

GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ * SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
AFET YÖNETİMİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

GÜMÜŞHANE VE CİVARININ AFET GEÇMİŞİ VE
GELECEK DEPREM POTANSİYELİ ÜZERİNE
İSTATİSTİKSEL BİR ÇALIŞMA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Aynur KAYA

HAZİRAN - 2019
GÜMÜŞHANE



GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ * SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
AFET YÖNETİMİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

GÜMÜŞHANE VE CİVARININ AFET GEÇMİŞİ VE
GELECEK DEPREM POTANSİYELİ ÜZERİNE
İSTATİSTİKSEL BİR ÇALIŞMA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Aynur KAYA

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Serkan ÖZTÜRK

HAZİRAN - 2019
GÜMÜŞHANE

KABUL VE ONAY

Doç. Dr. Serkan ÖZTÜRK danışmanlığında, Aynur KAYA tarafından hazırlanan “Gümüşhane ve Civarının Afet Geçmişi ve Gelecek Deprem Potansiyeli Üzerine İstatistiksel Bir Çalışma” isimli bu çalışma 10 / 06 / 2019 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Saime ŞAHİNÖZ (Başkan)

Doç. Dr. Serkan ÖZTÜRK (Danışman)

Dr. Öğr. Üyesi Ali Erden BABACAN (Üye)

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

... / ... /

Prof. Dr. Ekrem CENGİZ

Enstitü Müdürü

BİLDİRİM

Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlamış olduğum “Gümüşhane ve Civarının Afet Geçmişi ve Gelecek Deprem Potansiyeli Üzerine İstatistiksel Bir Çalışma” isimli bu çalışmanın tamamen kendi çalışmam olduğunu, her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve alıntı yaptığım tüm çalışmaların kaynakçada yer aldığını taahhüt eder, tezimin kâğıt ve elektronik kopyalarının Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü arşivlerinde aşağıda belirttiğim koşullarda saklanmasına izin verdiğimi onaylarım.

Lisansüstü Eğitim-Öğretim yönetmenliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim.

☒	Tezimin tamamı her yerden erişime açılabilir.
☐	Tezim sadece Gümüşhane Üniversitesi yerleşkelerinden erişime açılabilir.
☐	Tezimin yıl süreyle erişime açılmasını istemiyorum. Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin tamamı her yerden erişime açılabilir.

.. / .. /

Aynur KAYA

ÖNSÖZ

Tez çalışma konusunun belirlenmesinde ve hazırlama sürecinin her aşamasında bilgisini, tecrübesini ve değerli zamanını esirgemeyerek bana her fırsatta yardımcı olan değerli danışman hocam Doç. Dr. Serkan ÖZTÜRK'e teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca desteklerini esirgemeyen ve bu günlere gelmeme sebep olan başta aileme ve çalışma boyunca desteklerini esirgemeyen Ahmet ÖZDEMİR'e kardeşlerim Sinan KAYA ve Serpil KAYA'ya teşekkürlerimi sunarım.

GÜMÜŞHANE - 2019

Aynur KAYA

ÖZET

[KAYA, Aynur]. Gümüşhane ve Civarının Afet Geçmişi ve Gelecek Deprem Potansiyeli Üzerine İstatistiksel Bir Çalışma, Yüksek Lisans Tezi, 2019 (XIII + 70 Sayfa)

Bu çalışma kapsamında, Gümüşhane'nin afet geçmişi araştırılmış ve Gümüşhane ve civarındaki deprem oluşumlarının bölge-zaman-magnitüd davranışları analiz edilerek gelecek deprem potansiyeli üzerine istatistiksel bir değerlendirme yapılmıştır. Bu amaçla, tamlik magnitüdü M_c -değeri, sismotektonik b -değeri, fraktal boyut D_c -değeri, standart normal sapma Z -değeri, *GENAS* modellemesi, depremlerin yıllık olasılıkları ve tekrarlama periyodları gibi en sık tercih edilen boyut-ölçeklendirme parametreleri kullanılmıştır. Deprem kataloğu süre magnitüdü M_d için homojendir ve 1970-2018 yılları arasında magnitüdüleri $1,0 \leq M_d \leq 6,5$ arasında değişen 2902 depremi içermektedir. $M_c=2,8$ kullanılarak b -değeri $1,02 \pm 0,02$ olarak hesaplanmıştır ve bu değer, Gümüşhane ve civarındaki depremselliğin tipik olarak 1,0'e yakın bir değerle iyi temsil edildiğini gösterir. D_c -değeri $1,57 \pm 0,03$ olarak hesaplanmıştır ve bu sonuç, deprem aktivitesinin Gümüşhane ve civarında büyük ölçeklerde veya küçük alanlarda daha fazla kümелendiğini anlamına gelmektedir. Depremlerin yıllık olasılıkları ve tekrarlama periyodları, Gümüşhane'nin kısa ve orta vadede güçlü deprem oluşumları için önemli bir deprem potansiyeline sahip olmadığını göstermektedir. Bununla birlikte, düşük b -değerlerinin gözlemlendiği Kelkit ve Köse ilçeleri gelecekte olası bir deprem potansiyeline sahip olabilir. *GENAS* sonuçları ve Z -değeri analizleri, 2018 yılı başında depremsellik oranlarında önemli değişimlerin olmadığını ortaya koymuştur. Dolayısıyla, Türkiye'nin Gümüşhane ilinde deprem tehlikesi düşük ve deprem riski azdır. Sonuçta, deprem oluşumları için bölge-zaman-magnitüd dağılımları üzerine yapılan bu tür istatistiksel değerlendirmeler, gelecek deprem potansiyelinin belirlenmesinde önemli bir bakış açısı sağlayabilir.

Anahtar Kelimeler: Gümüşhane, b -değeri, D_c -değeri, Yıllık Olasılık, Tekrarlama Periyodu, Z -değeri, Deprem Potansiyeli

ABSTRACT

[KAYA, Aynur]. Disaster History of Gümüşhane and its Vicinity and A Statistical Study on the Future Earthquake Potential, Master Thesis, 2019 (XIII + 70 Page)

In the scope of this study, disaster history of Gümüşhane was investigated and a statistical evaluation on the future earthquake potential was made by analyzing the region-time-magnitude behaviors of earthquake occurrences in and around Gümüşhane. For this purpose, the most frequently preferred size-scaling parameters such as completeness magnitude M_c -value, seismotectonic b -value, fractal dimension D_c -value, standard normal deviate Z -value, *GENAS* modelling, annual probabilities and recurrence periods of earthquakes were used. Earthquake catalog is homogeneous for duration magnitude, M_d , and contains 2902 earthquakes with magnitude $1.0 \leq M_d \leq 6.5$ between the years 1970 and 2018. b -value was calculated as 1.02 ± 0.02 by using $M_c = 2.8$ and this value shows that seismicity in and Gümüşhane is well represented with a value typically close to 1.0. D_c -value was computed as 1.57 ± 0.03 with and this result means that earthquake activity is more clustered at larger scales or in smaller areas in Gümüşhane and vicinity. Annual probabilities and recurrence periods of earthquakes show that Gümüşhane has not an important earthquake potential for the strong earthquake occurrences in the short and intermediate terms. However, Kelkit and Köse districts in which small b -values were observed may have a possible earthquake potential in the next. *GENAS* results and Z -value analyses revealed that there are not significant changes in seismicity rates at the beginning of 2018. Therefore, earthquake hazard is low and earthquake risk is minor in Gümüşhane province of Turkey. Finally, these types of statistical evaluations made on region-time magnitude distributions of earthquake occurrences may supply a significant perspective in the detecting of the next earthquake potential.

Key words: Gümüşhane, b -value, D_c -value, Annual Probability, Recurrence Period, Z -value, Earthquake Potential

İÇİNDEKİLER

DIŞ KAPAK

İÇ KAPAK

KABUL VE ONAY	II
BİLDİRİM	III
ÖNSÖZ.....	IV
ÖZET.....	V
ABSTRACT	VI
İÇİNDEKİLER	VII
TABLolar LİSTESİ.....	X
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	XI
KISALTMALAR LİSTESİ.....	XIII
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

1.AFET, AFET TÜRLERİ VE AFET YÖNETİMİ.....	4
1.1. Afet Kavramı.....	4
1.2. Afet Türleri	4
1.2.1. Doğal Kaynaklı Afetler.....	4
1.2.1.1. Deprem.....	5
1.2.1.2. Heyelan	6
1.2.1.3. Sel ve Taşkınlar.....	6
1.2.1.4. Kaya Düşmesi	6
1.2.1.5. Çığ.....	7
1.2.1.6. Kuraklık	7
1.2.1.7. Fırtına	7
1.2.1.8. Orman Yangınları	8

1.2.2. Teknolojik ve İnsan Kaynaklı Afetler.....	8
1.3. Afet Yönetimi	8
1.3.1. Afet Yönetim Evreleri.....	8
1.3.1.1. Zarar Azaltma.....	9
1.3.1.2. Hazırlıklı Olma.....	10
1.3.1.3. Müdahale.....	10
1.3.1.4. İyileştirme	10

İKİNCİ BÖLÜM

2.GÜMÜŞHANE İLİ AFETSELLİĞİ, AFET RİSKİ VE AFET GEÇMİŞİ	11
2.1. Gümüşhane İli Afetselliği	11
2.1.1. Coğrafik Konum ve Nüfus.....	11
2.1.2. İlin Afet Riskleri	11
2.1.2.1. Heyelan Riski.....	12
2.1.2.2. Kaya Düşmesi Riski.....	14
2.1.2.3. Sel Riski	15
2.1.2.4. Çığ Riski	16
2.1.2.5. Deprem Riski	17
2.2. Literatür Özeti	19

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3.GÜMÜŞHANE İLİNİN JEOLJİK, SİSMOTEKTONİK ÖZELLİKLERİ VE ANALİZ YÖNTEMLERİ	24
3.1. Gümüşhane İlinin Jeolojik ve Sismotektonik Özellikleri	24
3.2. İstatistiksel Analiz Yöntemlerinin Tanımlanması.....	29
3.2.1. Sismotektonik <i>b</i> -değeri (G-R ilişkisi) ve Tamlık Magnitüdü (<i>M_c</i> -değeri).....	29
3.2.2. Fraktal Boyut (İlişki Boyutu) <i>D_c</i> -değeri.....	31
3.2.3. <i>GENAS</i> Modellemesi	32
3.2.4. Standart Normal Sapma Z-Testi.....	33

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4.BULGULAR VE TARTIŞMA.....	35
SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	54
KAYNAKÇA	56
ÖZGEÇMİŞ.....	70



TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1.1. Afet Türleri	5
Tablo 2.1. Gümüşhane ve Çevresinde Meydana Gelen Büyük Heyelan Olayları	13
Tablo 2.2. Gümüşhane ve Çevresinde Meydana Gelen Kaya Düşmesi Olayları.....	15
Tablo 2.3. Gümüşhane ve Çevresinde Meydana Gelen Sel Olayları.....	16
Tablo 2.4. Gümüşhane ve Çevresinde Meydana Gelen Çığ Olayları	17
Tablo 2.5. Tarih Boyunca Gümüşhane İli ve Çevresinde Meydana Gelen Depremler Büyüklikleri ve Can Kayıpları	18

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Modern Bir Afet Yönetim Döngüsü	9
Şekil 2.1. Gümüşhane İlinde Meydana Gelmiş Afetlerin Dağılım Haritası	12
Şekil 2.2. Gümüşhane İli Heyelan Risk Haritası	14
Şekil 2.3. Gümüşhane Deprem Tehlike Haritası.....	19
Şekil 3.1. Gümüşhane ve Civarı İçin Yüzey Jeolojisi.....	27
Şekil 3.2. Gümüşhane ve Civarının Ana Tektonik Yapısı (Şehir Merkezleri Şekil Üzerinde Verilmiştir).....	28
Şekil 3.3. Uzun Vadeli Ortalama (LTA) Fonksiyonu İle Ortalama Oran Değişim Eğrisi	33
Şekil 4.1. Orijinal ve Kümesizleştirilmiş Deprem Kataloğu İçin Zamana Karşı Kümülatif Deprem Sayısı.....	35
Şekil 4.2. a) 1970-2018 Yılları Arasındaki $M_d \geq 1,0$ Olan Tüm Depremlerle Birlikte (Orijinal Katalog), b) Kümesizleştirilmiş Deprem Kataloğu	36
Şekil 4.3. 1970-2018 Yılları Arasındaki Depremlerin Zaman Histogramı.....	39
Şekil 4.4. 1970-2018 Yılları Arasındaki Depremlerin Magnitüd Histogramı	39
Şekil 4.5. 1970-2018 Yılları Arasındaki M_c -Değerinin Zamanla Değişimi	40
Şekil 4.6. 1970-2018 Yılları Arasında M_c -Değerinin Bölgesel Değişimi	41
Şekil 4.7. 1970-2018 Yılları Arasındaki Depremsellik Verilerine Ait Büyüklük-Frekans Dağılımı	42
Şekil 4.8. Gümüşhane ve Civarı İçin D_c -Değeri	42
Şekil 4.9. 1970-2018 Yılları Arasındaki Deprem Verilerine Ait b -Değerinin Zamanla Değişimi.....	44
Şekil 4.10. Sismotektonik b -Değerinin Gümüşhane ve Civarı İçin Bölgesel Değişim Haritası.....	45
Şekil 4.11. Farklı Magnitüd Seviyelerindeki Deprem Oluşumları İçin Yıllık Olasılıklar	45
Şekil 4.12. Farklı Magnitüd Seviyelerindeki Deprem Oluşumları İçin Tekrarlama Zamanları	46

Şekil 4.13. Gümüşhane ve Civarındaki Deprem Oluşumları İçin Farklı Magnitüd Seviyelerindeki Tekrarlama Zamanları Bölgesel Değişim Haritaları.....	47
Şekil 4.14. 1970-2018 Yılları Arasında Meydana Gelen Depremler İçin Zamanın Bir Fonksiyonu Olarak Magnitüd Değişimleri	48
Şekil 4.15. 2000-2018 Yılları Arasındaki Bir Yıllık Periyotlar İçin Kümesizleştirilmiş Deprem Kataloğu Kullanılarak Oluşturulan Standart Sapma Z-Değerinin Bölgesel Değişimleri	49
Şekil 4.16. Kümesizleştirilmiş Deprem Kataloğu İçin <i>GENAS</i> Sonuçları.....	52



KISALTMALAR LİSTESİ

AFAD	: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
Z-değeri	: Sismik Durgunluk (Standart Normal Sapma)
b-değeri	: Magnitüd-Deprem Sayısı Dağılımının Eğimi
a-değeri	: Belirli Bir Alandaki Genel Depremsellik Seviyesi
Dc-değeri	: Fraktal Boyut (İlişki Boyutu)
Mc-değeri	: Tamlık Magnitüdü
M_d	: Süreye Bağlı Magnitüd
M_w	: Moment Magnitüdü
M_L	: Yerel Magnitüd
FMD	: Frekans-Büyüklik Dağılımı
LTA	: Uzun Vadeli Ortalama (Log Term Average)
KRDAE	: Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü
KAFZ	: Kuzey Anadolu Fay Zonu
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü
Log N	: Analiz Edilen Depremlerin Kümülatif Sayısı
Cr	: Korelasyon İşlevi
MTA	: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
CBSE	: Central Board of Secondary Education
EM-DAT	: The International Disaster Database
FEMA	: Federal Emergency Management Agency
NIDM	: National Institute of Disaster Management
İSMEP	: İstanbul Sismik Riskin Azaltılması ve Acil Durum Hazırlık Projesi
UNISDR	: United Nations Office for Disaster Risk Reduction
MMO	: Makine Mühendisleri Odası
MIDIMAR	: Ministry of Disaster Management and Refugee Affairs
TUDAP	: Türkiye Ulusal Deprem Araştırmaları Programı

GİRİŞ

Afet kelimesi, bir etkileşimi ifade eden birçok olay türünü kapsar (Van Berlaer, 2017: 25). Afet, “yerel kapasiteyi zorlayan, dış yardım için ulusal veya uluslararası düzeyde bir talep gerektiren, büyük zarara, yıkıma ve insanın acı çekmesine neden olan ani bir olay” gerektiren bir durum veya olayın sonucudur (EM-DAT, 2009). Örneğin, aslında bir doğa olayı olan deprem, ortaya çıktığı yerdeki yapı stoku, hazırlık seviyesi, müdahale kapasitesi ve benzeri unsurların yetersiz ve kötü olması sonucunda afete dönüşebilir (İSMEP, 2009: 3). Afetler, dünyada ve ülkemizde geçmişte büyük yıkımlara sebep olmuş ve gelecekte de olmaya devam edecektir. Özellikle son yıllarda insan nüfusunun artması ile birlikte insan faaliyetlerinin doğanın dengesini bozması sonucu afetler daha sık görülmeye başlamıştır.

Türkiye’de meydana gelen afetlere bakıldığında en fazla hasara ve ölümlere depremler neden olmaktadır. Ülkemiz sıkça çeşitli afetlere maruz kalmakta bu afetleri etkilerine göre sıraladığımızda, “% 61 deprem, % 15 toprak kayması, % 14 sel, % 5 kaya düşmesi, % 4 yangın ve % 1 çığ” şeklindedir (MMO, 2012).

Türkiye’nin jeolojik ve tektonik yapısına bakıldığında günümüze kadar birçok yıkıcı depremin olması nedeniyle dünyanın önemli deprem kuşakları arasında yer almaktadır. Ülkemizde yaklaşık olarak beş yılda bir, depremler büyük can ve mal kaybına neden olmakta ve ülke gündemini her daim meşgul etmektedir (AFAD, 2014: 14). Ülkemizde “bulunan toprakların ortalama 2/3’si hasar yapıcı deprem tehdidi altındadır. Türkiye’de son yüz yılda meydana gelmiş 193 adet yıkıcı depremde yaklaşık 100,000 kişi hayatını kaybetmiş, 495,000 bina” yıkılmıştır (TUDAP, 2005).

Bir bölgedeki deprem riskini bilinmesi ve bu riske uygun önlemlerin alınması, olacak depremin meydana getireceği mal ve can kaybını en aza indirecektir. Yapılan çalışmaların büyük kısmı daha önce olmuş depremleri kullanarak istatistik yöntemler ile deprem oluş zamanlarının tahmin edilmesi ilkesine dayanmaktadır. Depremlerin oluş zamanlarının tahmini konusunda yapılmış olan çalışmalar, eski deprem verilerinin kullanılarak deprem oluş periyotları ve olasılıklarını belirlemektedir (Aydın vd., 2013: 7).

Jeolojik ve istatistiksel araştırmalar gelecekteki deprem olasılığını araştırmaktadır ve bu araştırmaların temel amacı, deprem olasılığı tahminlerinin güvenilirliğini artırmaktır. Depremlerin nedenlerini ve etkilerini daha iyi anlayarak, bu yıkıcı olaydan kaynaklanan hasar ve can kaybı azaltabilir. İstatistikler, önceki olaylara dayanarak gelecekteki olayların tahmin edilmesine yardımcı olur (Konşuk ve Aktaş, 2013: 24).

Deprem aktivitesindeki değişimlerin bölgesel ve zamana bağlı analizleri, kabuksal ana olaylarla ilişkili olarak öncü durgunluğun belirlenmesinde önemli sonuçlar ortaya koyar (Öztürk ve Sarı, 2017). Sismik durgunluk değerlendirmeleri, deprem tahmini araştırmalarına kanıt verebilir ve ayrıca belirli bir bölge için bir sonraki durgunluk dönemini gerçek zamanlı olarak tespit etmek için istatistiksel bir değerlendirme yapabilir (Öztürk, 2018: 216). Sismik durgunluk çalışmalarının aşağıdaki unsurları içermesi gerektiği önerilmektedir (Wyss ve Habermann, 1988: 320);

- Kullanılan deprem kataloğunda insan yapımı değişikliklerin değerlendirilmesi
- Homojen raporlamanın minimum büyüklüğünün gösterilmesi
- Bağımlı olayların kaldırılması
- Anomalinin miktarı ve öneminin nicel bir ölçümü
- Anomalinin başlangıcının nicel bir tespiti
- Anomalinin boyutlarının bir tahmini
- Anomalinin öneminin büyüklük bandının bir işlevi olarak değerlendirilmesi
- Yanlış alarm oranının bir değerlendirmesi
- Tektonik çerçevede anlam ifade eden ve sessizlik hipotezini test etmek için uygun olan deney tasarımı.

Gümüşhane ili dağlık ve engebenin çoğunlukta olduğu bir topografya sahiptir. Gümüşhane ilinde sel, heyelan, kaya düşmesi, çığ ve kuraklık gibi farklı doğal tehlikeler sıkça meydana gelmektedir. Daha çok heyelan ve kaya düşmesi görülürken depremler daha az ölçüde görölmektedir. Son dönemlerde Gümüşhane ilinde gerçekleşen kaya düşmesi olaylarında hem maddi hasarlar hem de can kayıpları yaşanmıştır. Ülkemizde meydana gelen en büyük deprem 1939 yılında meydana gelen Erzincan depremidir ve Erzincan Gümüşhane'nin komşu ilidir. Bu nedenle 1939 Erzincan depreminde Gümüşhane ilinde çok sayıda bina yıkılmış ve deprem sonucunda can kayıpları

yaşanmıştır. Yüksek dereceli yer ivmesi gösteren Erzincan ilinde gerçekleşebilecek olası büyük bir depremin Gümüşhane ilini olumsuz etkileyeceği kaçınılmaz bir gerçektir.

Bu çalışmada, “Gümüşhane’nin afet geçmişi araştırılmış, Gümüşhane ve civarındaki deprem oluşumlarının bölge-zaman-magnitüd davranışları analiz edilerek gelecek deprem potansiyeli üzerine istatistiksel bir değerlendirme” yapılmıştır. Bu amaçla, “tamlık magnitüdü M_c -değeri, sismotektonik b -değeri, fraktal boyut D_c -değeri, standart normal sapma Z -değeri, *GENAS* modellemesi, depremlerin yıllık olasılıkları ve tekrarlama periyodları gibi en sık tercih edilen boyut-ölçeklendirme parametrelerinin analizleri” gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın birinci bölümünde, literatür araştırması yapılarak afet kavramı, afet türleri, afet yönetimi konuları üzerinde durulmuştur. İkinci bölümde, Gümüşhane ili afetselliği, afet riski ve afet geçmişi hakkında literatür araştırması konuları üzerinde durulmuştur. Üçüncü bölümde, Gümüşhane ilinin jeolojik-sismik ve tektonik özellikleri ve analiz yöntemleri verilmiştir. Dördüncü bölümde ise, Gümüşhane ilinin deprem potansiyeli ile ilgili çalışmalar ve sonuçlarından bahsedilmiştir.

BİRİNCİ BÖLÜM

1. AFET, AFET TÜRLERİ VE AFET YÖNETİMİ

1.1. Afet Kavramı

Afet, bir topluluğun temel dokusunu ve normal işleyişini bozan ani veya büyük bir talihsizliğin meydana gelmesidir. Etkilenen toplulukların yardımsızlıkla başa çıkma kapasitesinin normalin ötesinde bir ölçekte zayıf veya mülk, altyapı, temel hizmetler ya da geçim kaynağı zararlarına veya mülkün zarar görmesine ya da kaybolmasına neden olan bir olay ya da olay dizisinin sonucudur (Westlund vd., 2007: 5). Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'ne göre afet, “dış yardım gerektirecek ani bir ekolojik olay” olarak tanımlanmaktadır. Aynı zamanda, aniden meydana gelen, hasara, ekolojik bozulmaya, insan yaşamını yitirmesine, sağlık ve sağlık hizmetlerinin bozulmasına neden olan ve etkilenen topluluğun kapasitesini dış yardım için yeterli bir ölçekte aşan herhangi bir olay olarak ta tanımlanmaktadır (Sena ve Woldemichael, 2006: 2).

1.2. Afet Türleri

Afetlerin en temel sınıflandırması, olayın doğal mı yoksa insan kaynaklı mı olduğuna dayanmaktadır. Doğal afetler kökene göre gruplandırılabilir bunlar; biyolojik, jeolojik, hidrolojik, iklimsel olaylardır. Teknolojik kökenli afetler ise insan kaynaklı olaylardır (Wirasinghe vd., 2013: 4). Afet türlerinin sınıflandırılması Tablo 1.1’de verilmiştir.

1.2.1. Doğal Kaynaklı Afetler

Doğal tehlikeler; küresel, bölgesel, ulusal ve yerel ölçeklerde atmosferik, jeolojik ve hidrolojik kökenlere sahip olan hızlı veya yavaş başlayan olayların neden olduğu doğal olarak meydana gelen fiziksel olaylardır (Sorensen vd., 2006). Bununla birlikte, ekonomik açıdan bakıldığında doğal bir afet, ekonomik sistemin işleyişinde bozulmaya neden olan varlıklar, üretim faktörleri, üretim, istihdam veya tüketim üzerinde önemli olumsuz etkileri olan doğal bir olay olarak tanımlanabilir. Bu doğal olayın örnekleri

depremler, fırtınalar, kasırgalar, yoğun yağışlar, kuraklıklar, soğuk hava, fırtına ve şimşekler olarak verilebilir (Hallegatte ve Przyluski, 2010: 14).

Tablo 1.1. Afet Türleri

DOĞAL AFETLER		TEKNOLOJİK VE İNSAN KAYNAKLI AFETLER		
Jeolojik Afetler	İklimsel Afetler	Sosyal Afetler	Biyolojik Afetler	Teknolojik Afetler
Heyelan	Sel	Savaşlar	Orman Yangınları	Biyolojik,
Deprem	Yıldırım	Yangınlar	Erozyon	Maden Kazaları
Kaya Düşmesi	Çığ	Terör Saldırıları	Salgınlar	Nükleer,
Volkanik	Sis	Göçler	Böcek İstilas	Kimyasal,
Patlamalar	Asit			Silahlar ve
Çamur Akıntıları	Yağmurları			Kazalar
Tsunami	Hava Kirliliği			Sanayi kazaları
	Sıcak Dalgası			
	Tornado			
	Dolu			
	Tipi			
	Siklonlar			
	Buzlanma			
	Tayfun			
	Hortum			
	Sıcak Dalgası			
	Aşırı Kar			
	Yağışları			
	Kuraklık			
	Orman			
	Yangınları			
	Hortum			

Kaynak: <https://afadem.afad.gov.tr/tr/3880/Dogal-Afetler>; (2019)

1.2.1.1. Deprem

Elastik olarak gerilmiş kayalarda depolanan enerji aniden serbest kaldığında depremler meydana gelir. Bu enerji salınımı, deprem kaynağının yakınındaki alanda yoğun bir şekilde yer sarsıntısına neden olur ve dünya genelinde sismik dalgalar denilen elastik enerji dalgaları gönderir. Depremler, bomba patlamaları, volkanik püskürmeleri,

minerallerdeki ani hacim değişimleri ve faylar boyunca ani kayma ile oluşabilir (Nelson, 2013: 1).

Deprem, dünyadaki en yıkıcı doğal afetlerden biridir. Deprem etkileri yüz binlerce kilometrekareyi kapsayabilir, yapılara veya altyapı tesislerine zarar verebilir, yüzbinlerce can kaybı ve yaralanma ile sonuçlanabilir ve etkilenen bölgenin sosyal ve ekonomik işleyişini bozabilir. Depremi oluşmasını engellemek mümkün olmamakla birlikte, etkileri azaltmak ve can kaybını, yaralanmaları ve hasarı azaltmak mümkündür (Adnan vd., 2015: 2).

1.2.1.2. Heyelan

Heyelan, kaya veya molozların yerçekimi etkisi altında yokuş aşağı hareketi olarak tanımlanmaktadır. Bu ani malzeme hareketi yaşam, ekonomi ve çevreye büyük zarar verebilir. Heyelan, belirli koşullar altında belirli jeolojik ortamlarda meydana gelen ve tekrarlayan doğal bir süreçtir. Heyelan zararlarının artan maliyetleri, insanların, yapıların ve kaynakların tehlikeye karşı artan hassasiyetinin doğrudan bir sonucudur (NIDM, 2012: 85).

1.2.1.3. Sel ve Taşkınlar

Sel, tartışmasız dünya çapında en yaygın olan hava ile ilgili tehlikedir. Hemen hemen her yerde oluşabilir. Bir sel, genellikle kuru olan toprağa taşan su olarak tanımlanır. Sel sık sık şiddetli yağışların bir sonucu olarak düşünülür ancak; taşkınlar devam eden hava olaylarıyla doğrudan ilgili olmayan çeşitli şekillerde ortaya çıkabilir. Şiddetli yağışların neden olduğu sel baskınları, önemli ekonomik kayıplar, insan ölümleri topluma ve ekosisteme olumsuz etkileriyle ilişkili hava durumuna bağlı bir hidrolojik tehlikedir. Sel, deprem gibi diğer doğal afetlerin yıkıcı gücü ile ortaya çıkmasa da, toplum ve ekonomi üzerinde genel etkileri vardır (Holton ve Curry, 2002: 769).

1.2.1.4. Kaya Düşmesi

Kaya düşmesi, kayaların çoğunlukla uçuşuma yüzü olan kaya yamaçlarından ayrılması ile başlar. Tüm ana kaya yamaçları, çatlamalara, eklemlerin açılmasına ve dolayısıyla kaya düşmesinin yükselmesine neden olabilecek çeşitli derecelerde hava koşullarına maruz kalır. Kaya düşmesi derecesi, fiziksel ve kimyasal hava koşullarına neden olan çevresel faktörlere ve ana kaya tipine bağlıdır. Dağlık bölgelerde kaya

düşmesi günlük bir olaydır. Kaya düşmesinin sıklığının ve büyüklüğünün tahmin edilemezliği potansiyel olarak insan yaşamını ve altyapısını tehlikeye atar (Dorren, 2003: 70).

1.2.1.5. Çığ

Çığ, bir dağın aşağı doğru kayan, hızla hareket eden, akışkanlaştırılmış kar kütesinden oluşan bir yamaç yetmezliğidir. Akış; buz, su, toprak, kaya ve ağaçlardan oluşabilir. Hasar miktarı, çığın tipine, çığda bulunan malzemenin bileşimi ve kıvamına, akışın hızına, kuvvetine ve çığ yoluna bağlıdır. Çığ olayları, depremler, termal değişiklikler ve kar fırtınası gibi doğal sismik veya iklimsel faktörler veya insan faaliyetleri tarafından tetiklenirler (www.ioem.idaho.gov, 2018).

1.2.1.6. Kuraklık

Kuraklık, genellikle bir mevsim veya daha uzun süreler boyunca yağış eksikliği olarak tanımlanır. Kuraklık, potansiyel olarak önemli ekonomik, sosyal ve ekolojik sonuçları olan doğal bir tehlikedir (Folger, 2017: 3). Başka bir ifade ile kuraklık; genellikle bir mevsim veya daha uzun bir süre boyunca yağışların yetersizliğidir (UNISDR, 2007: 5).

Kuraklık, diğer doğal tehlikelerden (örneğin; taşkınlar, tropikal siklonlar ve depremler) çeşitli şekillerde farklılık gösterir. Kuraklığın etkilerinin belli bir süre boyunca yavaşça biriktiği ve olayın sona ermesinden sonra yıllarca devam edebileceği için, kuraklığın başlangıcı ve bitişini belirlemek zordur (Wilhite, 2000: 4).

1.2.1.7. Fırtına

Rüzgâr fırtınası, belirli bir bölge için tipik olan bölgesel atmosferik olayların neden olduğu kuvvetli rüzgârları ifade eder. Rüzgârlar yeterince hızlı ise, fırtınalar olarak tanımlanırlar. Fırtına, bir ortamın veya atmosferin özellikle yüzeyini etkileyen ve şiddetli hava koşullarını kuvvetli bir şekilde etkileyen rahatsız edici bir durumdur. Şiddetli rüzgâr, dolu, gök gürültüsü, şimşek (fırtına), şiddetli yağış (kar fırtınası, yağmur fırtınası), şiddetli yağmur (buz fırtınası), kuvvetli rüzgârlar (tropik siklon, rüzgâr fırtınası) gibi normal şartlarda önemli bozulmalar olabilir (MIDIMAR, 2016: 7).

1.2.1.8. Orman Yangınları

Ormanlardaki en yaygın tehlike orman yangınıdır. Sadece orman zenginlikleri için değil, aynı zamanda fauna (bir bölgenin hayvansal doğası) ve bitki örtüsünün tüm rejimi için bir bölgenin biyolojik çeşitliliğini, ekolojisini ve çevresini ciddi şekilde tehdit eden bir tehdit oluşturmaktadır. Yaz aylarında aylarca yağmur yağmadığında ormanlar kuruyan yapraklar ile dolup taşar ve bu sayede en hafif bir kıvılcım ile alev alabilir (Plana vd., 2016: 7).

1.2.2. Teknolojik ve İnsan Kaynaklı Afetler

İnsan kaynaklı afetler, “tamamen veya ağırlıklı olarak insan faaliyetleri tarafından indüklenen olaylar” olarak tanımlanmaktadır. Bu terim, silahlı çatışmaların ortaya çıkması riskini ve uluslararası düzeyde tabi olan diğer sosyal istikrarsızlık veya gerginlik durumlarını kapsamaz (UNISDR, 2017: 28). Teknolojik veya insan kaynaklı afetler; çatışmalar, kıtlık, endüstriyel kazalar ve ulaştırma kazaları olarak tanımlanmaktadır. İnsan kaynaklı afetler, insan hareketi, eylemsizlik, ihmal veya hata nedeniyle oluşan olaylardır. Bu çevresel bozulma, kirlilik ve kazaları içerebilir (Mohamed, 2019).

1.3. Afet Yönetimi

Afet yönetimi, tehlikelerin olumsuz etkilerini ve afet olasılığını azaltmak için politikaları ve iyileştirilmiş başa çıkma kapasitelerini yönetmek için idari yönergeleri, kuruluşları, müdahale becerileri ve kapasiteleri kullanan sistematik bir süreçtir (Mainegra ve Abreu, 2012: 4).

Afet yönetimi, olabilecek her türlü afet olayını yönetmek için uygulanan bir süreç veya stratejidir. Genel olarak, bir kuruluşun kritik varlıklarını afete yol açabilecek tehlikelerden ve risklerden korumak ve planlanan yaşam süresince sürekliliği sağlamak için kullanılan strateji, organizasyon ve yönetim sürecidir (Rutto ve Otiike, 2016: 4).

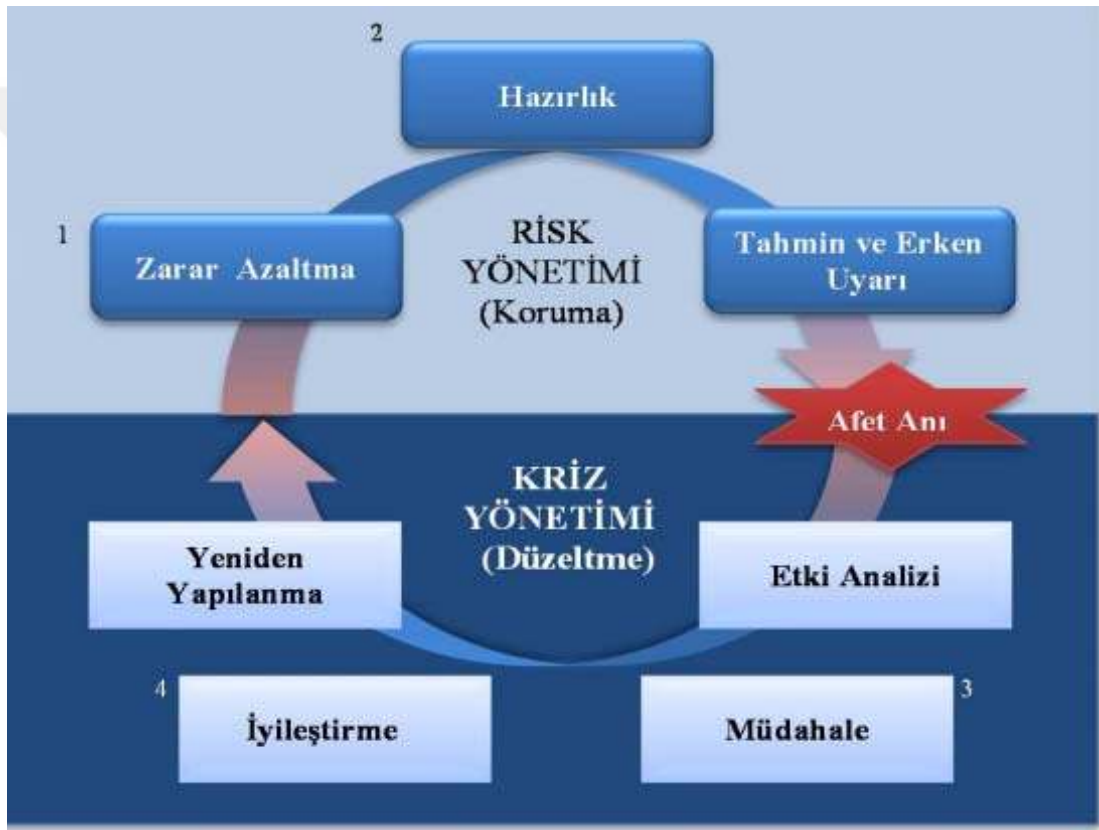
1.3.1. Afet Yönetim Evreleri

Afet Risk Yönetimi, doğal tehlikelerin, ilgili çevresel ve teknolojik felaketlerin etkisini azaltmak için toplumun ve toplulukların politikalarını, stratejilerini ve baş etme kapasitelerini uygulamada idari kararları, organizasyon, müdahale becerileri ve kapasiteleri kullanma sistematik sürecini ifade eder. Bunlar zarar azaltma veya tehlikelere

olumsuz etkileri sınırlama (azaltma ve hazırlıklı olma) gibi yapısal ve yapısal olmayan önlemler de dahil olmak üzere tüm faaliyetleri kapsar (Khan vd., 2008: 46).

Afet Risk Yönetimi, tehlikelerin olumsuz etkilerini önlemek veya sınırlandırmak (hafifletmek), zamanında ve güvenilir tehlike tahminleri sağlamak için tedbirler alarak, hane halklarının ve toplulukların yaşamlarını ve geçim kaynaklarını koruma kapasitelerini ve dirençlerini güçlendirmeyi amaçlamaktadır (Baas vd., 2008: 7). Afet yönetimi döngüsü Şekil 1.1’de gösterilmiştir.

Şekil 1.1. Modern Bir Afet Yönetim Döngüsü



Kaynak: www.millire.com/dergi/SAYI_104.pdf; (2019)

1.3.1.1. Zarar Azaltma

Zarar azaltma, doğal afetlerin ve ilgili çevresel ve teknolojik afetlerin olumsuz etkilerini sınırlamak için alınan önlemleri içerir (Messer, 2003: 5). Zarar azaltma, gelecekteki bir afetin ölçeğini azaltmak için hem tehlikenin etkilerini hem de savunmasız koşulların azaltılması için alınan önlemleri içerir. Bu nedenle, azaltma faaliyetleri tehlikenin kendisine veya tehdide maruz kalan unsurlara odaklanabilir. Tehlikeye özgü azaltma önlemlerine örnekler, kuraklığa eğilimli bölgelerde su yönetimini, insanları

tehlikeye eğilimli alanlardan uzağa yerleştirmeyi ve tehlike oluştuğunda hasarı azaltmak için yapıları güçlendirmeyi içerir (CBSE, 2006: 7).

1.3.1.2. Hazırlıklı Olma

Hazırlık süreci, bir olay ve merkezde, personel, sistem ve altyapı kapasitesinin oluşturulması veya sürdürülmesinin yanı sıra boşlukların belirlenmesi ve acil durum müdahale yeteneklerinin iyileştirilmesi için gerekli planlama, eğitim ve tatbikatın gerçekleştirilmesini içerir (Dale vd., 2017: 128). Hazırlık bir sonuç değildir. İstenilen bir hazırlık durumuna ulaşmak için sürekli bir etkileşim sürecidir. Hazırlık araçları (planlama, donatma, eğitim ve tatbikatlar) tüm acil durum yönetimi görev alanlarında (yani önleme, koruma, azaltma, müdahale ve kurtarma) yetenekler geliştirir. Hazırlık görevi, bir bütün hükümet ve bir bütün topluluk çabasıdır (FEMA, 2010: 20).

1.3.1.3. Müdahale

Müdahale, felaketten hemen sonra, hayatları kurtarmak, ıstırapı hafifletmek ve ekonomik kayıpları azaltmak amacıyla gerçekleştirilen toplu eylemlerdir. Örneğin, rahatlama, insanların güvenli yerlere ulaşması, yiyecek ve giyecek teminini vb. gibi eylemleri içerir (Miththapala, 2008: 2). Bu faaliyetlerin süresi afetin ciddiyetine bağlı olarak, altı ay veya bir yıl boyunca sürebilir (Khan vd., 2015: 10).

1.3.1.4. İyileştirme

İyileştirme aşaması, topluluğun ve sağlık sisteminin istikrar öncesi ve geri dönüş durumuna veya bazılarının “normale dönmesi” olarak nitelendirdiği duruma odaklanmaya odaklanır. İyileştirme aşamasının faaliyetleri, hasar görmüş binaları yeniden inşa etmekten ve bir toplumun altyapısını tamir etmekten farklı olabilir. İyileştirme aşaması, afetten birkaç ay sonra başlayabilir (Herrmann, 2007: 13).

İKİNCİ BÖLÜM

2. GÜMÜŞHANE İLİ AFETSELLİĞİ, AFET RİSKİ VE AFET GEÇMİŞİ

2.1. Gümüşhane İli Afetselliği

2.1.1. Coğrafi Konum ve Nüfus

Gümüşhane ilinin yüzölçümü yaklaşık 6600 km² olup Türkiye'nin Doğu Karadeniz bölgesinde yer almaktadır. Gümüşhane'ye komşu iller Trabzon, Erzincan, Bayburt ve Giresun'dur. İlçeleri ise Torul, Şiran, Kelkit, Kürtün, Köse'dir. Gümüşhane yaklaşık 1200 metre deniz seviyesinden yüksektir.

Gümüşhane ili iki farklı tipte yeryüzü şekline sahiptir. Bunlardan ilki Köse, Kelkit ve Şiran ilçelerinde var olan yüksek platolar, diğeri ise Gümüşhane merkez başta olmak üzere Kürtün ve Torul ilçelerinde görülen dar ve derin vadilerdir. Genellikle dağlık arazi yapısına sahip olan Gümüşhane'nin arazi bakımından yüzde 60'ını dağlar oluşturmaktadır. Gümüşhane ilinin iki adet önemli akarsuyu bulunmaktadır. Bunlardan ilki Gümüşhane merkezden geçip Karadeniz'e dökülen Harşit çayı diğeri ise Kelkit vadisinde yer alan Kelkit çayıdır. Abdal Musa Tepesi ilin en yüksek noktasıdır (Çoruh vd., 2018: 358). Gümüşhane nüfusu 2018 yılına göre "162.748'dir. Bu nüfus, 82.468 erkek ve 80.280 kadından" oluşmaktadır. Yüzde olarak ise; "% 50,67 erkek, % 49,33" kadındır (www.nufusune.com, 2019).

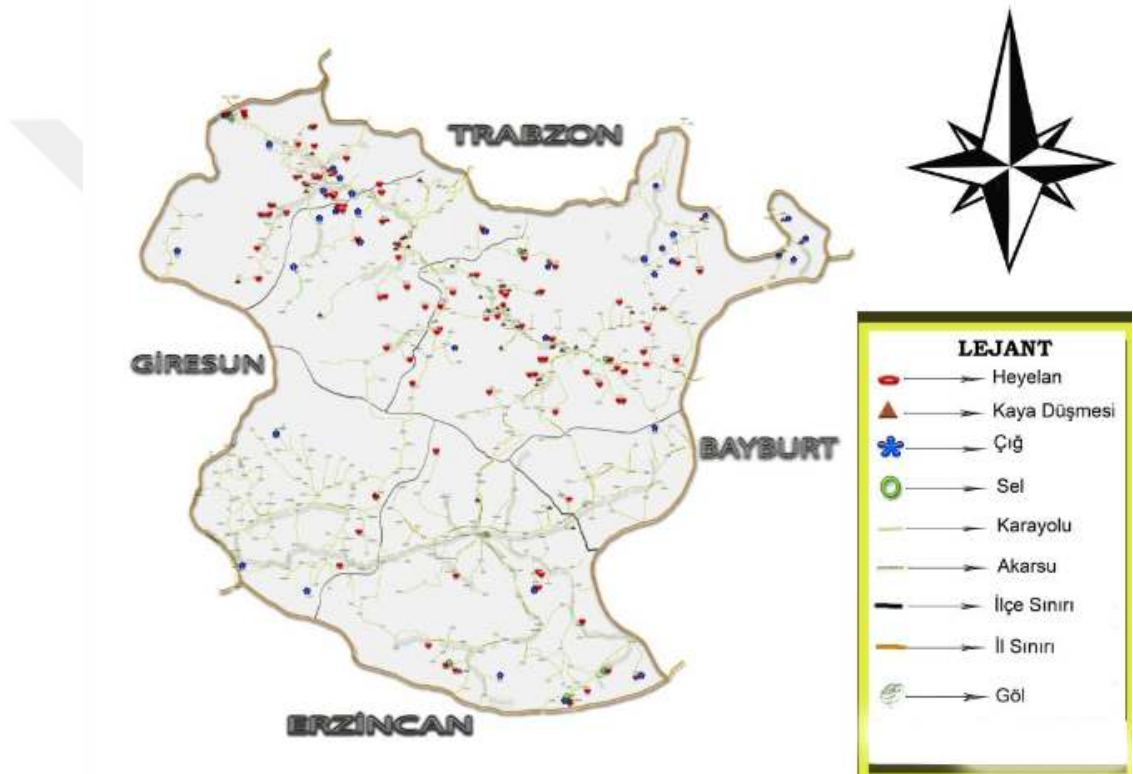
2.1.2. İlin Afet Riskleri

Karadeniz'in iç kesiminde yer alan Gümüşhane ili dağlık, engebeli ve vadi şeklindeki yapısından dolayı toprak kayması, heyelan vb. durumlar sık sık yaşanmaktadır. Kış aylarında çığ düşmeleri sık sık rastlanılmaktadır. Gümüşhane il merkezi düşük dereceli yer ivmesi gösteren deprem bölgesinde bulunmakta olup Kuzey Anadolu Fay Sisteminin ürettiği depremlerin etki sahasına girmektedir (Gümüşhane Valiliği Bayındırlık ve İskân Müdürlüğü, 2011). Gümüşhane ilinde meydana gelen afetler ile oluşturulan afet dağılım haritası Şekil 2.1'de verilmiştir.

Gümüşhane İlinde meydana gelen afet olayları genellikle;

1. Heyelanlar
2. Kaya düşmeleri
3. Çığ olayları
4. Sel ve taşkınlar
5. Depremler

Şekil 2.1. Gümüşhane İlinde Meydana Gelmiş Afetlerin Dağılım Haritası



Kaynak: www. Gümüşhane Valiliği Bayındırlık ve İskân Müdürlüğü; (2011)

2.1.2.1. Heyelan Riski

Gümüşhane ili afetleri incelendiğinde, heyelan en sık karşılaşılan olaylardan birisidir. Bölgede heyelanlar daha çok akma/oturma şeklinde görülmektedir. Bununla birlikte bazı heyelanlar yerleşim biriminin bir bölümünün çok geniş ölçekte afete maruz bölge olarak ilan edilmesine, bazı heyelanlar ise aşırı yağışlar sonrası aniden meydana gelerek can ve mal kaybına sebebiyet vermektedir. İlimizde meydana gelmiş heyelanlara bakıldığında yağış ve eğim faktörlerinin heyelan afetini tetikleyen en önemli iki parametre olduğu görülmektedir. Dik eğimli arazilerde (Merkez, Kürtün, Torul) heyelan olaylarının kuvvetli yağışlar sonrasında daha derinlerde ve büyük alanlı olarak meydana

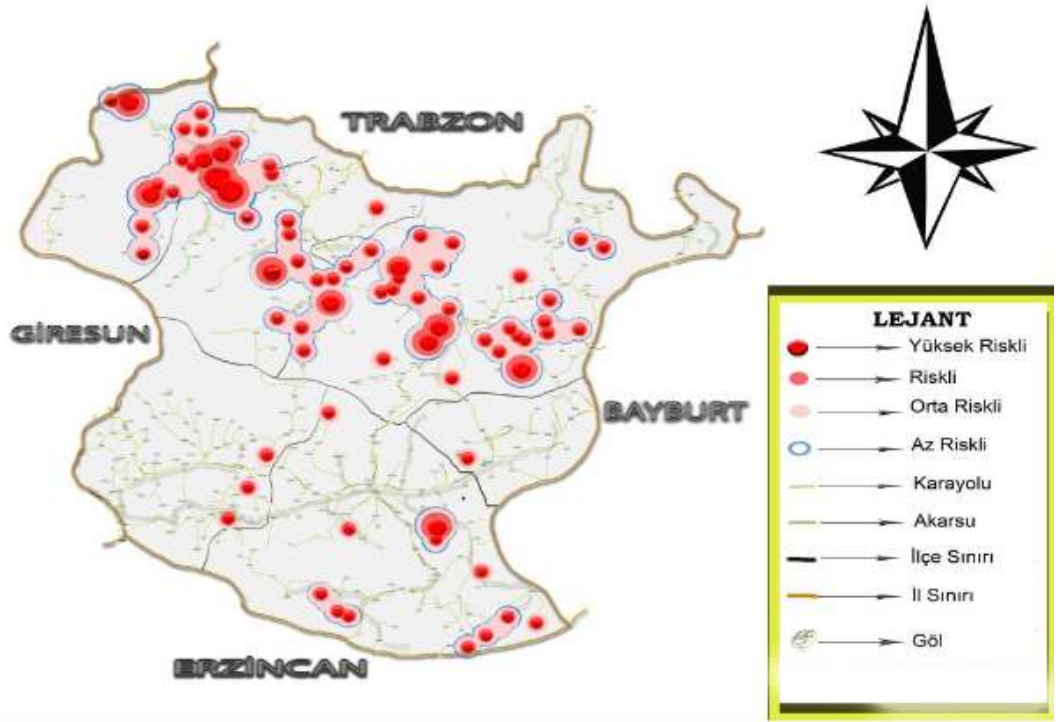
geldiği görülürken; daha düşük eğimli arazilerde (Kelkit, Köse, Şiran) genellikle sığ yüzeylerde meydana geldiği görülmüştür (Gümüşhane AFAD, 2017). Gümüşhane İl sınırları içerisinde son 50 yılda gelişen heyelan olaylarından etkilenen yerleşim bölgeleri heyelan yoğunluk haritası Şekil 2.2’de gösterilmiştir. Bölgede meydana gelen büyük çaplı heyelan olayları Tablo 2.1’de verilmiştir.

Tablo 2.1. Gümüşhane ve Çevresinde Meydana Gelen Büyük Heyelan Olayları

Sıra No	Afetin Türü	Etüd Tarihi	İlçesi	Belde-Köy	Mahalle
1	Heyelan	05.09.05	Merkez	Düğün yazı Köyü	
2	Heyelan	22.05.06	Merkez	Aksu Köyü	Celebiler Mah.
3	Heyelan	27.06.06	Merkez	Hasköy Köyü	Orta Mah.
4	Heyelan	06.08.08	Merkez		İnönü Mah.
5	Heyelan	08.03.16	Merkez	Gözeler Köyü	
6	Heyelan	16.10.06	Merkez	Mescitli Köyü	
7	Heyelan	19.05.06	Kelkit	Deredolu Beldesi	Cumhuriyet Mah.
8	Heyelan	02.08.06	Kelkit	Aziz Köyü	
9	Heyelan	07.06.06	Kelkit	Bulak Köyü	İğnebozan Mah.
10	Heyelan	08.09.05	Kelkit	Çimenli Köyü	
11	Heyelan	16.07.96	Köse	Akbaba Köyü	
12	Heyelan	04.08.06	Kürtün	Araköy Köyü	
13	Heyelan	06.01.16	Kürtün	Taşlıca Köyü	
14	Heyelan	19.04.12	Kürtün	Konacık Köyü	
15	Heyelan	11.09.93	Kürtün	Sarıbaba Köyü	Cami -Dere Mah.
16	Heyelan	19.02.06	Kürtün	Taşlıca Köyü	
17	Heyelan	20.09.00	Şiran	Ardıçlı Köyü	Hozman Deresi Mevkii
18	Heyelan	24.06.99	Şiran	Tepedam Köyü	
19	Heyelan	18.05.98	Şiran	Tepedam Köyü	
20	Heyelan	18.09.08	Torul	Işık Köyü	Hatipler Mah.
21	Heyelan	29.04.13	Torul	Işık Köyü	Hatipler Mah.
22	Heyelan	16.06.08	Torul	Bahçelik Köyü	Temeller Mah.
23	Heyelan	29.04.04	Torul	Dedelik Köyü	
24	Heyelan	24.05.14	Torul	Yurt Köyü	

Kaynak: Gümüşhane AFAD; (2019)

Şekil 2.2. Gümüşhane İli Heyelan Risk Haritası



Kaynak: www. Gümüşhane Valiliği Bayındırlık ve İskân Müdürlüğü; (2011)

2.1.2.2. Kaya Düşmesi Riski

Kaya düşmesi genellikle heyelan olayları ile birlikte gerçekleşmektedir. Gümüşhane'deki kaya düşmesi olayları incelendiğinde, çoğunlukla donma ve çözünme, şiddetli yağışlar, yıllık sıcaklık farkları gibi doğal unsurların yanı sıra; yol yapımı, patlatma (tünel, maden vb.) ve kazı çalışmaları, vb. yapay unsurlardan kaynaklandığı görülmektedir. Ayrıca yukarıda belirtilen nedenlerden dolayı büyük ölçekteki kaya bloklarının serbest halde askıda kaldığı, zaman içerisinde yerçekimi etkisi ile hareketlendiği de ilimizde yaygın bir şekilde görülmektedir. Kaya düşmeleri çoğunlukla kireçtaşı, volkanik-çökel ve granit-granodiyorit birimlerinde gerçekleşmiştir. İlimizin kuzeybatısının kaya düşmesi açısından duyarlılığının yüksektir (Gümüşhane AFAD, 2017). Gümüşhane meydana gelen kaya düşmesi olaylarının bazıları Tablo 2.2'de verilmiştir.

Tablo 2.2. Gümüşhane ve Çevresinde Meydana Gelen Kaya Düşmesi Olayları

Sıra No	Afetin Türü	Etüd Tarihi	İlçesi	Belde-Köy	Mahalle
1	Kaya Düşmesi	17.08.12	Merkez	Tekke	Katmerkaya, Kaleönü
2	Kaya Düşmesi	08.08.12	Merkez	Akocak Köyü	
3	Kaya Düşmesi	28.04.09	Merkez	Pirahmet Köyü	
4	Kaya Düşmesi	07.04.16	Merkez		Hasanbey Mah.
5	Kaya Düşmesi	10.03.04	Merkez	Balıca Köyü	
6	Kaya Düşmesi	04.01.19	Merkez		Oltanbey Mah.
7	Kaya Düşmesi	04.07.07	Merkez	Güngören Köyü	
8	Kaya Düşmesi	28.04.09	Merkez	Yeşilyurt Köyü	Cebaylı Mah.
9	Kaya Düşmesi	09.05.07	Kelkit	Öbektaş Beldesi	Halkevi Mah.
10	Kaya Düşmesi	08.12.12	Kelkit	Yeniyol Köyü	
11	Kaya Düşmesi	07.03.90	Kelkit	Özen Köyü	
12	Kaya Düşmesi	20.09.00	Kelkit	Salördek Köyü	
13	Kaya Düşmesi	11.04.17	Kürtün	Günyüzü Köyü	
14	Kaya Düşmesi	27.02.13	Kürtün	Gürgenli Köyü	Merkez, Mursal
15	Kaya Düşmesi	11.06.14	Kürtün	Kırgeriş Köyü	
16	Kaya Düşmesi	09.11.09	Kürtün	Kızılcadam Köyü	Güllüşah Mah
17	Kaya Düşmesi	30.03.16	Kürtün	Öz Kürtün	Karaçukur Mah.
18	Kaya Düşmesi	21.06.06	Şiran	Gökçeler Köyü	
19	Kaya Düşmesi	25.02.13	Şiran	Gökçeler Köyü	
20	Kaya Düşmesi	31.12.15	Torul	Yurt Köyü	
21	Kaya Düşmesi	09.06.00	Torul		Merkez Mah.
22	Kaya Düşmesi	29.01.01	Torul		Kaledibi Mah.
23	Kaya Düşmesi	09.06.09	Torul	Aksüt Köyü	Kodohor Mah.
24	Kaya Düşmesi	24.05.14	Torul	Yurt Köyü	

Kaynak: Gümüşhane AFAD; (2019)

2.1.2.3. Sel Riski

İlimizde heyelan ve kaya düşmesinden sonra en çok görülen afet olayı sel baskınlarıdır. İlkbahar mevsiminin gelişiyle artan yağış ilde bulunan dar yataklı dere vadilerinde sel oluşumuna sebebiyet vermektedir. Gümüşhane’de yaşanan sel olaylarında özellikle dere yataklarında bulunan bahçe ve evler sular altında kalmaktadır. Bu doğal afetin insan yaşamına verdiği zararı azaltmak için derelerin ıslah edilmesi ve dere yataklarına yerleşimin önlenmesi alınacak tedbirlerden en önemlileri olarak sayılabilir. Sel olayları genellikle Merkez, Torul ve Kelkit ilçelerinde sıklıkça görülmektedir (Gümüşhane Valiliği Bayındırlık ve İskân Müdürlüğü, 2011). Gümüşhane’de meydana gelen bazı sel olayları Tablo 2.3’te verilmiştir.

Tablo 2.3. Gümüşhane ve Çevresinde Meydana Gelen Sel Olayları

Sıra No	Afetin Türü	Etüt Tarihi	İlçesi	Belde-Köy	Mahalle
1	Sel	17.03.13	Merkez	Tekke-Harmancık Köyü	
2	Sel	19.06.16	Merkez		
3	Sel	14.04.17	Merkez	Pirahmet Köyü	
4	Heyelan+Sel	22.09.84	Kelkit	Aydoğdu Köyü	
5	Sel	12.03.07	Kelkit	Bindal Köyü	
6	Sel	19.07.78	Kelkit	Cemallı Köyü	
7	Sel+Heyelan	08.05.07	Kelkit	Kömür Köyü	Aşağı-Yukarı Mah.
8	Sel	27.09.95	Kürtün	Günyüzü Köyü	
9	Sel	19-20.06.1990	Kürtün	Taşlıca Köyü	
10	Heyelan+Sel	21.09.14	Kürtün		
11	Sel	15.06.18	Torul	Altıpınar Köyü	.
12	Sel	1990	Torul	Harmancık Köyü	

Kaynak: Gümüşhane AFAD; (2019)

2.1.2.4. Çığ Riski

Çığ olayları çoğunlukla karın hareketlenmesini teşvik eden eğimli ve bitki örtüsünce zayıf ya da çıplak alanlarda gerçekleşmektedir. Çığ olayları genellikle topografik yüksekliğin 1900 metre ve üzerindeki dağlık alanlarda, genel yamaç eğimlerinin 28 derece ile 45 derece arasında değişen ve bitki örtüsünden yoksun alanlarda görülür. Yine il içerisinde ki kaynak alan dağılımlarına bakıldığında, özellikle kuzey, kuzey doğu, kuzey batı bölgelerinde yayılım gösterdiği görülmektedir (Gümüşhane AFAD, 2017). Gümüşhane ve çevresinde meydana gelen çığ olaylarının bazıları Tablo 2.4'te gösterilmiştir.

Tablo 2.4. Gümüşhane ve Çevresinde Meydana Gelen Çığ Olayları

Sıra No	Afetin Türü	Etüd Tarihi	İlçesi	Belde-Köy	Mahalle
1	Çığ	09.07.08	Merkez	Akocak Köyü	Küçükçimen Yaylası
2	Çığ	06.09.12	Merkez	Aslanca Köyü	
3	Çığ	04.01.19	Merkez	Aşağı Yuvalı Köyü	
4	Çığ	29.08.83	Merkez	Örenler Köyü	
5	Çığ	27.03.02	Kürtün	Aş. Karadere K.	Özlüce Mah.
6	Çığ	25.01.09	Torul	Köstere Köyü	
7	Heyelan+Çığ	26.04.89	Torul	Atalar Köyü	
8	Çığ+Heyelan	14.08.79	Şiran	Ardıçlı Köyü	

Kaynak: Gümüşhane AFAD; (2019)

2.1.2.5. Deprem Riski

Doğu Anadolu Fay Hattı'nın uzantısı olan Kuzey Anadolu Fay Hattı Gümüşhane'nin güneyinde bulunan ilçesi Kelkit'e 70 km uzaklıktadır. Geçmişte bu fay zonunda oluşan ve Erzincan'ı etkileyen depremler Gümüşhane'nin özellikle güneyinde bulunan ilçeleri Kelkit, Şiran ve bu bölgedeki köyleri etkilemiş, bu bölgelerde insan hayatı kayıplarına sebep olmuştur. Son olarak Erzincan'da 13 Mart 1992 tarihinde meydana gelen depremde Gümüşhane büyük oranda etkilenmiş ve il "Afete Maruz Bölge" olarak ilan edilmiştir. Etkileri en fazla Kelkit ilçesinde hissedilen depremde 6 kişi yaşamını yitirmiş, 101 ev hasar görmüştür. (Gümüşhane Valiliği Bayındırlık ve İskân Müdürlüğü, 2011).

Türkiye deprem tehlike haritasında, Kelkit (0,275g), Şiran (0,295g) ve Köse (0,222g) İlçeleri yüksek dereceli yer ivmesi gösterirken, Gümüşhane Merkez (0,184g), Torul (0,185g) ve Kürtün (0,192g) ilçeleri ise düşük dereceli yer ivmesi göstermektedir. Kuzey Anadolu Fayına yakın bir bölgede yer alan Gümüşhane'nin, başta Kelkit ve Şiran ilçeleri olmak üzere her an deprem afetiyle karşı karşıyadır. Tarih boyunca Gümüşhane ili ve çevresinde meydana gelen depremler Tablo 2.5'te verilmiştir.

**Tablo 2.5. Tarih Boyunca Gümüşhane İli ve Çevresinde Meydana Gelen Depremler
Büyüklikleri ve Can Kayıpları**

Yer	Tarih	Aletsel Büyük	Ölü Sayısı	Yaralı Sayısı
Gümüşhane, Erzincan, Erzurum	17 06 1584	7.0		
Gümüşhane, Erzincan, Erzurum	17.06.1584	7.0		
Gümüşhane, Erzincan, Erzurum	01.11.1875	7.4		
Refahiye, Erzincan, Kelkit, Gümüşhane	20.05.1890	7.0		
Erzincan	27.12.1939	7.9	32.968	116.720
Kelkit (Erzincan Merkez)	27.12.1939	5.2		153
Kelkit (Gümüşhane)	12.11.1941	5.3	15	-
Kelkit (Gümüşhane)	12.03.1992	5	6	
Kelkit (Gümüşhane)	18.12.2004	3.0		
Kelkit (Gümüşhane)	19.12.2004	2.7		
Kelkit (Gümüşhane)	10.08.2017	4.0		
Kelkit (Gümüşhane)	26.04.2018	3.7		

Kaynak: Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü; (2019)

Şekil 2.3. Gümüşhane Deprem Tehlike Haritası



Kaynak: <https://deprem.afad.gov.tr/deprem-tehlike-haritasi>; (2019)

2.2. Literatür Özeti

Öncel ve Wilson (2007) yaptıkları çalışmada, 1999 İzmit depreminin (1999 Ağustos 17, $M_w=7,4$), zaman ve uzayda kümelenmelerini, genelleştirilmiş fraktal boyutlarındaki (D_c) değişimleri, Gutenberg-Richter b -değeri ve deprem sıklığının (N) varyasyonlarını kullanarak, depremden önceki 8,5 yıllık bir süre boyunca ayrıntılı olarak değerlendirilmişlerdir. Bu parametrelerdeki varyasyonların mekânsal ve zamansal olarak karşılaştırılması, daha önce gözlenenden daha kısa zaman dilimlerinde anormal ara terim davranışını ortaya koymaktadır. b -değerindeki değişimlerin merkez üssü dağılımının mekânsal ve zamansal fraktal boyutu ile arasında anlamlı bir ilişki olduğu görülmüştür. Bu korelasyonlar, 2-3 yıl aralıklarla ileri geri salınır ve fay zonu boyunca orta dereceli deformasyonun doğasında önemli dengesizliklerin ortaya çıktığını göstermektedir.

Jafari (2008) tarafından yapılan çalışmada, son on yıl boyunca İran'ın farklı sismik bölgelerindeki b -değeri ve a -değerindeki farklılıkları araştırılmış olup a ve b -değerleri ile ilgili genel bilgiler vermiştir. Gutenberg-Richter ilişkisi, deprem sismolojisinde, büyüklüklerin bir işlevi olarak depremlerin meydana gelme sıklığını temsil eden iyi bilinen bir ampirik ilişkidir. a -değeri ve b -değeri bu ilişkinin sabitleridir.

a -değeri, sismik faaliyet ve bununla birlikte, dikkate alınan pencerenin süresi ve hacmi ile ilgilidir. b -değeri (boyut dağılımı) kuvvetli olanın zayıf depremlere göreceli bolluğunun bir ölçüsüdür ve söz konusu alanın tektonik rejimi ile ilgili olduğu düşünülmektedir. b -değeri anomalileri düşük veya yüksek stres seviyelerinin anomalisinin, termal gradyandaki anomalinin veya kabuksal heterojenliğin bir göstergesi olabilir.

Öztürk (2011) çalışmasında, 1970-2010 yılları arasında Kuzey Anadolu Fay Zonu boyunca sismik aktivitenin özelliklerini incelemiştir. Çalışmada, Kuzey Anadolu Fay Zonunda meydana gelen depremlerin tamlik magnitudü 2,7 ile 2,9 arasında değişmekte olup depremlerin frekans büyüklüğü dağılımı, tipik olarak 1'e yakın bir b -değeri ile iyi temsil edilmiştir. Güçlü ana şoklardan önce, b -değerinin zamansal dağılımında açık bir düşüş gözlenmiştir. Fraktal boyutu D_c -değerleri nispeten büyüktür ve sismik aktivite Kuzey Anadolu Fay Zonundaki daha büyük ölçeklerde daha kümelenmiştir.

Yadav vd. (2012) yaptıkları çalışmada, 28 Ekim 2008'de Pakistan'ın kırsal ve dağlık bölgesinde meydana gelen depreminde ($M_w=6,4$), artçı şokların ve odak mekanizmasının mekânsal dağılımı, artçı şoklarda zamansal azalma, G-R ilişkisinin b -değeri, artçı şoklardan kaynaklanan yayılmış sismik enerjinin bölünmesi ve mekânsal fraktal boyut (D_c -değeri) gibi istatistiksel parametreleri incelemişlerdir. Kümülatif sismik Coulomb gerilmesinin, öncü şok ve ana şoklara bağlı olarak değiştiği görülmüştür.

Lukk ve Popandopoulos (2012) tarafından yapılan çalışmada, Tacikistan'da 1955-1992 yılları arasında meydana gelen $M=0-5$ büyüklüğündeki deprem kataloglarından elde edilen veriler incelenmiştir. Çalışmada, gözlemlerin tasarımını ilerletmekle ilişkilendirilen minimum tamlik büyüklüğünde uzaysal-zamansal değişiklikler olduğunu ortaya koymuştur. Katalog için (M_c) gerçek minimum tamlik büyüklüğünü (kesim büyüklüğü), b -değerinin hesaplama yöntemini ve hacmi belirleme güvenilirliğinin bir fonksiyonu olarak b -değerinin hesaplanmasının doğruluğu analiz edilmiştir.

Bayrak ve Bayrak (2012) yaptıkları çalışmada, 1900-2011 yılları arasında Batı Anadolu'daki farklı bölgeler için Gutenberg-Richter (G-R) parametrelerinin (a ve b) ve fraktal (korelasyon) boyutunun (D_c) bölgesel değişimlerini ve bu parametreler arasındaki ilişkileri araştırmışlardır. İncelenen alan 15 farklı sismojenik bölgeye ayrılmış ve Batı Anadolu'daki farklı bölgeleri için D_c ve a/b değerleri arasındaki pozitif korelasyonu gözlemlenmiştir. Hesaplanan yüksek korelasyon katsayısı ve bu parametrelerin daha az

saçılması nedeniyle a/b ve D_c arasındaki ilişkinin sismisite, deprem riski ve tehlike çalışmaları için kullanılabileceğini görülmüştür.

Pailoplee ve Choowong (2014) yaptıkları çalışmada, Güneydoğu Asya'da (Myanmar-Laos-Sumatra-Andaman) MLSEA tanınan 13 sismik kaynak bölgesinde frekans büyüklüğü dağılımı (FMD), fraktal boyut D_c -değerini, a ve b değerleri incelemiştir. Tam deprem veri setinin kullanılmasıyla, b ve D_c 'nin hesaplanan değerlerinin sismotektonik gerilmedeki farklılıkları ortaya koyduğu ifade edilmiştir.

Ghassabian vd. (2016) yaptıkları çalışmada, 1976-2015 yılları arasında Orta-Doğu İran bloklarının kuzeyindeki farklı bölgeler için Gutenberg-Richter parametreleri (a ve b), fraktal boyut (D_c) ve bu parametreler arasındaki ilişkileri hesaplamışlardır (North of Central-East Iran Blocks, NCEIB). Frekans büyüklüğü dağılımı (FMD) ve fraktal boyutu (D_c) için hem a hem de b değerleri 55 eşit grid aralığı için eşzamanlı olarak incelenmiştir. 1976-2015 yılları arasında aletsel dönem depremleri için tam deprem veri kümesi kullanılarak, hesaplanan a , b ve D_c değerlerinin sismik ve tektonik gerilmenin değişimiyle ilişkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Diming (2016) yaptığı çalışmada, 1983-2015 yılları arasında Kuzey-Güney Çin sismik kuşağında b -değerinin ve olası deprem tahmini üzerindeki varyasyonları araştırılmıştır. b -değer zaman serileri, zamana dayalı yöntem ve olaya dayalı yöntem olarak iki farklı şekilde hesaplanabilir ve hareketli pencereler ve örtüşen pencereler her iki şekilde de kullanılır. Yapılan çalışma ile elde edilen sonuçlar, b -değerinde ilk bir artış ve ardından 2008 Wenchuan depreminden önce sürekli bir eğim düşüşü göstermektedir. 2008 yılındaki büyük deprem gerçekleştikten sonra, b -değeri yaklaşık 1,0'a geri dönmüş ve tekrar azalmaya başlamıştır. b -değeri oranı tamamen tersine çevrilmiş bir eğilim göstermektedir. Bu durumda hem b -değeri hem de b -değeri oranı, 2008 $M=7,9$ Wenchuan depreminin tahmin öncesi öncülleri olarak kullanılabilir.

Ormeni vd. (2016) yaptıkları çalışmada, V-L-E-D (Vlora-Lushnja-Elbasani-Dibra) fay zonu boyunca sismotektonik b -değeri, öncül sessizlik Z -değeri korelasyonu ve diğer bazı depremsellik parametreleri arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Düşük b -değerine sahip alanlar, $M \geq 5,0$ depremlerinin mekânsal dağılımına ve bilinen yırtılma boyutlarına az veya çok denk gelir. b -değerindeki zamansal değişiklikler, ana olaylardan önceki ve sonraki bu zamanlardaki stres değişiklikleriyle ilişkili olabilir. En düşük Z -değerleri, sismik aktivite oranındaki değişikliklerin anlamlı olmadığını ve en yüksek Z -değerlerinin depremsellik oranında bir düşüş olduğunu göstermektedir.

Primandari ve Khotimah (2017) yaptıkları çalışmada, D.I.'nin güney denizi Yogyakarta, deprem sayısının Gutenberg-Richter yasasına uyduğunu varsayarak, önümüzdeki birkaç yıl içinde meydana gelebilecek deprem olasılığını hesaplamak için Maksimum Olabilirlik Yöntemi kullanılarak elde edilen b -değeri üzerinde çalışılmıştır. D.I.'nin güney denizi Yogyakarta, analizi kolaylaştırmak için dört alana bölünmüştür. Sonuç olarak, önümüzdeki beş yıl içinde, birinci ve ikinci bölgelerin 6,0 büyüklüğündeki depremden daha yüksek bir olasılık olması muhtemeldir.

Öztürk (2017b) yaptığı çalışmada, Türkiye'nin Doğu Anadolu bölgesindeki mevcut deprem potansiyelini ortaya çıkarmak için istatistiksel bir analiz gerçekleştirmiştir. Bu amaçla, Gutenberg-Richter b -değeri, sismik durgunluk Z -değeri, kümülatif moment, yıllık olasılık ve depremlerin tekrarlanma sürelerindeki son değişikliklere dayanarak bir uzay-zaman değerlendirmesi yapılmıştır. Bu bölgede b -değerindeki düşüş eğilimi, stres artışlarının bir göstergesi olabilir ve Z -değerindeki artış eğilimi, bir sonraki deprem olaylarından önce sessizlik alanlarını gösterebilir ve Doğu Anadolu bölgesindeki bu bölgeler, gelecekteki büyük depremler için en muhtemel yerlerden biri olarak yorumlanabilir.

Kijko ve Smit (2017) yaptıkları çalışmada, Güney Afrika'nın sismik olarak en aktif (tektonik) bölgesi olan Ceres-Tulbagh bölgesindeki b -değerini tahmini için araştırma yapılmıştır. Tamlık seviyesine bağlı olmayan, Gutenberg-Richter b -değeri büyüklüğü için iki yeni tahmin edici önerilmiştir. Monte Carlo simülasyonları, önerilen tahmin edicilerin, momentler (M) ve maksimum olabilirlik (M_L) prosedürleri yöntemiyle, özellikle eksik frekans-büyüklik dağılımının kademeli olarak eğrilen ve üç parametrelili gama dağılımı ile modellendiğinde etkili olduğunu göstermektedir.

Oluwafemi vd. (2018) yaptığı çalışmada, Nijerya'nın olasılıklı sismik tehlike analizini ve Nijerya'da gelecekteki muhtemel deprem büyüklüklerinin sınırı araştırılmıştır. Bu çalışmada Gutenberg-Richter tekrarlama yasası büyük ölçüde kullanılmıştır. Bu çalışmanın bulguları gelecekteki muhtemel deprem büyüklüğü hakkında bilgi vermekte ve Nijerya hükümetinin Nijerya'daki depremlere büyük önem vermesi tavsiye edilir.

Öztürk (2018) yaptığı çalışmada, Doğu Anadolu'daki deprenselliğin bölgesel ve zamansal özelliklerini sismotektonik b -değeri, fraktal boyut D_c -değeri, öncül sismik durgunluk Z -değeri ve bunların ilişkileri açısından analiz etmiştir. Bu çalışma aynı zamanda b ve D_c değerleri arasında güvenilir bir ampirik ilişki kurmayı ve bu

parametrelerin bölgenin deprem potansiyeli ile ilişkili olarak geçici değışikliklerini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Sismotektonik parametrelerin kombinasyonları, Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki deprem tehlikesini ortaya çıkarabilir ve böylece bu anomali bölgelerinde artan bir ilgi yaratabilir.



ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. GÜMÜŞHANE İLİNİN JEOLJİK, SİSMOTEKTONİK ÖZELLİKLERİ VE ANALİZ YÖNTEMLERİ

3.1. Gümüşhane İlinin Jeolojik ve Sismotektonik Özellikleri

Türkiye, tektonik özellikleri nedeniyle topraklarının % 98'i deprem riski altında bulunan bir ülkedir. Bu durum Türkiye'nin sahip olduğu jeolojik ve tektonik yapısı içinde bulunduğu coğrafik konumu ile doğrudan bağlantıdır. Türkiye, Alp-Himalaya orojenik sonucu oluşan genç bir arazi olup Akdeniz kısmında yer alır. Bu düzen Akdeniz'den batı-doğu yönünde Asya'ya doğru hareket etmektedir. Türkiye'nin üzerinde bulunduğu Anadolu Plakası; kuzeyde Avrasya Plakası, güneyde Afrika ve Arap Plakası, doğuda Doğu Anadolu Bloğu ve batıda Ege Bloğu tarafından çevrilmiştir. Türkiye'deki deprensellik, Arabistan, Afrika ve Avrasya plakalarının göreceli hareketlerinin bir sonucudur. Avrasya plakası, dünyanın en büyük plakalardan biri olup Afrika ile Arabistan plakalarına göre daha yavaş hareket etmektedir.

Yapılan jeodezik araştırmalara göre “Avrasya yılda 5 mm, Arabistan 18 mm ve Afrika 6 mm hızla kuzeye doğru” hareket etmektedir. Arabistan, Afrika ve Avrasya plakalar arasında kalan Anadolu Plakası bu plakalar tarafından sıkıştırılmış durumdadır. Bu sıkışma neticesinde Anadolu Plakası yılda ortalama 23 mm hızla batıya doğru hareket eder. Bu hareketlerin doğal sonucu olarak, Ege Bloğu ve Doğu Anadolu Bloğu da hareket etmektedir. Ege Bloğu, Afrika Plakasının üstüne doğru yıllık 3-4 cm'lik bir hareketle binmekte, Kars - Erzincan - Van - Hakkâri arasında kalan Doğu Anadolu Bloğu ise, kuzey yönünde yıllık 1-1,5 cm'lik bir hareketle Kafkaslara doğru ilerlemektedir (www.tusiad.org.tr, 2006).

Alpin Kuşağı ve Anadolu Plakasının üzerinde yer alan Türkiye aktif tektonik bir yapıya sahiptir. Türkiye ve civarında gözlenen tektonizma, Afrika, Ege, Anadolu, Karadeniz ve Avrasya levhaları ile İran ve Hazar levhalarının göreceli hareketlerine bağlı olarak oluşmuştur. En önemli tektonik yapılar “ Ege Yayı, Batı Anadolu Graben Sistemi (BAGS), Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ), Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ), Bitlis-Zağros Bindirme Zonu (BZBZ) ve Kafkaslar ” olarak verilebilir. Ayrıca, Kıbrıs Yayı, Ölü

Deniz Fay Zonu ve Orta Anadolu Fay Sistemi diğer önemli tektonik yapılardır. Ege Yayı, Afrika Plakasının kuzeye doğru Ege levhasının altına dalmasıyla oluşmuştur (Papazachos vd., 1991).

Batı Anadolu'daki graben sistemleri KG yönündeki genişlemeden dolayı DB yönünde oluşmuştur. Arap plakası, Avrupa plakasına kıyasla KKB yönünde hareket etmekte olup bu hareket Bitlis-Zağros Bindirme Zonu ve ters faylar boyunca kıtasal çarpışmalarla sonuçlanmıştır. Türkiye'nin doğusunda ve Kafkaslarda yüksek topografyaya neden olmuştur (McKenzie, 1970). Doğu Anadolu'daki sıkıştırmanın bir sonucu olarak Anadolu plakası batıya, Kuzey Anadolu plakası doğuya doğru hareket etmektedir. Kuzey Anadolu Fayı ve Doğu Anadolu Fayı sırasıyla sağ yönlü ve sol yönlü doğrultu atımlı fay sistemleridir. Türkiye'nin tektonik yapısının detaylı olarak anlatıldığı pek çok çalışma literatürde mevcuttur (örneğin, Koçyiğit vd., 2001; Bozkurt, 2001; Ulusay vd., 2004).

Bu çalışma kapsamında, Gümüşhane ilinin tektonik yapısı, depremselliği ve jeolojik yapısı farklı kaynaklardan derlenmiş ve temel hatlarıyla verilmiştir. Gümüşhane, Doğu Pontit tektonik kuşağının güney hattında bulunmaktadır. Bu alanda Paleozoyik'ten Eosen'e uzanan farklı yaşta ve litolojide kayaç birimleri görülür. Alanın en yaşlı kayaçları Permokarboniferler veya öncesi yaşlı metamorfikler ile granitoyitiklerdir.(Gümüşhane AFAD, 2017). Genel olarak, Gümüşhane volkanik kayaları, Doğu Pontit arkının güney bölgesinde ortaya çıkar ve esas olarak sığ bir havza ortamında biriken tortular (kireçtaşı, marn, silt taşı, kumtaşı) ile ilişkili aglomera, andezit, minör bazalt ve tüflerden oluşur (Arslan ve Aliyazicioglu, 2010).

Gümüşhane ve civarının jeolojik yapısı Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) web sayfasından sayısallaştırılarak oluşturulmuş (www.mta.gov.tr; 2007) ve Şekil 3.1'de verilmiştir. Gümüşhane şehir merkezinin kurulduğu alan genellikle granitik bir zemin üzerinde yer alır ve jeolojik haritadan da görüleceği üzere, granit, granadiyorit ve kuvarşlı diyorit (γ), Eosen yaşlı volkanik fasies (ev), ayrılmamış Kretase (Kr), üst Kretase (Krü) ve filiş (Krüf) yapılarla kaplıdır.

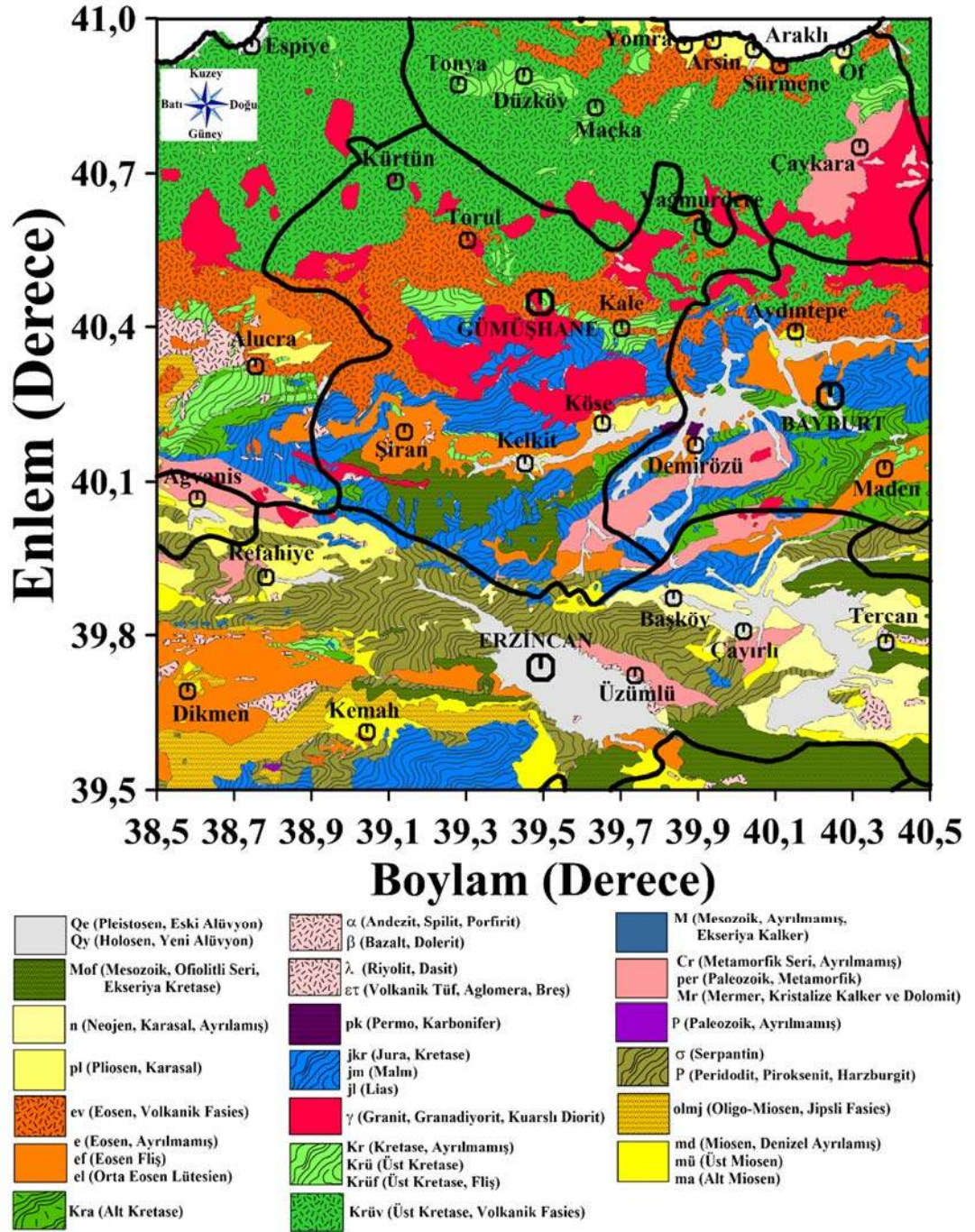
Torul ve civarı genel hatları itibariyle granit, granadiyorit, kuvarşlı diyorit ve Eosen yaşlı volkanik fasies yapılar içermektedir. Kürtün ve Özkürtün civarında ise yine granit, granadiyorit, kuvarşlı diyorit yapılar ile üst Kretase yaşlı volkanik fasiesler (Krüv) hâkimdir. Şiran ve civarı genel olarak ayrılmamış Eosen (e), Eosen filiş (ef), Orta Eosen Lütésien (el), andezit - spilit - porfir (α), bazalt - dolerit (β), riyolit - dasit (λ) ve volkanik

tüf - aglomera - breş ($\epsilon\tau$) zeminler üzerindedir. Kelkit ve Köse ilçelerinde ise genel olarak Pleistosen yaşlı eski alüvyon (Qe) ile Holosen yaşlı yeni alüvyon (Qy) yapılar, Neojen yaşlı karasal ayrılmamış yapılar (n), ayrılmamış Eosen, Eosen filiş, Orta Eosen Lütessen zeminler ile kısmen de granit, granadiorit ve kuvarslı diyorit mevcuttur.

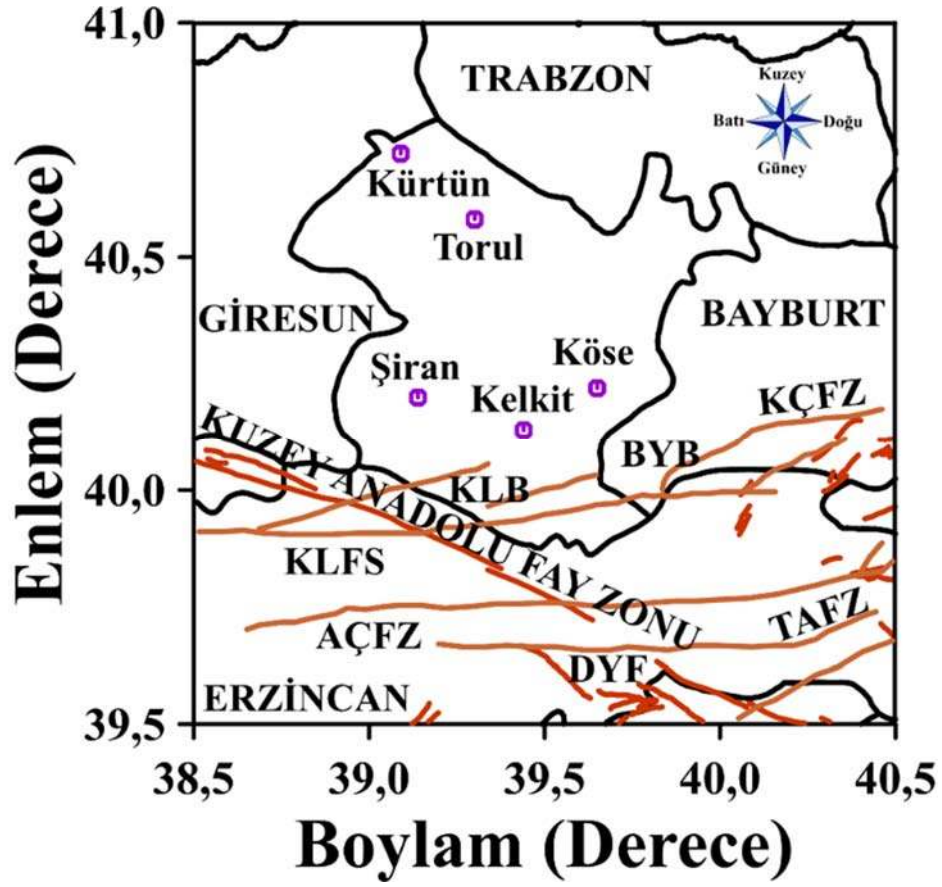
Türkiye'nin sismotektonik bölge açısından Gümüşhane, en sakin bölgelerinden biridir ve aktivitesi yüksek fay hatları bulunmamaktadır. Ancak, yaklaşık 80 km güneyden geçen ve deprem üretme potansiyeli yüksek olan Kuzey Anadolu Fayı üzerinde meydana gelebilecek büyük depremler bölgede sarsıntılara neden olacaktır. Bu sarsıntılar özellikle dere yataklarındaki alüvyonlar üzerine yapılmış binalarda hasara yol açacaktır (Öztürk, 2017a).

Kırık sistemleri ve kıvrım tektoniği; Gümüşhane bölgesinin şimdiki sismotektonik konumunu kazanmasındaki başlıca etmenlerdir. Kırık hatları çoğunlukla normal, ters ve doğrultu atımlı faylardan meydana gelip, KAFZ'a yakın bölgelerdedir. Asimetrik antiklinal ve senklinaller çoğunlukla kıvrımlı yapıları oluşturmuştur. (Taş vd., 2003).

Şekil 3.1. Gümüşhane ve Civarı İçin Yüzey Jeolojisi



Şekil 3.2. Gümüşhane ve Civarının Ana Tektonik Yapısı (Şehir Merkezleri Şekil Üzerinde Verilmiştir)



Şaraoğlu vd. (1992) ile Bozkurt (2001)'in derlenilmesiyle oluşturulan Gümüşhane civarı temel tektonik yapısı şekil 3.2'de gösterilmiştir. Şekil 3.2'de de görülen çok sayıdaki fay zonlarına örnek olarak, Gümüşhane ilçeleri olan Şiran, Kelkit, Köse ile komşu iller olan Bayburt ve Erzincan'dan geçen Kuzey Anadolu Fay Zonu ile ilişkili Kelkit Fay segmenti (KLFS), Kelkit baseni (KLB), Bayburt baseni (BYB), Kelkit-Çoruh Fay zonu (KÇFZ), Akdağ-Çayırılı Fay zonu (AÇFZ), Tercan-Aşkale Fay zonu (TAFZ) ve Dağyolu fayı (DYE) sayılabilir. Yaklaşık 600 km uzunlukta olan KÇFZ, güney batıdan kuzey doğuya doğru Kelkit, Çoruh, Posof ve Borjomi-Kasbeg fay segmentleri olmak üzere dört segmentten meydana gelir ve bu zon sol yönlü doğrultu atımlı fay zonudur.

KAFZ'dan yaklaşık 100 km uzunlukla ayrılan KLFS, Kelkit sınırlarında iki kola ayrılır ve bu ayrılmanın sonucu olarak bir basen meydana gelir.(Bozkurt, 2001). KAFZ'a yakın olarak Erzurum'un batısından geçen TAFZ yaklaşık 150 km uzunlukta, 2-4 km genişliktedir. Fay zonu sol yön doğrultulu atımlı fay zonudur. Hemen hemen 2-20 km uzunluğunda ve birbirine paralel olan birçok fay segmenti bulundurulur.(Bozkurt, 2001).

Türkiye'nin en az deprem görülen bölgelerinden biri olan Gümüşhane'de il sınırına yakın olarak gerçekleşen ve bu bölge için büyük sayılabilecek depremler; 19 Ocak 1979 ($M_d=5,0$) ve 12 Ağustos 1985 ($M_d=5,0$) depremleridir. Bu bölgede 1970-2018 yılları arasında oluşan depremlere bakıldığında, magnitüdü 5,0'dan büyük depremlerin genelinin Kuzey Anadolu Fay Zonu etrafında meydana geldiği (13 Mart 1992, $M_d=6,5$ ve 15 Mart 1992, $M_d=5,3$ Erzincan) görülür. Diğer depremler ise Gümüşhane'nin Kuzey Anadolu Fay Zonuna yakın kısımlarında yoğunlaşmıştır. Bu depremlerden günümüze en yakın tarihli depremler ise 30 Temmuz 2009 ($M_d=5,0$) Erzincan-Çağlayan ve 22 Eylül 2011 ($M_d=5,6$) Erzincan-Refahiye depremleridir.

3.2. İstatistiksel Analiz Yöntemlerinin Tanımlanması

Gümüşhane ve civarını içeren deprem aktivitesinin bölgesel ve zaman bağlı değişimlerini karakterize edebilmek için, Gutenberg-Richter (G-R) ilişkisindeki sismotektonik b -değeri, fraktal boyut D_c -değeri, tamlık magnitüdü M_c -değeri, öncü sismik durgunluk Z -değeri, yıllık olasılık ve tekrarlama periyotları gibi istatistiksel parametrelerle birlikte magnitüd dağılımlarının bölgesel ve zamana bağlı değişimleri analiz edilmiştir.

3.2.1. Sismotektonik b -değeri (G-R ilişkisi) ve Tamlık Magnitüdü (M_c -değeri)

Klasik frekans-büyüklik dağılımı (Gutenberg ve Richter, 1944), özellikle deprem öncüleri ve olasılıklı deprem tehlikesi değerlendirmeleri ile birlikte yaygın olarak kullanılmaktadır. Frekans-büyüklik dağılımı, belirli bir bölgede meydana gelen deprem sayısını M büyüklüklerinin bir fonksiyonu olarak tanımlamıştır. Bu ilişki,

$$\log_{10} N(M) = a - bM \quad (1)$$

Magnitüdü M ile $M+dM$ arasında yer alan depremlerin sayısı $N(M)dm$ denklemi ile hesaplanır, burada a ve b sabit değiştirgenlerdir. 1. denklem aşağıda gösterildiği gibi de yazabilir;

$$N(M) = N_0 10^{-b'M} = N_0 e^{-b'M} \quad (2)$$

Bu halde, $N_0 = N(0) = 10^a$, $b' = \ln 10$ dir. Burada $N_0 = N(0)$ magnitudü sıfır olan depremlerin sayısıdır (www.ktu.edu.tr, 2018). 1. Denklemden N , M' 'ye eşit veya daha büyük büyüklükteki kümülatif deprem sayısıdır. a ve b -değerleri, mekanda ve zamanda değişebilen gerçek sabitlerdir. a -değeri çalışma süresi boyunca belirli bir alandaki genel sismisite seviyesini karakterize eder, yani bir değer ne kadar yüksekse, sismisite o kadar yüksek olur. Frekans-büyüklik dağılımında gözlenen sabit b -değeri, tüm büyüklüklerde kendi kendine benzerliğin bir göstergesi olarak alınmıştır. Eğer öyleyse, deprem özellikleri, küçükten büyüğe depremler için aynı ve eşit şekilde ölçeklenmelidir. Frekans-büyüklik dağılımı üzerinde küçük depremlerin etkili olabileceği ifade edilmiştir, çünkü küçük olaylar, kapsanan kısa zaman dilimi nedeniyle çoğu küresel deprem kataloguna hâkimdirler. Büyüklük dağılımlarındaki diğer bir dezavantaj, büyük olaylar için deprem büyüklüğünün satürasyona uğramasıdır (Pacheco vd., 1992). Farklı kabuksal kaya hacimleri ve farklı tektonik rejimler karıştırılarak elde edilen b -değerinin “küresel” ortalama değeri bire yakındır. Bölgesel olarak, b -değerindeki değişikliklerin stres düzeyindeki değişikliklerle ters ilişkili olduğuna inanılmaktadır (Bufe, 1970; Gibowicz, 1973). Uygulanan kayma gerilmesi veya etkin gerilmenin artması, b -değerinin düşmesine neden olur (Wyss, 1973). Daha düşük bir b -değeri muhtemelen incelenen bölgede stresin yüksek olduğu anlamına gelir. Söz konusu sismojenik hacimde b -değerinin azalmasının, ana şoklardan önce artan etkili gerilme düzeyleriyle ilişkili olduğu bulunmuştur (Kanamori, 1981). Son çalışmalar b -değerinin ayrıca derinlik ile de ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır (Nuannin, 2006: 12).

Genlik-mesafe eğrilerinin karşılaştırılması ve sinyal-gürültü oranının veya Mc 'yi tahmin etmek için genlik eşik çalışmaları (Gomberg, 1991) birçok istasyondaki sayısız olay için sinyal-gürültü oranını tahmin etmeyi gerektiren dalga şekli tabanlı yöntemler zaman alıcıdır ve genellikle belirli bir sismisite çalışmasının parçası olarak gerçekleştirilemez. Tamlık magnitudünü tahmin etmek için frekans-büyüklik dağılımını kullanmak muhtemelen en basit yöntemdir. Yapılan çalışmalar bazı belirgin eksikliklere rağmen, frekans-büyüklik dağılımını temel alan Mc 'nin mekânsal olarak haritalandırılmasının depremsellik analizi için hızlı ve kullanışlı bir araç olduğunu ve sismisite ile ilgili çalışmaların rutin bir parçası olması gerektiğini göstermektedir (Wiemer ve Wyss, 2000: 860).

3.2.2. Fraktal Boyut (İlişki Boyutu) D_c -değeri

Fraktal boyut gerçek bir sayıdır ve dağılımın geometrisini ölçer. Büyük olasılıkla uzay ve zamanla değişir. Fraktal çalışmalar, deprem dağılımlarının fraktal olduğu varsayımıyla, deprem parametrelerinin kümeleme özelliklerini ve boyut ölçeklendirme özelliklerini analiz etmek için yaygın olarak tercih edilmektedir. Fraktal çalışmalar, geometrik bir nesnenin kendi kendine benzerliğini tanımlar. Diğer bir genelleme, söz konusu kümenin kaplanmasına dayanmayan, fakat kümenin nokta çiftleri arasındaki mesafelere dayanan korelasyon boyutuna yol açar. Fraktal dağılımlar, tipik bir uzunluk ölçeği içermeyen yalnızca dağılımlardır ve değişmeyen olayları ölçeklendirmek için uygulanabilir. Grassberger ve Procaccia (1983), nokta çiftleri arasındaki mesafelere dayanan bir analiz modeli sunmuştur. Bu korelasyon boyutuna küre sayma adı verilmiş ve en yaygın kullanılanlar arasındadır (Murase, 2004: 401). Fraktal dağılımlar, tanımlanmış bir uzunluk ölçeğini oluşturmayan ve bu nedenle değişmeyen olayları ölçeklendirmek için uygun olan dağılımlardır. Fraktal boyut (D_c) değerleri, korelasyon boyutu kullanılarak hesaplanır. Grassberger ve Procacci (1983) tarafından belirtilen korelasyon boyutu, bu durumda deprem merkez üssü olan ve şu şekilde verilen nokta kümesinin aralığını ölçer (Öztürk, 2011: 216).

$$D_c = \lim_{r \rightarrow 0} (\log C(r) / \log r) \quad (3)$$

Burada $C(r)$ korelasyon işlevidir. Korelasyon işlevi, deprem merkez üslerinin bulunduğu ve ilişki tarafından verildiği bir dizi noktanın mesafesini veya kümelenmesini ölçer. İki noktalı korelasyon boyutunu D_c -değeri kullanarak, korelasyon boyutunu D_c -değeri ve korelasyon toplamı $C(r)$ şu şekilde tanımlanmıştır:

$$C_r = \frac{2}{N(N-1)} N(R < r) \quad (4)$$

N , analiz edilen depremlerin sayısıdır ve $N(R < r)$, $R < r$ mesafesiyle ayrılmış olay çiftlerinin sayısıdır. Eğer dağılım fraktal ise, elde edilen ilişki denklem 5'deki gibi olacaktır.

$$C(r) \sim r^{(D_c)} \quad (5)$$

Fraktal boyut D_C olarak tanımlanmaktadır. Genellikle, r 'nin üst sınırı $1/3 \sim 1/2$ uzunluğundadır.

Depremlerin dağılımları fraktal istatistiklere uygundur ve bu nedenle depremler fraktal boyutlarına göre nitelendirilebilir. Fraktal boyut, muhtemel kırılmamış alanlardan kaçınmak için tahmin edilebilir. Bu, fraktal özelliklerde meydana gelen değişikliklerin temel olarak fay sistemindeki deprem aktivitesinin heterojenite derecesinin karmaşıklığı veya nicel ölçümü ile ilişkili olduğu anlamına gelir. Daha büyük bir D_C -değeri ile ilgili olan daha küçük b -değeri, aktif bir hata rejimi için artan karmaşıklık alanındaki baskın karakteristiktir (Ormeni vd., 2017).

3.2.3. GENAS Modellemesi

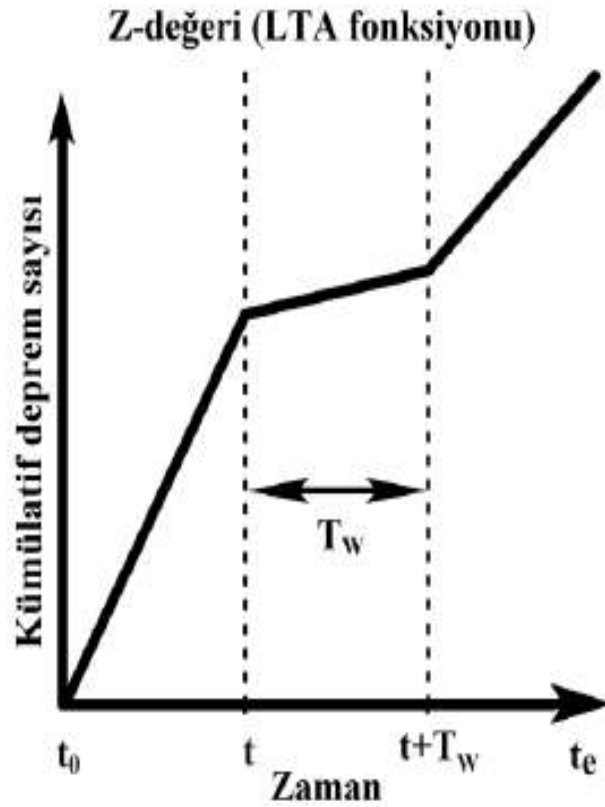
GENAS algoritması Habermann (1983), yapay depremsellik değişikliklerini araştırmak için uygun bir araçtır ve bu görev artçı diziler ve kümeler nedeniyle oluşum değişikliklerinden kaynaklanan yanlış alarmları önlemek için açık kataloglarında gerçekleştirilir. Bu algoritma, depremsellik oranındaki (zamana göre belirli bir büyüklükten daha büyük ve daha küçük olan olayların sayısı), çalışılan zamandan önceki ortalamaya oranını takip eden döneme göre karşılaştırarak önemli değişiklikleri tanımlar. Sismisite kaydının sonuna kadar artan değerler için prosedür tekrarlanır. Önemli bir değişiklik bulunduğunda, katalog işaretlenir ve yinelenerek aynı şekilde analiz edilen iki bölüme ayrılır. Sonuç olarak, dönemlerin başlangıcı olarak öne çıkan zamanları veya sismisitenin azaldığı ve bu değişikliklerden etkilenen büyüklük aralığının tespit edildiği zamanları sağlar (Chouliaras, 2009: 909).

GENAS algoritması, incelenen zamanın (t) sırasındaki ortalamanın t 'yi izleyen zamana oranını (t) önceki zamana göre karşılaştırarak, karşılaştırılan oranındaki (zamana göre belirli bir büyüklükten daha büyük ve daha küçük olayların sayısı) önemli değişiklikleri tanımlar. Bu prosedür, sismisite kaydının sonuna kadar artan değerler için tekrarlanır. Önemli bir değişiklik bulunduğunda, katalog işaretlenir ve yinelenerek aynı şekilde analiz edilen iki bölüme ayrılır. Algoritma, periyodun başlangıcı arttıkça veya depremsellikteki düşüşlerin yanı sıra bu değişikliklerden etkilenen büyüklük aralığı tespit edildiğinde öne çıkan zamanları sağlar (Zúñiga ve Castro, 2005: 146).

3.2.4. Standart Normal Sapma Z-Testi

Z-değeri metodu, zaman dilimi içerisinde hareket eden depremsellik seviyesi ile standart sapma, Z-değerini kullanarak arka plan depremelliği (background) arasındaki farkı ölçer. Amaç, merkez üssü yakınındaki ana istasyondan önce muhtemel bir düşük sismik anomali periyodu tespit etmek ve değerlendirmektir. İstatistiksel olarak sismik düşüşün rasgele yerlerde ve zamanlarda olası tüm sismik düşüşlerle birlikte anlamlılık oranı, elde edilen anomalinin istatistiksel olarak belirlenebilmesi amacıyla LTA (Uzun Vadeli Ortalama, Log Term Average) fonksiyonu kullanılarak ölçüm Z-değeri gerçekleştirilir. Şekil 3.3’de ortalama sismik orandaki LTA işleviyle gözlenen değişiklikleri göstermektedir (Syafriani, 2018: 3).

Şekil 3.3. Uzun Vadeli Ortalama (LTA) Fonksiyonu İle Ortalama Oran Değişim Eğrisi



Şekil 3.3’e göre, kümülatif sayı gösteren bir eğri, uzun vadeli ortalama (LTA) işlevini kullanarak sismik hızı değiştirir. Standart sapma (Z-değeri) 6. denklemde tanımlanmıştır.

$$Z = \frac{(R_1 - R_2)}{\sqrt{\frac{S_1^2}{N_1} + \frac{S_2^2}{N_2}}} \quad (6)$$

Burada: R_1 , ilk periyottaki ortalama depremsellik oranıdır (t_0 'dan t_e 'ye) ve R_2 ise ikinci zaman aralığındaki ortalama depremsellik oranı (t_e 'den t_0 'a), t ise mevcut zamandır ($t_0 < t < t_e$). S_1 ve S_2 terimi bu dönemlerde standart sapmadır ve N_1 ve N_2 örneklerin sayısıdır. Z -değeri t ile t_0 ve $t_e - T_w$ arasındaki tüm zamanlar için hesaplanır.

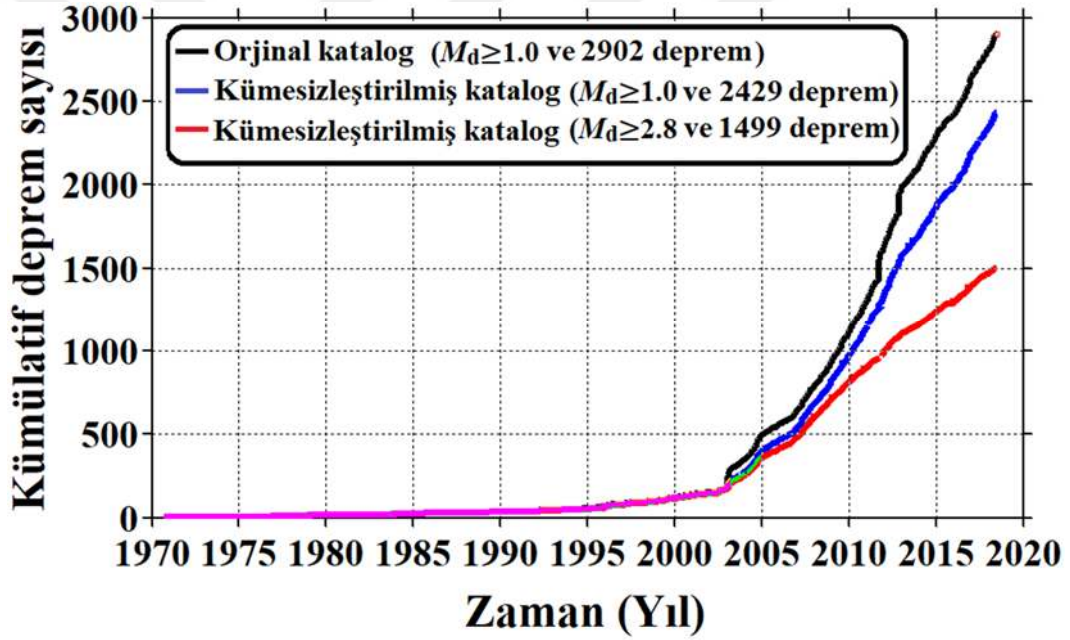
ZMAP modeli kullanılarak belirli bir bölge için uygun bir grid aralığında depremsellik oran değişimleri belirlenebilir. Bu değişimler episantr dağılımlarının doğruluğu ile oldukça ilişkilidir ve bölgesel olarak bir değerlendirme sağlar. Gridleme yöntemi birçok çalışmada detaylı olarak mevcuttur (örneğin, Wiemer ve Wyss, 1994) ve bu çalışmada birçok önemli nokta detaylı olarak verilmiştir. Bu çalışmalarda ifade 3dildiği gibi, belirli bir örnekleme aralığı ile zaman serileri üzerinde her bir grid aralığı içerisine düşen depremlerin sayısı N dikkate alınarak hareketli zaman penceresi T_w ile depremsellik oran değişimleri ortaya konulabilir. Örnekleme aralığı, zaman içerisinde yoğun bir aktiviteyi ve bir devamlılığı ortaya koyabilmek için genellikle bir aylık zaman dilimi olarak tercih edilir. N ve T_w ise, genellikle sismik durgunluk sinyalini netleştirmek için önemlidir ve bu değerlerdeki değişimler sonuçları değiştirmez.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışma kapsamında kullanılan 1970-2006 yıllarına ait deprem verileri Öztürk(2009)'tan alınmış olup bu deprem verilerine ek kullanılan 2006-2018 yılları arasına ait veriler ise Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE) internet sayfasında sunulan deprem kataloğundan derlenmiştir.

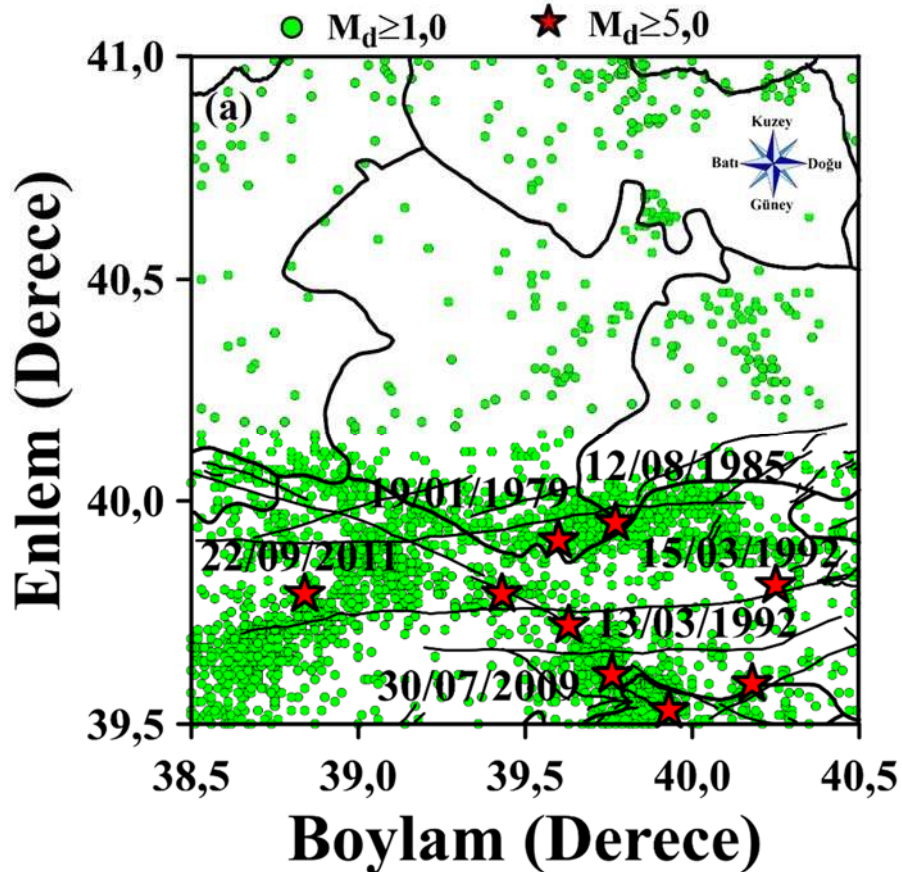
Şekil 4.1. Orijinal ve Kümesizleştirilmiş Deprem Kataloğu İçin Zamana Karşı Kümülatif Deprem Sayısı



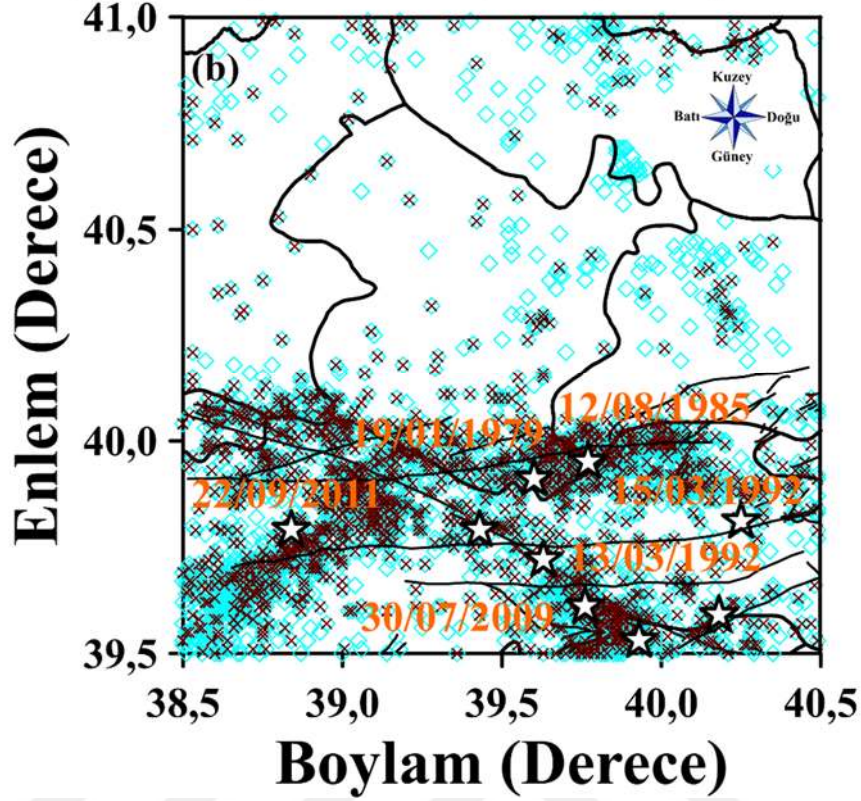
Çalışma alanı olarak seçilen ve Gümüşhane civarını içine alan $39,5^\circ\text{K}$ - $41,0^\circ\text{K}$ enlemleri ile $38,5^\circ\text{D}$ - $40,5^\circ\text{D}$ boylamları arasında kalan bölgede 1970-2018 yılları arasında ve yaklaşık 45,76 yıllık bir zaman periyodu kullanılarak $M_d \geq 1,0$ olan 2902 depremi içeriğinde barındıran orijinal katalog oluşturulmuştur. $M_d \geq 2,8$ olan ve kümesizleştirme (ayırıştırma) işlemi uygulanmış 1403 deprem orijinal katalogdan çıkartılmış ve Şekil 4.1’de verilmiştir. Genel olarak, kümesizleştirme işlemi; bağımsız olayları, artçı şok ve öncü şok gibi birbirine bağlı olayları farklı sınıflara ayırma süreci olarak bilinir. Bu iki sınıf için geniş bir terminoloji aralığı bulunmaktadır. Bağımsız

depremler ayrıca ana şoklar veya ana depremler olarak da bilinir. Kümesizleştirme işleminin amacı, mevcut depremlerin sınıfını, diğer bir deyişle önceki tüm depremlerden bağımsız olan depremleri izole etmektir. Ancak bu süreç, benzersiz bir çözümü olmadığı için kötü bir sorundur. Büyük tektonik alanları incelerken, sabit bir Poisson süreci olarak modellenen birçok farklı deprem altkütmesi inşa edilebilir. Aslında, bu tür herhangi bir alt küme için herhangi bir rasgele seçilmiş (azaltılmış) alt küme örneğin, belirli bir sabit olasılıkla arka plan depremlerinin rastgele olarak tutulması ile yapı sabit bir Poisson işlemi olacaktır. Seçilen depremlerin birbirlerinden bağımsız olma zorunluluğu bu nedenden dolayı kendi başına yeterli değildir. Bu nedenle tüm kümesizleştirme metotları, ana şokun ne olduğuna dair kavramsal bir modele dayanmalıdır. Azaltma yöntemlerini ve aynı zamanda sismologlara olan ilgilerini karşılaştırmasını sağlayan bu temel modeldir. Yakın zamana kadar çoğu kullanıcı, Gardner ve Knopoff (1974) veya Reasenberg (1985) tarafından önerilen yöntemlerin çeşitlerini uygulamaktadır (Van Stiphout vd., 2012: 4).

Şekil 4.2. a) 1970-2018 Yılları Arasındaki $M_d \geq 1,0$ Olan Tüm Depremlerle Birlikte (Orijinal Katalog), b) Kümesizleştirilmiş Deprem Kataloğu



◆ Orjinal katalog × Kümesizleştirilmiş katalog ☆ $M_d \geq 5,0$



Bölgede meydana gelen depremlerin büyük sayılabileceklerden bazıları şekilde oluşum tarihleri ile birlikte verilmiş olup, bu büyük depremlerden $M_d \geq 5,0$ olan depremler şekil üzerinde yıldız sembolü ile gösterilmiştir. 1970-2018 yılları arasındaki $M_d \geq 1,0$ olan bütün depremlerle beraber (orijinal katalog), $M_d \geq 2,8$ olan kümesizleştirilmiş depremler ayrı ayrı gösterilmiştir.

Reasenber (1985) kümesizleştirme metodu ile elde edilen ve öncü sismik durgunluk analizinde kullanılan deprem kataloğunda, kümesizleştirme metodu ile 2429 deprem kümesizleştirilmiş ve 473 deprem katalog içeriğinden eksiltilmiştir. Gümüşhane ve etraf çevresi için tamlık magnitüd $M_c=2,8$ olarak hesaplanmış ve $M_d \leq 2,8$ olan 1403 deprem daha bu işlem sonucu katalog içeriğinden eksiltilmiştir. Netice olarak; kümesizleştirme işlemi ile içeriği daha hedefe yönelik olacak şekilde oluşturulan deprem kataloğu ortaya konulmuş olur. Şekil 4,2’de $M_d \leq 2,8$ olan kümesizleştirilmiş depremlerin episantr dağılım haritası verilmiştir.

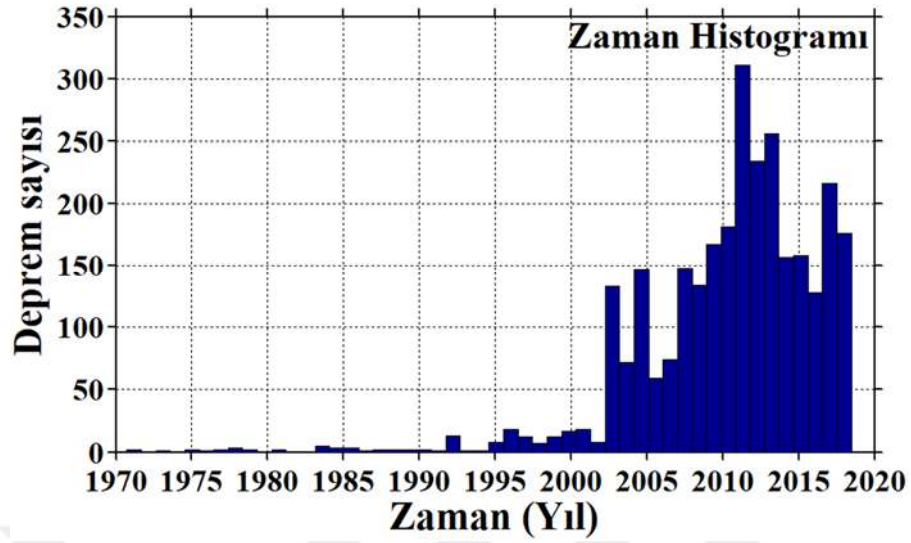
Tam bir katalog kullanmak, bir bölgedeki sismik tehlike analizini belirlemek için önemli bir faktördür. Tek tip bir katalog hazırlamak için, farklı merkezler tarafından kaydedilen tüm depremler bir bölge için toplanmalıdır. Tekdüze büyüklükler ve

tekrarlanmayı atlamak için kullanılan yöntemden sonra, öncü şok ve artçı şoklar o bölge için nihai sonuçtaki en etkili faktördür. Deprem kataloğunda öncü şoklar, ana şoklar ve artçı şokları ayırma işlemi, sismolojide, özellikle sismik tehlike değerlendirmesi ve deprem tahmin modellerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Yıllar boyunca önerilen üç temel yöntem vardır: Gardner-Knopoff (1974), Reasenber (1985) ve Uhrhamer (1986). Bu algoritmalar arasında en sık kullanılan algoritma Kaliforniya için geliştirilmiş olan Reasenber (1985), depremleri uzaysal ve zamansal etkileşim bölgelerine göre kümelere bağlayarak artçı şokları tanımlamak için kullanılan yöntemdir (Van Stiphout, 2012: 10). Sonuç olarak, bu çalışma kapsamında da diğer birçok araştırmacı tarafından uygulandığı gibi kümesizleştirme işlemi için Reasenber (1985) modelindeki standart parametreler kullanılmıştır (Amini, 2014: 1).

Bu çalışma kapsamında, Gümüşhane ve civarı için sismisite davranışının incelemesi Gutenberg-Richter b -değeri, tamlık magnitüdü M_c -değeri, fraktal ilişki boyutu D_c -değeri ve öncü sismik durgunluk Z -değeri gibi farklı sismotektonik parametreler arasındaki ilişkileri belirlenmiş olup bu parametreleri kullanarak Gümüşhane ve civarı için gelecek deprem potansiyeli ortaya konmaya çalışılmıştır. Bunu gerçekleştirebilmek için, 1970-2018 yılları arasında meydana gelen depremlerin bölgesel, zamansal ve magnitüd dağılımları analiz edilmiştir. Sonuç olarak bu çalışma, sismotektonik b -değeri, sismik sessizlik Z -değeri ve diğer bazı sismisite parametreleri arasındaki ilişkiler arasındaki korelasyona odaklanmaktadır. Orijinal katalog ve kümesizleştirilmiş olaylar için bölgedeki zamana karşı kümülatif deprem sayısı Şekil 4.1’de gösterilmektedir.

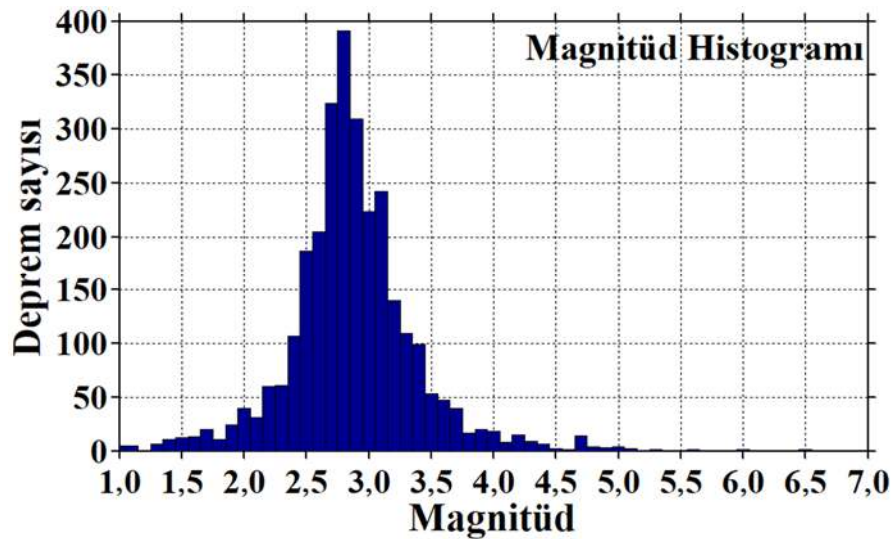
1970-2018 yılları arasındaki depremlerin zamana bağlı değişim histogramı, Şekil 4.3’de verilmiştir. 2003 yılında sonra kaydedilen olayların sayısında bir artış olduğunu görülmektedir. Bu artış 2012 yılına kadar devam etmiş olup 2012 yılındaki kaydedilmiş deprem sayısında maksimum artış göstermektedir. 2012-2016 yılları arasında meydana gelen depremlerde bir azalış gösterirken 2017 yılında tekrar bir artış görülmektedir. 2018 yılı başlarında tekrar bir düşüş olduğu şekilde görülmektedir.

Şekil 4.3. 1970-2018 Yılları Arasındaki Depremlerin Zaman Histogramı



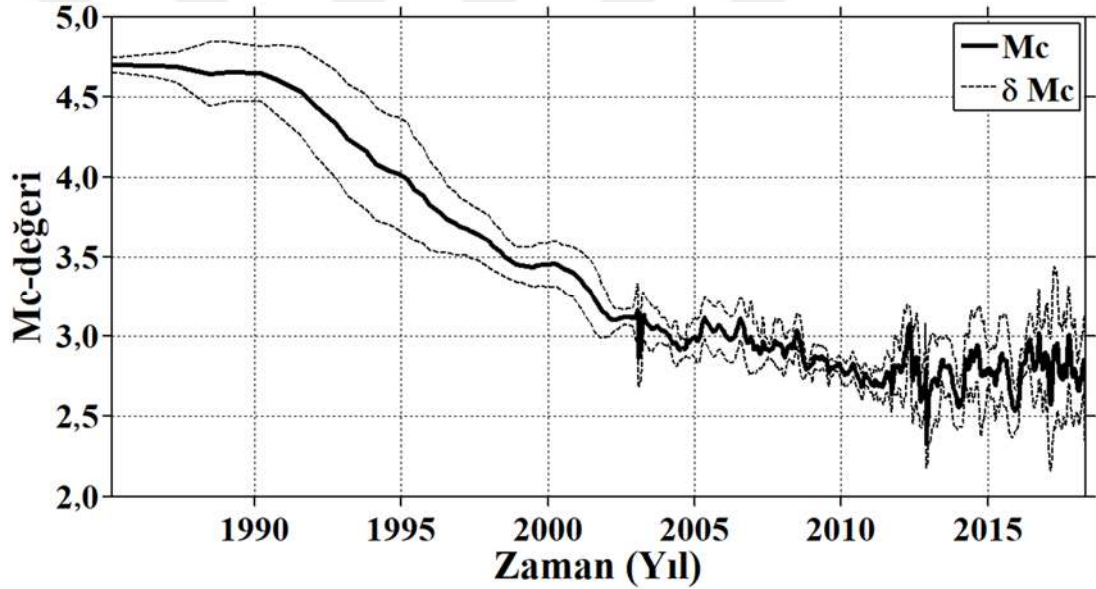
Şekil 4.4, 1970-2018 seneleri arasında Gümüşhane ve çevresinde meydana gelmiş depremlerin magnitüd histogramını göstermektedir. Depremlerin magnitüdüleri küçükten büyük değerlere doğru sayılarındaki üstel bir azalış ile 1,0 ile 6,0 arasında değişmektedir. Depremlerin çoğu 2,5 ve 3,5 magnitüdüleri arasındadır ve $M_d=2,8$ 'de bir maksimum olduğu görülür. $2,5 \leq M_d < 3,5$ olan yaklaşık 2260 deprem meydana gelmiştir. Dolayısıyla, 2,5 ile 3,5 arasında değişen deprem olaylarında artma vardır. Son yıllarda deprem sayılarında gözlenen artışın sebebi, zaman histogramında görüldüğü üzere 2003 senesinden beri bölgede büyük denilebilecek deprem sayısında bir artış olduğu görülmektedir.

Şekil 4.4. 1970-2018 Yılları Arasındaki Depremlerin Magnitüd Histogramı



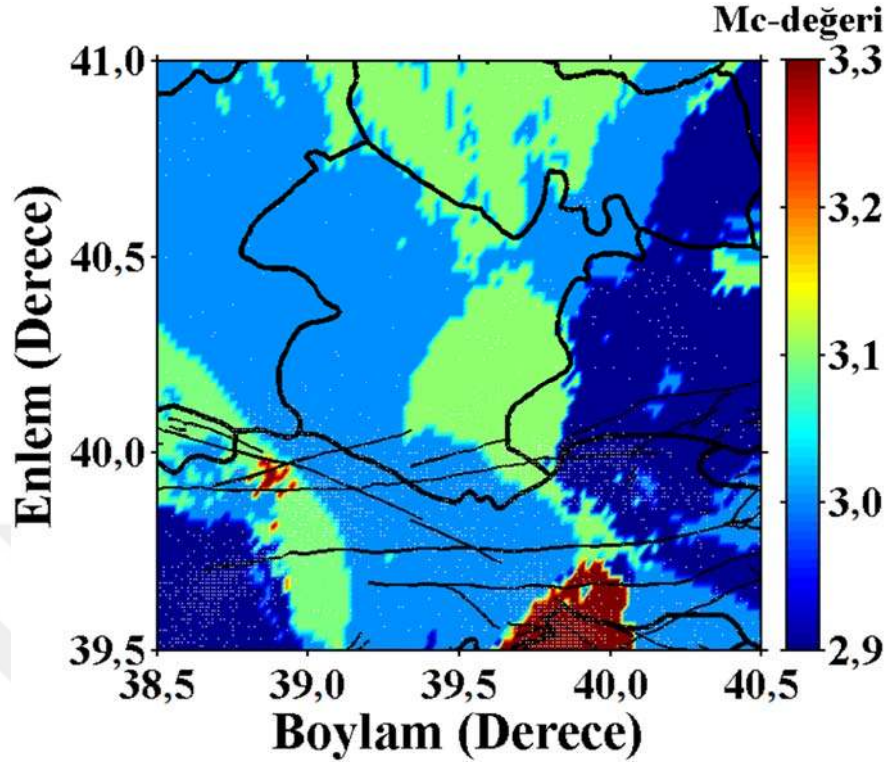
Sismik sessizliği ve frekans-büyüklik ilişkisini araştırmak için, zamanın bir fonksiyonu olarak Mc 'nin değişimi hareketli bir pencere yaklaşımı kullanılarak belirlenir (Woessner ve Wiemer, 2005). Mc -değeri, bölge için pencere başına 100 olay örneği için, $M_d \geq 1,0$ olan 2902 depremi içeren orijinal kataloğunu kullanarak standart sapması ile birlikte Şekil 4.5'de verilmiştir. Bu bölge için, Mc -değeri oldukça büyüktür ve 1990-1995 yılları arasında 4,0-4,7 arasında değişirken Mc -değeri, 2003-2013 yılları arasında yaklaşık 3,0'e düşer (Şekil 4.5). Mc -değerindeki son düşüş 2013 yılı ortasında yaklaşık 2,3 olmuştur. 2013 yılından sonra Mc -değerinde belli aralıklarla artışlar gözlenmektedir. Netice itibari ile Gümüşhane ve etraf çevre için Mc -değeri 2,5 ile 3,2 arasında değişim gösterirken istatistiksel çözümleme ile yaklaşık $Mc=2,8$ kabul edilmiştir.

Şekil 4.5. 1970-2018 Yılları Arasındaki Mc -Değerinin Zamanla Değişimi



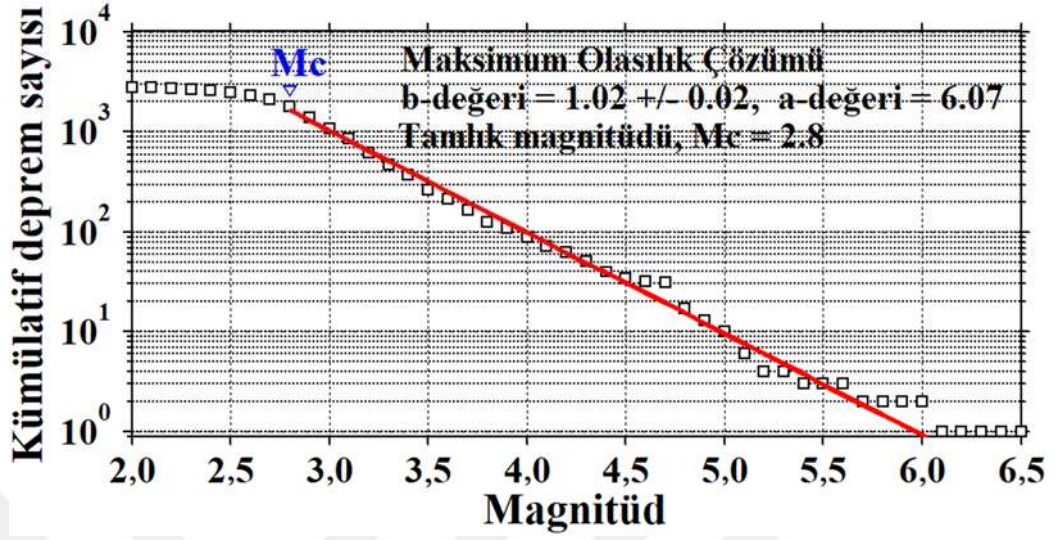
1970-2018 yılları arasında Mc -değerindeki bölgesel değişim Şekil 4.6'da gösterilmiştir. Mc -değerleri bölgesel olarak 2,9-3,3 arasında değişim göstermektedir. Kürtün, Torul ve Şiran bölgelerinde Mc -değeri yaklaşık olarak 3,0 ile 3,1 arasında değişmektedir. Kelkit ve Köse bölgelerinde ise Mc değeri yaklaşık 3,1 civarında olup bu bölge için Mc -değeri büyüktür. Bölgenin geneline de bakıldığında Mc -değeri genel olarak yüksektir.

Şekil 4.6. 1970-2018 Yılları Arasında M_c -Değerinin Bölgesel Değişimi



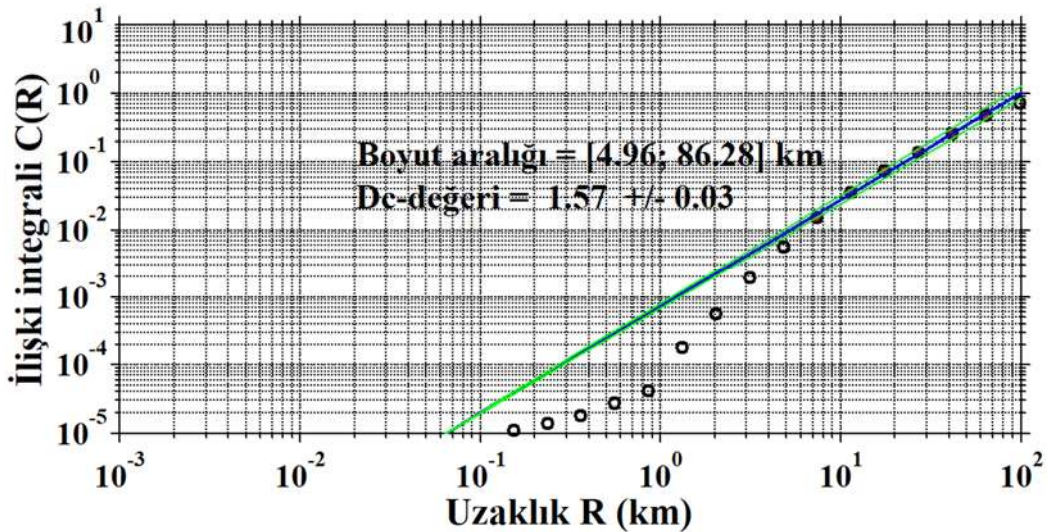
Tamlık magnitüdü M_c , çoğu depremsellik çalışmasında önemli bir parametre olarak kabul edilir. Depremsellik çalışmalarında, daha kaliteli sonuçlar elde etmek için, maksimum olay sayısını kullanmak gerekir, bu yüzden M_c düşük olduğu kadar iyidir. Maksimum olabilirlik tahmini ve % 90 olasılık ile M_c hesaplanır. Şekil 4.7’de $M_c=2,8$ eşik büyüklüğü olarak kabul edilmiş olup toplam b -değeri ve a -değeri, maksimum olasılık yöntemi ile sırasıyla $1,02\pm0,02$ ve 6,07 olarak hesaplanmıştır. Tektonik depremler için b -değerinin 0,5 ile 1,5 arasında değiştiği iyi bilinir ve genellikle 1,0’a yakın olarak karakterize edilir (Frohlich ve Davis, 1993). Gümüşhane ve etraf çevre için bulduğumuz b -değeri tektonik depremlerin genel karakteristiği ile uyumlu olup Gutenberg-Richter ilişkisi ile iyi şekilde temsil edilir. Şekil 4.7’de b -değeri magnitüd-deprem sayısı dağılımının eğimidir. Şekilde eğim arttıkça b -değeri büyürken magnitüd değeri küçülmektedir yani, yüksek b -değerlerine sahip bölgelerde küçük magnitütlü depremler meydana gelir. Eğim azaldıkça b -değeri küçülürken magnitüd değeri artar yani, düşük b -değerlerine sahip bölgelerde büyük magnitütlü depremlerin meydana gelir. Düşük b -değerinin yüksek gerilme dağılımıyla ilişkili olduğu iyi bilinir (Scholz, 1968: 400).

Şekil 4.7. 1970-2018 Yılları Arasındaki Depremsellik Verilerine Ait Büyüklük-Frekans Dağılımı



Gümüşhane için D_c -değerindeki değişimler Şekil 4.8'de gösterilmiştir. $D_c = 1,57 \pm 0,03$ olarak hesaplanmıştır. Şekil 4.8 üzerinde mavi doğruların eğimi D_c -değeri ile ilişkili olup yeşil çizgiler standart hataları gösterir. Yüksek D_c -değerleri, aktif fay sistemlerindeki artan karmaşa ile ilişkilidir ve büyüklük değişimlerindeki dalgalanmalara oldukça hassastır, yani depremsellik daha büyük ölçeklerde veya daha küçük alanlarda daha fazla kümelenme gösterir (Polat vd., 2008; Öncel ve Wilson, 2002). Fay sistemlerinde heterojenite derecesi yüksek olan bölgelerin düşük b -değeri ve yüksek D_c -değeri sergilediği iyi bilinir (Öncel ve Wilson, 2002).

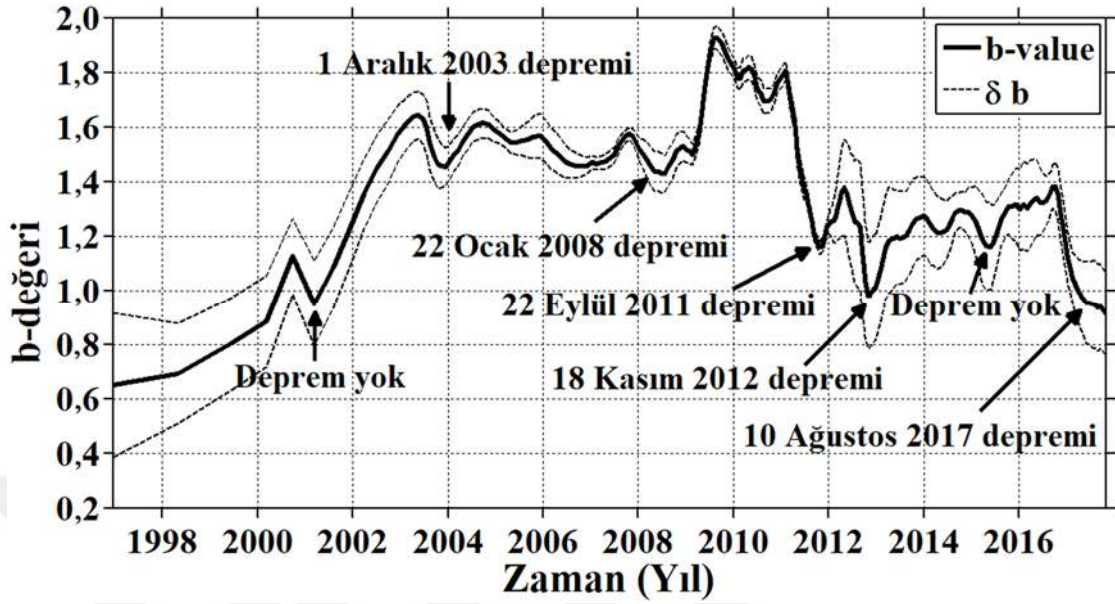
Şekil 4.8. Gümüşhane ve Civarı İçin D_c -Değeri



Şekil 4.9’da 1970’ten 2018’e kadar, b -değerinin Gümüşhane ve etraf çevre evrimini göstermektedir. b -değerinin zaman içinde gösterdiği değişim pencere başına 300 depremlik bir örneklemelerin ortalaması alınarak hesaplanmıştır. b -değerinin 0,6-2,0 arasında değiştiği ve Scholz (1968) ve Gibowicz (1974)’e göre yüksek b -değeri sismojenik bölgede düşük stres ve yüksek b -değeri, yüksek stres koşulları ile ilişkilidir. b -değerinde belirgin bir artış ana olaydan hemen önce başlamaktadır. b -değerindeki bu artış, durgunluk anomalisinin aynı zamanda “enerjik bir anomali” (daha küçük boyutlu olayların sayısındaki nispi bir artış ve daha büyük olanların sayısındaki nispi düşüş) olduğunu göstermektedir. Fark edebileceği gibi, b -değeri deprem oluşmadan hemen öncesinde düşüş göstermiştir. b -değerindeki düşüşler genellikle depremin habercisi olabilir. Ancak her b -değerindeki düşüşten sonra deprem olmayabilir.

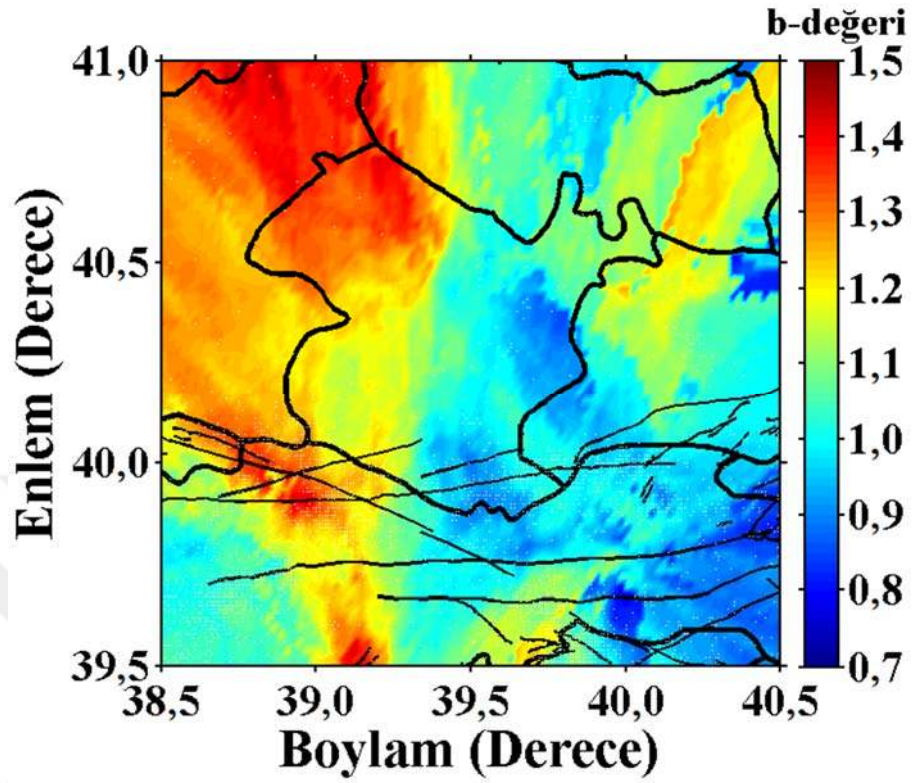
1998-2001 yılları arasında b -değeri sürekli bir artış gösterirken $b \sim 1,1$ değerine kadar yükselmiştir. 2001 yılı ortasına doğru b -değerinde meydana gelen düşüş ile $b \sim 1,0$ değerine ulaşmıştır. 2002-2003 senelerinde arasında b -değerinde tekrar bir artış olmuş $b \sim 1,6$ değerine kadar yükselmiş 2004 yılında tekrar düşmüş bu aralıkta $b \sim 1,4$ civarına kadar azalmış ve b -değerinin azalmasıyla birlikte, 1 Aralık 2003 tarihinde deprem meydana gelmiştir. 2004-2008 yılları arasında b -değeri durağan olup b -değeri 1,4-1,6 değerleri arasında değişmiştir. 2008 yılı sonlarına doğru b -değeri tekrar düşmüş ve bu azalmayla birlikte, 22 Ocak 2008 depremi meydana gelmiştir. b -değerinin azalım gösterdiği tarihlerde Gümüşhane ve civarında depremler meydana gelmiştir. 2010 yılının sonlarına doğru depremlerde görülen artış sistematik hale gelmiş, b -değeri $b \sim 1,8$ ’e ulaşmıştır. 2011 senesiyle beraber b -değeri keskin bir düşüş göstermiş ve bu düşüş 2013 senesine kadar devam etmiştir. “Öztürk (2011) gerilmede oluşan artışın sonuç olarak ana şoklardan önce b -değerinde düşmeye neden olabileceği ve bu tür normal olmayan durumlarında ileride oluşacak depremlerin tahmininde kullanılabileceğini” belirtmiştir. b -değeri genellikle 1,0’dan büyüktür ve 2013-2015 yılları arasında b -değeri durağan olup $b \sim 1,3$ civarındadır. 2015 yılı ortalarına doğru b - değeri tekrar düşüş göstermesine rağmen bu aralıkta bir deprem meydana gelmemiştir. 2016 yılı sonlarına doğru durağan olan b -değerinde ani bir düşüş göstermiş ve bu aralıkta 10 Ağustos 2017 tarihinde deprem meydana gelmiştir.

Şekil 4.9. 1970-2018 Yılları Arasındaki Deprem Verilerine Ait *b*-Değerinin Zamanla Değişimi



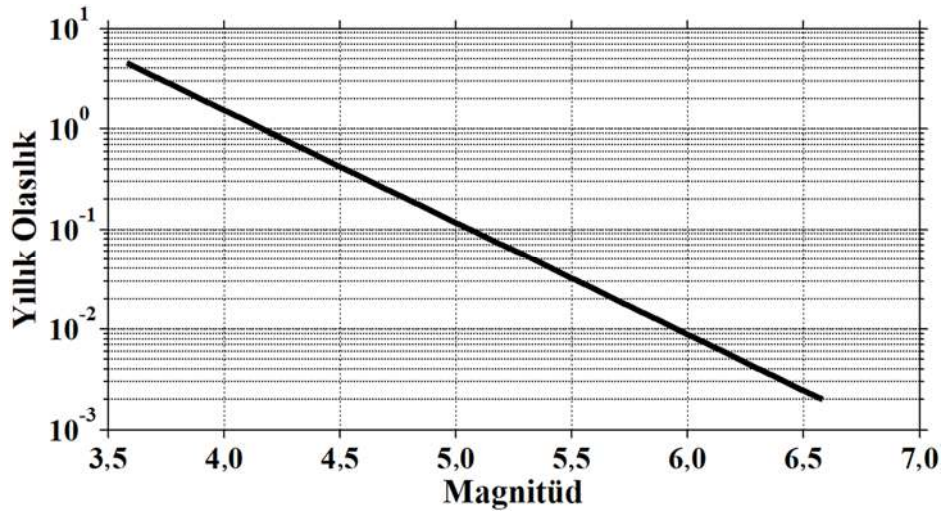
b-değerinin bölgelere göre gösterdiği değişiklik, Gümüşhane ve etraf çevre için orijinal deprem kataloğu kullanılarak $0.02^{\circ} \times 0.02^{\circ}$ ’lik grid aralığı ile oluşturulmuş ve *b*-değerinin haritalanmasında pencere başına 400 deprem alınarak maksimum olasılık yöntemiyle haritalanmış olarak verilmiştir (Şekil 4.10). *b*-değerinin bölgeler arasında gösterdiği değişim 0,7-1,5 değerleri arasındadır. *b*-değerinin coğrafik değişimleri deprem oluşumu ile doğrudan ilişkili olup bölgenin tektoniği ve depremselliği açısından önemli bir parametredir. Bir bölgedeki düşük *b*-değeri, depremin en çok nerede gerçekleşeceğini belirleyebilir. Gümüşhane ve civarı için batı ve kuzeybatıda bulunan ve Kürtün, Torul ve Şiran ilçelerini içine alan kısımlar ile Şiran’ın güneyinde yüksek *b*-değerleri, doğu ve kuzeydoğuda Kelkit ve Köse ilçelerini içine alan kısımlar ile Köse’nin kuzeyinde ve Kelkit’in güneyinde düşük *b*-değerleri gözlenmiştir. Genel olarak Gutenberg-Richter yöntemi ve maksimum olasılık yöntemi ile tahmini olarak hesaplanan *b*-değerleri depremselliğe ve tektonizmaya iyi uyum sağlar ve *b*-değerlerinin düşük izlenildiği bölgeler deprem riski olan bölgeler olduğu için dikkat edilmelidir. Bununla birlikte, Kuzey Anadolu Fay Zonuna daha yakın olan ve son güncellenen Türkiye deprem risk haritasına göre de ivme değeri (0,275g) daha yüksek olan Kelkit ve Köse ilçelerinde, gelecekte bir deprem olma potansiyelinin daha yüksek olacağı ifade edilmiştir.

Şekil 4.10. Sismotektonik *b*-Değerinin Gümüşhane ve Civarı İçin Bölgesel Değişim Haritası



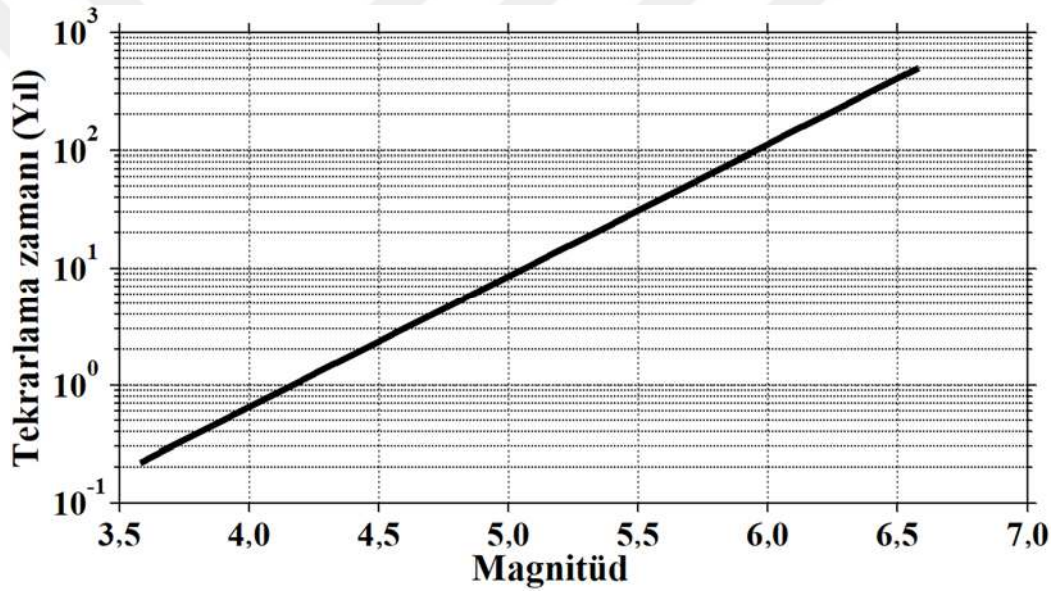
Farklı magnitüd seviyeleri için Gümüşhane ve civarının yıllık olasılıkları Şekil 4.11’de verilmiştir. Farklı büyüklükler için deprem oluşum olasılıkları 3,5-4,0 magnitüd seviyeleri arasında yüksek değer (1-5 arasında) gösterirken, 4,0-6,5 magnitüd seviyeleri arasında ise düşük değerler ($<1,0$) göstermektedir.

Şekil 4.11. Farklı Magnitüd Seviyelerindeki Deprem Oluşumları İçin Yıllık Olasılıklar



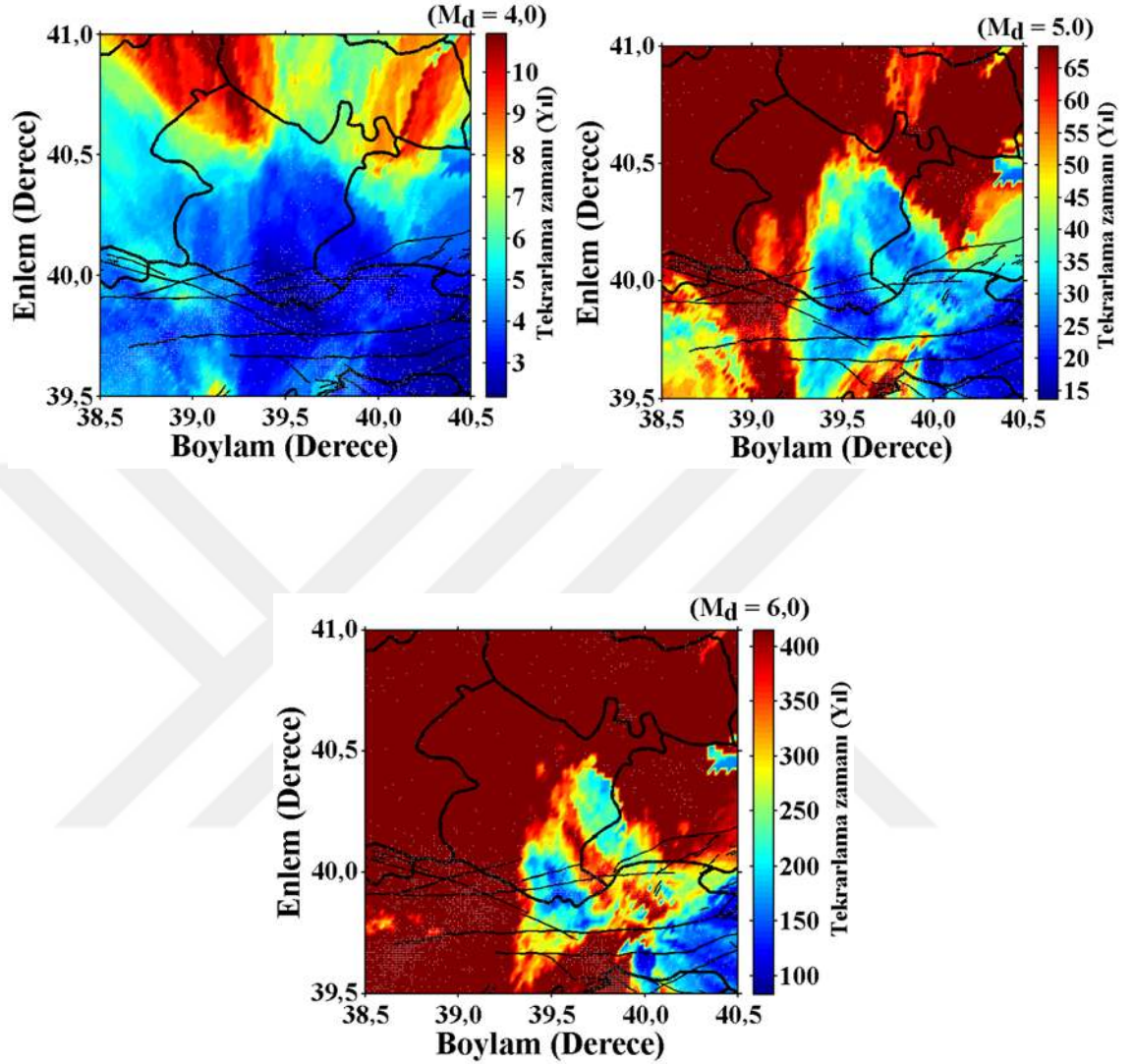
Farklı magnitüd seviyeleri için depremlerin tekrarlama zamanları Şekil 4.12’de verilmiştir. Magnitüdü 5,0’dan daha küçük depremler için tekrarlama zamanları 10 yıldan daha az iken, Magnitüd seviyesi 5,0-6,0 arasındaki depremler için tekrarlama zamanları 10-100 sene arasında değişirken magnitüd seviyeleri 6,0’dan daha büyük depremlerin tekrarlama zamanları 100 seneden fazla olduğu görülmektedir. Sonuç olarak, magnitüdü 3,5-5,0 arasındaki depremlerin oluşumu diğerlerine göre daha olasıdır. Depremlerin olasılık ve tekrarlama sürelerinin sonuçları, Gümüşhane ilinin 2018 başında meydana gelen güçlü deprem olayları için önemli bir deprem riski olmadığını göstermektedir.

Şekil 4.12. Farklı Magnitüd Seviyelerindeki Deprem Oluşumları İçin Tekrarlama Zamanları



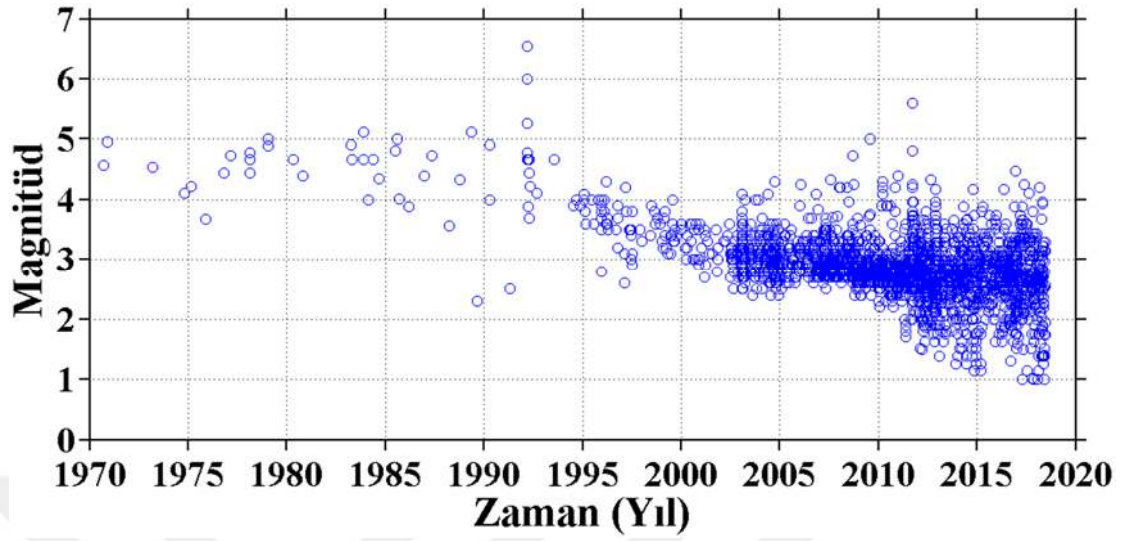
Gümüşhane ve çevresinde meydana gelen depremler için aynı olmayan magnitüd seviyelerindeki, tekrarlama zamanlarına ait bölgesel değişim haritaları Şekil 4.13’de verilmiştir. Farklı magnitüd seviyeleri için depremlerin tekrarlama zamanlarına bakıldığında tüm Gümüşhane için, magnitüd seviyesi 4,0 için 10 yıldan daha az iken, magnitüd seviyesi 5,0 için yaklaşık 60 yıl ve magnitüd seviyesi 6,0 içinse yaklaşık 400 yıldır. Netice olarak, Gümüşhane ve çevresi büyük olarak nitelendirilebilecek depremler açısından değerlendirildiğinde, deprem oluşumlarının belirli magnitüd seviyeleri için nüks etme zamanları üzerine yapılan incelemeler sonucunda kısa vadede bu bölgenin mühim bir deprem tehlikesi altında olmadığı görülmektedir.

Şekil 4.13. Gümüşhane ve Civarındaki Deprem Oluşumları İçin Farklı Magnitüd Seviyelerindeki Tekrarlama Zamanları Bölgesel Değişim Haritaları



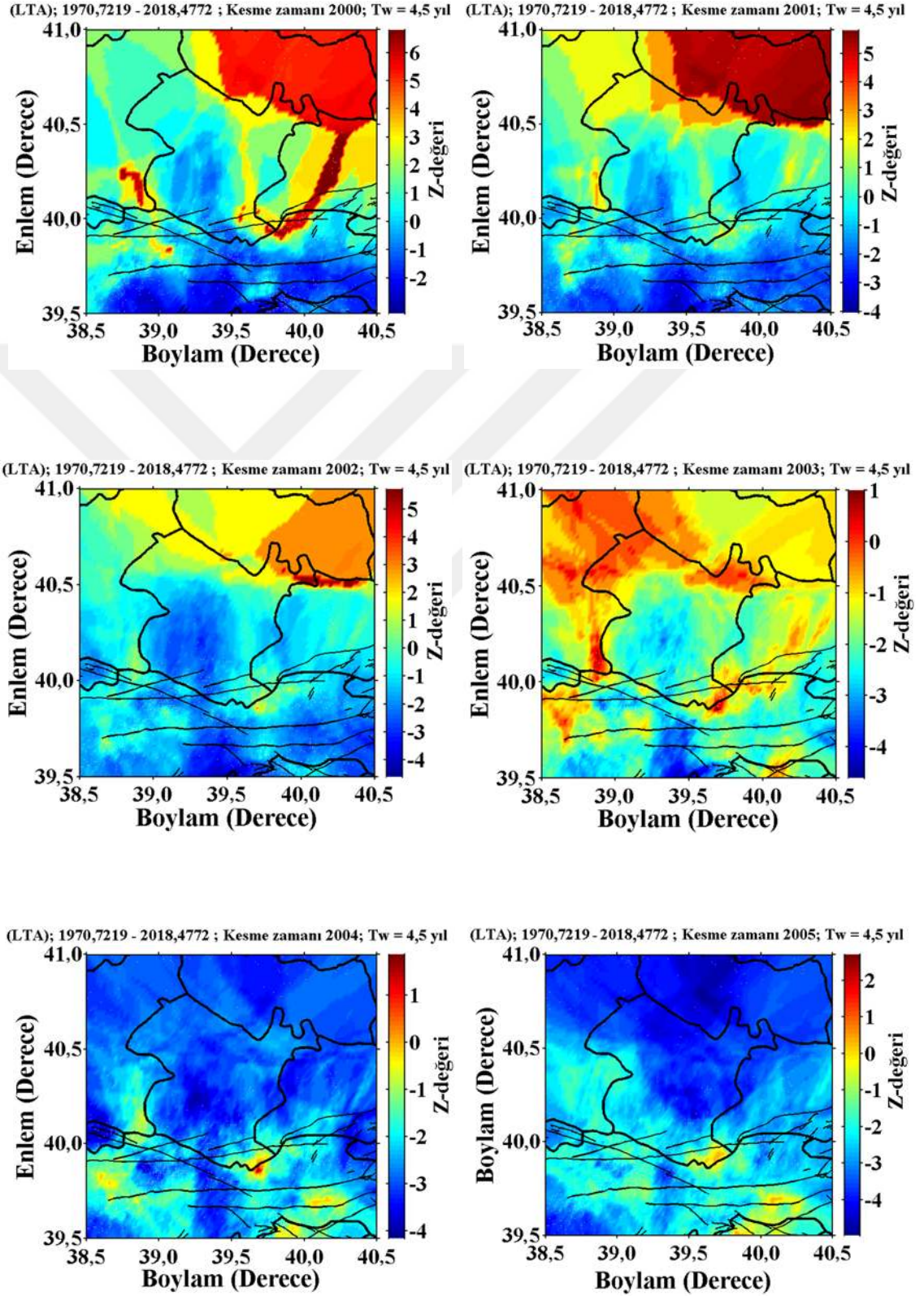
Deprem dağılımlarının zamanla bir değerlendirmesini yapabilmek için orijinal katalogdaki tüm depremlerin zamana bağlı değişimleri verilmiştir (Şekil 4.14). 1970-1995 yılları arasında meydana gelmiş deprem sayısı az olup 1970-1995 yılları arasında magnitüdü 5,0'dan büyük altı deprem olmuştur. 1970-2018 yılları arasında meydana gelmiş olan depremlerin geneli magnitüdü 5,0'dan küçük olan depremlerdir. Özellikle 2003-2018 yılları arasında meydana gelen magnitüdüleri 1,0-4,0 arasında değişen depremlerin arttığı görülmektedir. 2009-2015 yılları arasında ise magnitüdü 5,0'ten büyük iki deprem meydana gelmiştir. Netice olarak Gümüşhane ve etraf çevrede oluşan depremlerin geneli magnitüdü 5,0'dan küçük olan depremlerdir.

Şekil 4.14. 1970-2018 Yılları Arasında Meydana Gelen Depremler İçin Zamanın Bir Fonksiyonu Olarak Magnitüd Değişimleri

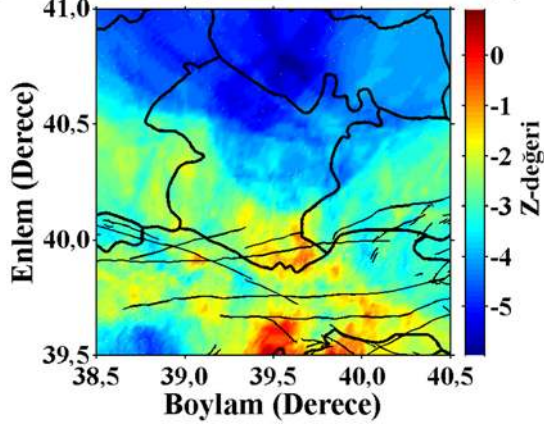


Şekil 4.15’de görüldüğü gibi, 2000-2018 yılları arasında bir yıllık periyotlar içerisinde kesme zamanına $T_w=4,5$ yıllık bir pencere uzunluğu eklenerek standart sapma Z-değerlerinin bölgesel değişimleri haritalanmıştır. Haritalamadaki amaçlardan bir tanesi, çalışma alanı içerisinde önceki yıllarda meydana gelmiş bazı büyük depremlerin oluşumundan önce sismik durgunluk anomalilerinin gözlenip gözlenmediğini test etmektir. Diğer bir amaç ise, bu tür anomalilerin sabit ve güvenilir bir depremsellik karakteri olarak tanımlanabilmesi durumunda, çalışma alanında gelecek yıllarda meydana gelebilecek deprem bölgelerinin tahmin edilebilmesi olarak verilebilir. 1970-2018 yılları arasındaki deprem verisini kullanarak Gümüşhane ve civarı için deprem aktivitesinin bölgelere ve zamana bağlı olarak oluşan değişimlerini analiz edebilmek amacıyla bu çalışmada kullanılan istatistiklere bağlı parametreler analiz edilmiştir. Dolayısıyla, bu tür anomali bölgelerinin gelecekte deprem potansiyeli açısından kullanılabilirliği literatürdeki çalışmalarla ortaya konulmuştur.

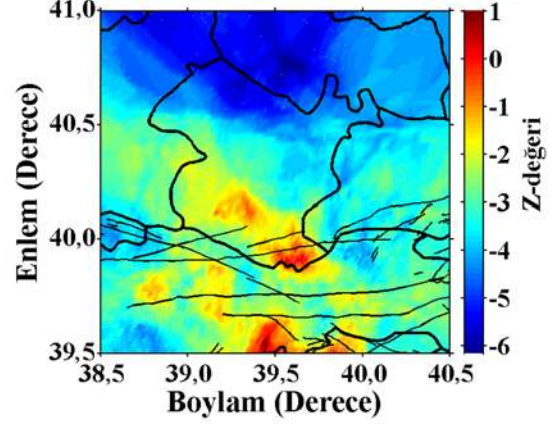
**Şekil 4.15. 2000-2018 Yılları Arasındaki Bir Yıllık Periyotlar İçin Kümesizleştirilmiş
Deprem Kataloğu Kullanılarak Oluşturulan Standart Sapma Z-değerinin
Bölgesel Değişimleri**



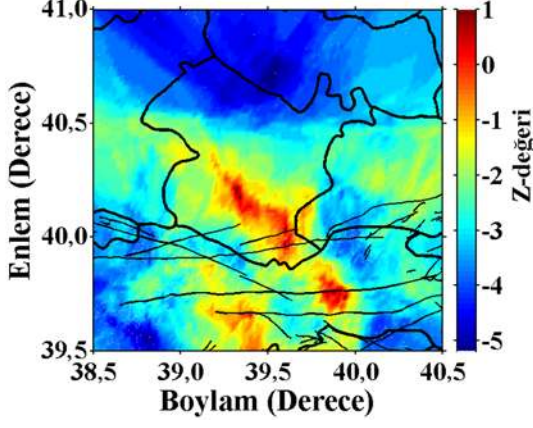
(LTA); 1970,7219 - 2018,4772 ; Kesme zamanı 2006; Tw = 4,5 yıl



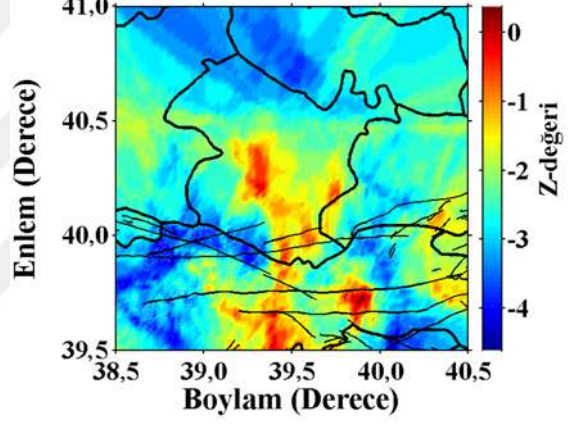
(LTA); 1970,7219 - 2018,4772 ; Kesme zamanı 2007; Tw = 4,5 yıl



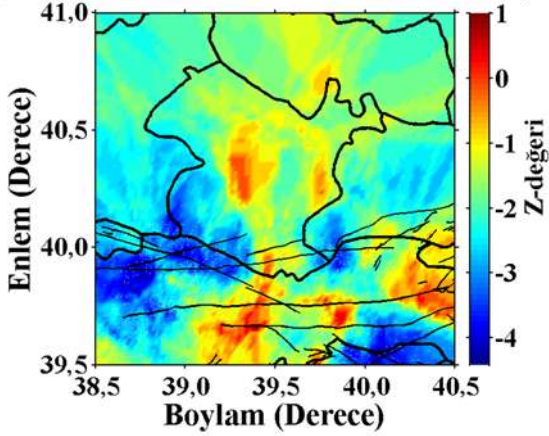
(LTA); 1970,7219 - 2018,4772 ; Kesme zamanı 2008; Tw = 4,5 yıl



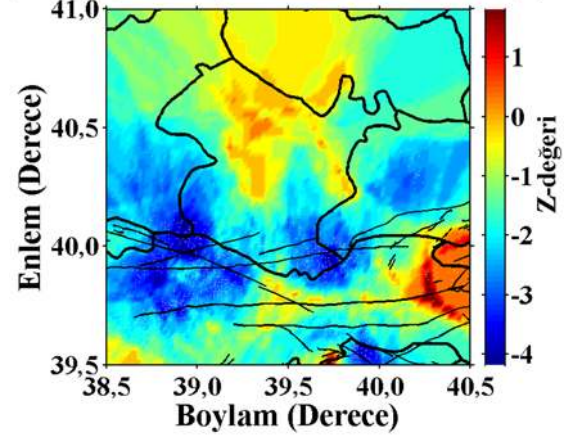
(LTA); 1970,7219 - 2018,4772 ; Kesme zamanı 2009; Tw = 4,5 yıl

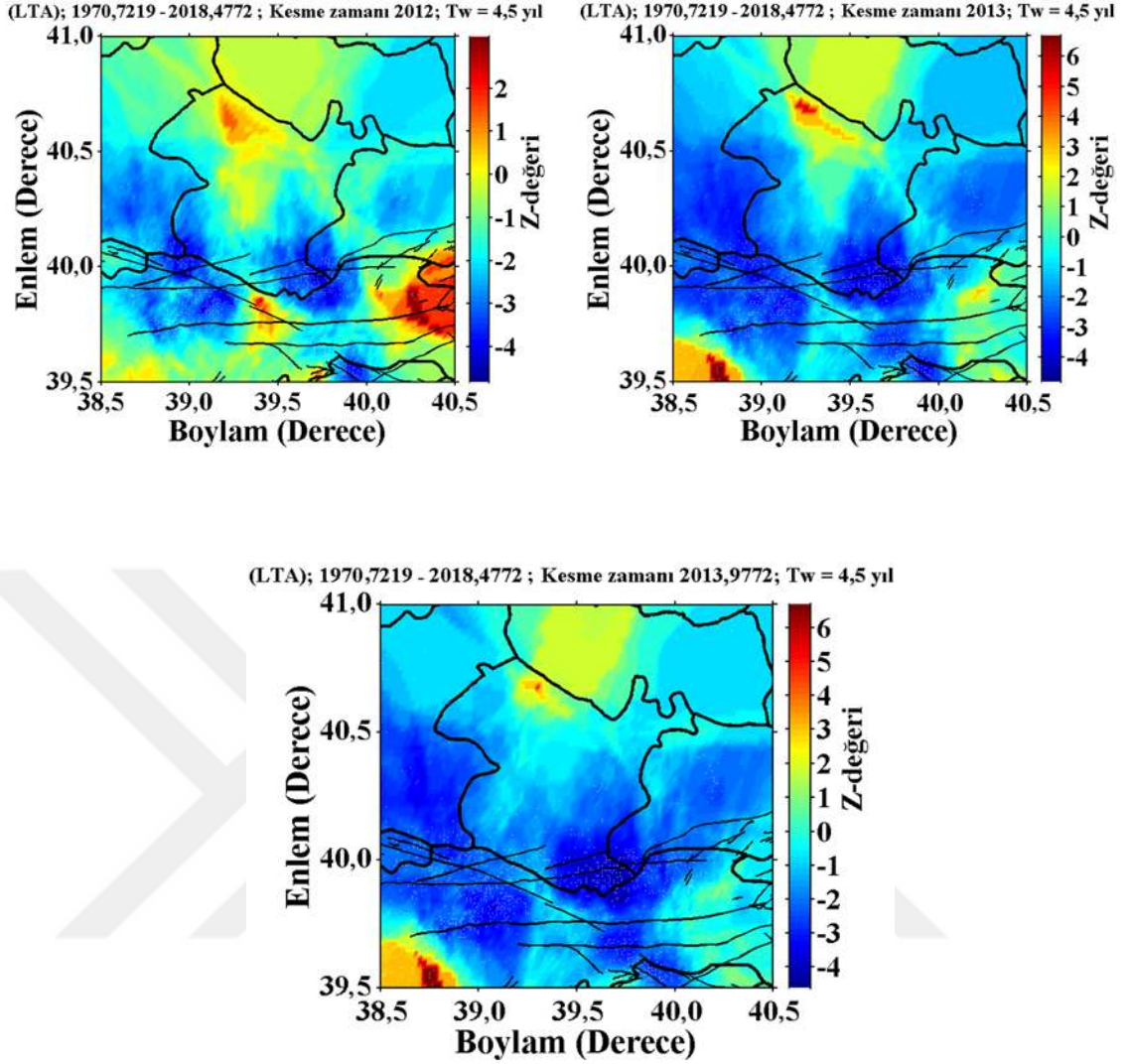


(LTA); 1970,7219 - 2018,4772 ; Kesme zamanı 2010; Tw = 4,5 yıl



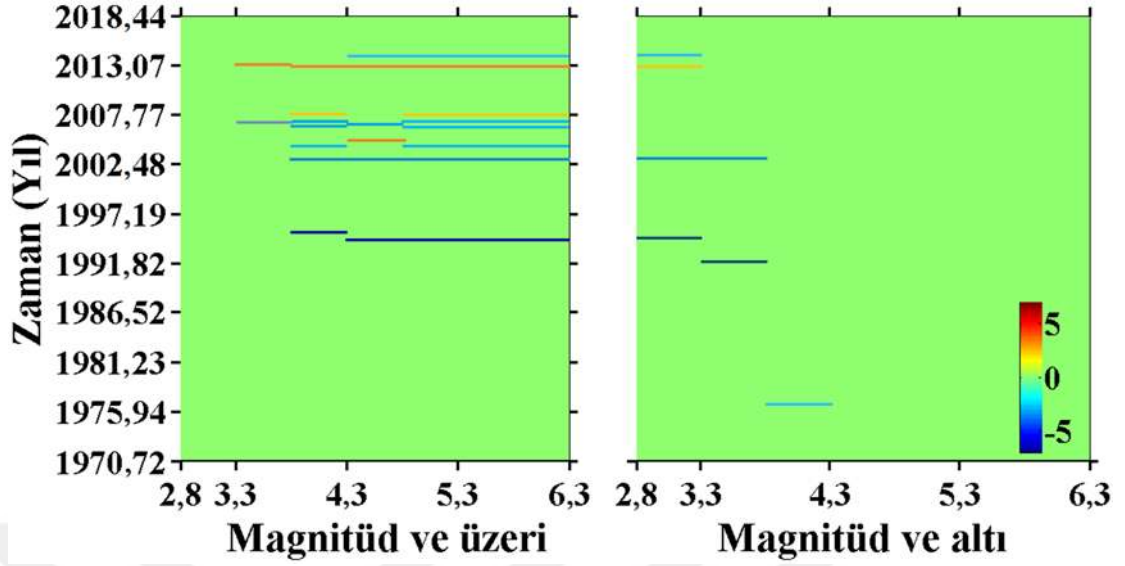
(LTA); 1970,7219 - 2018,4772 ; Kesme zamanı 2011; Tw = 4,5 yıl





Şekil 4.16, farklı magnitüd aralıkları için önemli büyük ve küçük depremlerin sayılarındaki artış ve azalışları ortaya koyan *GENAS* sonuçlarını göstermektedir. Önemli değişikliklerin meydana geldiği büyüklük gruplarını ayırmak için farklı büyüklük değerleri için ayrı ayrı değerlendirme yapılır. *GENAS*, zamana göre verilen büyüklükten daha büyük ve daha küçük deprem sayısındaki önemli farklılıkları açıklar. *GENAS* modelinin sonuçları, tüm büyüklük grupları için verilerin sonundan başlayan eğimdeki önemli kırılmaları göstermektedir (Ormeni vd., 2017). Şekil 4.16’da verilen tüm magnitüd bandları için M_d değerinden daha düşük bir büyüklüğe sahip olan tüm depremler “magnitüd ve altı” olarak ifade edilirken, M_d değerinden daha büyük bir büyüklüğe sahip olan tüm depremler “magnitüd ve üzeri” olarak ifade edilir.

Şekil 4.16. Kümesizleştirilmiş Deprem Kataloğu İçin GENAS Sonuçları



Şekil 4.16’da magnitüd bantına bağlı depremsellik oran değişimlerinin zaman içindeki düşüş ve yükselişleri %99 güvenirlilik seviyesi ile gösterilmiş olup kırmızı renk zaman içinde meydana gelen düşüşleri, mavi renk zaman içinde meydana gelen artışları göstermektedir. Küçük depremlerde artışın kaydedildiği yıllar 2002,2003,2004 ve 2014 yılları olup, azalmanın kaydedildiği yıllar 2005, 2008 ve 2013 yıllarıdır. Küçük depremlerin sayısında hafif artışın kaydedildiği yıllar ise 1995, 1996 ve 2006 yıllarıdır. Büyük depremlerde artışın görüldüğü yıllar 1976, 1992, 2003 ve 2015 yılları olup 2013 yılında ise bu büyük olaylarının sayısı azalmıştır. *GENAS* modelinin neticeleri tüm büyüklük grupları için verilerin sonundan başlayarak eğimdeki önemli kırılmaları göstermektedir.

Dünyanın farklı bölgelerinde belirli bir bölge için, deprem aktivitesinin bölgesel ve mekânsal davranışları sayısız çalışmada değerlendirilmiş ve deprem tehlikesinin detaylı bir değerlendirmesini yapmak için birçok farklı istatistiksel yöntem kullanılmıştır. Son yıllarda, birçok yazar, belirli bir bölge için gelecekteki depremlerin olası yerlerini ortaya çıkarmak için tamlik magnitüdü M_c -değeri, Gutenberg-Richter b -değeri, korelasyon boyutu D_c -değeri, depremlerin yıllık olasılık ve tekrarlama periyotları, bölge-zaman-magnitüd analizleri ve öncül sismik durgunluk Z -değeri gibi çeşitli istatistiksel parametrelerin kombinasyonunu kullanmıştır (Örneğin; Wiemer ve Wyss, 1994; Wyss ve Martirosyan, 1998; Katsumata ve Kasahara, 1999; Öncel ve Wilson, 2002; Huang vd., 2002; Wyss vd., 2004; Polat vd., 2008; Roy vd., 2011; Öztürk ve Bayrak, 2012; Öztürk, 2011; 2013; 2015a; 2017a; 2017b; 2018; Ogata, 2016; Ormeni, 2016; Kijko ve Smit,

2017; Oluwafemi vd., 2018). Bu tür çalışmaların temel fikri, düşük b -değeri, yüksek D_c -değeri ve yüksek Z -değeri olan bölgelerin, bir sonraki deprem tehlikesi için muhtemel bölgeler olduğu yönündedir. Örneğin, Polat vd. (2008), Türkiye'nin Ege bölgesindeki deprem potansiyelini değerlendirmek için sismotektonik b -değeri, fraktal boyut D_c -değeri ve standart normal sapma Z -değeri kullanarak istatistiksel bir analiz yapmışlardır. Bu çalışmada, düşük b -değerleri ile yüksek D_c ve Z -değerleri gösteren bölgelerin gelecekteki depremler için en olası yerler olabileceğini ifade etmişlerdir. Öztürk (2011), Öztürk ve Bayrak (2012), bu tür parametreleri kullanarak Türkiye'nin farklı bölgelerinin sismik tehlike potansiyelini değerlendirmişlerdir. Kısacası, bu istatistiksel parametreler gelecekteki deprem bölgelerinin tahmininde kullanılabilir. Öztürk (2017a), 1970-2016 yılları arasında Gümüşhane ve civarının gelecek deprem potansiyeli için $M_c=2,8$ olarak alınıp b -değeri $1,01\pm0,02$ olarak bulunmuştur ve Gümüşhane ve civarı için yakın zaman içerisinde önem arz eden bir deprem tehlikesi olmadığı sonucuna varılmıştır.

1970-2018 yılları arasında Gümüşhane ve civarı gelecek deprem potansiyelini güncelleyerek yaptığımız bu çalışmada ise, $M_c=2,8$ kullanılarak b -değeri $1,02\pm0,02$ olarak hesaplanmış olup, bu b -değeri Gümüşhane sınırları için tektonik depremlerin genel tipik özellikleri ile uyumlu olup Gutenberg-Richter ilişkisi ile çok iyi temsil edilir. 1970-2018 seneleri arasında b -değerinde meydana gelen önemli derecedeki azalışlar sonrasında bölgede büyük olarak nitelendirilebilecek bazı depremler meydana gelmiştir. D_c -değeri $1,57\pm0,03$ olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak, deprem aktivitesinin Gümüşhane ve civarında büyük ölçeklerde veya küçük alanlarda daha fazla kümелendiği şeklinde yorumlanabilir. Depremlerin yıllık olasılıkları ve tekrarlama periyodlarına bakıldığında Gümüşhane'nin kısa ve orta vadede güçlü olarak nitelendirilebilecek deprem açısından riskli olmadığı yorumu yapılabilir. Kelkit ve Köse ilçelerinin değerlendirildiği bölgesel ölçekte b -değerinin düşük gözlenmesi, bu ilçelerde gelecekte olası bir deprem potansiyelinin olabileceğini gösterir. Düşük b -değerlerine sahip bölgeler büyük magnitüdlü depremlerin daha sık meydana geldiği alanları temsil eder. İstatistiksel değerlendirmeler sonucunda Gümüşhane ve civarı için deprem tehlikesi düşük ve deprem riski azdır.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışma kapsamında, Gümüşhane ilinin afet geçmişi araştırılmış ve yapılan araştırmalarda, Gümüşhane ilinde jeolojik ve topografik yapısından dolayı en sık görülen afet olaylarının heyelan ve kaya düşmesi olduğu görülmüştür. Bununla birlikte, deprem çok sık görülmemesine rağmen Erzincan ilinde geçmişte meydana gelen 27 Aralık 1939 depremi ve 13 Mart 1992 depremleri sonucunda Gümüşhane ilinde maddi hasarın yanı sıra ölüm ve yaralanmalar olmuştur. Türkiye sismik tehlike haritasında, Kelkit (0,275g), Şiran (0,295g) ve Köse (0,222g) ilçeleri yüksek dereceli yer ivmesi gösterirken, Gümüşhane Merkez (0,184g), Torul (0,185g) ve Kürtün (0,192g) ilçeleri ise düşük dereceli yer ivmesi göstermektedir. İlimiz; özellikle Kelkit ve Şiran ilçeleri olmak üzere her an deprem afeti tehlikesi altındadır.

Gümüşhane ili ve civarının bölgelere ve zamana bağlı olarak deprem dağılımının istatistiksel değerlendirilmesi yapılmış olup, karakteristik deprem davranışlarının tanımlanması amaçlanmıştır. Bu amaçla, depremlerin tekrarlama zamanı ve yıllık olasılığı, deprem aktivitesinin magnitüd ve zaman serileri analizleri, tamlik magnitüdü M_c -değeri, sismik durgunluk Z -değeri, fraktal boyut D_c -değeri ve Gutenberg-Richter b -değerindeki güncel değişimlere dayalı olarak bölge-zaman-magnitüd analizleri gerçekleştirilmiştir. İstatistiksel analizler için, 1970 ile 2018 seneleri arasında süre magnitüdü $M_d \geq 1,0$ olan 2902 depremi kapsayan ve takriben 45,76 senelik olan bir katalog kullanılmıştır. Ayrıca, bağımlı olayları bağımsız olaylardan ayırabilmek için Reasenber algoritması tercih edilmiş ve 2018 yılı başında standart normal sapma Z -değerinin haritalanması amacıyla $M_d \geq 2,8$ olan 1499 depremi kapsayan kümesizleştirilmiş deprem kataloğu kullanılmıştır. Tüm hesaplamalar *ZMAP* yazılım programı kullanılarak yapılmıştır. Bölgesel değerlendirmeler, 39,5°N ve 41,0°N enlemleri ile 38,5°E ve 40,5°E boylamları ile sınırlandırılmış dikdörtgensel alanda gerçekleştirilmiştir. Deprem verisi, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü'nden derlenmiştir. Deprem magnitüdüleri $M_d=2,8$ 'de bir maksimum göstermesine rağmen, magnitüd ölçeği genel olarak 2,5 ile 3,2 arasında değişim göstermektedir. Deprem aktivitesi 2004'e kadar sabittir ve 2005-2017 yılları arasında sistematik artım ve azalılar göstermektedir. M_c -değeri 2,8 olarak hesaplanmıştır ve bu M_c -değeri kullanılarak

maksimum olasılık yöntemi ile b -değeri $1,02 \pm 0,02$, a -değeri 6,07 olarak tahmin edilmiştir. Tektonik depremler için b -değerinin 0,5 ile 1,5 arasında değiştiği iyi bilinir ve genellikle 1,0'a yakın olarak karakterize edilir. Dolayısıyla, Gümüşhane depremleri için b -değeri Gutenberg-Richter yasası ile iyi temsil edilmiştir. 1970-2018 yılları arasında çalışma bölgesinde bazı güçlü depremlerden önce b -değerlerinde azalmalar gözlenmiştir. Bölgesel ölçekte; Kelkit ve Köse ilçelerinin kapsayan doğu ve kuzeydoğu kısımlar ile Köse'nin kuzey kısmında ve Kelkit'in güney kısmında b -değerleri düşük gözlenmiş ve b -değerinin düşük gözlenmesi gelecekte bu alanlarda deprem olma olasılığı açısından önem arz edebilir. Depremlerin yıllık olasılık ve tekrarlama zamanlarına ilişkin değerlendirmelerde Gümüşhane ilinde kısa ve orta vadede güçlü olarak nitelendirilebilecek önemli depremler bakımından olası potansiyel bulunmadığını göstermektedir. Sismik durgunluk Z -değeri analizine bağlı olarak 2018 yılı başında, depremsellik üzerinde herhangi önemli oran değişimleri gözlenmemiştir. Bu açıdan, deprem tehlikesinin düşük olduğu ve deprem riskinin küçük olduğu düşünülebilir. Sonuç olarak, farklı sismotektonik parametrelerin istatistiksel değerlendirmeleri göstermektedir ki Gümüşhane ve civarının yakın gelecekte deprem oluşumları için önemli bir potansiyel mevcut değildir.

KAYNAKÇA

- ADNAN Azlan, RAMLI Mohd Zamri and ABD RAZAK Sk Muiz Sk; (2015), “Disaster Management and Mitigation for Earthquakes: Are We Ready? ”, 9th Asia Pacific Structural Engineering and Construction Conference (APSEC 2015), 3-5 November.
- AFAD; <https://deprem.afad.gov.tr/> , Erişim Tarihi: 20.05.2019.
- AFAD; (2014), **Müdahale, İyileştirme ve Sosyoekonomik Açından 2011 Van Depremi Raporu**, Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara.
- AFAD; (2017), Gümüşhane Heyelan Duyarlılık Analizi Raporlarından Düzenlenmiştir, Gümüşhane.
- AFAD; (2017), Gümüşhane Çığ Duyarlılık Analizi Raporlarından Düzenlenmiştir, Gümüşhane.
- AFAD; (2017), Gümüşhane Kaya Düşmesi Duyarlılık Analizi Raporlarından Düzenlenmiştir, Gümüşhane.
- AFAD; (2019), Gümüşhane İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğünde, Gümüşhane’de 2019 Yılına Kadar Meydana Gelmiş Olan Afet Raporları İncelenip Heyelan, Kaya Düşmesi, Sel ve Çığ Olayları İle İlgili Tablolar Oluşturulmuştur, Gümüşhane.
- AFADEM; <https://afadem.afad.gov.tr/tr/3880/Dogal-Afetler>, Erişim Tarihi: 01.09.2018.
- AKINCI Halil, ÖZALP Ayşe Y. ve KILIÇER Sebahat T.; (2015), “Coğrafi Bilgi Sistemleri ve AHP Yöntemi Kullanılarak Planlı Alanlarda Heyelan Duyarlılığının Değerlendirilmesi: Artvin Örneği”, Artvin Çoruh Üniversitesi, Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkezi, **Doğal Afetler ve Çevre Dergisi** ,Cilt:1, Sayı:1-2, Sayfa: 40-53, Artvin
- AKI Keiiti; (1965), “Maximum Likelihood Estimate of b in the Formula $\log N=a - bM$ and its Confidence Limits”, **Bulletin of the Earthquake Research Institute**, Tokyo University, 43, pp.237-239.
- ALLEN Clarence R., AMAND Paul, RICHTER Charles and NORDQUIST J.; (1965), “Relation Between Seismicity and Geological Structure in the Southern California Region”, **Bulletin of the Seismological Society of America**, 55, pp.752-797.

- AMİNİ Hamideh; (2014), “Comparing Reasenber and Gruenthal Declustering Methods For North of Iran”, Second European Conference on Earthquake Engineering and Seismology, İstanbul, 25-29 August.
- ARABASZ Walter J. and HILL S. J.; (1996), “Applying Reasenber’s Cluster Analysis Algorithm to Regional Earthquake Catalogs Outside California”, **Seismological Research Letters**, 67(2), p.30.
- ARABASZ Walter J. and WYSS Max (1996), **Significant Precursory Seismic Quiescences in the Extensional Wasatch Front Region Utah**. EOS, Transactions-American Geophysical Union 77, F455.
- ARSLAN Mehmet and ALİYAZICIOĞLU İlknur; (2001), “Geochemical and Petrological Characteristics of the Kale (Gümüşhane) Volcanic Rocks: Implications for the Eocene Evolution of Eastern Pontide arc Volcanism”, **Northeast Turkey, International Geology Review**, 43, pp.595-610.
- AWAD Hassoup, MEKKAVI Mahmoud, HASSIB Gaber and ELBOHOTY Mohamed; (2005), “Temporal and Three Dimensional Spatial Analysis of Seismicity in the Lake Aswan Area”, Egypt, **Acta Geophysica Polonica**, 53(2), pp.152-166.
- AYDIN Murat, SEVİMLİ Ulaş İnan, SERVİ Tayfun ve GÜNAYDIN Osman; (2013), Adıyaman İlinin İstatistiksel Deprem Risk Analizi, <https://www.ika.org.tr/upload/yazilar/TRC113DFD3027Adıyaman-Ilinin-Istatiksel-Deprem-Risk-Analizi-209611.pdf>, Erişim Tarihi: 24.01.2019.
- BACH Eduard P., FONT Mark and SERRA Marta; (2016), Report on Technical Recommendations to Enhance Journalists and Media in Wildfire Risk Management Through Communication Actions, <http://efirecom.ctfc.cat/wp-content/uploads/2015/02/Technical-recommendations-JM.pdf>, Erişim Tarihi: 17.08.2018.
- BASS Stephan, RAMASAMY Selvaraju, PRYCK Jennie Dey D. and BATTİSTA Federica; (2008), **Disaster Risk Management Systems Analysis**, A Guide Book, <http://www.fao.org/3/a-i0304e.pdf>, Erişim Tarihi: 10.04.2019.
- BAYRAK Yusuf, ÖZTÜRK Serkan, ÇINAR Hakan, KALAFAT Doğan, TSAPANOS Theodoros M., KORAVOS G. Ch. and LEVENTAKİS G. A.; (2009), “Estimating Earthquake Hazard Parameters From Instrumental Data for Different Regions in and Around Turkey”, **Engineering Geology**, 105, pp.200-210.

- BAYRAK Temel, ULUKAVAK Mustafa ve ACAR Selim; (2010), “Gümüşhane Heyelanları”, **Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi** Cilt: 2, sayı: 1, sayfa: 1-12, Gümüşhane.
- BAYRAK Yusuf, BAYRAK Erdem, ATAY Nursebil; (2011), “En Büyük Olasılık Yöntemi Kullanılarak Batı Anadolu’nun Farklı Bölgelerinde Aletsel Dönem İçin Deprem Tehlike Analizi”, 1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı 11-14 Ekim 2011, ODTÜ, ANKARA
- BAYRAK Yusuf and BAYRAK Erdem; (2012), “Regional Variations and Correlations of Gutenberg-Richter Parameters and Fractal Dimension for the Different Seismogenic Zones in Western Anatolia”, **Journal of Asian Earth Sciences**, 58, pp. 98-107.
- BOZKURT Erdin; (2001), “Neotectonics of Turkey-a Synthesis”, **Geodinamica Acta**, 14, pp.3-30.
- BUFE Charles G.; (1970), “Frequency-Magnitude Variations During the 1970 Danville Earthquake Swarm”, **Earthquake Notes**, 41, pp.3-6.
- CBSE; (2006), Natural Hazards and Disaster Management. Delhi: Preet Vihar, <http://www.cbse.nic.in/natural%20hazards%20&%20disaster%20management.pdf>, Erişim Tarihi: 12.11.2018.
- CHOULIARAS Gerasimos and STAVRAKAKİS George N.; (2001), “Current Seismic Quiescence in Greece: Implications for Seismic Hazard”, **Journal of Seismology**, 5, pp.595-608.
- CHOULIARAS Genasimos; (2009), “Investigating the Earthquake Catalog of the National Observatory of Athens”, **Natural Hazards and Earth System Sciences**, 9, pp.905-912.
- CONSOLE Rodolfo, MONTUORI Caterina and MURRU Maura; (2000), “Statistical Assessment of Seismicity Patterns in Italy: Are They Precursors of Subsequent Events?”, **Journal of Seismology**, 4, pp.435-449.
- ÇORUH Emine, AYDIN Metin M. ve ÖZTÜRK Ömer F.; (2018), “Gümüşhane Şehir İçerik Yollarının Afet Durumu İçin Tahliye Performanslarının İrdelenmesi ve En Etkif Tahliye Güzergâhlarının Belirlenmesi”, 1. Uluslararası Afet Yönetimi Kongresi, Gümüşhane.

- DIMING Yu; (2016), Investigations of the *b*-Value and its Variations on Possible Earthquake Prediction in the North-South China Seismic Belt, Master Thesis, China.
- DORREN Luuk K. A.; (2003), "A Review of Rockfall Mechanics and Modelling Approaches", **Progress in Physical Geography**, 27(1), pp. 69-87.
- EM-DAT; (2009), The EM-DAT Glossary. Retrieved December 29, 2013, from The International Disaster, <https://www.emdat.be/sites/default/files/Emdat.pdf>, Erişim Tarihi: 10.04.2019.
- FEMA; (2010), The Federal Emergency Management Agency Publication 1, www.fema.gov/media-library-data/20130726-1823-25045-8164/pub_1_final.pdf Erişim Tarihi: 10.03.2019.
- FEMA; (2016), The Federal Emergency Management Agency, www.fema.gov/media-library-data/1462196227387-c10c40e585223d22e2595001e50f1e5c/Pub1_04-07.pdf, Erişim Tarihi: 21.02.2019.
- FOLGER Peter; (2017), Drought in the United States: Causes and Current Understanding, <https://fas.org/sgp/crs/misc/R43407.pdf>, Erişim Tarihi: 07.05.2019.
- FROHLICH Cliff and DAVIS Scott D.; (1993), "Teleseismic *b*-Values: Or, Much Ado About 1.0", **Journal of Geophysical Research**, 98(B1), pp.631-644.
- GARDNER J. K. and KNOPOFF Leon; (1974), Is the Sequence of Earthquakes in Southern California, With Aftershocks Removed, Poissonian?, **Bulletin of the Seismological Society of America**, 64(5), pp.1363-1367.
- GHASSABIAN Nasser Naimi, KHATIB Mohammad Mahdi, NAZARI Hamid and HEYHAT Mahmoud Reza; (2016), Fractal Dimension and Earthquake Frequency-Magnitude Distribution in the North of Central-East Iran Blocks (NCEIB), 6(2), pp.243-264.
- GIBOWICZ Stawomir Jerzy; (1973), "Variation of the Frequency-Magnitude Relation During Earthquake Sequences in New Zealand", **Bulletin of the Seismological Society of America**, 63, pp.517-528.
- GIBOWICZ Stawomir Jerzy; (1974), "Frequency-Magnitude, Depth, and Time Relations for Earthquakes in an Island Arc: North Island, New Zealand", **Tectonophysics**, 23, pp. 283-297.

- GODANO Cataldo, LIPPIELLO Eugenio and ARCANGELIS Lucilla; (2014), “Variability of the b Value in the Gutenberg-Richter Distribution”, **Geophysical Journal International**, 199(3-1), pp.1765-1771.
- GOMBERG Joan; (1991), “Seismicity and Detection/Location Threshold in the Southern Great Basin Seismic Network”, **Journal of Geophysical Research Atmospheres**, 961(B10), pp.16401-16414.
- GRASSBERGER Peter; (1983), “Generalized Dimension of Strange Attractors”, **Physics Letters A**, 97(6-5), pp.227-230.
- GRASSBERGER Peter and PROCACCIA Itamar; (1983), “Measuring the Strangeness of Strange Attractors”, **Physica D: Nonlinear Phenomena**, 9(1-2), pp.189-208.
- GUTENBERG Beno and RICHTER Charles Francis; (1944), “Frequency of Earthquakes in California”, **Bulletin of the Seismological Society of America**, 34, pp.185-188.
- GÜMÜŞHANE VALİLİĞİ; <http://www.gumushane.gov.tr/> , Erişim Tarihi: 06.10.2018.
- GÜMÜŞHANE; <http://www.gumushane.gen.tr/gumushane/gumushanede-sel-felaketi-h9728.html>, Erişim Tarihi: 08.09.2018.
- HABERMANN Ray E.; (1983), “Teleseismic Detection in the Aleutian Island Arc”, **Journal of Geophysical Research**, 88 (B6), pp.5056-5064.
- HALLEGATTE Stéphane and PRZYLUSKI Valentin; (2010), “The Economics of Natural Disasters, CESifo Forum”, **Ifo Institut für Wirtschaftsforschung an der Universität München**, 11(2), pp. 14-24.
- HATZIDIMITRIOU Panagiotis M., PAPADIMITRIOU Eleftheria E., MOUNTRAKIS Demosthenis M. and PAPAACHOS B. Costas; (1985), “The Seismic Parameter b of the Frequency-Magnitude Relation and its Association With the Geological Zones in the Area of Greece”, **Tectonophysics**, 120, pp.141-151.
- HERRMANN Jack; (2007), Disaster Response Planning & Preparedness: PHASES OF DISASTER, http://www.nydis.org/nydis/downloads/manual/NYDIS_Disaster_SC-MH_Manual_SectionI-Chapter1.pdf, Erişim Tarihi: 16.03.2019.
- HOLTON James R. and CURRY Judith A.; (2002), **Encyclopedia of Atmospheric Sciences**, Academic Press , USA.
- HUANG Qinghua, ÖNCEL Ali Osman and SOBOLEV Gennady A.; (2002), “Precursory Seismicity Changes Associated With the Mw=7.4 1999 August 17 Izmit (Turkey) Earthquake”, **Geophysical Journal International**, 151, pp.235-242.

IDAHO; <https://ioem.idaho.gov/>, Erişim Tarihi: 22.12.2018.

İSMEP; (2009), Sanayi ve İşyerleri İçin Afet ve Acil Yardım Planlama Rehberi İSMEP Kitabı, **İstanbul Sismik Risklerin Azaltılması ve Acil Durum Hazırlık Projesi**, İstanbul.

İSTATİSTİKSEL SİSMOLOJİ; http://www.ktu.edu.tr/dosyalar/jeofizik_3f5f5.pdf, Erişim Tarihi: 01.06.2019

JAFARI Mohammad Ashtari; (2008), “The Distribution of *b*-Value In Different Seismic Provinces of Iran”, the 14th World Conference on Earthquake Engineering October 12-17, 2008, Beijing, China.

KANAMORI Hiroo; (1981), The Nature of Seismic Patterns Before Large Earthquakes. In Earthquake Prediction: An International Review (eds. Simpson, D.W., and Richards, P.G.)(AGU, Washington, D.C.), pp.1-19.

KATSUMATA Kei and KASAHARA Minoru; (1999), “Precursory Seismic Quiescence Before the 1994 Kurile Earthquake ($M_w=8.3$) Revealed by Three Independent Seismic Catalogs”, **Pure Applied Geophysics**, 155, pp.443-470.

KHAN Himayatullah, VASILESCU Laura Giurca and KHAN Asmatullah; (2008), “Disaster Management CYCLE-a Theoretical Approach, University of Craiova, Faculty of Economics and Business Administration”, **Management and Marketing Journal**, 6(1), pp. 43-50.

KHAN Abdul Razzaq, KHAN Abuturab and RAZZAQ Sadia; (2015), Conceptualizing Local Knowledge and Disaster Management, https://mpra.ub.uni-muenchen.de/63378/1/MPRA_paper_63378.pdf, Erişim Tarihi: 01.10.2018.

KIJKO Andrzej and SMIT Ansie; (2017), “Estimation of the Frequency-Magnitude Gutenberg-Richter *b*-Value without Making Assumptions on Levels of Completeness”, **Seismological Research Letters**, 88(2A).

KOÇYİĞİT Ali, YILMAZ Ali, ADAMIA Shota and KULOSHVILI Simon; (2001), “Neotectonics of East Anatolian Plateau (Turkey) and Lesser Caucasus: Implication for Transition from Thrusting to Strike-Slip Faulting”, **Geodinamica Acta**, 14, pp.177-195.

KONŞUK Hande and AKTAŞ Serpil; (2013), “Estimating the Recurrence Periods of Earthquake Data in Turkey”, **Open Journal of Earthquake Research**, 2, pp.21-25.

- LUKK Albert A. and POPANDOPOULOS George A.; (2012), “Reliability of Determining the Parameters of Gutenberg-Richter Distribution for Weak Earthquakes in Garm, Tajikistan”, **Izvestiya Physics of the Solid Earth**, 48(9-10).
- MMO; (2012), Türkiye’de Deprem Gerçeği ve TMMOB Makina Mühendisleri Odası’nın Önerileri, https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/d4419b4a44bde5f_ek_0.pdf, Erişim Tarihi: 02.05.2019.
- MAINEGRA E. Mendoza and ABREU M. I. Percedo; (2012), Disaster Management: The Role And Preparedness Of Veterinary Services, www.oie.int/doc/ged/D13886.PDF, Erişim Tarihi: 14.03.2019.
- MCKENZIE Dan P.; (1970), “Plate Tectonics of the Mediterranean Region”, **Nature**, 226, pp.239-243.
- MESSER Norman M.; (2003), The Role of Local Institutions and their Interaction in Disaster Risk Mitigation: a Literature Review, <http://www.fao.org/3/a-ad710e.pdf> Erişim Tarihi: 07.02.2019.
- MIDIMAR; (2016), National Contingency Plan For Storms, http://midimar.gov.rw/uploads/tx_download/NATIONAL_CONTINGENCY_PLAN_FOR_STORMS.pdf, Erişim Tarihi: 29.03.2019.
- MITHTHAPALA Sriyanie; (2008), Incorporating Environmental Safeguards Into Disaster Risk Management, <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2008-058-2.pdf>, Erişim Tarihi: 23.01.2019.
- MOATTI Adel, REZA Mohammad, NASSERI Amin and ZAFARANI Hamid; (2013), “Pattern Recognition on Seismic Data for Earthquake Prediction Purpose”, Proceedings of the 2013 International Conference on Environment, Energy, Ecosystems and Development.
- MOHAMED Abdisalan Ahmed; (2019), Disaster, Types of Disaster, Mitigation, www.researchgate.net/publication/330684577_disaster_types_of_disaster_mitigation, Erişim Tarihi: 08.05.2019.
- MOGI Kiyoo; (1967), “Regional Variation in Magnitude-Frequency Relation of Earthquake”, **Bulletin of the Earthquake Research Institute**, 45, pp.313-325.
- MTA; http://www.mta.gov.tr/mta_web/haritalar.asp, Erişim Tarihi: 26.12.2007.

- MURASE Kei; (2004), “A Characteristic Change in Fractal Dimension Prior to the 2003 Tokachi-oki Earthquake ($M_J = 8.0$), Hokkaido”, **Northern Japan. Earth Planets Space**, 56, pp.401-405.
- NELSON Stephen A.; (2013), Earthquakes: Causes and Measurements This Page Last Updated EQ: Causes and Measurements, http://www.tulane.edu/~sanelson/Natural_Disasters/eqcauses.pdf, Erişim Tarihi: 24.02.2019.
- NIDM; (2012), Management, Ministry of Home Affairs, Govt. of India, Training Module on Comprehensive Landslides Risk Management, <https://nidm.gov.in/PDF/modules/Landslide.pdf>, Erişim Tarihi: 11.11.2018.
- NUANNIN Paiboon; (2006), The Potential of *b*-Value Variations as Earthquake Precursors for Small and Large Events, <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:168371/COVER01>, Erişim Tarihi: 03.02.2019.
- NUFUSUNE; <http://www.nufusune.com/gumushane-nufusu>, Erişim Tarihi: 21.04.2019.
- OGATA Yosihiko and TSURUOKA Hiroshi; (2016), “Statistical Monitoring of Aftershock Sequences: a Case Study of the 2015 $M_w=7.8$ Gorkha, Nepal, Earthquake”, **Earth, Planets and Space**, 68(44), p.13.
- OLUWAFEMI John, OFUYATAN Olatokunbo, OYEBISI Solomon, ALAYANDE Tolulope and ABOLARIN John; (2018), “Probabilistic Seismic Hazard Analysis of Nigeria: The Extent of Future Devastating Earthquake”, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 413(1), p.012036.
- ORMENI Rrapo, ÖZTÜRK Serkan and GJUZI Olgert; (2016), “Regional and Temporal Evaluation of Seismicity in the Vlora-Elbasani-Dibra Transversal Fault Zone”, 3rd International Balkans Conference on Challenges of Civil Engineering, 3-BCCCE, 19-21 May, Albania.
- ORMENI Rrapo, ÖZTÜRK Serkan, FUNDO Akli and ÇELİK Kemal; (2017), “Spatial and Temporal Analysis of Recent Seismicity in Different Parts of the Vlora-Lushnja-Elbasani-Dibra Transversal Fault Zone”, **Austrian Journal of Earth Sciences Vienna**, 110/2.
- ÖNCEL Ali Osman and WILSON Tom H.; (2002), “Space-Time Correlations of Seismotectonic Parameters and Examples from Japan and Turkey Preceding the İzmit Earthquake”, **Bulletin Seismological Society of America** 92, pp.339–350.

- ÖNCEL Ali Osman and WILSON Tom H.; (2007), “Anomalous Seismicity Preceding the 1999 Izmit Event, NW Turkey”, **Geophysical Journal International**, 169 (1), pp.259-270.
- ÖNER Ertuğ; (1991), Gümüşhane (Torul-Kürtün) Çevresinde Heyelan Olayları, http://tucaum.ankara.edu.tr/wpcontent/uploads/sites/280/2015/08/cadata3_8.pdf, Erişim Tarihi: 06.12.2018.
- ÖZTÜRK Emrah ve ŞAHİNÖZ Turgut; (2017), “Afet ve Acil Durum Kayıtlarından 50 Yılın (1960-2010) Analizi: Gümüşhane İli Örneği”, Gümüşhane Üniversitesi, **Sağlık Bilimleri Dergisi**, 7 (1), ss.95-101.
- ÖZTÜRK Serkan, BAYRAK Yusuf, ÇINAR Hakan, KORAVOS George and TSAPANOS Theodoros; (2008), “A Quantitative Appraisal of Earthquake Hazard Parameters Computed from Gumbel I Method for Different Regions in and Around Turkey”, **Natural Hazards**, 47, pp.471-495.
- ÖZTÜRK Serkan; (2011), “Characteristics of Seismic Activity in the Western, Central and Eastern Parts of the North Anatolian Fault Zone, Turkey: Temporal and Spatial Analysis”, **Acta Geophysica**, 59(2), pp.209-238.
- ÖZTÜRK Serkan and BAYRAK Yusuf; (2012), “Spatial Variations of Precursory Seismic Quiescence Observed in Recent Years in the Eastern Part of Turkey”, **Acta Geophysica**, 60 (1), pp.92-118.
- ÖZTÜRK Serkan; (2014), “Türkiye’nin Batı Anadolu Bölgesi İçin Deprem İstatistiği ve Olası Güçlü Depremlerin Orta Vadede Bölgesel Olarak Tahmini Üzerine Bir Çalışma”, **Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, 4(1), ss.75-93.
- ÖZTÜRK Serkan; (2015a), “Fractal Dimension of Seismicity and a Modeling on the Intermediate-Term Forecasting for the Locations of Expected Strong Earthquakes: Eastern Anatolian Region, Turkey”, **Gümüşhane University Journal of Science and Technology Institute**, 5(1), pp.1-23.
- ÖZTÜRK Serkan; (2015b), “A study on the Correlations Between Seismotectonic b -Value and D_c -Value, and Seismic Quiescence Z -Value in the Western Anatolian region of Turkey”, **Austrian Journal of Earth Sciences**, 108 (2), pp.172-184.
- ÖZTÜRK Serkan; (2017a), “Gümüşhane ve Civarındaki Güncel Deprem Aktivitesinin Bölgesel ve Zamana Bağlı Değişimleri: İstatistiksel Bir Değerlendirme”, **Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, 7 (1), ss.25-40.

- ÖZTÜRK Serkan; (2017b), “Space-Time Assessing of the Earthquake Potential in Recent Years in the Eastern Anatolia region of Turkey”, **Earth Sciences Research Journal**, 21(2), pp.67-75.
- ÖZTÜRK Serkan ve SARI Mahmut; (2017), “Güncel Sismik Durgunluğun Bölgesel ve Zamana Bağlı Analizleri: Elazığ-Türkiye”, 4. Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı 11-13 Ekim, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.
- ÖZTÜRK Serkan; (2018), “Earthquake Hazard Potential in the Eastern Anatolian Region of Turkey: Seismotectonic b and D_c -Values and Precursory Quiescence Z -Value”, **Frontiers in Earth Science**, 12(1), pp.215-236.
- ÖZTÜRK Serkan, KAYA Aynur; (2018), “Space-Time Characteristics of Seismicity in Gümüşhane, Turkey: An Application of the Most Frequently Used Statistical Models”, International Conference on Mathematics: An Istanbul Meeting for World Mathematicians (ICOM 2018), pp.234-239, İstanbul, Turkey.
- ÖZTÜRK Serkan, KAYA Aynur; (2018), “Size-Scaling Distributions of Earthquake Occurrences in Gümüşhane, Turkey: Magnitude Variations, Seismotectonic b -Value and Fractal Dimension D_c -Value”, International Conference on Mathematics: An Istanbul Meeting for World Mathematicians (ICOM 2018), pp.240-245, İstanbul, Turkey.
- PACHECO Javier F., SCHOLZ Christopher H. and SYKES Lynn R.; (1992), “Change in Frequency-Size Relationship From Small to Large Earthquakes”, **Nature**, 355, pp.71-73.
- PAPAZACHOS B. Costas, KIRATZI Anastasia and PAPADIMITRIOU Eleftheria; (1991), “Regional Focal Mechanism for Earthquakes in the Aegean Area”, **PAGEOPH**, 136(4), pp. 405-420.
- PAILOPLEE Santi and CHOOWONG Montri; (2014), “Earthquake Frequency-Magnitude Distribution and Fractal Dimension in Mainland Southeast Asia, Pailoplee and Choowong Earth”, **Planets and Space**, 66(8).
- POLAT Orhan, GOK Elçin and YILMAZ Doğuser; (2008), “Earthquake Hazard of the Aegean Extension Region (West Turkey)”, **Turkish Journal of Earth Sciences**, 17, pp.593-614.

- PRIMANDARI Arum Handini and KHOTIMAH Khusnul; (2017), “Seismic Analysis Using Maximum Likelihood of Gutenberg-Richter”, **Bulletin of Social Informatics Theory and Application**, 1(1), pp.34-40.
- REASENBERG Paul; (1985), “Second-Order Moment of Central California Seismicity, 1969-1982”, **Journal of Geophysical Research**, 90 (B7), pp.5479-5495.
- REASÜRÖR; “Türk Afet Yönetimine Katkı Yeni Bir Sistem, DASK Afet Risk Yönetim Sistemine Bir Bakış”, www.millire.com/dergi/SAYI_104.pdf, Erişim Tarihi: 23.10.2018.
- ROSE Dale A., MURTHY Shivani, BROOKS Jennifer and BRYANT Jeffrey; (2017), “The Evolution of Public Health Emergency Management as a Field of Practice”, **American Journal of Public Health**, 107(S2), pp.126-133.
- ROY Sohini, GHOSH Uma, HAZRA Sugata and KAYAL J. R.; (2011), “Fractal Dimension and *b*-Value Mapping in the Andaman-Sumatra Subduction Zone”, **Natural Hazards**, 57, pp.27-37.
- RUTTO Daniel and OTIKE Japhet; (2016), Challenges Facing Disaster Management Inlibraries In Africa, School of Information SciencesMoi UniversityEldoret, Kenya.
- SCHOLZ Christopher H.; (1968), “The Frequency-Magnitude Relation of Micro-Fracturing in Rock and its Relation to Earthquakes”, **Bulletin of the Seismological Society of America**, 58, pp.399-415.
- SENA Lelisa and WOLDEMICHAEL Kifle; (2006), Disaster Prevention and Preparedness,https://www.cartercenter.org/resources/pdfs/health/ephti/library/lecture_notes/health_science_students/lln_disaster_prev_final.pdf, Erişim Tarihi: 21.03.2019.
- SORENSEN Jan, VEDELD Trond and HAUG Marit; (2006), Natural Hazards and Disasters, Drawing on the International Experiences from Disaster Reduction in Developing Countries, Norwegian Institute for Urban and Regional Research (NIBR).
- SYAFRIANI Yulkifli, SABARANI Andiyansyah Zulfikar and RAHARJO F. D.; (2018), “Correlation of Seismotectonic Parameter and Seismic Quiescence *Z*-Value in West Sumatra Indonesia”, **Journal of Physics, Conference Series**, 1040(1).
- ŞAROĞLU Fuat, EMRE Ömer ve KUŞCU İsmail; (1992), Active Fault Map of Turkey, General Directorate of Mineral Research and Exploration, Ankara, Turkey.

- TORMANN Thessa, WIEMER Stefan and HAUSSON Egill; (2010), “Changes of Reporting Rates in the Southern California Earthquake Catalog, Introduced by a New Definition of M_L ”, **Bulletin of the Seismological Society of America**, 100(4), pp.1733-1742.
- TUBİTAK; http://www.tubitak.gov.tr/tubitak_content_files/ARDEB/kamag/Turkiye_Ulusal_Deprem_Arastirmalari_Programi.pdf, Erişim Tarihi: 06.05.2019.
- TUDAP; (2005), Türkiye Ulusal Deprem Araştırmaları Programı, http://www.tubitak.gov.tr/tubitak_content_files/ARDEB/kamag/Turkiye_Ulusal_Deprem_Arastirmalari_Programi.pdf, Erişim Tarihi: 20.03.2019.
- UHRHAMMER R.; (1986), “Characteristics of Northern and Southern California Seismicity: Earthquake Notes”, 57, p.21.
- ULUSAY Reşat, TUNCAY Ergün, SONMEZ Harun and GOKCEOGLU Candan; (2004), “An Attenuation Relationship Based on Turkish Strong Motion Data and Iso-Acceleration Map of Turkey”, **Engineering Geology**, 74, pp.265-291.
- UNISDR; (2007), Drought Risk Reduction Framework and Practices: Contributing to the Implementation of the Hyogo Framework for Action, www.unisdr.org/files/3608_droughtriskreduction.pdf, Erişim Tarihi: 09.11.2018.
- UNISDR; (2017), National Disaster Risk Assessment, www.unisdr.org/files/52828_nationaldisasterriskassessmentwiagu.pdf, Erişim Tarihi: 27.03.2019.
- UTSU Tokuji; (1971), “Aftershock and Earthquake Statistic (III): Analyses of the Distribution of Earthquakes in Magnitude, Time and Space With Special Consideration to Clustering Characteristics of Earthquake Occurrence (1)”, **Journal of Faculty of Science, Hokkaido University, Series VII (Geophysics)**, 3, pp.379-441.
- WESTLUND Lena, POULAIN Florence, BAGE Hans and VAN ANROOY Raymon; (2007), “Disaster Response and Risk Management in the Fisheries Sector”, **FAO Fisheries Technical Paper**, 479, p.56.
- WHO/EHA; (2002), Disasters and Emergencies, Definitions Training Package. Pan African Emergency Training Centre, Addis Ababa, <http://apps.who.int/disasters/repo/7656.pdf>, Erişim Tarihi: 29.04.2019.

- WIEMER Stefan and WYSS Max; (1994), “Seismic Quiescence Before the Landers (M=7.5) and Big Bear (M = 6.5) 1992 Earthquakes”, **Bulletin of the Seismological Society of America**, 84(3), pp.900-916.
- WIEMER Stefan and WYSS Max;(2000), “Minimum Magnitude of Completeness in Earthquake Catalogs: Examples from Alaska, the Western United States, and Japan”, **Bulletin of the Seismological Society of America**, 90(3), pp.859-869.
- WIEMER Stefan; (2001), “A Software Package to Analyze Seismicity: ZMAP”, **Seismological Research Letters**, 72(3), pp.373-382.
- WILHITE Donald A.; (2000), Chapter 1 Drought as a Natural Hazard: Concepts and Definitions, Published in Drought: A Global Assessment, edited by Donald A. Wilhite, I(1), pp. 3-18.
- WIRASINGHE S. Chan, CALDERA H. Jithamala, DURAGE Samanthi W. and RUWANPURA Janaka Y.; (2013), “Preliminary Analysis and Classification of Natural Disasters”, The 9th annual International Conference of the International Institute for Infrastructure, Renewal and Reconstruction (IIIRR), At Queensland University of Technology, Brisbane, Australia, B1(2).
- WOESSNER Jochen and WIEMER Stefan; (2005), “Assessing the Quality of Earthquake Catalogues: Estimating the Magnitude of Completeness and its Uncertainty”, **Bulletin of the Seismological Society of America**, 95, pp.684-698.
- WU Yih-Min and CHIAO Ling-Yu; (2006), “Seismic Quiescence Before yhe 1999 Chi-Chi, Taiwan, Mw=7.6 Earthquake”, **Bulletin of the Seismological Society of America**, 96(1), pp.321-327.
- WYSS Max; (1973), “Towards a Physical Understanding of Earthquake Frequency Distribution”, **Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society Banner**,31, pp.341-359.
- WYSS Max and HABERMANN Ray E.; (1988), “Precursory Seismic Quiescence”, **PAGEOPH**, 126, pp.319-332.
- WYSS Max and MARTIROSYAN A. H.; (1998), “Seismic Quiescence Before the M7, 1988, Spitak Earthquake, Armenia”, **Geophysical Journal International**, 134(2), pp.329-340.
- WYSS Max; (1997), “Nomination of Seismic Quiescence as a Significant Precursor”, **PAGEOPH**, 149(1), pp.3-16.

- WYSS Max, SOBOLEV Gennady and CLIPPARD James D.; (2004), Seismic Quiescence Precursors to Two M7 Earthquakes on Sakhalin Island, Measured by Two Methods Earth Planets Space, 56, pp.725-740.
- VAN BERLAER Gerlant; (2017), Disaster And Humanitarian Emergency Response: The Importance of Field Medical Data Registration, <http://www.crisisdata.net/upload/GerlantvanBerlaer.pdf>, Erişim Tarihi: 14.10.2018.
- VAN STIPHOUT Thomas, ZHUANG Jiancang and MARSAN David; (2012), Theme V-Models and Techniques for, Analyzing Seismicity, Seismicity Declustering, http://www.corssa.org/export/sites/corssa/.galleries/articles-pdf/vanStiphout_et_al.pdf, Erişim Tarihi: 22.10.2018.
- YADAV Ram Bichar S., GAHALAUT Vineet Kumar, CHOPRA Sumer and SHAN Bin; (2012), “Tectonic Implications and Seismicity Triggering During the 2008 Baluchistan, Pakistan Earthquake Sequence”, **Journal of Asian Earth Sciences**, 45 (2), pp.167-178.
- ZÚÑIGA F. Ramón and CASTRO Raúl R.; (2005), “The RESNOM Seismic Catalog and its Bearing on the Seismicity of Northwestern Mexico”, **Geofísica Internacional**, 44(2), pp.143-155.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Aynur KAYA
Doğum Yeri ve Tarihi : Merkez / GÜMÜŞHANE / 14.04.1988

Eğitim Durumu

Lisans öğrenimi : Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans Öğrenimi : Gümüşhane Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Afet Yönetimi ABD.
Bilimsel Faaliyetler : Öztürk, S., Kaya, A., 2018. Size-Scaling Distributions of Earthquake Occurrences in Gümüşhane, Turkey: Magnitude Variations, Seismotectonic *b*-Value and Fractal Dimension *D_c*-Value, International Conference on Mathematics: An Istanbul Meeting for World Mathematicians (ICOM 2018), 240-245 pp., İstanbul, Turkey.

İş Deneyimi

Çalıştığı kurumlar : Gümüşhane İl Özel İdaresi-İmar ve Kentsel İyileştirme Müdürlüğü, Gümüşhane İbni Sina Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi- Alan Öğretmenliği

İletişim

Telefon : 0538 545 27 92
e-posta Adresi : Aynur_kaya_29_@hotmail.com

Tarih : 01 / 06 / 2019