YÖNTEMİ VE CBS ANALİZLERİ KULLANILARAK  
HEYELAN DUYARLILIK HARİTALARININ  
ÜRETİLMESİ**

**PRODUCTION OF LANDSLIDE SUSCEPTIBILITY MAPS  
BY USING AHP METHOD AND GIS ANALYSES**

**ELÇİN ACAR**

**PROF. DR. MURAT ERCANOĞLU**

**Tez Danışmanı**

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı için Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

ELÇİN ACAR'ın hazırladığı "AHP Yöntemi ve CBS Analizleri Kullanılarak Heyelan Duyarlılık Haritalarının Üretilmesi" adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Harun SÖNMEZ

Başkan



Prof. Dr. Murat ERCANOĞLU

Danışman



Prof. Dr. Dilek TÜRER

Üye



Doç. Dr. Celal TUNUSLUOĞLU

Üye



Dr. Öğr. Üyesi Nehir VAROL

Üye



Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak ..... / ..... /..... tarihinde onaylanmıştır.

Prof. Dr. Menemşe GÜMÜŞDERELİOĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında,

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

13 / 06 / 2019



ELÇİN ACAR

## YAYINLANMA FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayımlanan "*Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge*" kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricince YÖK Ulusal Tez Merkezi / H. Ü. Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir.
- Enstitü / Fakülte yönetim kurulu gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren .... ay ertelenmiştir.
- Tezim ile ilgili gizlilik kararı verilmiştir.

13/06/2019

ELÇİN ACAR

## ÖZET

### AHP YÖNTEMİ VE CBS ANALİZLERİ KULLANILARAK HEYELAN DUYARLILIK HARİTALARININ ÜRETİLMESİ

**Elçin ACAR**

**Yüksek Lisans, Jeoloji Mühendisliği Bölümü**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Murat ERCANOĞLU**

**Haziran 2019, 108 sayfa**

Bu çalışma kapsamında, heyelanların sıklıkla meydana geldiği Batı Karadeniz Bölgesindeki Kastamonu ili sınırları içinde bulunan İnebolu Havzasında bir heyelan duyarlılık çalışması gerçekleştirilmiştir. 11400 ha alana sahip havzanın heyelan duyarlılık değerlendirmesinin yapılabilmesi için öncelikle literatür taraması sonucunda elde edilen bilgiler ve sahaya ait mevcut veriler göz önünde bulundurularak, heyelana sebep olabilecek faktörler belirlenmiştir. Eğim, bakı, yükseklik, eğrisellik, akarsuya uzaklık, topoğrafik nemlilik indeksi (TWI), sediman taşıma kapasite indeksi (LS Faktörü), akarsu aşındırma gücü indeksi (RSP), litoloji, arazi örtüsü/kullanımı olarak toplam 10 faktör belirlenmiş ve bunlara ilişkin haritalar, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) tabanlı yazılımlar kullanılarak üretilmiştir. Sonraki aşamada ise, tüm faktörlerin birbiri ile olan ilişkilerinin tespit edilebilmesi amacıyla, özellikle son yıllarda bu tür analizlerde sıklıkla kullanılan klasik Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi kullanılmış ve elde edilen ağırlık

değerleri ile sahaya ait heyelan duyarlılık haritası üretilmiştir. Ayrıca, sahada daha önce çalışmış ve birçok kez saha çalışması için bölgede bulunmuş olan 4 farklı uzmanın görüşleri de alınarak, AHP ile 4 farklı sonuç haritası ile ortalama değerlerin kullanıldığı toplamda beş harita daha oluşturulmuştur. Ayrıca, üretilmiş tüm haritaların performansları, ROC analizleriyle denetlenmiş ve tatmin edici performans sonuçları elde edilmiştir. Son olarak, yazar ve 4 uzmanın görüşleri doğrultusunda, bölgedeki heyelanların oluşumunda en etkin parametrelerin, eğim, yükseklik, litoloji, akarsuya uzaklık ve arazi kullanımı/örtüsü parametreleri olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS), Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), heyelan, heyelan duyarlılık, İnebolu Havzası

## **ABSTRACT**

### **PRODUCTION OF LANDSLIDE SUSCEPTIBILITY MAPS BY USING AHP METHOD AND GIS ANALYSES**

**Elçin ACAR**

**Master of Science, Department of Geological Engineering**

**Supervisor: Prof. Dr. Murat ERCANOĞLU**

**June 2019, 108 pages**

Within the scope of this study, a landslide susceptibility analysis was carried out in the Inebolu Basin in the boundaries of the Kastamonu province in the Western Black Sea Region, where landslides occur frequently. In order to carry out the landslide susceptibility evaluation of this basin that has an area of 11400 hectares, the factors that may cause landslides were specified by considering the information obtained from the results of the literature reviews and the data related to the region. A total of 10 factors have been identified as: slope, aspect, elevation, curvature, distance to stream, topographic wetness index (TWI), sediment transport capacity index (LS), relative stream power (RSP), lithology, land cover/ use, and factor maps were generated by using Geographic Information System (GIS) based softwares. In the next stage, in order to identify the interrelation of each factors, classical Analytical Hierarchy Process (AHP)

method, which has been often used in such analyzes in recent years, was considered and the landslide susceptibility map of the region was produced by obtained. Besides, 4 different results were obtained from 4 different experts who had worked in the field and had been in the region many times for field works. As a result, 4 more different result maps were generated and also an average landslide susceptibility map, that is the average of both the author's and 4 experts' results, was also produced. In addition, the performances of all maps were checked by ROC analysis and satisfactory performance results were obtained. Finally, in accordance with the opinions of the author and 4 experts, it was determined that the most effective parameters related to landslides in the region are slope, elevation, lithology, distance to stream and land use/cover.

**Keywords:** Geographic Information System (GIS), Analytic Hierarchy Process (AHP), landslide, landslide susceptibility, Inebolu Basin



## TEŞEKKÜR

Tez alıőmam boyunca destek ve yardımlarını esirgemeyen; kıymetli görüş ve önerileri ile beni yönlendiren Deęerli Hocam Sayın Prof. Dr. Murat ERCANOğLU'na,

Her koşulda yanımda olan, bana inanan, hayatımı güzelleştiren, kolaylaştıran ve daha anlamlı kılan, yol arkadaşım, biricik eşim Altuę ACAR'a,

Çalıőmalarım süresince büyük bir anlayış ve sabırla yanımda olan, bana hayatı yeniden öğreten ve sayesinde kendimi bulduğum canım oğlum Ege'ye,

Bana olan inancını hiç kaybetmeden, bıkmadan ve usanmadan manevi desteği ile yanımda olan ve hayatımda olduğu için çok şanslı hissettiğim sevgili dostum Sibel Nihal Tekin'e,

Sonsuz Teőekkürler...

Elçin ACAR

Mayıs 2019, Münih

# İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT .....	iii
TEŞEKKÜR .....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
KISALTMALAR .....	xi
1. GİRİŞ.....	12
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	14
3. HEYELAN KAVRAMI VE GENEL BİLGİLER .....	25
3.1. Hareket Tipi ve Malzemenin Cinsine Göre Heyelan Türleri .....	27
3.1.1. Düşme Tipi Heyelanlar .....	28
3.1.2. Devrilme Tipi Heyelanlar.....	29
3.1.3. Kayma Tipi Heyelanlar .....	30
3.1.4. Yayılma Tipi Heyelanlar .....	31
3.1.5. Akma Tipi Heyelanlar .....	32
3.1.6. Karmaşık Tip Heyelanlar .....	32
4. İNCELEME ALANININ TANITIMI .....	35
4.1. Eğim 36	
4.2. Bakı 38	
4.3. Yükseklik .....	39
4.4. Arazi Örtüsü/ Kullanımı.....	40
4.5. Litoloji.....	41
5. YÖNTEM.....	44
5.1. Problemin Tanımlanması .....	45
5.2. Karşılaştırma Matrisinin Oluşturulması .....	46
5.3. Faktörlerin Yüzde Önem Dağılımlarının Belirlenmesi.....	47
5.4. Faktör Karşılaştırmalarındaki Tutarlılığın Ölçülmesi .....	48
5.5. Faktörlerin m Karar Noktasındaki % Önem Dağılımlarının Bulunması.....	49

5.6. Karar Noktalarındaki Sonuç Dağılımının Bulunması.....	49
6. AHP YÖNTEMİYLE HEYELAN DUYARLILIK HARİTALARININ ÜRETİLMESİ.....	51
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	87
8. KAYNAKLAR .....	90
EKLER.....	94
EK 1 – Tez Çalışması Orjinallik Raporu.....	94
ÖZGEÇMİŞ .....	95



## ŞEKİLLER

Şekil 3.1. Mülga Afet İşleri Genel Müdürlüğü ve AFAD Başkanlığı'nın 1959-2013 yılları arasındaki kayıtlarına göre ülkemizde meydana gelmiş olan heyelanların illere göre dağılım histogramı (ÇEM Genel Müdürlüğü, 2016).....	26
Şekil 3.2. AFAD kayıtlarına göre Türkiye'de meydana gelmiş olan heyelanların illere göre dağılımı (ÇEM Genel Müdürlüğü, 2016).....	26
Şekil 3.3. Varnes'in sınıflamasına göre hareket tipi ve malzemenin cinsine göre heyelanların görünümü (KGM, 2015).....	28
Şekil 3.4. Düşme tipi heyelanlar (USGS, 2004) .....	29
Şekil 3.5. Devrilme tipi heyelanlar (USGS, 2004).....	29
Şekil 3.6. Devrilme tipi heyelanlar (USGS, 2004).....	30
Şekil 3.7. Düzlemsel kayma (USGS, 2004).....	30
Şekil 3.8. Dönel kayma (USGS, 2004) .....	31
Şekil 3.9. Yayılma tipi heyelanlar (USGS, 2004).....	31
Şekil 3.10. Kaya akması (USGS, 2004).....	32
Şekil 3.11. Toprak/ Zemin akması (USGS, 2004) .....	32
Şekil 3.12. Karmaşık tip heyelanlar (USGS, 2004) .....	33
Şekil 4.1. İnebolu Havzası genel görünümü .....	35
Şekil 4.2. Çalışma alanına ait yer bulduru haritası.....	36
Şekil 4.3. İnebolu Havzası eğim haritası.....	37
Şekil 4.4. İnebolu Havzası bakı haritası.....	38
Şekil 4.5. İnebolu Havzası yükseklik haritası .....	39
Şekil 4.6. İnebolu Havzası arazi örtüsü/ kullanımı haritası.....	40
Şekil 4.7. İnebolu Havzası 1/25000 ölçekli jeoloji haritası (MTA Genel Müdürlüğü, 1988) .....	42
Şekil 4.8. İnebolu Havzasındaki saha çalışmasından genel bir görüntü .....	42
Şekil 4.9. İnebolu Havzasındaki saha çalışmasından genel bir görüntü .....	43
Şekil 6.1. Heyelana neden olan hazırlayıcı ve tetikleyici faktörler (Gökçeoğlu ve Ercanoğlu, 2001). .....	51
Şekil 6.2. İnebolu Havzasına ait veriler kullanılarak oluşturulan ve sınıflandırılan tüm raster haritalar.....	53

Şekil 6.3. Çalışma alanına ait heyelan duyarlılık haritası (yazar tarafından üretilen). ...	80
Şekil 6.4. Çalışma alanına ait heyelan duyarlılık haritası (Uzman-1). .....	81
Şekil 6.5. Çalışma alanına ait heyelan duyarlılık haritası (Uzman-2). .....	82
Şekil 6.6. Çalışma alanına ait heyelan duyarlılık haritası (Uzman-3). .....	83
Şekil 6.7. Çalışma alanına ait heyelan duyarlılık haritası (Uzman-4). .....	84
Şekil 6.8. Çalışma alanına ait heyelan duyarlılık haritası (ortalama). .....	85
Şekil 6.9. Üretilen heyelan duyarlılık haritalarının ROC eğrileri.....	86



## ÇİZELGELER

Çizelge 3.1. Türkiye’de 20. yüzyılın başından bu yana doğal afetler sonucunda yıkılmış konut sayısı (Ergünay, 2007). .....	25
Çizelge 3.2. Hareket tipi ve malzemenin cinsine göre heyelan çeşitleri .....	27
Çizelge 4.1. İnebolu Havzasının eğim sınıfları dağılımı.....	37
Çizelge 4.2. İnebolu Havzasının bakı grupları dağılımı.....	38
Çizelge 4.3. İnebolu Havzasının yükseklik sınıfları dağılımı .....	39
Çizelge 4.4. İnebolu Havzasının arazi örtüsü kullanım sınıfları dağılımı.....	41
Çizelge 5.1. İkili karşılaştırma önem değerleri tablosu (Saaty, 1980) .....	46
Çizelge 6.1. Parametreler için ikili karşılaştırmalar matrisi ve ağırlık değerleri .....	55
Çizelge 6.2. Alt kriterler için ikili karşılaştırmalar matrisi ve ağırlık değerleri.....	56
Çizelge 6.3. Parametreler için ikili karşılaştırmalar matrisi ve ağırlık değerleri (Uzman-1).....	60
Çizelge 6.4. Alt kriterler için ikili karşılaştırmalar matrisi ve ağırlık değerleri (Uzman-1) .....	61
Çizelge 6.5. Parametreler için ikili karşılaştırmalar matrisi ve ağırlık değerleri (Uzman-2).....	64
Çizelge 6.6. Alt kriterler için ikili karşılaştırmalar matrisi ve ağırlık değerleri (Uzman-2) .....	65
Çizelge 6.7. Parametreler için ikili karşılaştırmalar matrisi ve ağırlık değerleri (Uzman-3).....	68
Çizelge 6.8. Alt kriterler için ikili karşılaştırmalar matrisi ve ağırlık değerleri (Uzman-3) .....	69
Çizelge 6.9. Parametreler için ikili karşılaştırmalar matrisi ve ağırlık değerleri (Uzman-4).....	72
Çizelge 6.10. Alt kriterler için ikili karşılaştırmalar matrisi ve ağırlık değerleri (Uzman-4).....	73
Çizelge 6.11. Parametreler için ikili karşılaştırmalar matrisi ve ağırlık değerleri (ortalama) .....	76
Çizelge 6.12. Alt kriterler için ikili karşılaştırmalar matrisi ve ağırlık değerleri (ortalama) .....	77

## KISALTMALAR

AHP	Analytic Hierarchy Process
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
AFAD	Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
ÇEM	Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü
KGM	Karayolları Genel Müdürlüğü
MTA	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü

# 1. GİRİŞ

Yamaçlarda bulunan malzemenin, farklı etkiler sonucunda aşağı yönlü hareketi ile gerçekleşen heyelanlar; insanlar, çevre ve ekonomi açısından oldukça büyük kayıplara sebep olmakta ve bu kayıplar ülkemizde meydana gelmiş tüm afetler arasında, ilk sıralarda yer almaktadır. Yol açtığı hasar ve kayıplar dikkate alındığında, Türkiye’de depremlerden sonra ikinci sırada bulunan heyelanlar, günümüze değin çok sayıda can ve mal kaybına yol açmıştır. Bu gerçekten yola çıkarak, özellikle son 15-20 yıl içinde, Türkiye’de heyelanlarla ilgili çok sayıda proje hayata geçirilmiş; araştırmalar ve bilimsel yayınlar açısından da son derece önemli ilerlemeler kaydedilmiştir.

Heyelanlar ve heyelanlardan kaynaklanan zararların azaltılmasına yönelik yapılan çalışmalarda temel amaç, ilk aşamada heyelan yerlerinin ve özelliklerinin içerildiği envanter haritaları ve veri tabanlarının oluşturulmasıdır. Bu nedenle, gerçekleştirilen analizlerle heyelana duyarlı bölgelerin belirlenebilmesi; dağılımlarının ve nedenlerinin ortaya konulabilmesi, tehlike ve risk haritalarının oluşturulması ve alınacak önlemlerle kayıpların en aza indirilebilmesi açısından büyük önem arz etmektedir. Zira, heyelan duyarlılık ve tehlike analizleri için temel altlık oluşturan bu çalışmaların kalitesi ve güvenilirliği, elde edilecek sonuçları doğrudan etkileme potansiyeline sahiptir. Bununla birlikte, dünyanın birçok bölgesinde olduğu gibi, ülkemizde de bazı bölgeler için heyelan envanter haritaları ve veri tabanlarında eksiklikler olabilmektedir. Ülkemizde bu konuya dair son derece ayrıntılı çalışmalar halen yapılmakla birlikte, veri eksikliği ve/veya veriye ulaşmada yaşanabilecek güçlükler de göz ardı edilmemelidir.

Yukarıda değinilen ve bu kapsamda değerlendirilerek yürütülen bu tez çalışmasındaki temel amaç, heyelanların sıklıkla meydana geldiği Batı Karadeniz Bölgesinde bulunan İnebolu Havzası’nda, bölgenin heyelan duyarlılık değerlendirmesinin yapılmasıdır. Ayrıca, sağlıklı bir veri tabanı ve/veya envanter haritasının olmadığı durumlarda dikkate alınabilecek yöntemlerden biri olan klasik AHP (Analytic Hierarchy Process) yönteminin uygulamadaki kullanımının araştırılması ve seçilen bölge için heyelan duyarlılığının değerlendirilmesi de temel hedeflerden birisidir. Bu amaçlar doğrultusunda, seçilen alandaki heyelanların oluşumunda etkin olduğu düşünülen parametreler belirlenerek, özellikle son yıllarda bu tür analizlerde sıklıkla kullanılan AHP yöntemi, CBS (Coğrafi



Bilgi Sistemi) tabanlı analizler ile değerlendirilmiş ve heyelan duyarlılık analizleri gerçekleştirilmiştir.



## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Genel olarak değerlendirildiğinde, heyelan duyarlılık çalışmaları ve AHP modeli üzerine hem ulusal, hem de uluslararası literatürde birçok farklı çalışma bulunmaktadır. Bu nedenle, yapılan çalışmaya temel oluşturabilecek ve mümkün olduğunca güncel olan ve ulaşılabilen çalışmaların özeti, izleyen paragraflarda sunulmuştur:

Yalçın (2007), heyelan duyarlılık analizleri için potansiyel alanların belirlenmesine yönelik gerçekleştirdiği çalışmada, karmaşık çok kriterli karar verme süreçlerinde önceliklere dayanan ölçüm yöntemi olan AHP modelini kullanmıştır. Ardeşen yöresinde gerçekleştirilen çalışmada, eğim, bakı, akarsulara uzaklık, yollara uzaklık, drenaj yoğunluğu, litoloji ve arazi örtüsü verileri kullanılmış ve bölgenin heyelan envanter haritası vasıtasıyla heyelanlarla ilişkileri tespit edilerek “ikili karşılaştırmalar matrisi” ile ağırlıklandırılmıştır. Çalışma sonucu elde edilen heyelan duyarlılık haritası, hava fotoğrafları ve arazi çalışmaları ile tespit edilmiş olan aktif 56 heyelan alanında kontrol edilmiş ve %84 oranında uyumluluk tespit edilmiştir. Ayrıca, elde edilen heyelan duyarlılık zonları ile bölgeye ait bina konum haritası karşılaştırılarak konutların heyelan duyarlılık alanlarına göre dağılımları da belirlenmiştir. Buna göre, bölgedeki konutların yaklaşık %30’unun yüksek ve çok yüksek seviyede heyelana duyarlı alanlar içinde bulunduğu tespit edilmiştir.

Farklı sektörlerin karar verme süreçlerinde de önemli bir ölçüm yöntemi olarak kullanılan AHP modeli, Özyörük ve Özcan (2008) tarafından, tedarikçi seçimi için bir örnek çalışmaya konu olmuştur. Gerçekleştirilen çalışmada, otomotiv sektöründe üretim yapan bir firma için üretimden son kullanıcıya ulaşana kadar gerçekleşen tüm süreç boyunca, malzemenin temini, üretimi ve dağıtım aşamalarının tümünü kontrol edebilmek amacıyla bir tedarikçi seçim uygulaması gerçekleştirilmiştir. Bunun için öncelikle, farklı alternatifler tanımlanmış ve kriterler belirlenmiştir. Ürünün kalitesi, siparişteki ürün özelliklerine uyum, sipariş miktarına uyum, teslim tarihine uyum ve sorunlara yaklaşım olarak belirlenen kriterlerin kendi aralarında ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuş ve takibinde her alternatif için öncelik değerleri de hesaplanarak, elde edilen sonuçlar doğrultusunda tedarikçi seçim kararı verilmiştir.

Kavas (2009) İzmir ilinde gerçekleştirmiş olduğu heyelan duyarlılık analizi için, bölgenin mevcut mekânsal verilerinin birbirleri arasındaki ilişkinin göz önünde bulundurularak analiz edilebilmesi maksadıyla AHP modelini kullanmıştır. Böylelikle, öncelikle bölgede heyelan gerçekleştirme potansiyeli taşıyan alanların belirlenmesi; sonrasında ise heyelandan etkilenecek olan nüfus analizlerinin yapılması hedeflenmiştir. Bölgedeki heyelan duyarlılık durumunu belirleyebilmek için litoloji, sıcaklık, eğim, bakı, topoğrafik nemlilik indeksi, yağış, drenaj yoğunluğu, akarsu güç indeksi, orman kapallığı ve arazi kullanımı olmak üzere 10 adet faktör kullanılmış ve her bir faktör heyelana etkileri göz önünde bulundurularak “Topoğrafik Süreçler”, “Hareket Ettirici Güç” ve “Koruma Düzeyi” grupları halinde sınıflandırılmış; sınıflara 0-100 aralığında puanlar atanmıştır. Sonuç olarak, bölge heyelan duyarlılık açısından “Çok Yüksek”, “Yüksek”, “Orta” ve “Düşük” olmak üzere 4’e ayrılmış ve yüzdeleri sırasıyla %19.4; %21.1; %32.9 ve %26.5 olarak hesaplanmıştır. AHP kullanılarak elde edilen heyelan duyarlılık haritası daha sonra bölgenin nüfus verileri ile karşılaştırılarak heyelandan etkilenen nüfus analizleri de gerçekleştirilmiş ve bölge nüfusunun %44.2’sinin düşük; %50.3’ünün orta; % 5.4’ünün yüksek ve % 0.1’inin ise çok yüksek heyelan duyarlılığına sahip bölgelerde yaşadığı tespit edilmiştir.

Dağ ve Bulut (2012), Türkiye’de en fazla yağış alan ve en fazla heyelan görülen bölgelerin başında gelen Çayeli-Rize’de, 2002 yılı Temmuz ayında gerçekleşen sağanak sonucu meydana gelmiş heyelanları araştırabilmek ve bölgenin heyelan duyarlılık haritasının hazırlanabilmesi için gerçekleştirdikleri çalışmada, öncelikle sahanın heyelan envanter haritasını oluşturmuş ve toplamda 149 adet heyelan haritalamışlardır. Daha sonra bölgenin heyelan parametreleri değerlendirmeye alınmış ve yapılan incelemeler sonucunda litoloji, eğim, bakı, arazi örtüsü, yükseklik ve akarsuya yakınlık faktörlerinin heyelanlar üzerinde etkin olduğu belirlenmiştir. Mevcut verilerden, CBS analizleri ile, parametrelerin ağırlık değerleri kullanılarak parametre haritaları oluşturulmuş ve heyelan duyarlılık haritası elde edilmiştir. Oluşturulan harita, “çok az duyarlı”dan “çok yüksek duyarlı”ya kadar olmak üzere 5 farklı sınıfa ayrılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen heyelan duyarlılık sınıfları, performans analizi için, mevcut heyelan envanteri ile karşılaştırmış ve bölgede gerçekleşmiş heyelanların %81’inin çok yüksek duyarlı, yüksek duyarlı ve duyarlı alanlarda meydana geldiği belirlenmiştir.

Hasekioğulları ve Ercanoğlu (2012), gerçekleştirdikleri heyelan duyarlılık çalışmalarında CBS'ye dayalı sezgisel yaklaşımların da kullanılmasıyla, birden fazla kriterin mevcut olduğu durumlar için karar verme yöntemlerinden biri olan AHP yöntemini içeren modellerin sıklıkla tercih edilmeye başlandığını vurgulayarak; bu yaklaşım ile Karabük ilinde 567 km<sup>2</sup>'lik bir alanda gerçekleştirmiş oldukları çalışmada, bölgenin heyelan envanterini çıkarmış ve toplamda 101 adet heyelan haritalamışlardır. Çalışmada, bölgenin heyelan duyarlılığını ortaya koymak için belirlenen 13 kriter; yükseklik, akarsulara uzaklık, eğim, bakı, yollara uzaklık, eğrisellik, bitki örtüsü indeksi, yapılar uzaklık, arazi kullanımı, sırtlara uzaklık, sediman taşıma kapasitesi indeksi, akarsu güç indeksi, ve topoğrafik nemlilik indeksidir. Belirlenen kriterler kullanılarak, AHP ve parametrik etki analizleri ile bölgeye ait 7 adet heyelan duyarlılık haritası oluşturulmuş; bunların arasından ise en iyi performansın 9 kriterli oluşturulmuş olan heyelan duyarlılık haritası olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Sonuç haritada, bölge “Çok Düşük”ten “Çok Yüksek”e olmak üzere toplam 5 sınıfa ayrılmış ve sınıflara ait yüzdeler sırasıyla %38.3; % 8.5; % 15; % 20.3 ve % 17.9 olarak belirlenmiştir.

Hindistan'ın Batı Bengal eyaletinde bulunan ve Himalayaların heyelana en duyarlı bölgelerinden biri olan Shiv Khola havzasında Mondal ve Maiti (2012) tarafından gerçekleştirilmiş olan heyelan duyarlılık analizi için de yine AHP modeli kullanılmış ve modele altlık oluşturacak toplamda 7 adet parametre belirlenmiştir. Belirlenen parametreler; litoloji, eğim, bakı, drenaj, arazi örtüsü/kullanımı, yollara uzaklık ve yerleşime uzaklıktır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda bölge “Çok Yüksek”, “Yüksek”, “Kısmen Yüksek”, “Orta”, “Kısmen Düşük”, “Düşük” ve “Çok Düşük” olmak üzere 7 duyarlılık sınıfına ayrılmış ve sahanın %60'ının heyelan duyarlılığı orta ve daha yüksek olarak saptanmıştır. Ayrıca, elde edilen sonuçlar için, yersel veriler kullanılarak yapılan doğrulama çalışması sonucunda %92.86'lık bir doğruluk elde edilmiştir.

Vietnam'ın batısında heyelanların sıklıkla yaşandığı ve yaşam şartlarını ciddi şekilde etkilediği Luoi Bölgesindeki 263 km<sup>2</sup>'lik bir alanda ise, Thanh ve Smedt (2012) tarafından AHP modeli kullanılarak bir heyelan duyarlılık haritalaması yapılmıştır. Çalışmada kullanılacak olan parametreler mevcut verilerin ulaşılabilirliği ve ölçekleri göz önünde bulundurularak, eğim, arazi kullanımı, yağış, topoğrafya, litoloji, faylara uzaklık, akarsulara uzaklık ve yükseklik olarak belirlenmiştir. Söz konusu parametreler

kullanılarak modelden elde edilen sınıflar “Düşük”ten “Çok Yüksek”e olmak üzere toplam 4 sınıfta toplanmıştır. Sonuçlar değerlendirildiğinde bölgenin %37’sinin çok yüksek; %22’sinin ise yüksek heyelan duyarlılığına sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Reis ve ark. (2012), jeoloji, jeomorfoloji ve iklimin etkisiyle Türkiye’nin heyelana en fazla duyarlı illerinden biri olan Rize’de bugüne kadar heyelan kaynaklı çokça can ve mal kaybı yaşandığını belirtmiş ve heyelanın etkisini azaltarak yaşanan bu kayıpları en aza indirebilmek ve planlamacılara saha seçimlerinde rehber olabilmek amacıyla bölgede birçok çalışma yapıldığını vurgulamışlardır. Bu çalışmada, AHP modeli ile bakı, eğim, arazi örtüsü, litoloji, drenaj, yollara uzaklık ve akarsulara uzaklık parametreleri kullanılarak bir heyelan duyarlılık değerlendirme çalışması gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sonuçları “Çok Düşük”ten “Çok Yüksek”e toplam 5 sınıfta gösterilmiş ve bu sınıflara karşılık gelen alan dağılım oranları sırasıyla, %7.14, %27.46, %37.27, %21.73 ve %6.39 olarak tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar ayrıca bölgenin güncel heyelan lokasyon haritası ile de karşılaştırılmış ve büyük oranda tutarlılık gözlemlenmiştir.

İran’ın kuzey doğusunda bulunan Yadak-Tevil havzasında yollara, konutlara ve tarım alanlarına oldukça fazla zarar veren ve en tehlikeli afetlerin başında gelen heyelanlar için Ghafoori ve ark. (2013) tarafından bir analiz çalışması yapılmış ve AHP yöntemi kullanılarak sahanın heyelan duyarlılık haritası oluşturulmuştur. Çalışmada mevcut heyelan envanteri, litoloji, akarsulara uzaklık, eğim, bakı ve yükseklik temel faktörler olarak belirlenmiş ve oluşturulan sonuç haritası 4 sınıfa ayrılmıştır. Çıkan sonuçlara göre bölgenin; %16.13’ünün düşük; %33.34’ünün orta; %33’ünün yüksek ve %17.53’ünün çok yüksek heyelan duyarlılığı olduğu tespit edilmiştir.

Kayastha ve ark. (2013) ise, heyelanların sıkça yaşandığı Nepal’in batısında bulunan Tineu Havzası’nda AHP modeli kullanarak bir heyelan duyarlılık haritalama çalışması gerçekleştirmiştir. Çalışmada eğim, röliyef, litoloji, arazi kullanımı, faylara uzaklık, akarsulara uzaklık ve yağış verilerine dayanan bir analiz çalışması yapılmıştır. Çalışmada kullanılan bu parametreler hem verinin mevcudiyeti, hem de bölgedeki eski heyelanlarla ilişkileri göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar “Düşük”ten “Çok Yüksek”e kadar toplam 4 sınıfta toplanmış ve %10’luk bir alanda çok yüksek

duyarlılık tespit edilmiştir. Ayrıca, gerçekleştirilen analizlerle oluşturulmuş heyelan duyarlılık haritasının doğruluğu da %77,54 olarak saptanmış; bu yönüyle de çalışmanın sonuçlarının şehir planlama, afet ve gelişim planları, politika belirleme aşamalarında önemli bir bilgi kaynağı olabileceği belirtilmiştir.

Farklı sektör ve çalışmalarda AHP modelinin kullanılmasına bir diğer örnek olarak ise Ömürbek ve ark. (2013)'nin Isparta ilinde bulunan 7 ilçe arasından hayvancılık yapılabilecek en uygun alanın bulunabilmesi amacıyla gerçekleştirdikleri yer seçim çalışması ele alınabilir. Çalışma için, çevresel faktörler, işgücü, konum, yasalar ve yatırım maliyetleri 5 kriter olarak ikili karşılaştırma matrisine alınmış ve böylece 7 farklı alternatif arasından optimum kuruluş yerine karar verilebilmiştir. Ayrıca, Isparta İl Genel Meclisinin seçilen bölgede yapılacak olan her türlü et ve süt ürünü temelli tesis projesine destek verilmesine karar vermiş olması da çalışmanın sonuçlarının doğruluğu ve önemi açısından oldukça önemlidir.

Dengiz ve ark. (2014) bu tez çalışmasına konu olan İnebolu havzasının erozyon risk değerlendirmesini yapabilmek amacıyla bir çalışma gerçekleştirmiş ve çalışmada ICONA modelini kullanmışlardır. Çalışmada, eğim ve jeoloji parametreleri kullanılarak öncelikle sahanın potansiyel erozyon risk haritası oluşturulmuş ve sonuçlar “%39.2 çok yüksek”, “%34.1 yüksek”, “%20.1 orta yüksek”, “%4.4 orta” ve “%2.2 düşük” olarak sınıflandırılmıştır. Sonraki aşamada ise, SPOT uydu görüntüleri kullanılarak çalışma alanına ait arazi örtüsü/ arazi kullanımı ve toprak koruma katmanı üretilerek sonuç olarak ICONA erozyon risk haritası oluşturulmuştur. Elde edilen nihai sonuçlara göre, sahanın %52.9'unun yüksek ve çok yüksek erozyon duyarlılığına; %34.5'inin düşük ve çok düşük erozyon duyarlılığına; %12.5'inin ise orta seviyede erozyon duyarlılığına sahip olduğu tespit edilmiştir.

Tekirdağ ilinde Özşahin (2014), CBS teknikleri ve AHP yöntemi kullanarak, niceliksel olarak heyelana etki eden kriterleri belirlemiştir. Eğim, bakı, litoloji, yerçekimleri, fay hatlarına uzaklık, yağış, akarsulara uzaklık, toprak, topoğrafik nemlilik indeksi, arazi örtüsü ve kullanımı ana kriterler olarak tespit edilmiş; bu kriterler göz önünde bulundurularak, alt kriterler (alternatifler) başlığı altında oluşturularak ağırlıklandırılmıştır. Ağırlıklandırma SCB Associates Ltd. tarafından geliştirilmiş olan

AHP Template yazılımı ile yapılmıştır. Sonuç haritada, elde edilen heyelan duyarlılık sınıfları, “Çok Düşük”ten “Çok Yüksek”e olmak üzere toplam 5 sınıfta gösterilmiştir. Çalışmanın sonucunda, Tekirdağ ilinin %51.5’inin orta heyelan duyarlılığına sahip olduğu; ayrıca, çok yüksek duyarlılıktaki alanların oranı %1 iken; yüksek duyarlılık alanlarının %39; düşük duyarlılıktaki alanların %8.2; çok düşük duyarlılığa sahip alanların ise %0.3 oranında olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, çalışmadan elde edilmiş sonuçların, Duman ve ark. (2006) tarafından oluşturulmuş olan Türkiye Heyelan Envanteri Haritası ile uyumlu olduğu da belirlenmiştir.

Erinci ve Sulak (2014), çok sayıda alternatif ve kriteri olan akıllı telefon seçim süreci için AHP modeli ile bir örnek çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmaya konu olacak parametreler farklı kişisel tercih ve beklentileri kapsayacak şekilde belirlenmiş ve nesnel kriterlerin yanı sıra birçok öznel kriteri de içermesi sebebiyle, çalışmada, en çok tercih edilen çok kriterli karar verme metodlarından biri olan AHP modelinin kullanılmasına karar verilmiştir. Çalışma için, belirlenen 16 adet akıllı telefon modeli kamera çözünürlüğü, ağırlık, fiyat, batarya süresi, ekran boyutu, prestij, işletim sistemi ve sevgi kriterleri göz önünde bulundurularak ağırlıklandırılmıştır. Karar verme hiyerarşi algoritması ve ikili karşılaştırma matrisi ile değerlendirme sonucunda önerilen telefon modellerinin genel tüketici tercihleri ile de büyük ölçüde tutarlı olduğu sonucuna varılmıştır.

Özşahin (2015)’in yine AHP metodu kullanarak gerçekleştirdiği bir diğer heyelan duyarlılık analizi ise Trakya yarımadasında heyelanın sıkça görüldüğü ve Trakya’nın en yüksek 2. dağlık sahası olan Ganos (Işıklar) Dağı’ndadır. Eğim, eğim şekli, litoloji, yükseklik, bakı, fay hatlarına uzaklık, yağış, akarsulara mesafe, yollara mesafe, toprak ve arazi örtüsü/ kullanımı parametreleri iki değişkenli istatistiksel yöntem ile ağırlıklandırılmıştır. Bunun için öncelikli olarak sahada meydana gelmiş heyelanların alanları ile heyelana sebep olan faktörler ilişkilendirilmiş ve heyelan yoğunlukları karşılaştırılmış; sonrasında ise her bir alt parametre için frekans oranları tespit edilmiştir. AHP Template yazılımı kullanılarak elde edilen sonuçlar “Çok Düşük”ten “Çok Yüksek”e 5 sınıfa ayrılmış ve çalışma alanının %37.67’sinin yüksek ve çok yüksek; %21.49’unun orta; %40.84’ünün ise düşük ve çok düşük heyelan duyarlılığına sahip olduğu tespit edilmiştir.

Akıncı ve ark. (2015), Türkiye’de heyelan olaylarının sıklıkla yaşandığı Artvin ilinde AHP yöntemini kullanarak bir heyelan duyarlılık analizi yapmış ve söz konusu analiz için litoloji, eğim, bakı, yükseklik ve akarsuya yakınlık parametrelerini kullanarak ikili karşılaştırma matrisi ile bu parametreleri ağırlıklandırmışlardır. Sonuçlar “Çok Düşük”ten “Çok Yüksek”e olacak şekilde 5 sınıfa ayrılmış ve çalışma alanı sırasıyla %11.76; %18.77; %28.95; %25.52 ve %15 olarak sınıflandırılmıştır. Ayrıca, üretilen heyelan duyarlılık haritası mevcut imar planları ile karşılaştırılarak çalışma alanındaki çok yüksek, yüksek, orta, düşük ve çok düşük derecede heyelana duyarlı olan konut dağılımları da sırasıyla %37.18; %30.63; %21.92; %9.10 ve %1.17 olarak tespit edilmiştir.

Myrodis ve ark. (2016) Kıbrıs’ın heyelanların sıkça görüldüğü batı kısmında 450 km<sup>2</sup>’lik bir alanda, 2016 yılında gerçekleştirdikleri çalışmalarında, AHP modeli kullanarak, modele girdi oluşturabilmesi için 10 adet parametre belirlemişlerdir. Bu parametreler; arazi örtüsü, jeolojik yapı, eğim, bakı, yükseklik, toprak, akarsulara uzaklık, yollara uzaklık, yağış ve LS faktörüdür. Modelin uygulanması sonucunda, elde edilen sonuçlar “Düşük”ten “Çok Yüksek”e 4 sınıfta toplanmış ve çalışma alanının %60’ında çok yüksek duyarlılık tespit edilmiştir. Ayrıca, kullanılan AHP algoritmaları ile bölgedeki heyelanlar üzerinde en etkili parametrenin arazi örtüsü olduğu da saptanmıştır. Gerçekleştirilen doğruluk analizi neticesinde ise, çalışmanın sonuçlarından, %73.9’luk bir başarı elde edilmiştir.

Çellek ve ark. (2015) ise, Sinop ili ve çevresinde AHP yöntemi kullanarak bir heyelan duyarlılık değerlendirmesi gerçekleştirmişlerdir. Değerlendirmede, heyelanı kontrol eden faktörler olarak; eğim, bakı, litoloji, arazi kullanımı, yükseklik, yamaç eğriselliği, ana yola uzaklık, akarsuya uzaklık ve yapısal unsurlara uzaklık parametreleri dikkate alınmıştır. Belirlenen faktörler ağırlıklandırılarak grid haritalar üretilmiş ve farklı karşılaştırma matrisleri kullanılarak çeşitli heyelan duyarlılık haritaları üretilmiştir. Farklı matris değerleri ile üretilmiş bu sonuçlar karşılaştırıldığında; bu bölgede heyelanlara etki eden temel faktörlerin bakı, litoloji ve anayola uzaklık olduğu belirlenmiştir. Bölge, bu faktörler değerlendirilerek, heyelan duyarlılığı açısından “Çok Düşük”ten “Çok Yüksek”e 5 sınıfa ayrılmış ve bu sınıfların alansal dağılımları da sırasıyla %10.77; %10.59; %52.64; %25.66 ve %0.34 olarak hesaplanmıştır.



Benzer olarak, Çin'in Gansu Bölgesinde, AHP ve CBS teknikleri kullanılarak, gerçekleştirilen bir heyelan duyarlılık analizi için, öncelikli olarak bölgedeki heyelanların oluşumunda etken 8 adet faktör belirlenmiştir. Çalışmada, eğim, eğrisellik, yükseklik, faylara uzaklık, akarsulara uzaklık, yollara uzaklık, yağış ve litoloji parametreleri kullanılarak, hava fotoğrafları, arazi çalışmaları ve literatür yardımıyla bölgenin heyelan envanteri çıkarılmış ve toplamda 328 adet heyelan haritalanmıştır. Son olarak, AHP yöntemi ile sonuç heyelan duyarlılık haritası oluşturulmuş ve bu sonuç harita 5 duyarlılık sınıfına ayrılmıştır. Elde edilen sonuçların doğruluk analizi için istatistiksel yöntemler kullanılmış ve AHP modelinin %73.74 oranında doğruluk gösterdiği tespit edilmiştir. Bu sonuçtan yola çıkarak, elde edilen heyelan duyarlılık haritasının, arazi risk değerlendirmesi ve arazi kullanım planlamasında kullanımının faydalı olacağı sonucuna ulaşılmıştır (Wu ve ark, 2016).

Kumar ve Anbalagan (2016) ise, Hindistan'ın kuzeyindeki Rim bölgesinde bulunan Tehri Havzasının heyelan duyarlılık analizinin gerçekleştirilmesi için bölgenin jeoloji, toprak, arazi örtüsü/kullanımı, topografya, eğim ve röliyef verilerini kullanarak AHP modeli için girdi oluşturmuştur. Modelden elde edilen sonuçlar sırasıyla %23, %34, %25, %15 ve %3 olarak "Çok Düşük"ten "Çok Yüksek"e 5 sınıfta toplanmıştır. Çalışılan bölgede, drenaj yoğunluğunun olduğu alanların heyelana çok duyarlı; eğimi düşük ve seyrek ormanlık alanların daha az duyarlı; yerleşim alanlarının ise orta-yüksek derecede duyarlı olduğu saptanmıştır. Çalışmanın sonucunda, ayrıca oluşturulmuş modelin doğruluğu da %78.7 olarak hesaplanmıştır.

Achour ve ark. (2017) tarafından, Cezayir'de bir otoyol ve çevresinde AHP metodu ile bir heyelan duyarlılık analizi gerçekleştirilmiş ve söz konusu çalışma için litoloji, eğim, bakı, faylara uzaklık, akarsulara uzaklık ve arazi örtüsü parametreleri kullanılmıştır. Çalışma sahası için ayrıca daha önce gerçekleşmiş olan 29 heyelanı gösteren envanter haritası, tarihsel veriler, uydu görüntüleri, hava fotoğrafları ve arazi çalışmaları yardımıyla güncellenmiştir. Çalışma sonucunda, AHP kullanılarak elde edilen sonuçlar "Düşük"ten "Çok Yüksek"e 4 sınıfa ayrılmıştır. Sonuçlar analiz edildiğinde; çalışma alanının %3'üne karşılık gelen çok yüksek duyarlılıktaki alanlar ile %18'ine karşılık gelen yüksek duyarlılıktaki alanların çalışma sahasında bulunan tarım alanlarından oluştuğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, model doğruluğu da %65.94 olarak hesaplanmıştır.

Dengiz ve ark. (2016)'nın İnebolu Havzası'nda 114 km<sup>2</sup> ve altı mikro havzayı kapsayan bir alanda gerçekleştirmiş oldukları toprak sınıflandırması ve haritalama çalışmasında ise bölgeye ait fizyolojik faktörler ve arazi örtüsü/ arazi kullanımı durumu coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama yöntemleri kullanılarak belirlenmiş; topoğrafya, arazi örtüsü/ kullanımı, jeoloji ve jeomorfoloji haritaları ile arazi gözlemleri sonucu havzada açılan 32 adet profil çukurunun laboratuvar sonuçları incelenmiştir. Değerlendirmeler sonucunda, toprak taksonomi sistemi dikkate alınarak büyük grup düzeyinde bölgeye ait 6 adet toprak sınıfı belirlenmiştir. Bunlardan üçü alüvyal depozitler ve yamaç eğimler üzerinde oluşmuş genç topraklar; diğer üç tanesi ise Inceptisoller olarak sınıflandırılmış; ayrıca sahaya ait 1:25.000 ölçekli toprak haritası da üretilmiştir.

Hindistan'ın Gish Nehri Havzası'nda, Basu ve Pal (2017) tarafından heyelan duyarlılık zonlarının tespit edilebilmesi için gerçekleştirilen bir başka çok kriterli değerlendirme çalışmasında ise, AHP modeli ve toplam 13 kriter, belirlenen 5 ana grup altında analiz edilmiştir. 5 ana grup faktör; tetikleyici faktörler, litolojik faktörler, yüzey faktörleri, antropojenik faktörler ve koruyucu faktörlerdir. Çalışmada, tetikleyici faktörler başlığında: yağış ve deprensellik; litolojik faktörler başlığında: jeoloji, toprak, çizgisellik ve gravite anomalileri; yüzey faktörleri başlığında: eğim, drenaj yoğunluğu ve nispi röliyef; antropojenik faktörler başlığında: yerleşim, tarım ve yollar; koruyucu faktörler başlığı altında ise doğal vejetasyon kriterleri ele alınmıştır. Çalışmanın sonucu "Çok Düşük"ten "Çok Yüksek"e 5 sınıfa ayrılmış ve çok yüksek duyarlılıkta olan zonların akış hızı ve eğimi çok fazla olan yukarı havzada; çok düşük duyarlılıkta olan zonların ise aşağı havzada konumlandığı gözlemlenmiştir.

İnebolu Havzasında Eraslan ve ark. (2017)'nin toprak erozyon duyarlılık durumunun arazi örtüsü/ arazi kullanımı ile ilişkisinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirmiş oldukları çalışmada ise bazı erozyon duyarlılık indeksleri kullanılarak, çalışma sahasındaki toprakların erozyon dirençlerinin arazi örtüsü/ arazi kullanım durumlarına göre nasıl değişiklik gösterdiği çalışılmıştır. Bunun için, 2013 yılının SPOT görüntüleri ve sahanın meşçere haritası kullanılarak arazi örtüsü/ arazi kullanım durumu belirlenmiş ve farklı 3 derinlikten olmak üzere (0-10, 10-20, 20-30 cm) toplamda 690 farklı toprak örneği alınmıştır. Gerçekleştirilen analiz sonuçlarına göre elde edilen havzaya ait erodibilite

değerleri ile arazi örtüsü/ arazi kullanımı durumu karşılaştırıldığında ise aralarında istatistiksel olarak herhangi bir ilişki olmadığı tespit edilmiştir.

Mandal ve Mandal'ın 2018 yılında, Hindistan'ın heyelandan en çok etkilenen bölgelerinden doğu Darjeeling Himalaya bölgesinde bulunan Lish Nehri havzasında, AHP yöntemi kullanarak gerçekleştirdikleri heyelan duyarlılık haritalaması çalışmasında ise öncelikle saha çalışmaları ile birlikte bölgenin topoğrafik haritası ve Quick Bird görüntüleri kullanılarak sahanın heyelan envanter haritası çıkarılmış ve bölgede çeşitli büyüklüklerde toplamda 188 adet heyelan belirlenmiştir. Sonrasında, eğim, bakı, eğrisellik, yükseklik, röliyef, jeomorfoloji, jeoloji, deprensellik, fay hatlarına uzaklık, toprak, arazi örtüsü/ kullanımı, NDVI, akarsulara uzaklık, drenaj yoğunluğu, akarsu güç indeksi, topoğrafik nemlilik indeksi ve yağış olmak üzere toplam 17 adet parametre ile sınıflandırma ve ağırlıklandırmalar yapılarak AHP modeli çalıştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, bölgenin heyelan envanter haritası ile karşılaştırıldığında ise %89.72 'lik bir doğruluk elde edilmiştir.

Batı Çin ve Kuzey Pakistan'ı birbirine bağlayan Çin Pakistan Ekonomik Koridorunun bir kısmını oluşturan Karakoram Karayolu, kırıklı yapısı, jeolojik çeşitliliği, yüksek röliyefi ve tektonik aktiviteleri sebebiyle doğal afetlerden oldukça fazla etkilenen bir bölge halindedir. Ali ve ark.'nın 2018 yılında bu bölgede AHP yöntemini kullanarak gerçekleştirdikleri çalışmada, litoloji, deprensellik, yağış, faylar, yükseklik, eğim, bakı, eğrisellik, arazi örtüsü ve hidroloji parametrelerinin sınıflandırılıp ağırlıklandırılması ile bir heyelan duyarlılık haritası oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre, bölge 4 farklı heyelan kuşağına ayrılmış ve aktif fayların, deprenselliğin, eğim ve litolojinin bölgede heyelanı tetikleyen en önemli faktörler olduğu belirlenmiştir. Bunun yanında, elde edilmiş olan heyelan duyarlılık haritası, heyelan yoğunluk analizi (LDA) ile karşılaştırılarak, çalışmanın sonucunda %72'lik bir doğruluk elde edilmiştir.

Patil ve Panhalkar'ın 2019 yılında Hindistan'da gerçekleştirdikleri çalışmada ise, AHP yöntemi kullanılarak, yüksek rakım ve dik yamaçlar sebebiyle sıkça heyelan afeti yaşanan Maharashtra bölgesinin güneybatısındaki heyelan tehlike zonları belirlenmiştir. Modelde kullanılmak üzere; eğim, drenaj yoğunluğu, arazi örtüsü/ kullanımı, çizgisellik, jeoloji, NDVI, deprensellik, jeomorfoloji, röliyef, yağış ve yollara uzaklık parametreleri

ağırlıklandırılmış ve elde edilen heyelan duyarlılık haritası “Düşük”ten “Çok Yüksek”e 4 sınıfa ayrılmıştır. Çalışma sonucunda, bölgenin %17’sinin yüksek ve çok yüksek; %65’inin orta ve %18’inin düşük heyelan duyarlılık sınıfında olduğu tespit edilmiş ve özellikle Dajipur, Kumbhavade, Nardave and Amboli bölgeleri ile Phondaghat yolunun büyük risk altında bulunduğu belirlenmiştir.



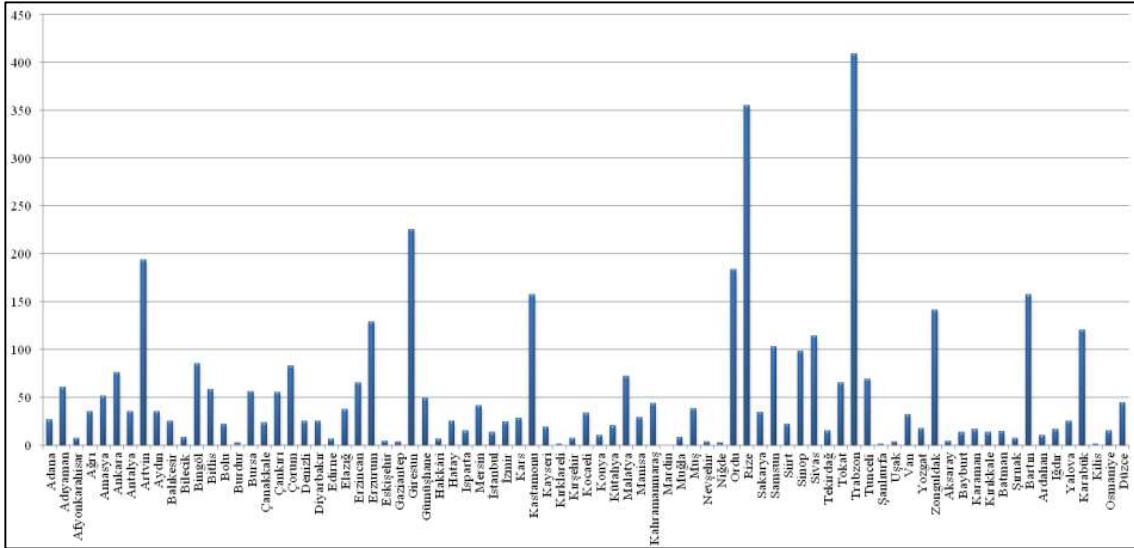
### 3. HEYELAN KAVRAMI VE GENEL BİLGİLER

Genel olarak kütle hareketleri içinde değerlendirilen heyelanlar, toprak, moloz ya da kaya kütlelerinin yerçekimi etkisiyle veya insan müdahalesiyle yamaç aşağı hareketi olarak tanımlanmaktadır (Cruden, 1991). Ülkemizin özellikle jeolojik ve topoğrafik yapısı ile iklimsel özelliklerine bağlı olarak, heyelandan etkilenen yapılar ele alındığında, heyelanların yaklaşık %14 oranında (kaya düşmeleri de dahil edilerek) kayıp ile depremlerden sonra ülkemizde en çok kayba sebep olan ikinci doğal afet türü olduğu bilinmektedir (Ergünay, 2007) (Çizelge 3.1).

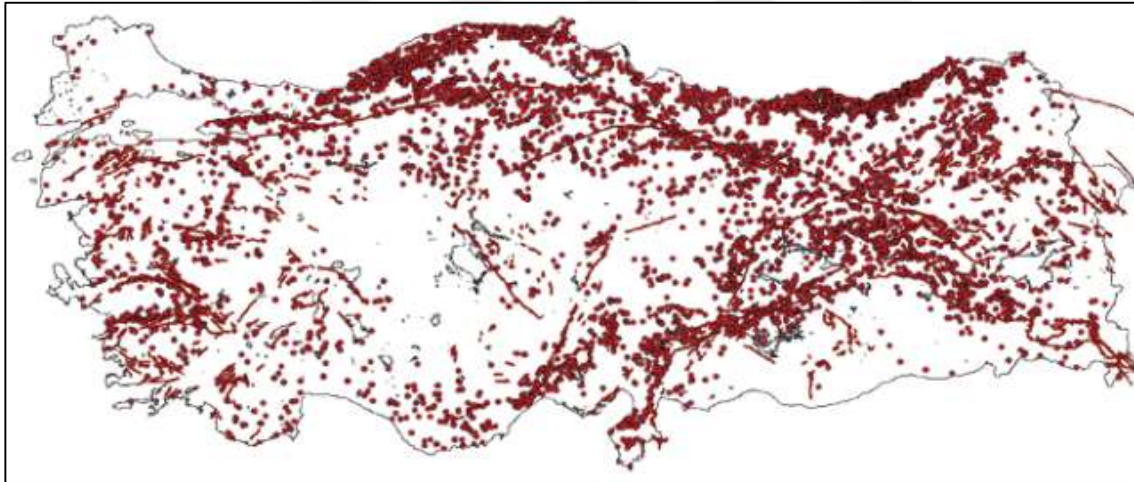
Çizelge 3.1. Türkiye’de 20. yüzyılın başından bu yana doğal afetler sonucunda yıkılmış konut sayısı (Ergünay, 2007).

Doğal Afet Türü	Yıkılmış Ünite Sayısı	Toplamın Yüzdesi
Depremler	495000	76
Heyelanlar	63000	10
Su Baskınları	61000	9
Kaya Düşmeleri	26500	4
Çığ Düşmeleri	5154	1
TOPLAM	650654	100

Mülga Afet İşleri Genel Müdürlüğü ve AFAD’ın 1959-2013 yılları arasındaki kayıtlarına göre, Türkiye’de meydana gelmiş olan heyelanların illere göre dağılımları incelendiğinde, özellikle yağışın bol olduğu, nemli, dik eğimli kuzey kısımların ciddi oranda heyelana maruz kaldığı dikkat çekmektedir (ÇEM Genel Müdürlüğü, 2016) (Şekil 3.1). Ayrıca, sözü edilen bu bölgelerin konumsal dağılımları da, Şekil 3.2’de sunulmaktadır.



Şekil 3.1. Mülga Afet İşleri Genel Müdürlüğü ve AFAD Başkanlığı'nın 1959-2013 yılları arasındaki kayıtlarına göre ülkemizde meydana gelmiş olan heyelanların illere göre dağılım histogramı (ÇEM Genel Müdürlüğü, 2016).



Şekil 3.2. AFAD kayıtlarına göre Türkiye'de meydana gelmiş olan heyelanların illere göre dağılımı (ÇEM Genel Müdürlüğü, 2016).


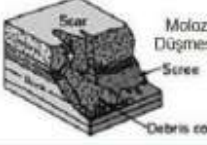

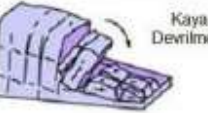
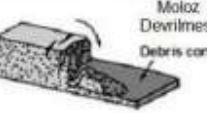

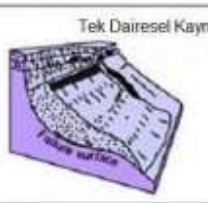
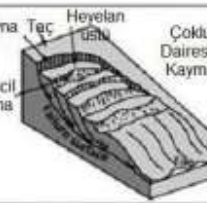

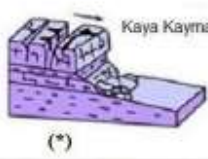
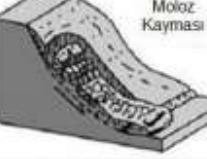
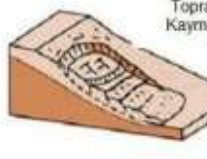







Genel bir değerlendirme yapılacak olunursa, ülkemizde özellikle Karadeniz bölgesi olmak üzere, ülke topraklarının yaklaşık %25'i heyelanlardan etkilenme potansiyeline sahip olup, heyelanlardan kaynaklanabilecek zararların azaltılması konusundaki çalışmalara daha fazla önem verilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

### 3.1. Hareket Tipi ve Malzemenin Cinsine Göre Heyelan Türleri

Varnes (1978)'e göre hareket tipine ve malzemenin türüne göre heyelanları, düşme, devrilme, kayma, yayılma, akma ve karışık olmak üzere 6 başlık altında incelemek mümkündür (Çizelge 3.2; Şekil 3.3).

Çizelge 3.2. Hareket tipi ve malzemenin cinsine göre heyelan çeşitleri

Hareket Tipi	Malzeme		
	Kaya	Toprak	
		İri Taneli	İnce Taneli
Düşme	Kaya Düşmesi	Moloz Düşmesi	Toprak Düşmesi
Devrilme	Kaya Devrilmesi	Moloz Devrilmesi	Toprak Devrilmesi
Kayma	Kaya Kayması	Moloz Kayması	Toprak Kayması
	Yanal		
Yayılma	Kaya Yayılması	Moloz Yayılması	Toprak Yayılması
Akma	Kaya Akması	Moloz Akması	Toprak Akması
Karışık	İki veya daha fazla hareket türü		

Malzeme Hareketin Türü	KAYA	MOLOZ	ZEMİN	
	<b>DÜŞMELER</b>	 Kaya Düşmesi	 Moloz Düşmesi	 Toprak Düşmesi
<b>DEVİRMELER</b>	 Kaya Devrilmesi	 Moloz Devrilmesi	 Toprak Devrilmesi	
<b>KAYMALAR</b>	<b>DÖNEL</b>	 Tek Dairesel Kayma	 Çoklu Dairesel Kayma	 Ardışık Dönel Kayma
	<b>ÖTELENMELİ (Düzlemsel)</b>	 Kaya Kayması	 Moloz Kayması	 Toprak Kayması
<b>YAYILMALAR</b>			 Toprak yayılması	
<b>AKMALAR</b>	 Kaya Akması	 Moloz Akması	 Toprak Akması Çamur Akması	
<b>KARMAŞIK</b>	 Kaya-Toprak akması ile kaya etek döküntüsü	 Örnek: Kompozit, dairesel olmayan, kısmen dönel/kısmen düzlemsel ve eteğe doğru toprak akması şeklinde		

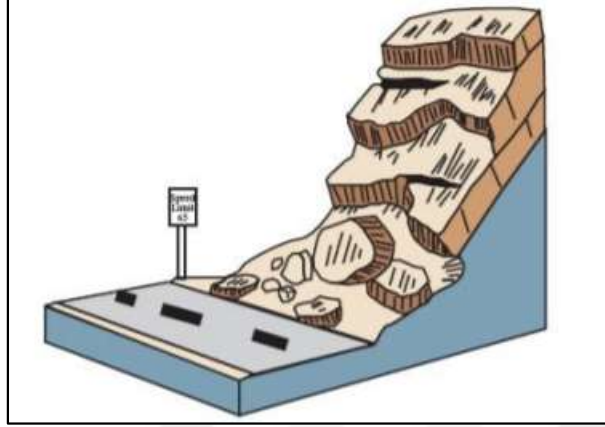
Şekil 3.3. Varnes'in sınıflamasına göre hareket tipi ve malzemenin cinsine göre heyelanların görünümü (KGM, 2015).

### 3.1.1. Düşme Tipi Heyelanlar

Jeolojik formasyonun türüne göre moloz düşmesi, kaya düşmesi veya toprak düşmesi olarak adlandırılan düşme tipi heyelanlar dik yamaçlarda, eğimin düştüğü düzlemlerde malzemenin kendi ağırlığı ile düşme veya kopma şeklinde hareketinin sonlandığı kayma



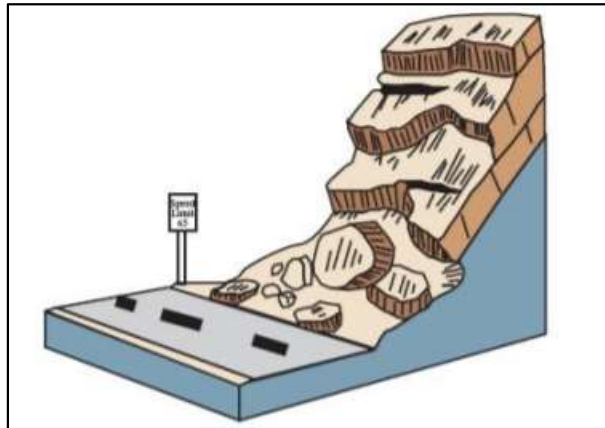
türleridir. Yamaç hareketlerinin en sık görülen şeklidir ve genellikle ani olarak meydana gelir (Şekil 3.4).



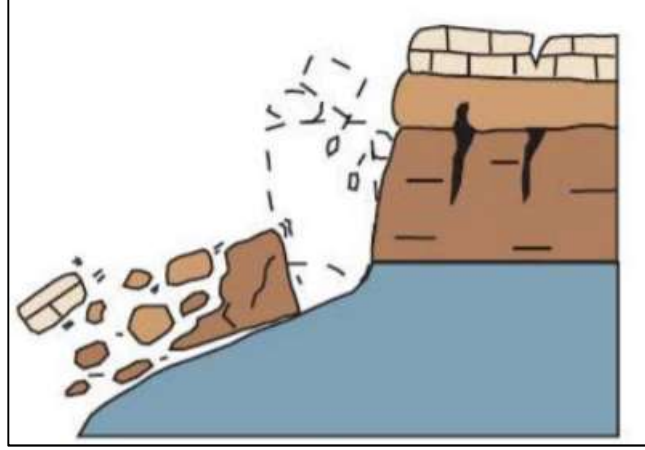
Şekil 3.4. Düşme tipi heyelanlar (USGS, 2004)

### 3.1.2. Devrilme Tipi Heyelanlar

Jeolojik birimin cinsine göre kaya, moloz veya toprak devrilmesi olarak adlandırılan devrilme türü kaymalar, çok dik eğimli malzemenin kendi ağırlık merkezi etrafındaki dönme hareketi ile gerçekleşmektedir. Genel olarak ana kayada gerçekleşirler (Şekil 3.5, Şekil 3.6).



Şekil 3.5. Devrilme tipi heyelanlar (USGS, 2004)

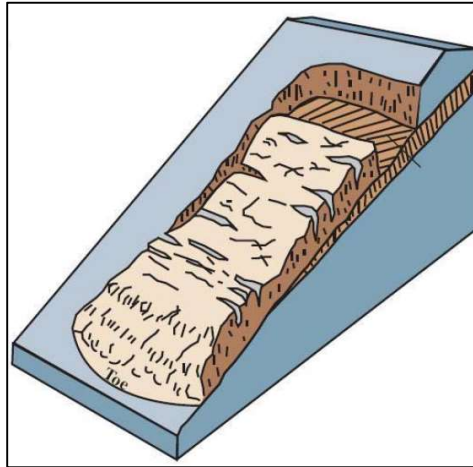


Şekil 3.6. Devrilme tipi heyelanlar (USGS, 2004)

### 3.1.3. Kayma Tipi Heyelanlar

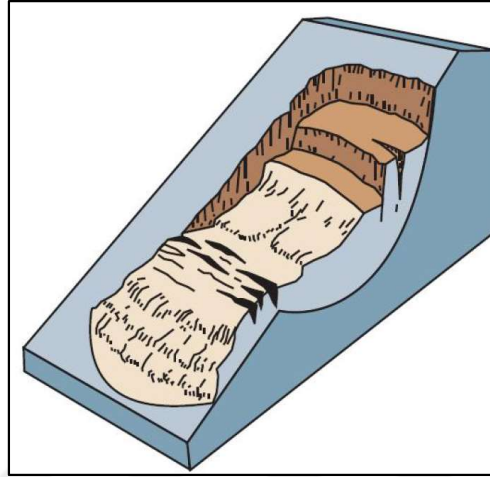
Gevşek yapıda olan malzemenin, eğim doğrultusunda, kendinden daha sıkı olan bir alt tabakanın üzerinden kayması neticesinde gerçekleşen kütle hareketidir (USGS, 2004). Düzlemsel (ötelenmeli) ve dönele (dairesele) olmak üzere ikiye ayrılır.

Düzlemsel kayma yüzeyleri genellikle zayıf zonları veya tabakalanma düzlemlerini yansıtırlar ve kalınlıklarının uzunluklarına oranı çoğu zaman 0,1'den küçüktür (Çathoğlu, 2015) (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Düzlemsel kayma (USGS, 2004)

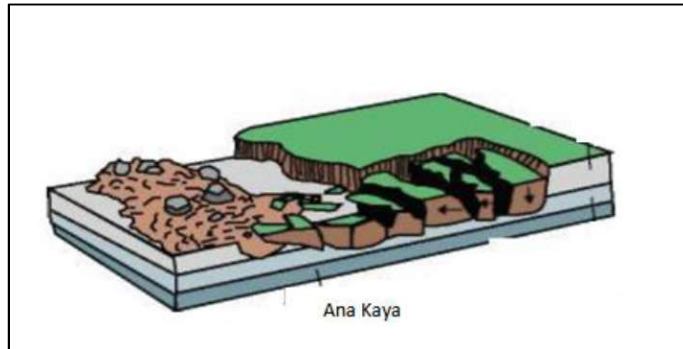
Dairesel kaymalar ise, dairesel yüzeyler boyunca gelişmektedir. Bu hareket sırasında kaymakta olan kütle geriye yatmış bir konumda yavaş veya orta derecede bir hızla hareket eder (Çatlıoğlu, 2015) (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Dönel kayma (USGS, 2004)

#### 3.1.4. Yayılma Tipi Heyelanlar

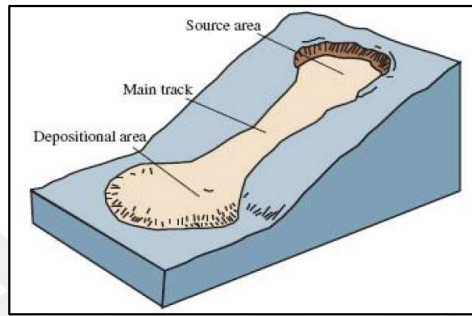
Çok zayıf bir zemin tabakası boyunca gerçekleşen hareket türüdür. Genel olarak hafif eğimli yamaçlarda oluşan ve bir nehir kenarında sonlanan yayılmalar uzun mesafeli olarak hareket edebildiklerinden ve büyük alanları etkileyebildiklerinden oldukça yıkıcı olabilmektedirler (Coduto, 1999; Çatlıoğlu, 2015) (Şekil 3.9).



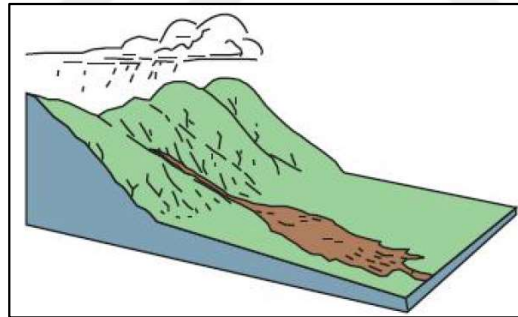
Şekil 3.9. Yayılma tipi heyelanlar (USGS, 2004)

### 3.1.5. Akma Tipi Heyelanlar

Akma türü heyelanlarda hareket, devrilme, kayma, düşme ya da yayılma olarak tanımlanamayabilir. Hareketlerin özellikle konsolide olmamış zeminlerde, ıslak veya kuru akma şeklinde, yavaş veya hızlı geliştiği gözlemlenebilir. Akmalarda, kayma yüzeyleri çok kısa ömürlü olur veya çoğunlukla hiç görülmez. Kaya akması ve zemin/toprak akması şeklinde görülebilirler (USGS, 2004; Menteşe, 2009) (Şekil 3.10, Şekil 3.11).



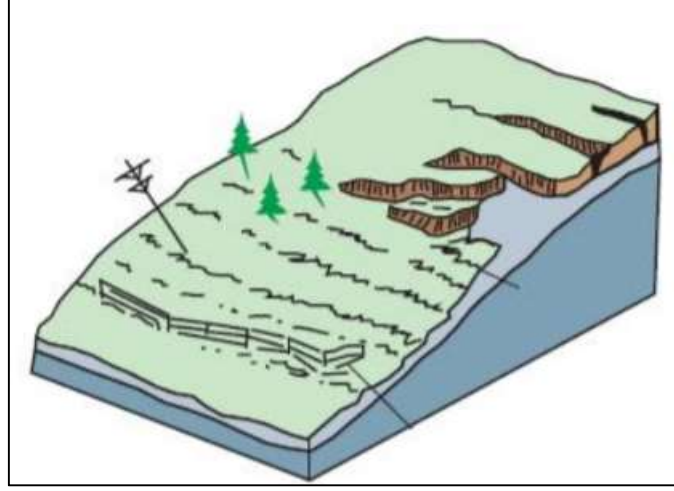
Şekil 3.10. Kaya akması (USGS, 2004)



Şekil 3.11. Toprak/ Zemin akması (USGS, 2004)

### 3.1.6. Karmaşık Tip Heyelanlar

Yamaç hareketlerinin belirli kısımlarında yukarıda belirtilen hareket tiplerinin en az ikisinin bir arada gözlemlenmesi şeklinde gelişen hareket türüdür (USGS, 2004) (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Karmaşık tip heyelanlar (USGS, 2004)

Heyelanın genel özelliklerinin belirlenmesi, heyelanların değerlendirilmesinde oldukça önemlidir. Heyelan duyarlılığı kavramı ise, heyelan oluşumunda etkin olduğu düşünülen jeolojik, topoğrafik ve çevresel parametreler gibi tetikleyici parametreler dikkate alınarak, gelecekte heyelan gerçekleşme olasılığı bulunan alanların sınıflandırılması şeklinde tanımlanmaktadır (Varnes, 1984). Bu tanım aynı zamanda, var olan veya gelecekte meydana gelmesi olası heyelanların yeri, alansal yayılım veya büyüklüğü ve mekansal dağılımının belirlenmesini de içermektedir. Genel olarak değerlendirildiğinde, bir heyelan duyarlılık çalışmasının, heyelanların gelecekte nerede, hangi türde ve hangi koşullar altında oluşacağı sorularına yanıt verir nitelikte olması gerekmektedir (Aleotti ve Chowdhury, 1999). Bu sorulara doğru yanıtların verilebilmesi ve heyelan duyarlılığının sağlıklı bir şekilde değerlendirildiği haritaların üretilebilmesi,

- çalışmanın amacı (arazi kullanımı, planlama, zarar azaltma vb.)
- çalışmanın ölçeği (ulusal, bölgesel, yerel, detaylı vb.)
- mevcut veya erişilebilecek veri,
- zaman ve mali koşullar,
- heyelan tür ve özellikleri

gibi faktörlerden etkilenmektedir. Değinilen bu faktörlerin etkisi zaman zaman değişebilmekte ve heyelan duyarlılık haritalarının kalitesini ve üretilebilirliğini doğrudan

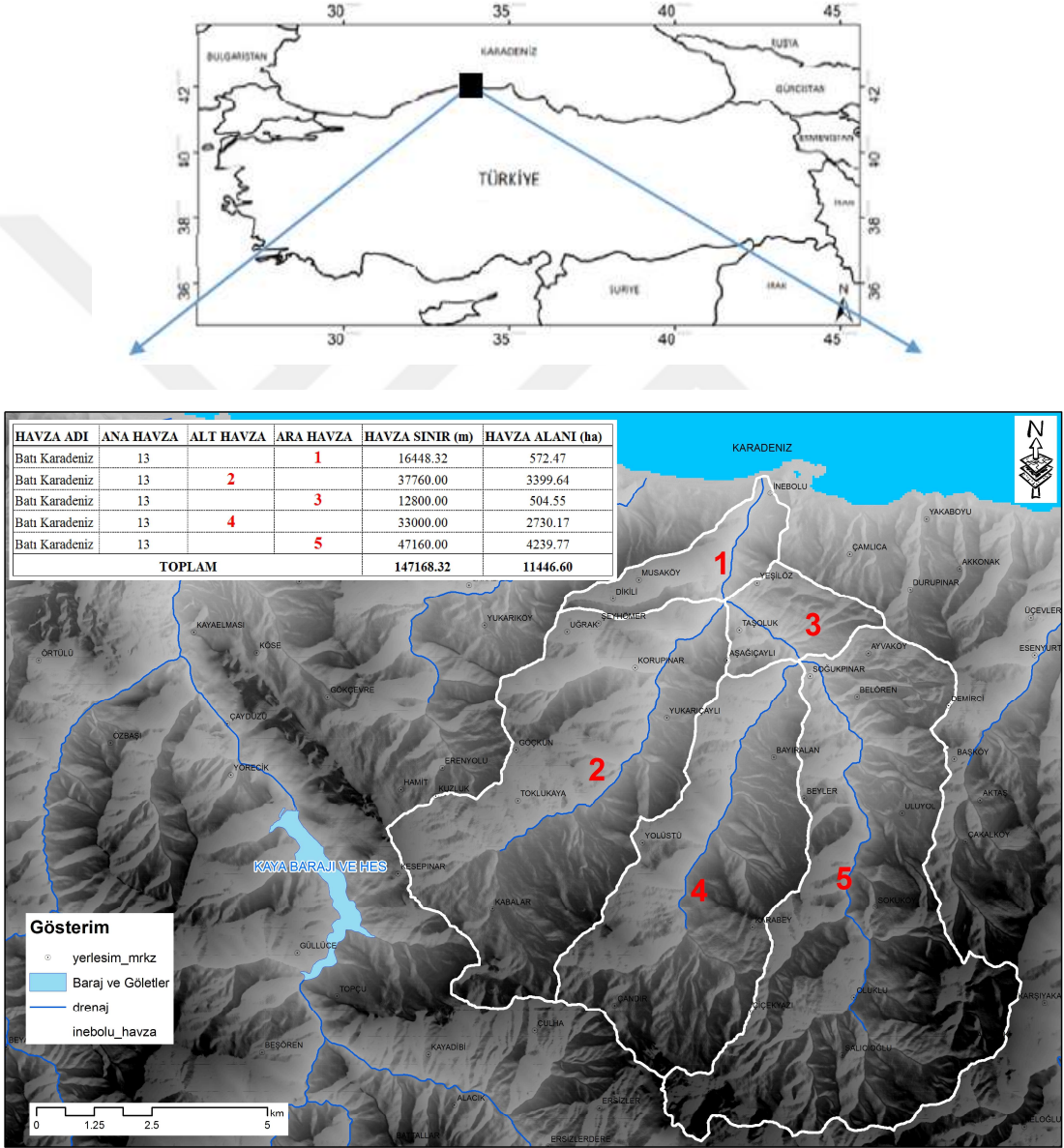
etkileyebilmektedir. Ayrıca, heyelan duyarlılık değerlendirmelerinde yapılan tüm analizlerin dayandığı iki temel varsayım mevcuttur. Bunlar;

- Geçmiş ve bugün, geleceğin anahtarıdır (geçmişte ve bugün heyelana maruz kalmış alanlar, gelecekte de heyelana maruz kalabilirler, heyelan envanteri temel unsurdur),
- Geçmişte ve bugün, heyelanların oluşumunda etkin olan hazırlayıcı parametreler (jeolojik, topoğrafik, çevresel), gelecekte de benzer koşullarda heyelan oluşumuna neden olabilirler (heyelan parametreleri temel unsurdur).

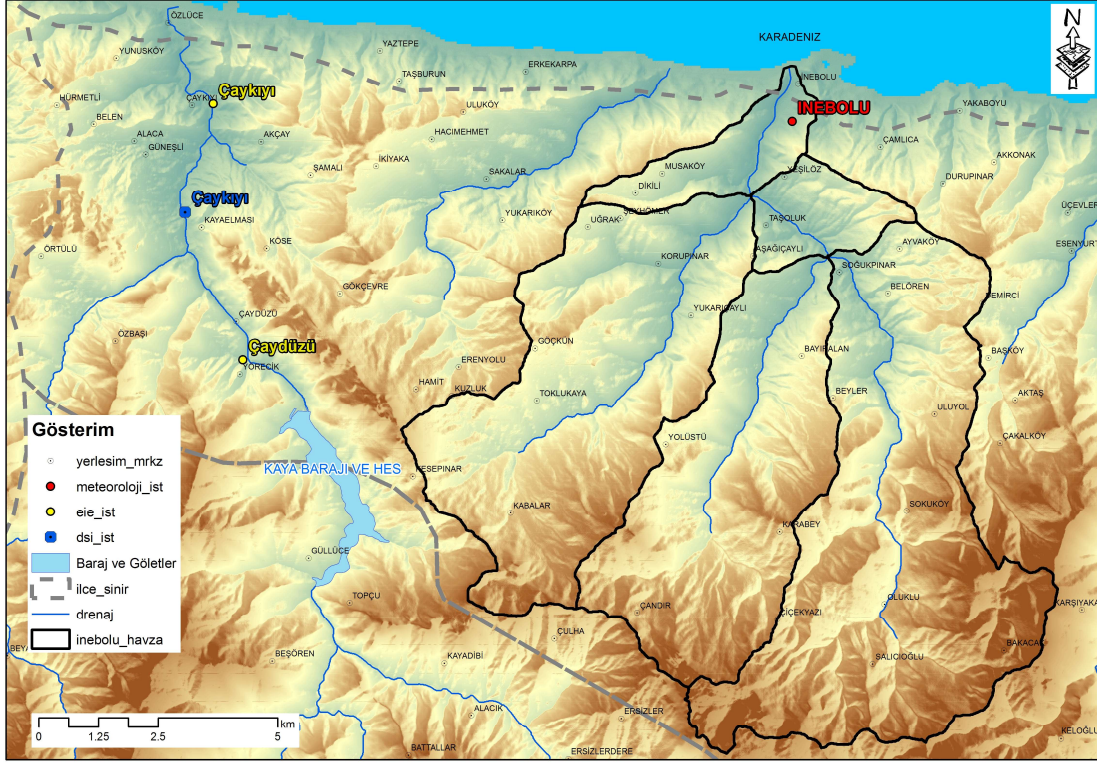


#### 4. İNCELEME ALANININ TANITIMI

İnebolu Havzası Batı Karadeniz Bölgesinde, Kastamonu ili sınırları içerisinde bulunmaktadır (Şekil 4.1). 5 alt havzadan oluşan alan, yaklaşık olarak 11400 ha'dır. Çalışma alanına ait yer bulduru haritası ise, Şekil 4.2'de sunulmaktadır.



Şekil 4.1. İnebolu Havzası genel görünümü

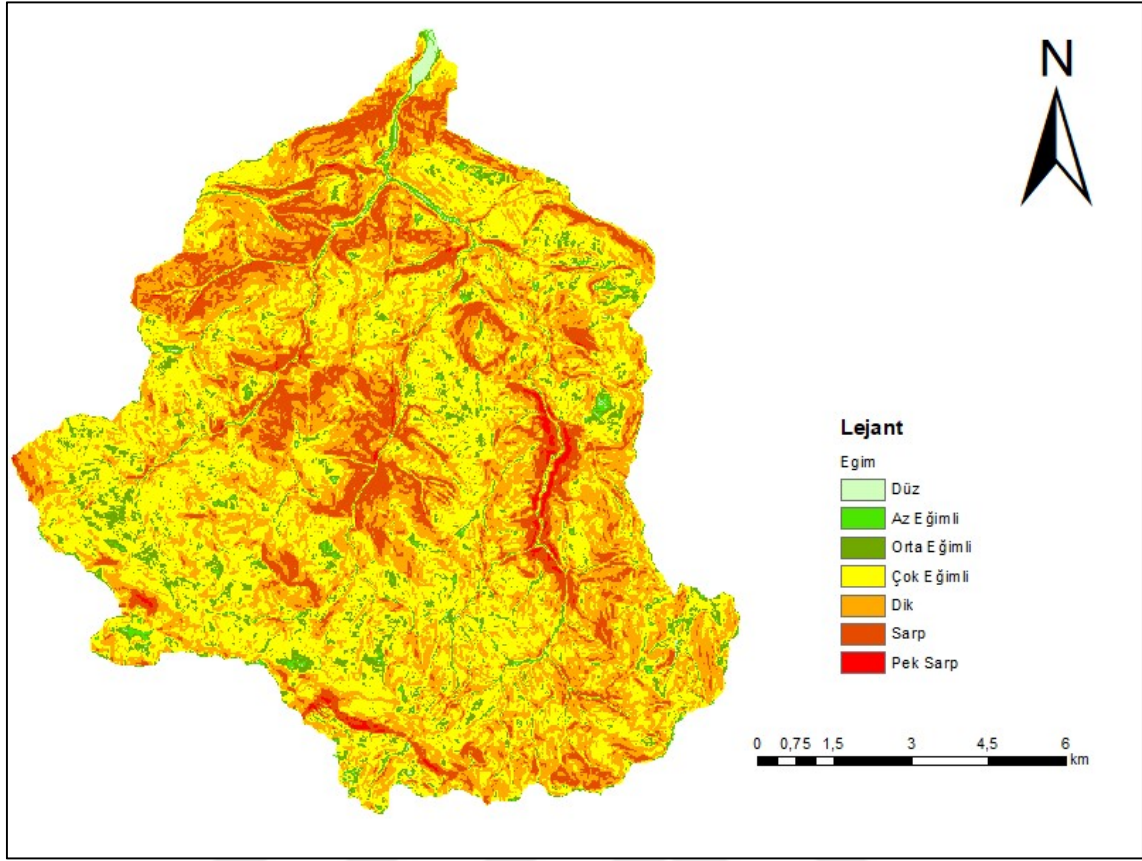


Şekil 4.2. Çalışma alanına ait yer bulduru haritası.

#### 4.1. Eğim

Oluşturulan eğim haritasına göre (Şekil 4.3) havzanın büyük bir kısmının çok eğimli, dik ve sarp eğime sahip olduğu dikkat çekmektedir. Yüksek eğimli alanların genel olarak vadi yamaçlarında olduğu gözlenirken; vadi tabanlarında ise eğim düz, az eğim ve orta eğim şeklindedir.





Şekil 4.3. İnebolu Havzası eğim haritası

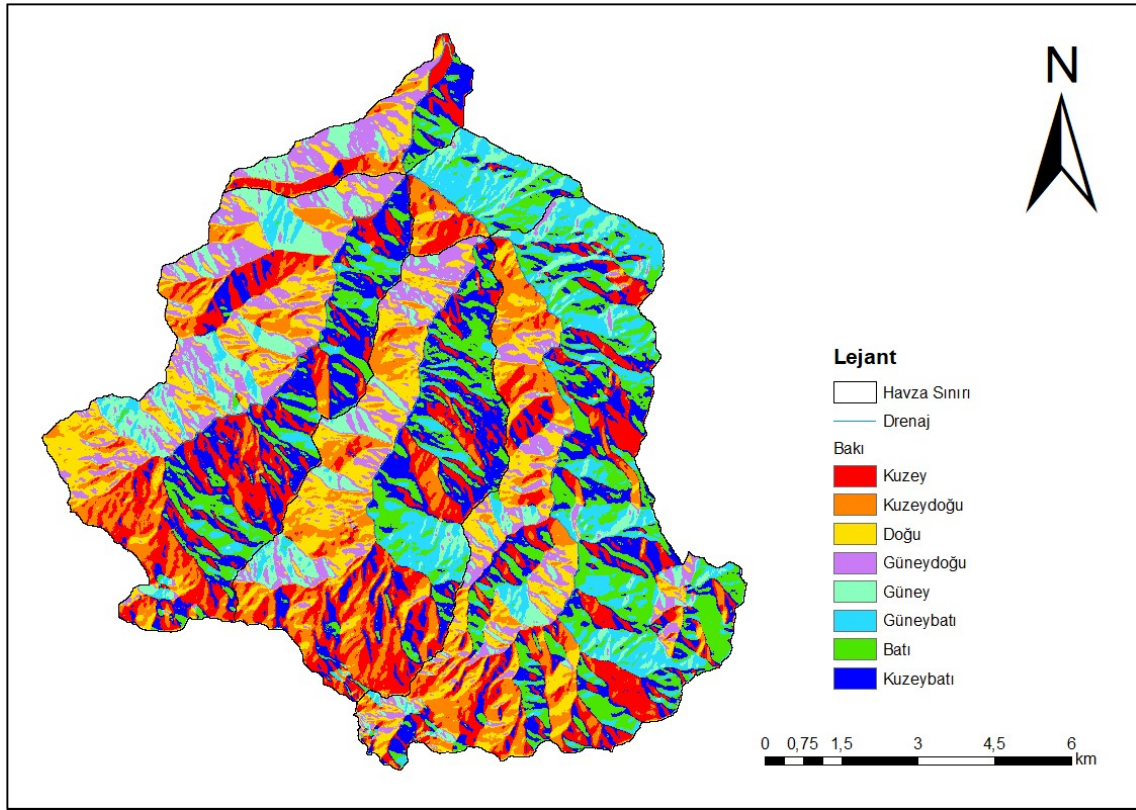
Havza genel olarak % 10-20 eğim etkisinde bulunmakta olup, Çepel (1995)'in eğim sınıflarına göre (Çizelge 2.1) çok eğimli sınıfına girmektedir.

Çizelge 4.1. İnebolu Havzasının eğim sınıfları dağılımı

Eğim Sınıfı	Eğim (%)	Alan (ha)	Alan (%)
Düz	0-2	47.88	0.42
Az Eğimli	2-5	141.36	1.24
Orta Eğimli	5-10	791.16	6.94
Çok Eğimli	10-20	4586.22	40.23
Dik	20-30	4114.26	36.09
Sarp	30-45	1655.28	14.52
Pek Sarp	> 45	63.84	0.56
TOPLAM		11400	100

## 4.2. Bakı

İnebolu Havzası için oluşturulan bakı haritasına göre (Şekil 4.4), havza boyunca akarsular tarafından birçok yarık oluşturulduğu görülmektedir. Havzanın yüksek eğimli ve bol kırıklı yapısı nedeniyle de havzada düz alanlar oldukça az bulunmaktadır.



Şekil 4.4. İnebolu Havzası bakı haritası

Ayrıca, akarsuların akış yönüne bağlı olarak, havzada kuzey ve batı yönlü yamaçların ağırlıklı olduğu gözlemlenmektedir (Çizelge 4.2).

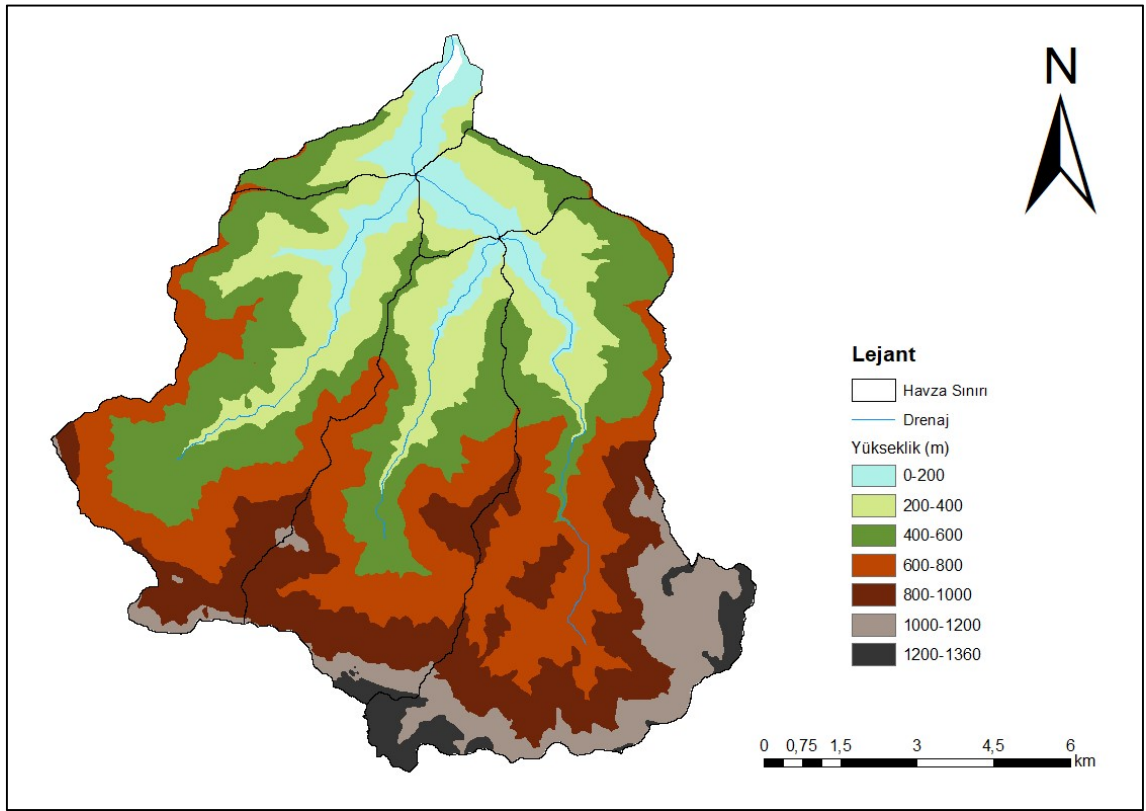
Çizelge 4.2. İnebolu Havzasının bakı grupları dağılımı

Bakı Grubu	Alan (ha)	Alan (%)
Kuzey	2176.26	19.09
Kuzeydoğu	1667.82	14.63
Doğu	1607.40	14.1
Güneydoğu	1267.68	11.12
Güney	992.94	8.71

Güneybatı	125.40	1.1
Batı	1743.06	15.29
Kuzeybatı	1819.44	15.96
TOPLAM	11400	100

### 4.3. Yükseklik

İnebolu Havzası'nın ortalama deniz seviyesi yüksekliği 621 m'dir ve en düşük noktası deniz seviyesidir. Havzanın en yüksek noktası ise 1360 m'dir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. İnebolu Havzası yükseklik haritası

Havzanın yükseklik sınıfları dağılımı (Çizelge 4.3) incelendiğinde ise, sahanın genel itibarıyla 200m-1000 m arasında yüksekliğe sahip olduğu gözlemlenmektedir.

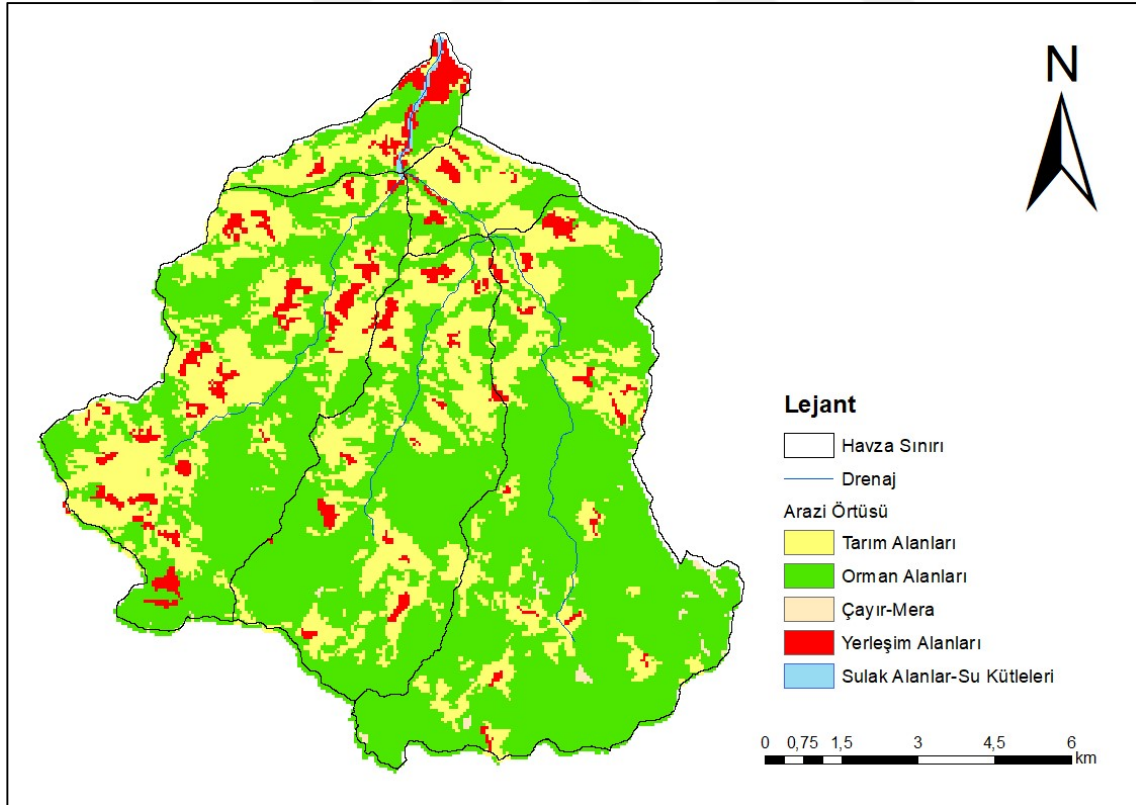
Çizelge 4.3. İnebolu Havzasının yükseklik sınıfları dağılımı

Yükseklik Sınıfı (m)	Alan (ha)	Alan (%)
0-200	835.62	7.33

200-400	2001.84	17.56
400-600	2696.10	23.65
600-800	2761.08	24.22
800-1000	1870.74	16.41
1000-1200	921.12	8.08
1200-1360	313.50	2.75
TOPLAM	11400	100

#### 4.4. Arazi Örtüsü/ Kullanımı

Sentinel-2 verisi kullanılarak otomatik sınıflandırma yöntemi ile oluşturulan 10 sınıflı arazi örtüsü/ kullanımı verisinden İnebolu Havzasına ait 5 arazi örtüsü/ kullanımı sınıfı türetilmiştir (Şekil 4.6). Çalışma için türetilen sınıflar yerleşim alanları, tarım alanları, çayır/mera alanları, orman alanları ve sulak alanlar/ su kütleleri şeklindedir.



Şekil 4.6. İnebolu Havzası arazi örtüsü/ kullanımı haritası

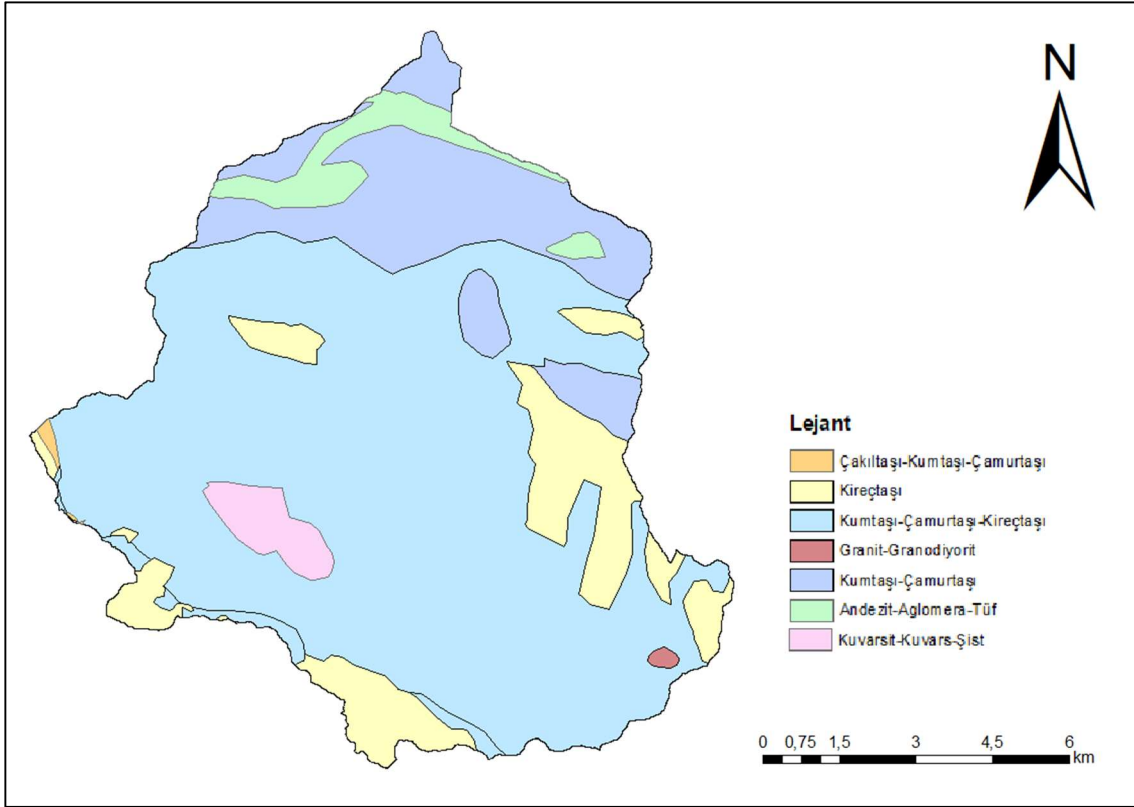
İnebolu havzasına ait arazi örtüsü kullanım sınıfları dağılımı incelendiğinde (Çizelge 4.4), iklim ve bakı durumunun da etkisiyle, havzanın vejetasyon oranının oldukça fazla olduğu ve ormanların ciddi bir alana yayıldığı gözlemlenmektedir. Alansal olarak havzadaki orman alanlarını tarım alanları takip etmektedir. Yerleşim alanları öncelikle deniz seviyesindeki İnebolu ilçe merkezinde bulunmakta; sonrasında ise genel olarak tarım alanları civarında kümelenmiş halde havzaya yayılmaktadır.

Çizelge 4.4. İnebolu Havzasının arazi örtüsü kullanım sınıfları dağılımı

Arazi Örtüsü/ Kullanım Sınıfı	Alan (ha)	Alan (%)
Tarım Alanları	3455.34	30.31
Orman Alanları	7329.06	64.29
Çayır-Mera	47.88	0.42
Yerleşim Alanları	543.78	4.77
Sulak Alanlar- Su Kütleleri	23.94	0.21
TOPLAM	11400	100

#### 4.5. Litoloji

Sahanın 1:25000 ölçekli jeoloji haritası incelendiğinde (Şekil 4.7), havzada genel olarak kumtaşı, çamurtaşı ve kireçtaşı ağırlıklı Aşağıgedik, Bozcadağ, Intrüzifler, Cefalıkdağ, Çaltepe, Kardak, Ulus, Çatak formasyonlarına rastlanmıştır. Ayrıca, yer yer granit-granodiyorit ve kuvarsit-kuvars-şist bulunmaktadır. Heyelan potansiyeli açısından ele alındığında ise, sahada bulunan andezit-aglomera-tüf göze çarpmaktadır (MTA Genel Müdürlüğü, 1988).



Şekil 4.7. İnebolu Havzası 1/25000 ölçekli jeoloji haritası (MTA Genel Müdürlüğü, 1988)

2014 yılından itibaren sahada gerçekleştirilen haritalama ve modelleme çalışmaları kapsamında çekilmiş olan sahaya ait bazı fotoğraflar Şekil 4.8 ve Şekil 4.9'da sunulmuştur.



Şekil 4.8. İnebolu Havzasındaki saha çalışmasından genel bir görüntü



Şekil 4.9. İnebolu Havzasındaki saha çalışmasından genel bir görüntü

## 5. YÖNTEM

Heyelan duyarlılık haritasının üretilebilmesi için öncelikli olarak literatür taraması sonucunda elde edilen bilgiler ve tez çalışma sahasına ait mevcut veriler göz önünde bulundurularak, heyelana neden olabilecek tüm faktörler belirlenmelidir. Bunun için, temin edilen, üretilen ve türetilen bilgi ve veriler kullanılarak sahaya ait konumsal bir veri tabanı oluşturulmalıdır.

Bu amaçla, ilk aşamada sahaya ait topoğrafik haritaların temin edilmesiyle, ArcGIS (versiyon 10.5) yazılımı kullanılarak sayısal yükseklik modeli oluşturulmuş; bu model yardımı ile de ArcGIS ve TAS (versiyon 2.0.9) yazılımları ile aşağıdaki haritalar oluşturulmuştur;

1. Eğim
2. Bakı
3. Yükseklik
4. Eğrisellik
5. Akarsuya Uzaklık
6. Topoğrafik Nemlilik İndeksi (TWI)
7. LS Faktörü- Sediman Taşıma Kapasite İndeksi
8. Akarsu Aşındırma Gücü İndeksi (RSP)

Ayrıca, yukarıdaki 8 veriye ek olarak, havzaya ait;

1. Litoloji Haritası (MTA Genel Müdürlüğü 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası)
2. Arazi Örtüsü/ Kullanım durumu da (Sentinel-2 verisi kullanılarak otomatik sınıflandırma yöntemi ile)

ortaya konmuştur.

Tüm faktörlerin belirlenmesi sonrasında, faktörlerin birbirleri ile olan ilişkilerinin tespit edilmesi amacıyla AHP yöntemi kullanılmıştır. Literatürde AHP kullanımının farklı türlerine rastlamak mümkündür. Örneğin, M-AHP (Modifiye AHP) olarak adlandırılan ve uzman görüşündeki öznelğin giderilmesine yönelik olarak geliştirilen yöntemde,



klasik AHP uygulamalarının özellikle ikili faktör değerlendirmelerinde bazı değişiklikler önerilmiştir (Nefeslioğlu ve ark., 2013). Bir başka uygulama yöntemi ise, parametrik belirsizliklerin giderilmesine yönelik olarak kullanılan Bulanık AHP yöntemidir (Guo ve ark., 2017; Mokarram ve Zarai, 2018). Bununla birlikte, bu tez çalışması kapsamında sözü edilen yöntemlerden ziyade, klasik AHP uygulamaları dikkate alınmış, diğer AHP uygulamaları hedef ve kapsam dışında tutulmuştur.

Klasik AHP kısaca; karar verme hiyerarşisinin tanımlanabilmesi için kullanılan ve kararı etkileyen faktörlerin ağırlıklı yüzdesel dağılımlarını veren bir tahmin etme ve karar verme yöntemidir (Nefeslioglu, 2012). AHP kullanılarak karmaşık ve düzensiz problemler gruplanabilir ve hiyerarşik bir yapı oluşturulabilir. AHP, basit ve değişik koşullarda bile aynı şekilde kullanılabilen ve oldukça geniş kullanım alanına sahip bir araçtır (Çellek ve ark, 2015).

Klasik AHP yöntemi, karar vermede kullanılacak alternatiflerin çoklu kriterlere göre sıralanmasını ve seçim yapılmasını sağlayan bir yöntemdir (Russell ve Taylor, 2003). Kişilerin deneyim ve gözlemlerini modele aktararak karar alma süreçlerine dahil olmasını sağlayabilmektedir. Bu yöntemin karar verme sürecinde; aşamalı hiyerarşik bir yapı oluşturularak en uygun çözümün bulunması hedeflenmektedir (Küçükönder ve ark, 2013). Bu bölümlerin her biri öncelikle kendi içlerinde değerlendirilmekte; sonrasında bütüncül bir yaklaşım için tekrar bir araya getirilerek karar mekanizması çalıştırılmaktadır. AHP çözümlemesi Yaralıoğlu (2004) tarafından aşağıdaki şekilde 6 aşamada tanımlamıştır;

## **5.1. Problemin Tanımlanması**

Probleminin tanımlanması, iki aşamadan oluşur:

5.1.1. Karar noktalarının (m) saptanması

5.1.2. Karar noktalarını etkileyen faktörler (n) saptanması

Bu aşamada, kullanılacak ve sonuca etki eden faktörlerin doğru belirlenmesi ve detaylı tanımlanması, gerçekleştirilecek ikili karşılaştırmaların mantıklı ve tutarlı olabilmesi açısından önemlidir.

## 5.2. Karşılaştırma Matrisinin Oluşturulması

Faktörler arası karşılaştırma matrisi, Eşitlik 5.1’de de sunulduğu gibi,  $n * n$  boyutlu bir kare matristir.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad \text{Eş. 5.1}$$

Faktörlerin birebir karşılaştırılmasında aşağıdaki önem değerleri tablosu kullanılır. Önem değerleri 1 ile 9 arasında; 1, 3, 5, 7, 9 ana değerler olmak üzere, Çizelge 5.1 dikkate alınarak yapılır.

Çizelge 5.1. İkili karşılaştırma önem değerleri tablosu (Saaty, 1980)

Önem Değerleri	Değer Tanımları
1	Her iki faktörün eşit öneme sahip olması durumu
3	1. Faktörün 2. faktörden daha önemli olması durumu
5	1. Faktörün 2. faktörden çok önemli olması durumu
7	1. Faktörün 2. faktöre nazaran çok güçlü bir öneme sahip olması durumu
9	1. Faktörün 2. faktöre nazaran mutlak üstün bir öneme sahip olması durumu
2, 4, 6, 8	Ara değerler

Karşılaştırmalar, karşılaştırma matrisinin tüm değerleri 1 olan köşegenin üzerinde kalan değerler için yapılır. Köşegenin alt kısmında kalan değerler için ise Eşitlik 5.2 kullanılır;

$$a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}} \quad \text{Eş. 5.2}$$

### 5.3. Faktörlerin Yüzde Önem Dağılımlarının Belirlenmesi

Faktörlerin her birinin yüzde önem dağılımını bulabilmek için, karşılaştırma matrisindeki sütun vektörleri kullanılır ve n bileşenli, n adet B sütun vektörü oluşturulur. B sütun vektörleri Eşitlik 5.3 kullanılarak hesaplanır;

$$B_i = \begin{bmatrix} b_{11} \\ b_{21} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ b_{n1} \end{bmatrix} \quad \text{Eş. 5.3}$$

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad \text{Eş. 5.4}$$

Hesaplanan B sütun vektörleri, matris formatında bir araya getirildiğinde Eşitlik 5.5’de bulunan C matrisi elde edilir;

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ c_{n1} & c_{n2} & \dots & c_{nn} \end{bmatrix} \quad \text{Eş. 5.5}$$

Faktörlerin birbirine göre yüzde önem dağılımlarını (Öncelik «W» Vektörü) elde edebilmek için C matrisinden Eşitlik 5.6’daki şekilde yararlanılır;

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij}}{n} \quad \longrightarrow \quad W = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix} \quad \text{Eş. 5.6}$$

#### 5.4. Faktör Karşılaştırmalarındaki Tutarlılığın Ölçülmesi

AHP, faktörler arasında yapılan karşılaştırma tutarlılığının ölçülebilmesine de imkan sağlayan bir süreçtir. Süreç dahilinde hesaplanan Tutarlılık Oranı (CR), kullanıcıya faktörler arasındaki karşılaştırmalarının doğruluğunu test edebilme imkanı sunar. CR hesaplamasının temeli, faktör sayısı ile Temel Değer adı verilen ( $\lambda$ ) bir katsayının karşılaştırılması esasına dayanmaktadır.

$\lambda$ 'nın hesaplanabilmesi için öncelikle W öncelik vektörü ile A karşılaştırma matrisinin matris çarpımından Eşitlik 5.7'de gösterilen D sütun vektörü elde edilir.

$$D = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix} \quad \text{Eş. 5.7}$$

Her değerlendirme faktörüne ilişkin Temel Değer (E) ise, D sütun vektörü ile W sütun vektörünün elemanlarının karşılıklı bölümünden elde edilir. Elde edilen değerlerin aritmetik ortalaması ise Eşitlik 5.8'de gösterilen Temel Değeri ( $\lambda$ ) verir:

$$E_i = \frac{d_i}{w_i} \quad \longrightarrow \quad \lambda = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad \text{Eş. 5.8}$$

Sonrasında, Tutarlılık Göstergesi (CI) ise Eşitlik 5.9'daki şekilde hesaplanır:

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad \text{Eş. 5.9}$$

Son olarak, hesaplanan CI değeri, Random Gösterge (RI) denilen standart düzeltme değerine bölünür. Bu şekilde hesaplanan CR değerinin (Eşitlik 5.10) 0.10'dan küçük olması beklenmektedir. Bu, yapılan karşılaştırmaların tutarlı olduğunu gösterir.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad \text{Eş. 5.10}$$

### 5.5. Faktörlerin m Karar Noktasındaki % Önem Dağılımlarının Bulunması

Bu aşamada, belirlenen her bir faktör için yüzde önem dağılımları belirlenir. Tüm faktörler için karar noktalarındaki G karşılaştırma matrislerinin boyutu maksimum olacaktır.

Her bir karşılaştırma işleminden sonra S sütun vektörleri (Eşitlik 5.11) elde edilir. Bunun için, değerlendirilen faktörün yüzde dağılımları karar noktalarına göre gösterilir.

$$S_i = \begin{bmatrix} S_{11} \\ S_{21} \\ \cdot \\ \cdot \\ S_{m1} \end{bmatrix} \quad \text{Eş. 5.11}$$

### 5.6. Karar Noktalarındaki Sonuç Dağılımının Bulunması

Bu aşamada ilk olarak, yukarıda bahsedilmiş olan n adet mx1 boyutunda, S sütun vektöründen oluşan ve mxn boyutunda K karar matrisi (Eşitlik 5.12) oluşturulur:

$$K = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & \dots & S_{1n} \\ S_{21} & S_{22} & \dots & S_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ S_{m1} & S_{m2} & \dots & S_{mn} \end{bmatrix} \quad \text{Eş. 5.12}$$

Sonuç karar matrisi W sütun vektörü (Öncelik Vektörü) ile çarpıldığında ise m elemanlı L sütun vektörü (Eşitlik 5.13) oluşturulur. L sütun vektörü karar noktalarının yüzde dağılımını gösterir ve elemanlarının toplamı 1'dir.

$$L = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & \dots & s_{1n} \\ s_{21} & s_{22} & \dots & s_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ s_{m1} & s_{m2} & \dots & s_{mn} \end{bmatrix} x \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l_{11} \\ l_{21} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ l_{m1} \end{bmatrix} \quad \text{Eş. 5.13}$$

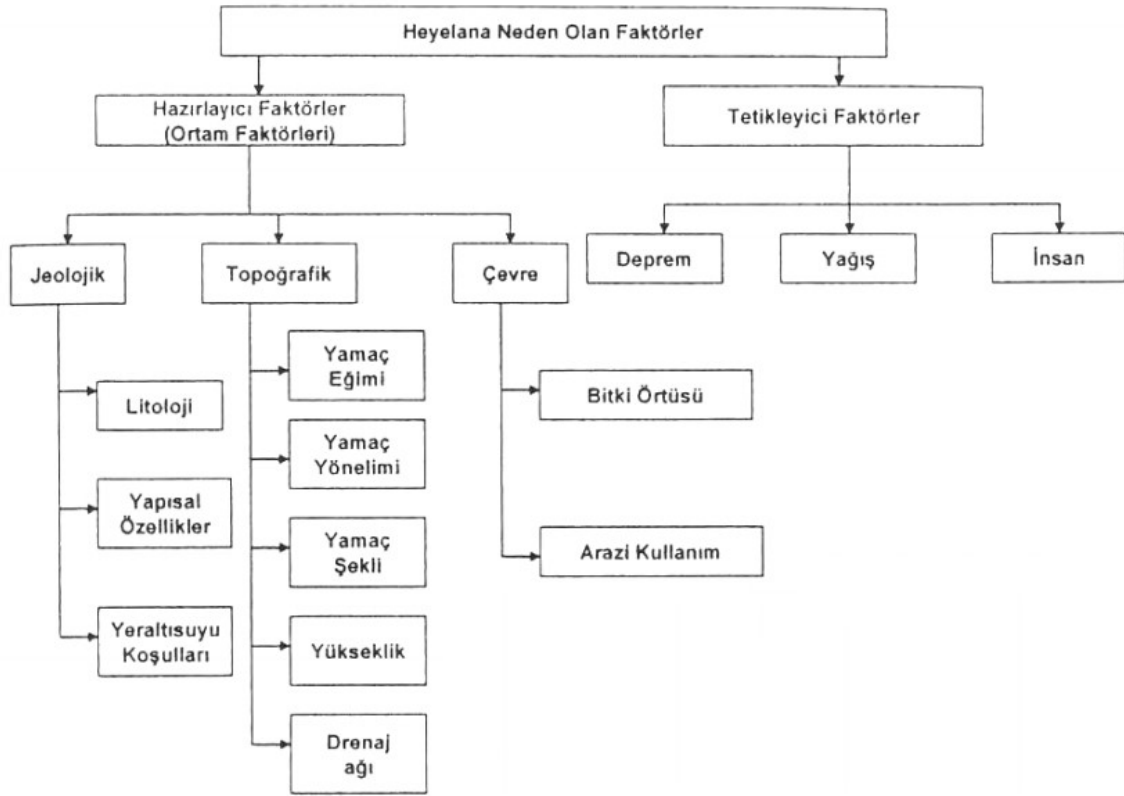
Bu çalışmada, AHP yöntemi kullanılarak, heyelan oluşumunda etkili olabilecek parametrelerin birbirleri ile karşılaştırılması sonucu her birinin etkinlik dereceleri ve duyarlılık haritası oluşturulurken hangilerinin dikkate alınması gerektiği belirlenmiştir.

Bu amaçla, gerçekleştirilen saha ve literatür çalışmaları da göz önünde bulundurularak belirlenen parametreler hem alt bileşenleri hem de diğer katmanlar bazında ilişkilendirilerek ağırlıklandırılmış ve çeşitli CBS yazılımları kullanılarak raster bazlı katman haritaları oluşturulmuştur.

Raster bazlı bu katman haritalarında, her bir piksele, alt bileşen bazındaki puanı ve ait oldukları parametrenin etki değeri göz önünde bulundurularak, matematiksel olarak bir puan atanmıştır. Bu ağırlık değerlerinin, belirlenen sayısal sınıf değerlerine göre tematize edilmesi ile de sahanın heyelan duyarlılık haritaları üretilmiştir. AHP yöntemi ile üretilen heyelan duyarlılık haritaları ve bunların üretilme aşamalarına izleyen bölümde değinilmiştir.

## 6. AHP YÖNTEMİYLE HEYELAN DUYARLILIK HARİTALARININ ÜRETİLMESİ

Heyelanlara neden olan faktörleri hazırlayıcı (ortam) faktörleri ve tetikleyici faktörler olarak 2 başlıkta topladığımızda; jeolojik (yapısal özellikler, litoloji, yeraltısuyu koşulları) ve topoğrafik (yamaç şekli, yükseklik, yamaç eğimi, drenaj ağı, yamaç yönelimi) faktörler ile arazi örtüsü ve kullanımından oluşan çevresel faktörlerin bir heyelan duyarlılık çalışmasında ele alınması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Depremsellik, yağış ve insan faktörü de tetikleyici faktörler başlığı altında değerlendirilebilir (Gökçeoğlu ve Ercanoğlu, 2001).



Şekil 6.1. Heyelana neden olan hazırlayıcı ve tetikleyici faktörler (Gökçeoğlu ve Ercanoğlu, 2001).

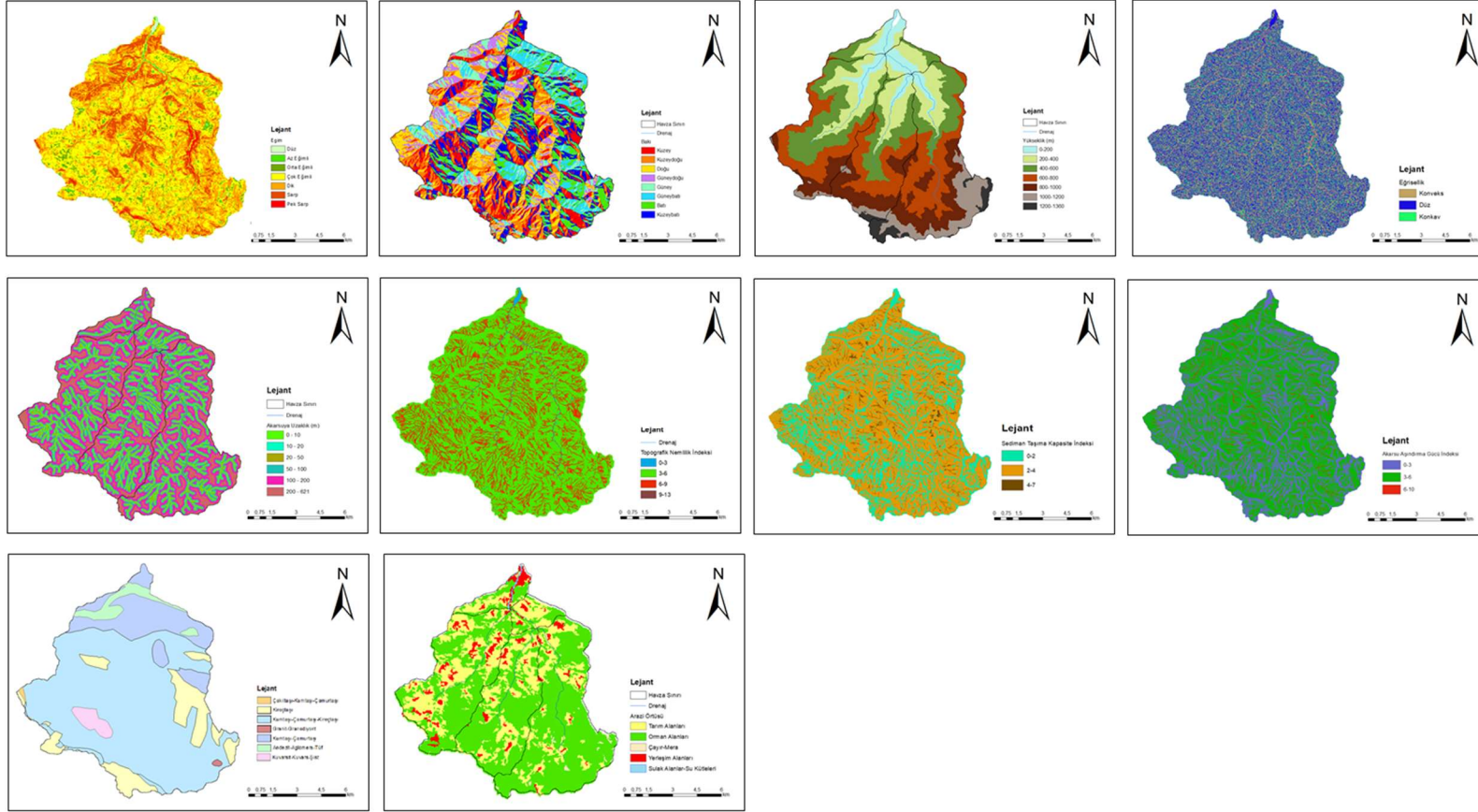
AHP yöntemi kullanılarak İnebolu Havzasının heyelan duyarlılık haritasının oluşturulması kapsamındaki bu çalışmada ilk olarak sahaya ait aşağıdaki faktörler

belirlenerek, tümüne ait raster haritalar uygun aralıklarda sınıflandırılarak oluşturulmuştur;

1. Eğim
2. Bakı
3. Yükseklik
4. Eğrisellik
5. Akarsuya Uzaklık
6. Topoğrafik Nemlilik İndeksi (TWI)
7. LS Faktörü- Sediman Taşıma Kapasite İndeksi
8. Akarsu Aşındırma Gücü İndeksi (RSP)
9. Litoloji Haritası (MTA Genel Müdürlüğü 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası)
10. Arazi Örtüsü/ Kullanımı

Belirlenen tüm faktörlere ilişkin, ArcGIS ve TAS yazılımları kullanılarak oluşturulan ve uygun şekilde sınıflandırılan tüm raster haritalar Şekil 6.2.'de sunulmuştur.





Şekil 6.2. İnebolu Havzasına ait veriler kullanılarak oluşturulan ve sınıflandırılan tüm raster haritalar

Sonrasında ise belirlenen bu faktörlerin havzanın heyelan duyarlılığına olan etkisinin önceliklendirilebilmesi için, AHP'nin en önemli parçalarından biri olan ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur. Bunun için, öncelikle her bir parametre (faktör) bir diğeri ile karşılaştırılarak heyelana olan etkileri değerlendirilmiştir (Çizelge 6.1) ve sonrasında, her bir parametrenin belirlenmiş olan alt kriterleri kendi aralarında ağırlıklandırılmıştır (Çizelge 6.2).



Çizelge 6.1. Parametreler için ikili karşılaştırmalar matrisi ve ağırlık değerleri

Parametreler (CR=0,01)											
	Eğim	Bakı	Yükseklik	Eğrisellik	Akarsuya Uzaklık	TWI	LS	RSP	Litoloji	Arazi Örtüsü/ Kullanımı	Ağırlıklar
<b>Eğim</b>	1	2	1	3	3	5	5	5	1	1	0,171
<b>Bakı</b>	1/2	1	1/2	2	2	3	3	3	1/2	1/2	0,096
<b>Yükseklik</b>	1	2	1	3	3	5	5	5	1	1	0,171
<b>Eğrisellik</b>	1/3	1/2	1/3	1	1	3	3	3	1/3	1/3	0,068
<b>Akarsuya Uzaklık</b>	1/3	1/2	1/3	1	1	2	2	2	1/3	1/3	0,059
<b>Topoğrafik Nemlilik İndeksi (TWI)</b>	1/5	1/3	1/5	1/3	1/2	1	1	1	1/5	1/5	0,031
<b>LS Faktörü- Sediman Taşıma Kapasite İndeksi</b>	1/5	1/3	1/5	1/3	1/2	1	1	1	1/5	1/5	0,031
<b>Akarsu Aşındırma Gücü İndeksi (RSP)</b>	1/5	1/3	1/5	1/3	1/2	1	1	1	1/5	1/5	0,031
<b>Litoloji</b>	1	2	1	3	3	5	5	5	1	1	0,171
<b>Arazi Örtüsü/ Kullanımı</b>	1	2	1	3	3	5	5	5	1	1	0,171

Çizelge 6.2. Alt kriterler için ikili karşılaştırmalar matrisi ve ağırlık değerleri

Alt Kriterler									
	1	2	3	4	5	6	7	8	Ağırlıklar
<b>Eğim (CR=0,04)</b>									
(1) Düz	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7		0,032
(2) Az Eğimli	2	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6		0,046
(3) Orta Eğimli	3	2	1	1/2	1/3	1/4	1/5		0,070
(4) Çok Eğimli	4	3	2	1	1/2	1/3	1/4		0,106
(5) Dik	5	4	3	2	1	1/2	1/3		0,159
(6) Sarp	6	5	4	3	2	1	1/2		0,237
(7) Pek Sarp	7	6	5	4	3	2	1		0,350
<b>Bakı (CR=0,04)</b>									
(1) Kuzey	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8	0,024
(2) Kuzeydoğu	2	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	0,034
(3) Doğu	3	2	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	0,050
(4) Güneydoğu	4	3	2	1	1/2	1/3	1/4	1/5	0,073
(5) Güney	5	4	3	2	1	1/2	1/3	1/4	0,108
(6) Güneybatı	6	5	4	3	2	1	1/2	1/3	0,157
(7) Batı	7	6	5	4	3	2	1	1/2	0,227
(8) Kuzeybatı	8	7	6	5	4	3	2	1	0,327
<b>Yükseklik (m) (CR=0,04)</b>									
(1) 0-200	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7		0,032
(2) 200-400	2	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6		0,046
(3) 400-600	3	2	1	1/2	1/3	1/4	1/5		0,070
(4) 600-800	4	3	2	1	1/2	1/3	1/4		0,106

(5) 800-1000	5	4	3	2	1	1/2	1/3		0,159
(6) 1000-1200	6	5	4	3	2	1	1/2		0,237
(7) 1200-1360	7	6	5	4	3	2	1		0,350
<b>Eğrisellik (CR=0,01)</b>									
(1) Konveks	1	3	1/3						0,243
(2) Düz	1/3	1	1/7						0,088
(3) Konkav	3	7	1						0,669
<b>Akarsuya Uzaklık (m) (CR=0,03)</b>									
(1) 0-10	1	2	3	4	5	6			0,379
(2) 10-20	1/2	1	2	3	4	5			0,249
(3) 20-50	1/3	1/2	1	2	3	4			0,162
(4) 50-100	1/4	1/3	1/2	1	2	3			0,102
(5) 100-200	1/5	1/4	1/3	1/2	1	2			0,065
(6) 200-621	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1			0,043
<b>Topoğrafik Nemlilik İndeksi (TWI) (CR=0,07)</b>									
(1) 0-3	1	3	5	7					0,558
(2) 3-6	1/3	1	3	5					0,263
(3) 6-9	1/5	1/3	1	3					0,122
(4) 9-13	1/7	1/5	1/3	1					0,057
<b>LS Faktörü- Sediman Taşıma Kapasite İndeksi (CR=0,01)</b>									
(1) 0-2	1	5	7						0,724
(2) 2-4	1/5	1	3						0,193
(3) 4-7	1/7	1/3	1						0,083
<b>Akarsu Aşındırma Gücü İndeksi (RSP) (CR=0,01)</b>									
(1) 0-3	1	5	7						0,724

(2) 3-6	1/5	1	3						0,193
(3) 6-10	1/7	1/3	1						0,083
<b>Litoloji (CR=0,01)</b>									
(1) Çakıltaşı-Kumtaşı-Çamurtaşı	1	1	1	3	1	1/2	2		0,146
(2) Kireçtaşı	1	1	1	3	1	1/2	2		0,146
(3) Kumtaşı-Çamurtaşı-Kireçtaşı	1	1	1	3	1	1/2	2		0,146
(4) Granit-Granodiyorit	1/3	1/3	1/3	1	1	1/6	1/2		0,057
(5) Kumtaşı-Çamurtaşı	1	1	1	1	1	1/4	2		0,121
(6) Andezit-Aglomera-Tüf	2	2	2	6	4	1	2		0,297
(7) Kuvarsit-Kuvars-Şist	1/2	1/2	1/2	2	1/2	1/4	1		0,087
<b>Arazi Örtüsü/ Kullanımı (CR=0,08)</b>									
(1) Tarım Alanları	1	3	5	1/3	7				0,260
(2) Orman Alanları	1/3	1	3	1/5	5				0,134
(3) Çayır/ Mera	1/5	1/3	1	1/7	3				0,068
(4) Yerleşim Alanları	3	5	7	1	9				0,503
(5) Sulak Alanlar/ Su Kütleleri	1/7	1/5	1/3	1/9	1				0,035

Bu aşamadan sonra, bu çalışmada kullanılan ikili matrislere ek olarak, sahada daha önce çalışmış ve birçok kez saha çalışması için bölgede bulunmuş olan 4 farklı uzmanın da görüşlerinden faydalanılmış ve her birinden “parametreler için ikili karşılaştırmalar matrisi” ile “alt kriterler için ikili karşılaştırmalar matrisi” çizelgelerini doldurmaları istenmiştir. Elde edilen tüm sonuçlar her uzman için ayrı ayrı aşağıdaki çizelgelerde sunulmuştur. Buradaki temel amaç, AHP yönteminin öznel bir yöntem olması ve envantere dayalı bir analiz sistemini ön görmemesi nedeniyle, bu tez çalışması kapsamında üretilen duyarlılık haritası ile karşılaştırmasının yapılması ve performansının denetlenmesidir.



Çizelge 6.3. Parametreler için ikili karşılaştırmalar matrisi ve ağırlık değerleri (Uzman-1)

<b>Parametreler (CR=0,14)</b>											
	<b>Eğim</b>	<b>Baki</b>	<b>Yükseklik</b>	<b>Eğrisellik</b>	<b>Akarsuya Uzaklık</b>	<b>TWI</b>	<b>LS</b>	<b>RSP</b>	<b>Litoloji</b>	<b>Arazi Örtüsü/ Kullanımı</b>	<b>Ağırlıklar</b>
<b>Eğim</b>	1	5	1	6	2	4	4	4	2	1	0,200
<b>Baki</b>	1/5	1	1/5	2	1/3	1/2	1/2	1/2	1/3	1/5	0,035
<b>Yükseklik</b>	1	5	1	1/6	1/2	1/4	1/4	1/4	1/2	1	0,077
<b>Eğrisellik</b>	1/6	1/2	1/6	1	1/4	1/3	1/3	1/3	1/4	1/6	0,047
<b>Akarsuya Uzaklık</b>	1/2	3	1/2	4	1	2	2	2	1	1/2	0,111
<b>Topoğrafik Nemlilik İndeksi (TWI)</b>	1/4	2	1/4	3	1/2	1	1	1	1/2	1/4	0,072
<b>LS Faktörü- Sediman Taşıma Kapasite İndeksi</b>	1/4	2	1/4	3	1/2	1	1	1	1/2	1/4	0,072
<b>Akarsu Aşındırma Gücü İndeksi (RSP)</b>	1/4	2	1/4	3	1/2	1	1	1	1/2	1/4	0,072
<b>Litoloji</b>	1/2	3	1/2	4	1	2	2	2	1	1/2	0,111
<b>Arazi Örtüsü/ Kullanımı</b>	1	5	1	6	2	4	4	4	2	1	0,200



Çizelge 6.4. Alt kriterler için ikili karşılaştırmalar matrisi ve ağırlık değerleri (Uzman-1)

Alt Kriterler									
	1	2	3	4	5	6	7	8	Ağırlıklar
<b>Eğim (CR=0,28)</b>									
(1) Düz	1	1/3	1/5	1/6	1/7	6	7		0,073
(2) Az Eğimli	3	1	1/4	1/5	1/5	7	8		0,105
(3) Orta Eğimli	5	4	1	1/4	1/4	8	9		0,168
(4) Çok Eğimli	6	5	4	1	1/3	7	8		0,248
(5) Dik	7	5	4	3	1	6	6		0,344
(6) Sarp	1/6	1/7	1/8	1/7	1/6	1	5		0,039
(7) Pek Sarp	1/7	1/8	1/9	1/8	1/6	1/5	1		0,022
<b>Bakı (CR=0,13)</b>									
(1) Kuzey	1	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8	1/9	0,019
(2) Kuzeydoğu	3	1	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8	0,030
(3) Doğu	4	3	1	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	0,046
(4) Güneydoğu	5	4	3	1	1/3	1/4	1/5	1/6	0,070
(5) Güney	6	5	4	3	1	1/3	1/4	1/5	0,104
(6) Güneybatı	7	6	5	4	3	1	1/3	1/4	0,153
(7) Batı	8	7	6	5	4	3	1	1/3	0,227
(8) Kuzeybatı	9	8	7	6	5	4	3	1	0,351
<b>Yükseklik (m) (CR=0,15)</b>									
(1) 0-200	1	1/3	1/5	1/6	1/7	1/8	1/9		0,021
(2) 200-400	3	1	1/3	1/5	1/6	1/7	1/8		0,035
(3) 400-600	5	3	1	1/3	1/5	1/5	1/7		0,061
(4) 600-800	6	5	3	1	1/3	1/4	1/6		0,099

(5) 800-1000	7	6	5	3	1	1/3	1/5		0,154
(6) 1000-1200	8	7	5	4	3	1	1/3		0,229
(7) 1200-1360	9	8	7	6	5	3	1		0,402
<b>Eğrisellik (CR=0,01)</b>									
(1) Konveks	1	2	1/2						0,277
(2) Düz	1/2	1	1/5						0,129
(3) Konkav	2	5	1						0,595
<b>Akarsuya Uzaklık (m) (CR=0,12)</b>									
(1) 0-10	1	3	5	7	8	9			0,159
(2) 10-20	1/3	1	3	5	7	8			0,159
(3) 20-50	1/5	1/3	1	3	5	7			0,159
(4) 50-100	1/7	1/5	1/3	1	3	5			0,309
(5) 100-200	1/8	1/7	1/5	1/3	1	3			0,159
(6) 200-621	1/9	1/8	1/7	1/5	1/3	1			0,055
<b>Topoğrafik Nemlilik İndeksi (TWI) (CR=0,01)</b>									
(1) 0-3	1	2	4	6					0,512
(2) 3-6	1/2	1	2	4					0,275
(3) 6-9	1/4	1/2	1	2					0,138
(4) 9-13	1/6	1/4	1/2	1					0,074
<b>LS Faktörü- Sediman Taşıma Kapasite İndeksi (CR=0,11)</b>									
(1) 0-2	1	3	5						0,619
(2) 2-4	1/3	1	4						0,284
(3) 4-7	1/5	1/4	1						0,096
<b>Akarsu Aşındırma Gücü İndeksi (RSP) (CR=0,02)</b>									
(1) 0-3	1	2	4						0,557
(2) 3-6	1/2	1	3						0,320

(3) 6-10	1/4	1/3	<b>1</b>						0,123
<b>Litoloji (CR=0,01)</b>									
(1) Çakıltaşı-Kumtaşı-Çamurtaşı	<b>1</b>	1	1	3	1	1/2	2		0,146
(2) Kireçtaşı	1	<b>1</b>	1	3	1	1/2	2		0,146
(3) Kumtaşı-Çamurtaşı-Kireçtaşı	1	1	<b>1</b>	3	1	1/2	2		0,146
(4) Granit-Granodiyorit	1/3	1/3	1/3	<b>1</b>	1	1/6	1/2		0,057
(5) Kumtaşı-Çamurtaşı	1	1	1	1	<b>1</b>	1/4	2		0,121
(6) Andezit-Aglomera-Tüf	2	2	2	6	4	<b>1</b>	2		0,297
(7) Kuvarsit-Kuvars-Şist	1/2	1/2	1/2	2	1/2	1/4	<b>1</b>		0,087
<b>Arazi Örtüsü/ Kullanımı (CR=0,11)</b>									
(1) Tarım Alanları	<b>1</b>	2	6	1/4	8				0,254
(2) Orman Alanları	1/2	<b>1</b>	2	1/4	4				0,128
(3) Çayır/ Mera	1/6	1/2	<b>1</b>	1/6	4				0,081
(4) Yerleşim Alanları	4	4	6	<b>1</b>	9				0,502
(5) Sulak Alanlar/ Su Kütleleri	1/8	1/4	1/4	1/9	<b>1</b>				0,034

Çizelge 6.5. Parametreler için ikili karşılaştırmalar matrisi ve ağırlık değerleri (Uzman-2)

Parametreler (CR=0,001)											
	Eğim	Bakı	Yükseklik	Eğrisellik	Akarsuya Uzaklık	TWI	LS	RSP	Litoloji	Arazi Örtüsü/ Kullanımı	Ağırlıklar
<b>Eğim</b>	1	6	1	6	2	4	4	4	2	2	0,203
<b>Bakı</b>	1/6	1	1/6	1	1/4	1/2	1/2	1/2	1/4	1/4	0,030
<b>Yükseklik</b>	1	6	1	6	2	4	4	4	2	2	0,215
<b>Eğrisellik</b>	1/6	1	1/6	1	1/4	1/2	1/2	1/2	1/4	1/4	0,030
<b>Akarsuya Uzaklık</b>	1/2	4	1/2	4	1	2	2	2	1	1	0,114
<b>Topoğrafik Nemlilik İndeksi (TWI)</b>	1/4	2	1/4	2	1/2	1	1	1	1/2	1/2	0,057
<b>LS Faktörü- Sediman Taşıma Kapasite İndeksi</b>	1/4	2	1/4	2	1/2	1	1	1	1/2	1/2	0,057
<b>Akarsu Aşındırma Gücü İndeksi (RSP)</b>	1/4	2	1/4	2	1/2	1	1	1	1/2	1/2	0,057
<b>Litoloji</b>	1/2	4	1/2	4	1	2	2	2	1	1	0,114
<b>Arazi Örtüsü/ Kullanımı</b>	1/2	4	1/2	4	1	2	2	2	1	1	0,124

Çizelge 6.6. Alt kriterler için ikili karşılaştırmalar matrisi ve ağırlık değerleri (Uzman-2)

Alt Kriterler									
	1	2	3	4	5	6	7	8	Ağırlıklar
<b>Eğim (CR=0,12)</b>									
(1) Düz	1	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8		0,025
(2) Az Eğimli	3	1	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7		0,040
(3) Orta Eğimli	4	3	1	1/3	1/4	1/5	1/6		0,064
(4) Çok Eğimli	5	4	3	1	1/3	1/4	1/5		0,100
(5) Dik	6	5	4	3	1	1/3	1/4		0,154
(6) Sarp	7	6	5	4	3	1	1/3		0,237
(7) Pek Sarp	8	7	6	5	4	3	1		0,380
<b>Bakı (CR=0,04)</b>									
(1) Kuzey	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8	0,024
(2) Kuzeydoğu	2	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	0,034
(3) Doğu	3	2	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	0,050
(4) Güneydoğu	4	3	2	1	1/2	1/3	1/4	1/5	0,073
(5) Güney	5	4	3	2	1	1/2	1/3	1/4	0,108
(6) Güneybatı	6	5	4	3	2	1	1/2	1/3	0,157
(7) Batı	7	6	5	4	3	2	1	1/2	0,227
(8) Kuzeybatı	8	7	6	5	4	3	2	1	0,327
<b>Yükseklik (m) (CR=0,04)</b>									
(1) 0-200	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7		0,032
(2) 200-400	2	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6		0,046
(3) 400-600	3	2	1	1/2	1/3	1/4	1/5		0,070
(4) 600-800	4	3	2	1	1/2	1/3	1/4		0,106

(5) 800-1000	5	4	3	2	1	1/2	1/3		0,159
(6) 1000-1200	6	5	4	3	2	1	1/2		0,237
(7) 1200-1360	7	6	5	4	3	2	1		0,350
<b>Eğrisellik (CR=0,05)</b>									
(1) Konveks	1	3	5						0,633
(2) Düz	1/3	1	3						0,26
(3) Konkav	1/5	1/3	1						0,106
<b>Akarsuya Uzaklık (m) (CR=0,03)</b>									
(1) 0-10	1	2	4	6	8	9			0,429
(2) 10-20	1/2	1	2	4	6	8			0,261
(3) 20-50	1/4	1/2	1	2	4	6			0,150
(4) 50-100	1/6	1/4	1/2	1	2	4			0,084
(5) 100-200	1/8	1/6	1/4	1/2	1	2			0,047
(6) 200-621	1/9	1/8	1/6	1/4	1/2	1			0,030
<b>Topoğrafik Nemlilik İndeksi (TWI) (CR=0,01)</b>									
(1) 0-3	1	2	3	4					0,466
(2) 3-6	1/2	1	2	3					0,277
(3) 6-9	1/3	1/2	1	2					0,161
(4) 9-13	1/4	1/3	1/2	1					0,096
<b>LS Faktörü- Sediman Taşıma Kapasite İndeksi (CR=0,06)</b>									
(1) 0-2	1	2	3						0,525
(2) 2-4	1/2	1	3						0,334
(3) 4-7	1/3	1/3	1						0,142
<b>Akarsu Aşındırma Gücü İndeksi (RSP) (CR=0,01)</b>									
(1) 0-3	1	2	6						0,587
(2) 3-6	1/2	1	4						0,324

(3) 6-10	1/6	1/4	<b>1</b>						0,089
<b>Litoloji (CR=0,01)</b>									
(1) Çakıltası-Kumtaşı-Çamurtaşı	<b>1</b>	1	1	2	1	1/2	2		0,142
(2) Kireçtaşı	1	<b>1</b>	1	2	1	1/2	2		0,142
(3) Kumtaşı-Çamurtaşı-Kireçtaşı	1	1	<b>1</b>	2	1	1/2	2		0,142
(4) Granit-Granodiyorit	1/2	1/2	1/2	<b>1</b>	1/2	1/4	1/2		0,066
(5) Kumtaşı-Çamurtaşı	1	1	1	2	<b>1</b>	1/2	2		0,142
(6) Andezit-Aglomera-Tüf	2	2	2	4	2	<b>1</b>	4		0,285
(7) Kuvarsit-Kuvars-Şist	1/2	1/2	1/2	2	1/2	1/4	<b>1</b>		0,081
<b>Arazi Örtüsü/ Kullanımı (CR=0,02)</b>									
(1) Tarım Alanları	<b>1</b>	2	5	1/2	6				0,248
(2) Orman Alanları	1/2	<b>1</b>	2	1/4	4				0,142
(3) Çayır/ Mera	1/5	1/2	<b>1</b>	1/6	2				0,072
(4) Yerleşim Alanları	2	4	6	<b>1</b>	8				0,464
(5) Sulak Alanlar/ Su Kütelleri	1/6	1/4	1/2	1/8	<b>1</b>				0,044

Çizelge 6.7. Parametreler için ikili karşılaştırmalar matrisi ve ağırlık değerleri (Uzman-3)

<b>Parametreler (CR=0,01)</b>											
	<b>Eğim</b>	<b>Bakı</b>	<b>Yükseklik</b>	<b>Eğrisellik</b>	<b>Akarsuya Uzaklık</b>	<b>TWI</b>	<b>LS</b>	<b>RSP</b>	<b>Litoloji</b>	<b>Arazi Örtüsü/ Kullanımı</b>	<b>Ağırlıklar</b>
<b>Eğim</b>	1	2	1	4	1	2	2	2	1	1	0,138
<b>Bakı</b>	1/2	1	1/2	2	1/2	1	1	1	1/2	1/2	0,069
<b>Yükseklik</b>	1	2	1	4	1	2	2	2	1	1	0,138
<b>Eğrisellik</b>	1/4	1/2	1/4	1	1/4	1/2	1/2	1/2	1/4	1/4	0,034
<b>Akarsuya Uzaklık</b>	1	2	1	4	1	2	2	2	1	1	0,138
<b>Topoğrafik Nemlilik İndeksi (TWI)</b>	1/2	1	1/2	2	1/2	1	1	1	1/2	1/2	0,069
<b>LS Faktörü- Sediman Taşıma Kapasite İndeksi</b>	1/2	1	1/2	2	1/2	1	1	1	1/2	1/2	0,069
<b>Akarsu Aşındırma Gücü İndeksi (RSP)</b>	1/2	1	1/2	2	1/2	1	1	1	1/2	1/2	0,069
<b>Litoloji</b>	1	2	1	4	1	2	2	2	1	1	0,138
<b>Arazi Örtüsü/ Kullanımı</b>	1	2	1	4	1	2	2	2	1	1	0,138



Çizelge 6.8. Alt kriterler için ikili karşılaştırmalar matrisi ve ağırlık değerleri (Uzman-3)

Alt Kriterler									
	1	2	3	4	5	6	7	8	Ağırlıklar
<b>Eğim (CR=0,04)</b>									
(1) Düz	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7		0,032
(2) Az Eğimli	2	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6		0,046
(3) Orta Eğimli	3	2	1	1/2	1/3	1/4	1/5		0,070
(4) Çok Eğimli	4	3	2	1	1/2	1/3	1/4		0,106
(5) Dik	5	4	3	2	1	1/2	1/3		0,159
(6) Sarp	6	5	4	3	2	1	1/2		0,237
(7) Pek Sarp	7	6	5	4	3	2	1		0,350
<b>Bakı (CR=0,12)</b>									
(1) Kuzey	1	1/2	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8	1/9	0,020
(2) Kuzeydoğu	2	1	1/2	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8	0,028
(3) Doğu	4	2	1	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	0,043
(4) Güneydoğu	5	4	3	1	1/3	1/4	1/5	1/6	0,070
(5) Güney	6	5	4	3	1	1/3	1/4	1/5	0,104
(6) Güneybatı	7	6	5	4	3	1	1/3	1/4	0,154
(7) Batı	8	7	6	5	4	3	1	1/3	0,228
(8) Kuzeybatı	9	8	7	6	5	4	3	1	0,353
<b>Yükseklik (m) (CR=0,15)</b>									
(1) 0-200	1	1/3	1/5	1/6	1/7	1/8	1/9		0,021
(2) 200-400	3	1	1/3	1/5	1/6	1/7	1/8		0,035
(3) 400-600	5	3	1	1/3	1/5	1/5	1/7		0,061
(4) 600-800	6	5	3	1	1/3	1/4	1/6		0,099

(5) 800-1000	7	6	5	3	1	1/3	1/5		0,154
(6) 1000-1200	8	7	5	4	3	1	1/3		0,229
(7) 1200-1360	9	8	7	6	5	3	1		0,402
<b>Eğrisellik (CR=0,01)</b>									
(1) Konveks	1	2	1/2						0,277
(2) Düz	1/2	1	1/5						0,129
(3) Konkav	2	5	1						0,595
<b>Akarsuya Uzaklık (m) (CR=0,03)</b>									
(1) 0-10	1	2	3	4	5	6			0,379
(2) 10-20	1/2	1	2	3	4	5			0,249
(3) 20-50	1/3	1/2	1	2	3	4			0,162
(4) 50-100	1/4	1/3	1/2	1	2	3			0,102
(5) 100-200	1/5	1/4	1/3	1/2	1	2			0,065
(6) 200-621	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1			0,043
<b>Topoğrafik Nemlilik İndeksi (TWI) (CR=0,07)</b>									
(1) 0-3	1	3	5	7					0,558
(2) 3-6	1/3	1	3	5					0,263
(3) 6-9	1/5	1/3	1	3					0,122
(4) 9-13	1/7	1/5	1/3	1					0,057
<b>LS Faktörü- Sediman Taşıma Kapasite İndeksi (CR=0,01)</b>									
(1) 0-2	1	2	8						0,604
(2) 2-4	1/2	1	5						0,326
(3) 4-7	1/8	1/5	1						0,070
<b>Akarsu Aşındırma Gücü İndeksi (RSP) (CR=0,06)</b>									
(1) 0-3	1	2	3						0,525
(2) 3-6	1/2	1	3						0,334

(3) 6-10	1/3	1/3	1						0,142
<b>Litoloji (CR=0,001)</b>									
(1) Çakıltaşı-Kumtaşı-Çamurtaşı	1	1	1	1/3	1	2	1/3		0,097
(2) Kireçtaşı	1	1	1	1/3	1	2	1/3		0,097
(3) Kumtaşı-Çamurtaşı-Kireçtaşı	1	1	1	1/3	1	2	1/3		0,097
(4) Granit-Granodiyorit	3	3	3	1	3	4	1		0,275
(5) Kumtaşı-Çamurtaşı	1	1	1	1/3	1	2	1/3		0,097
(6) Andezit-Aglomera-Tüf	1/2	1/2	1/2	1/4	1/2	1	1/5		0,053
(7) Kuvarsit-Kuvars-Şist	3	3	3	1	3	5	1		0,283
<b>Arazi Örtüsü/ Kullanımı (CR=0,20)</b>									
(1) Tarım Alanları	1	7	3	1/5	5				0,235
(2) Orman Alanları	1/7	1	1/3	1/9	1/7				0,032
(3) Çayır/ Mera	1/3	3	1	1/7	1/3				0,069
(4) Yerleşim Alanları	5	9	7	1	5				0,522
(5) Sulak Alanlar/ Su Kütleleri	1/5	7	3	1/5	1				0,141

Çizelge 6.9. Parametreler için ikili karşılaştırmalar matrisi ve ağırlık değerleri (Uzman-4)

Parametreler (CR=0,1)											
	Eğim	Bakı	Yükseklik	Eğrisellik	Akarsuya Uzaklık	TWI	LS	RSP	Litoloji	Arazi Örtüsü/ Kullanımı	Ağırlıklar
<b>Eğim</b>	1	3	1	6	1	3	3	3	3	1	0,164
<b>Bakı</b>	1/3	1	1/3	3	3	1	1	1	1	1/3	0,077
<b>Yükseklik</b>	1	3	1	6	6	3	3	3	3	6	0,244
<b>Eğrisellik</b>	1/6	1/3	1/6	1	1/6	1/3	1/3	1/3	1/3	1	0,029
<b>Akarsuya Uzaklık</b>	1	1/3	1/6	6	1	3	3	3	3	1	0,126
<b>Topoğrafik Nemlilik İndeksi (TWI)</b>	1/3	1	1/3	3	1/3	1	1	1	1	1/3	0,058
<b>LS Faktörü- Sediman Taşıma Kapasite İndeksi</b>	1/3	1	1/3	3	1/3	1	1	1	1	1/3	0,058
<b>Akarsu Aşındırma Gücü İndeksi (RSP)</b>	1/3	1	1/3	3	1/3	1	1	1	1	1/3	0,058
<b>Litoloji</b>	1/3	1	1/3	3	1/3	1	1	1	1	1/3	0,058
<b>Arazi Örtüsü/ Kullanımı</b>	1	3	1/6	1	1	3	3	3	3	1	0,130

Çizelge 6.10. Alt kriterler için ikili karşılaştırmalar matrisi ve ağırlık değerleri (Uzman-4)

Alt Kriterler									
	1	2	3	4	5	6	7	8	Ağırlıklar
<b>Eğim (CR=0,15)</b>									
(1) Düz	1	1/3	1/5	1/6	1/7	1/8	1/9		0,021
(2) Az Eğimli	3	1	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8		0,034
(3) Orta Eğimli	5	4	1	1/4	1/5	1/6	1/7		0,063
(4) Çok Eğimli	6	5	4	1	1/3	1/4	1/5		0,105
(5) Dik	7	6	5	3	1	1/3	1/4		0,157
(6) Sarp	8	7	6	4	3	1	1/3		0,239
(7) Pek Sarp	9	8	7	5	4	3	1		0,381
<b>Bakı (CR=0,05)</b>									
(1) Kuzey	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/9	0,023
(2) Kuzeydoğu	2	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/8	0,032
(3) Doğu	3	2	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/7	0,047
(4) Güneydoğu	4	3	2	1	1/2	1/3	1/4	1/6	0,070
(5) Güney	5	4	3	2	1	1/2	1/3	1/5	0,102
(6) Güneybatı	6	5	4	3	2	1	1/2	1/4	0,147
(7) Batı	7	6	5	4	3	2	1	1/2	0,218
(8) Kuzeybatı	9	8	7	6	5	4	2	1	0,361
<b>Yükseklik (m) (CR=0,04)</b>									
(1) 0-200	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7		0,032
(2) 200-400	2	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6		0,046
(3) 400-600	3	2	1	1/2	1/3	1/4	1/5		0,070
(4) 600-800	4	3	2	1	1/2	1/3	1/4		0,106

(5) 800-1000	5	4	3	2	1	1/2	1/3		0,159
(6) 1000-1200	6	5	4	3	2	1	1/2		0,237
(7) 1200-1360	7	6	5	4	3	2	1		0,350
<b>Eğrisellik (CR=0,02)</b>									
(1) Konveks	1	3	1/3						0,251
(2) Düz	1/3	1	1/6						0,096
(3) Konkav	3	6	1						0,653
<b>Akarsuya Uzaklık (m) (CR=0,12)</b>									
(1) 0-10	1	3	5	7	8	9			0,448
(2) 10-20	1/3	1	3	5	7	8			0,254
(3) 20-50	1/5	1/3	1	3	5	7			0,146
(4) 50-100	1/7	1/5	1/3	1	3	5			0,081
(5) 100-200	1/8	1/7	1/5	1/3	1	3			0,045
(6) 200-621	1/9	1/8	1/7	1/5	1/3	1			0,026
<b>Topoğrafik Nemlilik İndeksi (TWI) (CR=0,01)</b>									
(1) 0-3	1	2	5	8					0,544
(2) 3-6	1/2	1	2	5					0,273
(3) 6-9	1/5	1/2	1	2					0,122
(4) 9-13	1/8	1/5	1/2	1					0,061
<b>LS Faktörü- Sediman Taşıma Kapasite İndeksi (CR=0,02)</b>									
(1) 0-2	1	2	4						0,557
(2) 2-4	1/2	1	3						0,320
(3) 4-7	1/4	1/3	1						0,123
<b>Akarsu Aşındırma Gücü İndeksi (RSP) (CR=0,001)</b>									
(1) 0-3	1	2	8						0,604
(2) 3-6	1/2	1	5						0,326

(3) 6-10	1/8	1/5	1						0,070
<b>Litoloji (CR=0,01)</b>									
(1) Çakıltaşı-Kumtaşı-Çamurtaşı	1	1	1	2	1	1/2	2		0,142
(2) Kireçtaşı	1	1	1	2	1	1/2	2		0,142
(3) Kumtaşı-Çamurtaşı-Kireçtaşı	1	1	1	2	1	1/2	2		0,142
(4) Granit-Granodiyorit	1/2	1/2	1/2	1	1/2	1/4	1/2		0,066
(5) Kumtaşı-Çamurtaşı	1	1	1	2	1	1/2	2		0,142
(6) Andezit-Aglomera-Tüf	2	2	2	4	2	1	4		0,285
(7) Kuvarsit-Kuvars-Şist	1/2	1/2	1/2	2	1/2	1/4	1		0,081
<b>Arazi Örtüsü/ Kullanımı (CR=0,16)</b>									
(1) Tarım Alanları	1	2	1/2	1/5	1/4				0,079
(2) Orman Alanları	1/2	1	1/4	1/8	1/6				0,056
(3) Çayır/ Mera	2	4	1	1/4	1/4				0,134
(4) Yerleşim Alanları	5	8	4	1	4				0,453
(5) Sulak Alanlar/ Su Kütleleri	4	6	4	1/4	1				0,278

Uygulamanın en son aşamasında ise, elde edilen sonuçlar ile 4 uzmandan alınan sonuçlar olmak üzere toplamda 5 farklı girdinin ortalaması alınarak karşılaştırma amaçlı bir adet “parametreler için ikili karşılaştırmalar matrisi ve ağırlık değerleri” (Çizelge 6.11) ve bir adet “alt kriterler için ikili karşılaştırmalar matrisi ve ağırlık değerleri” (Çizelge 6.12) çizelgesi elde edilmiştir.

Çizelge 6.11. Parametreler için ikili karşılaştırmalar matrisi ve ağırlık değerleri (ortalama)

<b>Parametreler (CR=0,03)</b>											
	<b>Eğim</b>	<b>Bakı</b>	<b>Yükseklik</b>	<b>Eğrisellik</b>	<b>Akarsuya Uzaklık</b>	<b>TWI</b>	<b>LS</b>	<b>RSP</b>	<b>Litoloji</b>	<b>Arazi Örtüsü/ Kullanımı</b>	<b>Ağırlıklar</b>
<b>Eğim</b>	1	4	1	5	2	4	4	4	2	1	0,195
<b>Bakı</b>	1/4	1	1/3	2	1	1	1	1	1/2	1/3	0,059
<b>Yükseklik</b>	1	3	1	2	3	3	3	3	2	2	0,184
<b>Eğrisellik</b>	1/5	1/2	1/2	1	1/2	1	1	1	1/5	1/3	0,046
<b>Akarsuya Uzaklık</b>	1/2	1	1/3	2	1	2	2	2	1	1	0,093
<b>Topoğrafik Nemlilik İndeksi (TWI)</b>	1/4	1	1/3	1	1/2	1	1	1	1/2	1/3	0,050
<b>LS Faktörü- Sediman Taşıma Kapasite İndeksi</b>	1/4	1	1/3	1	1/2	1	1	1	1/5	1/3	0,047
<b>Akarsu Aşındırma Gücü İndeksi (RSP)</b>	1/4	1	1/3	1	1/2	1	1	1	1/5	1/3	0,047
<b>Litoloji</b>	1/2	2	1/2	5	1	2	5	5	1	1	0,143
<b>Arazi Örtüsü/ Kullanımı</b>	1	3	1/2	3	1	3	3	3	1	1	0,136



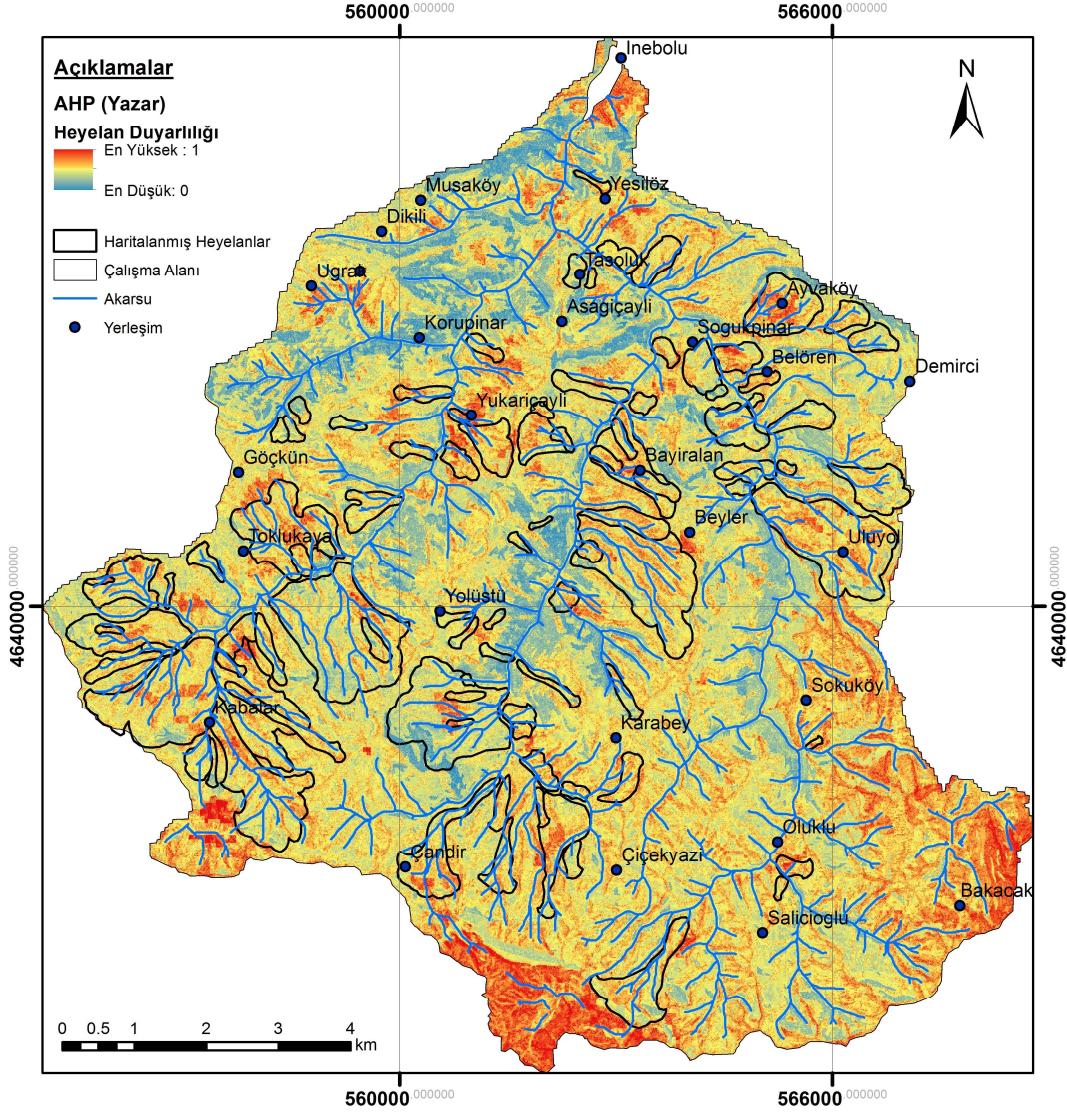
Çizelge 6.12. Alt kriterler için ikili karşılaştırmalar matrisi ve ağırlık değerleri (ortalama)

Alt Kriterler									
	1	2	3	4	5	6	7	8	Ağırlıklar
<b>Eğim (CR=0,11)</b>									
(1) Düz	1	1/3	1/4	1/5	1/6	1/5	1/6		0,031
(2) Az Eğimli	3	1	1/3	1/4	1/5	1/4	1/6		0,048
(3) Orta Eğimli	4	3	1	1/3	1/4	1/4	1/4		0,077
(4) Çok Eğimli	5	4	3	1	1/4	1/3	1/4		0,115
(5) Dik	6	5	4	4	1	1/2	1/3		0,189
(6) Sarp	5	4	4	3	2	1	1/2		0,216
(7) Pek Sarp	6	6	4	4	3	2	1		0,324
<b>Bakı (CR=0,06)</b>									
(1) Kuzey	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8	0,024
(2) Kuzeydoğu	2	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/8	0,033
(3) Doğu	3	2	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	0,049
(4) Güneydoğu	4	3	2	1	1/2	1/3	1/4	1/6	0,070
(5) Güney	5	4	3	2	1	1/3	1/3	1/5	0,100
(6) Güneybatı	6	5	4	3	2	1	1/2	1/4	0,156
(7) Batı	7	6	5	4	3	2	1	1/2	0,217
(8) Kuzeybatı	8	8	6	6	5	4	2	1	0,351
<b>Yükseklik (m) (CR=0,06)</b>									
(1) 0-200	1	1/2	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8		0,027
(2) 200-400	2	1	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7		0,037
(3) 400-600	4	3	1	1/3	1/4	1/4	1/6		0,068
(4) 600-800	5	4	3	1	1/2	1/3	1/5		0,111

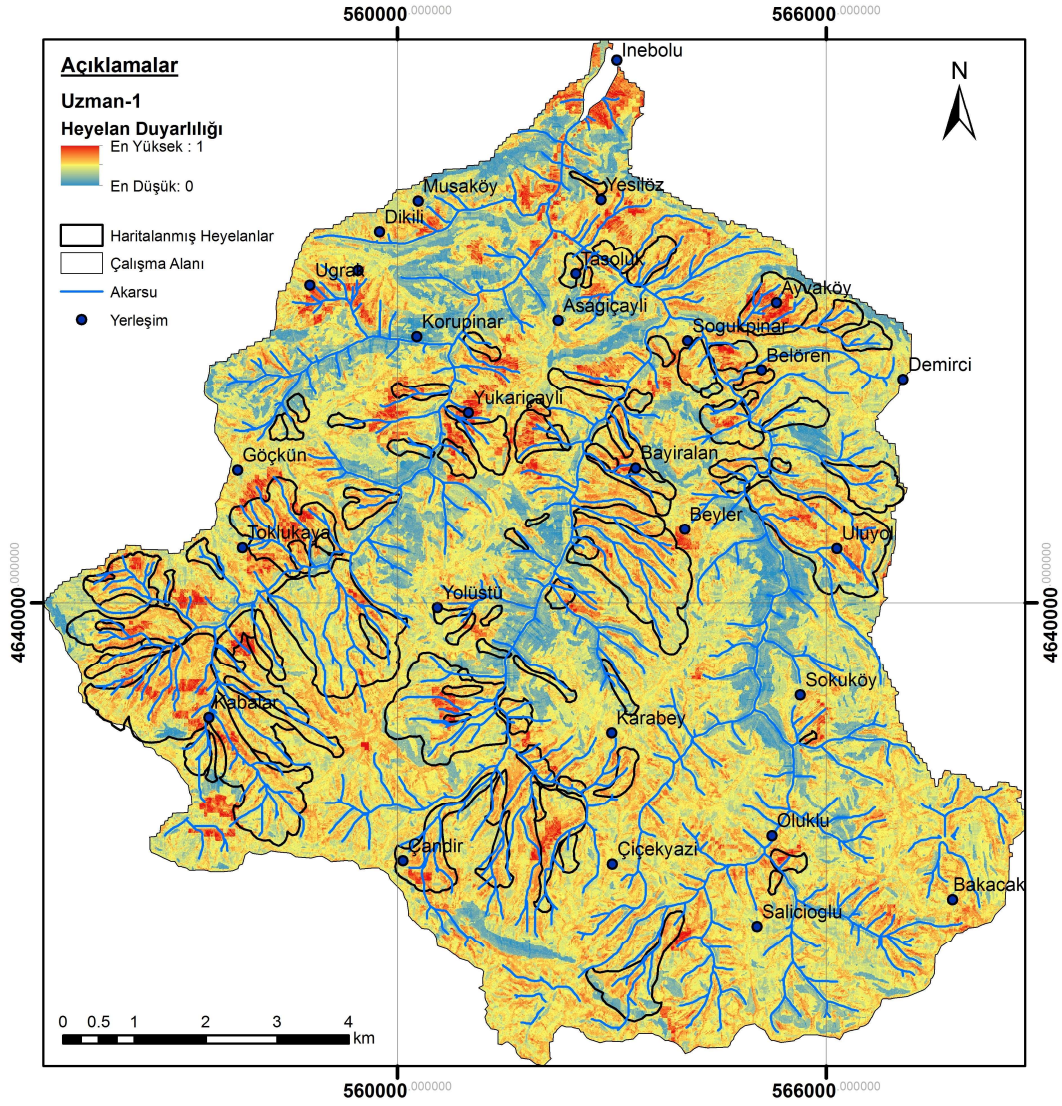
(5) 800-1000	6	5	4	2	1	1/2	1/3		0,164
(6) 1000-1200	7	6	4	3	2	1	1/2		0,231
(7) 1200-1360	8	7	6	5	3	2	1		0,362
<b>Eğrisellik (CR=0,001)</b>									
(1) Konveks	1	3	1/2						0,309
(2) Düz	1/3	1	1/5						0,110
(3) Konkav	2	5	1						0,581
<b>Akarsuya Uzaklık (m) (CR=0,05)</b>									
(1) 0-10	1	2	4	6	7	8			0,418
(2) 10-20	1/2	1	2	4	6	7			0,259
(3) 20-50	1/4	1/2	1	2	4	7			0,158
(4) 50-100	1/6	1/4	1/2	1	2	4			0,085
(5) 100-200	1/7	1/6	1/4	1/2	1	2			0,049
(6) 200-621	1/8	1/7	1/7	1/4	1/2	1			0,031
<b>Topoğrafik Nemlilik İndeksi (TWI) (CR=0,01)</b>									
(1) 0-3	1	2	4	6					0,512
(2) 3-6	1/2	1	2	4					0,275
(3) 6-9	1/4	1/2	1	2					0,138
(4) 9-13	1/6	1/4	1/2	1					0,075
<b>LS Faktörü- Sediman Taşıma Kapasite İndeksi (CR=0,11)</b>									
(1) 0-2	1	3	5						0,619
(2) 2-4	1/3	1	4						0,284
(3) 4-7	1/5	1/4	1						0,096
<b>Akarsu Aşındırma Gücü İndeksi (RSP) (CR=0,07)</b>									
(1) 0-3	1	3	6						0,639
(2) 3-6	1/3	1	4						0,274

(3) 6-10	1/6	1/4	1						0,087
<b>Litoloji (CR=0,03)</b>									
(1) Çakıltaşı-Kumtaşı-Çamurtaşı	1	1	1	1	1	1	1		0,138
(2) Kireçtaşı	1	1	1	1	1	1	1		0,138
(3) Kumtaşı-Çamurtaşı-Kireçtaşı	1	1	1	1	1	1	1		0,138
(4) Granit-Granodiyorit	1	1	1	1	1	1/3	1/2		0,111
(5) Kumtaşı-Çamurtaşı	1	1	1	1	1	1/2	1/2		0,116
(6) Andezit-Aglomera-Tüf	1	1	1	3	2	1	1/2		0,170
(7) Kuvarsit-Kuvars-Şist	1	1	1	2	2	2	1		0,189
<b>Arazi Örtüsü/ Kullanımı (CR=0,01)</b>									
(1) Tarım Alanları	1	3	4	1/4	5				0,231
(2) Orman Alanları	1/3	1	3	1/6	3				0,124
(3) Çayır/ Mera	1/4	1/3	1	1/6	2				0,070
(4) Yerleşim Alanları	4	6	1/6	1	7				0,527
(5) Sulak Alanlar/ Su Kütelleri	1/5	1/3	1/2	1/7	1				0,048

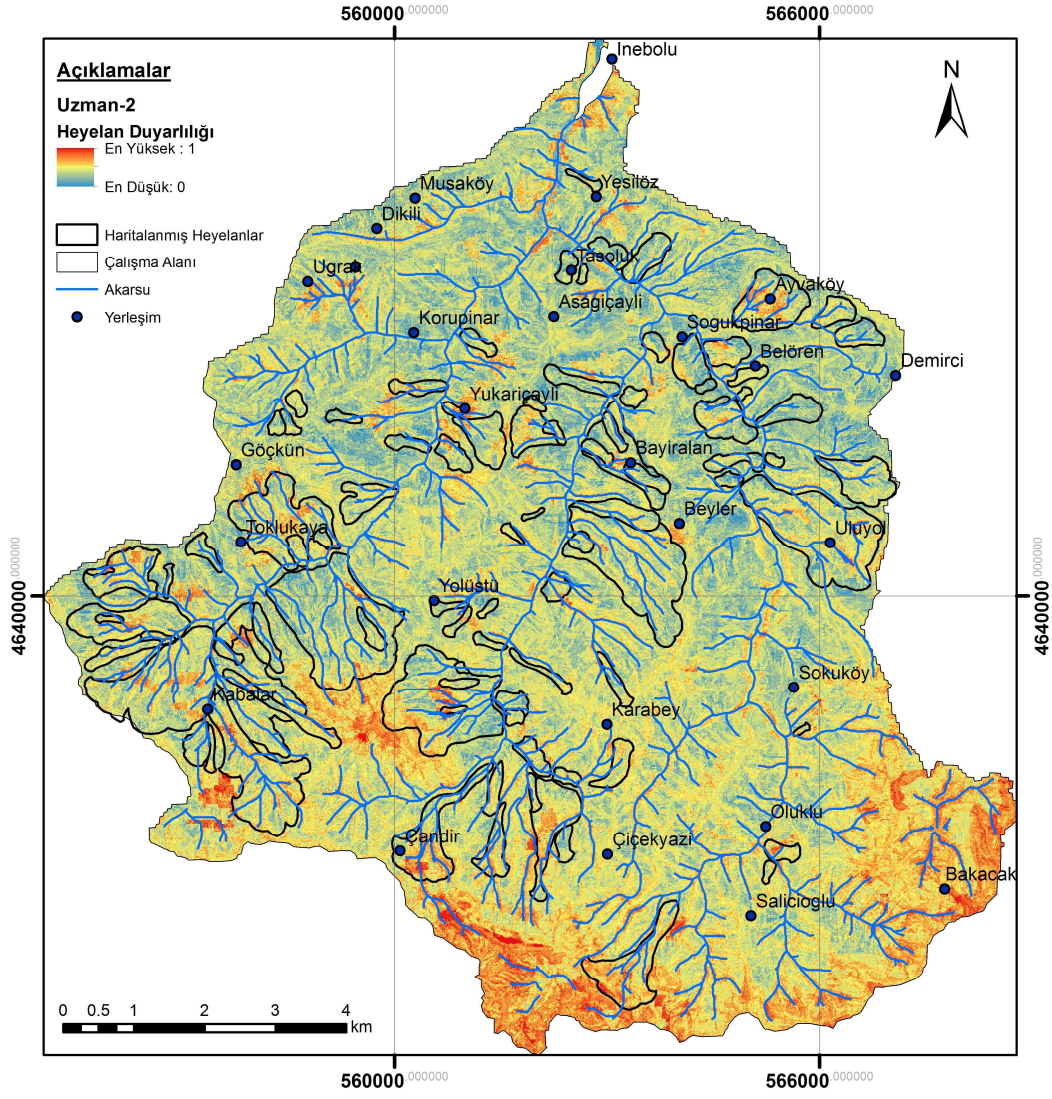
Elde edilen tüm ağırlık değerleri “weighted overlay” ve “raster calculator” araçları kullanılarak veriye işlenmiş ve ilk sonuç haritası; 4 uzmana ait sonuç haritaları ve tüm 5 değerlendirmenin ortalamasına ait ortalama sonuç haritası olmak üzere; sahaya ait toplamda 6 adet heyelan duyarlılık haritası elde edilmiştir (Şekil 6.3; Şekil 6.4; Şekil 6.5; Şekil 6.6; Şekil 6.7; Şekil 6.8).



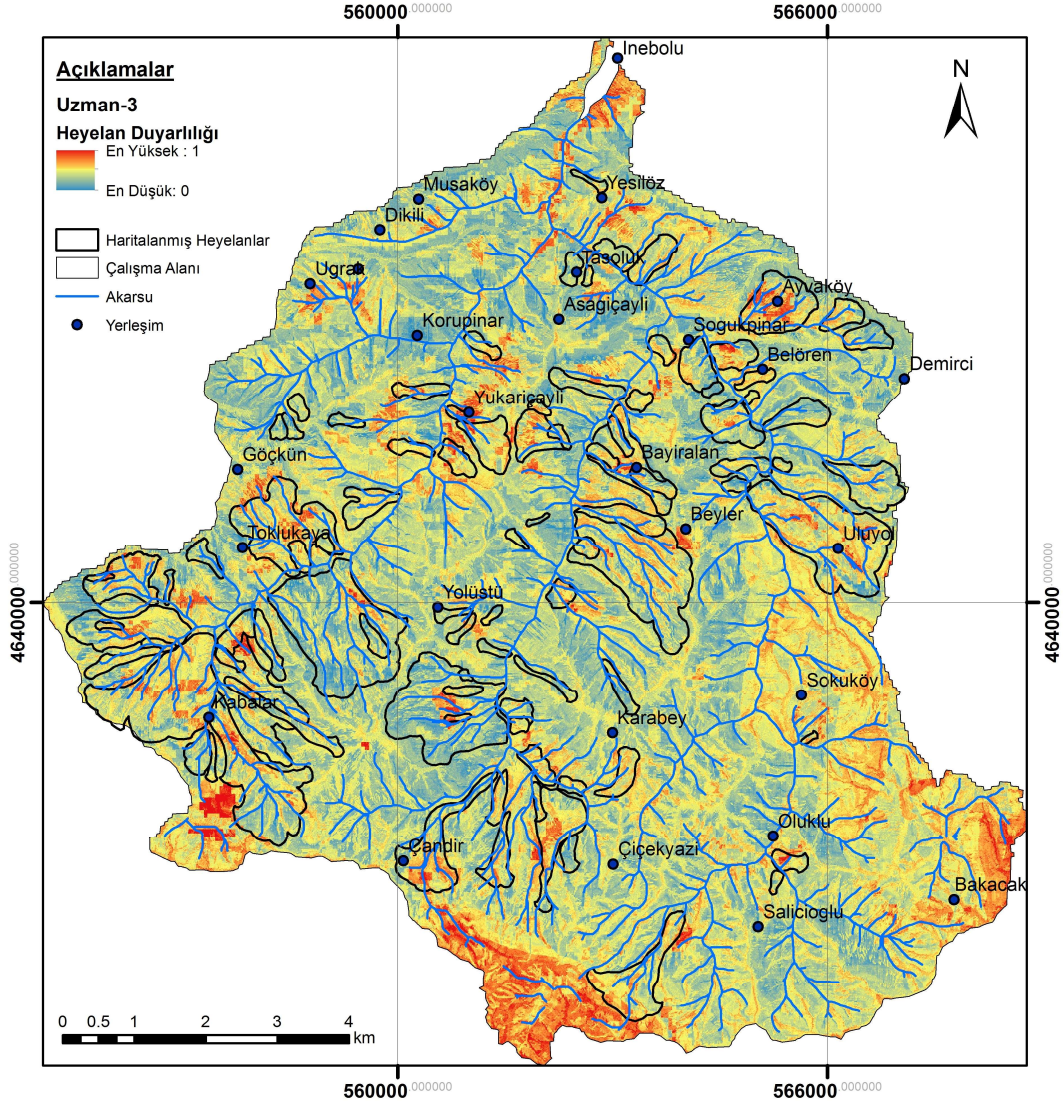
Şekil 6.3. Çalışma alanına ait heyelan duyarlılık haritası (yazar tarafından üretilen).



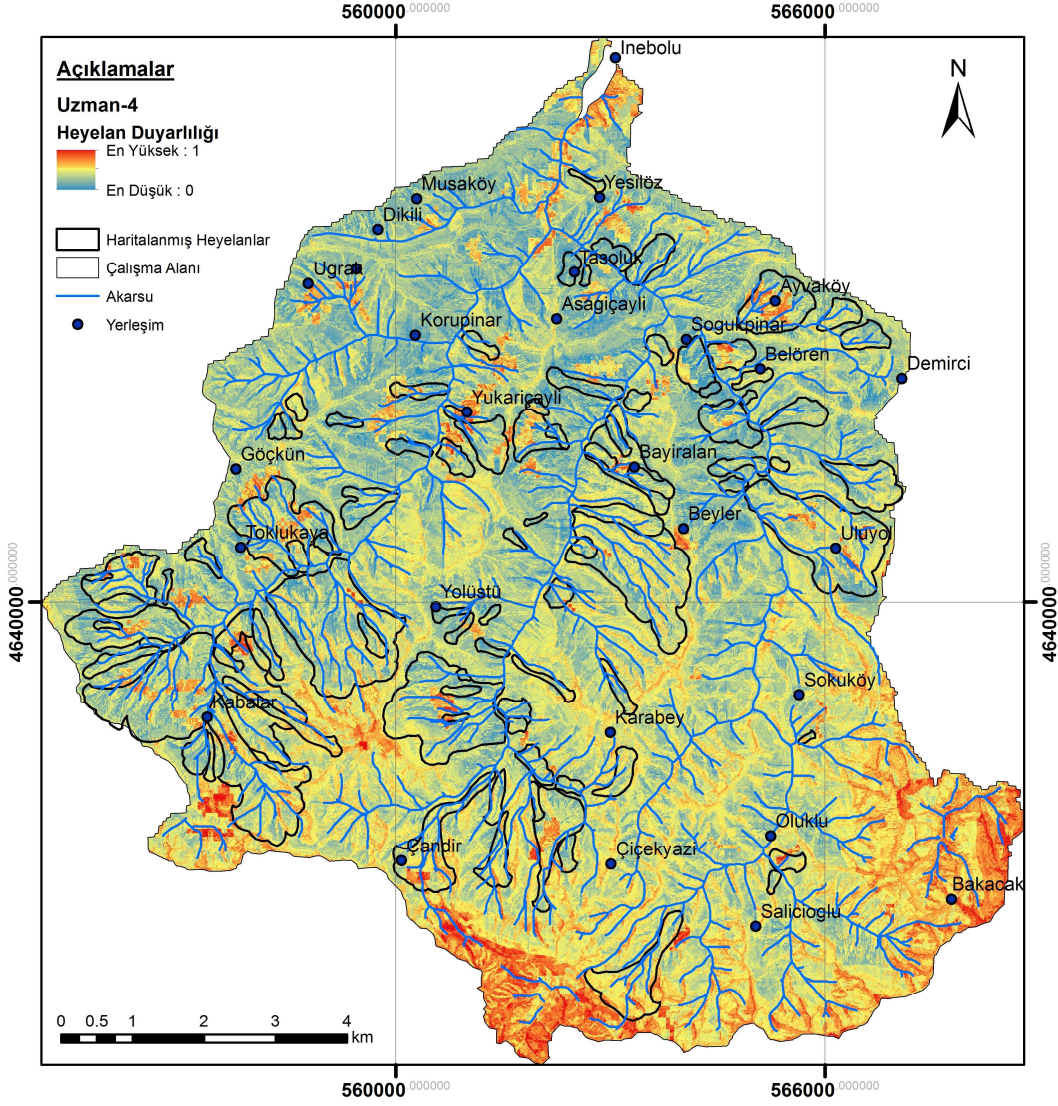
Şekil 6.4. Çalışma alanına ait heyelan duyarlılık haritası (Uzman-1).



Şekil 6.5. Çalışma alanına ait heyelan duyarlılık haritası (Uzman-2).

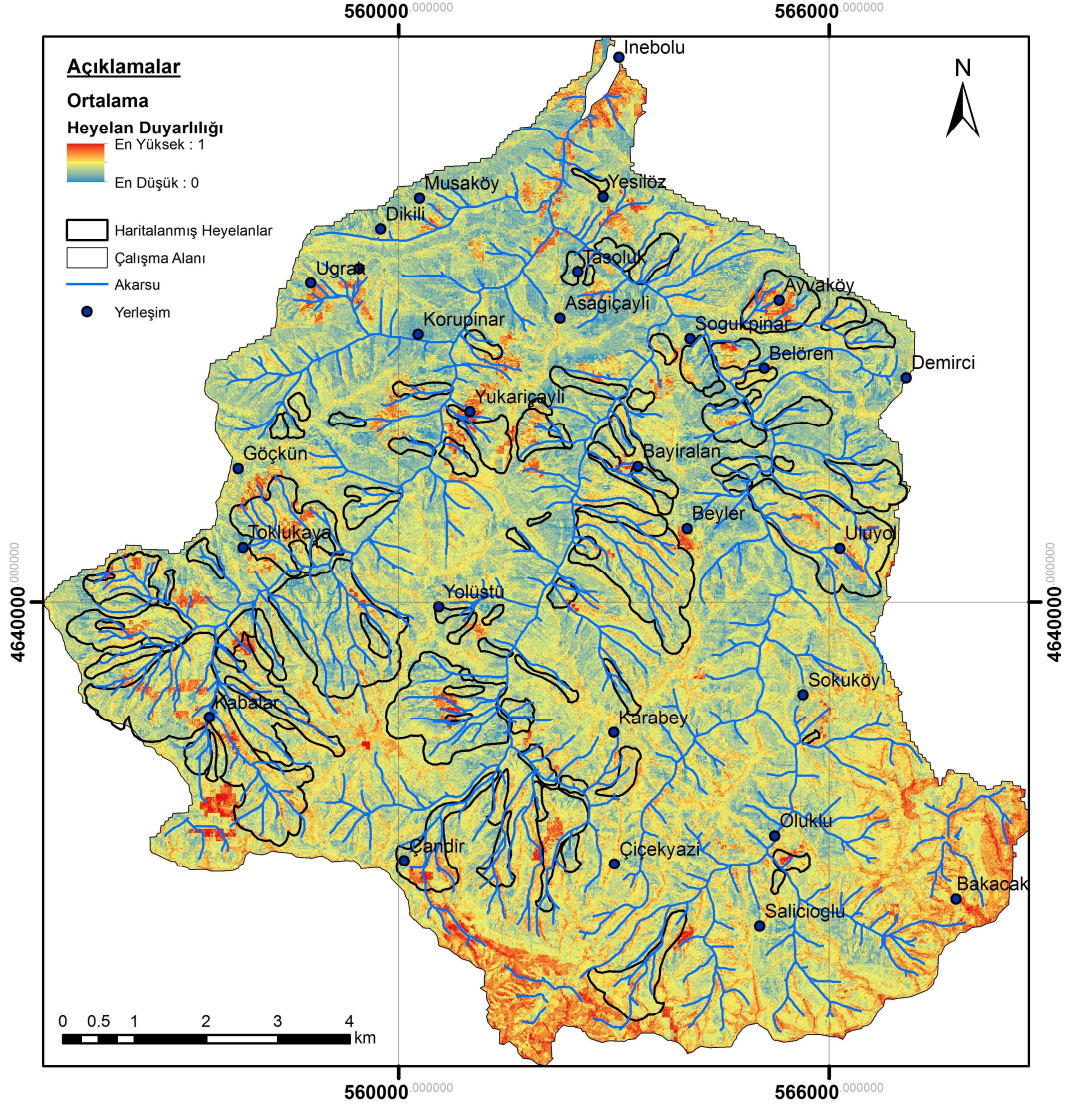


Şekil 6.6. Çalışma alanına ait heyelan duyarlılık haritası (Uzman-3).



Şekil 6.7. Çalışma alanına ait heyelan duyarlılık haritası (Uzman-4).

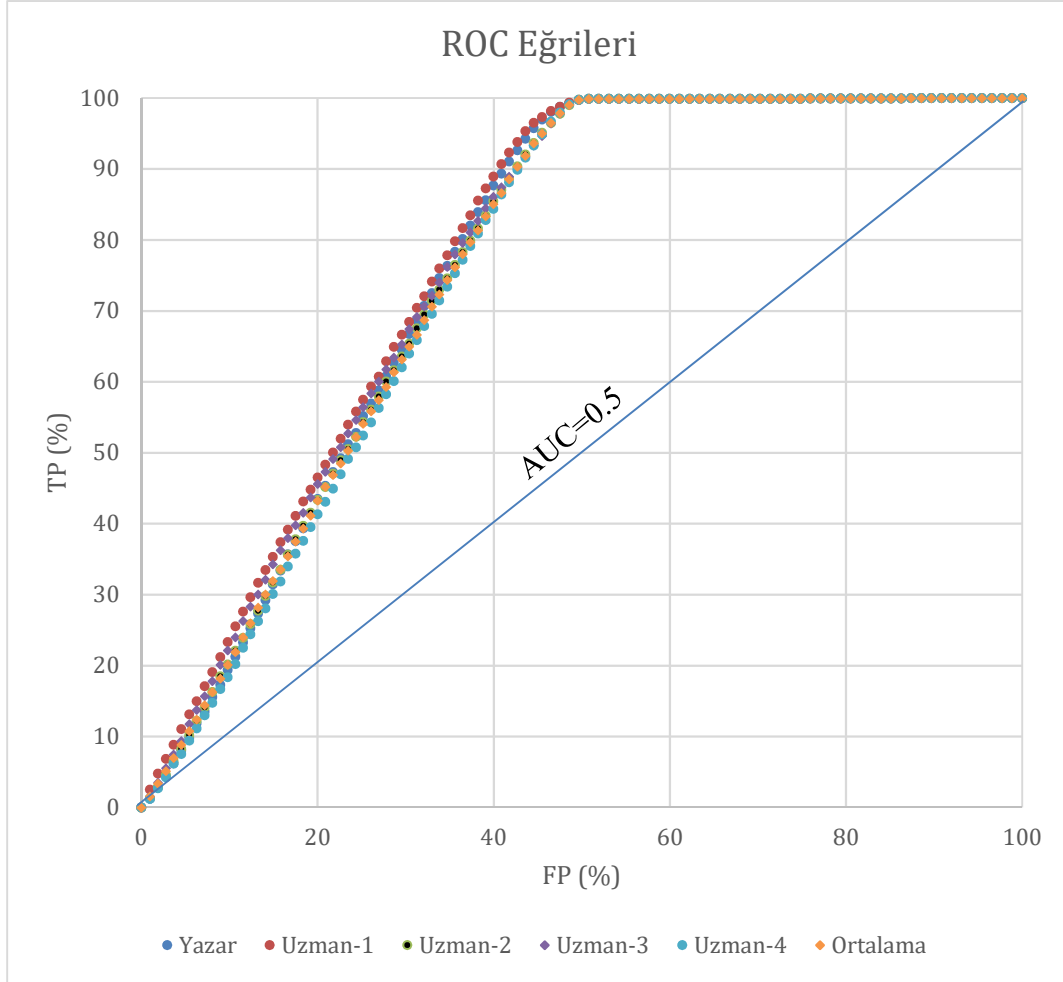




Şekil 6.8. Çalışma alanına ait heyelan duyarlılık haritası (ortalama).

Çalışmanın son aşamasında ise, üretilen haritaların performansının değerlendirilmesi için ROC (Relative Operating Characteristics) analizlerinden yararlanılmıştır. Bu analizler, Idrisi Selva yazılımının ROC modülü ile gerçekleştirilmiştir. Modül çıktısı olarak, FP (False Positive) değerlerine karşılık, TP (True Positive) değerlerini dikkate alarak, AUC (Area Under Curve) değerini hesaplamaktadır. AUC değerinin 1 olması, %100 başarıyı, 0.5 (%50) olması ise, elde edilen sonuçların performansının yeterli düzeyde olmadığı anlamına gelmektedir. MTA tarafından yapılmış olan Türkiye Heyelan Envanteri kapsamında çalışma alanında haritalanmış heyelan yerleri ile bu çalışma kapsamında üretilen heyelan duyarlılık haritaları karşılaştırılmış ve ROC analizleri

gerçekleştirilmiştir. Bu şekilde izlenen bir yaklaşımla, çalışma alanı için üretilen 6 adet heyelan duyarlılık haritasının ROC eğrileri Şekil 6.9’de sunulmaktadır.



Şekil 6.9. Üretilen heyelan duyarlılık haritalarının ROC eğrileri.

## 7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Kastamonu'nun İnebolu ilçesi ve civarının içerildiği bir alanda heyelan duyarlılık değerlendirmeleri, AHP analizleriyle gerçekleştirilmiştir. Yapılan tüm analizler ve değerlendirmeler ışığında elde edilmiş sonuçlar ile bazı öneriler aşağıda sunulmuştur:

Çalışmaya temel teşkil etmesi nedeniyle, kapsamlı bir literatür araştırması yapılmıştır. Son yıllarda araştırmacıların heyelan analizlerinde sıklıkla tercih ettiği bir yöntem olarak ortaya çıkan AHP'nin, birbirinden çok farklı disiplinlerde de başarıyla uygulandığı belirlenmiştir. Bu çalışmada klasik AHP yöntemi dikkate alınmış olup, farklı yaklaşımlara uyarlanan (örn.: bulanık AHP) veya modifiye edilen (örn.: M-AHP) bir yöntem dikkate alınmamıştır.

Saha çalışmaları esnasında herhangi bir heyelan haritalama işlemi gerçekleştirilmemiştir. MTA tarafından üretilmiş olan bölgenin heyelan envanter haritası, sadece üretilen heyelan duyarlılık haritalarının performanslarının denetlenmesinde kullanılmıştır. Buradaki temel gerekçe, AHP yönteminin özünde var olan ikili parametrik değerlendirmenin, kullanıcılar tarafından puanlandırılıyor olmasıdır. Diğer bir deyişle, veriye dayalı (data driven) istatistiksel analizlerdeki (örn.: lojistik regresyon) gibi bir değerlendirme yapılmamaktadır. Saha çalışmaları bu nedenle, heyelan özelliklerinin genel olarak değerlendirilmesi ve parametrik puanlamalarda mümkün olduğunca temsil edici değerlerin kullanılabilmesine yönelik olacak şekilde sınırlandırılmıştır.

Analizlerde kullanılan parametreler olarak, eğim, bakı, yükseklik, eğrisellik, akarsuya uzaklık, topoğrafik nemlilik indeksi (TWI), LS Faktörü- Sediman Taşıma Kapasite İndeksi, akarsu aşındırma gücü indeksi (RSP), litoloji ve arazi örtüsü/kullanımı parametreleri dikkate alınmıştır. Toplam 10 adet parametrenin bölgedeki döl ve karmaşık türdeki kütleli heyelan mekanizmasındaki etkileri, ikili parametrik ilişki matrisleriyle ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Bu aşamada, yazarın oluşturduğu ilişki matrislerine ek olarak, bölgedeki heyelan oluşumları açısından bilgiye sahip olan dört adet uzmanın da, aynı parametreleri dikkate alarak, sözü edilen ilişki matrislerini

oluşturmaları talep edilmiştir. Ayrıca, tüm ilişki matrislerinin ortalamaları da alınarak, bir değerlendirme daha yapılmış ve toplamda 6 adet heyelan duyarlılık haritası üretilmiştir.

Yapılan analizler sonucunda, genel bir değerlendirme ile bu çalışmanın yazarı ve dört uzmanın görüşleri doğrultusunda, bölgedeki heyelan oluşumunda en etkin parametrelerin, ağırlık değerlerinde küçük değişimler olmakla birlikte, eğim, yükseklik, litoloji, akarsuya uzaklık ve arazi kullanımı/örtüsü parametreleri olduğu ortaya çıkmıştır. Bu parametrelerin etki ağırlıklarındaki değişimler, uzmanların farklı puanlamaları nedeniyle olmakla birlikte, hemen hemen birbirleriyle ve bu çalışmadaki saha gözlemleriyle örtüşmektedir.

Bu tür çalışmalarda, öznel değerlendirmelerin yapılması olasılık dahilindedir. Bununla birlikte, uzman görüşüne dayalı değerlendirmeler sonucunda elde edilecek haritaların, performansları da önem arz etmektedir. Ayrıca, zaman içinde, üretilen haritaların güncellenmesi ve kontrol edilmesi, alansal temsil edilebilirliğinin artırılması açısından faydalı olacaktır. Örneğin, AHP matrislerinin oluşturulmasında CR değerinin 0.1'den küçük olması gerekmektedir. Ancak, bu çalışmada uzman görüşüne başvurulmuş bazı CR değerlerinde bu değerin aşıldığı görülmektedir. Tez kapsamında, bu değerlerde herhangi bir değişime gidilmemiş, verilerin orijinalliği bozulmamıştır. Diğer yandan, üretilen haritaların, tatmin edici performanslar sergilemesi de, bu değerlerin değiştirilmemesi konusunda, yukarıda değinilen unsurlarla birlikte değerlendirilmiştir. Diğer bir deyişle, bu değerlere sahip matrislerin, zaman içinde güncellenerek yeniden değerlendirilmesi önerilmektedir.

Üretilen haritaların performansları, ROC analizleriyle denetlenmiştir. Çalışma alanının MTA tarafından üretilmiş heyelan envanter haritası dikkate alınarak, %30 oranında (yaklaşık 600000 piksel) rasgele seçilmiş nokta ile bu analiz gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu analizlere göre en yüksek performans,  $AUC=0.782$  değeriyle Uzman-1'in ilişki matrisiyle elde edilen heyelan duyarlılık haritasından elde edilmiştir. Bu haritayı sırasıyla, Uzman-3 ( $AUC=0.772$ ), bu çalışmanın yazarı ( $AUC=0.767$ ), Uzman-2 ( $AUC=0.763$ ), ortalama ( $AUC=0.762$ ) ve Uzman-4'ün ( $AUC=0.755$ ) oluşturdukları heyelan duyarlılık haritalarının performansları izlemektedir. AUC değerleri arasında büyük farklılıklar

gözlenmemekle birlikte, özellikle alt kriter matrislerindeki etkinin bu farklılaşmalar yol açtığı söylenebilir.

AHP yöntemi, özellikle heyelan verisinin olmadığı ve/veya yetersiz kaldığı durumlarda dikkate alınabilecek bir yöntem olarak değerlendirilebilir. Buradaki en önemli husus, analiz matrislerini oluşturan kullanıcının, olay ve parametrik etkiler arasındaki ilişkiyi temsil edici düzeyde sisteme yansıtabilmesidir.

Üretilen heyelan duyarlılık haritalarının, yerel yöneticiler ve ilgili kamu kurum ve kuruluşlarıyla paylaşılması ile bölgede alınacak önlemler neticesinde, heyelanların etkisinin azaltılmasına katkı sağlanması ve bölgenin ileriye dönük planlarında, rehber olma niteliği taşınması hedeflenmektedir. Ayrıca, farklı yöntemler kullanılarak ve yerel koşulları da dikkate alarak yapılacak limit denge analizleriyle desteklenerek yapılacak bir heyelan durum değerlendirmesinin, yerinde olacağı düşünülmektedir.

Bu tez çalışmasıyla, İnebolu Havzası'nın heyelan duyarlılık durumunun tespit edilmesi sonucunda, gerekli önlemlerin alınması durumunda olası kayıpları en aza indirerek insan sağlığı, çevre ve ekonomiye katkı sağlanabilmesi hedeflenmektedir. AHP modeli kullanılarak bölgede gerçekleştirilmiş bu çalışma, bölgede bu yöntemle yapılmış ilk heyelan duyarlılık değerlendirmelerinden biri olma özelliğini de taşımaktadır.

Ülkemiz için son derece büyük öneme sahip olan heyelan afeti ve yaratabileceği olumsuz etkilerin en az düzeye indirgenebilmesi için bu tür değerlendirmelerin yapılması, veri tabanlarının daha güvenilir hale getirilmesi ve güncellenmesi neticesinde, bir sonraki aşama olan tehlike ve risk değerlendirmelerinin yapılabilmesi ile büyük kazanımların sağlanacağı açıktır.

## 8. KAYNAKLAR

Achour Y., Boumezbeur A., Hadji R., Chouabbi A., Cavaleiro V., BendAoud E.A., Arab J Geosci 10 (2017) 194.

Akıncı H., Özalp A., Kılıçer S.T., Doğal Afetler ve Çevre Dergisi 1/1-2 (2015) 40.

Aleotti P., Chowdhury R., Bulletin of Engineering Geology and the Environment Volume 58, Issue 1 (1999) 21.

Ali S., Biermanns P., Haider R., Reicherter K., Nat. Hazards Earth Syst. Sci. Discuss. <https://doi.org/10.5194/nhess-2018-39> (Erişim Tarihi: 5 Mart 2018).

Basu T., Pal S., Korean Spatial Information Society, Spat. Inf. Res. 25 (2017) 665.

Coduto, D. P., Geoteknik Mühendisliği: İlkeler ve Uygulamalar, (Çev: Mollamahmutoğlu, M., Kayabalı, K.), Gazi Kitapevi, Ankara, 1999.

Cruden D. M., Bulletin International Association for Engineering Geology 43 (1991) 27.

Çatlıoğlu, B., Heyelan Geometrisinin Jeofizik Yöntemlerle Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 2015.

Çellek S., Bulut F., Ersoy H., Jeoloji Mühendisliği Dergisi 39 (2) (2015) 59.

Çepel N., Orman Ekolojisi Ders Kitabı, Dördüncü Baskı, İ.Ü. Basımevi ve Film Merkezi İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, 1995.

Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, Heyelanlar, 2016.

Dağ S., Bulut F., Jeoloji Mühendisliği Dergisi 36 (1) (2012) 36.

Dengiz O., İmamoğlu A., Saygın F., Göl C., Ediş S., Doğan A., Anadolu Tarım Bilim Dergisi 29(2) (2014) 136.

Dengiz O., Saygın F., İmamoğlu A., İnebolu Havzasında Farklı Fizyografik Faktörlerin ve Toprak Sınıflarının Belirlenmesi ve Haritalanması, TÜCAUM Uluslararası Coğrafya Sempozyumu, 13-14 Ekim, Ankara, 2016.

Duman, T. Y., Nefeslioğlu, H.A., Çan, T., Ateş, Ş., Durmaz, S., Olgun, Ş., Hamzaçebi S. ve Keçer, M., Türkiye Heyelan Envanteri Haritası-1:500.000 ölçekli İstanbul Paftası, MTA Özel Yayınlar Serisi-6, Ankara, 2006.

Eraslan S., İmamoğlu A., Coşkun A., Saygın F., Dengiz O., YYÜ TAR BİL Dergisi 27(1) (2017) 95.

Ergünay O., Türkiye'nin Afet Profili, TMMOB Afet Sempozyumu, 5-7 Aralık, Ankara, 2007.

Erinci F., Sulak H., Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi 19-4 (2014) 225.

Ghafoori M., Lashkaripour G. R., Moghaddas N. H., Zamani S., Landslide Science and Practice Vol.1. (2013) 567.

Gökçeoğlu C., Ercanoğlu. M., Hacettepe Yerbilimleri Dergisi 23 (2001) 189.

Guo Z., Chen W., Zhang J., Ye F., Liang X., He F., Guo Q., Bull Eng Geol Environ 76 (2017) 1009.

Hasekiogulları G. D., Ercanoğlu M., Nat Hazards 63 (2012) 1157.

Karayolları Genel Müdürlüğü. Heyelan Tanımlama ve Veri Oluşturma Kılavuzu, 2015.

Kavas E., Analitik Hiyerarşik Süreç Yöntemiyle İzmir İlinin Heyelan Duyarlılığının Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı İncelenmesi, TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, 02-06 Kasım, İzmir, **2009**.

Kayastha P., Dhital M.R., Smedt F. De, Computers & Geosciences 52 (**2013**) 398.  
Kumar R., Anbalagan R., Journal Geological Society of India Vol.87 (**2016**) 271.

Küçükönder H., Efe E., Üçkardeş F., İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 3(3) (**2013**) 91.

Mandal B., Mandal S., Advances in Space Research 62 (**2018**) 3114.

Menteşe E. Y., CBS Ortamında Gerçeğe Yakın Zamanlı Heyelan Tahmini- Rize Örneği, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, **2009**.

Mokarram M., Zarei A. R., Geotech Geol Eng 36 (**2018**) 3931.

Mondal S., Maiti R., J Indian Soc Remote Sens 40(3) (**2012**) 483.

MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji ve Etütleri Dairesi Başkanlığı, Daday Kastamonu İnebolu Yöresinin Jeolojisi, 1988.

Myrodis D., Papageorgiou C., Theophanous S., Hazards 81 (**2016**) 245.

Nefeslioğlu H.A., Sezer E.A., Gökçeoğlu C., Ayas Z., Computers & Geosciences 59 (**2013**) 1.

Ömürbek N., Üstündağ S., Helvacıoğlu Ö. C., Yönetim Bilimleri Dergisi 11-21 (**2013**) 101.

Özşahin E., Humanitas 3 (**2014**) 167.

Özşahin E., Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi 7-1 (**2015**) 47.



Özyörük B., Özcan E., Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi 13-1 (2008) 133.

Patil A., Panhalkar S., Disaster Advances 12-1 (2019) 26.

Reis S., Yalçın A., Atasoy M., Nişancı R., Bayrak T., Erduran M. Sancar C., Ekercin S., Environ Earth Sci 66 (2012) 2063.

Russell R. S., Taylor B. W. Operations Management 4th Edition, Upper Saddle River- New Jersey, Prentice Hall, 2003.

Saaty T., The Analytic Hierarchy Process, New York: McGraw-Hill, 1980.

Thanh L.N., Smedt F.D., Vietnam. Environ Earth Sci 66 (2012) 1739.

USGS, Landslide Types and Processes. U.S. Department of the Interior U.S. Geological Survey, 2004.

Varnes D. J., Landslide Hazard Zonation: A Review of Principles and Practice. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. 1978.

Wu Y., Li W., Liu P., Bai H., Wang Q., He J., Liu Y., Sun S., Environ Earth Sci 75 (2016) 422.

Yalçın A., S.Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi 23-3 (2007) 2.

Yaralıoğlu K., Uygulamada Karar Destek Yöntemleri, İlkem Ofset, 2004.

## **EKLER**

### **EK 1 – Tez Çalışması Orjinallik Raporu**





HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih: 14/06/2019

Tez Başlığı / Konusu: AHP YÖNTEMİ VE CBS ANALİZLERİ KULLANILARAK HEYELAN DUYARLILIK HARİTALARININ ÜRETİLMESİ

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 79 sayfalık kısmına ilişkin, 14/06/2019 tarihinde ~~çalışmam~~/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 6 'dır.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar hariç/dâhil
- 3- 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Tarih ve İmza

Adı Soyadı: Elçin Acar  
Öğrenci No: N13227421  
Anabilim Dalı: Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı  
Programı:  
Statüsü:  Y.Lisans  Doktora  Bütünleşik Dr.

14.06.2019

**DANIŞMAN ONAYI**

UYGUNDUR.

Prof. Dr. Murat Ercanoğlu

(Unvan, Ad Soyad, İmza)

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Elçin Acar  
Doğum yeri : Karabük  
Doğum tarihi : 07.08.1983  
Medeni hali : Evli  
Yazışma adresi : Pählstraße 22, 81377, Sendling-Westpark, Münih-  
Almanya  
Telefon : +90 505 295 97 88 / +49 176 458 53 123  
Elektronik posta adresi : acarelcin@gmail.com  
Yabancı dili : İngilizce, Almanca

### EĞİTİM DURUMU

Lisans : Ota Doğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği

### İŞ TECRÜBESİ

Ocak 2007 – Eylül 2007 : Jeoloji Mühendisi - Alkon Mühendislik Müteah. İnş. San.  
Tic. LTD. ŞTİ.  
2007-2008 : Teknik Destek ve CBS Uzmanı - Jeodijital LTD. ŞTİ.  
2008-2010 : Teknik Destek ve CBS Uzmanı - Netcad Yazılım A.Ş.  
2012-2019 : Uzaktan Algılama ve CBS Uzmanı – T.C. Tarım ve Orman  
Bakanlığı  
Haziran 2018 - Aralık 2018 : Bölgesel Danışman – Birleşmiş Milletler Çölleşme ile  
Mücadele Sekreteryası (UNCCD)  
Mart 2019 - ..... : Uluslararası Danışman– Birleşmiş Milletler Çevre Programı  
(UNEP)