

GÖLPAZARI (BİLECİK) VE ÇEVRESİNİN HEYELAN DUYARLILIK ANALİZLERİ

Betül BALABAN

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliği Uyarınca
Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman : Prof. Dr. Zeynal Abiddin ERGÜLER

Haziran – 2019

KABUL VE ONAY SAYFASI

Betül BALABAN'ın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı “Gölpazarı (Bilecik) ve Çevresinin Heyelan Duyarlılık Analizleri” başlıklı bu çalışma, jürimizce Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim, Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

19/06/2019

Prof. Dr. Önder UYSAL
Enstitü Müdürü, Fen Bilimleri Enstitüsü

Prof. Dr. Zeynal Abiddin ERGÜLER
Anabilim Dalı Başkanı, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

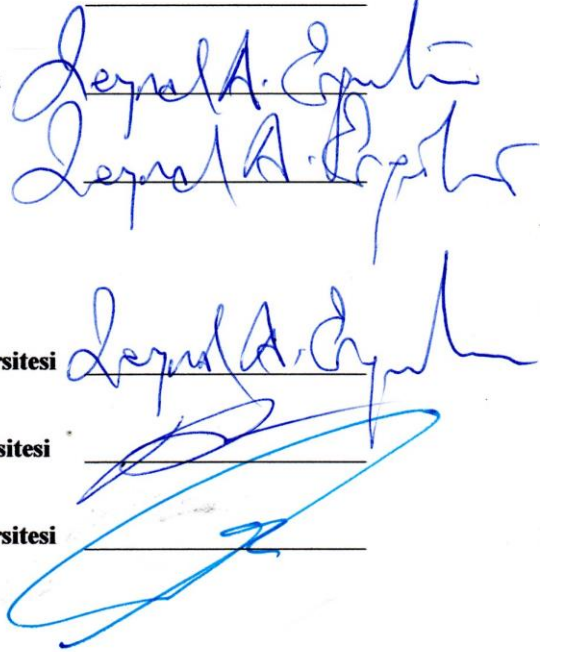
Prof. Dr. Zeynal Abiddin ERGÜLER
Danışman, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Sınav Komitesi Üyeleri

Prof. Dr. Zeynal Abiddin ERGÜLER
Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

Doç. Dr. Ali KAYABAŞI
Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

Doç. Dr. Hüseyin KARAKUŞ
Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi



ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Bu tezin hazırlanmasında Akademik kurallara riayet ettiğimizi, özgün bir çalışma olduğunu ve yapılan tez çalışmasının bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olduğunu, çalışma kapsamında teze ait olmayan veriler için kaynak gösterildiğini ve kaynaklar dizininde belirtildiğini, Yüksek Öğretim Kurulu tarafından kullanılmak üzere önerilen ve Dumlupınar Üniversitesi tarafından kullanılan İntihal Programı ile tarandığını ve benzerlik oranının %9 çıktığını beyan ederiz. Aykırı bir durum ortaya çıktığı takdirde tüm hukuki sonuçlara razı olduğumuzu taahhüt ederiz.

Prof. Dr. Zeynal Abiddin Ergüler



Betül Balaban



GÖLPAZARI (BİLECİK) VE ÇEVRESİNİN HEYELAN DUYARLILIK ANALİZLERİ

Betül BALABAN

Jeoloji Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, 2019

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Zeynal Abiddin ERGÜLER

ÖZET

Bu çalışmada, Gölpazarı İlçesi (Bilecik) ve çevresinin heyelan duyarlılığı açısından değerlendirmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda çalışma bölgesinde daha önce meydana gelen heyelanlardan yola çıkılarak, heyelan oluşabilme ihtimali olan alanların belirlenebilmesi hedeflenmiş ve yaklaşık 690 km² lik alana ait heyelan duyarlılık analizi yapılmıştır. CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) tabanlı program kullanılarak literatürde en çok tercih edilen yöntemlerden biri olan Frekans Oranı (FR) Metodu ile Bilecik ili Gölpazarı ilçesine ait heyelan duyarlılık analizi iki farklı şekilde gerçekleştirilmiştir. Arazi ve büro çalışmalarının ortak sonucu toplamda 200 adet heyelan kayıt altına alınmış ve heyelan envanter haritaları oluşturulmuştur. İlk analiz içinde aynı heyelanlar baz alınmış, fakat birinci analiz için heyelanların alansal olarak sadece kopma bölgesi olarak bilinen kayma zonu, ikinci analiz için heyelanların tamamı (birikme ve kayma zonu birlikte) envantere alınmıştır. Envantere alınan heyelanların 42 adeti (yaklaşık % 5' i) sınama verisi olarak seçilmiş, geriye kalan 158 adeti ise analize dahil edilmiştir. Duyarlılık çalışmalarında kullanılacak parametreler literatür araştırmaları ve arazi gözlemleri sonucu (araziye en çok etki eden) belirlenmiştir. Belirlenen parametreler; yamaç eğimi, yükseklik, litoloji, bakı, yamaç eğriselliği ve akarsuya uzaklık' tır. Parametre haritaları ArcGIS PRO, ESRI 2019 programı kullanılarak oluşturulmuştur. Frekans Oranı Metoduyla CBS ortamında üretilen ve hazırlanan heyelan envanterleri karşılaştırılıp frekans oranı FR değeri hesaplanmıştır. FR değeri hesaplandıktan sonra basit bir istatistiksel işlem ile parametre alt grubundaki tüm NFR (Normalleştirilmiş Frekans Oranları) değeri hesaplanır iken parametrelerin literatürde kullanılma durumlarına bakılıp önem derecesi belirlenmiştir. İki analiz sonucunda heyelan duyarlılık haritaları üretilerek yüksek ve çok yüksek duyarlı alanların doğrulukları ve çalışmalarda kullanılabilirliği tespit edilmeye çalışılmıştır. Yapılan analizlerde ilk analizin doğruluk değerinin %88, ikinci analizin ise %78 olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Frekans oranı, Heyelan, Heyelan duyarlılık, Heyelan duyarlılık haritası, Heyelan envanteri, Kayma zonu.

LANDSLIDE SUSCEPTIBILITY ANALYSES OF GÖLPAZARI (BİLECİK) AND ITS VICINITY

Betül BALABAN

Geological Engineering, M Sc., 2019

Thesis Supervisor: Prof. Dr. Zeynal Abiddin ERGÜLER

SUMMARY

In this study, it is aimed to evaluate Gölpazari District (Bilecik) and its vicinity in terms of landslide susceptibility. For this purpose, based on previously recorded landslide occurred in the study area, landslide susceptibility analyses of approximately 690 km² were carried out with the aim of identifying the areas where landslides are likely to happen. Bilecik city Gölpazari district landslide susceptibility analyses are performed by utilizing GIS (Geographic Information Systems) based program with Frequency Ratio Method (FR) known as one of the most widely used methods in the literature. A total of 200 landslides were recorded after comprehensive field and office studies and landslide inventory maps were generated. For the first analysis, only the slide zone of landslides known as split area are inventoried, and for the second analysis, all spatial distributions of the landslides are inventoried. Approximately 5% (42) of the landslides included in the inventory were selected as test data, and the remaining 158 landslides were included in the analyses. The parameters to be used in the susceptibility studies were determined as a result of literature surveys and field observations (affecting the land most). The identified parameters are dip of slopes, height, lithology, slope direction, slope curvature and distance to the river. The maps of parameters were produced by using ArcGIS PRO, ESRI2019 program. Parameters' maps and landslide inventories produced by GIS software were overlapped by using Frequency Ratio Method and frequency ratio (FR) value was calculated. After FR values were calculated, all NFR values in the parameter subgroup were calculated by a simple statistical operation, and the significance of the parameters were determined based on its importance in the literature. Landslide susceptibility maps were produced as a result of the two analyzes, and it was tried to determine the accuracy of high and very high sensitive areas and the applicability of these maps for future studies. As a result of these analyses, it was found that the accuracy levels of the first and second analyses were 88% and 78%, respectively.

Keywords: Frequency Ratio, Landslide, Landslide Susceptibility, Landslide Susceptibility Map, Landslide Inventory, Slip Zone.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmamın her aşamasında değerli bilgi, görüş ve katkıları ile beni destekleyen ve yardımcı olan danışman hocam, Dumlupınar Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı Başkanı Sayın Prof. Dr. Zeynal Abiddin ERGÜLER'e teşekkürlerimi ve en derin saygılarımı sunarım.

CBS programlarını kullanmada, tezimin ana fikrini oluşturmada bilgi ve yeteneğinden tezimin her aşamasında yararlandığım ve program ile ilgili güçlüklerin aşılmasındaki yardımlarından dolayı sevgili çalışma arkadaşım Jeofizik Mühendisi Erdoğan SAYIN'a sonsuz teşekkür ederim.

Her türlü veri, olanak ve saymadığım birçok katkı nedeniyle başta halen çalışmakta olduğum kurumum Bilecik İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü'ne ve Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı'na sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışması süresince beni yalnız bırakmayan ve manevi yardımlarını benden esirgemeyen arkadaşlarım Sağlık Memuru Talip GÖKTAŞ ve İnşaat Mühendisi Berna ÖZDİL'e çok teşekkür ederim.

Bugüne kadar benim için yapmış oldukları çok büyük fedakârlıklarla başarıya ulaşmamı sağlamış olan annem Fatma BALABAN, babam Hüseyin BALABAN ve ablam Filiz ŞANLI'ya sabır, anlayış ve desteklerinden dolayı sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Betül BALABAN

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
SUMMARY	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. AMAÇ VE KAPSAM.....	3
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	4
4. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	7
5. ÇALIŞMA ALANININ TANITILMASI	13
5.1. Konum Bilgileri.....	13
5.2. Yerleşim ve Ulaşım.....	14
5.3. Morfolojik Özellikler.....	14
5.4. İklimsel Özellikler	15
6. GÖLPAZARI İLÇESİ GENEL VE YAPISAL JEOLJİSİ	18
6.1. Temel Birimler.....	19
6.1.1. Söğüt metamorfileri (Pzs).....	19
6.1.2. Sarıcakaya granitoyidi (Csg)	19
6.1.3. Karakaya grubu.....	20
6.1.4. Karatepe formasyonu (PTRk).....	22
6.1.5. Bayırköy kumtaşı (Bayırköy formasyonu) (Jba)	24
6.1.6. Bilecik kireçtaşı (JKb)	25
6.1.7. Soğukçam formasyonu (JKs).....	26
6.1.8. Yenipazar formasyonu (Kye)	26
6.1.9. Selvipınar formasyonu (Tps)	30
6.1.10. Kızılçay formasyonu (Tpek).....	31
6.1.11. Çataltepe formasyonu (Teça).....	31
6.1.12. Halidiye formasyonu (Teh).....	32
6.2. Örtü Birimleri	32
6.2.1. Güvenç formasyonu (Teg)	32

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
6.2.2. Gemiciköy formasyonu (Tgem)	32
6.2.3. Taraça dolgusu (Qt) ve traverten (Qtr).....	33
6.2.4. Yamaç molozu (Qal) ve alüvyon yelpazesi (Qay)	33
6.2.5. Alüvyon (Qal)	33
6.3. Gölpaazarı ve Çevresi Yapısal Jeolojisi	33
6.3.1. Geyve fayı.....	34
6.3.2. İznik fayı.....	34
6.3.3. Gemlik fayı.....	35
7. HEYELAN KAVRAMI VE HEYELAN SINIFLAMASI.....	37
8. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	41
8.1. Saha Çalışmaları ve Heyelan Envanter Haritası.....	41
9. HEYELAN DUYARLILIK ANALİZLERİ/HARİTALARI.....	46
9.1. Heyelan Duyarlılığına İlişkin Temel Kavramlar	46
9.2. Heyelan Duyarlılık Değerlendirmelerinde Kullanılan Parametreler ve Parametre Haritalarının Oluşturulması.....	47
9.2.1. Sayısal yükseklik modeli	48
9.2.2. Yamaç eğimi	52
9.2.3. Litoloji	55
9.2.4. Bakı.....	59
9.2.5. Yamaç eğriselliği	63
9.2.6. Akarsuya yakınlık.....	66
9.3. Heyelan Duyarlılık Değerlendirmelerinde Kullanılmayan Parametreler ve Nedenleri....	69
9.4. Sınama ve Analiz Heyelanlarının Belirlenmesi.....	71
9.5. Heyelan Duyarlılık Değerlendirmelerinde Kullanılan Yöntemler.....	74
9.5.1. Frekans oranı yöntemi ve heyelan duyarlılık haritaları	76
9.5.2. CBS ortamındaki işlem adımları	77
10. SONUÇ VE ÖNERİLER	82
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	86
ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Bütün bir heyelan kütleli içerisinde iki farklı (1. ve 2.) analiz için envanter olarak kaydedilen kısımları gösterir model.....	6
5.1. Çalışma alanının (Gölpazarı İlçesi) yer bulduru haritası.	13
5.2. Bilecik iline ait yıllık alansal yağışlar Grafiği	17
6.1. Bilecik İli Gölpazarı İlçesi ve çevresi stratigrafik kesiti (Sayın ve Balaban, 2017).....	18
6.2. İnceleme alanı içerisinde Karatepe formasyonuna ait görüntü (güneybatı yönüne doğru)..	23
6.3. Bayırköy formasyonuna ait görüntü (güneydoğu yönüne doğru).	24
6.4. Bilecik kireçtaşına ait çalışma alanından bir görüntü (kuzeybatı yönüne doğru).	25
6.5. Yenipazar formasyonuna ait görüntü (kuzeydoğu yönüne doğru).	27
6.6. Yenipazar formasyonu Değirmenözü üyesine ait görüntü (güneydoğu yönüne doğru).	29
6.7. Selvipınar formasyonuna ait görüntü (doğu yönüne doğru).	30
6.8. Marmara Bölgesi ve çevresi aktif olan faylarına ve son iki bin yılda gerçekleşmiş büyük deprem ($M_s > 6,8$) merkezlerinin dağılımına ait harita. 20. yy. civarında kırılan fayların gösterimi kırmızı çizgi ile olmuştur.	35
6.9. Bilecik İli çevresindeki diri faylar ve merkez ilçesi çevresindeki 100 km ² lik alanda magnitudü 5.5 ve üzeri depremler.....	36
7.1. Heyelan ve unsurlarını gösterir terminoloji.	37
7.2. Varnes (1978) tarafından önerilen heyelan sınıflamasının genelleştirilmiş şematik gösterimi.	38
7.3. Heyelanların aktivite özellikleri.....	39
8.1. Çalışma alanında Taşcırahiler köyü güneyinde bulunan bir heyelanın kaynak alan olarak tanımlanan kayma zonunun kırmızı çizgiyle belirtildiği görüntü (kuzeybatı yönünde çekilmiştir).....	42
8.2. Çalışma alanında tespit edilen ve her iki analiz içinde envantere alınan heyelanların tamamına ait google earth görüntüsü.....	43
8.3. Çalışma alanında Türkmen köyünün batısında bulunan bir heyelan ve heyelanın analize sokulan kayma zonunun kırmızı çizgi ile gösterildiği alana ait örnek görüntü (kuzeydoğuya doğru çekilmiştir).....	43
8.4. Çalışma alanına ait iki analiz için heyelan envanter haritası (Heyelan envanteri 1. analiz için siyah boyalı, 2. Analiz için taralı kapamalıdır).....	44
8.5. Çalışma alanında gökçeler köyü güneybatısında bulunan bir heyelan ve heyelanın analize sokulan kayma zonunun kırmızı çizgi ile gösterildiği alana ait örnek görüntü (kuzeybatı yönüne doğru çekilmiştir).....	45
8.6. Gölpazarı Üzümlü köyünde meydana gelen heyelana ait bir görüntü. (Kırmızı çizgi 1. analiz için kapama yapılan alanı, sarı çizgi 2. analiz için kapatılan alanı, mavi ok heyelan yönünü göstermektedir) (kuzeydoğu yönüne doğru çekilmiştir).....	45

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
9.1. Çalışma alanına ait sayısal yükseklik modeli (SYM).	51
9.2. Çalışma alanına ait eğim haritası.	54
9.3. Çalışma alanına ait jeoloji haritası.	57
9.4. Çalışma alanına ait bakı haritası.	62
9.5. Çalışma alanına ait yamaç eğriselliği (şekli) haritası.	65
9.6. Çalışma alanına ait akarsu ağı haritası.	68
9.7. Çalışma alanına ait yol haritası.	70
9.8. Çalışma alanında 1. analize ait sına ve analiz heyelanlarının dağılımı haritası.	72
9.9. Çalışma alanında 2. analize ait sına ve analiz heyelanlarının dağılımı haritası.	73
9.10. Heyelan duyarlılık haritalarının oluşturulmasında kullanılan yöntemler.	75
9.11. Çalışma alanında 1. analize ait heyelan duyarlılık haritası.	79
9.12. Çalışma alanında 2. analize ait heyelan duyarlılık haritası.	80

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
5.1. Bilecik İli Gölpazarı ilçesi sınırlarını kapsayan 1/25.000 lik paftalar.....	14
5.2. Bilecik İli meteorolojik istatistik verileri 1950-2015	16
7.1. Çalışma alanında yapılan gözlemsel inceleme sonucu belirlenen tahmini heyelan aktivite durumu yüzdeleri	40
9.1. Çalışma alanına ait toplam piksel sayıları, sayısal yükseklik modeli (SYM) alt grupları ve alt gruplara ait piksel sayıları dağılımı, heyelanlı alanlara ait piksel sayıları, FR ve NFR değerleri (a) 1. Analiz değerleri, (b) 2. Analiz değerleri	49
9.2. Çalışma alanına ait toplam piksel sayıları, eğim parametresi alt grupları ve alt gruplara ait piksel sayıları dağılımı, heyelanlı alanlara ait piksel sayıları, FR ve NFR değerleri (a) 1. Analiz değerleri, (b) 2. Analiz değerleri	55
9.3. Çalışma alanına ait toplam piksel sayıları, litoloji parametresi alt grupları ve alt gruplara ait piksel sayıları dağılımı, heyelanlı alanlara ait piksel sayıları, FR ve NFR değerleri (a) 1. Analiz değerleri, (b) 2. Analiz değerleri	58
9.4. Çalışma alanına ait toplam piksel sayıları, bakı parametresi alt grupları ve alt gruplara ait piksel sayıları dağılımı, heyelanlı alanlara ait piksel sayıları, FR ve NFR değerleri (a) 1. Analiz değerleri, (b) 2. Analiz değerleri	61
9.5. Çalışma alanına ait toplam piksel sayıları, yamaç eğriselliği parametresi alt grupları ve alt gruplara ait piksel sayıları dağılımı, heyelanlı alanlara ait piksel sayıları, FR ve NFR değerleri (a) 1. Analiz değerleri, (b) 2. Analiz değerleri	64
9.6. Çalışma alanına ait toplam piksel sayıları, akarsuya yakınlık parametresi alt grupları ve alt gruplara ait piksel sayıları dağılımı, heyelanlı alanlara ait piksel sayıları, FR ve NFR değerleri (a) 1. Analiz değerleri, (b) 2. Analiz değerleri	67
9.7. Analizde kullanılan parametrelerin önem derecesine göre aldığı en yüksek NFR değerleri	78

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
AFAD	Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
FR	Frekans Oranı
K.A.F.Z.	Kuzey Anadolu Fay Zonu
Km	Kilometre
Kml	Keyhole Markup Language (google earth uzantısı)
LR	Lojistik Regresyon
m	Metre
M.T.A.	Maden Tetkik Arama
NFR	Normalleştirilmiş Frekans Oranları
SAM	Sayısal Arazi Modeli
SYM	Sayısal Yükseklik Modeli
UTM	Urchin İzleme Modülü

1. GİRİŞ

Heyelan kavramı, yamaçta bulunan kaya, toprak veya moloz malzemesinin birçok nedenden dolayı yerçekiminin de etkisi ile yamaçtan aşağı yöne doğru hareketi olarak tanımlanabilmektedir (Varnes, 1978).

Heyelan, çeşitli faktörlerin etkisiyle gerçekleşmekte olup; yüksek eğim, aşırı yağış, yer çekimi, kaya ve toprak özellikleri heyelanların gerçekleşmesinde başlıca rol oynamaktadır. Bunlarla birlikte tabaka özellikleri, diğer doğal afetler ve beşeri faktörler de genel sebepler arasında sayılabilir. Heyelan, şiddetine göre zarar ortaya çıkarmaktadır. İklim faktörüyle doğrudan ilişki içerisinde olan heyelan, kimi zaman çok az bir alana etki ederken kimi zaman ise neredeyse bir köyü bir yerleşim yerini yok edebilecek seviyede olup, meydana geldiği yerde ulaşımı olumsuz etkileyebilmek yolları kullanılamaz hale getirebilmekte ve ayrıca meydana geldiği yerleşim alanının sınırlarını dahi değiştirebilmektedir.

Doğal afetlerden deprem, kasırga vb. afetlerden sonra tüm dünyada en sık görülen afet türü heyelanlardır. Türkiye’de de yıkıcı etkileri olan heyelanlar can ve mal kaybına neden olmaktadır. Can ve mal kayıplarının yanında ekonomik, çevresel, kültürel vb. kayıplara da neden olan başlıca doğal afetlerdendir. Son 50 yılda ülkemizde oluşan doğal afetler incelendiğinde 13 bin 494’ünün yüzde 45’lik oranla en sık gerçekleşen heyelan olduğu tespit edilmiştir. Yanlış arazi kullanımı ve plansız yapılaşmanın heyelan riskini artırdığı bilinmektedir. Doğal kaynakların ve ormanların tahrip edilmesi, büyüyen kentleşme ve kontrolsüz arazi kullanımı sonucu oluşan risklere karşı gerekli tedbirlerin alınması gerekmektedir.

Türkiye genelinde heyelan afetinden tüm illerimizin belirli oranda etkilendiği bilinmektedir. Bilecik İlinde ise, doğal afetlerde yerleşim yerlerinin etkilenmesi bakımından Türkiye sıralamasında sonlarda yer alsa da, heyelanlar ili büyük ölçekte etkilemektedir. Çalışma alanı seçilen Gölpazarı ilçesinde de heyelan yoğunluğunun diğer birçok ilçeye göre fazla olduğu görülmektedir. Son yıllarda, yerleşim alanları dışında, sanayi ve mühendislik yapılarına yönelik yatırımların artması, fabrika gibi kuruluşların artması heyelan yönünden bölgenin detaylı incelenmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Heyelanın zararlarına ilişkin son 10 yıla kadar yeterli düzeyde çalışmalar bulunmamakta iken, bu konuyla ilgili Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü Jeolojik Araştırmalar Birimi tarafından başlatılan “Türkiye Heyelan Envanteri Haritalama Projesi” , Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Afet ve Acil Durum İl Müdürlükleri tarafından Türkiye geneli “Afet Tehlike Haritaları Projesi” ve Orman ve Su İşleri Bakanlığı Çölleşme ve Erozyonla

Mücadele (ÇEM) Genel Müdürlüğü tarafından “Heyelan Tehlike Haritası” hazırlanması çalışmaları yapılmış ve yapılmaya iller genelinde hala devam edilmektedir.

Dünya genelinde de heyelan tehlike ve riskleri değerlendirmek için geniş çaplı araştırmalara girilmiş ve heyelanların alansal dağılımları haritalanmaya başlanılmıştır. Heyelan duyarlılık analizlerinde çok farklı metotlar önerilmiş ve uygulanmış olup, analizlerin değerlendirilmesinin yanında bu haritaların güvenilirliği ve kullanılacak kriterleri tam anlamıyla bir çerçeveye oturtulamamıştır.

Heyelanların değerlendirilmesinde mevcut kütle hareketlerinin envanter bilgisi elde edilerek heyelan duyarlılık haritaları üretilerek çeşitli yöntemlerle duyarlılık değerleri hesaplanabilmektedir. Hesaplamalarda öncelikle karar süreçlerinde girdi parametrelerin seçiminde birçok doğal belirsizliğin olması, konunun uzmanı kişilerin yaptığı araştırmalar neticesinde aynı arazide büyük farklılıklar oluşturan sonuçlar çıkması nedeniyle, aynı alanda farklı çalışmalar yapılarak kıyas yöntemleriyle sonuca gidilmesi daha güvenilir olacaktır.

Yapılan arazi ve ofis çalışmalarının titizliği ve kullanılacak yöntem, çıkacak sonuç açısından çok önem arz etmektedir. Çünkü bu sayılanlar birer ana faktör olup, bunlar ile ilgili yapılan değişikliklerde farklı sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Bu farklılığı en aza indirebilmek amacıyla çalışma alanı için öncelikle en etkin parametreler doğru bir şekilde değerlendirilmeye çalışılmalıdır.

Yukarıda da bahsedildiği gibi duyarlılık haritaları üretiminde, farklı parametre ve yöntem seçimi, ayrıca kişiye göre değişen farklı arazi yorumları gibi değişken sonuçlara ortaya çıkmasından dolayı duyarlılık haritaları aslında yol haritası oluşturacak bir veri sağlamaktadır.

Duyarlılık haritalarının üretilmesinde literatürde yapılan çalışmalarda, Sayısal Arazi Modeli - SAM (Digital Elevation Model-DEM), jeoloji, jeomorfoloji, arazi kullanımı, topografya, drenaj ağları (Temesgen, 2001), jeoteknik parametreler, ana fay zonlarına yakınlık, arazi kotu, eğim, bitki örtüsü, yamacın zirvesinden olan uzaklık, yol ağlarının yoğunluğu, yeraltı suyu (Pachauri ve Pant, 1992; Dai vd., 2001), süreksizlikler (Anbalagan, 1992; Anbalagan ve Sing, 1996), kohezyon ve içsel sürtünme açısı (Gökçeoğlu ve Aksoy, 1996; Moon ve Blackstock, 2004) gibi parametreler kullanılmıştır. Bu tez çalışması kapsamında yukarıda belirtilen ve önceki çalışmalarda da bahsi geçen parametreler çalışma alanı olarak seçilen bölgenin (Gölpazarı, Bilecik) heyelan duyarlılık haritalarının hazırlanmasında göz önünde bulundurulmuştur.

2. AMAÇ VE KAPSAM

Heyelanların neden olduğu zararların azaltılmasına yönelik çalışmaların en önemli aşamalarından biri, heyelan türü, aktivitesi ve coğrafi konumu gibi özellikleri tanımlayan heyelan envanterinin ve heyelan özelliklerini yansıtacak bir veri tabanının oluşturulmasıdır. Hazırlanan bu veri tabanından yola çıkarak heyelan duyarlılık, tehlike ve risk değerlendirmeleri yapılabilmektedir (Guzzetti, 1999). Bu kapsamda, heyelan duyarlılık analizinin temel amacı, öncelikle duyarlı alanları belirleyip tehlike ve risk durumunun tespit edilerek heyelanların etkilerini azaltmaktır (Reis vd., 2009).

Bu çalışmanın amacı, doğal afet kapsamı ve heyelan olayını temel alarak Bilecik ilinde seçilen ve Gölpazarı ilçesi sınırlarını kapsayan, topografya, münhani, jeoloji, il sınırı vb. haritaları kullanılarak Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı programda standart yükseklik modeli (SYM), eğim, bakı, yamaç şekli, akarsuya uzaklık ve jeoloji raster haritalarının üretilmesi, literatürde yaygın olarak kullanılan Frekans Oranı (FR) Metodu ile jeolojik, hidrolojik, jeomorfolojik koşullar da göz önünde bulundurularak Heyelan Duyarlılık Haritalarının üretilip, iki farklı analiz sonucu belirlenen duyarlı alanların tespitinin yapılması ve elde edilen sonuçların yorumlanarak doğruluğunun tartışılmasıdır.

Arazi ve Google Earth uydu görüntüleri üzerinden yapılan araştırmalar sonucu toplam 200 adet heyelan envanterde kayıt altına alınmıştır. Literatür çalışmaları incelendiğinde genelde heyelanların alansal olarak kayma ve birikme zonu ile birlikte (taç ve topuk kısmı dahil tamamı) analiz için kullanıldığı görülmektedir. Bu çalışmada ise, aynı heyelanların iki farklı şekilde alansal kapamaları yapılarak, birinci analizde heyelanların kaynak alan olarak belirtilen sadece kayma zonu analize dahil edilmiş olup, ikinci analizde de heyelanların tamamının, yani kayma ve birikme zonunun birlikte analize dahil edilmiştir. Bu çalışma bu iki analiz sonucu ortaya çıkan sonuçlar neticesinde aradaki farklılıkların değerlendirilmesini kapsamaktadır. Ayrıca, bu çalışmada heyelanların kayma zonu (kaynak alanın), yani sadece harekete geçtiği alanın analizlerde kullanılmasının daha uygun olacağı savunulmaktadır.

Yapılan analizler sonucu elde edilen heyelan duyarlılık haritalarının üretiminde arazi çalışmaları (gözlemsel etütler) ön planda tutulmuş olup, CBS tabanlı yazılımlar yardımıyla, sayısal parametre haritaları ve sayısal heyelan envanter haritası oluşturularak FR Metodu ile analizler gerçekleştirilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmanın başlıca materyali havzanın jeolojisi, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı programlar kullanılarak ortaya çıkan veriler ve M.T.A. tarafından hazırlanan Heyelan Envanter Haritası temel alınarak yapılan arazi gözlemleridir. İnceleme alanında bulunan heyelan olayı ile ilgili tespitler için 2016 ve 2017 yılları yaz ve güz dönemlerinde arazi çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmalarda M.T.A. Genel Müdürlüğü ve Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığından (AFAD) temin edilen altlık haritaları (Afet Geçmişi Envanter, Arazi Kullanımı Corine 2006, Diri Fay 1/25.000, Hidrografya, Jeoloji 1/25.000, Münhaniler 1/25.000, Raster Topografya, Yollar, İl Sınırları, Pafta İndeksi-1/25.000, 3 ve 6 Derece Kuşaklar) ve Harita Genel Komutanlığı'na hazırlanan 1/25.000'lik topoğrafik paftalardan oluşturulan Sayısal Yükseklik Modelleri (DEM) baz alınarak yapılan öncelikli büro (çoğunlukla Google Earth kullanılarak) sonrasında arazi ve sonra tekrardan yapılan büro çalışmalarının tamamıdır. Seçilen inceleme alanı için heyelan duyarlılık haritası üretilmiştir. Söz konusu haritanın üretilmesinde altlık olarak 1/25.000 ölçekli topoğrafik harita, aynı ölçekli M.T.A. heyelan envanter haritası ve Google Earth uydu görüntüleri kullanılmıştır.

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile heyelan duyarlılık haritalarını üretilmesinde çeşitli metotlar kullanılmaktadır. Literatürde yaygın olarak kullanıldığı tespit edilen metotlardan birisi de Frekans Oranı Metodu (Lee ve Evangelista, 2005; Lee ve Sambath, 2006; Yılmaz, 2007; Akgün vd., 2008; Yılmaz, 2009; Jadda vd., 2009; Reis vd., 2009; Erener ve Düzgün, 2010) olduğu bilindiğinden bu çalışmada da bu yöntem kullanılarak heyelan duyarlılık haritası üretilmiştir.

CBS tabanlı programlar yardımı ile Frekans Oranı Metodu işlem adımları gerçekleştirilerek duyarlılık analizi yapılmıştır. Bu adımlar;

- 1- Analiz girdi parametre haritaları (yükseklik, eğim, litoloji, vb.) oluşturulması, heyelan dağılım değerlerine göre parametre model aralıklarının belirlenmesi ve sınıflama haritalarının yapımı,
- 2- Aynı zamanda heyelan envanter haritalarının oluşturularak tüm heyelanlı alanların belirlenen parametre alt gruplarına göre piksel dağılımının tespit edilerek sınıma ve analiz heyelanlarının belirlenmesi,
- 3- Analiz için ayrılan heyelanların parametre haritaları alt gruplarına göre dağılımının belirlenmesi,

4- Altta belirtilen FR (Frekans Oranı)' ye göre parametre dağılım yüzdelerinin belirlenmesi ve duyarlılık parametre haritalarının oluşturulması

(a) Alt Grup Heyelanlı Piksel Sayısı / Tüm Heyelanlı Piksel Sayısı

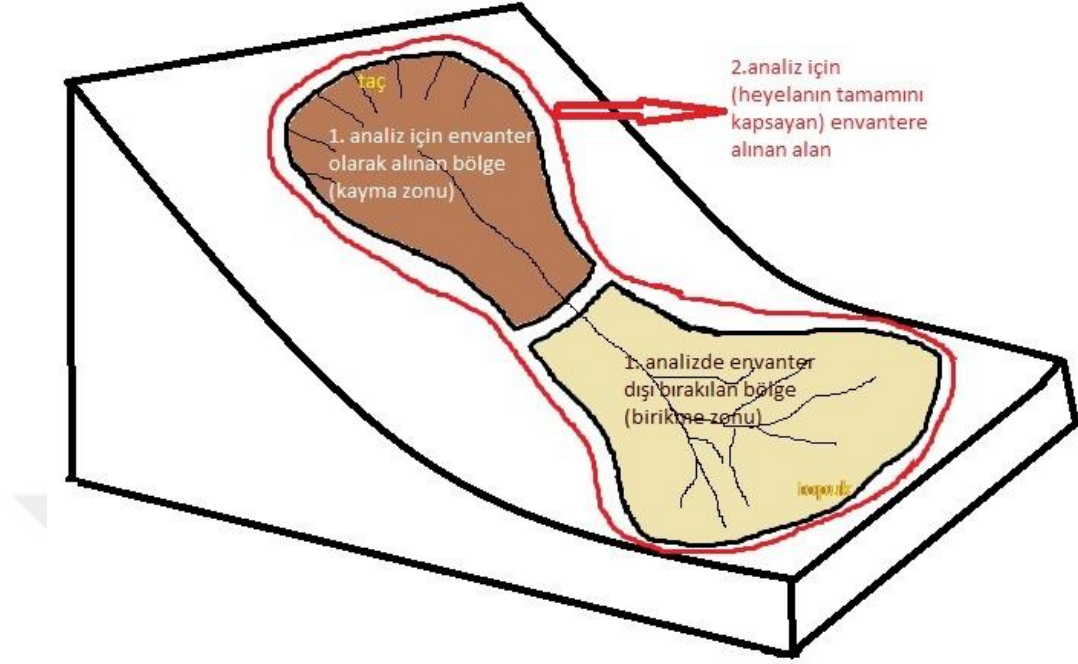
(b) Alt Grup Parametre Piksel Sayısı / Tüm Parametre Piksel Sayısı

$$FR=a/b$$

5- Duyarlılık parametre haritalarının aritmetik toplanması ve 5 eşit parçaya bölünmesi

6- Ayrılan sına verileri ile yüksek ve çok yüksek duyarlı alanlardaki dağılımına göre doğrulama yapılmasıdır.

Literatürdeki heyelan duyarlılık çalışmalarının genelinde heyelanların alansal olarak tamamı kayda alınmaktadır. Bu çalışma da ise Gölpazarı ilçesi için daha önce Sayın vd. (2017) tarafından uygulanan Şekil 3.1. de gösterildiği üzere sadece *kaynak bölgeleri (kayma zonu)* kapatılarak oluşturulan veriler analize dahil edilmiştir. Söz konusu bu kapamalar bu çalışmada gözlemsel çalışmalar neticesinde tahmini olarak yapılmıştır. Bu yöntemin kullanılma nedeni şu şekilde açıklanabilir; bir heyelanın bütün sınırları temel alınarak yapılan analizde özellikle topuk kısmı çoğu zaman eğimin düzlendiği bir özellik gösterdiğinden analizlerde bize doğru bir girdi verisi oluşturmamaktadır. Ayrıca çoğu zaman heyelanın geliştiği üst kısımda (kopma bölgesi), eğim ve jeoloji gibi özellikleri de topuk kısmına göre farklılık göstermektedir. Bu nedenle topuk bölgesinin ihmal edilmesi daha doğru bir sonuç vereceği öngörülmektedir. Bahsetmek istenilen durum heyelanın harekete geçtiği kopma ve kaymanın olduğu kısmın bizim için yol gösterici bir alan olduğudur. Çünkü akıp giden malzeme sonucu oluşan birikme zonu doğallığı bozulan ve aynı koşulda bile farklı özellik gösterebilecek bir durum ortaya sunduğundan, bu alanların (kaynak alan dışı yerler) analize dahil edilmesi çok sağlıklı veri elde edilemeyeceği düşüncesi yaratmaktadır.



Şekil 3.1. Bütün bir heyelan kütle içinde iki farklı (1. ve 2.) analiz için envanter olarak kaydedilen kısımları gösterir model.

4. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Dünyanın çeşitli bölgelerinde heyelanlar ile ilgili çeşitli çalışmalar yürütülmüş ve yürütülmektedir. Heyelanlara ilişkin çalışmalarda en önemli kısım ilk aşama olan heyelan envanteridir. Heyelan duyarlılık çalışmalarının; heyelanların gelecekte nerede, hangi türde ve hangi koşullar altında oluşacağı sorularına yanıt verir nitelikte olması gerekmektedir (Metternicht vd., 2005).

Eroskay (1965) tarafından, Paşalar Boğazı-Gölpazarı arası alanın 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmıştır. Yapılan çalışma sonucu stratigrafik kesitine bakıldığında; Paleozoyik, Derbent kireçtaşı ile; Mesozoyik, Bakırköy kumtaşı, Bilecik kireçtaşı, Vezirhan Formasyonu ve Gölpazarı Grubu ile Senozoyik ise; Selvipınar kireçtaşı, Kızılçay Formasyonu ve Gemiciköy formasyonu ile temsil edilir.

Ural ve Mumcu (1974) tarafından, Gölpazarı Ovasının hidrojeolojisi konu alan çalışmada; Kuvaterner'in kil ve dentritik malzemesi ovada, dere yataklarında ve dağ eteklerinde bulunur. Saha Alpin Orojenez fazlarından etkilenmiştir ve çöküntü durumundadır. Kretase ve Paleosen formasyonlarından su kaynakları bulunurken; ovada yer altı suyunu taşıyan formasyon, Kuvaterner yaşlı alüvyondur. Alüvyonda ise serbest ve basınçlı akiferler bulunmaktadır.

Demirkol (1977), Üzümlü -Tuzaklı (Bilecik) dolayının Jeolojisi adlı çalışmada Sakarya nehrinin orta kesiminde bulunan Üzümlü ile Tuzaklı dolayındaki çeşitli magmatit, metamorfit ve sedimanın stratigrafî istifini çözümleyerek olağanüstü karmaşık yapı niteliklerini açıklanmıştır. Tuzaklı sürüklenimi ve önemli faylar haritaya işlenmiş ve eski temelin, çökelim ve tektoniğe etkileri saptanmıştır. Etkin olmuş orojenez fazları saptanmış ve bölgenin tektonik ve yapısal evrimi taslaklanmıştır. Bölgenin stratigrafik kesiti ayrıntılı şekilde belirlenmiştir.

Duru vd. (2002) Adapazarı H24 Paftası Bilecik, Adapazarı ve Eskişehir ili sınırları içerisinde, kuzeyde Kuzey Anadolu Fay zonu ile, güneyde Orta Sakarya vadisi arasındaki alanı kapsayan çalışmada; birbirleriyle tektonik dokanaklı, Armutlu – Almacık - Arkotdağı zonu ile Sakarya zonu ve temel birimleriyle her iki zonu ortak üzerleyen örtü birimlerini ayrıntılı şekilde inceleyip bu birimleri adlandırarak ayrıntılı bir sonuç ortaya çıkarmışlardır.

Ekmekçi ve Nazik (2004) tarafından, Gölpazarı havzasını karstik bir sistem olarak değerlendirilmiş ve Orta Sakarya Havzasında yer alan Gölpazarı-Hüyük Karst Sistemi olarak tanımladıkları bölgenin Miyosen sonrası epirojenik kıtasal yükselimle kontrol edildiğini belirlemişlerdir. Belirtilen alanında tektonik aktivitenin önemli bir sonucu olarak bölgede drenaj

değişikliği olmuş ve karbonat platformu niteliğindeki bölgeler parçalanmıştır. Ayrıca güncel yerleşimi sırasında Sakarya Nehri ve civarında drenaj yeraltından yüzeye doğru değişmiştir. Yazarlar bölge için ortaya koydukları modelde yüzey morfolojisini üç ana safhaya ayırmışlardır. Bunlardan ilki Hüyük bölgesindeki Jura yaşlı ve Gölpazarı bölgesindeki Paleosen yaşlı kireçtaşlarının karstlaşmasıdır. Bu alanlardaki drenaj sistemine ve morfolojiye bakıldığında, karstlaşmanın Geç Miyosen ve Erken Pliyosen dönemlerindeki drenaj sisteminden etkilendiği görülmektedir. İkinci safhayı ise bölgenin yükselmesi ve pluvial dönemde drenaj sisteminin hızla gelişmesi oluştururken, bu aşamada meydana gelen erozyona bağlı olarak karstlaşma taban seviyesi sığlaşmıştır. Bu safha Geç Pliyosen-Erken Pleyistosen'deki polyeleri drene eden düdenlerin tıkanması ve polyelerin göl konumuna gelmesine kadar devam etmiştir. Son safhada ise Erken Pleyistosen boyunca jeomorfolojik süreçlerin gelişimi tamamı ile tektonizma kontrolü altındadır. Bunun sonucunda Gölpazarı drenaj sistemi yüzey drenajına dönüşmüş, Sakarya Nehri yatağını kırıklı karbonatlı kayalara doğru kazarak Hüyük depresyonunu kapmıştır.

Lee ve Biswajet (2006) çalışmalarında Malezya Cameron Yaylası'nın heyelan tehlikesini CBS yöntemi kullanarak tespit etmiştir. Bazı yöntemler kullanılarak frekans oranı ve lojistik regresyon modellerini oluşturmuşlardır. Eğim, bakı, eğrilik, drenaj bölgesine mesafe, yüzey hattına mesafe, arazi örtüsü, bitki örtüsü verisi ve nemlilik parametreleri analiz için kullanılmıştır. Sistemin doğruluğu analiz sonucu çıkan sonuçlar gerçek heyelanlarla karşılaştırılarak test edilmiştir. Sonuç olarak, frekans oranı modelinde %89.25, lojistik regresyon modelinde ise %85.73 doğruluk saptanmıştır.

Mohammady vd. (2012) tarafından, FR, Dempster Shafer (DS) ve Weights of Evidence (WoE) olmak üzere 3 farklı istatistiksel yöntem kullanılarak Golestan bölgesinin güneyine ait heyelan duyarlılık haritalamasını oluşturmak amaçlanmıştır. Araştırmacılar hava fotoğrafları ve arazi incelemeleri yardımıyla toplam CBS ortamında 392 adet heyelan haritalamışlardır. Bu heyelanlardan 275 adet heyelanı lokasyonun modelini oluşturmak için; 118'ini ise modelin doğrulaması için seçilmiştir. Araştırmacıların oluşturdukları 3 farklı heyelan duyarlılık haritasının AUC (Area Under Curve) değerlerini belirleyerek Model doğrulaması için elde edilen sonuçları modeli oluşturmak için kullanılmayan heyelanlarla karşılaştırmışlardır. FR, DS ve WoE yöntemleri sonucu çıkan AUC değerleri 0.801, 0.783 ve 0.746 olarak hesaplamışlardır. Genel olarak her 3 yöntemin de kabul edilebilir doğruluğa sahip haritalar üretilebileceği saptanmış olup, elde edilen sonuçlara göre FR yönteminin, diğer iki yöntemle göre daha yüksek AUC değerine sahip olduğunu belirlenmiştir. Doğan (2013) tarafından, Gölpazarı yöresindeki örtü birimlerinin paleontolojisi ve stratigrafisi, konulu çalışma yüksek lisans tezi olarak hazırlanmış olup, Mesozoyik ve Tersiyer yaşlı birimlerin özellikle de denizel olanlarının

paleontolojisi ve bölgenin stratigrafisi ayrıntılı olarak belirtilmiştir. Önceki çalışmalarda adlandırılan ve literatürde oldukça fazla karmaşaya neden olan formasyon tanımlamalarının tam olarak stratigrafik kurallara uymadığı, ayrıca çökellerde oluşan farklılıkların yerel birtakım olaylar sonucu oluştuğu göz ardı edilerek, ayrı formasyonlar olarak tanımlamalarının yapılması yöredeki çökellerin yerel ve bölgesel ölçekte diğer istiflerle deneştirilebilmesini olanaksız kıldığı saptanmıştır.

Önde (2012) Gölpazarı Havzası'nın (KB Türkiye) Jeolojik Evrimi adlı çalışmasında.; Gölpazarı Havzası'nın oluşum ve gelişim süreçleriyle ilgili havzanın kökenini ve tektonik karakterini belirleyerek, KB Anadolu'nun neotektonik çerçevesindeki konumunu ortaya çıkarmıştır. Havzada karstlaşma etkisi KD kesimlerde görüldüğü ve bölgedeki karstlaşmanın havzanın gelişiminde ve evriminde önemli bir etkisi olamadığı belirlenmiştir. Havzanın gelişiminde etken rol oynayan fay Gölpazarı Fayı, Gölpazarı Fayı'nın havzanın güney kenarını sınırlayan yaklaşık KD-GB gidiş gösteren sağ yanal doğrultu atımlı kısmı Kurşunlu-Dereli segmenti; havzanın kuzey kenarını sınırlayan segment Gölpazarı-Hüyük segmenti olarak adlandırılmıştır. Fayların karakterleri ve ortaya konan model Gölpazarı Havzası'nın bir çek-ayır havza olarak açıldığını gösterdiği belirtilmiştir.

Özdemir ve Altural (2013) tarafından, FR, WoE ve LR yöntemleri kullanılarak heyelan duyarlılık haritaları oluşturulmuş ve yöntemlere ait haritalar birbiriyle karşılaştırılmıştır. Çalışma alanı olarak Türkiye'deki Sultan Dağlarını ve çevresini çalışma alanı olarak belirleyerek, çalışmalarında jeoloji, eğim, baki, rölatif permeabilite, yağış, arazi kullanımı, yükseklik, eğrisellik, plan ve profil eğriselliği, nemlilik indeksi, akarsu aşındırma gücü indeksi (SPI), sediman taşıma gücü indeksi, drenaja ve faya olan uzaklık, fay yoğunluğu, drenaj yoğunluğu ve kaynak yoğunluğu parametrelerini kullanmışlardır. FR, LR ve WoE yöntemleri kullanılarak çıkan AUC değerleri sırasıyla 0.976, 0.952 ve 0.937 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar doğrultusunda seçilen alan için, bu belirtilen üç modelin de tahmin kapasitesinin oldukça iyi olduğu belirtilmiştir.

Shahabi vd. (2014) tarafından, LR, AHP ve FR yöntemleri kullanarak oluşturulan modeller sonucu heyelan duyarlılık haritalarını karşılaştırmak amacıyla, çalışma alanı olarak Batı Azerbaycan'ın Zab havzasını seçmişlerdir. Landsat ETM ve SPOT 5 uydu görüntülerinden faydalanılarak heyelan envanter ve arazi kullanım haritaları hazırlanmıştır. Bağıl heyelan yoğunluk indeksi (R - indeks) değerleri ve ROC eğrilerini kullanarak belirtilen üç modelin performansı değerlendirilmiştir. LR, AHP ve FR modelleri kullanılarak çıkan AUC değerleri sırasıyla 0.894, 0.811 ve 0.863 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar doğrultusunda LR ve FR

modellerinin çalışma alanının heyelan duyarlılığını daha iyi tahmin ettiğini vurgulayarak, aslında her üç modelin de oldukça doğru sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir.

Guo vd. (2015) tarafından, Çin'in Tibet platosunda kantitatif yöntemler kullanılarak Xianshuihe (XSF) fay zonu boyunca meydana gelen heyelanların duyarlılık analizi ve haritasının oluşturulması konusunda çalışma yapılmıştır. Tibet platosundaki en aktif fay zonlarından biri olan XSF fay zonunda meydana gelen heyelanlar yolların kapanması sonucu insan hayatını ciddi anlamda etkilediği belirtilmiştir. Bölge topoğrafik özelliklerine bakıldığında çok yüksek bir özellik göstermesi nedeniyle arazi gözlemleri ile detaylı çalışılması çok mümkün olmadığından, çalışmalar hava fotoğrafları ile desteklendiğinden bahsedilmiştir. CBS platformunda FR (Frekans Ratio) ve WoE (Weight of Evidence) yöntemleri kullanılarak, 2005 - 2014 yılları arasında meydana gelen 415 heyelan 1 / 50.000 ölçekli envanter haritasına, 10 x 10 m çözünürlükteki SYM üzerine yerleştirilerek, duyarlılık analizleri tamamlanmıştır. Çalışmada kullanılan parametreler NDVI, eğim, bakı, yükseklik, litoloji, yağış, yola uzaklık, plan eğrisellik, topoğrafik nemlilik indeksi, faya mesafe ve akarsuya uzaklık olup, FR ve WoE modellerinde 11, 8 ve 6 parametre kullanılarak haritalar üretilmiştir. Sonuç olarak, bölgedeki en aktif faya yakın olan bu çalışma alanında FR modeli ile eğim, bakı, yükseklik, faya uzaklık, litoloji, yağış ve akarsuya uzaklıktan oluşan 6 parametre ile üretilen duyarlılık haritalarının en doğru sonuçları verdiği belirlenmiştir. Araştırmacılar; aktif tektonik alanlardaki dağlık bölgelerde FR oranı ve 6 parametrenin kullanımı konusunda olumlu sonuç alınabileceğinden bahsetmişlerdir.

Youssef vd. (2015) tarafından, Suudi Arabistan'ın kuzey batısındaki Jizan bölgesinin heyelan duyarlılık haritası FR ve WoE ile iki değişkenli istatistiksel yaklaşımlardan üretilmiş ve yöntemlerin kıyaslaması yapılmıştır. Heyelanların tespiti aşamasında GeoEye ve Qickbird gibi yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden, 1/10.000 ölçekli topoğrafik haritalardan, tarihi kayıtlardan ve güncel heyelanlardan yararlanılmıştır. 106 adet heyelandan % 75' i eğitim - % 25' i sınama verisi mantığıyla analize sokulmuştur. Parametre girdisi olarak yükseklik, eğim, eğrisellik, bakı, litoloji, topoğrafik nemlilik indeksi, NDVI, çizgiselliğe uzaklık, yola uzaklık, akarsuya uzaklık parametreleri analizlerde kullanılmış olup, elde edilen heyelan duyarlılık haritaları çok yüksek, yüksek, orta, düşük ve çok düşük olmak üzere 5 sınıfa ayrılmıştır. Eğitim verileri % 90.02 ve sınama verileri % 76.03 iken, yüksek ve çok yüksek zonlardaki değerleri frekans oranı yöntemi için, WoE için hesaplanan değerler % 88.33 ve % 79.3 dür. Sonuçların hem birbirine yakınlığı, hem de arazi uygulaması ile denkleştirildiğinde oldukça makul olduğu görülmüş ve her iki yöntemle de üretilen haritaların kentsel planlamada, altyapı ve bina stoku değerlendirmelerinde, yol yapımlarında kullanılmasının faydalı olacağı düşünülmüştür.

Son vd. (2016) tarafından, CBS ortamında etki yarıçapı ve istatistiksel analiz modeli kullanarak heyelan duyarlılık haritası üretilmiştir. İstatistiksel analizlere bakıldığında; eğim, bakı, eğrisellik, topoğrafya, orman yaşı, orman çapı, arazi kullanımı, orman türü, zemin türü, zemin drenajı, zemin dokusu, zemin kalınlığı parametreleri dikkate alınarak çalışma yapılmıştır. Heyelan oluşma olasılığının tahmini ve bir LSI üretmek için etki yarıçapı kullanılarak, FR yöntemi kullanılmıştır. Her etki yarıçapı oranı için heyelan duyarlılık haritası 0'dan 300 m'ye her 30 metrelik artış ile üretilmiş olup, 12 parametre içinse; 0 m, 30 m, 60 m, 90 m, 120 m, 150 m, 180 m, 210 m, 240 m, 270 m ve 300 m etki yarıçaplı 11 modelin, 240 m için olan modeldeki AUC değerinin en yüksek olduğu belirlenmiştir.

Youssef vd. (2016) tarafından, FR, WoE, IofE (Index of Entropy) ve DS (Dempster Shafer) modelleri kullanarak Suudi Arabistan'ın güneybatısındaki Asir Bölgesinin Wadi Itwad yerleşim alanındaki heyelanların duyarlılık analizlerini belirlemişlerdir. Çalışma alanındaki heyelanın (326 adet) uydu görüntüleri (çözünürlükleri yüksek), tarihi kayıtları ve arazide kayıt altına alınan gözlemsel verileri ArcGIS ortamında sayısallaştırılarak analize sokulmuştur. Heyelan duyarlılık haritaları heyelanların %75' i eğitim, %25'i ise sınaama verisi olarak sınıflandırılarak yükseklik, litoloji, bakı, eğim, akarsuya uzaklık, yamaç uzunluğu, TWI, eğrisellik, çizgiselliğe olan mesafe, yola uzaklık, yağış ve NDVI olmak üzere 12 parametre ile üretilmiştir. FR, WofE, IofE ve DS analizlerine göre AUC değerleri sırasıyla 0.813 – 0.815 – 0.800 ve 0.777 olup, haritalar çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek olmak üzere 5 sınıfa ayrılmıştır. Her dört modelin hem eğitim, hem de sınaama verilerinin analiz sonuçları birbirlerine çok yakın çıkması sonucunda araştırmacılar bu belirtilen modellerin arazi planlamasında ve çevresel projelerinin üretilmesinde kullanılabilmesinde olumsuz bir sonucun olmayacağını belirtmişlerdir.

Sayın vd. (2017) çalışmalarında; Bilecik ili Gölpazarı ilçesinin Frekans Oranı Metodu uygulanarak heyelan duyarlılık haritasının üretilmesine yönelik çalışmaları içermektedir. Çalışmada heyelanı etkilediği düşünülen 5 farklı parametre dikkate alınarak duyarlılık haritası oluşturulmuş ve “çok düşük, düşük, orta, yüksek, çok yüksek” derece olmak üzere 5 sınıfa ayrılmıştır. Uygulanan analizde, heyelanların başlangıç ve topuk gerisinde kalan alanlarının dahil edilmesi ve sınaama heyelanlarının rastgele seçilmeyip kontrol edilerek seçilmesi analizinin doğruluğunu artı yönde etkilediği belirlenmiştir. Bu etkenlerin tamamı ile değerlendirildiğinde analizinin doğruluk değeri % 91.36 olarak elde edilmiştir.

Sayın vd. (2017) Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı Türkiye geneli Bütünleşik Tehlike Haritaları Projesi kapsamında hazırlanan Bilecik İli Heyelan Duyarlılık Analiz

Raporunda, M.T.A. Envanteri, ön uzaktan algılama analizinde tespit edilen toplam 574 heyelanın 114 adeti sınaama verisi olarak ayrılarak analize dahil edildiği ve 6 adet parametre (SYM, eğim, bakı, yamaç şekli, akarsu ağı, litoloji) kullanılarak analizlerin tamamlandığı belirtilmektedir. Analizde frekans oranı metodu kullanılarak, sınaama sonucu analizin doğruluğunun %93.74 olduğu tespit edilmiştir.



5. ÇALIŞMA ALANININ TANITILMASI

5.1. Konum Bilgileri

Çalışma alanı, Marmara Bölgesi'nin Güney Marmara Bölümünde Bilecik ili Gölpazarı ilçesi sınırlarını kapsayan 1/25.000 ölçekli Çizelge 5.1'deki paftalar içerisinde 6°'lik koordinat sisteminde UTM (Universal Transverse Mercator) projeksiyonunda, 36°'lik dilimde, 249940-293850 boylamları ile 4445450-4473990 enlemleri arasında yer almaktadır. Gölpazarı İlçesinin toplam yüzölçümü yaklaşık 690 km²'dir (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. Çalışma alanının (Gölpazarı İlçesi) yer bulduru haritası.

Bilecik ili Gölpazarı ilçesinin sınırları 1/25.000 ölçekli 12 adet paftadan oluşmaktadır. 4 pafta (H24A4, H24B2, H24D1, H24C4) hariç diğer paftalarda heyelan olayına rastlanılmış olsa da analizde Gölpazarı ilçe sınırına değen tüm 12 adet pafta kullanılarak çalışma tamamlanmıştır. Gölpazarı sınırı içerisinde kalan bütün paftalar (heyelan olayına rastlanılmasa dahi) analizde kullanılmıştır.

Çizelge 5.1. Bilecik İli Gölpazarı ilçesi sınırlarını kapsayan 1/25.000 lik paftalar.

No	PAFTA ADI
1	H24A3
2	H24A4
3	H24B1
4	H24B2
5	H24B3
6	H24B4
7	H24C1
8	H24C2
9	H24C4
10	H24D1
11	H24D2
12	H25A4

5.2. Yerleşim ve Ulaşım

Bilecik İli Gölpazarı ilçesine ulaşım karayolu ile yapılmaktadır. Adapazarı-Eskişehir demiryolu üzerindeki Vezirhan istasyonunun 28 km, Sakarya nehrinin de aynı doğrultuda 22 km doğusunda bulunmaktadır. Çevre köylerden gelen yolların toplandığı Gölpazarı ilçesi, Bilecik il merkezinin de kuş uçuşu 35 km kuzeydoğusunda yer almaktadır. İl merkezi ile ilçe arasındaki yol asfalttır.

İlçenin il olarak sadece kuzeyinde kalan 92 km uzaklıktaki komşu Sakarya iline (Geyve ve Taraklı ilçeleri) sınırı vardır. Bununla birlikte kuzeybatısında 44,5 km uzaklıkta Osmaneli ilçesi, güneybatısında 43 km uzaklıkta Merkez ilçesine bağlı Vezirhan Beldesi, güneyinde 64,8 km uzaklıkta Söğüt ve 46,4 km uzaklıkta İnhisar ilçeleri ve güney doğusunda 34,1 km uzaklıkta Yenipazar İlçesine sınırları bulunmaktadır.

İlçede toplamda 46 adet köy bulunmaktadır. İlçe merkezi batı, güneybatı-doğu, kuzeydoğu doğrultusunda 11 km uzunluk, en geniş yerinde 4 km genişlik gösteren ovada yer alırken, köylerin geneli yerleşimleri daha engebeli alanlarda bulunmaktadır. Bazı köylerden diğer ilçelere geçiş yapılan yollar mevcuttur.

Çalışma alanlarına asfalt ve stabilize yollar kullanılarak ulaşım sağlanmıştır.

5.3. Morfolojik Özellikler

Bilecik ili Gölpazarı İlçesi BGB (Batı-Güneybatı) - DKD (Doğu-Kuzeydoğu) doğrultusunda 11 km uzunluk, en geniş yerinde 4 km genişlik gösteren ova ve ovayı çevreleyen

yüksekliklerden oluşan bir alandır. Gölpazarı havzasını kuzeyden çevreleyen Üst Pliosen yaşlı yaklaşık 800-850 m yüksekliğe sahip yüzeylerden oluşmakta ve doğuya doğru bu yüzeyler yaklaşık 1100 m yüksekliğinde Eosen formasyonlarından oluşan senklinale ulaşmaktadır. Ovanın güneyi ise yaklaşık 1100—1200 m yüksekliğe sahip dağlık bir sahadır. İlçenin ortalama rakımı 557 m civarındadır.

Gölpazarı Ovası çevresinde bulunan yükselti güney kısmında daha fazla olmakla beraber genel olarak dalgalı bir görünüme sahiptir. Yüzey şekillerinin uzanış yönü genellikle doğu-batı, kuzeydoğu-güneybatı yönündedir. Gölpazarı Ovasının (Gölpazarı İlçe merkezi) ile Akçay'ın ovayı terk ettiği boğaz arasında çizilecek bir hattın doğusu ile batısı; toprak ve hidrografik özellikler bakımından birbirinden farklılıklar gösterir (Özgür, 1990).

Ülkemizin önemli nehirlerinden ve Bilecik ilinin başlıca akarsuyu olan Sakarya Nehri, Vezirhan beldesi ile Gölpazarı ilçe sınırını oluşturur. Sakarya Nehrine dökülen çay ve dereler ilin diğer su kaynaklarıdır. Bu kaynaklar; Göynük Çayı, Değirmen Dere, Karasu Çayı, Kırılbağı Dere, Köy Dere, Eynaz Dere, Bengi Dere, Harmanköy Deresi, Göksu Deresi, Sarısu Deresi ve Hamsu Deresidir.

Çalışma Alanının diğer yüksek noktaları; Hallar Tepesi (669 m), Doğankaya Tepesi (691 m), Kayrancık Tepesi (760 m), Arapkaya Tepesi (803 m), Karadağ Tepesi (833 m), Kaynaktaş Tepesi (864 m), Üveyik Tepesi (871 m), Kızıl Tepesi (976 m), Kuyucak Tepesi (1019 m), Gök Tepesi (1134 m), Göldağ Tepesi (1244 m)'dir.

5.4. İklimsel Özellikler

Gölpazarı ilçesinde Marmara Bölgesi iklimi etki alanı içerisinde olup Sakarya Irmağı kıyı şeridinde mikro-klime iklimine rastlanır.

Bilecik İlinde yıllık yağış toplamı 450 kg/m² dolayındadır. Çizelge 5.2'de de görüldüğü üzere yağış en çok Ocak, Mayıs ve Aralık aylarında düşmektedir. Bulutluluk durumu açısından 92 gün açık, 96 gün kapalı ve 177 gün bulutlu geçmektedir (Şekil 5.2).

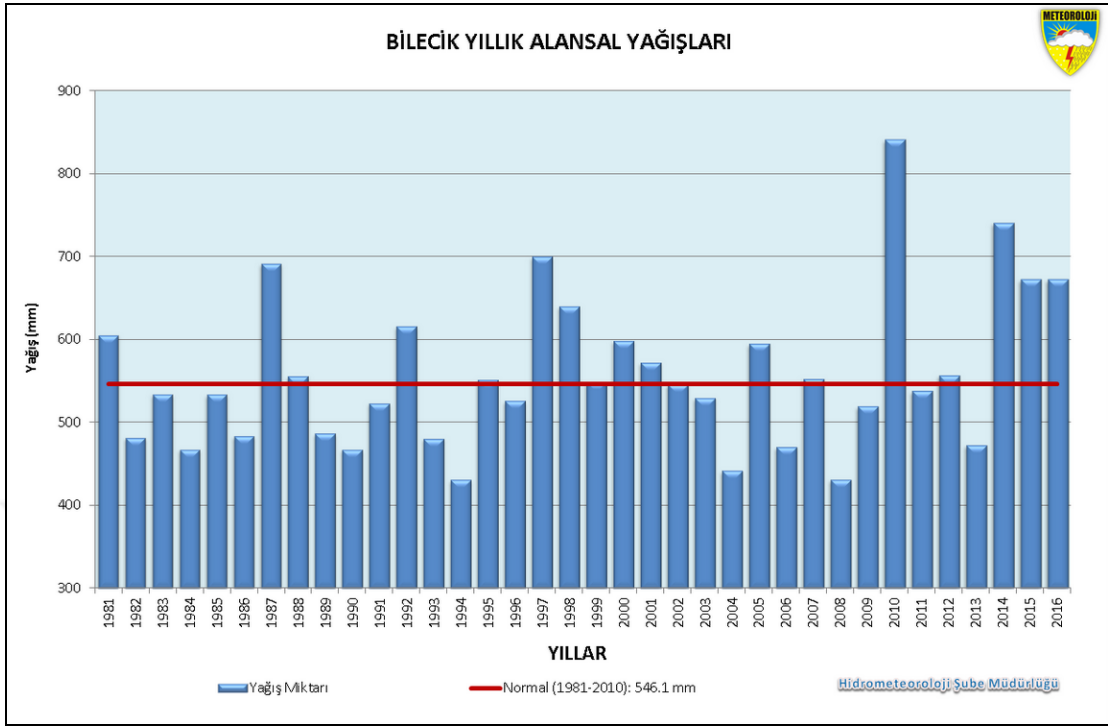
Gölpazarı ilçesine bağlı Bolatlı, Aktaş, Keskin köylerinin yer aldığı bu yüzeyler çoğu yerde akarsular tarafından parçalanmıştır ve yer yer lapyra gibi karstik oluşumlara rastlanmaktadır. Yaz aylarında büyük su sıkıntısı çekilen bu sahada, doğal bitki örtüsünü fundalı, katranardıcı, fındık, kızılıncık ile meşelikler oluşturmaktadır. Doğal bitki örtüsünün tahribiyle açılmış tarım alanlarında tahıl, ayçiçeği ve nohut gibi ürünler yetiştirilmektedir. Akarsu

boylarında meyve ve sebzelikler bunlara katılmaktadır. Bu kesimlerde verim değerleri ovaya nazaran düşüktür.

Gölpazarı ilçesi doğal bitki örtüsü ova kuzeyindeki plato sahasından daha gür ve çeşitlidir. Çalılık alanlardan sonra Göldağı'nda yaklaşık 900 m. den itibaren çam türleri ile gürgen dişbudak ağaç türlerine rastlanmaktadır. Böyle bir durumun ortaya çıkmasında hiç şüphesiz bakı ve yükselti şartlarının büyük rolü vardır. 1500 m sınırına kadar da karaçam, kayın, kızılçam, kestane türündeki yüksek boylu ağaçlar sıralanır. 1500 metreden daha yükseklerde ise köknar cinsinden ağaçlar vardır.

Çizelge 5.2. Bilecik İli meteorolojik istatistik verileri 1950-2015 (www.mgm.gov.tr).

BİLECIK	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1950 - 2015)												
Ortalama Sıcaklık (°C)	2.6	3.7	6.6	11.5	16.1	19.9	22.1	22.0	18.4	13.8	9.0	4.7
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	6.0	7.8	11.5	16.9	21.9	25.8	28.4	28.6	24.9	19.3	13.5	8.1
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-0.3	0.3	2.5	6.7	10.8	14.1	16.2	16.4	13.1	9.5	5.5	1.9
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3.2	3.5	4.5	6.1	8.1	9.4	10.3	10.0	8.2	5.5	4.2	3.1
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	14.2	13.2	13.0	11.3	10.3	7.8	4.2	3.4	5.2	8.5	9.9	13.2
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (kg/m ²)	49.9	42.3	47.0	43.3	47.5	39.4	18.9	11.3	21.1	41.6	37.7	54.5
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen En Yüksek ve En Düşük Değerler (1950 - 2015)*												
En Yüksek Sıcaklık (°C)	20.4	24.6	30.2	33.3	35.8	37.6	41.0	40.2	38.4	34.3	27.4	25.0
En Düşük Sıcaklık (°C)	-16.0	-14.3	-10.1	-6.0	1.0	6.0	7.7	8.2	3.2	-0.8	-7.8	-12.8
<i>En yüksek ve en düşük sıcaklıkların gerçekleşme tarihini görmek için fare imlecini değerlerin üstüne getiriniz.</i>												
Günlük Toplam En Yüksek Yağış Miktarı				Günlük En Hızlı Rüzgar				En Yüksek Kar				
14.10.2010 92.0 kg/m²				29.12.1999 113.8 km/sa				01.01.2015 80.0 cm				



Şekil 5.2. Bilecik iline ait yıllık alansal yağışlar grafiği (www.mgm.gov.tr).

6. GÖLPAZARI İLÇESİ GENEL VE YAPISAL JEOLojİSİ

Bölgenin stratigrafisine en yaşlı birimden başlayarak en genç birime doğru bakıldığında çalışılan sahanın ve civarının genel stratigrafik dizilimi Şekil 6.1'de verildiği gibi olduğu görülmüştür. Söz konusu bu birimlere ilişkin detaylı bilgiler aşağıda sunulan alt bölümlerde verilmiştir.

Jeolojik Zaman	Devir	Devre	Formasyon	Kalınlık (m)	Simge	Litoloji	Açıklamalar
SENOZOYİK	Kuvaterner		Güncel Çökeller	60	Qal, Qay, Qym, Qtr, Qt		Silt, kil, kum, çakıl, alüvyon yelpazesi, yamaç molozu, taraça dolgusu, traverten
		Paleojen	Myosen	Gemiciköy	225	Tgem	
	Eosen		Güvenç	200	Teg		Paraleluyumsuzluk Kireçtaşı, konglomera, kumtaşı, marn
			Halıdıve Çataltepe	500	Teh		Türbiditik kumtaşı, marn, kiltası, kireçtaşı
	Paleosen		Kızılçay		Tpek		Kumtaşı, marn, konglomera, kireçtaşı
			Selvipinar	0-100	Tps		Konglomera Kumtaşı Çamurtaşı; Tpekk: Kabalar Üyesi Resifal Kireçtaşı
	MESOZOYİK	Kretase	Üst	Yenipazar	1500-2000	Kye	
Alt			Soğukçam	400-500	Jks		Yenipazar formasyonunun; Kyet: Taraklı, Kyed: Değirmenüzü, Kyeka: Kapaklı, Kyei: Üzümlü, Kyeek: Karahasanlı Üyeleri bulunmaktadır.
Jura		Üst	Bilecik Kireçtaşı	250-300	Jkb		Beyaz pembe renkli yarı pelajik kireçtaşı ve killi kireçtaşı, yer yer çört ve volkanit ara düzeyli, üst seviyelerde killi kireçtaşı, marn ardalanması
		Alt	Bayırköy	240-700	Jba		Paralel Uyumsuzluk Kumtaşı, çamurtaşı, konglomera, şeyl ve kireçtaşıardan oluşur
TRIYAS			Karatepe Formasyonu	?	PTRk		KARAKAYA GRUBU: Kumtaşı, Metakumtaşı, kiltası, şeyl, bazik volkanit ve piroklastikler Pk: Permiyen kireçtaşı PTRka: Ardıçtepe Üyesi, kumtaşı Konglomera
		Üst Permiyen	Gökçekaya Metamorfileri	?	PTRg		klorit-serisit şist, fillat, metabazik lav, kalkışit ve mermer oluşur. İnhisarMermer Üyesi ile Eğriköy Mermer Üyesi mevcuttur. Açısal Uyumsuzluk
	Sancakaya Granitoidi		?	Csg		Granit, granadiyorit, migmatit, diyorit, apilit ve pegmatit kompleksinden oluşur	
Alt		Söğüt Metamorfileri	?	Pzs		Gnays (paragnays), amfibolit ve mikasist	

Bilecik İli Stratigrafik Kesiti Demirkol 1977, Duru vd. 2002 ve Aydın 2005'ten Değiştirilerek Üretilmiştir. Ölçeksizdir. Sayın ve Balaban (2017)

Şekil 6.1. Bilecik İli Gölpaazarı İlçesi ve çevresi stratigrafik kesiti (Sayın ve Balaban, 2017).

Söz konusu birimler aşağıda verilmiştir;

6.1. Temel Birimler

6.1.1. Söğüt metamorfileri (Pzs)

Metamorfik kayalardan oluşan, bölgede yüzlek veren en yaşlı kaya birimidir (Özmen, 2006). Genel olarak birim gnays (paragnays) ve amfibolitlerden oluşmakta, amfibolit ve amfibolitli gnayslar genelde siyah renkli, ince taneli bantlı ve merceksi yapılıdır. Bu metamorfik kayaların diğer bir türünü mikaşistler oluşturmaktadır (Göncüoğlu vd., 1996). Söğüt metamorfileri olarak adlandırılan bu birim yeşil ve mavişistler, muskovit- kuvars, aktinolit – muskovitalbit – kuvars şist, glokofan – albit şist, mermer, serisit-klorit kuvars şist, muskovit – klorit- kalk –kuvars şist ve bunun gibi kayalar içerirler (Özmen, 2006).

Söğüt Metamorfilerinin adı ilk kez Demirkol (1977) tarafından bahsedilmiştir. Altınlı (1973b) ayırtılmamış temel karmaşığı, Yılmaz (1977) eski temel karmaşığı, Şentürk ve Karaköse (1979,1981) Söğüt Metamorfileri, Ayaroğlu (1979) Bozüyük Metamorfileri, Kibici (1982) Sarıçay formasyonu ve Göncüoğlu vd. (1996) ise Orta Sakarya Temel Karmaşığı içerisinde Söğüt metamorfileri olarak incelemiş olduğu bilinmektedir. Göncüoğlu vd. (1996) tarafından Söğüt metamorfileri adını gnays, granit ve amfibolitten oluşan kayaç topluluğu adına kullanmışlardır. Şentürk ve Karaköse (1979, 1981) tarafından aynı kaya topluluğu Söğüt metamorfileri içerisinde gnays ve granit olarak ele kullanılmıştır (Duru vd., 2002).

Bu birimin yaşının, Demirkol (1973) ve Gautier (1984) tarafından Prekambriyen ve/veya Alt Paleozoyik olabileceği belirtilirken, Göncüoğlu vd. (1996) tarafından ise Karbonifer yaşlı olduğu kabul edilmektedir. Liyas yaşlı litolojik birimlerce örtülen granit ve granitoyit kompleksi olarak tanımlanabilen Karbonifer yaşlı Sarıcakaya granitoyiti tarafından kesilmektedir. Bu sebepten dolayı birimin yaşı Karbonifer öncesi muhtemel olarak Alt Paleozoyik olduğu belirtilmektedir. Söğüt metamorfilerinin muhtemel volkanik yay kompleksini temsil ettiği düşünülmektedir (Göncüoğlu vd., 1996).

6.1.2. Sarıcakaya granitoyidi (Csg)

Göncüoğlu vd. (1996), bu birimin yaşının Paleozoyik, Delaloy ve Bingöl (2000), aldığı örneklere dayanarak yaşının Alt Permiyen (213-348 my.-isokron yaşı 278 my.) ve Gedik ve Aksay (2002), ise aynı magmatitlerin yaşının Karbonifer olduğunu belirtmişlerdir. En son aynı granitoyiti ve bu granitoyitin batı kısmına olan uzantısını da araştıran Ustaömer vd. (2012), ise bu granitoyitin yaşını Karbonifer (327 ile 319 my.) olarak belirlemişlerdir (Parlak, 2012).

Bu birim Söğüt – İnhisar ilçeleri, Küre ve Akköy köyleri arasında ve Küplü köyü civarında mostra vermektedir. Sarıcakaya Granitoyiti granodiyorit ve granit kompleksinden oluşmaktadır. Hakim kaya granodiyorit olup, az miktarda migmatit, diyorit, apilit ve pegmatit içerir (Demirkol 1977, Göncüoğlu vd., 1996-2000). En eski magmatit fazı diyoritler oluşturken, diğer tüm granitoyit türleri tarafından da kesilirler. Bu granitoyitler koyu gri renkli ve iri - orta tanelidir. Granitoyitler kuvars, alkali feldspat, ortaklas, plajiolastan, hornblend ve mukovitten oluşur ayrıca biyotit ve titanit içerir. Feldspatlar iridir. Zirkon, apatit ve sifen içerir. Kuvars miktarındaki artış neticesinde kuvarsdiyorit ile tenolitlere geçiş göstermişlerdir (Göncüoğlu vd., 1996). Granodiyoritler kırmızı-pembe ve yeşil renkli olup, iri ve ince tanelidir. Genel olarak hipidiyomorfik granüler dokulu olduğu bilinmektedir. İnce taneli granit ve apilitler tarafından kesirlerken, Söğüt metamorfitletlerini kesmektedirler (Göncüoğlu vd., 1996). Granitler iri ve ince taneli olup, gri renklidirler. İri taneli granitler, granodiyoritlerle girik şekildedir. İnce taneliler ise apilit ve pegmatitlerle birlikte diğer granit türlerini kesmektedir (Göncüoğlu vd., 1996). Apilitler beyaz renkli olup kuvars, plajiolastan ve biyotitten oluşmaktadır. Pembe renkli granat içermeleriyle tipiktir. Pegmatitler feldspat, muskovit içerirler, pembe beyaz renkli ve iri tanelidirler. Göncüoğlu vd. (1996) Lamprofirdaykları son magmatik üründür (Duru vd., 2002).

Migmatitik granitler, biyotitli gnaysların kısmı ergimesi sonucu kuvars, plajiolastan ve hornblendten oluşmaktadır (Göncüoğlu vd., 1996).

Sarıcakaya Granitoyitinin kalkalen özellikte olması (Yılmaz, 1977; Kibici, 1982) ayrıca içinde bulunduğu metamorfitletlerin ortamı gözönünde bulundurulduğunda bu granitoyitin volkanik yay ürünü olabileceği düşünülmektedir (Göncüoğlu vd., 1996).

6.1.3. Karakaya grubu

İlk olarak Bingöl vd., (1973) tarafından tanımlanmış içinde Permo-Karbonifer yaşlı kireçtaşı blokları barındıran Alt Triyas yaşlı birim hafif metamorfizma geçirmiş spilitik bazalt, çamurtaşı, radyolarit, konglemera, feldspatlı kumtaşı, kuvarsit, silttaşı araldanmasından oluşur (Duru vd., 2002).

Gökçekaya metamorfitletleri (PTR_g)

Karakaya Grubu içerisinde bulunan klorit-serisit şist, fillat, metabazik lav, kalkışist ve mermer gibi kaya türleri Gökçekaya metamorfitletleri olarak ayırtlanmışlardır. Gökçekaya metamorfitletleri, Dikmen grovak serisi (Erk, 1956), Metamorfik bloklu seri (Norman, 1973), Epimetamorfik şistler (Çalgın vd., 1973), Çavdarstepe Formasyonu (Akyürek ve Sosyal, 1978, 1983), Turhal grubu (Özcan vd., 1980), Emir formasyonu Akyürek vd. (1982, 1984, 1996),

Agvanis metamorfikleri (Okay, 1984), Üst Karakaya napı (Koçyiğit, 1987), Nilüfer birimi (Okay vd., 1991; Leven ve Okay, 1996), Tepeköy metamorfikleri (Göncüoğlu vd., 1996) ile deneştirilebilir (Duru vd., 2002).

Bazik volkanik ve sedimanter kayaç aralanmalı istif, yeşilsit fasiyesinde metamorfizmaya uğraması ile oluşmuş sleyt, metakumtaşı, metakonglemera, metatüf, albit-glaukofanşist, kuvarşist, albit-klorit-altinolit-epidot-muskovit-kalkşist, klorit-serisit şist, grafitşist, klorit-epidit-muskovit şist, fillit, metabazik lav, metatüf, kuvars-albit-granat içermektedir. İstif genel olarak gri, boz, yeşilimsi gri, kahve renkli, ince-orta tabakalı, tabakalanmaya paralel şisti yapılı ve bol kıvrımlıdır. İstifin üst düzeylerinde bordo, koyu yeşil renkli, bazı seviyelerde çok iyi yapraklanmalı, bazılarında ise masif lav ve tüften oluşan bazik volkanik kayaçlar, diğer kaya türleri arasında ara bantlar şeklinde gözlenmektedir. Ayrıca Gökçekaya metamorfikleri yer yer diyabaz daykları tarafından kesilmiştir. Birim içerisinde bazı değişik seviyelerde karbonat (mermer) mercek ara bantları yer almaktadır. Bu mermer ara bantları istif içerisinde devamlı olmasına rağmen kıvrımlanma sonucu oluşan budinaj (sucuk) yapısı nedeniyle yer yer bloklu bir görünüm kazanmıştır. Gökçekaya metamorfikleri içerisinde iki ayrı seviyede yoğunluk kazanan mermerler Eğiriköy Mermer Üyesi (PTRge) ve İnhisar Mermer Üyesi (PTRgi) olarak ayırtlanmıştır (Duru vd., 2002).

İnhisar mermer üyesi (PTRgi)

Söğüt metamorfikleri içerisindeki Mermer üyesi (Şentürk ve Karaköse, 1979) ile Gökçekaya metamorfiklerinin alt seviyelerindeki İnhisar mermer üyesi eşdeğerdir. Kırılma yüzeyi gri, mavi, bej, aşınma rengi beyaz, bej, renkli olan birim, rekristalize kireçtaşı, mermer ve kalkşistlerden oluşmaktadır. Üye yaygın olarak orta-kalın tabakalı, yer yer som görümlü rekristalize kireçtaşı ve mermer bantları şeklinde görülen birim yer yer yanal yönde metakırıntılara geçmektedir. Bu düzeylerde şistlerde arasında 5-50 cm. kalınlıkta kalkşistleri oluşturmaktadır. Metamorfiklerle birlikte kıvrımlanarak yer yer budinaj (sucuk) yapısı kazanmıştır. Metamorfikleri oluşturan bu kayaç türleri ile yanal ve dikey yönde geçişli olan bu üyenin kalınlığı 2-40 m arasında değişiklik göstermektedir. Birlikte bulunduğu Gökçekaya metamorfiklerinde yaşı göz önünde bulundurulduğunda Permo-Triyas yaşlı olduğu kabul görmüştür (Duru vd., 2002).

Eğiriköy mermer üyesi (PTRge)

Gökçekaya metamorfiklerinin üst düzeylerde bulunan karbonatlı seviyelere karşılık gelen Eğiriköy mermer üyesi, ilk kez Göncüoğlu vd. (1996) tarafından adlandırılmıştır. Eğiriköy

mermer üyesi kısmen (Göncüoğlu vd., 1996) Derbent kireçtaşı üyesinin (Şentürk ve Karaköse, 1979) rekrystalize kireçtaşları kısmı ile deneştirilebilir. Üye, beyaz, bej renkli, yer yer orta-kalın tabakalı, çoğunlukla masif görünümlü rekrystalize kireçtaşı ve mermerden oluşmaktadır. Birim alt düzeylerinde Gökçekaya metamorfite ile ardalanmalı ince taneli rekrystalize kireçtaşları ile başlayarak üste doğru iri taneli som görünümlü mermerlere geçiş göstermektedir. Bu düzeylerde kayaç içinde bulunan yer yer mika (muskovit) pulları ve iri kalsit kristalleri gözle ayırt edilebilmektedir. Gökçekaya metamorfite ile geçişli olan bu birimin yaşı Permo-Triyas olarak kabul edilmektedir. Üye şelf ortamında çökelmiştir (Duru vd., 2002).

Gökçekaya metamorfite kaya özelliği en güzel İnhisar-Söğüt ilçeleri arasında gözlenmektedir. Bu bölgede görünür kalınlığı 400-500 m. civarında bulunmaktadır. İnhisar yakın alanda Söğüt metamorfite ve Sarıcakaya arasındaki bölgede, Gökçekaya metamorfite üzerinde Bayırköy formasyonu açısız uyumsuzlukla gelir. Yaşı net olarak belirlenemeyen birim Permo-Triyas yaşlı kabul görmüştür. Gökçekaya metamorfite volkanizma ürünlerinden olan şelf-yamaç ortamındaki çökeli esnasında gelişen kırıntılı ve karbonatlı litolojilerinin ardalanmalı olan kısımları sedimantasyona katılmıştır (Duru vd., 2002).

6.1.4. Karatepe formasyonu (PTRk)

İçerisinde Permo-Karbonifer yaşlı kireçtaşı blokları bulunduran, hafif metamorfizma geçirmiş, kumtaşı, aglomera, şeyl, tuf, spilitik bazalt ve kireçtaşı ardalanmasından meydana gelen formasyon, ilk kez Şentürk ve Karaköse (1979), tarafından Karatepe karışığı olarak adlandırılmıştır.

Birim boz, alacalı kahverenkli kumtaşı, çamurtaşı, şeyl, aglomera, metakonglemera, kireçtaşı, tuf ve spilitik bazalt ardalanmasından oluşur. Bahsi geçen litolojiler birbirine yanal ve düşey yönde geçişlidir. İstif içinde olistostrom seviyeleri ve bunlar içinde Karbonifer ve Permiyen yaşlı değişik boyutlarda kireçtaşı blokları yer almaktadır (Şekil 6.2). Bu seviyeler ise Ardıçtepe üyesi (PTRka) olarak ayırtlanmıştır (Duru vd., 2002).



Şekil 6.2. İnceleme alanı içerisinde Karatepe formasyonuna ait görüntü (güneybatı yönüne doğru).

Ardıçtepe üyesi (PTRka)

Karatepe formasyonunun alt seviyelerindeki metakumtaşı, sleyt ardalı istifli Kendirli formasyonu (Genç ve Yılmaz, 1994) ve Cambazkaya formasyonu (Saner, 1977) ile denetirilebilir. Birimi orta-kalın tabakalı, sarımsı, boz, pembemsi renkli metakumtaşı, kumtaşı, kıltaşı/sleyt ardalı temsil eder. Volkanik ara düzeylerin görülmeye başlanıldığı üst seviyelerde Karatepe formasyonu bulunmaktadır. Birim altta bulunan Gökçekaya metamorfizmasını uyumsuzlukla örtmektedir. Bu birimin en iyi yüzlek verdiği Osmaneli kuzeydoğusunda bulunan Ardıçtepe’de yaklaşık 100 m. kalınlığa sahiptir. Daha önceki çalışmalarda Üst Permiyen-Liyas öncesi (Saner, 1977) kabul edilen üye, Permo-Triyas yaşlıdır (Duru vd., 2002).

Karbonifer (Ck) ve permiyen (Pk) yaşlı kireçtaşı blokları

Karatepe formasyonu içerisinde değişik boyutlarda kireçtaşı blokları bulunmaktadır. Formasyonun değişik seviyelerinde metreden birkaç kilometreye değişen çok çeşitli kireçtaşları bulunmaktadır. Birimin üst sınırı aşıl uyumsuz ile Bayırköy formasyonu tarafından örtülmektedir. Formasyonun görülür kalınlığı 600-1000 m. arası değişkenlik göstermektedir. İnce-kalın tabakalı ve/veya masif görünüm sergileyen bol fosilli, gri, bej, beyaz renkli, fazla rekristalize olmamış bu kireçtaşları, çok çeşitli mikrofasiyes özellikleri gösteren sparitik ve

mikritik özellik taşımaktadır. Çok çeşitli özellik sergileyen bu kireçtaşlarının haritalanabilecek boyutta olanları yaş konumları dikkate alındığında Karbonifer yaşlı (Ck) ve Permiyen yaşlı (Pk) olarak ayırtlanmıştır (Duru vd., 2002).

6.1.5. Bayırköy kumtaşı (Bayırköy formasyonu) (Jba)

Kırmızı, alaca renkli kumtaşı, çamurtaşı, konglemera, şeyl ve kireçtaşından oluşan formasyon, Granit ve Titant (1960) tarafından Bayırköy Kumtaşı olarak adlandırılmıştır. (Altınlı, 1973a) birimi Bilecik yöresinde Bayırköy Formasyonu, Eskişehir civarında ise aynı birimin devamını Kapıkaya Formasyonu olarak tanımlamıştır. Samrı Köyü – Söğüt arasında, Tuzaklı Köyü civarında ve Vezirhan kuzeyinde yüzlek veren (Duru vd., 2002) birimin tip kesiti, adını aldığı Bilecik kuzeyindeki Bayırköy civarında izlenmiştir (Granit ve Tintant, 1960; Altınlı, 1973a).



Şekil 6.3. Bayırköy formasyonuna ait görüntü (güneydoğu yönüne doğru).

Birimin egemen kaya türü kırmızı, yeşilimsi gri, kahverengimsi renkli, ince-orta-kalın tabakalı ve/veya masif, bol çapraz tabakalı arkoz subarkozik kumtaşlarıdır. Çakıllar çoğunlukla üzerinde bulunduğu birimlerden türemedir ve bu sebepten dolayı çakıl türleri yanal yönde değişim göstermektedir. Sarıcakaya kuzeyinde çakılların çoğunluğu granit, gnays, kuvarsit, metamorfik kayaç parçaları, fillat, Ankara ve Bilecik civarında ise kireçtaşı, kumtaşı, metakumtaşı, sleyt, bazalt, kuvarsit ve granit kökenlidir. İstifin üst seviyelerinde belirgin bir

tane boyu küçülmesi (1cm – 10 cm) izlenirken daha yuvarlak, polijenik çakıllar da izlenmektedir. Bu çakıllar kireçtaşı, kumtaşı, granit-gnays, fillat, kuvarsit ve bazaltlardan oluştuğu bilinmektedir (Şekil 6.3). Beyaz, pembe, kırmızı renkli, yaygın olarak ammonit, belemnit, brachiopod fosilleri içeren yumrulu kireçtaşları, kırıntılılar içerisinde mercekler halinde bulunmakta ve Ammonitico Rosso fasiyesi özellikleri taşımaktadır. Altınlı, (1973a); Altıner vd., (1991); Akyürek vd., (1996)'ya göre formasyonun yaşının Liyas (Hettanjien-Pliyensbahiye) olduğu kabul görmüştür (Duru vd., 2002).

Bayırköy Formasyonunun değişken kalınlığa sahip olup, maksimum 700 m. kalınlıkta istifler oluşturmaktadır. Oldukça tekdüze görünümlü kumtaşı istifi ise 240 – 400 m arasında değişen kalınlıktadır (Demirkol, 1977). Daha genç litolojileri üst kısımdan bu formasyon örtmektedir. Daha sonra Bilecik Kireçtaşı üstten paralel uyumsuzluk olarak gelmektedir (Duru vd., 2002).

6.1.6. Bilecik kireçtaşı (JKb)

Granit ve Tintant (1960) tarafından adlandırılan bu birim tek düze kireçtaşlarından oluşmaktadır. Bu birim Biga Yarımadasında Alancık Formasyonu (Bingöl vd., 1973) Ankara yöresinde Mollaresül Formasyonu (Ünalın vd., 1976) Kuzeybatı Anadolu'da Bilecik Grubu (Altıner vd., 1991) nun yanal eş değeridir (Duru vd., 2002).



Şekil 2.4. Bilecik kireçtaşına ait çalışma alanından bir görüntü (kuzeybatı yönüne doğru).

Formasyon orta-kalın katmanlı, krem, koyu-açık gri, beyaz ve pembesi renklerde yer yer masif görünümlü kireçtaşlarından meydana gelmektedir (Şekil 6.4).

Birim kıvrımlı yapıdadır ve birimde fosil oldukça boldur. Birim Orta-Üst Jura yaşındadır. Altınır vd., (1991)'de ise formasyonun yaşını Kalloviyen – Hoteriviye olarak saptamışlardır. Birim Soğukçam Formasyonu ile geçişli yapı sergilemektedir. Bilecik kireçtaşının ortalama kalınlığı 250-300 metre civarında olduğu bilinmektedir. Altında bulunan Bayırköy Formasyonu ile paralel uyumsuz iken üstte Soğukçam Formasyonunun bulunmadığı kısımlarda Yenipazar Formasyonunca açılmal uyumsuzlukla örtülmektedir. Bilecik-Vezirhan tren yolu üzerinde birçok alanda gözlenmektedir (Duru vd., 2002).

6.1.7. Soğukçam formasyonu (JKs)

Altınlı (1973b) tarafından Soğukçam kireçtaşı olarak adlandırılan birim; sonraki araştırmacılar (Tuna, 1974; Gözübol, 1978; Saner, 1980; Yılmaz vd., 1981) tarafından birimin adı Soğukçam kireçtaşı olarak kullanılırken, Göncüoğlu vd., 1996 tarafından ise Soğukçam Formasyonu adı altında incelenmiştir (Duru vd., 2002).

Birim alt kısımlarda kalkarenit, volkanit ve olistostromlarla temsil edilir. Ara seviyeleri ince-orta tabakalı gri ve beyaz renkli killi kireçtaşından oluşmaktadır (Altınır vd., 1991). Birimin alt sınırı Bilecik Kireçtaşı ile yanal ve düşey olarak geçiş göstermektedir. Bilecik Kireçtaşının bulunmadığı bölgede Bayırköy Formasyonunun üzerini uyumsuz olarak örtmektedir (Bozkurt, 2012).

Formasyonun kalınlığı bölgenin batısına ve güneyine doğru incilirken, kuzey ve doğuda ise artarak, kalınlığı ortalama 400-500 m ye ulaştığı bilinmektedir. Birim kuzeye doğru volkanojenik ara katkılarda bir artış olduğu saptanmış bununla birlikte yanal yönde ise uzun mesafelerde kaya türü özelliklerinde fazla bir değişiklik görülmemiştir. Birimde, planktonik ve bentik fosil oldukça bol bulunmaktadır. Altınır vd., (1991) tarafından Kalloviyen – Apsiyen yaşlı olduğu kabul görmüştür. Formasyonun çökelim ortamı yamaç havza ortamıdır (Duru vd., 2002).

6.1.8. Yenipazar formasyonu (Kye)

Birim bloklu, volkanitli, kumtaşı ve şeyl aralanmasından oluşan fliş fasiyesi olarak Saner (1980) tarafından tanımlanmış olup, Sevin ve Aksay, (2002) tarafından da aynı tanımlama kullanılmıştır.

Formasyon genel olarak ince-orta tabakalı, grimsi yeşil renkli kumtaşı-şeyl araldanması ile yeşil ve kahve renkli volkanit, yeşil renkli marn ve ince tabakalı, beyaz, bej, kırmızı pembe renkli, mikritik kireçtaşı ve az miktarda konglomeradan oluşmaktadır (Sevin ve Aksay, 2002). Formasyonun yaşı Albiyen-Paleosen (üst) olduğu Sevin ve Aksay (2002), tarafından belirlenmiştir.

Yenipazar Formasyonu için tip kesit vermek neredeyse olanaksız olmasının sebebi değişik yerlerde değişik özellikler sunmasıdır. Birim Bedi (Üzümlü) – Karahasanlar – Kızılöz arasında mostra vermektedir (Duru vd., 2002).

Yenipazar Formasyonu Kampaniyen ve öncesinde oluşmuş (Saner, 1977), Üst Jura – Alt Kretase yaşlı Bilecik Kireçtaşı olistolitleri (JKk) ile bahsi geçen kireçtaşından oluşan olistostromlar, granit ve gnays (gg) ve serpantin blokları ile ofiyolitten türeme olistostrom (Kyeka) içermektedir (Duru vd., 2002) (Şekil 6.5).



Şekil 6.5. Yenipazar formasyonuna ait görüntü (kuzeydoğu yönüne doğru).

Selvipınar ve Kızılçay formasyonları ile geçişlidir. Yanal değişim gösteren formasyonun kalınlığı arazi gözlemlerine göre 1500-2000 m. değiştiği tahmin edilmektedir. Birimin çökeli mi yamaç-havza ortamında başlayarak şelf ortamında sona ermiştir (Duru vd., 2002).

Karahasanlar üyesi (Kyek)

Karahasanlar güneydoğusunda yüzlek veren kırmızı renkli mikritik kireçtaşına Karahasanlar üyesi adı İlk kez Duru vd., (2002) tarafından verilmiştir. Üye ince-orta tabakalı, kırmızı, pembe, bej renkli pelajik kireçtaşlarından meydana gelmektedir. Birim Karahasanlar güneydoğusu ve Kasımlar Köyü civarı en iyi görülmektedir. Yanal değişim gösteren üye üstte Yenipazar formasyonunun diğer kaya türleri ile tedrici geçişli olup, kalınlığı 15-40 m. arasında değiştiği görülmüştür. Birim içinde saptanan fosillerle yaşı Albiyen olarak hesaplanmıştır (Duru vd., 2002).

Kapaklı üyesi (Kyeka)

Duru vd., (2002) tarafından Kapaklı üyesi olarak adlandırılan birim Yenipazar formasyonu içinde ofiyolitik kayaç kökenli olistostromlar ve olistolitlerden oluşmaktadır. Bu üye, Akyürek vd. (1984, 1996) çalışmalarında Kılıçlar grubu olarak adlandırılan birim içerisindeki olistolit ve olistostromlara karşılık gelmektedir. Üye, Gölpazarı batısında ve Geyve güneyinde olistolitler, Ankara kuzeyinde bulunan Kapaklı civarında olistostromlar halinde görülmektedir. Birim çoğunlukla ofiyolitik kayaçlardan aktarılan serpantin, bazalt, gabro, radyolarit, diyabaz ve kireçtaşlarından oluşmaktadır (Duru vd., 2002).

Üzümlü üyesi (Kyeku)

Demirkol (1973, 1977), tarafından adlandırılan birim, marn, kalkarenit ve konglomera içeren kahverenkli volkanik gereçli kumtaşı, grimsi yeşil şeyl (volkanojenik) kireçtaşı araldanmasından ve seyrekte olsa çamurtaşlarından oluşmaktadır. Demirkol (1977) tarafından üyenin yaşı Maastrichtiyen olarak tespit edilmiştir.

Olistostrom içeren üye ince-orta tabakalı, 1-25 m kalınlıkta mikritik kireçtaşları (**k**) bulunur. Bu kireçtaşları blok görünümlü olsalar da, birim içindeki şeyllerle dereceli geçişlidirler (Saner, 1980). Bedi (Üzümlü) köyü çevresi Jura-Kretase yaşlı kireçtaşı (**JKk**) ile granit, gnays (**gg**) bloklarında içermektedir. Gölpazarı güneyindeki Üzümlü ve Arıcaklar köyü çevrelerinde en iyi görülen birim yan al yönde değişim gösterir ve kalınlığı 800m'ye kadar ulaşır (Duru vd., 2002).

Değirmenözü üyesi (Kyed)

Globotruncana'lı pelajik kireçtaşları, beyaz, kırmızı, bej renkli olup Saner (1980)'de rastlanan Değirmenözü'nden (Göynük ilçesi KB'sı) adını almıştır. Bahsi geçen formasyonun alt seviyelerinde bulunan pelajik ve yarı pelajik killi kireçtaşından oluşan bu üyenin, genellikle alt

kısmı beyaz, bej, üst kısmı ise kırmızı renkli olup bu üye ince-orta tabakalıdır. Bu kireçtaşı, Şekil 6.6' da görülen birim Bilecik kireçtaşından türeyen monojenik olistostromal konglomeralar ile ara ara kumtaşı, şeyl, tuf içermektedir (Bozkurt, 2012).



Şekil 6.6. Yenipazar formasyonu Değirmenözü üyesine ait görüntü (güneydoğu yönüne doğru).

Üyenin en iyi görüldüğü yer Göynük kuzeyinde bulunan Değirmenözü köyünden geçen Sarıcakaya yolu üzeridir. Birimin kalınlığı 50-300 m arasında olup, yaşı Koniasiyen-Kampaniyen olduğu tespit edilmiştir (Aksay vd. 2002).

Taraklı üyesi (Kyet)

Saner (1977), tarafından adlandırılan ve ağırlıklı olarak kumtaşından oluşan birim, Yenipazar formasyonunun en üst seviyesinde yer almaktadır.

Taraklı üyesi, ince-kalın tabakalı, yeşilimsi gri renkli, yer yer som, kumtaşı ağırlıklı marn, şeyl, kumtaşı ve çakıllı kumtaşı ile az belirgin tabakalı, yer yer bej renkli, Orbitoides'li kireçtaşından oluşur. Yanal olarak kireçtaşı ve marna dönüşen birimin kalınlığı 100-300 m arasında değişmektedir (Aksay vd., 2002).

Bol miktarda makro fosil içeren üyede yapılan çalışmalar neticesinde paleontolojik analizler yapılmış ve içinde bulunan fosillere göre birimin yaşı Maastrichtiyen olarak belirlenmiştir (Duru vd., 2002).

Yenipazar formasyonu içindeki bloklar (JKk, gg)

Formasyonun içinde çökelim sırasında tektonik evrelere bağlı olarak havzaya çekim kaymalarıyla aktarılmış Bilecik kireçtaşı ve/veya Soğukçam formasyonuna ait olistolitler (JKk), metamorfik temele ait gnays ve granitler (gg) bloklar halinde bulunmaktadır (Duru vd., 2002).

6.1.9. Selvipınar formasyonu (Tps)

Eroskay (1965)'in çalışmalarında Selvipınar kireçtaşı olarak adlandırılan birim, resifal kireçtaşlarından oluşmaktadır. Formasyonun en iyi mostra verdiği yer Medetli ve Gölpazarı kuzeyidir. Formasyon genel olarak ince-kalın tabakalı sert, biyomikrit ve biyoşparit nitelikli, sarımsı beyaz, bej, yer yer kırmızı, pembe renkli, mercanlı ve algli resifal kireçtaşlarından oluşur (Şekil 6.7). Alt ve üst kısmında serpilmiş görünümlü kuvars çakılcıkları içeren birimin tabanı, yer yer kumlu- çakıllı kireçtaşı ve karbonat çimentolu konglemera niteliğindedir (Duru vd., 2002).

Birim belirgin yanal değişim göstermese de, ara ara yana doğru kamalanarak 0-100 m. değişen kalınlıklar göstermektedir. Formasyonun yaşı içinde saptanan bazı fosiller sonucu Monsiyen ((Selandiyen - (Alt Paleosen)) olduğu belirlenmiştir (Duru vd., 2002).

Karasal Kızılçay formasyonu ile olan ilişkisi, resif ve resif kırıntılarında oluşması, birimin şelfte kıyı resifi olduğunu göstermektedir (Duru vd., 2002).



Şekil 6.7. Selvipınar formasyonuna ait görüntü (doğu yönüne doğru).

6.1.10. Kızılçay formasyonu (Tpek)

Eroskay (1965) tarafından adlandırılan birim genel olarak ince-kalın tabakalı, kırmızı, alaca renkli, kötü boylanmalı konglomera, kumtaşı ve çamurtaşı ardalanmasından oluşmaktadır (Duru vd., 2002). Formasyonda nadiren yer yer jips ve ince seviyeler halinde kömür olağandır. Akarsuların kavuştuğu bir gölde durulmuş olasılığı bulunmaktadır (Demirkol, 1977).

Birimin en iyi görüldüğü yerler Gölpazarı'nın kuzeydoğusundaki Kızılçay vadisi, Göynük güneydoğusundaki Hatıl Dağı ve Sarıcakaya – Nallıhan arasındadır. Gölpazarı – Hatıl Dağı (Göynük GD' su) yüksek alanında volkanitsiz olan birim bu kuşağın güneyinde Sarıcakaya – Nallıhan arasında volkanitlidir. Volkanitler formasyonun içinde bulunduğu gibi Kabalar Üyesi gibi genellikle birimin üst seviyelerinde yer alırlar (Duru vd., 2002).

Kabalar üyesi

Saner (1978) tarafından Kabalar formasyonu olarak adlandırılan birim kiltası, bitümlü şeyl, marn ve kumtaşından oluşmaktadır. Üye yeşilimsi, beyaz renkli killi kireçtaşı, yeşil renkli kumtaşı ve bitümlü şeyl ardalanmasından oluşmaktadır. Sürekliliği olmamasından dolayı Göncüoğlu vd. (1996), bu birimi üye mertebesinde incelemiştir. Üye Gölpazarı güneydoğusunda yüzeylemektedir. Fosil içermeyen üye Üst Paleosen yaşlıdır. İnce kömür ara seviyeleri içeren birimin kalınlığı 20-300 m. arasında değişir. Altta Kızılçay formasyonu ile tedrici geçişlidir (Duru vd., 2002).

6.1.11. Çataltepe formasyonu (Teça)

Birim kumtaşı, marn, konglomera kireçtaşından oluşmakta olup Saner (1977) tarafından adlandırılmıştır. Tip kesiti Gölpazarınının 8 km. kuzeyinde bulunan Çataltepe'de görülür (Duru vd., 2002).

Birim içindeki kumtaşları altta çok kalın, lamelli, gastropod kavkı parçalı ve kömür kırıntılı olup, sarımsı-boz renkte, sert sparit çimentoludur. Üste doğru marn ara katkılı, sarı-boz renkli kumtaşları olarak devam eder. Üstte ripple mark, altta ise akma, oygu-dolgu yapıları barındırır. İri taneli ve çakıllı kumtaşı kayatürleri ara seviyeleri oluşturur. Resifal kireçtaşları sarımsı, boz renkte, eklemli, masif kırıklı, mercanlı ve alglidir. Birim altta Kızılçay formasyonu üstte Halidiye formasyonu ile uyumlu geçişlidir. Kalınlığı yaklaşık 250 m.'dir (Duru vd., 2002).

Sığ denizel ortamda çökelmiş (Duru vd., 2002) olan formasyonda bulunan bazı fosiller sonucu formasyonun yaşı Alt Eosen olarak tespit edilmiştir (Saner, 1977).

6.1.12. Halidiye formasyonu (Teh)

Türbitik kumtaşı, kireçtaşı, kilitaşı vb. türlerinden oluşan birim, Saner (1977) tarafından adlandırılmıştır.

Kilitaşı ile başlayan formasyon, kumtaşı ve şeyl araldanması şeklinde devam eder. Kilitaşları laminalı, boz renkli ve ince tabakalıdır. Formasyon tane boyu üste doğru irileşerek sarımsı, kalın tabakalı boz renkli kumtaşlarına geçer. Kumtaşlarında, türbiditik çökelmeyi belirten çeşitli tabaka içi yapı yaygın olarak görülür. Ayrıca, bunların alt çökeltme yüzeylerinde yine çeşitli taban yapılarına rastlanır. Tabaka tabanlarında akma, oygu ve dolgu gibi sedimanter yapılar mevcuttur. Formasyonun en üst kısmı tamamı ile türbid akıntılarla çökeltmiş fosilsiz kumtaşlarından oluşmaktadır. Genelde, regresif bir seri özelliği taşıyan birim havzada sığlaşmanın başladığını vurgulamaktadır.

Yaklaşık 500 m. kalınlığa sahip birimin yörede yüzeylediği kısmında yapılan paleontolojik bulguların ışığında Halidiye Formasyonu'nun yaşı Daniyen-Monsiyen olarak tespit edilmiştir. Ancak, Saner (1977'de)'e göre ise yaşı Alt – Orta Eosen'dir. Birim sığ denizel ortamda çökeltmiştir (Duru vd., 2002 değiştirilmiş).

6.2. Örtü Birimleri

6.2.1. Güvenç formasyonu (Teg)

Duru vd., (2002) tarafından adlandırılan birim kireçtaşı, kumtaşı, konglemera, marn ve volkanitlerle temsil edilir. Bu birim yaş konağı ayrı tutulmak koşuluyla, Orkan (1972), Saner (1977)'in Ciciler formasyonu, Göncüoğlu vd., (1996)'nin Hacılar formasyonu, Akyürek vd., (1996, 1997)'nin Çayraz formasyonuna karşılık gelir. Formasyon altta çakıllı kumtaşlarıyla başlayarak üste doğru kireçtaşı-marn araldanmasına dönüşmektedir. Ciciler-İhsaniye arasında yüzlek veren birimde bulunan kireçtaşları rengi boz, sıkı tutturulmuş, köşeli ve kırıklı yapıya sahiptir. Altta Yenipazar formasyonu ile üstte Kabalar üyesi ile açılı uyumsuzolan birim yaklaşık olarak 200 m. kalınlık sunmaktadır. Birim şelf ortamında çökeltmiştir (Duru vd., 2002).

6.2.2. Gemiciköy formasyonu (Tgem)

Eroskay (1965) tarafından adlandırılan birim, konglomera, çamurtaşı, kumtaşı, kireçtaşı v.b. kaya türlerinden oluşur. Birimi oluşturan konglomeralar kötü şekilde boylanmış ve gevşek olarak tutturulmuş olup, kumtaşları ise kaba dokulu olup orta boylanmalı oldukça sert ve yanal yönde devamsızdır. Yer yer çapraz tabakalanma gösterir. Yaklaşık 225 m kalınlığa sahip

formasyonun stratigrafik konumuna göre yaşı Üst Eosen – Alt Miyosen olmalıdır (Duru vd., 2002).

Birimin yanal değişimli oluşu ve birimde görülen tatlı su fosilleri, birimin selintilerin kavuştuğu bir göl ortamında durulduğunu gösterir (Demirkol, 1977).

Birim Gemiciköy dolayında, Yakacık güneyinde, Bilecik-Söğüt yolu kuzeyinde ve Akköy kuzeyinde yayılım gösterir.

6.2.3. Taraça dolgusu (Qt) ve traverten (Qtr)

Taraça dolgusu, yamaç yükseltilerinin başladığı kesimlerde (eteklerde) yer yer yamalar halinde görülen eski alüvyal çökellerdir (çakıl, kum, çamur).

Travertenler ise; öncelikle faylarda bulunan su çıkışlarına bağlı olarak gelişen karbonat birikimleridir.

6.2.4. Yamaç molozu (Qal) ve alüvyon yelpazesi (Qay)

Yamaç molozu, dağ yamaçları ve dağ eteklerinde, tutturulmamış veya az tutturulmuş, blok ve çakılların ara ara birikintiler şeklinde görümesi olarak tanımlanabilir.

Alüvyon yelpazesi ise, akarsu ve nehir kenarları ve ova vb. alanlarda görülen çakıl, kum, çamur birikintileri olarak tanımlanmaktadır..

6.2.5. Alüvyon (Qal)

Bölgesel jeoloji içinde bulunan en genç birim ise alüvyon olmaktadır. Bu birim jeolojik olarak çok genç jeolojik zamanda bölgeye hakim olan akarsuların (Sakarya-Karasu ve kollarının) getirdiği taneli malzemelerden (çakıl-kum-silt- kil boyutunda) oluşmaktadır. Bu ayrık taneli birimin yaşının Holosen-Kuvaterner olduğu sanılmaktadır.

6.3. Gölpazarı ve Çevresi Yapısal Jeolojisi

Sakarya Tektonik Kuşağı, İntra-Pontid Sütur Zonunda bulunan bir çek – ayır havza olan Gölpazarı Ovası 3. ve 4. Jeolojik zamanda dağ oluşumu (orojenez) faaliyetlerine bağlı olarak meydana gelen kuzey ve güney kanatlarından kırılmış bir senklinale tekabül ettiği ve güneydeki sahalarında yükselerek antiklinal dağlık alanları oluşturduğu topografyaya yansıyan fay hatlarından doğrulanmaktadır. Ovanın doğusundan geçen Doğançılar yakınındaki fay hattı buna örnek gösterilebilir.

Gölpazarı Havzası Türkiye'nin önemli aktif yapıları Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ve Eskişehir Fay Zonu (EFZ) arasında kalması nedeniyle dikkate değer bir konumdadır (Şekil 6.8.).

Gölpazarı İlçesi ve yakın çevresindeki diri faylar;

a) İlçenin Kuzeyinde, Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) Güney kolunda bulunan, doğudan batıya doğru, Geyve, İznik ve Gemlik Fayları olarak adlanmıştır. Fayların uzunluk miktarları 40-57 km arasında değişim göstermektedir (Özalp vd., 2013).

6.3.1. Geyve fayı

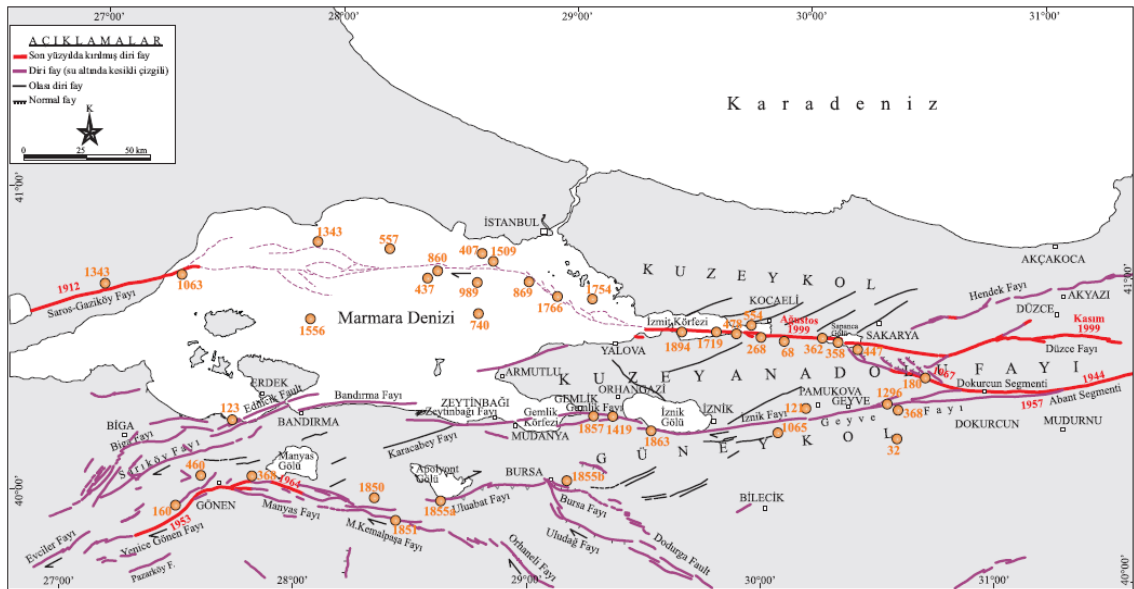
Geyve Fayı 57 km uzunluğunda ve yaklaşık K70-80°D genel doğrultulu, güney kolun en doğudaki segmenti konumundadır. Bu fay batısında Pamukova havzasının güneyinde bulunmakta olup, fay doğu kısmında 25 km'lik kesimi dağlık bölgeden geçmektedir. Pamukova havzasının batı kesiminde Mekece gevşemeli sıçraması (jog) ile Geyve ve İznik fayları birbirinden ayrılmaktadır. Mekece sıçramasında Ciciler ile Bozören köyleri arasında bu fayın batı uç kısmı sıçramalarla birbirinden ayrılmaktadır. Geyve ve İznik segmentleri arasında açılma sonrası gelişen çek-ayır havzası olan Pamukova havzası Kuvaternerde çökelen birimlerle doludur ve başlığa konu fay bu havzanın güneyindedir (Koçyiğit, 1988). Pamukova havzasında yapılan çalışmalar sonucu fay üzerinde Geç Holosen dönemine ait yüzey faylanması gelişmiş olduğu tespit edilmiştir (Yoshioka ve Kuşçu, 1994; Özalp vd., 2013).

6.3.2. İznik fayı

İznik fay segmenti 56 km uzunluğunda olup Pamukova havzası ile İznik Gölü arasında yer alır. Batıda D-B, doğuda ise K80°-85°D doğrultusunda uzanır. Her iki ucunda bulunan çek-ayır havzalarınca sınırlanır. Fay zonunca taze fay diklikleri, fay gölcükleri (sag-ponds) Kuvaterner-Holosen aktivitesinin olduğunu gösteren yapılardır (Tsukuda vd., 1988; Honkura ve Işıkara, 1991). Fay, Kuvaterner çökellerce dolu ve baskın olarak doğrultu atım morfolojisinin olduğu bir oluşumun güney kenarınca devam eder. Fay zonu İznik Gölü'nün güneyince sağa sıçramalı bir olarak alt bölümlere ayrılmaktadır. İznik ve Gemlik fay segmentleri İznik Gölü'nün güneybatısında gevşemeli sıçrama yaparak ayrılma gösterir ve bu sıçramaya Sölöz gevşemeli sıçraması adı verilmektedir. Bu yapı (jog) yaklaşık olarak 3 km genişliğe ve 12 km uzunluğa sahiptir. Gölün güney sahili boyunca üç taraça uzanmakta olup, bunlar fay bileşeninin güney bloğu üstünde bulunurlar. Bahsi geçen olay İznik Gölü güneyine doğru fayın eğim atım bileşenli olabileceğini kanıtlamaktadır (Ikeda vd., 1991; Özalp vd., 2013).

6.3.3. Gemlik fayı

Gemlik fayı İznik Gölü ve Gemlik Körfezi aralarında çek-ayır havzaları olarak görülür. Yaklaşık olarak doğu-batı doğrultulu oluşan fay karada gözlenen kısmında yeterince belirgin olarak gözlenmektedir. Alüvyal yelpazeleri kesen bölgelerde fayın güney bloğu kuzey bloğundan daha yukarıdadır. Fay sarplığı doğudan batıya azalmakta ve doğuda Akharem köyü yakınlarında 5 metreye kadar ulaşmaktadır. Sarplık doğrultusunda belirlenen bulgulara bakıldığında doğrultu atımlı faylanmayla ilgili sınırlı bulgu söz konusudur. Karsak deresinde bulunan bir mostrada fay zonunun kültür katına kadar ulaştığı gayet açık izlenmektedir.

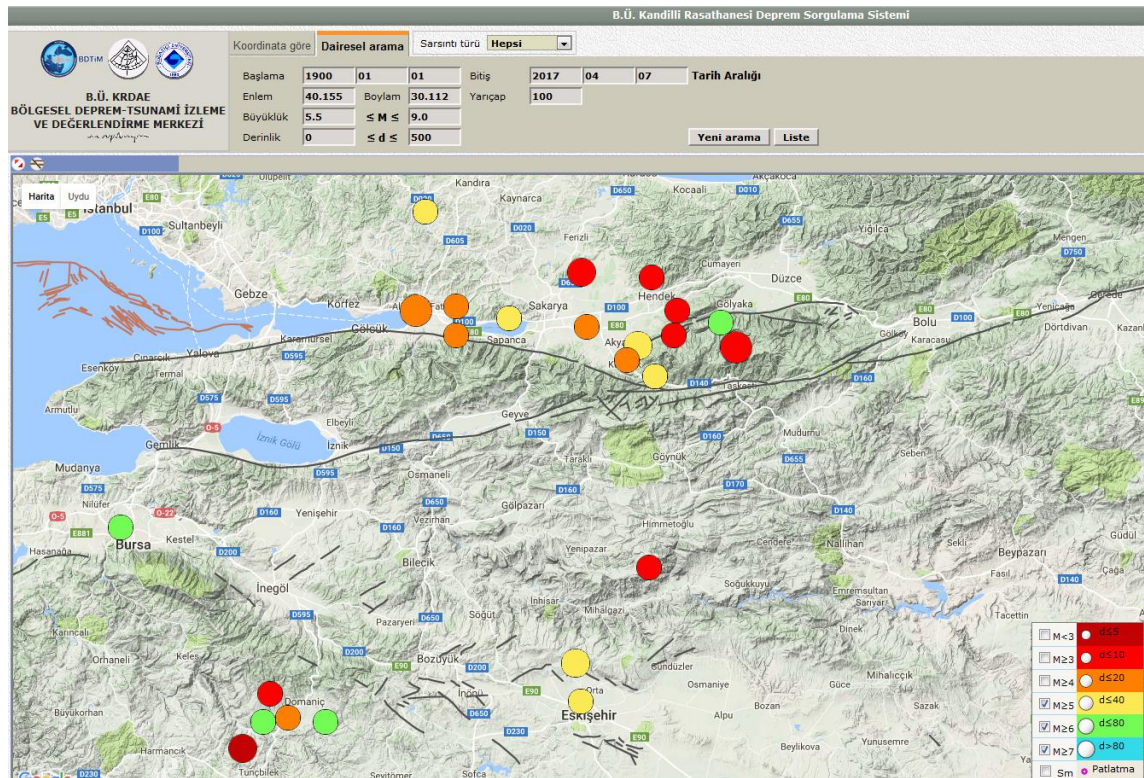


Şekil 6.8. Marmara Bölgesi ve çevresi aktif olan faylarına ve son iki bin yılda gerçekleşmiş büyük deprem ($M_s > 6,8$) merkezlerinin dağılımına ait harita. 20. yy. civarında kırılan fayların gösterimi kırmızı çizgi ile olmuştur (Ambraseys ve Finkel, 1991; Şaroğlu vd., 1992; Emre vd., 1998; Ambraseys, 2002; Armijo vd., 2002; Tan vd., 2008).

b) İlçenin Güneyinde yer alan Eskişehir Fayı batı tarafında İnegöl; doğu tarafında ise Tuz Gölüne kadar uzanmakta olup, birbirlerini takip eden segmentlerden meydana gelmektedir, Koçyiğit (2000); Bozkurt (2001); McKenzie, (1978); Okay, (1984); Şengör vd., (1985); Barka vd., (1995), tarafından Eskişehir Fayı olarak tanımlanmış bu zon Şaroğlu vd., (1987)' ince Eskişehir-Bursa fay zonu olarak tanımlanmıştır. İnegöl Yöresi, İnönü-Dodurga fay zonu, Eskişehir fay zonu ve Kaymaz fayı olarak alt gruplara bölünmüştür. Türkiye Diri Fay Haritasında da gösterilen tüm bu alt gruplar Altunel ve

Barka (1998) tarafından Eskişehir fay zonu olarak adlandırılmıştır (Tokay vd., 2005). Gölpazarı ilçesine yakın olan kolları; Tahtaköprü - Sobrak arasında uzandığı bilinen Dodurga fayı, Erikli-Dutluca arasında uzandığı bilinen Eskişehir fayıdır (Şekil 6.8).

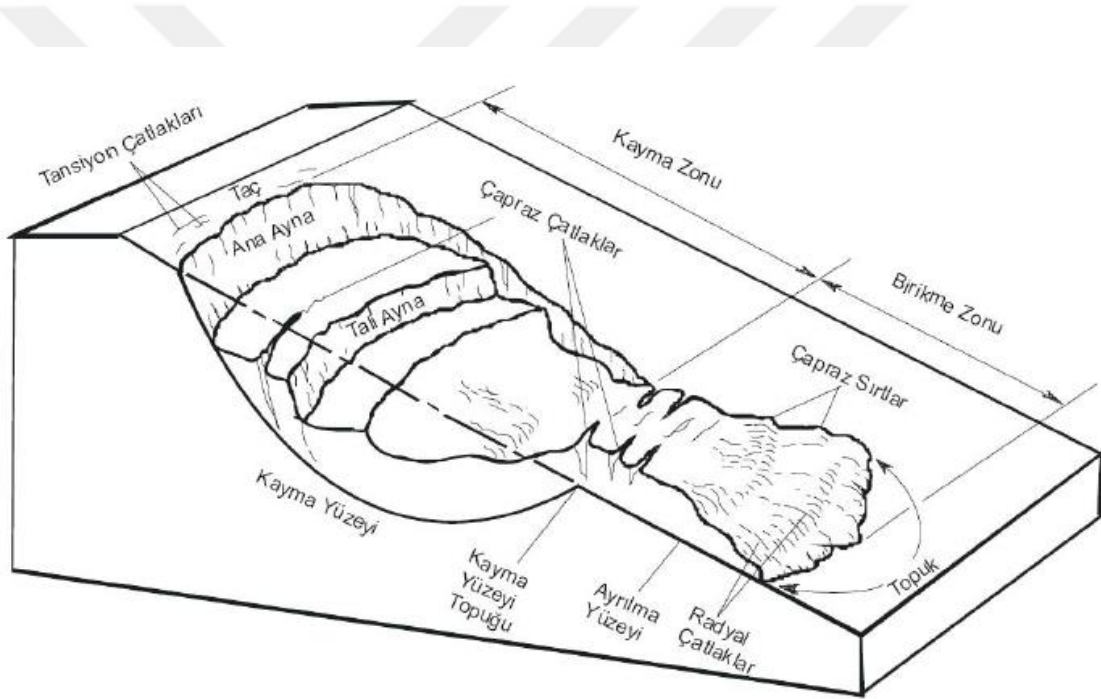
1900 yılından günümüze kadar aletsel büyüklükleri bulunan, Bilecik ili, Merkez ilçesi 40.155° Enlem ve 30.112° Boylam çevresindeki 100 km^2 lik alanda Magnitüdü (Büyüklik) 5.5 ve üzeri depremlerin dağılımı harita üzerinde gösterilmiştir (Şekil 6.9).



Şekil 6.9. Bilecik İli çevresindeki diri faylar ve merkez ilçesi çevresindeki 100 km^2 lik alanda magnitüdü 5.5 ve üzeri depremler (www.koeri.boun.edu.tr).

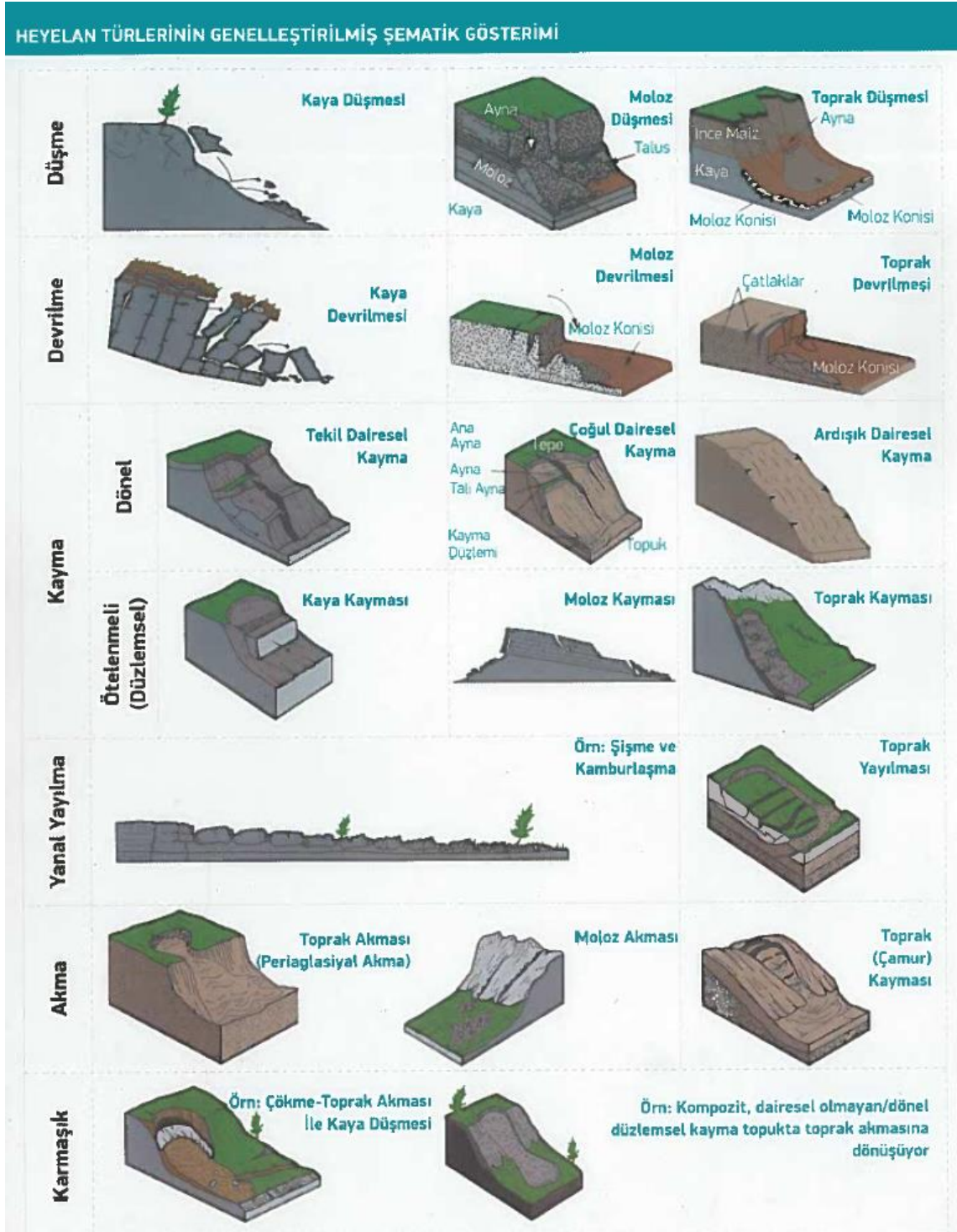
7. HEYELAN KAVRAMI VE HEYELAN SINIFLAMASI

Heyelan kavramı yamaçtaki kayaç, moloz ve toprak malzemelerin yerçekimi etkisiyle yamaç aşağı hareketi olarak tanımlanır (Cruden vd., 1996). Heyelanlar jeolojik, morfolojik ve iklimsel etkenler yanında insanların tetiklediği etkiler neticesinde de meydana gelmektedir. Heyelanlar kayma zonu ve birikme zonu olmak üzere iki farklı kısımdan oluşmakta olup, kayma zonu hareketin meydana geldiği hareket mekanizmasının geliştiği bölge olarak tanımlanırken; birikme zonu kopan malzemenin eğim aşağı hareketi sonucu biriktiği alandır (Şekil 7.1). Heyelanın en üst kısmına taç bölgesi (yer değiştirmemiş malzemenin bulunduğu yer), hareketin bittiği en alt uç kısmına da topuk (yer değiştiren malzemenin uç kısmı) denilmektedir.



Şekil 7.1. Heyelan ve unsurlarını gösterir terminoloji (Varnes, 1978) (Can, 2014).

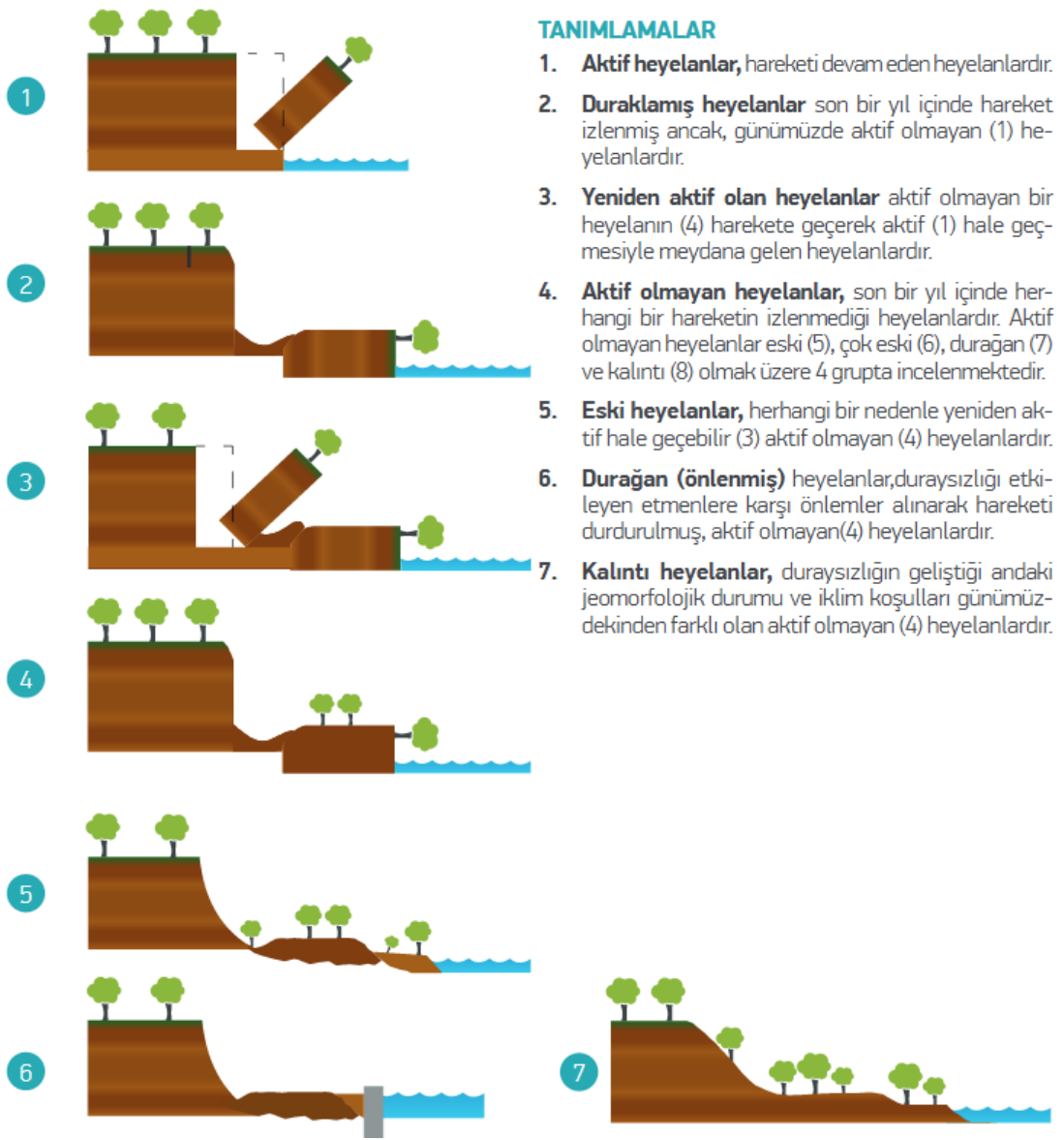
Heyelanların sınıflandırılmasında, farklı amaçlar doğrultusunda literatürde araştırmacılar tarafından kabul gören farklı sistemler bulunmaktadır. Dünya genelinde en çok kabul gören Varnes (1978) Sınıflaması olduğu bilinmektedir. Bu sınıflama sistemi, şev duraysızlığının morfolojisi, yenilmenin mekanizması, malzeme türü ve hareketin türü gibi parametreleri dikkate almakta ve 6 adet hareket türünü içermektedir (Şekil 7.2).



Şekil 7.2. Varnes (1978) tarafından önerilen heyelan sınıflamasının genelleştirilmiş şematik gösterimi (AFAD, 2015).

Çalışma alanındaki heyelanların Şekil 7.2’de de gösterilen Varnes (1978) sınıflamasına göre hareket türüne bakıldığında ise, çalışma alanındaki heyelanların neredeyse tamamının tekil dairesel (dönel) kayma olduğu, çok az heyelanın türünün ise akma olduğu gözlenmiştir.

Heyelanların aktif ya da pasif (aktif olmayan) aktivite özelliklerinin belirlenmesi heyelanın zarar verebilirliğinin tespiti açısından önemlidir. Aktif heyelanlar hareketin devam ettiğini gösterirken, paleo (eski, durağan, kalıntı) heyelanlar ise hareketin durduğunu gösterir. Fakat hareketin durması yeniden aktif hale gelmeyeceği anlam taşımamaktadır.



Şekil 7.3. Heyelanların aktivite özellikleri (WP/WLI, 1993) (AFAD, 2015).

Şekil 7.3’de gösterilen WP/WLI (1993) tarafından tanımlanan aktivite özelliklerine göre çalışma alanındaki heyelanların %82’ sinin kalıntı, %12’ sinin aktif olmayan, %5’ inin eski, %1 durağan ve aktif olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 7.1). Bu aktivite özellikleri ve türleri analizde kullanılacak parametrelerin belirlenmesinde yol gösterici olmuştur. Örneğin heyelanların büyük çoğunluğunun paleo (eski-kalıntı) olması güncel yol ve arazi kullanım parametrelerinin analiz için kullanılması çokta doğru sonuç oluşturmayacağını göstermektedir. Ayrıca paleo heyelanlar bize duyarlılık analizlerinde yol gösterici veri olarak katkı sağlamıştır.

Çizelge 7.1. Çalışma alanında yapılan gözlemsel inceleme sonucu belirlenen tahmini heyelan aktivite durumu yüzdeleri.

<u>Heyelan Aktivite Özellikleri</u>	<u>Yüzdesi</u>
Kalıntı Heyelan	% 82
Aktif Olmayan Heyelan	% 12
Eski Heyelan	% 5
Durağan ve Aktif Heyelan	% 1

Heyelan envanter haritalarının oluşturulur iken daha önce de belirtildiği üzere, poligon şeklinde kapatılan heyelan sınırları 1. analiz için heyelanın başlangıç bölgesi olan kayma zonu olarak tabir edilen alandır. Yani çalışmalar neticesinde oluşturulan envanter haritasında bulunan heyelanların 1. analiz için tamamı (taç kısmından topuk kısmına kadar) değil sadece aktivitenin başladığı yer olarak düşünülen heyelanın üst kısmında bulunan kayma zonuna ait alan kayıt altına alınmış iken, 2. analiz içinde heyelanların tamamı alınmıştır. Yani heyelan kapamaları aktivite özellikleri ve türleri fark etmeksizin yapılmıştır.

8. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Heyelan duyarlılık değerlendirilmesi ile ilgili çalışmalar ofis (büro) ve arazi çalışması olmak üzere 2 aşamalı olarak yürütülmüştür. Öncelikli olarak büro çalışmalarında çalışma alanına ait literatürdeki çalışmalar incelenmiş, analizlerin yapılmasında Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinin fonksiyonları değerlendirilmiştir. Heyelan duyarlılık haritalarının üretilmesi için hangi verilerin kullanılması gerektiği araştırılarak değerlendirilmesi yapılmış ve sonrasında arazi çalışmaları planlanmıştır. Ofis ve arazi çalışmaları sonucu elde edilen bilgiler kullanılarak da analizler yapılmıştır.

Gölpazarı ilçesi, Bilecik ili genelinde en fazla heyelanlı alana sahip ilçedir. AFAD arşivlerine bakıldığında da; Gölpazarı ilçesine bağlı 1980 yılında Üzümlü (Bedi) köyünde, 1992 yılında da yine Üzümlü (Bedi) köyünde ve Taşcahiler (Seyfiler) köyünde de heyelan afetinin meydana geldiği can kaybının olmadığı, fakat aktif heyelan kütlesi üzerinde bulunan vatandaşlara ait konutlarının farklı bir alana yapıldığı bilinmektedir. Bu bilgidan yola çıkarak ilçe genelinde aktivitesini yitirmeyen bazı heyelanların mevcut olduğu anlaşılmaktadır.

8.1. Saha Çalışmaları ve Heyelan Envanter Haritası

Heyelan duyarlılık haritalarının oluşturulmasında en önemli kriter olan heyelan envanteri, bir bölgedeki heyelanların konumu, aktivitesi, türü, alansal dağılımı ve fiziksel özellikleri gibi bilgileri içeren, çoğunlukla bir harita ve bu haritayla ilişkilendirilmiş bir veri tabanından oluşan veri topluluğudur. (Fell vd., 2008). Heyelan envanteri ve parametrelerinin doğru oluşturulması çok önemli olup, yapılan hatalar duyarlılık haritalarına yansımaktadır.

Gölpazarı ilçesi ve çevresinde meydana gelen heyelanları belirlemek için öncelikle bölgede daha önceden meydana gelmiş heyelan bilgilerini içeren MTA Heyelan Envanteri, AFAD heyelan envanter bilgileri incelenmiş ve sayısal olan bu dosyalar “.kml” olarak Google Earth programına aktarılarak, bazı ön işlemler sonucu saha çalışmaları planlanmıştır.

Sayısal jeoloji haritası, uzaktan algılama modeli için oluşturulan sayısal eğim haritası, münhaniler vb. haritalar Google Earth programı üzerinde “.kml” olarak aktarılarak, elde bulunan envanterdeki heyelanlar (MTA ve AFAD verileri) ile karşılaştırılmış ve bu envanter dışında da olabilecek heyelanlı sahalardan belirlenerek işaretlenmiştir. Bu çalışmalar neticesinde sahanın heyelan potansiyeli hakkında bilgi edinilmiş ve saha çalışmalarında odaklanılması gereken alanların tespiti yapılmıştır.

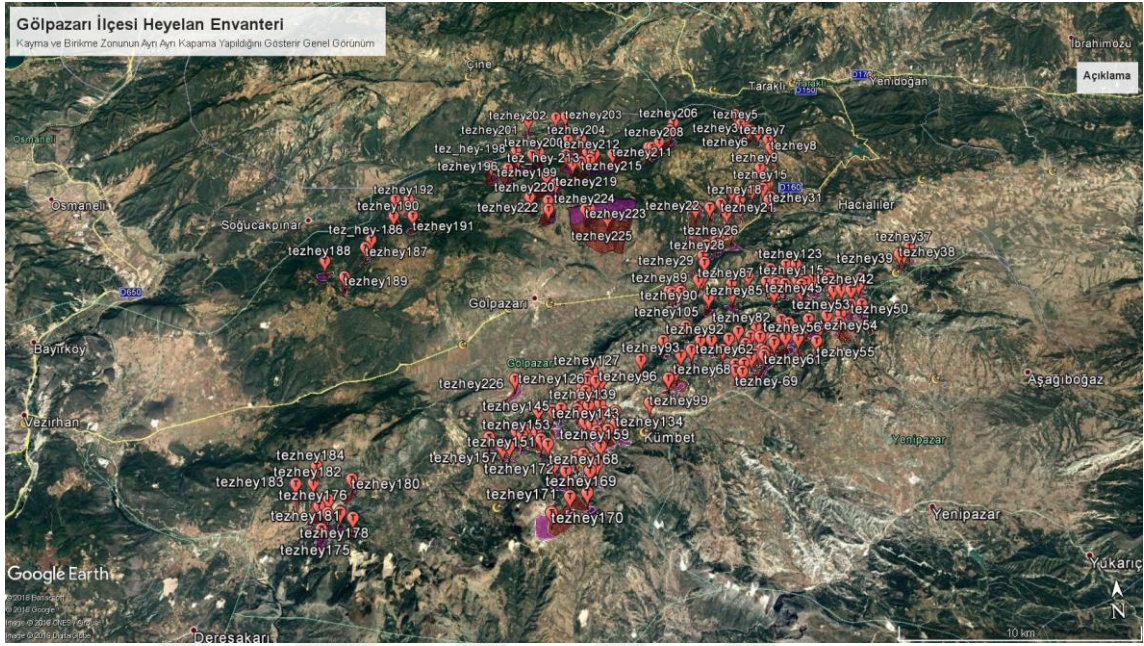
Arazide tarihsel kayıtlardaki heyelanlar yerinde incelenmiş, 1/25.000 ölçekli Harita Genel Komutanlığı'nın topoğrafik haritaları ile aynı ölçekli MTA'nın jeoloji haritalarına güncellenerek işlenmiş ve özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca saha çalışmaları sırasında geçmiş kayıtlarda bulunmayan yeni heyelanlar da tespit edilmiştir.

Saha çalışmalarında özellikle büyük alana sahip heyelanlarda karşı yamaçta hakim bir nokta belirlenip, buradan gözlemsel değerlendirme yapılarak heyelanlar kayıt altına alınarak fotoğrafları çekilmiştir. 1. Analiz için heyelanların Şekil 8.1, Şekil 8.3 ve Şekil 8.5' te görülen kaynak alanları envantere alınmıştır. Şekil 8.6'da da hem 1. Analiz hemde 2. Analiz için heyelanların envantere alınan kısımları görülmektedir. Arazi genel itibariyle bitki örtüsüyle kaplı olduğundan ve heyelanlarının çoğunun paleo (eski-kalıntı) heyelan olması nedeniyle net fotoğraflama yapılamamıştır.



Şekil 8.1. Çalışma alanında Taşciyahiler köyü güneyinde bulunan bir heyelanın kaynak alan olarak tanımlanan kayma zonunun kırmızı çizgiyle belirtildiği görüntü (kuzeybatı yönünde çekilmiştir).

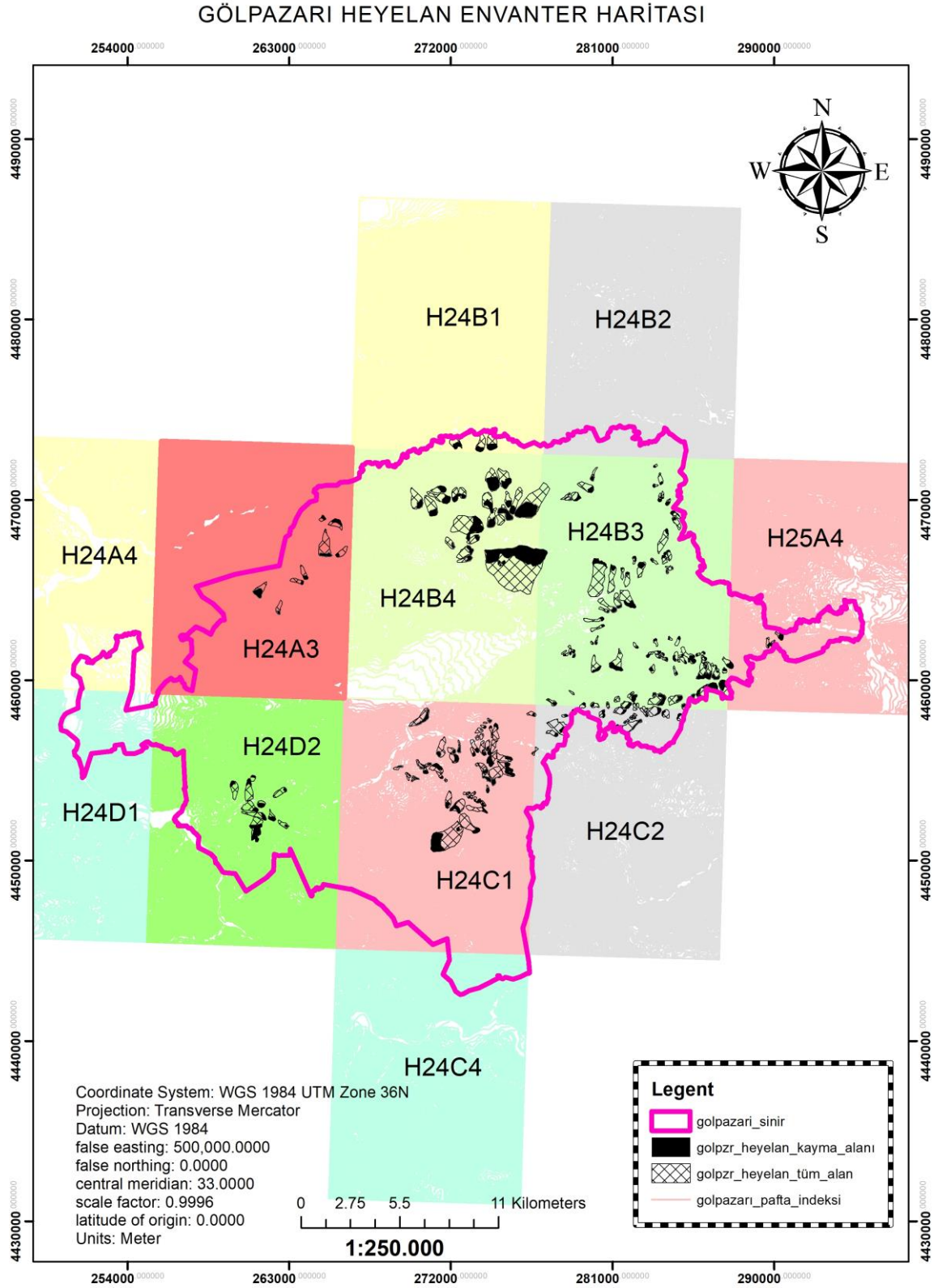
Yapılan çalışmalar sonucunda, çalışma alanında toplam 200 adet heyelan belirlenmiş ve alanın heyelan envanter haritası oluşturulmuştur. Şekil 8.2'de de görüldüğü üzere iki analiz içinde Google Earth üzerinden (kml) heyelanların kapamaları yapılarak envanter haritası oluşturulmuştur. Şekil 8.4'te haritalanan envanter haritası, bu verileri kullanarak oluşturulan modellerin bölgesel doğrulamasını yapabilmek için oluşturulmuştur.



Şekil 8.2. Çalışma alanında tespit edilen ve her iki analiz içinde envantere alınan heyelanların tamamına ait google earth görüntüsü.



Şekil 8.3. Çalışma alanında Türkmen köyünün batısında bulunan bir heyelan ve heyelanın analize sokulan kayma zonunun kırmızı çizgi ile gösterildiği alana ait örnek görüntü (kuzeydoğuya doğru çekilmiştir).



Şekil 8.4. Çalışma alanına ait iki analiz için heyelan envanter haritası (Heyelan envanteri 1. analiz için siyah boyalı, 2. Analiz için taralı kapamalıdır).



Şekil 8.5. Çalışma alanında gökçeler köyü güneybatısında bulunan bir heyelan ve heyelanın analize sokulan kayma zonunun kırmızı çizgi ile gösterildiği alana ait örnek görüntü (kuzeybatı yönüne doğru çekilmiştir).



Şekil 8.6. Gölpazarı Üzümlü köyünde meydana gelen heyelana ait bir görüntü. (Kırmızı çizgi 1. analiz için kapama yapılan alanı, sarı çizgi 2. analiz için kapatılan alanı, mavi ok heyelan yönünü göstermektedir) (kuzeydoğu yönüne doğru çekilmiştir).

9. HEYELAN DUYARLILIK ANALİZLERİ/HARİTALARI

9.1. Heyelan Duyarlılığına İlişkin Temel Kavramlar

Heyelan duyarlılığı, belirli bir bölgede heyelan oluşumuna neden olan girdi parametreleriyle aynı özelliği taşıyan, heyelan gelişmesi olası alanların göreceli olarak sınıflandırılması (çok düşük, düşük, orta, yüksek, çok yüksek duyarlı vb.) olarak tanımlanabilir (Varnes, 1984).

Heyelan duyarlılığı değerlendirilmesinde; geçmiş/güncel meydana gelmiş heyelanların özelliklerinin ve heyelana neden olan faktörlerin (topografik, jeolojik ve çevresel) belirlenerek, gelecekte oluşabilecek aynı özelliklere sahip potansiyel alanlar tespit edilmeye çalışılmaktadır. Bu değerlendirme çoğu zaman geçerli olsa da istisnai durumlar söz konusu olabilmektedir. Kısaca; heyelan oluşumuna etki eden parametrelere ait haritalar oluşturularak, bu parametrelerin ağırlık değerleri hesaplanıp parametrelerin etkilerinin belirlenmesi ve hesaplanan bu değerlerin kullanılmasıyla gerçekleştirilen işlemler neticesinde duyarlılık haritaları elde edilmektedir.

Heyelan duyarlılığı çalışmaları; gelecekte heyelanların nerede meydana geleceği, nasıl meydana geleceği, hangi tür heyelanların oluşabileceği, hangi koşullarda oluşabileceği sorularına cevap verir nitelikte olmalıdır. Bunu da geçmişin gelecek için bir rehber olduğu düşüncesiyle, geçmişte heyelan meydana gelmiş bölgelerden yola çıkarak; gelecekte oluşabilecek heyelanların yeniden gelişme varsayımı ve bu bölgeler ile benzer özellik gösteren bölgelerde gelecekte heyelan meydana gelme varsayımı olarak iki varsayıma dayanmaktadır.

Heyelan değerlendirilmesine ilişkin çalışmalar yıllardır devam etmekte ve son 30 yıldır bilgisayar teknolojileri, coğrafi bilgi sistemi (CBS) ve yazılımlardaki gelişmelerle birlikte bölgesel ölçekte, heyelan duyarlılık, tehlike ve risk değerlendirmeleri çalışmalarında da artış ortaya çıkmıştır. Duyarlılık ile birlikte heyelan tehlikesi ve heyelan riski kavramlarını da tanımlamak gerekirse;

Heyelan Tehlikesi: Belirli zaman içerisinde, belirli bir alanda can ve mal kaybı, ekonomik vb. zarar verebilecek bir heyelanın oluşabilme olasılığıdır (Varnes, 1984). Tehlike haritalarının üretiminde ilk olarak duyarlılık haritaları üretilmeli ve heyelanı öncelikli olarak yağış ve deprem gibi tetikleyici parametrelerle belirlenerek heyelanın oluşma olasılığı değerlendirilmelidir. Heyelan tehlikesi, duyarlılık ve tetikleyici parametrelerin fonksiyonudur (Einstein, 1988).

Heyelan Riski: Heyelan tehlikesinin meydana geldiği bir alanda oluşan kayıplar olarak tanımlanabilir, ancak risk değerlendirmesinde heyelan nedeniyle meydana gelen can ve mal kayıpları yanı sıra ekonomik, sosyal ve çevresel kayıplarda dikkate alınmalıdır. Heyelan riski, envanter, duyarlılık ve tehlike kavramlarının tamamını içermektedir, ayrıca tehlike ve hasarın fonksiyonudur (Einstein, 1988).

Heyelan duyarlılığı, heyelan tehlike ve risk değerlendirilmesinde ilk basamak olarak kabul edilir.

Heyelan duyarlılık haritaları, geçmişte meydana gelmiş heyelanların konum ve alanını gösteren envanteri, duraysız koşullu arazi faktörlerini gösteren eğim, jeoloji gibi aynı ölçekli haritalar, sık heyelanlı alanlarda yüzey oluşum haritaları ve yorumlanmış sınıf alanlarını gösterir harita içermeleri gerektiği söylenebilir.

9.2. Heyelan Duyarlılık Değerlendirmelerinde Kullanılan Parametreler ve Parametre Haritalarının Oluşturulması

Heyelan duyarlılığı üretiminde uygulanan yöntemler yanında, heyelanın oluşumunda etkin parametrelerin doğru seçilmesi oluşturulacak haritaların mevcut durumu yansıtıcı ve temsil edici olması nedeniyle büyük önem arz etmektedir. 1990'lı yıllardan beri kullanılan parametrelerin ve CBS kullanımının bilgisayar teknolojisindeki gelişim nedeniyle farklılaştığı ve arttığı bilinmektedir.

Heyelana neden olan birçok parametrenin seçiminde, parametrelerin heyelanın meydana gelmesindeki etkisi, haritalanabilir olması ve bölgenin özelliklerini yansıtması gibi ortak özellikler dikkate alınmıştır.

Bu çalışmada parametre seçimi yapılırken; literatürde geçmişten günümüze kadar en çok kullanılan 5 parametreden yamaç eğimi, yükseklik, litoloji, bakı ve drenaj özelliğinin önem arz ettiği düşünülerek öncelikle bu parametrelerin kullanılmasına karar verilmiştir. Çalışma alanına ait kullanılacak parametre seçiminde literatür çalışmaları dışında öncelikle arazide yerinde yapılan gözlemler sonucu heyelan oluşumuna neden olan etmenler dikkate alınarak toplamda 6 adet parametrenin etkin olduğu belirlenmiştir. Son olarak belirlenen parametreler; yamaç eğimi, yükseklik, litoloji, bakı, yamaç eğriselliği ve akarsuya uzaklık' tır.

Bunlar dışında yine ilk başta arazi kullanım ve yola uzaklık parametrelerinin literatür çalışmalarına göre kullanılması gerektiği düşünülürken, arazide yapılan incelemeler sonucunda heyelanların büyük çoğunluğunun paleo (eski-kalıntı) heyelan olduğu tespit edildiğinden bu

parametrelerin kullanımının çalışma alanı için sağlıklı sonuç vermeyeceği düşünülerek kullanılmamıştır. Aynı şekilde faya uzaklık parametresi (paralellik içermediği) değerlendirildiğinde heyelanların oluşumunun fay hatları ile bir bağlantısı olmadığı tespit edilmiş, bu nedenle faya uzaklık parametresi de analizde kullanılmamıştır.

Parametre seçimi yapıldıktan sonra sınıflandırma aşamasında da sınıf aralıklarının belirlenmesi kullanıcı tarafından yapılmıştır. Bu durum sonucun doğruluğu açısından oldukça önem arz etmektedir. Bazı kullanıcılar sınıflandırma işlemini otomatik tercih ederken, çok az kullanıcı da alan değerlendirmesi yaparak bu işlemi yapmaktadır. Açıkçası parametrelerin belirlenmesi kadar parametre aralıklarının belirlenmesi de çok fazla önem arz etmektedir.

Bu çalışmada üretilen parametre haritaları için 1/25.000 ölçekli sayısal topoğrafik verilerden üretilen Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) altlık olarak dikkate alınmıştır. Sayısal Yükseklik Modelinden (SYM) üretilen parametreler ArcGIS PRO, ESRI2019 programındaki SYM analiz aracı kullanılarak üretilmiştir. Üretilen bütün haritalar 25x25 m' lik hücre boyutunda çözünürlük kullanılmıştır. Elde edilen tüm parametre haritaları alt gruplara ayrılıp piksel sayıları kullanılarak analiz yapılmıştır.

9.2.1. Sayısal yükseklik modeli

Heyelan duyarlılık analizlerinde en önemli ve ilk oluşturulması gereken parametrelerden biri olan Sayısal Yükseklik Modeli (SYM), topografyanın bitki örtüsü, bina, orman vb. detayları içermeyen dijital yani sayısal gösterimi olarak ifade edilebilmekte ve diğer adıyla Sayısal Arazi Modelleri (SAM) olarak tanımlanmaktadır.

Literatürdeki araştırmalarda topoğrafik yüksekliğin arttığı ve azaldığı durumlarda heyelan oluşum sıklığının değişimi ile ilgili ilişki belirsizlik içermektedir. Örneğin; bazı araştırmacılar heyelan sıklığının topoğrafik yüksekliğin fazla olduğu bölgelerde yoğun olduğunu belirtirken, bazıları ise heyelanların düşük topoğrafik yüksekliklerde fazla yoğunlukta olduğunu belirtmiştir. Fakat bu parametrenin tek başına değil de litoloji, eğim ve bozunma gibi faktörlerle değerlendirilmesi daha doğru olacaktır. Çoğu araştırmacı heyelan yoğunluğunun topoğrafik yüksekliğin düşük alanlarda daha fazla olduğunu düşünseler de, çalışma alanında tam olarak böyle olmadığı görülmüştür.

Bu çalışmada Harita Genel Komutanlığından alınan 1/25.000 ölçekli topografya haritaları kullanılarak ArcGIS PRO programında eş yükselti eğrileri (münhaniler) raster veri yapısına dönüştürülüp, 25x25 m (hücre boyutu) mekânsal çözünürlükte sayısal yükseklik modeli oluşturulmuştur (Şekil 9.1). Diğer bir ifadeyle, oluşturulan SYM' de her piksel 25x25 m

bir alanı temsil etmekte olup, bu değer ne kadar küçük olursa çözünürlük de o kadar yüksek kalitede olmaktadır. Ancak analizde kullanılan altlık veri 1/25.000 ölçekli olduğundan bu çalışmada 20-30 m arasındaki çözünürlük sağlanabilmektedir. Ayrıca analizlerde SYM oluşturulurken Nearest Neighbor (for discrete data) en yakın komşu ilişkisi kullanılmıştır.

Çalışma alanının yükseklik değerlerinin oranlarına bakıldığında; 68-250 m arası %9, 250-400 m arası %8, 400-550 m arası %26, 550-700 m arası %17, 700-850 m arası %31, 850-1100 m arası %9'luk alanı kapsamaktadır.

Elde edilen SYM verisinden yine ArgGIS PRO programındaki konumsal analiz (spatial analyst) aracı kullanılarak; eğim, bakı, yamaç eğriselliği gibi parametreler üretilmiştir. Ayrıca 1. ve 2. Analiz için oluşturulan Çizelge 9.1' deki Excel tablosunda SYM parametresinin alandaki toplam piksel sayıları ve alt grubundaki piksel sayıları gerekli sütunlara işlenerek sonrasında FR (frekans) ve NFR (yüzdese oran) değerleri hesaplanıp ArgGIS PRO programında gerekli alanlara yazılarak analizler yapılmıştır (Çizelge 9.1). NFR değeri hesaplanırken önem derecesi diğer bazı parametrelerle aynı olduğu düşünüldüğünden en yüksek değer 100 puan olarak kabul edilmiştir. En yüksek NFR değerlerini alan parametre grupları da Çizelge 9.1' de görülmektedir.

Çizelge 9.1. Çalışma alanına ait toplam piksel sayıları, sayısal yükseklik modeli (SYM) alt grupları ve alt gruplara ait piksel sayıları dağılımı, heyelanlı alanlara ait piksel sayıları, FR ve NFR değerleri (a) 1. Analiz değerleri, (b) 2. Analiz değerleri.

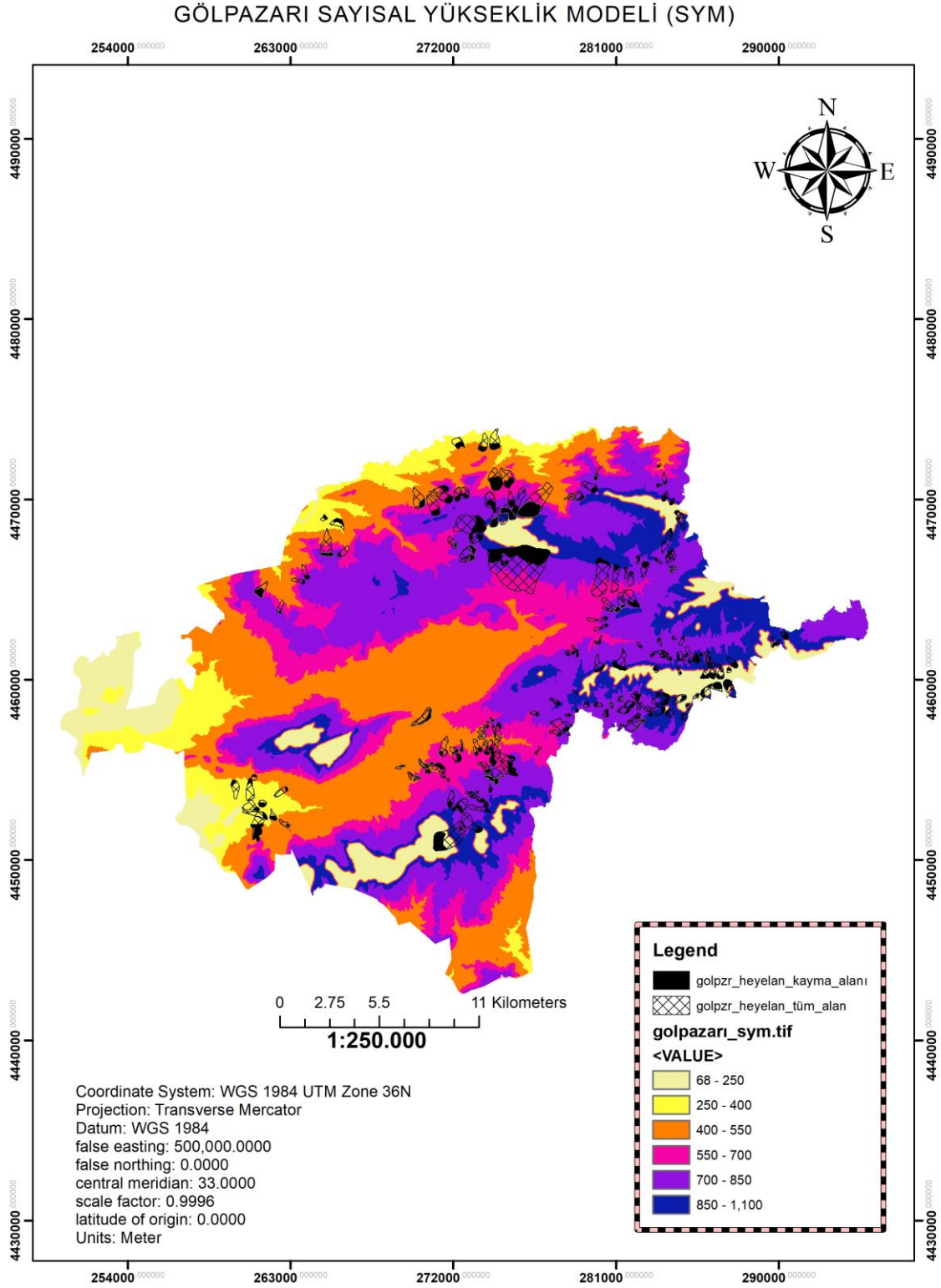
(a)

SYM (Sayısal Yükseklik Modeli)	Heyelanlı Alanlardaki Toplam Piksel Sayısı	Heyelanlı Alanlardaki Alt Grup Piksel Sayısı	Alandaki Toplam Piksel Sayısı	Alt Gruptaki Piksel Sayısı	a	b	FR	NFR
68-250 (1)	19829	2469	1036644	91084	0,1245	0,0879	1,42	93
250-400 (2)	19829	1709	1036644	87799	0,0862	0,0847	1,02	67
400-550 (3)	19829	1854	1036644	265494	0,0935	0,2561	0,37	24
550-700 (4)	19829	2218	1036644	178594	0,1119	0,1723	0,65	43
700-850 (5)	19829	8797	1036644	318286	0,4436	0,3070	1,44	95
850-1100 (6)	19829	2782	1036644	95387	0,1403	0,0920	1,52	100

Çizelge 9.1. Çalışma alanına ait toplam piksel sayıları, sayısal yükseklik modeli (SYM) alt grupları ve alt gruplara ait piksel sayıları dağılımı, heyelanlı alanlara ait piksel sayıları, FR ve NFR değerleri (a) 1. Analiz değerleri, (b) 2. Analiz değerleri (devam).

(b)

SYM (Sayısal Yükseklik Modeli)	Heyelanlı Alanlardaki Toplam Piksel Sayısı	Heyelanlı Alanlardaki Alt Grup Piksel Sayısı	Alandaki Toplam Piksel Sayısı	Alt Gruptaki Piksel Sayısı	a	b	FR	NFR
68-250 (1)	44658	1537	1036644	91084	0,0344	0,0879	0,39	24
250-400 (2)	44658	4025	1036644	87799	0,0901	0,0847	1,06	66
400-550 (3)	44658	5031	1036644	265494	0,1127	0,2561	0,44	27
550-700 (4)	44658	8202	1036644	178594	0,1837	0,1723	1,07	66
700-850 (5)	44658	22085	1036644	318286	0,4945	0,3070	1,61	100
850-1100 (6)	44658	3778	1036644	95387	0,0846	0,0920	0,92	57



Şekil 9.1. Çalışma alanına ait sayısal yükseklik modeli (SYM).

9.2.2. Yamaç eğimi

Arazi yüzeyinin yataydan sapması olarak da bilinen eğim, heyelan duyarlılık analizlerinde en çok kullanılan önemli topoğrafik faktörlerdendir. Literatürde yapılan araştırmalarda kullanılan parametreler arasında eğimin en çok kullanılan en yüksek değerin verildiği etkin parametrelerden ve heyelanı hazırlayıcı faktörlerden olduğu kabul görmüştür. Yer çekimine bağlı hareketler sonucu malzeme taşınımı tamamen eğime bağlıdır. Heyelan oluşumu ile yamaç eğimi direk ilişkili olduğu için duyarlılık analizlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Haritalanması ve üretilmesi kolay olduğundan dolayı da sık kullanılmaktadır.

Yüksek eğimde bulunan malzemenin dayanım parametrelerinde jeolojik zamana bağlı olarak meydana gelen azalma ve iklim koşullarındaki değişiklik nedeniyle duraysızlıklar meydana gelmektedir. Bununla birlikte olası faylanma ve boşluk suyundaki değişimler de duraysızlığı arttırmaktadır. Parametre olarak kullanılan yamaç eğimi yanında tabaka konumları, doğrultu vb. faktörlerde heyelan oluşumunda önem arz etmekte fakat geniş alanda yapılan araştırmalarda bu kadar detay bilgi verisi toplanması mümkün olmamaktadır.

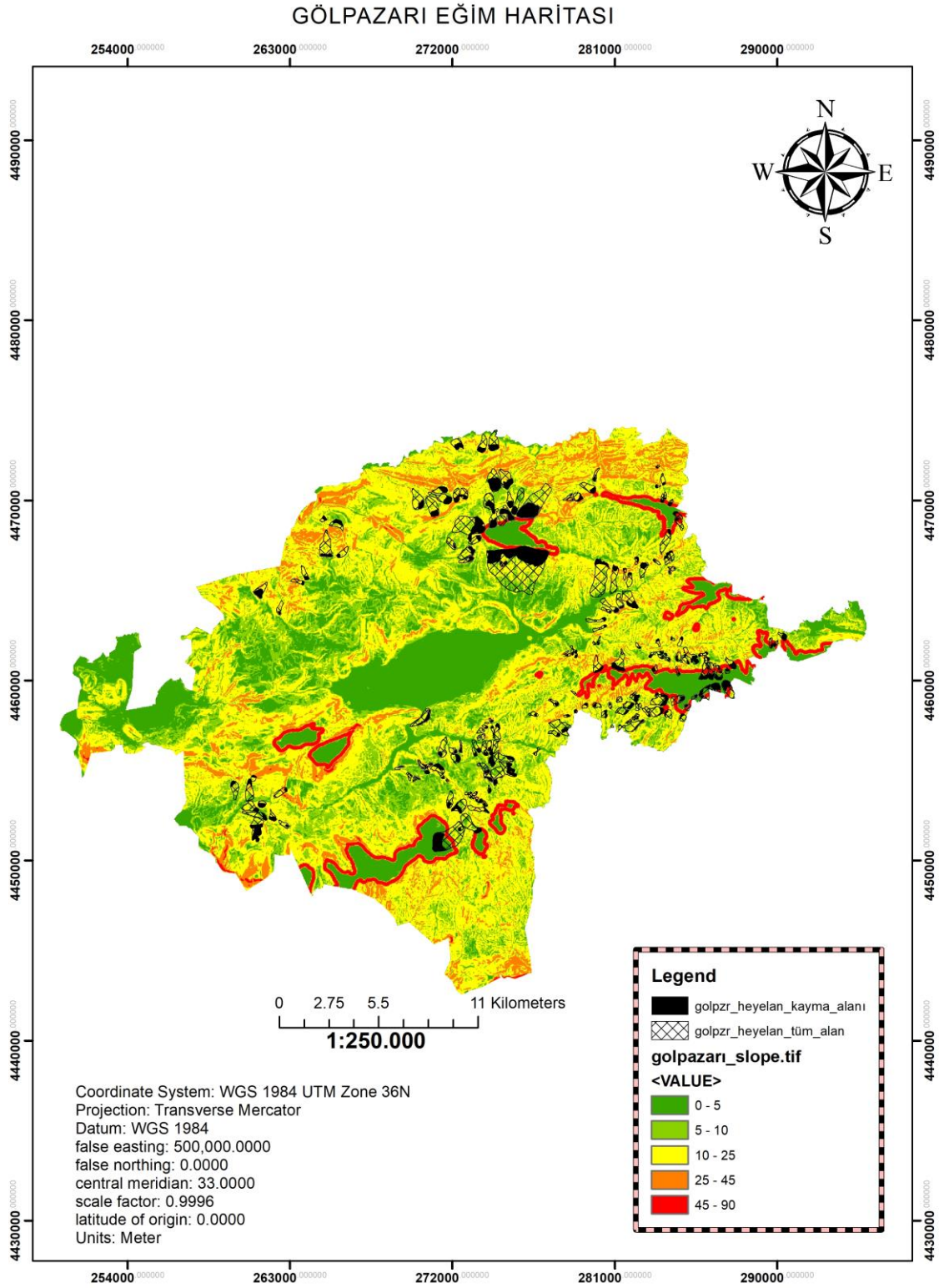
Birçok araştırmacı yoğun olarak yamaç eğimin artması ile heyelan sıklığının arttığını yani doğru orantılı bir durum söz konusu olduğunu savunurken, bazıları ise düşük eğime sahip yamaçlarda da heyelan sıklığının fazla olabileceğini savunmaktadır. Farklı bir açıdan bakıldığında da genelde dik ve dike yakın yamaçlar daha çok dayanıklı birimlerce örtülmekte, düşük eğime sahip topografya da ise bozunmaya uğramış toprak zeminlerin daha sık görülme olasılığı olduğundan net bir doğru orantıdan bahsedilememektedir. Yani litolojik özellik çok fazla önem arz etmektedir. Bazıları da eğim gruplarının birbirine yakın çıkmasında dolayı bu parametreyi etkin olarak kullanmamaktadır.

Hem oluşum aşaması ve hem jeolojik dönem boyunca değerlendirildiğinde 35° den yüksek eğime sahip yamaçlarda duraylılık düşüktür. Bu durum göz önüne alınarak arazide yapılan incelemeler sırasında da envanter oluşturulurken eğimin dik, 20-35°den fazla eğime sahip alanlarında daha fazla heyelan varlığı olacağı düşünülerek çalışmalar sürdürülmüştür.

Heyelan duyarlılığı çalışmalarında eğim değerleri sınıflandırılarak heyelanların yoğunluk açısından hangi aralıkta daha çok arttığı ve azaldığı belirlenmektedir. Genel olarak bakıldığında heyelan duyarlılığının eğim açısının arttığı alanlarda yüksek, azaldığı alanlarda da düşük olduğu kabul edilir. Fakat bu varsayım diğer parametre değerleri ve çalışma alanına ait heyelan özelliğine bağlı olarak değişim gösterdiği bilinmektedir.

Bu tez çalışmasına ait yamaç eğim haritası ArgGIS PRO programı kullanılarak Sayısal Yükseklik Modelinden (SYM) üretilmiştir (Şekil 9.2). Saha içerisindeki yamaç eğimi dağılımı 0-5° arası %20, 5-10° arası %21, 10-25° arası %46, 25-45° arası %9, 45-90° arası %4 olarak değiştiği görülmektedir. Gölpazarı Havzasının eğimi yataya yakın iken etrafındaki yüksek alanlarda eğim değerleri artış göstermektedir.

Eğim değerleri Çizelge 9.2'de belirtilen sınıflara ayrılarak, piksel sayılarından yola çıkılarak her iki analiz için NFR değeri hesaplanmıştır. NFR değeri hesaplanırken parametreler arası önem durumuna göre yamaç eğimi heyelanı daha fazla etkileyen bir parametre olarak düşünüldüğünden en yüksek değer 200 puan olarak alınmıştır. En yüksek NFR değerlerini alan parametre grupları Çizelge 9.2'de görülmektedir.



Şekil 9.2. Çalışma alanına ait eğim haritası.

Çizelge 9.2. Çalışma alanına ait toplam piksel sayıları, eğim parametresi alt grupları ve alt gruplara ait piksel sayıları dağılımı, heyelanlı alanlara ait piksel sayıları, FR ve NFR değerleri (a) 1. Analiz değerleri, (b) 2. Analiz değerleri.

(a)

Yamaç Eğimi (SLP)	Heyelanlı Alanlardaki Toplam Piksel Sayısı	Heyelanlı Alanlardaki Alt Grup Piksel Sayısı	Alandaki Toplam Piksel Sayısı	Alt Gruptaki Piksel Sayısı	a	b	FR	NFR
0-5 (1)	19829	2469	1036645	211844	0,1245	0,2044	0,61	63
5-10 (2)	19829	2772	1036645	220626	0,1398	0,2128	0,66	68
10-25 (3)	19829	11551	1036645	471606	0,5825	0,4549	1,28	132
25-45 (4)	19829	1561	1036645	92748	0,0787	0,0895	0,88	91
45-90 (5)	19829	1476	1036645	39821	0,0744	0,0384	1,94	200

(b)

Yamaç Eğimi (SLP)	Heyelanlı Alanlardaki Toplam Piksel Sayısı	Heyelanlı Alanlardaki Alt Grup Piksel Sayısı	Alandaki Toplam Piksel Sayısı	Alt Gruptaki Piksel Sayısı	a	b	FR	NFR
0-5 (1)	44658	3242	1036645	211844	0,0726	0,2044	0,36	51
5-10 (2)	44658	8599	1036645	220626	0,1926	0,2128	0,90	129
10-25 (3)	44658	28413	1036645	471606	0,6362	0,4549	1,40	200
25-45 (4)	44658	2580	1036645	92748	0,0578	0,0895	0,65	92
45-90 (5)	44658	1824	1036645	39821	0,0408	0,0384	1,06	152

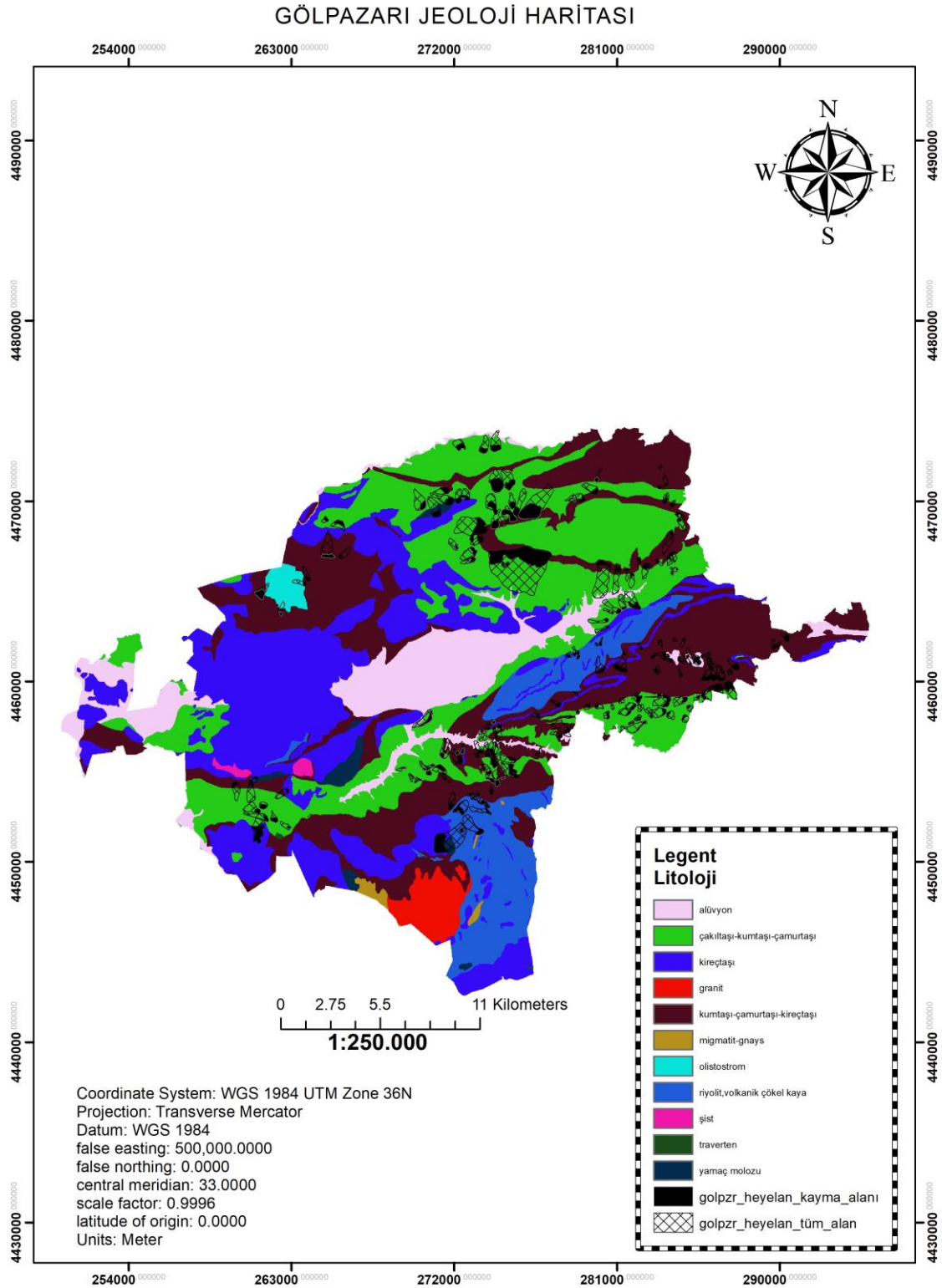
9.2.3. Litoloji

Litoloji, yamaç duraysızlık modellerini doğrudan kontrol eden en önemli parametrelerden biri olan bu jeolojik parametre literatürde de çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Daha önceki çalışmalara bakıldığında araştırmacıların hemen hemen çoğu bu parametreyi kullanmışlardır. Sadece tek litolojiden oluşan çalışma sahalarında bu parametre kullanılmamıştır.

Kohezyonu kontrol eden bir parametre (Remondo vd., 2003) olan litoloji, malzemenin sertlik, geçirimsizlik ve dayanım vb. birçok özelliği ile ilişkilidir (Baeza ve Corominas, 2001). Farklı litolojik birimler farklı duyarlılığa sahip olduklarından heyelan duyarlılığı analizlerinde önem arz etmektedir. Ayrıca bazı araştırmacılar da farklı litolojiye sahip alanlarda daha fazla heyelana rastlanılacağını, bu nedenle litolojik farklılıkların analizlerde önem arz edeceğini vurgulamıştır. Ayalew vd. (2005) en yüksek parametrik ağırlığı litoloji parametresine vermişlerdir.

Litolojik parametre nitel ve nicel olarak iki farklı değerlendirmeler yapılarak belirlenmiştir. Nitel değerlendirmelerde elde edilen veriler kişinin saha gözlemi sonucu yaptığı yoruma göre olduğundan farklılıklar yaratmakta ve güvenilirliği tartışılır hale getirmektedir. Çalışma alanında nicel yöntem (istatistiksel değerlendirme) kullanılarak litolojik özellikler açısından sağlıklı bir şekilde gruplandırılmaya çalışılmıştır. Bu gruplama yapılırken farklı litolojilere sahip ancak kendi içinde benzerlik gösteren formasyonlar aynı grup altında toplanarak öncelikle sayı azaltılmıştır. Gruplamanın temel amacı ise, heyelanların hangi jeolojik birimde daha yoğun meydana geldiğini tespit etmektir.

Çalışma alanına ait jeoloji haritası 1/25.000 ölçekli MTA Jeoloji Haritası kullanılarak üretilmiştir (Şekil 9.3). Alanda bulunan toplam 15 farklı formasyona ait litolojik birimler benzer özellik gösterenler aynı grupta olmak üzere 11 alt gruba ayrılmıştır. Bu 11 farklı litolojik birim; 1) Alüvyon; eski alüvyon; göl, 2) çakıltaşı-kumtaşı-çamurtaşı, 3) çörtlü kireçtaşı; killi kireçtaşı; kireçtaşı, 4) granit, 5) kumtaşı-çamurtaşı- kireçtaşı, 6) migmatit-gnays, 7) olistostrom, 8) riyolit, volkanit çökel kaya, 9) şist, 10) traverten ve 11) yamaç molozu, birikinti konisidir. Alanda en fazla % 27,54 oranla çakıltaşı-kumtaşı-çamurtaşı birimi bulunmaktadır.



Şekil 9.3. Çalışma alanına ait jeoloji haritası.

Jeoloji parametresine ait toplam piksel sayıları ve alt gruptaki piksel sayıları Çizelge 9.3' te bulunan Excel tablosuna işlenerek her iki analiz içinde NFR değerleri hesaplanmıştır. NFR değeri hesaplanırken parametreler arası önem durumuna göre litoloji heyelanı daha fazla etkileyen bir parametre olarak düşünüldüğünden en yüksek değer 200 puan olarak alınmıştır. En yüksek NFR değerlerini alan parametre grupları Çizelge 9.3' te görülmektedir.

Çizelge 9.3. Çalışma alanına ait toplam piksel sayıları, litoloji parametresi alt grupları ve alt gruplara ait piksel sayıları dağılımı, heyelanlı alanlara ait piksel sayıları, FR ve NFR değerleri (a) 1. Analiz değerleri, (b) 2. Analiz değerleri.

(a)

LİTOLOJİ	Heyelanlı Alanlardaki Toplam Piksel Sayısı	Heyelanlı Alanlardaki Alt Grup Piksel Sayısı	Alandaki Toplam Piksel Sayısı	Alt Gruptaki Piksel Sayısı	a	b	FR	NFR
(1) alüvyon; eski alüvyon; göl	19826	301	1036629	100126	0,0152	0,0966	0,16	10
(2) çakıltası-kumtaşı-çamurtaşı	19826	9207	1036629	285518	0,4644	0,2754	1,69	106
(3) çörtlü kireçtaşı; killi kireçtaşı; kireçtaşı	19826	1866	1036629	243278	0,0941	0,2347	0,40	25
(4) granit	19826	0	1036629	18193	0,00	0,0176	0,00	0
(5) kumtaşı-çamurtaşı- kireçtaşı	19826	7024	1036629	285358	0,3543	0,2753	1,29	81
(6) migmatit-gnays	19826	6	1036629	3092	0,0003	0,0030	0,10	6
(7) olistostrom	19826	7	1036629	7107	0,0004	0,069	0,05	3
(8) riyolit, volkanit çökel kaya	19826	846	1036629	81525	0,0427	0,0786	0,54	42
(9) şist	19826	0	1036629	2817	0,0000	0,0027	0,00	0
(10) traverten	19826	0	1036629	266	0,0000	0,0003	0,00	0
(11) yamaç molozu, birikinti konisi	19826	569	1036629	9349	0,0287	0,0090	3,18	200

Çizelge 9.3. Çalışma alanına ait toplam piksel sayıları, litoloji parametresi alt grupları ve alt gruplara ait piksel sayıları dağılımı, heyelanlı alanlara ait piksel sayıları, FR ve NFR değerleri (a) 1. Analiz değerleri, (b) 2. Analiz değerleri (devam).

b)

LİTOLOJİ	Heyelanlı Alanlardaki Toplam Piksel Sayısı	Heyelanlı Alanlardaki Alt Grup Piksel Sayısı	Alandaki Toplam Piksel Sayısı	Alt Gruptaki Piksel Sayısı	a	b	FR	NFR
(1) alüvyon; eski alüvyon; göl	44747	1521	1036629	100126	0,0341	0,0966	0,35	34
(2) çakıldaşı-kumtaşı-çamurtaşı	44747	25228	1036629	285518	0,5654	0,2754	2,05	200
(3) çörtlü kireçtaşı; killi kireçtaşı; kireçtaşı	44747	1042	1036629	243278	0,0234	0,2347	0,10	10
(4) granit	44747	0	1036629	18193	0,0000	0,0176	0,00	0
(5) kumtaşı-çamurtaşı- kireçtaşı	44747	14000	1036629	285358	0,3137	0,2753	1,14	111
(6) migmatit-gnays	44747	0	1036629	3092	0,0000	0,0030	0,00	0
(7) olistostrom	44747	319	1036629	7107	0,0071	0,069	1,04	102
(8) riyolit, volkanit çökel kaya	44747	2513	1036629	81525	0,0563	0,0786	0,71	55
(9) şist	44747	0	1036629	2817	0,0000	0,0027	0,00	0
(10) traverten	44747	0	1036629	266	0,0000	0,0003	0,00	0
(11) yamaç molozu, birikinti konisi	44747	124	1036629	9349	0,0027	0,0090	0,31	30

9.2.4. Bakı

Bir yamacın güneye ya da kuzeye karşı konumunu belirleyen ve bakış yönü olarak bilinen bakı yamaç yönelimi olarak da tanımlanmaktadır. Ayrıca kuzeyle yaptığı 0-360° arasında değişen açının azimut cinsinden değeridir. Bakı, bitki örtüsü, rüzgar, güneş ışığına maruz kalma, drenaj ve yağış gibi faktörlerle ilişki bir parametredir. Çünkü farklı yönlere bakan yamaçların atmosferik koşullardan etkilenme durumları da farklı olduğundan bu parametre heyelan duyarlılığında önem arz etmektedir.

Literatür çalışmalarına bakıldığında son 30 yıl içerisinde yapılan çalışmalarda en çok kullanılan 3 parametreden biri olduğu görülmektedir. Birçok araştırmacı tarafından genel morfolojik eğilim, güneşe maruz kalma ve yağışa bağlı olarak belli yönelimlere sahip yamaçlarda heyelanların yoğunlaştığı saptanmıştır. Örneğin; daha fazla yağış alan bir

yamaçlarda suya doygunluğa daha çabuk ulaşılmakta ve boşluk suyu basıncının artmasıyla hakim yamaç yönelimine sahip yamaçlarda heyelana karşı duyarlılık artmaktadır (Gökçeoğlu vd., 2001). Bu nedenle bakı parametresinin kullanıldığı durumlarda yağışın yoğun olduğu yamaçlar heyelana daha duyarlı olarak tanımlanmaktadır (Dai vd., 2002). Buna benzer olarak yamaçta biriken ve bekleyen kar miktarının da etkili söylenebilir. Fakat araştırmacılar heyelan duyarlılık analizlerinde kullanılan bu parametre ile ilgili fikir ayrılıklarına da düşmüş olup, bazıları daha öncede belirtildiği üzere bakının heyelan oluşumu ile doğrudan ilişkili olduğunu savunur iken, bazıları ise yamaç yöneliminin farklı yamaç yönelimlerinin eşit oranda olması nedeniyle heyelan oluşumuna hiçbir etkisi olmayacağını savunmuşlardır (Gomez vd., 2005) Yine birçok araştırmacı kendi çalışmalarına istinaden belli yönelime sahip yamaçlarda heyelanların yoğunlaştığını saptamıştır.

Çalışma alanında ait bakı (yamaç yönelimi) haritası yine ArgGIS PRO programı kullanılarak Sayısal Yükseklik (SYM) modelinden üretilmiştir (Şekil 9.4). Bakı haritası hazırlanmasında 45°lik açılarla kategorik yapıdan oluşan ana yönler dikkate alınarak düz olan yerler bakıdan bağımsız kabul edilerek 8 sınıfa ayrılmıştır. Bu sınıflandırmada alansal oranlara bakıldığında; kuzey (337.5-22.5°) %7, kuzeydoğu (22.5-67.5°) %9, Doğu (67.5-112.5°) %8, Güneydoğu (112.5-157.5°) %11, Güney (157.5-202.5°) %14, Güneybatı (202.5-247.5°) %13, Batı (247.5-292.5°) %29 ve Kuzeybatı (292.5-337.5°) %9 aralıklarındadır.

Bakı parametresine ait toplam piksel sayıları ve alt gruptaki piksel sayıları Çizelge 9.4'teki Excel tablosuna işlenerek her iki analiz içinde NFR değerleri hesaplanmıştır. İnceleme alanında bulunan toplam heyelanlı alanlardaki bakı sınıflarına bakıldığında piksel yoğunluğunun en fazla olduğu yamaçların kuzeye bakan yamaçlar olduğu görülmektedir. NFR değeri hesaplanırken önem derecesi diğer bazı parametrelerle aynı olduğu düşünüldüğünden en yüksek değer 100 puan kabul edilmiştir. En yüksek NFR değerlerini alan parametre grupları Çizelge 9.4'te görülmektedir.

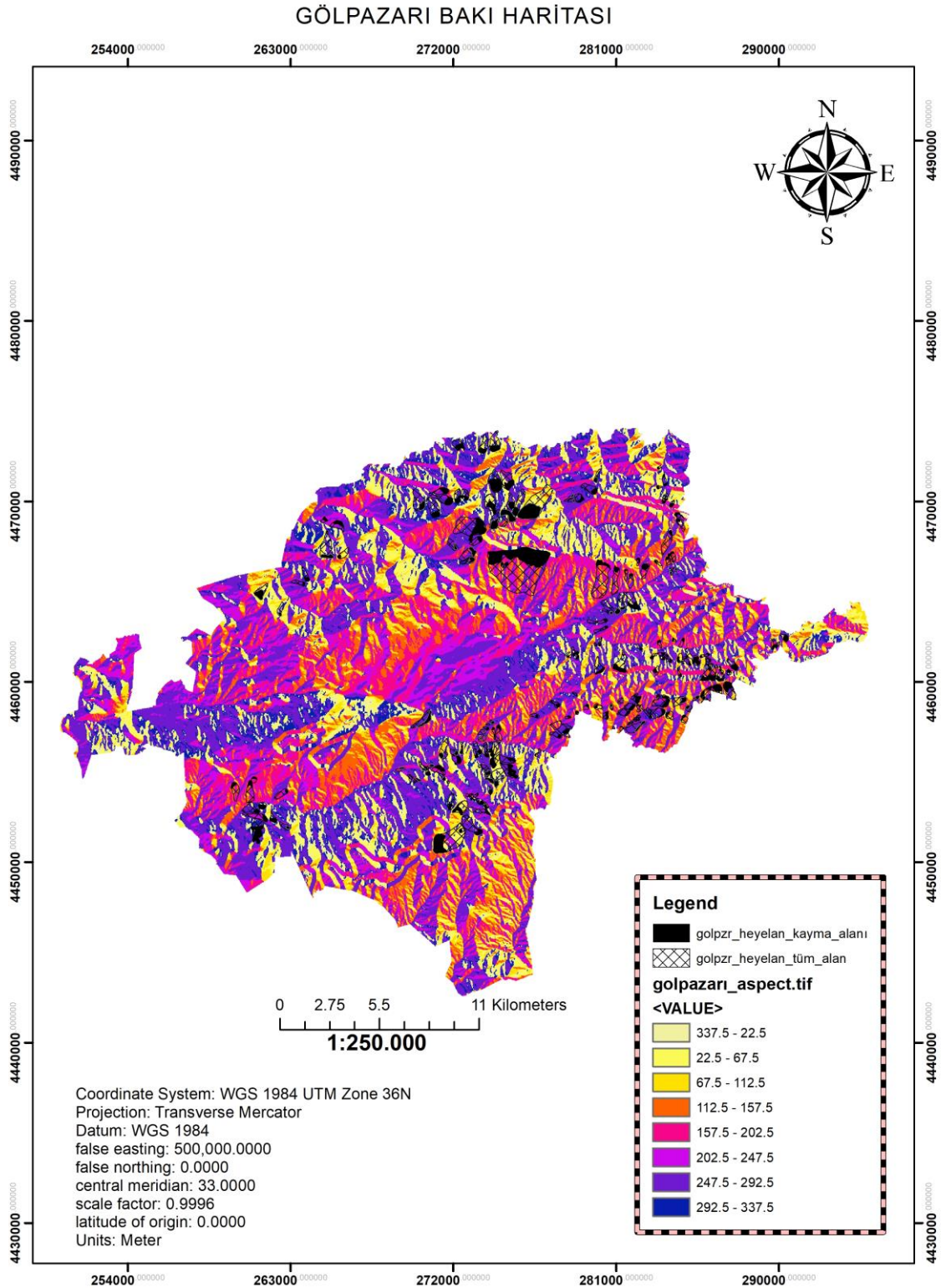
Çizelge 9.4. Çalışma alanına ait toplam piksel sayıları, bakı parametresi alt grupları ve alt gruplara ait piksel sayıları dağılımı, heyelanlı alanlara ait piksel sayıları, FR ve NFR değerleri (a) 1. Analiz değerleri, (b) 2. Analiz değerleri.

(a)

Bakı (ASP)	Heyelanlı Alanlardaki Toplam Piksel Sayısı	Heyelanlı Alanlardaki Alt Grup Piksel Sayısı	Alandaki Toplam Piksel Sayısı	Alt Gruptaki Piksel Sayısı	a	b	FR	NFR
(337,5-22,5) (K) (1)	19829	1687	1036645	72891	0,0851	0,0703	1,21	100
(22,5-67,5) (KD) (2)	19829	1589	1036645	95434	0,0801	0,0921	0,87	72
(67,5-112,5) (D) (3)	19829	1504	1036645	87138	0,0758	0,0841	0,90	75
(112,5-157,5) (GD) (4)	19829	1960	1036645	110953	0,0988	0,1070	0,92	76
(157,5-202,5) (G) (5)	19829	3135	1036645	145820	0,1581	0,1407	1,12	93
(202,5-247,5) (GB) (6)	19829	2213	1036645	134341	0,1116	0,1296	0,86	71
(247,5-292,5) (B) (7)	19829	5859	1036645	302129	0,2955	0,2914	1,01	84
(292,5-337,5) (KB) (8)	19829	1882	1036645	87939	0,0949	0,0848	1,12	92

(b)

Bakı (ASP)	Heyelanlı Alanlardaki Toplam Piksel Sayısı	Heyelanlı Alanlardaki Alt Grup Piksel Sayısı	Alandaki Toplam Piksel Sayısı	Alt Gruptaki Piksel Sayısı	a	B	FR	NFR
(337,5-22,5) (K) (1)	44658	4135	1036645	72891	0,0926	0,0703	1,32	100
(22,5-67,5) (KD) (2)	44658	4833	1036645	95434	0,1082	0,0921	1,18	89
(67,5-112,5) (D) (3)	44658	3240	1036645	87138	0,0726	0,0841	0,86	66
(112,5-157,5) (GD) (4)	44658	3705	1036645	110953	0,0830	0,1070	0,78	59
(157,5-202,5) (G) (5)	44658	3983	1036645	145820	0,0892	0,1407	0,63	48
(202,5-247,5) (GB) (6)	44658	4660	1036645	134341	0,1043	0,1296	0,81	61
(247,5-292,5) (B) (7)	44658	15451	1036645	302129	0,3460	0,2914	1,19	90
(292,5-337,5) (KB) (8)	44658	4651	1036645	87939	0,10	0,08	1,23	93



Şekil 9.4. Çalışma alanına ait baki haritası.

9.2.5. Yamaç eğriselliği

Yamaç aşağı boyunca yamaç eğimindeki değişimi ifade eden yamaç eğriselliği, topografyadaki morfolojiyi tanımlayan bir terimdir. Yamaçlar heyelan analizinde yamaç eğriselliği açısından içbükey (konkav), dışbükey (konveks) ve düz olarak 3 grup olarak sınıflandırılmıştır.

Yamaç eğriselliğinin heyelan oluşumundaki etkisine bakıldığında, dışbükey bir yamaçta drenaj söz konusu iken, içbükey bir yamaçta yüzey sularının toplanıp birikmesi sonucu yamaçtaki malzemenin doygunluk derecesinde artış olacaktır. Yani, içbükey yamaçta boşluk suyu basıncında meydana gelen artış heyelan olasılığını arttırmaktadır. Yine burdan çıkarılan sonuç içbükey yamaçların heyelana daha duyarlı olduğudur.

Heyelan duyarlılığı ile ilgili literatür çalışmalarına bakıldığında, eğrisellik parametresinin son 30 yılda araştırmacılar tarafından yaklaşık %40' lık bir oranla kullanıldığı ve diğer bazı parametreler kadar tercih edilmediği görülmüştür.

Çalışma alanında ait yamaç şekli olarak da tanımlanan yamaç eğriselliği haritası yine ArgGIS PRO programı kullanılarak Sayısal Yükseklik (SYM) modelinden üretilmiştir (Şekil 9.5). Yapılan çalışmada; içbükey yamaç değeri -0.5'den küçük olan, düz yamaç değeri -0.5' ten +0.5' e kadar olan ve dışbükey yamaç değeri ise 0.5 ten büyük olan değerlerdir. Bunlar sınıflara ayrılarak alana ait toplam piksel sayıları ve alt gruptaki piksel sayıları Çizelge 9.5'teki Excel tablosuna işlenerek her iki analiz içinde NFR değerleri hesaplanmıştır. NFR değeri hesaplanırken önem derecesi diğer bazı parametrelerle aynı olduğu düşünüldüğünden en yüksek değer 100 puan kabul edilmiştir. En yüksek NFR değerlerini alan parametre grupları Çizelge 9.5' te görülmektedir.

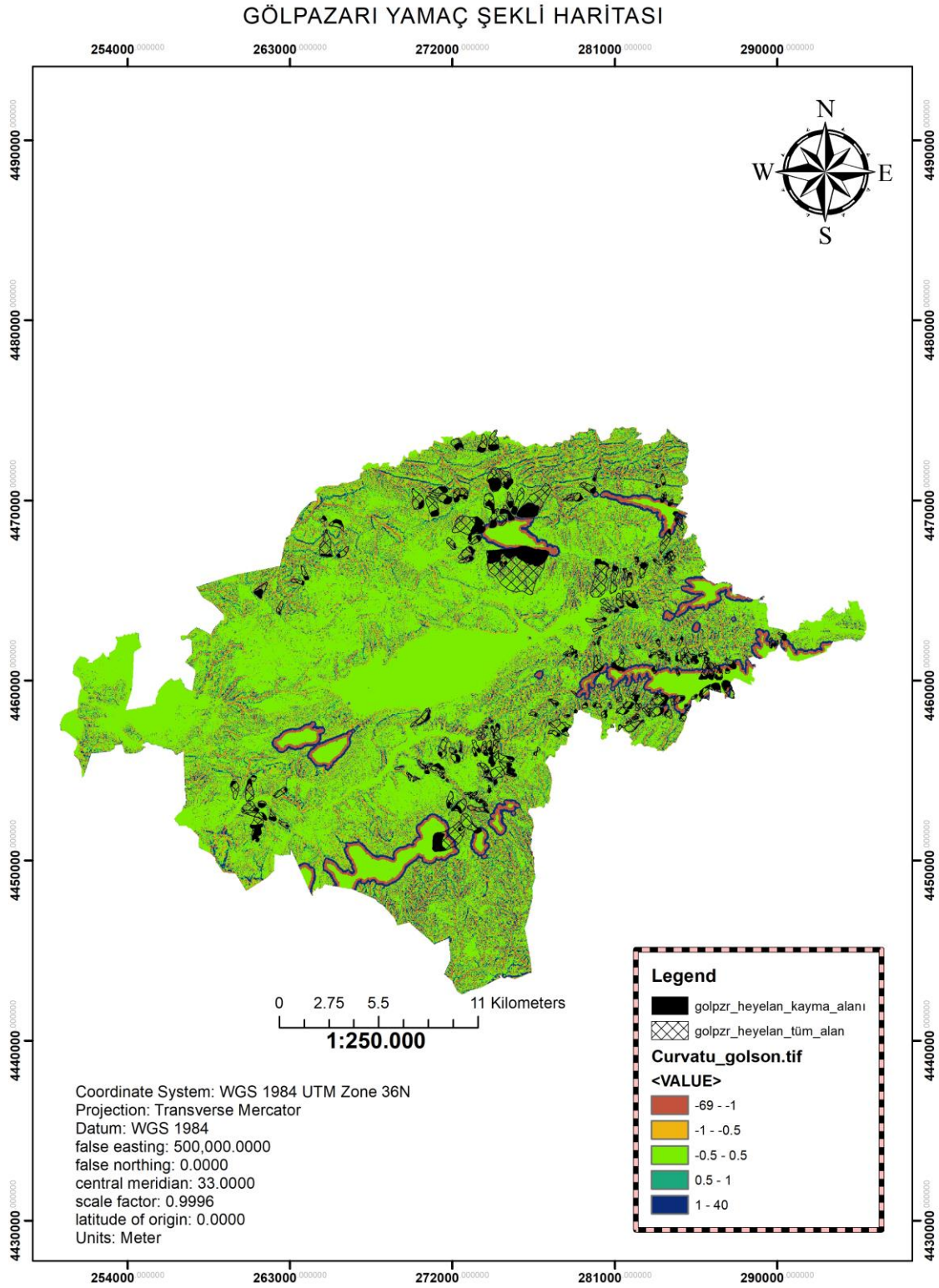
Çizelge 9.5. Çalışma alanına ait toplam piksel sayıları, yamaç eğriselliği parametresi alt grupları ve alt gruplara ait piksel sayıları dağılımı, heyelanlı alanlara ait piksel sayıları, FR ve NFR değerleri (a) 1. Analiz değerleri, (b) 2. Analiz değerleri.

(a)

Yamaç Eğriselliği (CRV)	Heyelanlı Alanlardaki Toplam Piksel Sayısı	Heyelanlı Alanlardaki Alt Grup Piksel Sayısı	Alandaki Toplam Piksel Sayısı	Alt Gruptaki Piksel Sayısı	a	b	FR	NFR
<-1.0 (1)	19829	2164	1036644	102022	0,1091	0,0984	1,11	85
-1.0-'-0.5 (2)	19829	2239	1036644	100305	0,1129	0,0968	1,17	89
-0.5-0.5 (3)	19829	10889	1036644	627827	0,5491	0,6056	0,91	69
0.5-1 (4)	19829	2052	1036644	107377	0,1035	0,1036	1,00	76
1> (5)	19829	2485	1036644	99113	0,1253	0,0956	1,31	100

(b)

Yamaç Eğriselliği (CRV)	Heyelanlı Alanlardaki Toplam Piksel Sayısı	Heyelanlı Alanlardaki Alt Grup Piksel Sayısı	Alandaki Toplam Piksel Sayısı	Alt Gruptaki Piksel Sayısı	a	b	FR	NFR
<-1.0 (1)	44658	5620	1036644	102022	0,1258	0,0984	1,28	95
-1.0-'-0.5 (2)	44658	5807	1036644	100305	0,1300	0,0968	1,34	100
-0.5-0.5 (3)	44658	23450	1036644	627827	0,5251	0,6056	0,87	65
0.5-1 (4)	44658	4907	1036644	107377	0,1099	0,1036	1,06	79
1> (5)	44658	4874	1036644	99113	0,1091	0,0956	1,14	85



Şekil 9.5. Çalışma alanına ait yamaç eğriselliği (şekli) haritası.

9.2.6. Akarsuya yakınlık

Akarsular yamaçta bulunan malzemeyi akarsu seviyesi altında bulunan kesimini suya doymun hale getirerek ya da topuk kısmında aşındırma yaparak yamaç stabilitesini bozmaktadır (Pachauri vd., 1998; Nagarajan vd., 2000; Çevik ve Topal, 2003; Ercanoğlu vd., 2004; Yalçın, 2005; Akgün, 2006). Arazi gözlemleri sonucu akarsuların yamaç duyarlılığına olan etkisi tespit edilerek tampon bölge oluşturulmalıdır. Çünkü genellikle akarsuya olan yakınlık arttıkça aşındırma ve yeraltı suyu varlığı heyelan oluşma olasılığını arttırmaktadır. Bilindiği üzere bir zemin suya doymun hale geldiğinde boşluk suyu basıncındaki artış nedeniyle duraylılığını kaybettiğinden heyelan oluşumunda suyun varlığı önem arz etmektedir.

Daha önce yapılan çalışmalarda akarsuya yakınlık parametresi çalışmacılar tarafından yarı yarıya kullanılmış olup, heyelan olasılığı açısından hangi uzaklık değerinin alınacağı konusunda bir standart belirlenmemiştir. Araştırmacıların genel görüşü yukarıda da belirtildiği üzere akarsuya uzaklık fazla ise heyelan duyarlılığının düşük, uzaklığın az olduğu yerlerde de heyelan duyarlılığının yüksek olduğudur.

Çalışma alanında dar vadi tabanlarının bulunduğu alanlarda meydana gelen heyelanların oluşumunda mevsimsel derelerin aşındırma etkisi olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle bu parametre analiz için uygun olduğu düşünülerek kullanılmıştır. SYM haritası kullanılarak CBS tabanlı ArcGIS programının Hydrology modülünden öncelikle akarsu ağı elde edilmiştir (Şekil 9.6). Akarsuya olan uzaklık heyelanların taç bölgelerine (yani hareketin başladığı bölgeye) olan uzaklığı baz alınarak 250 m' lik tampon oluşturulmuş ve heyelan dağılımına göre 3 farklı tampon (buffer) bölge oluşturularak NFR değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 9.6). NFR değerleri hesaplanırken önem derecesi diğer bazı parametrelerle aynı olduğu düşünüldüğünden en yüksek değer 100 puan kabul edilmiştir. En yüksek NFR değerlerini alan parametre grupları Çizelge 9.6' da görülmektedir.

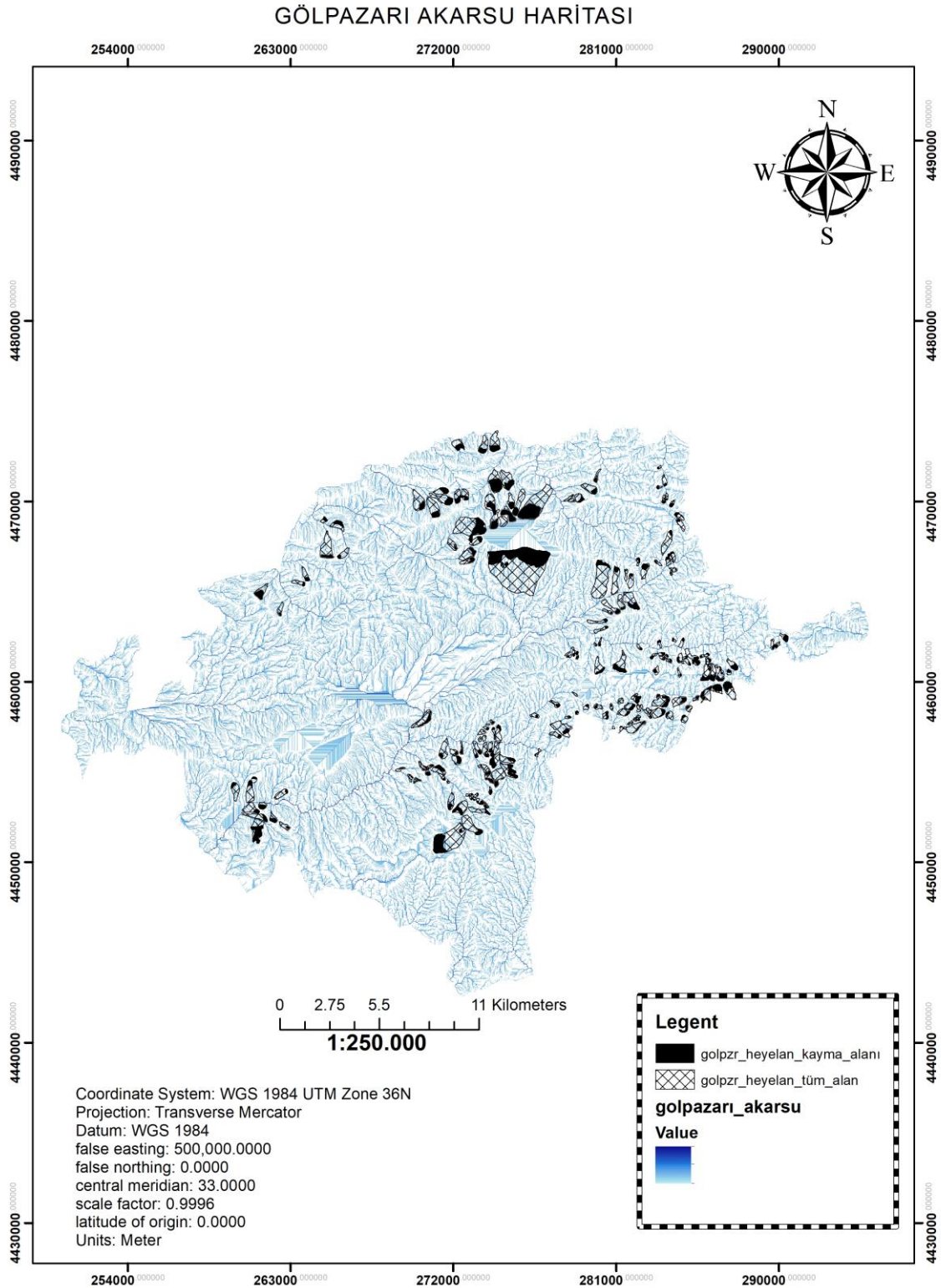
Çizelge 9.6. Çalışma alanına ait toplam piksel sayıları, akarsuya yakınlık parametresi alt grupları ve alt gruplara ait piksel sayıları dağılımı, heyelanlı alanlara ait piksel sayıları, FR ve NFR değerleri (a) 1. Analiz değerleri, (b) 2. Analiz değerleri.

(a)

Akarsuya Yakınlık	Heyelanlı Alanlardaki Toplam Piksel Sayısı	Heyelanlı Alanlardaki Alt Grup Piksel Sayısı	Alandaki Toplam Piksel Sayısı	Alt Gruptaki Piksel Sayısı	a	b	FR	NFR
250 m (1)	19829	19712	1036645	1028266	0,00	0,00	0,00	100
500 m (2)	19829	117	1036645	8114	0,01	0,01	0,75	75
750 m (3)	19829	0	1036645	265	0,99	0,99	1,00	0

(b)

Akarsuya Yakınlık	Heyelanlı Alanlardaki Toplam Piksel Sayısı	Heyelanlı Alanlardaki Alt Grup Piksel Sayısı	Alandaki Toplam Piksel Sayısı	Alt Gruptaki Piksel Sayısı	a	b	FR	NFR
250 m (1)	44658	44386	1036645	1028266	0,00	0,00	0,00	100
500 m (2)	44658	272	1036645	8114	0,01	0,01	0,78	78
750 m (3)	44658	0	1036645	265	0,99	0,99	1,00	0

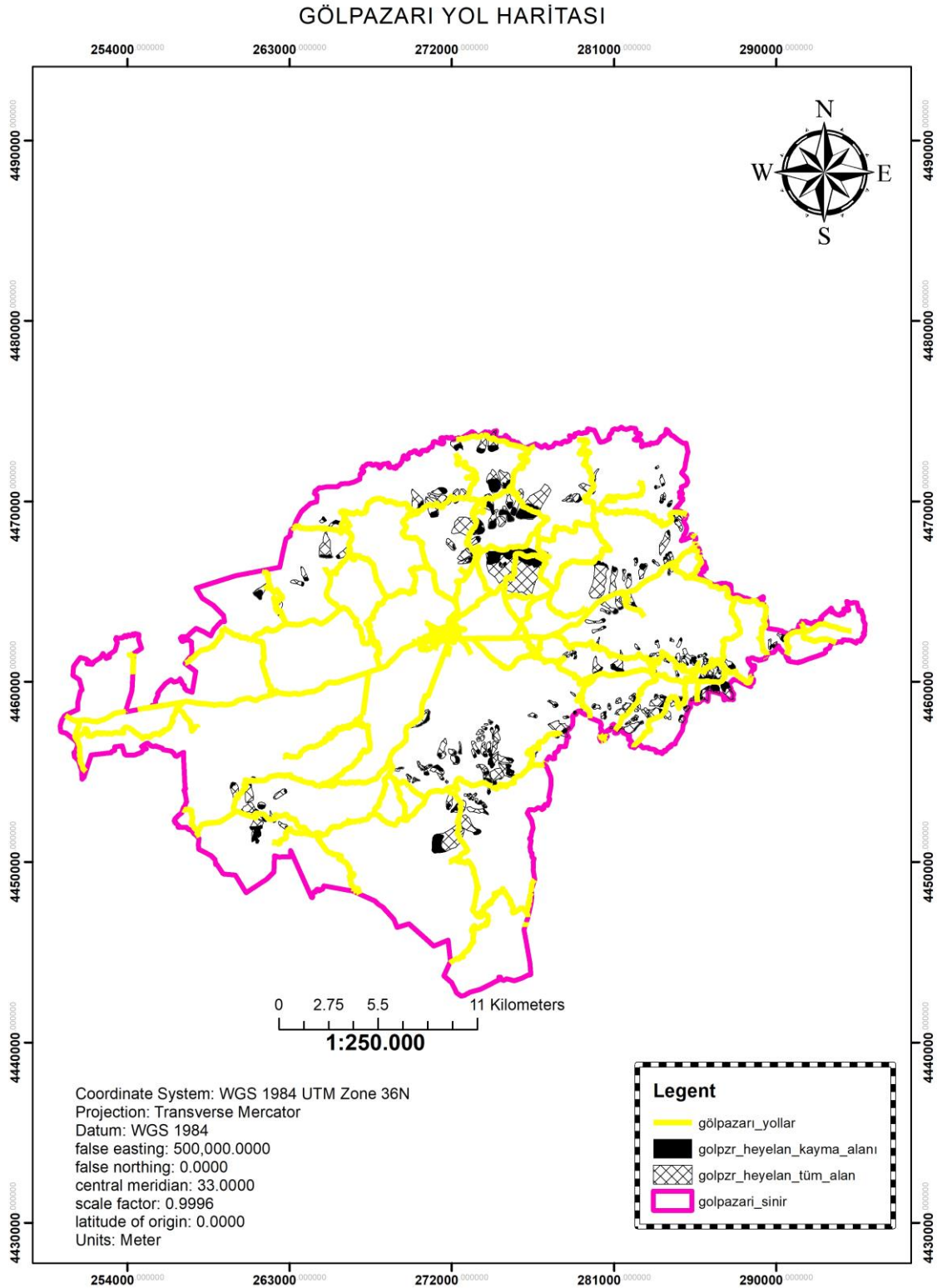


Şekil 9.6. Çalışma alanına ait akarsu ağı haritası.

9.3. Heyelan Duyarlılık Değerlendirmelerinde Kullanılmayan Parametreler ve Nedenleri

Heyelan Duyarlılık Analizinde yola yakınlık, arazi kullanımı ve faya uzaklık gibi parametrelerin kullanılması planlanmış fakat daha sonrasında yapılan arazi gözlemleri sonucu bu parametrelerin kullanımı uygun görülmemiştir. Çünkü, çalışma alanında yapılan incelemeler neticesinde envantere aldığımız heyelanların büyük çoğunluğu paleo (eski-kalıntı) heyelan olması, Gölpazarında bulunan yol ağının ise yeni olması, heyelanların oluşumunda yolun etkisinin olamayacağını göstermektedir. Ayrıca heyelan dağılımına dikkat edildiğinde de, yol ile bağlantılı heyelan oluşumu söz konusu olmadığı görülmüştür. Bu nedenle yola yakınlık parametresi analizde kullanılmamıştır. Şekil 9.7'de envanterde bulunan heyelan ve Gölpazarı yollarına ait harita örnek olarak verilmiştir.

Diğer parametrelerde de benzer durumlar söz konusu olup, mevcutta kullanılan arazi durumunun heyelanların oluşumuyla ilgisi olmadığı düşünüldüğünden arazi kullanım parametresi de dikkate alınmamıştır. MTA tarafından üretilen fay haritalarına bakıldığında; Gölpazarı sınırları içerisinde deprem üreten diri fay bulunmadığından ve diğer pasif faylar ile de envanterdeki heyelanlar arasında paralellik görülmediğinden heyelan oluşumuna etkisi ile ilgili ilişki kurulamamasından dolayı faya uzaklık parametreside analizde kullanılmamıştır.



Şekil 9.7. Çalışma alanına ait yol haritası.

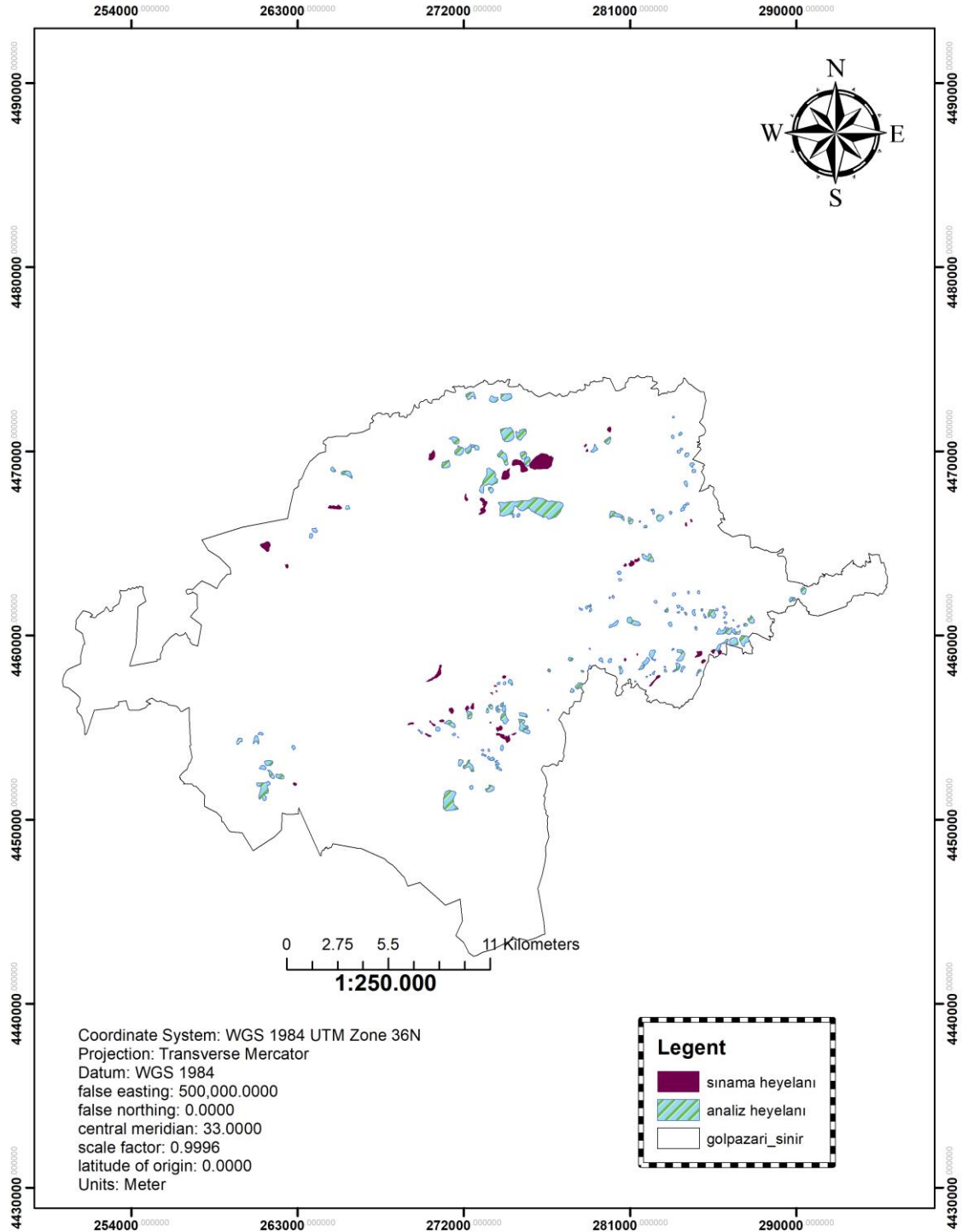
9.4. Sınama ve Analiz Heyelanlarının Belirlenmesi

Envanterdeki heyelanların bir kısmı sınama verisi olarak ayrılarak geri kalanı analize dahil edilmiştir. Literatüre bakıldığında sınama heyelanlarının seçimi genelde rastgele yapılmaktadır. Bu çalışmada ise; sınama verisinin seçimi, analizde kullanılan parametre alt gruplarında heyelan dağılımına göre yapılmıştır. Analizin önemli iki parametresi kabul edilen eğim ve litoloji parametreleri ön planda tutularak, örneğin; heyelanların en fazla görüldüğü eğim alt grubundan daha fazla sınama verisi seçilmiştir.

Sınama verilerinin rastgele seçilmeme nedeni ise; analiz sonucunda doğruluk değerinin %75 üzerinde kalması gerektiğinden sınama verilerinin tek bir parametre alt grubunda yığılmasına neden olunursa bu doğruluk değerinin yakalanması güçleşecek olmasıdır.

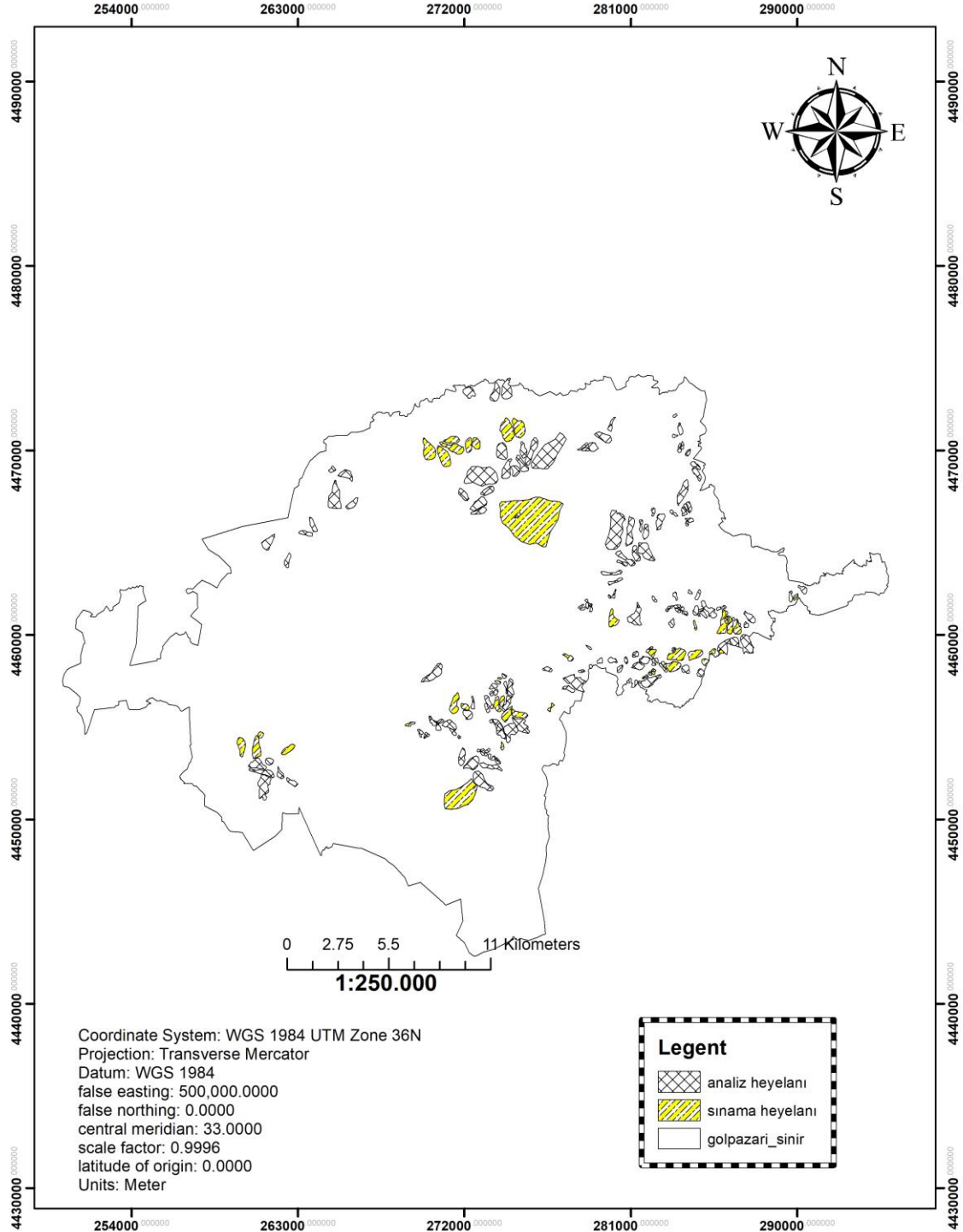
Bu çalışmada, toplamda 200 adet heyelanın yaklaşık 1/5' i olan 42 adeti sınama verisi olarak seçilmiştir. Geriye kalan 158 adet heyelan ise analize dahil edilmiştir. Şekil 9.8 ve Şekil 9.9'da gösterilen 1. ve 2. analizler için aynı sayıda fakat farklı sınama verileri seçilmiştir. Farklı sınama verilerinin seçilmesinin nedeni ise, her iki analizde farklı parametre alt grupları önem kazandığından analize dahil edilen alana uygun veri seçimi yapılmış olmasıdır.

GÖLPAZARI 1. ANALİZE AİT SINAMA VE ANALİZ HEYELANLARI DAĞILIMI



Şekil 9.8. Çalışma alanında 1. analize ait sınama ve analiz heyelanlarının dağılımı haritası.

GÖLPAZARI 2. ANALİZE AİT SINAMA VE ANALİZ HEYELANLARI DAĞILIMI



Şekil 9.9. Çalışma alanında 2. analize ait sınama ve analiz heyelanlarının dağılımı haritası.

9.5. Heyelan Duyarlılık Değerlendirmelerinde Kullanılan Yöntemler

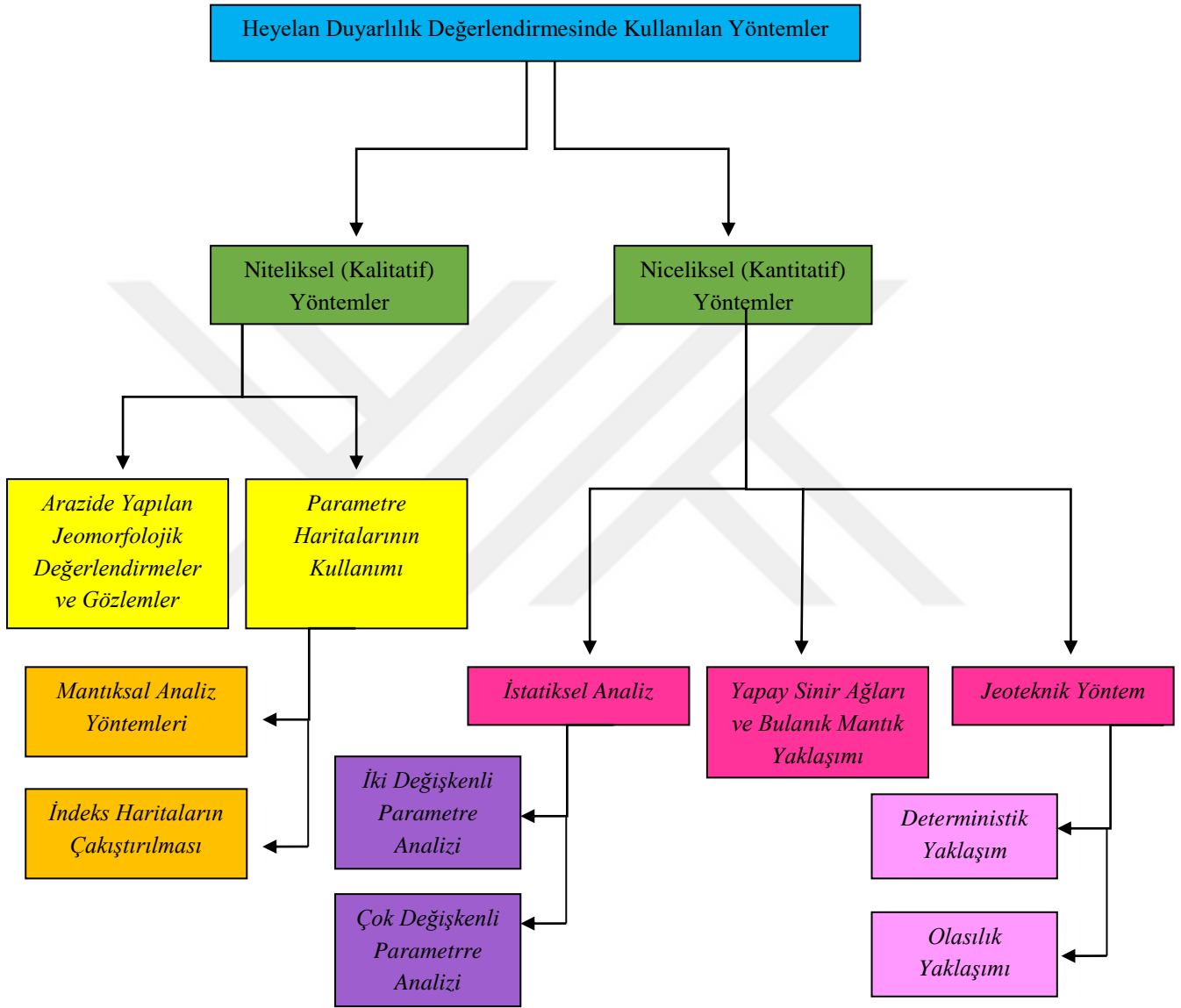
Heyelan duyarlılık değerlendirmesi ile ilgili yapılan envanter çalışmalarından sonraki duyarlılık aşamasında birçok farklı yöntem kullanılmaktadır. 1980'li yılların başından itibaren teknolojinin gelişmesi ve coğrafi bilgi sistemlerinde meydana gelen gelişmeye paralel olarak heyelan duyarlılık değerlendirilmesinde literatürde yaygın olarak kullanılan başlıca yöntemler, niteliksel (kalitatif/doğrudan-bilgiye dayalı-öznel) ve niceliksel (kantitatif/dolaylı-veriye dayalı ve fiziksel temelli) yöntemler olmak üzere 2 başlık altında toplanmaktadır. Bu çalışmada da kullanılan envantere dayalı yöntem ise, oluşturulan haritaları doğrulamak ve değerlendirme çalışmalarına girdi oluşturması sebebiyle diğer bütün yöntemler için ilk adım olarak gerekli olduğu söylenebilir.

Ayrıca heyelan oluşum sistemi ile ilgili, heyelanlı bölgedeki jeolojik birimlerin tabaka konumları (Doğrultu, eğim, eğim yönü vb.), farklı birimler var ise birimlerin dokanakları ve makaslama dayanım parametrelerinin (c_v , ϕ) farklılık göstermesi gibi çok önemli olan bu faktörlerin bu çalışmadaki sisteme dahil edilememesinin sebebi bu kadar geniş bir alanda bu tarz verilerin elde edilmesinin aşırı zor olmasındandır.

Niteliksel yöntemler, kullanılan en genel yöntem olup, araştırmacının bilgisine ve tecrübeye dayalı saha gözlemlerine bağlı olarak oluşturulan yöntemdir. Niceliksel yöntemler ise, heyelan ve heyelana neden olan faktörler arasına kapsamlı değinen, istatistiksel ve matematiksel modellemelerin kullanıldığı, akademik çevrede en çok benimsenen ve bu tez çalışması kapsamında da kullanılan yöntemdir.

Şekil 9.10'da görüldüğü üzere nitel ve nicel yöntemler ana başlığı altında duyarlılık haritalarının oluşturulmasında farklı birçok yöntem kullanılmaktadır. Niceliksel yöntemler arazide elde edilen verilerinin bilgisayar ortamına aktarılarak analizlerin yapılması, bu analizlerin konuya hakim uzman görüşünün alınarak yorumlanması şeklinde yapılmaktadır. Bu çalışmada da kullanılan niceliksel yöntemlerden istatistiksel analizlere değinilecek olursak, geçmişte meydana gelen heyelanlar gelecekte oluşabilecek heyelanlara ışık tuttuğu düşünülerek, heyelanı meydana getiren parametreler belirlenerek gruplamalar ve haritalamalar yapılmıştır. Burada yöntemin yanı sıra kullanılan parametreler ve toplanan veriler daha büyük önem arz etmektedir. Çünkü heyelana etki eden parametrelerin toplanması, değerlendirilmesi ve belli bir veri tabanının oluşturulması zor bir evredir. İstatistiksel analizler en yaygın kullanılan yöntemlerden biri kabul edilebilir (Aleotti ve Chowdhury 1999). Bu analizler geçmişte meydana gelmiş heyelanların özelliklerini, farklı parametreler kullanarak analiz etme istatistiksel

değerlendirilmesidir (Dağ, 2007). Coğrafi bilgi sistemlerinin (CBS) kullanımının artmasıyla bu yöntemin kullanımı da artmıştır.



Şekil 9.10. Heyelan duyarlılık haritalarının oluşturulmasında kullanılan yöntemler (Aleotti ve Chowdhury, 1999'dan değiştirilerek).

İstatistiksel yöntemler; iki değişkenli ve çok değişkenli parametre analizi olarak iki grupta toplanmaktadır. Geçmiş yıllardan günümüze kadar kullanılan yöntemlere bakıldığında ilk 3 yöntem sırasıyla;

- 1- Lojistik Regresyon (LR)
- 2- Frekans Oranı (FR)
- 3- Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP)'dir. (Biçer, 2017)

Bu tez çalışmasında, bütün yöntemlerden ayrıntılı olarak bahsedilmemiştir. Duyarlılık haritalarının üretiminde literatürde de en çok kullanılan ilk 3 yöntem arasında ikinci yöntem olan iki değişkenli olasılık modeline dayalı frekans oranı (FR) metodu bu çalışmada kullanıldığından bu yöntemle ilişkin detaylar aşağıda sunulmuştur.

9.5.1. Frekans oranı yöntemi ve heyelan duyarlılık haritaları

Heyelan duyarlılık haritalarının oluşturulmasının en önemli aşamalarından biri, analizlere temel oluşturacak örneklem kümesinin, diğer bir deyişle, veri tabanının oluşturulmasıdır. Veri tabanlarının oluşturulmasına yönelik olarak birçok yöntem olup, bu çalışmada frekans oranı yöntemi kullanılmış olup, bu yöntem literatüre göre sıklıkla kullanılan, çalışılacak alana ilişkin piksellerin belirli bir oranda, modelleme ve sınaama aşamaları için ayrılmasıdır.

Frekans oranı, bir durumun gerçekleşme olasılığının gerçekleşmeme olasılığına oranıdır (Erener vd., 2010). İstatiksel indeks yöntemi gibi temeli yoğunluk analizlerine dayanmakta olup, tüm parametreler CBS ortamına atılarak heyelan envanter haritasıyla ilişkilendirilmiştir. Bu yöntemin yaygın olarak kullanılması uygulanabilirliğinin kolay olması ve anlaşılır olmasıyla açıklanabilir.

Öncelikli olarak CBS ortamında parametre haritaları üretilerek hazırlanan heyelan envanteriyle çakıştırılır ve yoğunluk hesabı yapılarak frekans oranı FR değeri hesaplanır. Sonrasında parametre haritaları yeniden sınıflandırılarak yapılan toplama işlemi sonucunda duyarlılık haritası üretilir.

Frekans oranı yönteminin temelini Eşitlik 9.1' de verilen her bir parametrenin alt kategorileri için hesaplanan a ve b katsayıları oluşturmaktadır. Burada yapılan işlem her bir parametrenin ve her bir alt grubunun piksel sayısı ile her bir parametrenin her bir alt grubundaki heyelanlı alanlarla çakışan piksel sayılarının belirlenmesiyle ile FR değerini hesaplamaktır.

$$FR = a / b \quad (9.1)$$

Burada:

FR = Frekans Oranı

a = parametre alt grubunda bulunan heyelanlı alanların piksel sayısının, toplam heyelanlı alanların piksel sayısına oranına;

b = parametre alt grubunun dikkate alınan alandaki piksel sayısının, çalışılan alandaki toplam piksel sayısına oranına karşılık gelmektedir.

Belirlenen her parametre alt grubunun FR değeri bulunarak, ilgili parametrelere aktarılıp CBS ortamında çalıştırılır. Ayrı ayrı FR değeri hesaplanmış parametreler CBS ortamında toplanarak heyelan duyarlılık indeksi LSI (landslide susceptibility) değeri elde edilir (Lee ve Talib, 2005).

$$LSI = \Sigma FR \quad (9.2)$$

Burada:

LSI heyelan duyarlılığını ifade ederken, ΣFR çalışma alanındaki her bir piksel için hesaplanan FR değerlerinin matematiksel toplamını ifade etmektedir.

9.5.2. CBS ortamındaki işlem adımları

Parametre haritalarının oluşturulması ve sınıflama (reclass) işlemleri yaparak alt gruplara ayrılmış, parametrelerin ve alt gruplarının piksel sayıları belirlenmiştir,

Envanter haritamızdaki sınıflama ve model verisi olarak ikiye ayrılan heyelanlardan, model verisi için ayrılan heyelanlı alanları her parametre haritasına karşılık gelen değere okutarak (extract ederek) parametre alt gruplarının piksel sayıları belirlenmiştir. Bu işlem tüm parametre haritaları için ayrı ayrı yapılmıştır.

Yine CBS yardımıyla belirlenen parametrelerdeki ve alt gruplarındaki piksel sayıları Excel tablosuna işlenerek tüm parametre ve alt grupları için frekans belirleme işlemi yapılmıştır. Bu veriler sayesinde tüm parametre alt gruplarına ait a ve b katsayıları bulunarak FR değerinin hesabı yapılmıştır.

Literatürde FR değerine göre; 1 değerinden büyük FR değerinin, göreceli olarak heyelan oluşumunda daha etkili olduğu, 1 değerinden küçük FR değerinin heyelan oluşumunda daha az etkiye sahip olduğu belirtilmektedir (Lee ve Talib, 2005).

Tüm parametre alt gruplarına ait FR değeri hesaplandıktan sonra basit bir istatistiksel işlem ile parametre alt grubundaki tüm FR değerleri en büyük FR değerine bölünerek 100 ile çarpılarak NFR (normalleştirilmiş frekans oranları-frekans oranı yüzdesel dağılımı) değeri hesaplanmıştır. Bugüne kadar yapılan çalışmalarda NFR değerinin hesabı yapılırken

parametreler arası önem derecesi genel olarak aynı kabul edilerek parametre alt gruplarının en yüksek değeri %100 alınmış ve analizler tamamlanmıştır. Bu çalışmada ise literatür çalışmalarının incelenmesi sonucu literatürde en çok kullanılan ve heyelanın oluşumunu en çok etki eden parametre olarak kabul gören eğim ve litoloji parametrelerinin önem derecesinin diğerlerine göre 2 kat daha fazla olduğu düşünülerek, bu iki parametrenin alt gruplarındaki en yüksek değer Çizelge 9.7’de de gösterildiği üzere %200 olarak kabul edilerek analiz gerçekleştirilmiştir. Bu hesaplanan NFR değeri ne kadar yüksek ise, o parametre alt grubunun heyelana duyarlılığının o kadar yüksek olduğunu göstermektedir.

Çizelge 9.7. Analizde kullanılan parametrelerin önem derecesine göre aldığı en yüksek NFR değerleri.

NO	Parametre Adı	Diğer parametrelere göre önem değeri	En Yüksek NFR Değeri
1	SYM	1	100
2	Eğim	2	200
3	Litoloji	2	200
4	Bakı	1	100
5	Yamaç Eğriselliği	1	100
6	Akarsuya Yakınlık	1	100

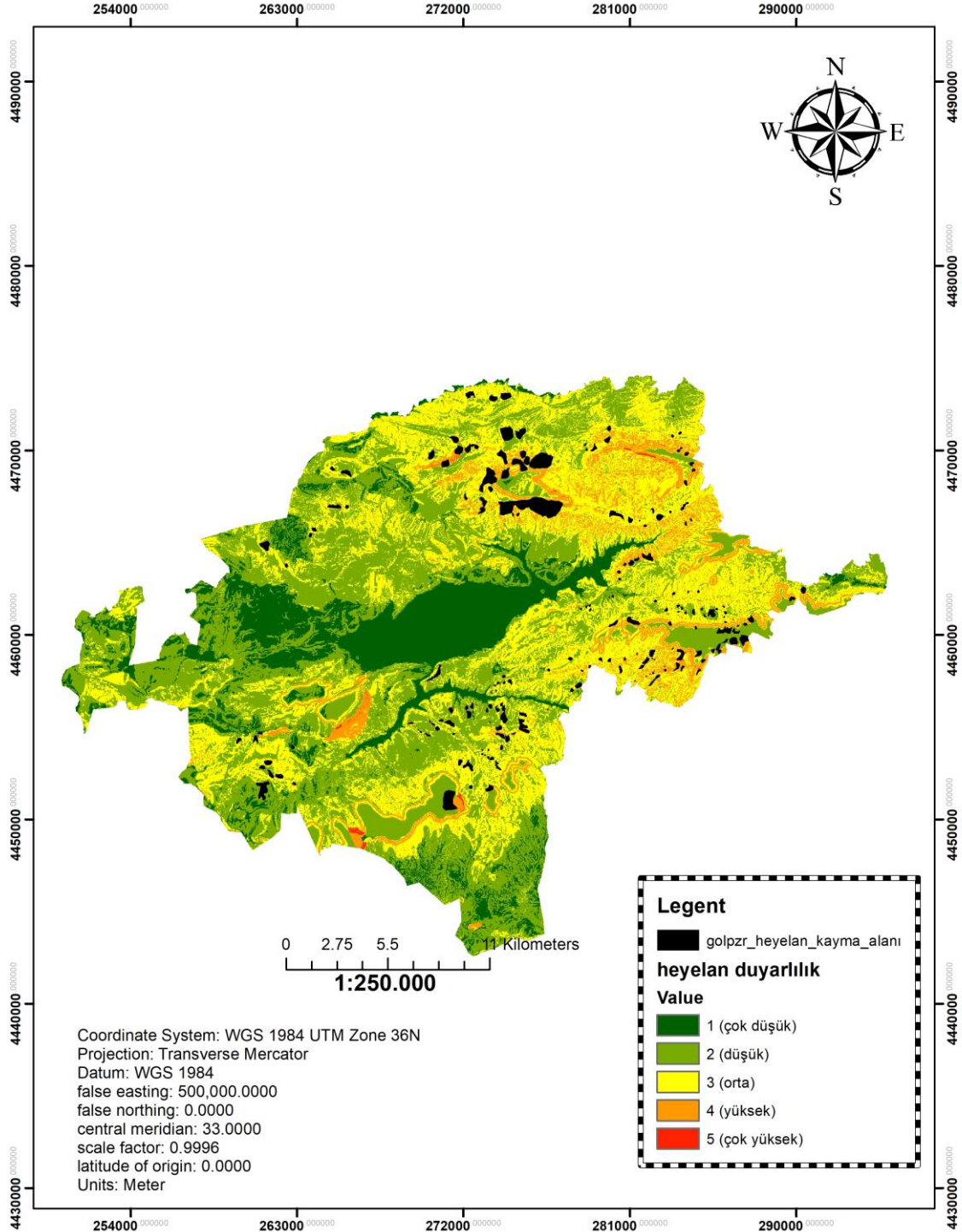
Sonraki aşamada her iki analiz içinde NFR değerleri parametre haritalarına atanıp çalıştırılarak parametre duyarlılık haritaları oluşturulmuş ve hepsi toplandığında duyarlılık haritası elde edilmiştir (Şekil 9.11 ve Şekil 9.12). Burada bahsedilen toplama işlemi Eşitlik 9.2’ de belirtilen LSI değeri olup, LSI açık olarak şu şekilde yazılabilir;

$$LSI = Fr (Eğim) + Fr (Jeoloji) + Fr(Yükseklik) + Fr (Bakı) + Fr (Yamaç Eğriselliği) + Fr (Akarsuya Yakınlık)$$

Bu haritayı daha rahat okuyabilmemiz için en düşük ve en yüksek değer arasındaki fark 5 eşit parçaya bölünerek sınıflama yapılmıştır. Ortaya çıkan bu duyarlılık haritasındaki seviyeler heyelana duyarlılıkta En Düşük, Düşük, Orta, Yüksek, Çok Yüksek seviyeleri belirtmektedir.

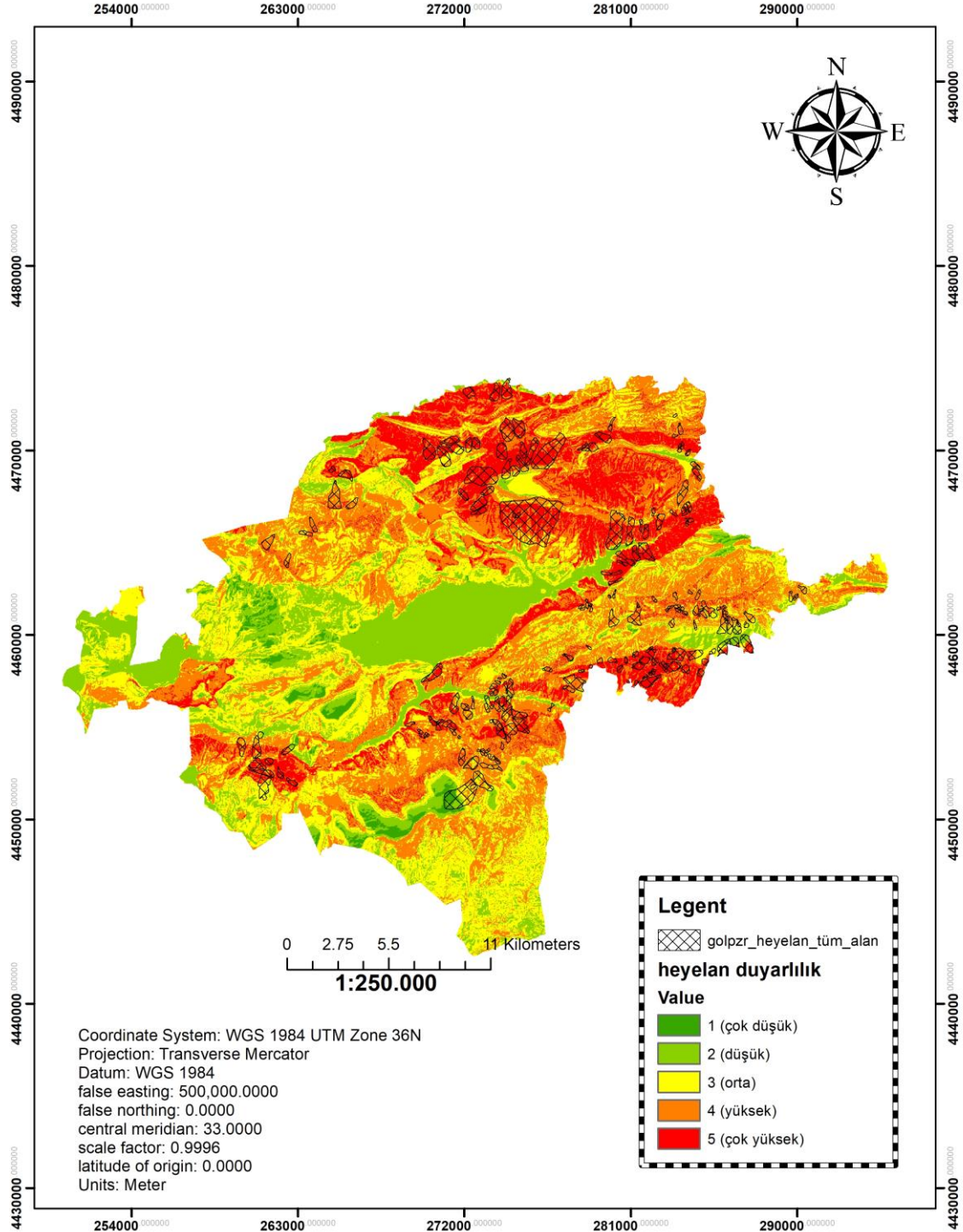
Son olarak da envanter haritamızdaki sınıma olarak ayrılan heyelan verileri kullanılarak üretilen haritanın doğruluğu sınanmıştır. Doğruluk değeri %75 olan haritaların kullanılabilir nitelikte olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada heyelan duyarlılık analizi için heyelanı etkileyen 6 adet parametre haritası kullanılıp bu haritalar toplanmıştır.

GÖLPAZARI 1. ANALİZ HEYELAN DUYARLILIK HARİTASI
(Heyelanın Kayma Zonu)



Şekil 9.11. Çalışma alanında 1. analize ait heyelan duyarlılık haritası.

GÖLPAZARI 2. ANALİZ HEYELAN DUYARLILIK HARİTASI
(Heyelanın Tamamı)



Şekil 9.12. Çalışma alanında 2. analize ait heyelan duyarlılık haritası.

Gölpazarı'na ait iki farklı analizde hazırlanan duyarlılık haritasına bakıldığında; yüksek ve çok yüksek heyelan duyarlılığına sahip 1. Analizde 83.577 piksel sayısı ile %9'luk bir alana tekabül ederken, 2. Analizde 520.714 piksel sayısı ile %50'lik bir alana tekabül etmektedir. Her iki analiz içinde heyelan duyarlılık zonlarına bakıldığında heyelana duyarlı alanların Gölpazarı ilçesinin kuzey ve kuzeydoğu kesimlerinde yayılım gösterdiği, özellikle orta kesiminde yer alan Gölpazarı Ovası düzlüğünde heyelan duyarlılığının düşük olduğu tespit edilmiştir.

Heyelan duyarlılık analizinde sınama verisi olarak seçilen 42 adet heyelanın CBS tabanlı programda analiz verileriyle sınanması sonucu 1. Analizden %88, 2. Analizden ise %78 doğruluk değeri elde edilmiştir.



10. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Gölpazarı sınırları içerisinde tespit edilen heyelanların envantere alınması ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı programlarda seçilen parametreler doğrultusunda Frekans Oranı Metodu kullanılarak yapılan analizler neticesinde Gölpazarına ait heyelan duyarlılık haritaları oluşturulmuştur. Bu tez çalışması kapsamında elde edilen ana sonuçlar aşağıda verilmiştir.

1- Çalışma alanındaki heyelanların tespiti için yapılan çalışmalar, ofis çalışmaları (Google Earth uydu görüntüsü inceleme, vb.), arazi çalışmaları ve tekrardan ofis çalışmaları şeklinde tamamlanmıştır. Bu çalışmalar neticesinde toplam 200 adet heyelan envantere alınmıştır.

2- Saha çalışmaları başta olmak üzere yapılan araştırmalar sonucu duyarlılık analizinde kullanılması uygun olan ya da uygun olmayan parametreler belirlenmiştir. Duyarlılık analizi için başta toplam 9 parametrenin kullanılması düşünülmüş fakat 6 parametre analizde kullanılmıştır. Bu 6 parametre; Sayısal Yükseklik Modeli (SYM), eğim, jeoloji, bakı, yamaç eğriselliği, akarsuya yakınlık parametreleridir. Diğer 3 parametrenin(yola yakınlık, fayaz uzaklık, arazi kullanımı) çalışma alanında heyelan oluşumuna etkisi olmadığı düşünüldüğünden analize dahil edilmemiştir.

3- Analizde kullanılan bu parametrelerin alt gruplarındaki dağılımı her bir parametre ve alt grubu için aşağıdaki gibidir. Yapılan iki analizde aynı heyelanın farklı zonları analize dahil edildiğinden heyelanların yoğunluk gösterdiği parametre alt grupları farklılık göstermektedir. Genel olarak bakıldığında da heyelanlar çalışma alanının kuzeydoğusu (KD) ve güneydoğusunda (GD) yayılım göstermektedir.

İlk olarak üretilen ve diğer parametrelerin üretildiği Sayısal Yükseklik Modelinde (SYM) saha içerisindeki dağılım yüzdeleri 68-250 m arası %9, 250-400 m arası %8, 400-550 m arası %26, 550-700 m arası %17, 700-850 m arası %31, 850-1100 m arası %9 olarak değiştiği görülmektedir. İlk analiz için heyelanların en yoğun 850-1100 m arasında, ikinci analizde ise, 700-850 m' ler arasında geliştiği görülmüştür.

Sayısal Yükseklik (SYM) modelinden üretilen yamaç eğimi parametresinin saha içerisindeki dağılımı 0-5° arası %20, 5-10° arası %21, 10-25° arası %46, 25-45° arası %9, 45-90° arası %4 değiştiği görülmektedir. İlk analiz için heyelanların en yoğun 45-90° arasında, ikinci analizde ise, 10-25° arasında meydana geldiği görülmüştür.

Alanda bulunan toplam 15 farklı formasyona ait litolojik birimler benzer özellik gösterenler aynı grupta toplanmak üzere 11 alt gruba ayrılmıştır. Bu 11 farklı litolojik birim; 1) Alüvyon; eski alüvyon; göl, 2) çakıltası-kumtaşı-çamurtaşı, 3) çörtlü kireçtaşı; killi kireçtaşı; kireçtaşı, 4) granit, 5) kumtaşı-çamurtaşı- kireçtaşı, 6) migmatit-gnays, 7) olistostrom, 8) riyolit, volkanit çökel kaya, 9) şist, 10) traverten ve 11) yamaç molozu, birikinti konisidir. Alanda en fazla %27,54 oranla çakıltası-kumtaşı-çamurtaşı birimi bulunmaktadır. İlk analiz için heyelanların en yoğun yamaç molozu - birikinti konisi birimlerde, ikinci analizde ise, çakıltası-kumtaşı-çamurtaşı birimlerde meydana geldiği görülmüştür.

Sayısal Yükseklik (SYM) modelinden üretilen diğer parametre olan bakı, düz olan yerler dahil edilmeyerek 8 sınıfa ayrılmıştır. Bu sınıflandırmada oranlara bakıldığında; kuzey (337.5-22.5°) %7, kuzeydoğu (22.5-67.5°) %9, Doğu (67.5-112.5°) %8, Güneydoğu (112.5-157.5°) %11, Güney (157.5-202.5°) %14, Güneybatı (202.5-247.5°) %13, Batı (247.5-292.5°) %29 ve Kuzeybatı (292.5-337.5°) %9 aralıklarındadır. Aynı heyelanların farklı zonlarının analize dahil edilmesi bakıda herhangi bir değişikliğe neden olmayacağından, ilk ve ikinci analiz içinde heyelanların en yoğun kuzey (337.5-22.5°) yamaçlarda meydana geldiği görülmüştür.

Sayısal Yükseklik (SYM) modelinden üretilen diğer parametre yamaç eğriselliği, içbükey yamaç değeri -0.5'den küçük olan, düz yamaç değeri -0.5' ten +0.5' e kadar olan ve dışbükey yamaç değeri ise 0.5 ten büyük olan değerlerdir. Alt parametre gruplarının dağılımına bakıldığında % 50' den fazla düze yakın yamaç durumu söz konusudur. İlk analiz için heyelanların en yoğun dışbükey yamaçlarda, ikinci analizde ise içbükey yamaçlarda meydana geldiği görülmüştür.

Akarsuya olan uzaklık heyelanların taç bölgelerine (yani hareketin başladığı bölgeye) olan uzaklığı baz alınarak heyelan dağılımına göre 3 farklı 250 m' lik tampon (buffer) bölge oluşturularak analizler tamamlanmıştır. Her iki analizde de Akarsulara 250 m' lik uzaklıkta neredeyse hiç heyelana rastlanılmamış, en yoğun 750 m'lik tampon alanda heyelanların meydana geldiği görülmüştür.

4- Literatürdeki çoğu çalışmada NFR (yüzdese oran) değerinin hesabı yapılırken parametreler arası önem derecesi genel olarak aynı kabul edilerek parametre alt gruplarının en yüksek değeri %100 alınır ve analiz tamamlanır. Bu çalışmada ise, literatürde en çok kullanılan ve heyelanın oluşumuna en çok etki eden parametre olarak kabul gören eğim ve litoloji parametrelerinin önem derecesinin diğerlerine göre 2 kat daha fazla olduğu kabul edilmiştir. Bu

nedenle iki parametrenin de alt gruplarındaki en yüksek değer oran olarak %200 olarak kabul edilerek analiz gerçekleştirilmiştir.

5- Envanterde bulunan toplam 200 adet heyelanın yaklaşık 1/5 i olan 42 adet heyelan sına ma verisi olarak seçilmiş, geri kalan 158 adet heyelan analize tabi tutulmuştur. Sına ma verileri rastgele seçilmemiş olup, söz konusu bu sına ma verileri, belirlenen parametrelerin ve bunların alt grubunda bulunan kriterlerin heyelan yoğuluğu ile olan ilişkisi dikkate alınarak seçilmiştir. Her iki analizde de farklı sına ma heyelanları seçilmiştir.

6- Gölpazarı 6 derecelik pafta kuşakları 36 °lik dilimde bulunmakta olup, analizde kullanılan tüm haritaların projeksiyonu “WGS 1984 UTM Zone 36N” proje koordinat sistemi olarak ayarlanmıştır. Oluşturulan tüm raster haritalarda her piksel 25x25 m alanı temsil etmektedir.

7- Heyelan Duyarlılık Haritaları iki farklı analiz neticesinde oluşturulmuştur. Birinci analizde heyelanların sadece kayma zonları, ikinci analizde de heyelanların tamamı analize sokulmuştur. Birinci analizde sadece heyelan hareket mekanizmasının geliştiği st bölgenin (kayma zonu) dikkate alınmış olması ve dolayısı ile kayma mekanizmasının kontrolünde etkili olmayan birikme bölgesinin dikkate alınmaması daha gerçeğe yakın sonuçların elde edilmesini sağlamıştır. nk duyarlılık çalışmalarında heyelanı tetikleyen etkenler ve parametrelerin tespiti yapılarak heyelan olası bölgelerin tespiti yapılmaya çalışılmaktadır. Burdan da anlaşılacağı üzere birikme bölgesinin alansal dağılımının duyarlılık çalışmalarında kullanılmaması önerilmektedir. Birikme bölgesinde bulunan malzemenin alansal dağılımını heyelan sonrası topografik eğim tarafından kontrol edileceğinden heyelan mekanizmasıyla doğrudan ilişkisi olamacağı düşünülmektedir.

8- Analiz sonucu elde edilen duyarlılık haritası sına ma verisi olarak seçilen 42 adet heyelan ile CBS tabanlı programda st üste konularak yapılan karşılaştırma sonucu birinci analiz yönteminde kullanılan yaklaşım ile %88, ikinci analiz yönteminde ise %78 oranında doğruluk değeri tespit edilmiştir.

9- Üretilen parametre haritaları toplanarak 5 eşit parçaya bölünmesi sonucu üretilen duyarlılık analizine bakıldığında; yüksek ve çok yüksek heyelan duyarlılığına sahip 1. Analizde 83.577 piksel sayısı ile %9 luk, 2. Analizde de 520.714 piksel sayısı ile %50 lik bir alan tespit edilmiştir. Genel olarak CBS üzerinden duyarlılık haritalarının üretilmesi ayrıntılı çalışmalar için çok önemli yol gösterici veri olduğu bilinmektedir. ıkan yüksek ve çok yüksek duyarlı alanların tespitlerine bakıldığında, 1. Analizin 2. Analize göre alan yüzdesi açısından oldukça az

olduğu görülmektedir. Dolayısıyla, birinci analiz yönteminden elde edilen sonuçlar daha az alanı hedef göstermesi nedeniyle, yapılacak ayrıntılı mühendislik çalışmaları öncesinde olası heyelanlara yatkın alanlara odaklanma, zaman kaybının en aza indirilmesi ve maddi kaybın azaltılması açısından oldukça önemli olduğu düşünülmektedir.

10- Yapılan iki analizden doğruluk ve kullanılabilirlik açısından yola çıkıldığında, bu alışamadaki ilk analiz için uygulanan envanter kapama tekniğinin duyarlılık analizlerinde kullanılması daha sağlıklı ve kullanılabilir sonuçlar verdiği savunulmaktadır.



KAYNAKLAR DİZİNİ

AFAD (2015). Bütünleşik tehlike haritalarının hazırlanması heyelan- kaya düşmesi temel kılavuz, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, 151s., Ankara-Türkiye.

Akgün, A. (2006). Heyelan duyarlılık haritalarının hazırlanmasında çok ölçütlü karar analizi (ÇÖKA) yönteminin kullanımı. Ayvalık (Balıkesir) Örneği. *Geosound*, 48-49, 87-101.

Akgün, A., Dağ, S., Bulut, F. (2008). Landslide Susceptibility Mapping For A Landslideprone Area (Findikli, NE Of Turkey) By Likelihood- Frequency Ratio And Weighted Linear Combination Models, *Environmental Geology*, 54 (6), 1127-1143.

Akyürek, B. ve Sosyal, Y. (1978) Kırkağaç-Soma (Manisa)-Savaştepe-Korucu-Ayvalık(Balıkesir)-Bergama (İzmir) civarının jeolojisi. MTA Rap. No:6432 (yayımlanmamış).

Akyürek, B. ve Sosyal, Y., (1983), Biga Yarımadası Güneyinin (Savaştepe-Kırkağaç-Bergama-Ayvalık) temel jeoloji özellikleri. *MTA Dergisi* 95/96, 1-12, Ankara.

Akyürek, B., Bilginer, E., Akbaş, B., Hepşen, N., Pehlivan, Ş., Sunu, O., Soysal, Y., Dağ, Z., Çatal, E., Sözeri, B., Yıldırım, H. ve Hakyemez, Y. (1982). Ankara-Elmadağ-Kalecik dolayının jeolojisi. MTA Rap. No:7298 (yayımlanmamış).

Akyürek, B., Bilginer, E., Akbaş, B., Hepşen, N., Pehlivan, Ş., Sunu, O., Soysal, Y., Dağ, Z., Çatal, E., Sözeri, B., Yıldırım, H. ve Hakyemez, Y. (1984), Ankara-Elmadağ-Kalecik dolayının temel jeoloji özellikleri. *Jeoloji Mühendisliği*, 20. 31-46.

Akyürek, B., Bilginer, E., Çatal, E., Dağ, Z., Sosyal, Y. ve Sunu, O. (1979b). *Eldivan, Şabanözü (Çankırı) dolayının ofiyolit yerleşimine ilişkin bulgular*, JMO yayınları sayı 9 Ankara.

Akyürek, B., Duru, M., Sütçü, Y. F., Papak, İ., Şaroğlu, F., Pehlivan, N., Gönenç, O., Granit, S. ve Yaşar, T. (1997). 1/100.000 ölçekli Açınsama nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları, Ankara F15 Paftası, MTA No:55.

Akyürek, B., Duru, M., Sütçü, Y.F., Papak, İ., Şaroğlu, F., Pehlivan, N., Gönenç, O., Granit, S. ve Yaşar, T. (1996). Ankara ilinin çevre jeolojisi ve doğal kaynaklar projesi (1994 yılı Jeoloji grubu çalışmaları). MTA Rap. No: 9961 (yayımlanmamış).

Aleotti, P., Chowdhury, R. (1999). Landslide hazard assessment: summary review and new perspectives. *Bull Eng Geol Environmental*, 58: s.21-44.

Alp, D. (1972). *Amasya yöresinin jeolojisi*. İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Monografileri (Tabii İlimler kısmı), c.22. s. 101.

Altner, D., Koçyüğüt, A., Farrinacci, A., Nicosia, U. ve Conti, A. (1991). Jurassic-Lower Cretaceous stratigraphy and paleogeographic evolution of the southern part of North-Western Anatolia (Turkey), *Geology and Paleontology of Westernn Pontides, Turkey*. (Eds. A. Farrinacci, D. V. Ager, U. Nicosia), *Geologica Romana*.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Altınlı, İ. E. (1973a). Orta Sakaryanın jeolojisi. 50. Yıl Yerbilimleri kongresi, *Tebliğler Dergisi*, MTA Yay., s. 159-187.

Altınlı, İ. E. (1973b). Bilecik Jurasığı. 50. Yıl Yerbilimleri kongresi, *Tebliğler Dergisi* MTA Yay., s.112-113.

Altunel, E. ve Barka, A. (1998). Eskişehir fay zonunun İnönü-Sultandere arasında neotektonik aktivitesi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 41, 2, 41-52.

Anbalagan, R. (1992). Landslide Hazard Evaluation and Zonation Mapping of Mountainous Terrain, *Engineering Geology*, 32, 269-277.

Anbalagan, R. ve Singh. B. (1996). Landslide Hazard and Risk Assessment Mapping of Mountainous Terrains: A Case Study from Kumaun Himaliya, India, *Engineering Geology*, 43, 237-246.

Ayalew, L., Yamagishi, H., Marui, H., Kanno, T. (2005). Landslides in Sado Island of Japan: Part II. GIS-based susceptibility mapping with comparisons of results from two methods and verifications. *Engineering Geology*, 81, 432-445.

Ayaroğlu, H. (1979). Bozüyük metamorfitlelerinin (Bilecik) petrokimyasal özellikleri. *TJK Bülteni*, 22/1,101-108.

Baeza, C. ve Corominas, J. (2001). Assessment of Shallow Landslide Susceptibility by Means of Multivariate Statistical Techniques, *Earth Surface processes and Landforms*, 26, 251-1263.

Barka, A., Reilinger, R., Şaroğlu, F. ve Şengör, A. M. C. (1995). The İsparta angle: its importancein the neotectonics of the eastern Mediterranean region.

Barka, A.A., Kadinsky-Cade, K. (1988). Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity. *Tectonics*, 7 (3), 663-684.

Bilgin, T. (1968). *Samanlı Dağları*. İstanbul Üniversitesi: Coğrafya Enstitüsü Yayınları 50, 196 s.

Bingöl, E., Akyürek B. ve Korkmazer, B. (1973). Biga yarımadasının jeolojisi ve Karakaya Formasyonunun bazı özellikleri. Cumhuriyetin 50. yılı Yerbilimleri Kongresi, *Tebliğler*, MTA, Ankara, s.70-77.

Bozkurt, E. (2001). Neotectonics of Turkey - asynthesis. *Geodinamica Acta*, 14, 3-30.

Bozkurt, S. (2012). Dağhacılar Güneyi (Göynük/Bolu) Bitümlü Kayaçlarının Organik Madde Miktarları ve Hidrokarbon Potansiyellerinin İncelenmesi. Ankara Üniversitesi. Yüksek Lisans Tezi.

Cruden, D. M. ve Varnes D. J. (1996). Landslide types and processes, "Highway Research Board Special Report", No: 1982, 36-75.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Çalgın, R., Pehlivanoğlu, H., Ercan, T. ve Şengün, M. (1973). Ankara Civarı Jeolojisi. MTA Rap. No: 6487 (yayımlanmamış).

Çevik, E. ve Topal, T. (2003). GIS-based landslide susceptibility mapping for a problematic segment of the natural gas pipeline. Hendek (Turkey). *Environmental Geology*, 44, 949-962.

Dağ, S. (2007). Çayeli (Rize) ve çevresinin istatistiksel yöntemlerle heyelan duyarlılık analizi. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Dai, F. C. ve Lee, C. F., (2002). Landslides on Natural Terrain Physical Characteristics and Susceptibility Mapping in Hong Kong, *Mountain Research and Development*, 22, 140-47.

Dai, F. C., Lee, C.F., Li, J. ve Xu, Z. W., (2001). Assessment of Landslide Susceptibility on the Naturel Terrain of Lantau Island, Hong Kong, *Environmental Geology*, 43,3,381-391.

Demirkol, C. (1973). Üzümlü – Tuzaklı (Bilecik ili) Dolayının Jeolojisi. İ. Ü. Fen Fakültesi Doktora Tezi, Tatbiki Jeoloji Kürsüsü.

Demirkol, C. (1977). Üzümlü – Tuzaklı (Bilecik) Dolayının Jeolojisi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, C.20/1. 9-16.

Doğan, F. S. (2013). Gölpazarı (Bilecik) Yöresi Örtü Birimlerinin Paleontolojisi ve Stratigrafisi. Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, s.1-64-65.

Duru, M., Gedik, İ., Aksay, A. (2002). Türkiye Jeoloji Haritaları No: 37 Adapazarı H24 Paftası. Jeoloji Etüdüleri Dairesi, MTA Genel Müdürlüğü.

Einstein, H. H. (1988). Special lecture: Landslide risk assessment procedure. Proc 5th International symposium on Landslides, Lausanne, 2, 1075-1090.

Ekmekçi, M. ve Nazik, L. (2004). Evolution of Gölpazarı-Huyuk karst system (Bilecik Turkey): Indications of morpho-tectonic controls. *International Journal Speleology*, 33 (1/4), 4964.

Emre, Ö., Erkal, T., Tchepalyga, A., Kazancı, N., Keçer, M., Ünay, E. (1998). Neogene-Quaternary evolution of the Eastern Marmara Region, Northwest Turkey. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 120, 119-145.

Ercanoğlu, M. ve Gökçeoğlu, C. (2004). Use of Fuzzy Relations to Produce Landslide Susceptibility Map of a Landslide Prone Area (West Black Sea Region, Turkey, *Engineering Geology*, 75, 229-250.

Erener A., Şebnem H.ve Düzgün B. (2010). Improvement of statistical landslide susceptibility mapping by using spatial and global regression methods in the case of more and romsdal (norway). *Landslides*, C.7, 55-68.

Erk, S. (1956). Ankara yöresinde petrol ihtimalleri. MTA Rap. (yayımlanmamış)

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Erol, O. (1956). Ankara güneydoğusundaki Elmadağı ve çevresinin jeolojisi ve jeomorfolojisi üzerinde bir araştırma. MTA yayınları seri D. No:9 Ankara.

Eroskay, S. O. (1965). Paşalar Boğazı-Gölpazarı sahasının jeolojisi. *İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Mecmuası*, Seri: B, XXX, 3-4, s. 135-159-170.

Fell, R., Corominas, J., Bonnard, C., Cascini, L., Leroi, E., Savage, W. Z. (2008). Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning. *Engineering Geology*, 102, 85-98.

Gautier, Y. (1984). Deformations et metamorphismes associes a la termature Tethysienne en Anatolie centrale (region de Sivrihisar, Turquie). Doktora Tezi, Paris Üniversitesi.

Gedik, İ. ve Aksay, A. (2002). MTA Genel Müdürlüğü 1:100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, Adapazarı-H25 Paftası. No: 38. MTA Jeoloji Etütleri Dairesi. Ankara.

Genç, S. C. ve Yılmaz, Y. (1994), Evolution of the Triassic continental margin, Nortwestern Anatolia, *Tectonophysics*, 243, 193-207.

Gomez H. ve Kavzoglu T. (2005). Assessment of shallow landslide susceptibility using artificial neural networks in Jabonosa River Basin, Venezuela, *Engineering Geology*, 78, 11–27.

Gökçeoğlu, C. ve Aksoy, H. (1996). Landslide Susceptibility Mapping of the Residuel Soils of the Mengen Region (Turkey) by Deterministic Stability Analyses and Image Processing Techniques, *Engineering Geology*, 44 147-161.

Gökçeoğlu, C. ve Ercanoğlu, M. (2001) Heyelan duyarlılık haritalarının hazırlanmasında kullanılan parametrelere ilişkin belirsizlikler. *Yerbilimleri*, 23, 189–206.

Göncüoğlu, M. C., Turhan, N., Şentürk, T., Özcan, A., Uysal, Ş. ve Yalınız, M. K. (2000). A geotraverse across Northwestern Turkey: tectonic units of central Sakarya region and their tectonic evolution. (Ed. Bozkurt, E., Winchester, J. A. and Piper, J. D. A.). *Tectonics and Magmatism in Turkey and Surrounding Area*. Geological Society. London. Special Publications, 173, 139-161.

Göncüoğlu, M. C., Turhan, N., Şentürk, T., Uysal, Ş., Özcan, A. ve Işık, A. (1996). Orta Sakarya' Nallıhan Sarıkacaya arasındaki yapısal birliklerin jeolojik özellikleri raporu. (Yayınlanmamış).

Gözübol A. M. (1978). Mudurnu-Dokurcun-Abant (Bolu ili) alanının jeoloji incelemesi ve Kuzey Anadolu yarılıminin yapısal özellikleri. İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi, Doktora Tezi.

Granit, Y. ve Tintant, H. (1960). Observation preliminaires sur le Jurassic de la region de Bilecik (Turquie) *Comptes Rendus Acad. Science, Paris*, s.1801-1803.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Guo, C., Montgomery, D. R., Zhang, Y., Wang, K. ve Yang, Z. (2015). Quantitative assessment of landslide susceptibility along the Xianshuihe fault zone, Tibetan Plateau, China, *Geomorphology*, C. 248, s. 93–110.

Guzzetti, F., Carrara, A., Cardinali, M. ve Reichenbach, P. (1999). Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multi-scale study, Central Italy. *Geomorphology*, C.31, S.1-4, 181216.

Honkura, Y., Işıkara, A. M. (1991). Multidisciplinary research on fault activity in the western part of the North Anatolian Fault Zone. *Tectonophysics*, 193, 347-357.

Ikeda, Y., Suzuki, Y., Herece, E. (1989). Late Holocene activity of the North Anatolian fault zone in the Orhangazi plain, Northwestern Turkey. In: Honkura, Y., Işıkara, A. M. (Eds.), Multidisciplinary research on fault activity in the western part of the North Anatolian fault zone (2). Tokyo Institute of Technology, Tokyo, s.16-30.

Ikeda, Y., Suzuki, Y., Herece, E., Şaroğlu, F., Işıkara, A. M. ve Honkura, Y. (1991). Geological evidence for the last two faulting events on the North Anatolian Fault Zone in the Mudurnu Valley, Western Turkey. *Tectonophysics*, 193, 335-345.

Jadda, M., Shafr i, H. Z. M., Mansor, S. B., Sharifikia, M., Pirasteh, S. (2009). Landslide Susceptibility Evaluation and Factor Effect Analysis Using Probabilistic-Frequency Ratio Model. *European Journal of Scientific Research*, C.33, S.4, 654-668.

Kaya, O., Wiedmann, J. ve Kozur, H. (1986). Preliminary report on the stratigraphy, age and structure of the so-called Late-Paleozoic and/or Triassic Melange or Suture Zone Complex of Northwestern Turkey, *Yer Bilimleri*, 13, 1-16.

Kibici, Y. (1982). Sarıcakaya (Eskişehir İli) masifinin jeolojisi, petrografisi ve petrolojik etüdü, masife ilişkin kalay araştırması. Eskişehir Devlet Mühendislik ve Mimarlık Akademisi, Doktora Tezi, s. 224.

Kibici, Y. (1999). Geochemical properties and genetical interpretation of the central Sakarya region granitoid belt, Afyon Kocatepe University, *Jurnal of Science*, 1, 143-157.

Kibici, Y., İlbeyli, N., Yıldız, A. ve Bağcı, M. (2010). Geochemical constraints on the genesis of the Sarıcakaya intrusivite rocks. Turkey: Late Paleozoic crustal melting in the central, *Chemie der Erde*, 70, 243-256.

Koçyiğit, A. (1987). Hasanoğlan (Ankara) yöresinin tektono – stratigrafisi: Karakaya orojenik kuşağının evrimi. Hacettepe Üniversitesi, *Yerbilimleri*, 14, 269-293.

Koçyiğit, A. (1988). Tectonic setting of the Geyve basin: age and total displacement of Geyve fault zone. *METU Pure Applied Sciences*, 21, 81-104.

Koçyiğit, A. (2000). Güneybatı Türkiye'nin depremselliği. BADSEM 2000-Batı Anadolu'nun Depremselliği Sempozyumu. 24-27 Mayıs İzmir, 30-39.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Lee S. ve Biswajeet P. (2006). Landslide Hazard Assessment at Cameron Highland, Malaysia Using Frequency Ratio and Logistic Regression. *Geological Research, Abstracts*, C. 8, 03421.
- Lee, S. ve Talib, J.A. (2005). Probabilistic landslide susceptibility and factor effect analysis. *Environment Geology*, 47:982-990.
- Lee, S., Evangelista, D.G. (2005). Landslide Susceptibility Mapping using Probability and Statistics Models in Baguio City, Philippines, 31st International Symposium on Remote Sensing of Environment. Saint Petersburg, Russia.
- Lee, S., Sambath, T. (2006). Landslide susceptibility mapping in the Damrei Romel area, Cambodia using frequency ratio and logistic regression models. *Environmental Geology*, C.50, No.6, 847-855.
- Leven, E. J. A. ve Okay A. İ. (1996). Foraminifera from the exotic Permo-Carboniferous limestone blocks in the Karakaya Complex, northwestern Turkey. *Rivista Italiana di Palaeontologia E Stratigrafia*. 102, 139-174.
- McKenzie, D. (1978). Active tectonics of the Alpine-Himalayan Belt. The Aegean Sea and Surrounding regions. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 55, 217-254.
- Metternicht, G. (2005). Remote sensing of landslides: An analysis of the potential contribution to geo-spatial systems for hazard assessment in mountainous environments, *Remote Sensing of Environment*. C.98, S.2-3, 284-303.
- Mohammady, M. (2012). Pourghasemi, H. R. ve Pradhan, B., Landslide susceptibility mapping at Golestan Province Iran: a comparison between frequency ratio, Dempster-Shafer, and weights of evidence models. *Journal of Asian Earth Sciences*, C.61, 222-236.
- Moon, V. ve Blackstock, H. (2004). A Methodology for Assessing Landslide Hazard Using Deterministic Stability Models. *Naturel Hazard*, 32, 111-134.
- Nagarajan, R., Roy, A., Vinod Kumar, R., Mukherjee, A. ve Khire, M. V. (2000). Landslide Hazard Susceptibility Mapping Based on Terrain and Climatic Factors for Tropical Monsoon Regions, *Bull. Engineering Geology*, 58, 275-287.
- Norman, T. (1973). Ankara melanjının yapısı hakkında. Cumhuriyetin 50. Yılı Yer Bil. Kong. Tebl. MTA Yay, 29-94.
- Okay, A. İ. (1984s). Distribution and characteristics of the northwestern Turkish blueschists, Geological Society London, *Special Publications*, 17, 455-466.
- Okay, A. İ., Siyako, ve Bürkan, K. A. (1991). Geology and tectonic evolution of the Biga Peninsula, northwest Turkey Yıldız Technical University, İstanbul, 44/ 1-2, 191-256.
- Okay, A. L. (1984a). Kuzeybatı Anadolu'da yer alan metamorfik kuşaklar. Ketin Sempozyumu, 20-21 Şubat 1984. Türkiye Jeoloji Kurumu Yayını, 83-92.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Orkan, N. (1972). Osmali-Ciciler (Bilecik ili) alanının jeoloji incelemesi. Tatbiki jeoloji kürsüsü Arşiv.

Önde, E. (2012). Gölpaazarı Havzası'nın (KB Türkiye) Jeolojik Evrimi. Ankara Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi. s.62.

Özalp, S., Emre, Ö., Doğan, A. (2013). Kuzey Anadolu Fayı Güney Kolu'nun segment yapısı ve Gemlik Fayı'nın paleosismik davranışı. KB Anadolu. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 147, 1-17, Ankara.

Özcan, A., Erkan, A., Keskin, E., Oral, A., Özer, S., Sümengen, M. ve Tekeli, O. (1980). Kuzey Anadolu Fayı-Kırşehir Masifi arasındaki temel jeolojisi. MTA Rap. No:6722 (yayımlanmamış).

Özdemir, A. ve Altural, T. (2013). A comparative study of frequency ratio, weights of evidence and logistic regression methods for landslide susceptibility mapping: Sultan Mountains. SW Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences*, C. 64, 180–197.

Özgür, E. M. (1990). Gölpaazarı Ovası ve Çevresinde Coğrafi Gözlemler. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*. Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi. Sayı: 1.2 Cilt: 33 Yayınlandığı Sayfalar: 397-410 Yayın Niteleme Bilgileri: 0378-2905.

Özmen, B. (2006). Ankara'nın Depremselliği, Afet İşleri Genel Müdürlüğü Bülten, C.42 S.1.

Öztürk, K., Yaltrak, C., Alpar, B. (2009). The Relationship Between the Tectonic Setting of the Lake İznik Basin and the Middle Strand of the North Anatolian Fault. *Turkish Journal Earth Sciences*, 18, 209–224.

Pachauri, A. K., Gupta, P.V. ve Chander, R. (1998). Landslide Zoning in a Part of The Garhwal Himalayas. *Environmental Geology*, 36, 3-4, 325-334.

Pachauri, A.K. ve Pant, M. (1992). Landslide Hazard Mapping Based on Geological Attributes, *Engineering Geology*, 32, 81-100.

Parlak, B., Sayılı, İ. S. (2012). Mayıslar Sahası (Sarıcakaya- Eskişehir) Polimetal Cevherleşmeleri Alterasyon Zonları İçindeki Kuvars ve Kalsitlerde Sıvı Kapanım Verileri. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, C.55, S.2, 132s.

Pişkin, Ö., Ergün, M., Savaşçın, M. Y. ve Tarcan, G. (1995). IESCA- Proceedings da, 3-17.

Reis, S., Yalçın, A., Atasoy, M., Nişancı, R., Bayrak, T., Sancar C., Ekercin, S. (2009). CBS ve Uzaktan Algılama Teknikleri ile Heyelan Duyarlılık Haritalarının Üretimi: Rize İli Örneği. *Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği V. Teknik Sempozyumu*. Ankara-Türkiye.

Remondo, J., Gonzalez, A., Teran, J. R. D. D., Cendrero, A., Fabbri, A. ve Chung, C. J. F. (2003). Validation of Landslide Susceptibility Maps; Examples and Applications From A Case Study in Northern Spain. *Natural Hazards*, 30, 437-449.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Saner, S. (1977). Geyve-Osmaneli-Gölpazarı-Taraklı alanının jeolojisi: Eski çökeltme ortamları Çökeltmenin Evrimi. İstanbul Üniversitesi, Doktora tezi , s.312. (yayımlanmamış).
- Saner, S. (1980). Batı pontidlerin ve komşu havzaların oluşumlarının levha tektoniği kavramı ile açıklanması. Kuzeybatı Türkiye, *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Dergisi*, 93/94, s.1-19.
- Saner, S., Taner, İ., Aksoy, Z., Siyako, M., Bürkan, K. A. (1979). Karabük Safranbolu bölgesinin jeolojisi. TPAO Rap. No: 1322 (yayımlanmamış).
- Sayın, E., Balaban, B. ve Becer, M. M. (2017). Frekans Oranı Metodu Kullanılarak Heyelan Duyarlılık Haritası Hazırlanması: Gölpazarı (Bilecik, Güney Marmara) Örneği. MÜHJEO 2017: Ulusal Mühendislik Jeolojisi - Jeoteknik Sempozyumu.
- Sayın, E., Balaban, B. ve Kuru, Y. (2017). Bilecik İli Heyelan Duyarlılık Analiz Raporu. Bilecik İl Afet Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, Arşiv1.
- Sevin, M. ve Aksay, A. (2002). Türkiye jeoloji haritaları, Bolu-G 28 paftası. MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara, No: 35, s. 23.
- Shahabi, H., Khezri, S., Bin Ahmad, B. and Hashim, M. (2014). Landslide susceptibility mapping at central Zab basin. Iran: A comparison between analytical hierarchy process, frequency ratio and logistic regression models. *Catena*, C.115, 55–70.
- Son, J., Suh, J. ve Park, H. D. (2016). GIS-based landslide susceptibility assessment in Seoul, South Korea, applying the radius of influence to frequency ratio analysis, *Environmental Earth Science*, 75:310.
- Şaroğlu, F., Emre, Ö. ve Boray, A. (1987). Türkiye'nin Diri Fayları ve Depremsellikleri. MTA Genel Müdürlüğü. Rapor No: 8174, Ankara, 394s. (yayımlanmamış).
- Şaroğlu, F., Emre, Ö. ve Kuşçu, İ. (1992). Türkiye Diri Fay Haritası. MTA Genel Müdürlüğü. Ankara.
- Şengör, A. M. C., Görür, N. ve Şaroğlu, F. (1985). Strike-slip faulting and related basinformation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study. Biddle, K. T. ve Christie-Blick, N. (ed.). *Strike-Slip Deformation, Basin Formation and Sedimentation*. Society of Economic Paleontologists and Mineralogis, *Special Publication*, 37, 227-264.
- Şentürk, K. ve Karaköse, C. (1979). Orta Sakarya dolayının temel jeolojisi. MTA Enst. Rap. No: 6642 (yayımlanmamış).
- Şentürk, K. ve Karaköse, C. (1981). Orta Sakarya Bölgesinde Liyas Öncesi Ofiyolitlerin Ve Mavişistlerin Oluşumu ve Yerleşimi. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, O. 24, 1-10
- Tanoğlu, A. ve Erinç, S. (1956). Garsak Boğazı ve Eski Sakarya. *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi*, 4 (7), 17-30.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Temesgen, B., Mohammed, M. U. ve Korme, T. (2001). Natural Hazard Assessment Using GIS and Remote Sensing Methods, with Particular References to the Landslides in the Wondogenet Area, Ethiopia. *Physics. Chemistry. Earth (C)*, 26, 665-675.

Tokay, F. ve Altunel E. (2005). Eskişehir Fay Zonunun İnönü - Dodurga Çevresinde Neotektonik Aktivitesi. *MTA Dergisi*. 130, 1-15

Tsukuda, E., Herece, E. ve Kuşçu, İ. (1988). Some geological evidence on activity of the western North Anatolian fault, Geyve, İznik, Gemlik area, research on Quaternary crustal movement and earthquake prediction. Report of International Research and Development Cooperation ITIT Project. 8513, Tokyo, s.69-91.

Ural, R. ve Mumcu, N. (1974). Gölpazarı ovası hidrojeolojik etüt raporu. DSİ Raporu, No: 1205/29- HJ.

Varnes, D. J. (1978). Landslide types and processes. In: Landslide and Engineering Practice. E. B. Eckel, (ed.). *Highway Research Board, Special Report*, 12-13, 29, 20-47.

Varnes, D. J. (1984). Landslide Hazard Zonation: A Review of Principles and Practices Comission on Landlides of the IAEG. UNESCO. Paris.

WP/WLI (Working Party on World Landslide Inventory), (1993). A suggested method for describing the activity of a landslide, IAEG Bull, 47, 53-57.

Yalçın, A. (2005). Ardeşen (Rize) Yöresinin Heyelan Duyarlılığı Açısından İncelenmesi, Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Yılmaz, I. (2009). Landslide Susceptibility Mapping Using Frequency Ratio, Logistic Regression, Artificial Neural Networks And Their Comparison: A Case Study From Kat Landslides (Tokat-Turkey), *Computers & Geosciences*, 35 (6), 1125-1138.

Yılmaz, Y. (1977), Söğüt-Bilecik dolayındaki 'Eski Temel karmaşığı'nın petrojenik evrimi. Doçentlik Tezi. İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi. Tatbiki jeolojisi kürsüsü, 169.

Yılmaz, Y. (1980). Ofiyolit Sempozyumu, *Yeryuvar ve İnsan*, 5/1-2 s. 64-67, Ankara.

Yılmaz, Y., Tüysüz, O., Gözübol, A. M. ve Yiğitbaş, E. (1981). Abant (Bolu)-Dokurcun (Sakarya) arasındaki Kuzey Anadolu Fay Zonunun kuzey ve güneyinde kalan tektonik birliklerin jeolojik evrimi. İstanbul, *Yer Bilimleri*, 2/3-4, 239-261.

Yoshioka, T. ve Kuşçu, İ. (1994). Late Holocene faulting events on the İznik-Mekece fault in the western part of the North Anatolian fault zone. Turkey. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, 45 (11), 677-685.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Youssef, A. M., Pourghasemi, H. R., El-Haddad, B. A. ve Dhahry, B. K. (2016). Landslide susceptibility maps using different probabilistic and bivariate statistical models and comparison of their performance at Wadi Itwad Basin, Asir Region, Saudi Arabia, *Bulletin of Engineering Geology and Environment*.

Youssef, A. M., Pradhan, B., Pourghasemi, H. R. ve Abdullahi, S. (2015). Landslide susceptibility assessment at Wadi Jawrah Basin, Jizan region, Saudi Arabia using two bivariate models in GIS, *Geosciences Journal*. September, C.19, No.3, s.449-469.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : BALABAN Betül
Doğum tarihi ve yeri : 15/07/1988 - Balıkesir
e-mail : betulbalaban88@hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Lisans	İstanbul Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği	2010
Lise	Muharrem Hasbi Lisesi	2005

İş Denevimi

Yıl	Yer	Görev
2013	Hakkari İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü	Jeoloji Mühendisi
2015	Bilecik İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü	Jeoloji Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce – çok az

Yayımlar

Sayın, E., Balaban, B. ve Becer, M. M. (2017). Frekans Oranı Metodu Kullanılarak Heyelan Duyarlılık Haritası Hazırlanması: Gölpazarı (Bilecik, Güney Marmara) Örneği. MÜHJEO'2017: Ulusal Mühendislik Jeolojisi - Jeoteknik Sempozyumu.