

T.C.
BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DİSİPLİNLERARASI AFET YÖNETİMİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİTLİS VE YAKIN ÇEVRESİNİN AFET RİSK ANALİZİ

Rezzan EKİNCİ

HAZİRAN 2018

DİSİPLİNLERARASI AFET YÖNETİMİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİTLİS VE YAKIN ÇEVRESİNİN AFET RİSK ANALİZİ

Hazırlayan
Rezzan EKİNCİ

Danışman
Prof. Dr. Aydın BÜYÜKSARAÇ

Jüri Üyeleri
Prof. Dr. Aydın BÜYÜKSARAÇ
Dr. Öğr. Üyesi İsmail AKKAYA
Dr. Öğr. Üyesi Ercan IŞIK

HAZİRAN 2018

Rezzan EKİNCİ tarafından hazırlanan “Bitlis ve Yakın Çevresinin Afet Risk Analizi” adlı tez çalışması 07/06/2018 tarihinde yapılan sınavla aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Disiplinlerarası Afet Yönetimi Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Dr. Öğr. Üyesi İsmail AKKAYA
(Başkan)

Prof. Dr. Aydın BÜYÜKSARAÇ
(Danışman)

Dr. Öğr. Üyesi Ercan IŞIK
(Üye)

İmza



Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun 22/07/2018 gün ve 34.01 Sayılı kararı ile onaylanmıştır.



Doç. Dr. Koray KÖKSAL
Enstitüsü Müdürü

ÖZET

BİTLİS VE YAKIN ÇEVRESİNİN AFET RİSK ANALİZİ

Rezzan EKİNCİ

Yüksek Lisans Tezi

Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Disiplinlerarası Afet Yönetimi Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Aydın BÜYÜKSARAÇ

Haziran 2018, 88 sayfa

Bu çalışmada, doğal afetlerin oldukça sık yaşandığı Bitlis ili ve civarının, afet çeşitliliği bakımından incelenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, heyelan, çığ, kaya düşmesi, sel, yeraltı suyu yükselmesi ve şiddetli yağış gibi doğal afetlerin Bitlis il merkezi ve ilçelere göre zamansal ve mekânsal dağılımları incelenmiş ve buna bağlı olarak geçmişte gerçekleşmiş doğal afet verileri yardımıyla risk analizleri gerçekleştirilmiştir. Risk analizi çalışmasında, doğal afetin olasılığı, şiddeti ve bunun yanında frekansının da kullanıldığı yöntemlerden biri olan Fine–Kinney yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca, Bitlis ili ve yakın çevresinin sismik riski ve sismisitesinin mekânsal ve zamansal dağılımı ele alınmıştır. Depremsellik parametrelerinin belirlenebilmesi amacıyla Gutenberg–Richter büyüklük–frekans ilişkisi ve Poisson olasılık modeli yöntemleri uygulanmıştır. Bu çalışma kapsamında geliştirilen MATLAB tabanlı bir algoritma yardımıyla bu parametreler hesaplanmış ve çalışma alanındaki sismik gerilme haritalandırılmıştır. Ayrıca bazı büyüklükteki depremler belirlenmiş zaman süreçlerindeki oluşma riskleri ve dönüş periyotları hesaplanmış ve çalışma alanı için haritalanmıştır.

Anahtar kelimeler: Bitlis, Doğal Afet, Risk Analizi, Depremsellik, Gutenberg–Richter, Poisson Modeli

ABSTRACT

DISASTER RISK ANALYSIS OF BİTLİS AND ITS VICINITY

Rezzan EKİNCİ

Master Thesis

Bitlis Eren University Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Interdisciplinary Disaster Management

Supervisor: Prof. Dr. Aydın BÜYÜKSARAÇ

June 2018, 88 pages

In this study, it was aimed at analysing the disaster diversity of Bitlis province and its surrounding where natural disasters are frequently lived through. In this scope, temporal and spatial variations of natural disasters such as landslide, avalanche, rock fall, flood, groundwater raising, and heavy precipitation were analysed for Bitlis province and its districts. Risk analyses were also performed by means of the data sets of natural disasters occurred in the past. In the risk analysis study, Fine–Kinney method that use the probability, the intensity and the frequency of the natural disaster was used. Besides, temporal and spatial variations of seismic risk and seismicity of Bitlis province and its close vicinity were also addressed. Gutenberg–Richter magnitude–frequency relationship and Poisson probability model were applied to determine seismicity parameters. Those parameters were calculated through a MATLAB based algorithm developed in the scope of this study, and the seismic stress beneath the study area was mapped. Additionally, occurrence hazard probabilities and the return periods of earthquakes having predefined values in predefined time intervals were calculated and mapped for the study area.

Key words: Bitlis, Natural Disasters, Risk Analysis, Seismicity, Gutenberg–Richter, Poisson Model

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmam boyunca görgü ve tecrübelerinden faydalandığım, her türlü bilgiye kolayca ulaşmamı sağlayan danışman hocam Prof. Dr. Aydın BÜYÜKSARAÇ’a çok teşekkür ederim.

Çalışma kapsamında kullanılan bazı veri setlerine ulaşmamı sağlayan ve önerilerinden faydalandığım Dr. Öğr. Üyesi Ercan IŞIK’a teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın son haline gelmesinde yapıcı önerileriyle katkı sağlayan Dr. Öğr. Üyesi İsmail AKKAYA’ya teşekkür ederim.

Tez çalışması aşamasında ihtiyaç duyduğum zamanlarda yardımlarını esirgemeyen, maddi ve manevi olarak her zaman yanımda olan kıymetli eşim Doç. Dr. Yunus Levent EKİNCİ’ye ve sabırlarından dolayı biricik kızım Delfin Ada EKİNCİ’ye sonsuz teşekkürler.

Uzakta olsalar bile dualarıyla hep yanımda olan sevgili annem Reyhan PEKCAN’a, sevgili babam Recep PEKCAN’a ve sevgili ağabeyim Mustafa Rüçhan PEKCAN’a çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışma Alanı	8
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	14
2.1. Deprem Tehlikesi Çalışmaları	14
2.2. Heyelan Çalışmaları	18
2.3. Çığ Düşmesi Çalışmaları	19
2.4. Kaya Düşmesi Çalışmaları	19
2.5. Çoklu Doğal Afet Çalışmaları	20
2.6. Fine–Kinney Yöntemiyle Risk Analizi Çalışmaları	21
3. MATERYAL VE YÖNTEM	22
3.1. Fine–Kinney Yöntemi	22
3.2. Gutenberg–Richter (G–R) İlişkisi ve Poisson Olasılık Hesabı	25
4. BULGULAR	30
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	60
KAYNAKLAR	62
EKLER	77
EK-1. Bitlis ili merkez olacak şekilde 100 km yarıçaplı bölgede meydana gelmiş $xM \geq 4.0$ depremler	77
EK-2. Muş ili merkez olacak şekilde 100 km yarıçaplı bölgede meydana gelmiş $xM \geq 4.0$ depremler	82
ÖZGEÇMİŞ	88

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>ŞEKİL</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. 1950-2008 yılları arasında depremlerden dolayı etkilenen afetzede sayısının illere göre dağılımı	5
1.2. 1950-2008 yılları arasında meydana gelen heyelan olayı sayısının illere göre dağılımı	5
1.3. 1950-2008 yılları arasında meydana gelen çığ olayı sayısının illere göre dağılımı	6
1.4. 1950-2008 yılları arasında meydana gelen kaya düşmesi olayı sayısının illere göre dağılımı	6
1.5. 1950-2008 yılları arasında meydana gelen sel olayı sayısının illere göre dağılımı	7
1.6. 1950-2008 yılları arasında meydana gelen tüm doğal afet olayı sayılarının illere göre dağılımı	7
1.7. Bitlis ili ve ilçelerinin coğrafi konumu	8
1.8. Bitlis ili ve ilçelerinin sayısal yükseklik modeli	9
1.9. Türkiye ve çevresinin basitleştirilmiş neotektonik haritası	11
1.10. Doğu Anadolu'nun temel yapısal elemanlarını gösteren basitleştirilmiş harita.	12
1.11. Bitlis ili ve civarında aletsel dönemde gerçekleşmiş $M \geq 5.0$ depremler	12
3.1. Sismik tehlike parametrelerinin belirlenmesinde kullanılan alanın harita üzerinde gösterimi	27
3.2. Tez çalışması kapsamında geliştirilen ve sismik tehlike parametrelerinin belirlenmesinde kullanılan MATLAB tabanlı algoritma	29
4.1. Bitlis ili ve ilçelerinde 1965-2010 yılları arasında gerçekleşmiş heyelan olaylarının oluş yerlerini gösteren harita	30
4.2. Bitlis ili ve ilçelerinde 1965-2010 yılları arasında gerçekleşmiş heyelan olaylarının sayısının yıllara göre dağılımı	31
4.3. Bitlis ili ve ilçelerinde 1965-2010 yılları arasında gerçekleşmiş çığ olaylarının oluş yerlerini gösteren harita	31

4.4.	Bitlis ili ve ilçelerinde 1965-2010 yılları arasında gerçekleşmiş çığ olaylarının sayısının yıllara göre dağılımı	32
4.5.	Bitlis ili ve ilçelerinde 1965-2010 yılları arasında gerçekleşmiş kaya düşmesi olaylarının oluş yerlerini gösteren harita	33
4.6.	Bitlis ili ve ilçelerinde 1965-2010 yılları arasında gerçekleşmiş kaya düşmesi olaylarının sayısının yıllara göre dağılımı	33
4.7.	Bitlis ili ve ilçelerinde 1965-2010 yılları arasında gerçekleşmiş sel olaylarının oluş yerlerini gösteren harita	34
4.8.	Bitlis ili ve ilçelerinde 1965-2010 yılları arasında gerçekleşmiş sel olaylarının sayısının yıllara göre dağılımı	34
4.9.	Bitlis ili ve ilçelerinde 1965-2010 yılları arasında gerçekleşmiş yeraltı suyu yükselmesi olaylarının oluş yerlerini gösteren harita	35
4.10.	Bitlis ili ve ilçelerinde 1965-2010 yılları arasında gerçekleşmiş yeraltı suyu yükselmesi olaylarının sayısının yıllara göre dağılımı	36
4.11.	Bitlis ili ve ilçelerinde 1965-2010 yılları arasında gerçekleşmiş şiddetli yağış olaylarının oluş yerlerini gösteren harita	36
4.12.	Bitlis ili ve ilçelerinde 1965-2010 yılları arasında gerçekleşmiş şiddetli yağış olaylarının sayısının yıllara göre dağılımı	37
4.13.	Bitlis ili merkez olacak şekilde sırasıyla 100, 150 ve 200 km yarıçaplı bölgede meydana gelmiş depremlerden en küçük kareler yöntemiyle hesaplanmış a ve b değerleri	42
4.14.	Muş ili merkez olacak şekilde sırasıyla 100, 150 ve 200 km yarıçaplı bölgede meydana gelmiş depremlerden en küçük kareler yöntemiyle hesaplanmış a ve b değerleri	44
4.15.	Van ili merkez olacak şekilde sırasıyla 100, 150 ve 200 km yarıçaplı bölgede meydana gelmiş depremlerden en küçük kareler yöntemiyle hesaplanmış a ve b değerleri	46
4.16.	Ağrı ili merkez olacak şekilde sırasıyla 100, 150 ve 200 km yarıçaplı bölgede meydana gelmiş depremlerden en küçük kareler yöntemiyle hesaplanmış a ve b değerleri	48
4.17.	Batman ili merkez olacak şekilde sırasıyla 100, 150 ve 200 km yarıçaplı bölgede meydana gelmiş depremlerden en küçük kareler yöntemiyle hesaplanmış a ve b değerleri	5

4.18.	Siirt ili merkez olacak şekilde sırasıyla 100, 150 ve 200 km yarıçaplı bölgede meydana gelmiş depremlerden en küçük kareler yöntemiyle hesaplanmış a ve b değerleri	52
4.19.	Her bir yerleşim yeri için 100 km yarıçap içinde kalan depremlerin değerlendirilmesi ile elde edilmiş b değeri haritası	54
4.20.	Her bir yerleşim yeri için 150 km yarıçap içinde kalan depremlerin değerlendirilmesi ile elde edilmiş b değeri haritası	54
4.21.	Her bir yerleşim yeri için 200 km yarıçap içinde kalan depremlerin değerlendirilmesi ile elde edilmiş b değeri haritası	55
4.22.	Her bir yerleşim yeri için 100 km yarıçap içinde kalan depremlerin değerlendirilmesi ile elde edilmiş a değeri haritası	55
4.23.	Her bir yerleşim yeri için 150 km yarıçap içinde kalan depremlerin değerlendirilmesi ile elde edilmiş a değeri haritası	56
4.24.	Her bir yerleşim yeri için 200 km yarıçap içinde kalan depremlerin değerlendirilmesi ile elde edilmiş a değeri haritası	56
4.25.	Her bir yerleşim yeri için 100 km yarıçap içinde kalan depremlerin değerlendirilmesi ile elde edilmiş a/b değeri haritası	57
4.26.	Her bir yerleşim yeri için 150 km yarıçap içinde kalan depremlerin değerlendirilmesi ile elde edilmiş a/b değeri haritası	57
4.27.	Her bir yerleşim yeri için 200 km yarıçap içinde kalan depremlerin değerlendirilmesi ile elde edilmiş a/b değeri haritası	58
4.28.	Her bir yerleşim yeri için 100 km yarıçap içinde kalan depremlerin değerlendirilmesi ile elde edilmiş, 5.0 büyüklüğündeki bir depremin tekrarlama periyodu haritası	58
4.29.	Her bir yerleşim yeri için 150 km yarıçap içinde kalan depremlerin değerlendirilmesi ile elde edilmiş, 5.5 büyüklüğündeki bir depremin tekrarlama periyodu haritası	59
4.30.	Her bir yerleşim yeri için 200 km yarıçap içinde kalan depremlerin değerlendirilmesi ile elde edilmiş, 6.0 büyüklüğündeki bir depremin tekrarlama periyodu haritası	59

ÇİZELGELER DİZİNİ

ÇİZELGE	Sayfa
1.1. Afet türlerine göre afetlerden etkilenen yerleşim birimi sayısı ve oranı	4
1.2. Bitlis ve yakın çevresinde aletsel dönem içinde gerçekleşmiş büyük ve yıkıcı depremler	13
3.1. Fine-Kinney yönteminde kullanılan frekans ölçeği	22
3.2. Fine-Kinney yönteminde kullanılan ihtimal ölçeği	23
3.3. Fine-Kinney yönteminde kullanılan şiddet ölçeği	23
3.4. Risk sonucu (R) sınıflandırması	23
3.5. Fine-Kinney yönetiminde kullanılmak için yeniden düzenlenmiş frekans ölçeği	24
3.6. Fine-Kinney yönteminde kullanılmak için yeniden düzenlenmiş şiddet ölçeği	24
3.7. Sismik tehlike parametrelerinin belirlenmesinde kullanılan örnek veri dosyası	28
4.1. Bitlis ili ve ilçeleri için heyelan risk analizi sonuçları	37
4.2. Bitlis ili ve ilçeleri için çığ risk analizi sonuçları	38
4.3. Bitlis ili ve ilçeleri için kaya düşmesi risk analizi sonuçları	38
4.4. Bitlis ili ve ilçeleri için sel risk analizi sonuçları	39
4.5. Bitlis ili ve ilçeleri için yeraltı suyu yükselmesi risk analizi sonuçları	39
4.6. Bitlis ili ve ilçeleri için şiddetli yağış risk analizi sonuçları	39
4.7. Bitlis ili merkez olacak şekilde 100, 150 ve 200 km yarıçaplı bölgede meydana gelmiş depremlerden hesaplanan olasılık dağılımları	43
4.8. Muş ili merkez olacak şekilde 100, 150 ve 200 km yarıçaplı bölgede meydana gelmiş depremlerden hesaplanan olasılık dağılımları	45
4.9. Van ili merkez olacak şekilde 100, 150 ve 200 km yarıçaplı bölgede meydana gelmiş depremlerden hesaplanan olasılık dağılımları	47
4.10. Ağrı ili merkez olacak şekilde 100, 150 ve 200 km yarıçaplı bölgede meydana gelmiş depremlerden hesaplanan olasılık dağılımları	49

4.11.	Batman ili merkez olacak şekilde 100, 150 ve 200 km yarıçaplı bölgede meydana gelmiş depremlerden hesaplanan olasılık dağılımları	51
4.12.	Siirt ili merkez olacak şekilde 100, 150 ve 200 km yarıçaplı bölgede meydana gelmiş depremlerden hesaplanan olasılık dağılımları	53



1. GİRİŞ

Tarih boyunca insanoğlunun karşılaştığı en büyük sorunlardan biri de afetler olmuştur. Afetlerin Epidemiyolojisini Araştırma Merkezi (Centre for Research on the Epidemiology of Disasters, CRED) afet tanımı için; yerel imkanları yetersiz bırakan, ulusal veya uluslararası seviyede acil yardım gerektiren, önceden kestirilemeyen ve çoğunlukla birdenbire gelişen büyük zararlara, yıkımlara ve insanların çeşitli acılar çekmesine neden olan durum veya olay ifadesini kullanmaktadır (Hoyois vd. 2007). Doğal kaynaklı olarak oluşabilmelerinin yanında insan ihmalleri neticesinde de gerçekleşebilmeleri, afetlerin iki başlık altında toplanmasına neden olmuştur. İnsan yaşamını oldukça olumsuz yönde etkileyebilme potansiyeline sahip olan doğal afetlerin en genel ortak özelliği önceki tanımlamada verildiği gibi ani bir şekilde gerçekleşebilmeleridir. Bu nedenle gerekli önlemlerin alınmamış olması ve afetlerin beklenmedik bir anda gerçekleşmesi nedeniyle büyük can ve mal kayıpları yaşanabilir. Çoğunlukla jeolojik, topoğrafik, klimatolojik, meteorolojik ve biyolojik kökenli nedenlerin birinden veya birkaçından dolayı oluşan deprem, sel, fırtına, hortum, tayfun, yıldırım düşmesi, tsunami, heyelan, kaya düşmesi, çığ, yeraltı suyu yükselmesi, kuraklık, yanardağ püskürmesi, meteor düşmesi, kıtlık, şiddetli soğuk veya sıcaklar, asit yağmurları, böcek istilaları vb. doğal afetlerin oluşabilmesine olanak sağlayabilmektedir. Diğer taraftan terör saldırıları, savaşlar, nükleer sızıntılar, biyolojik silahlar, çevre ve hava kirliliği, çevresel dengenin bozulması, su ve gıda kaynaklarının aşırı tüketilmesi gibi insan kaynaklı oluşan bu etmenler de afetlere neden olabilmektedir. Yangınlar ve salgınlar hem doğal kaynaklı hem de insan ihmali ile ortaya çıkabilmektedirler. Hangi kaynaklı olursa olsun yukarıda sözü geçen afetler toplum yapısında bir bozulmaya neden olur, can ve mal kayıpları dışında büyük ekonomik ve sosyal kayıplara yol açarlar (Uluğ 2009). Bu nedenle, afetler toplumun örgütlü biçimde hazırlıklı olması gereken en önemli sosyal ve çevresel sorunlar arasında yer almaktadır (Güler ve Çobanoğlu 1994). CRED tanımlamalarına göre ise afetler doğal ve teknolojik olarak gruplandırılmıştır. Doğal afetler, hidrometeorolojik ve yersel olmak üzere iki üst başlık altında toplanmaktadır. Çığ, heyelan, kuraklık, kıtlık, uç değerlerdeki sıcaklık değerleri, sel, orman ve çalılık yangınları, kasırga, böcek istilaları ve deniz kabarmaları hidrometeorolojik kökenli afetler olarak tanımlanırken; deprem, tsunami ve volkanik patlamalar da yersel afetler olarak gruplandırılmıştır (Hoyois vd. 2007). Teknolojik afetler ise endüstriyel kazalar (kimyasal sızıntılar, endüstriyel altyapı çökmeleri, yangınlar, gaz sızıntıları, zehirlenme ve radyasyona maruz kalma), ulaşım kazaları (hava, kara ve su yoluyla ulaşım kazaları) ve muhtelif kazalar (evsel veya endüstriyel olmayan yapıların çökmesi veya yıkılması, patlamalar ve yangınlar) üç üst başlıkta toplanmaktadır (Hoyois vd. 2007).

Doğal afetler sadece belirli coğrafyalarda değil küresel ölçekte de tüm dünyayı tehdit eden olaylardır. Günümüze kadar, dünya genelinde milyonlarca insan doğal afetler nedeniyle hayatını kaybetmiştir. Doğal afetlerden en fazla zarar görmüş ülkelerin başında Çin gelmektedir. Günümüze değin Dünya üzerinde yaşanmış en yıkıcı doğal afetlerden bazıları şu şekilde sıralanabilir.

7 Mayıs 1201 tarihinde Kuzey Mısır veya Suriye’de meydana geldiği düşünülen depremde yaklaşık 1.1 milyon kişi hayatını kaybetmiştir (Dunbar vd. 1992).

Kuzey Çin’de, Weihe Baseninde bulunan Huaxian Bölgesinde 23 Ocak 1556 yılında 8.0 büyüklüğünde çok yıkıcı bir deprem meydana gelmiş ve yaklaşık 830 bin kişinin yaralanmasına veya ölmesine neden olmuştur (Hou vd. 1998).

1769–1773 yılları arasında meydana gelen büyük Hindistan kıtlığı Bengal kentinde en az nüfusun 1/3 üne denk gelen 10 milyon insanın ölümüne neden olmuştur (Ahmed 2018).

Hindistan tarihinin en büyük doğal afetlerinden biri olan Coringa hortumu 1839 yılında gerçekleşmiş ve ürettiği dalgalar yaklaşık 25 bin botu yutmuş ve 320 bin insanın ölümüne neden olmuştur (Saravanan 2016).

İrlanda’da 1845–1852 yılları arasında yaşanan kıtlık, nüfusunun dörtte birinin yani 1 milyon insanın hayatını kaybetmesine sebep olmuş ve yine yaklaşık 1 milyon insanın ülke dışına göç etmesiyle sonuçlanmıştır (Gachomo vd. 2012).

1876–1878 yıllarında Kuzey Çin’de süren kuraklık neticesinde nüfus ölümler ve göçler nedeniyle 20 milyonun üzerinde azalmıştır (Hao vd. 2010).

1887 yılında Çin’de Henan bölgesinde meydana gelen Sarı Nehir selinde yaklaşık 900 bin insan hayatını kaybetmiştir (Saral 2010).

12 Kasım 1970 tarihinde Bangladeş ve Hindistan ülkelerini etkileyen 205 km/saat hızındaki Bhola hortumu yaklaşık 500 bin kişinin ölümüne ve 86.4 milyon dolarlık bir hasara sebep olmuştur (Rahman ve Rahman 2015).

1918–1919 yıllarında ortaya çıkan İspanyol gribi dünya çapında 50 milyonun üzerinde insanın hayatını kaybetmesine neden olmuştur (Taubenberger ve Morens 2006).

1931 senesinde Çin’de aşırı yağışlardan oluşan sel Huaihe Nehri ve Yangtze Nehri basenlerini vurmuş ve sonucunda 51 milyondan fazla insan etkilenmiş ve bunlardan 400 bini hayatını kaybetmiştir (Zhang ve Liu 2006).

Çin’in en eski endüstriyel şehirlerinden biri olan Tangshan şehrinde 1976 senesinde meydana gelen 7.8 büyüklüğündeki deprem sonucunda yaklaşık 240 bin kişi hayatını kaybetmiş ve binlerce insan yaralanmıştır (Qiyuan vd. 2007).

Ülkemiz de jeolojik, jeomorfolojik, meteorolojik ve klimatolojik özellikleriyle doğal afetlerin oldukça sık yaşandığı ülkeler arasında yer almaktadır. Yakın geçmişte ülkemiz ciddi doğal afetler atlattır. Örneğin, ülkemizin doğu bölümünde meydana gelen çığ felaketleri yaklaşık 400 vatandaşımızın hayatına mal olmuştur. 1992 Erzincan depremi, 1995 Senirkent heyelanı ve Dinar depremi, 1995 İzmir su baskını afeti, 17 Ağustos 1999 Marmara depremi, 23 Ekim 2011 Van depremi oldukça büyük maddi ve manevi yıkımlara yol açmıştır. Ülkemizde 2007 yılına kadar son 70 yılda yaklaşık 600 bin civarında konut doğal afetler nedeniyle hasar görmüştür. Bu toplamın yaklaşık %66'sı depremlerden, %10'u heyelanlardan, %7'si kaya düşmelerinden ve %2'si ise meteorolojik olaylar ve çığ düşmelerinden kaynaklanmıştır (Özkul ve Karaman 2007). Yapılan bir çalışmaya göre 1970 ve 2012 yılları arasında ülkemizde deprem 17 olayla en fazla Bingöl'de, sel/su baskını 40 olayla en fazla Erzurum'da, dolu ve don afetleri 29 olayla en fazla Nevşehir'de, çığ 31 olayla Bitlis'te, kar 8 olayla en fazla Nevşehir'de, fırtına 64 olayla en fazla Elazığ'da, orman yangınları 269 olayla en fazla Antalya'da, heyelan 58 ve kaya düşmesi ise 31 olayla en fazla Erzurum'da, yıldırım 6 olayla en fazla Kocaeli'de, şiddetli yağış 22 olayla en fazla Bitlis'te, kuraklık 7 olayla en fazla Nevşehir'de ve sis ise 11 olayla en fazla Rize'de görülmüştür (Özşahin 2013).

T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Afet Etüt ve Hasar Tespit Dairesi tarafından (Buradan sonra AFAD olarak kısaltılmıştır) 2008 yılında yayınlanan afet olay ve zararlarının il ve ilçelere göre dağılımını içeren raporda şu bilgiler verilmiştir (Gökçe vd. 2008):

“Depremlerden etkilenen toplam afetzede sayısı 158.241 olup, afet türlerine göre %55'lik bir paya sahiptir. Heyelanlardan etkilenen toplam afetzede sayısı 59.345 olup, afet türlerine göre %21'lik bir paya sahiptir. Su baskınlarından dolayı etkilenen toplam afetzede sayısı 22.157 olup, afet türlerine göre %8'lik bir paya sahiptir. Kaya düşmelerinden etkilenen toplam afetzede sayısı 19.422 olup, afet türlerine göre %7'lik bir paya sahiptir. Çıgıllardan etkilenen toplam afetzede sayısı 4.384 olup, afet türlerine göre %2'lik bir paya sahiptir. Birden fazla afet olayından etkilenen (örneğin hem heyelan, hem su baskını) afetzede sayısı 12.210 (%4); deprem, heyelan, su baskını, kaya düşmesi ve çığ dışında kalan afetlerden (yangın başta olmak üzere, jeomedikal problemler, mağara çökmesi, tasman, yer altı suyu yükselmesi, şiddetli yağış, hortum vb. diğer afetler) etkilenen afetzede sayısı 9237 (%3) dır. Veri tabanımızda kayıtlı bulunan, ülkemizdeki 35741 yerleşim biriminden (il, ilçe merkezleri, belde, belediye ve köyler) 5472'si yani tüm yerleşim birimlerinin %15,31'inde heyelan olayı gözlenmiştir. Benzer şekilde, 3942'si (%11,03) depremlerden, 2924'u (%8.18) su baskınlarından, 1703'ü (%4.76) kaya düşmesi olaylarından ve

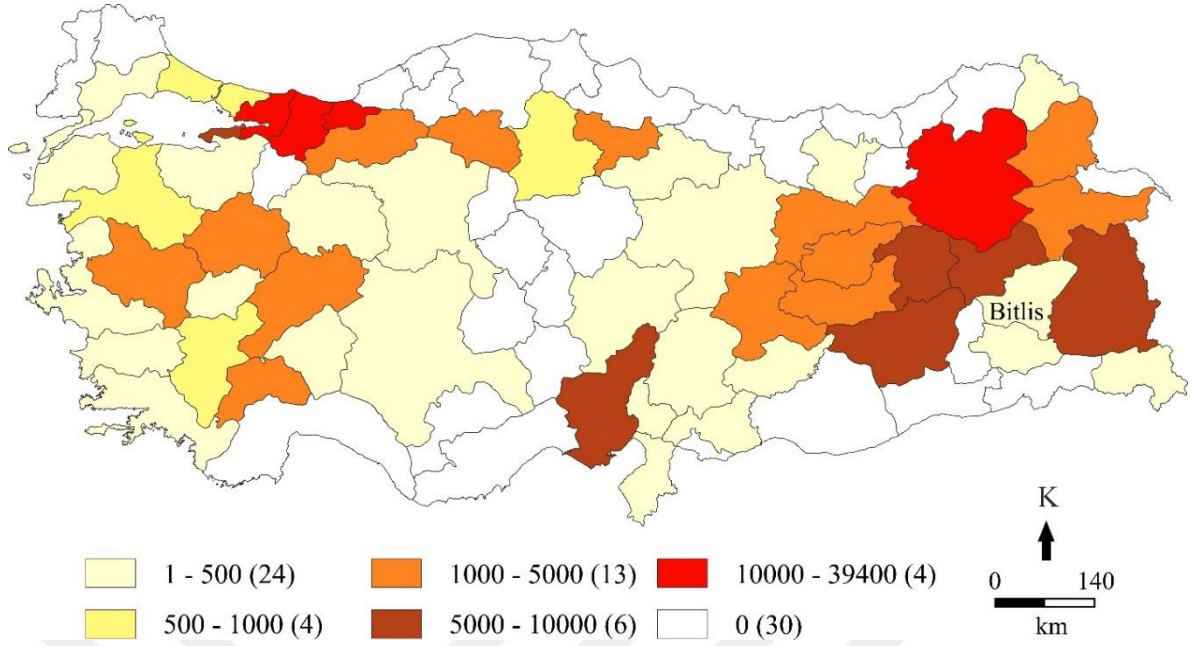
605'i (%1.69) ığ olaylarından etkilenmiş ya da etkilenmektedir. Bir başka deyişle, ülkemizdeki yerleşim birimlerinin %43,75'i, en az bir afet olayına maruz kalmış ya da kalmaktadır”

Ülkemizdeki yerleşim yerlerinin neredeyse tümü en az bir doğal afete yatkın alanlar üzerinde kuruludur. AFAD tarafından yayınlanan veriler yardımıyla oluşturulan ve depremlerden etkilenen afetzede sayısı, heyelan olayı sayısı, çığ olayı sayısı, kaya düşmesi olayı sayısı, sel olayı sayısı ve tüm doğal afet olayı sayısının illere göre dağılımını gösteren haritalar sırasıyla şekil 1.1-1.6'da verilmiştir. Diğer taraftan yine AFAD tarafından yapılan çalışmalara göre, 1950-2008 yılları arasında doğal afetlerin ülkemizde neden olduğu doğrudan ve dolaylı ekonomik kayıpların, Gayri Safi Milli Hasılamızın %3-4' oranında olduğu belirtilmiştir (Gökçe vd. 2008). Ülkemizde sözü geçen yıllar arasında afetlerden etkilenen yerleşim alanlarının oranı izelge 1.1'de verilmiştir.

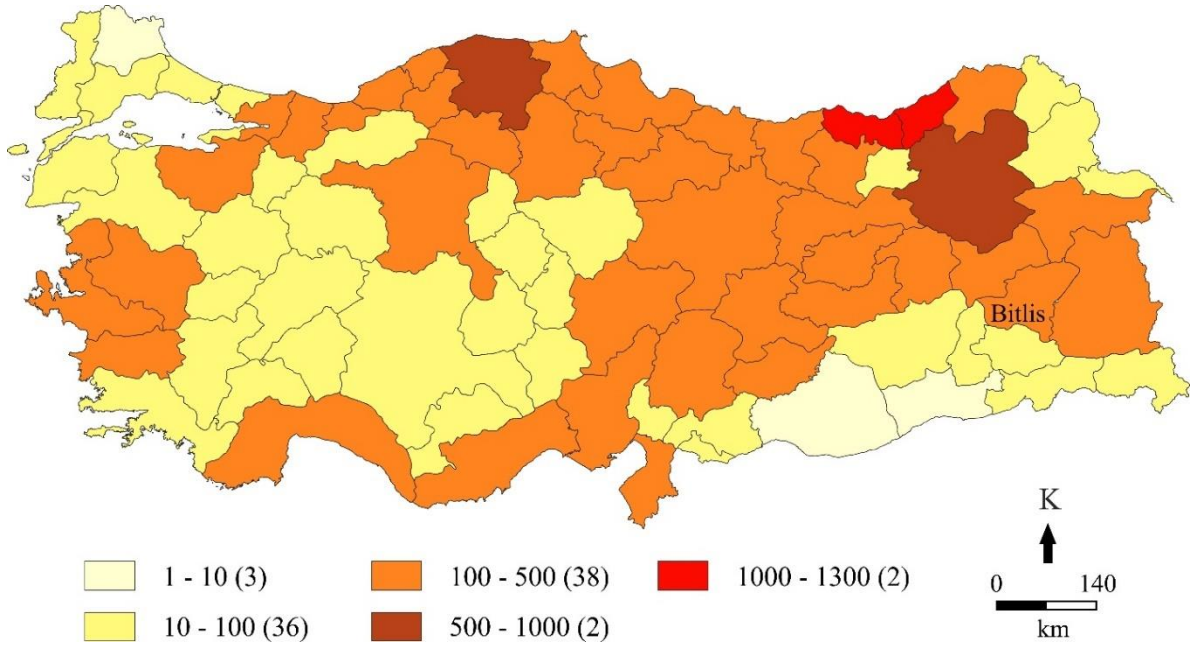
Çizelge 1.1. Afet türlerine göre afetlerden etkilenen yerleşim birimi sayısı ve oranı (Gökçe vd. 2008)

Afetler	Afet Gören Yerleşim Birimi Sayısı	Toplam Yerleşim Birimi Sayısına Oranı (%)
Heyelan	5472	15.31
Kaya Düşmesi	1703	4.76
Su Baskını	2924	8.18
Deprem	3942	11.03
Diğer Afetler	992	2.78
ığ	605	1.69

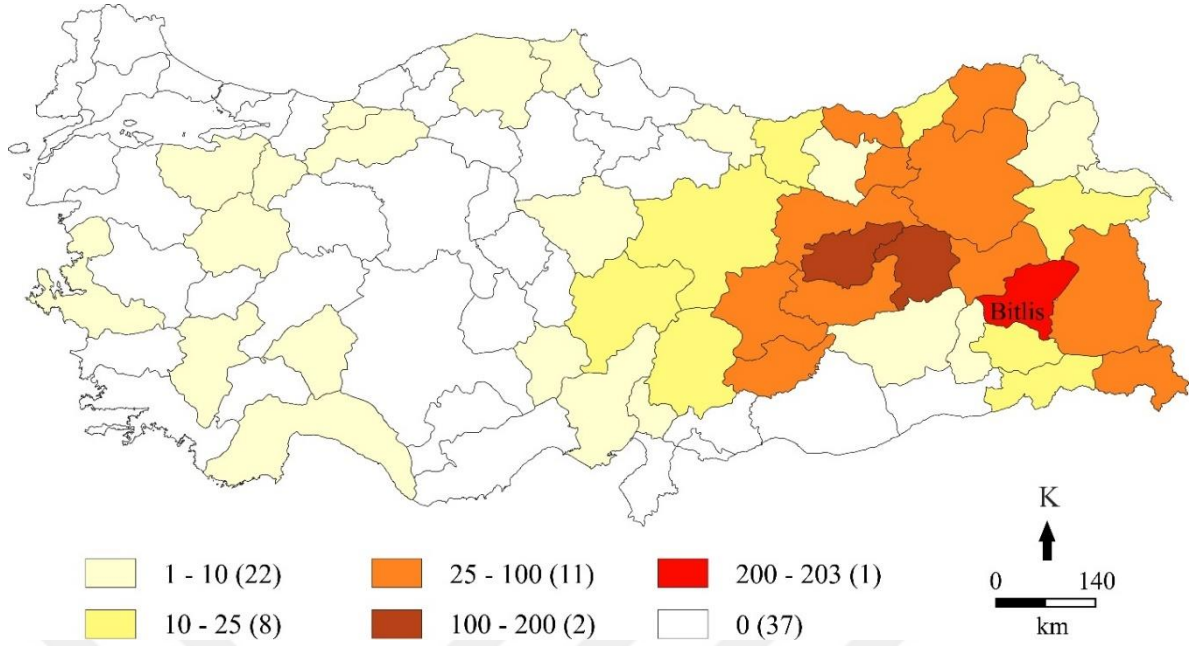
Ülkemizde doğal afet riski yüksektir. Bu nedenle afetleri tanımak ve gerekli altyapı çalışmaları yapmak olası olumsuzlukları azaltmada kilit rol oynayabilir. Bu tez çalışmasında bu konu üzerinde durulmuş ve doğal afetlerin sık yaşandığı Bitlis ilinin, afet çeşitliliği bakımından incelenmesi, bu afetlerin il merkezi ve ilçelere göre dağılımları ve geçmişte gerçekleşmiş doğal afet verileri yardımıyla afet risk analizinin gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, doğal afetin olasılığı, şiddeti ve frekansının kullanıldığı Fine–Kinney yöntemi uygulanmıştır. Ayrıca, Bitlis ili ve yakın çevresinin sismik riski ve depremselliğinin mekânsal ve zamansal dağılımını ele alınmıştır. Depremsellik parametrelerinin belirlenebilmesi amacıyla Gutenberg–Richter büyüklük–frekans ilişkisi ve Poisson olasılık modeli yöntemleri uygulanmıştır. Hesaplamalarda, bu çalışma kapsamında geliştirilen MATLAB tabanlı bir algoritma kullanılmıştır.



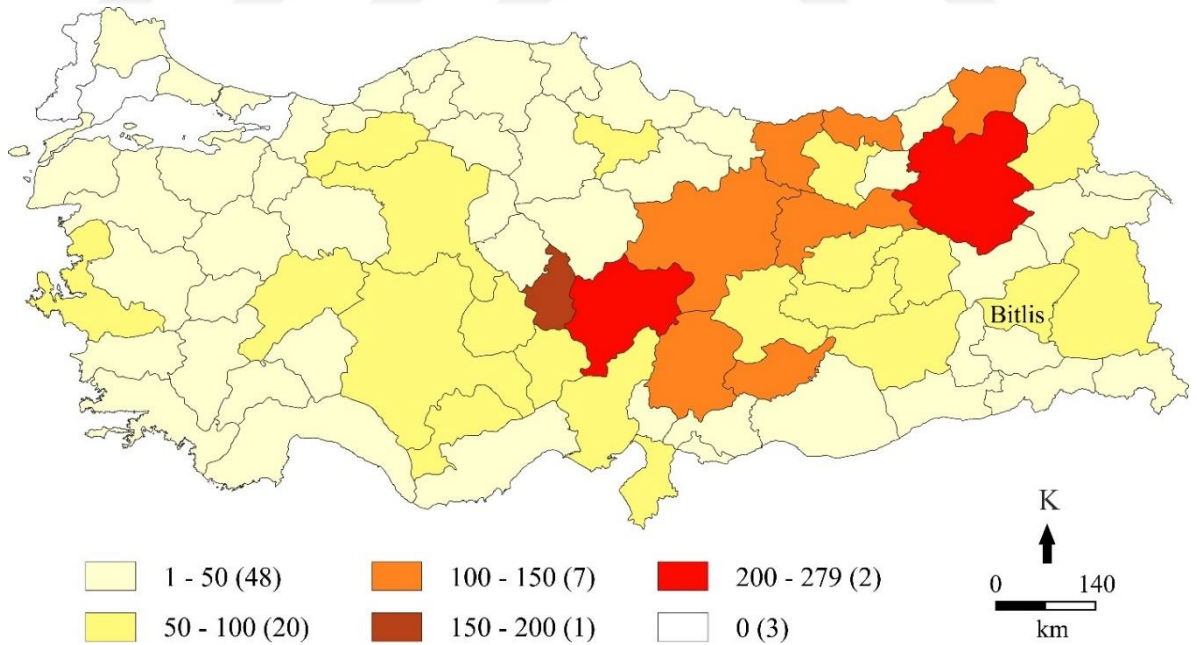
Şekil 1.1. 1950-2008 yılları arasında depremlerden dolayı etkilenen afetzede sayısının illere göre dağılımı (AFAD 2008'den düzenlenmiştir). Parantez içi değerler il sayısını göstermektedir



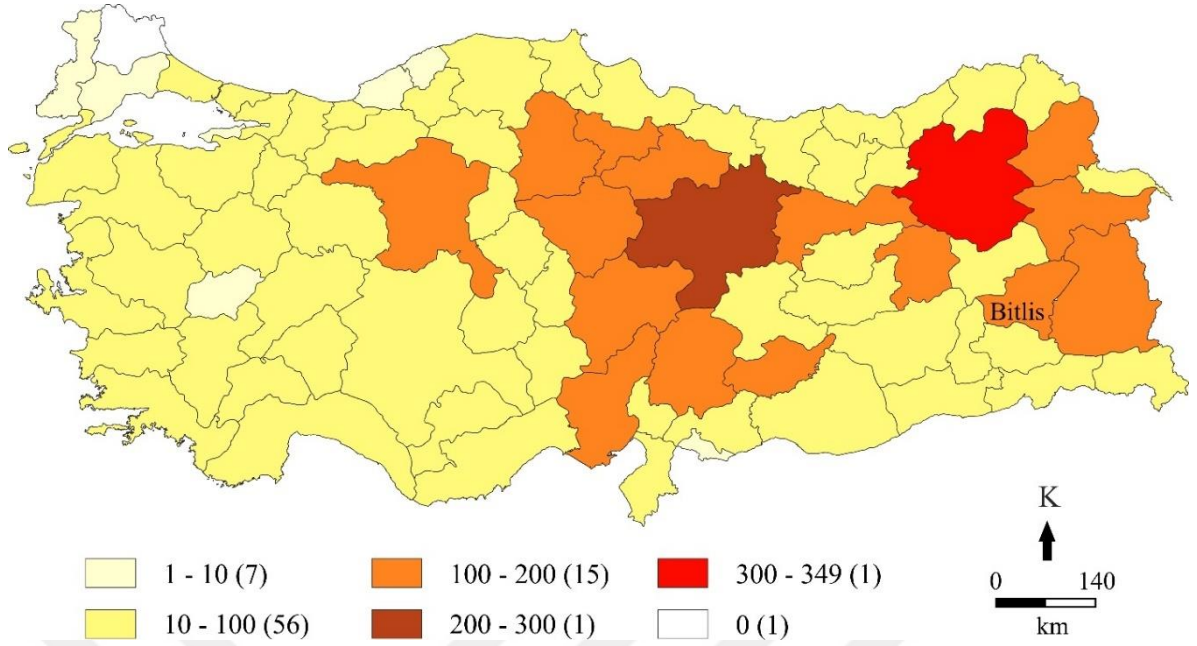
Şekil 1.2. 1950-2008 yılları arasında meydana gelen heyelan olayı sayısının illere göre dağılımı (AFAD 2008'den düzenlenmiştir). Parantez içi değerler il sayısını göstermektedir



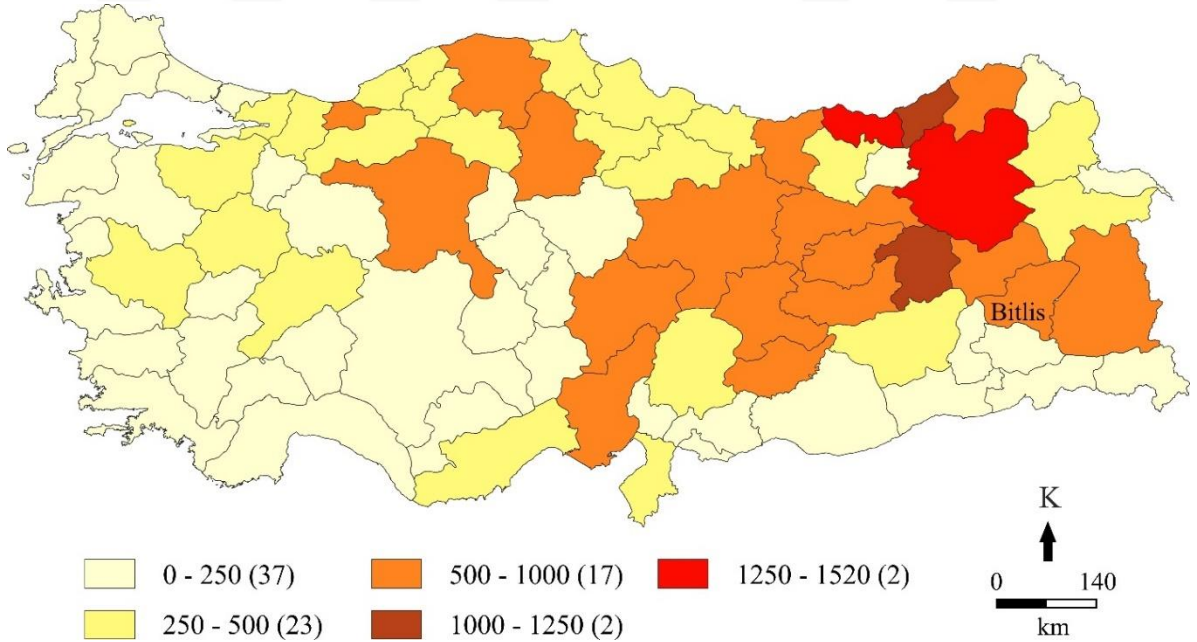
Şekil 1.3. 1950-2008 yılları arasında meydana gelen çığ olayı sayısının illere göre dağılımı (AFAD 2008'den düzenlenmiştir). Parantez içi değerler il sayısını göstermektedir



Şekil 1.4. 1950-2008 yılları arasında meydana gelen kaya düşmesi olayı sayısının illere göre dağılımı (AFAD 2008'den düzenlenmiştir). Parantez içi değerler il sayısını göstermektedir



Şekil 1.5. 1950-2008 yılları arasında meydana gelen sel olayı sayısının illere göre dağılımı (AFAD 2008'den düzenlenmiştir). Parantez içi değerler il sayısını göstermektedir



Şekil 1.6. 1950-2008 yılları arasında meydana gelen tüm doğal afet olayı sayılarının illere göre dağılımı (AFAD 2008'den düzenlenmiştir). Parantez içi değerler il sayısını göstermektedir

1.1. Çalışma Alanı

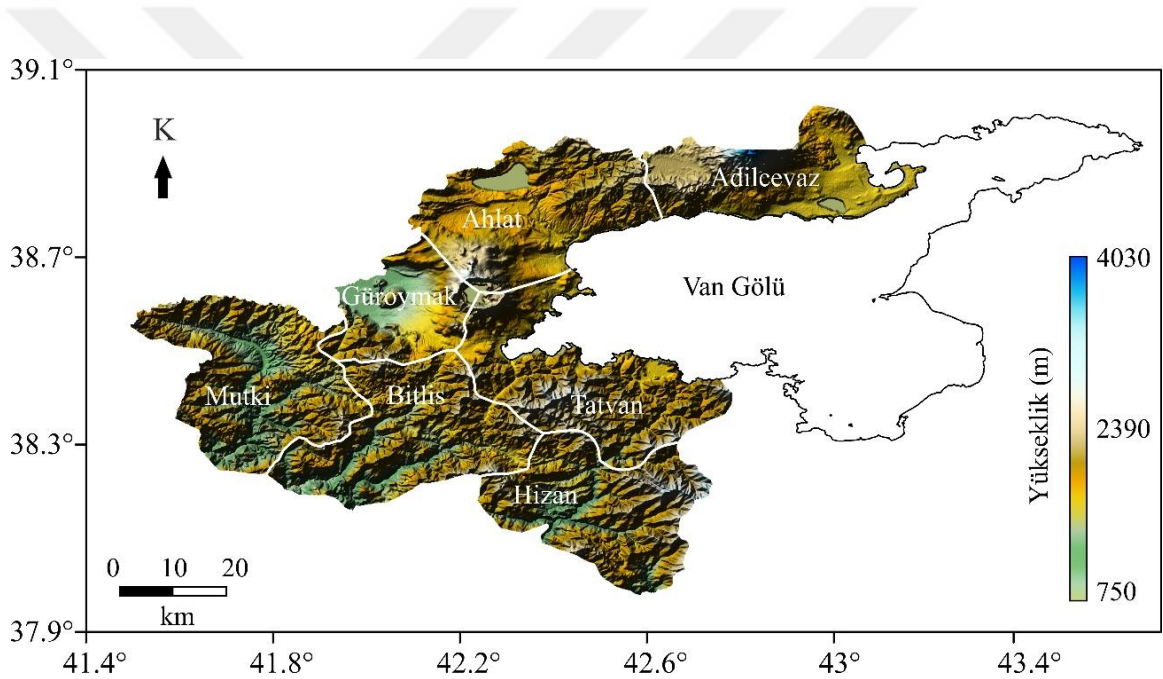
Merkez ilçesiyle birlikte toplam 7 ilçesi (Adilcevaz, Ahlat, Güroymak, Hizan, Mutki ve Tatvan) olan Bitlis ili Doğu Anadolu Bölgesinde Yukarı Fırat ve Yukarı Murat bölümlerinin sınırı üzerinde yer almaktadır. İlin kuzeyinde Ağrı ve Muş illeri, doğusunda Van, batısında Batman, güneyinde ise Siirt illeri bulunmaktadır (Şekil 1.7).



Şekil 1.7. Bitlis ili ve ilçelerinin coğrafi konumu

Van Gölü'nün batısında bulunan Bitlis il merkezi deniz seviyesinden yaklaşık 1550 m yüksekliktedir ve ilin coğrafi sınırlarının yaklaşık % 71'i dağlık arazi, %16'sı plato, %3'ü yayla ve %10'u da ovalardan oluşmaktadır (Gür vd. 2012). Oldukça engebeli bir topoğrafyaya sahip olan Bitlis ilinde Ahlat Ovasıyla Rahva Ovasından başka büyük düzlüklere rastlanmaz ve en yüksek alanlar Adilcevaz ilçesi Süphan Dağı civarında bulunmaktadır. Bitlis ili sınırları içinde bulunan Nemrut volkanik dağının güney kısmı Tatvan ilçesine 10 km Bitlis ilçe merkezine ise

yaklaşık 24 km uzaklıkta bulunmaktadır. Nemrut kraterinin zirve yüksekliği ise deniz seviyesinden yaklaşık 2950 m'dir (Şekil 1.8). Fiziksel gelişimini 3 ana evrede (kaldera öncesi, kaldera sonrası ve geç evre) tamamlayan (Yılmaz vd. 1998, Karaoğlu vd. 2005, Çubukçu vd. 2012) ve uyuyan aktif bir yanardağ olarak tanımlanan (Ulusoy vd. 2012) Nemrut Dağı'nda 1 milyon yıl önce başlayan volkanik aktivite en son 1441, 1597 ve 1692 yıllarındaki patlamalarla devam etmiştir (Karakhanian vd. 2002, Aydar vd. 2003, Ulusoy vd. 2008, Çubukçu vd. 2012). Bitlis il merkezine yaklaşık 85 km uzaklıkta bulunan ve bir kısmı Adilcevaz ilçe sınırları içinde bulunan Süphan Dağı ise Büyük Ağrı Dağı'ndan sonra ülkemizdeki volkanik kökenli en yüksek (4058 m) dağdır (Deniz vd. 2006). Nemrut Dağı'ndan başlayıp Ağrı Dağı'na kadar uzanan volkanik dağlar grubunun bir üyesi olan Süphan Dağı'nda meydana gelen son püskürme yaklaşık 10 bin yıl önce gerçekleşmiştir (Yılmaz vd. 1998).



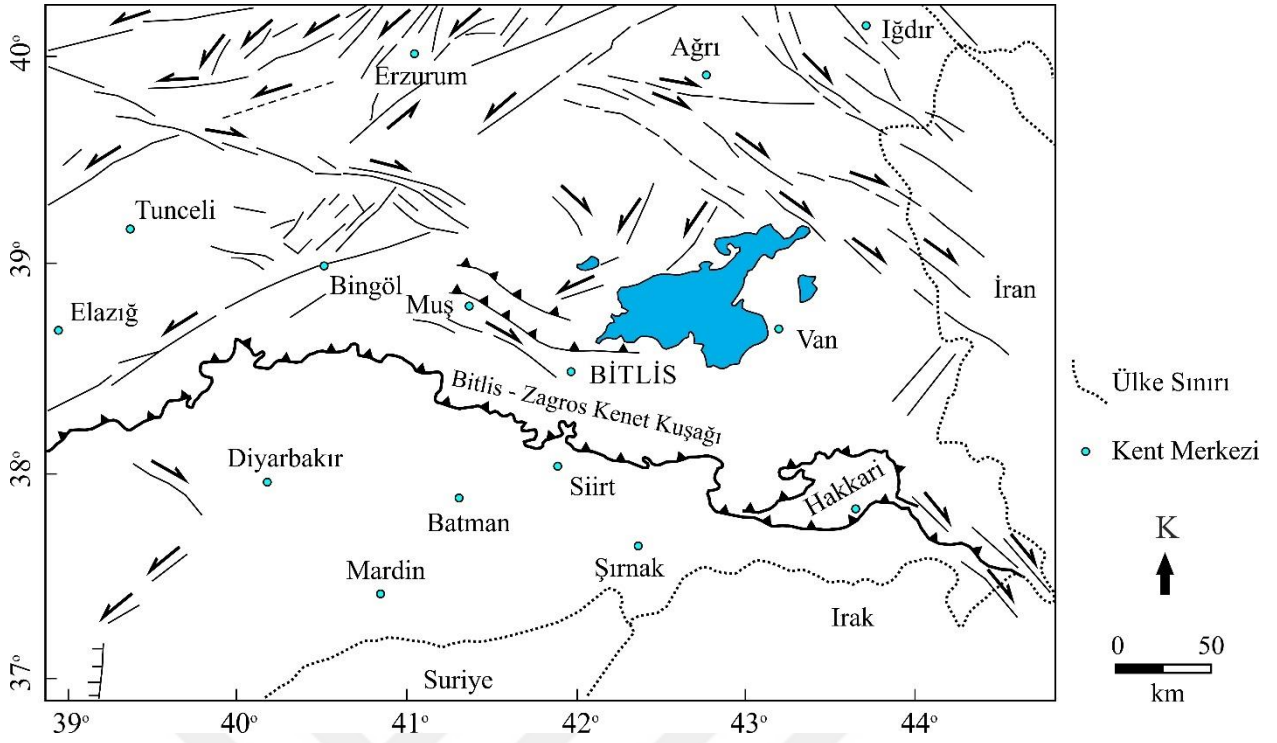
Şekil 1.8. Bitlis ili ve ilçelerinin sayısal yükseklik modeli

Volkanik bir alan üzerinde kurulu olan Bitlis ili, Tatvan ilçesinde bulunan perlit ve pomza yatakları bakımından önemli potansiyele sahiptir (MTA 2010). Güneydoğu Türkiye'de Toros dağlarında bulunan metamorfik ve magmatik kayalardan meydana gelmiş bir kütle Bitlis masifi olarak bilinmektedir (Boray 1975). Bitlis masifi çekirdek kayaları (Yolcular formasyonu) amfibolit, mikroklin gnays, biyotit gnays/şist ve muskovit gnays/şist ile bunları kesen biyotit granit ve hololökokratik granitik fazdan oluşmaktadır (Şengün 1993). Bitlis masifinin çok evreli metamorfizmaya uğradığı görüşü genel olarak kabul edilmektedir (Boray 1973, Mason 1975, Hall 1976). Bitlis Masifi'nin orta bölümü, her biri kendi içinde pek çok tektonik dilimi kapsayan 3

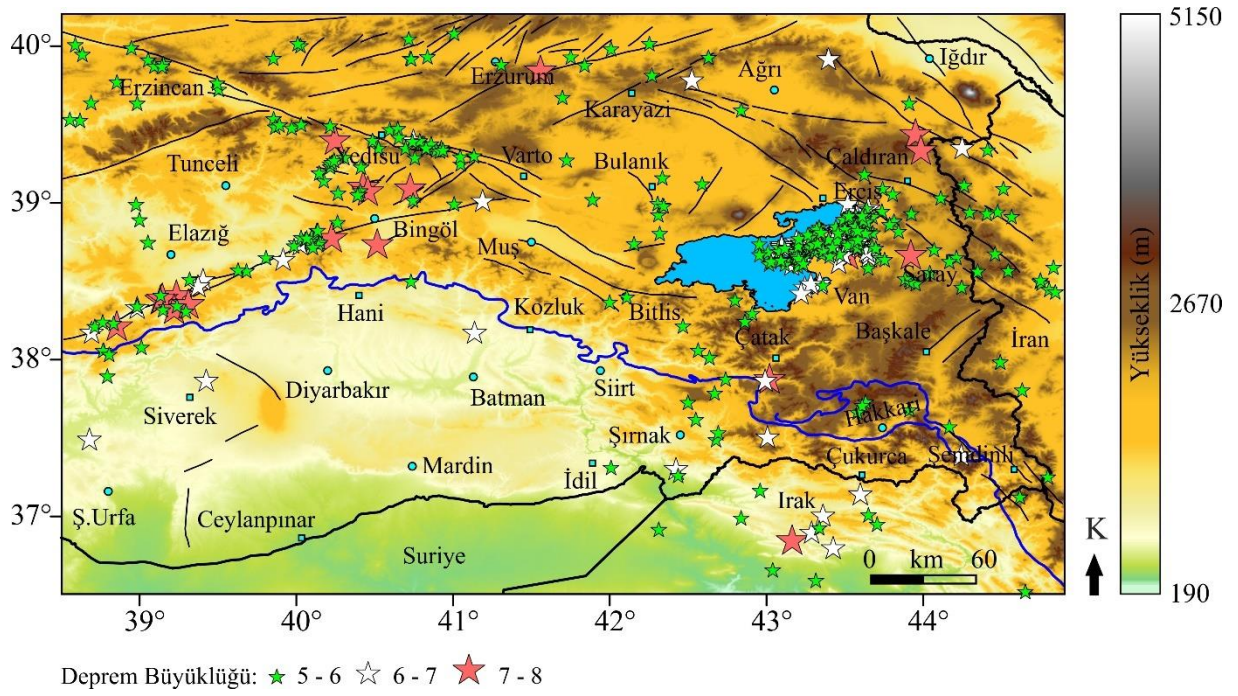
tektonostratigrafik birimden oluşmakta ve en üstte Bitlis Metamorfik kuşağı, altında dilimli kuşak ve en altta da otokton kuşak yer alırken, Alt Metamorfitler Bitlis metamorfik kuşağı içindeki Hizan Metamorfitleri olarak adlandırılmaktadır (Göncüoğlu ve Turhan 1983).

Bilindiği üzere ülkemiz dünyanın en önemli deprem kuşaklarından biri olan Alp–Himalaya Deprem Kuşağı üzerinde yer almaktadır. Aktif bir levha sınırı olan Kıbrıs yayı boyunca Afrika levhasının Anadolu levhasının altına doğru dalması (McKenzie 1970 ve 1972, Smith 1971, Dewey vd. 1973) Batı Anadolu’da ve Ege Denizi’nde kabuğun genişlemesine neden olmaktadır (Arpat ve Bingöl 1969, Koçyiğit 1984, Hancock ve Barka 1987, Emre 1996, Seyitoğlu ve Scott 1991, Patton 1992). Doğu Anadolu ise, erken Miyosenden beri Arap ve Avrasya levhalarının Bitlis-Zagros Kenet Kuşağı adı verilen bir deformasyon zonu boyunca çarpıştığı oldukça aktif tektonik bir bölgeyi kapsamaktadır (Dewey vd. 1986, Yılmaz 1993, Gökalp 2012, Akıncı ve Antonioli 2013, Çukur vd. 2013). Bazı çalışmalar bu kıta-kıta çarpışmasının Geç Eosen zamanı boyunca başladığını savunurken (Dewey vd. 1986), bazı çalışmalarda orta Miyosen sonlarını işaret etmektedir (Hall 1976, Şengör ve Kidd 1979, Şengör ve Yılmaz 1981, Şengör vd. 1985). Yaklaşık 1500 km uzunluğunda ve 60 km genişliğinde bir bölgeyi oluşturan Bitlis-Zagros Kenet Kuşağı (Gülkan vd. 1993) sismik aktivitesi yüksek ve genç bir topografyaya sahiptir (Şengör ve Kidd 1979).

Arap ve Avrasya levhalarının çarpışması sonucunda Doğu Anadolu kıtasal kısalma ve kalınlaşma etkisi altındadır (Şengör ve Kidd 1979, Şengör ve Yılmaz 1981, Dewey vd. 1986). Ayrıca, bölgedeki volkanizma da bu çarpışmanın sonucunda gelişmiştir (Yılmaz vd. 1998, Koçyiğit vd. 2001). Bu aktif kıtasal çarpışma nedeniyle Anadolu Plakası saatin tersi yönünde batıya doğru iki büyük doğrultu atımlı fay zonu olan Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ve Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) boyunca hareket eder (Şekil 1.9) (McKenzie 1972, Burke ve Şengör 1986). Sol yanal atımlı olan KAFZ ve sağ yanal atımlı olan DAFZ Doğu Anadolu’da Karlıova üçlü eklemine birleşmektedir (Gök vd. 2007). Ülkemizde yer alan birçok fay hattı sözü geçen bu aktif kıtasal çarpışma neticesinde gelişmiştir (Ketin 1948, McKenzie 1970 ve 1972, Dewey ve Şengör 1979, Şengör ve Yılmaz 1981, Jackson ve McKenzie 1984 ve 1988). Hem Bitlis-Zagros Kenet Kuşağı hem de Karlıova üçlü eklemi Bitlis iline oldukça yakın bir konumdadır. Ayrıca Malazgirt ve Muş bindirmesi, Varto fay zonu ve Van ili civarında bulunan fay hatları Bitlis ilini önemli ölçüde etkileme potansiyeline sahiptir (Demirci ve Ekinci 2016). Şekil 1.10’da Bitlis ili yakın çevresinde bulunan faylar harita düzlemi üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 1.10. Doğu Anadolu'nun temel yapısal elemanlarını gösteren basitleştirilmiş harita (Şaroğlu vd. 1992, Bozkurt 2001, Koçyiğit vd. 2001'ten düzenlenmiştir)



Şekil 1.11. Bitlis ili ve civarında 1900-2017 yılları arasında gerçekleşmiş $M \geq 5.0$ depremler

Çizelge 1.2. Bitlis çevresinde aletsel dönem içinde gerçekleşmiş büyük ve yıkıcı depremler
(Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, 2018)

Tarih	Yer	Şiddet	Büyüklik (Ms)	Can Kaybı	Hasarlı Bina
1903	Malazgirt (Muş)	IX	6.7	600	450
1924	Horasan (Erzurum)	IX	6.8	60	380
1941	Erciş (Van)	VIII	5.9	192	600
1946	Varto-Hınıs (Muş)	VIII	5.9	839	3000
1949	Karlıova (Bingöl)	IX	6.7	450	3500
1952	Hasankale (Erzurum)	VIII	5.8	41	701
1966	Varto-Hınıs (Muş)	VIII	5.6	14	1100
1966	Varto (Muş)	IX	6.9	2396	20007
1971	Bingöl	VIII	6.8	878	9111
1975	Lice	VIII	6.6	2385	8149
1976	Muradiye (Van)	IX	7.5	3840	9232
1983	Erzurum - Kars	VIII	6.9	1155	3241
1984	Balkaya (Erzurum)	VIII	6.4	3	570
1998	Karlıova (Bingöl)	VI	5.0	-	148
2003	Bingöl	VIII	6.4	176	6000
2004	Kandilli-Aşkale (Erzurum)	VII	5.6	9	1280
2004	Doğubayazıt (Ağrı)	VII	5.1	17	1000
2005	Karlıova (Bingöl)	VI	5.7	-	-
2005	Karlıova (Bingöl)	VII	5.9	-	-
2005	Karlıova (Bingöl)	VI	5.7	-	-
2005	Karlıova (Bingöl)	VI	5.7	-	-
2011	Van	VIII	7.2	644	17005
2011	Van Gölü	VI	5.6	-	-
2011	Halkalı (Van)	VI	5.6	-	-
2011	Mollakasım (Van)	VI	5.9	-	-
2011	Değirmenözü (Van)	VI	5.6	-	-
2011	Edremit (Van)	VI	5.6	40	-

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bu bölümde, günümüze kadar gerçekleştirilmiş bazı doğal afet çalışmaları sunulmuştur. Genellikle ulusal ve uluslararası literatürde yayınlanmış bilimsel makalelerin yanında, bazı tebliğler, lisansüstü tezleri ve bilimsel araştırma raporlarından derlenen bu önemli çalışmalar izleyen şekilde alt başlıklarla sunulmuştur.

2.1. Deprem Tehlikesi Çalışmaları

Kebede ve Kulhanek (1994), Doğu Afrika Rift Sistemi ve Güney Kızıldeniz boyunca b değerlerinin mekânsal ve zamansal değişimlerini incelemiş ve değerlerin 0.5–1.5 aralığında değiştiğini belirlemişlerdir. Farklı rift sistemlerinin farklı gerilim koşulları altında olduğunu vurgulamışlardır. Ayrıca, Afrika'nın güney kesimlerinde b değerlerindeki ani ve önemli artışın ve ardından dereceli düşüşünün normal faylanma mekanizmasıyla oluşan orta büyüklükteki depremler öncesinde gözlemlendiğini raporlamışlardır.

Manakou ve Tsapanos (2000), Girit Adası ve civarı için depremselliğin mekânsal dağılımını ve sismik tehlikeyi çalışmışlardır. Büyüklük–frekans dağılımından b değerleri hesaplanmıştır. Çalışma alanının batı kısmında düşük b değerleri, doğu kısmında ise yüksek b değerleri hesaplanmıştır. Bu bulguların rejyonel deformasyon hızı değişiminden kaynaklanabileceği belirtilmiştir.

Bayrak vd. (2002), dünyanın farklı bölgeleri için deprem tehlike parametrelerini istatistiksel olarak belirlemişlerdir. a ve b katsayılarının birbirine göre oranlarından yola çıkarak bu oranın yatay değişimlerini farklı bölgeler için hesaplamış ve haritalamışlardır.

Nalbant vd. (2002), 1822 yılından beri hem sismik hem de tektonik yük nedeniyle Doğu Anadolu Fay Zonu boyunca oluşan gerilmeyi seçilen on ardışık tarihsel deprem yardımıyla hesaplamışlardır. Çalışma alanında, bir tanesi büyük bir deprem oluşturma potansiyeline sahip iki farklı sismik risk bölgesi belirlemişlerdir.

Erdik vd. (2004), Marmara Bölgesi'nin deprem tehlike araştırmasını zamana bağlı ve zamana bağlı olmayan olasılık modelleriyle yapmışlardır. En yüksek yer ivmesi (PGA) ve spektral yer ivmesi (SA) hesaplamalarıyla tehlike haritalarını oluşturmuşlardır. Ayrıca, Poisson ve yenilenmiş modeller arasındaki farklar PGA oran haritalarıyla tartışılmıştır.

Bayrak vd. (2005), Türkiye'yi 8 farklı sismik bölgeye bölmüşler ve istatistiksel sismik tehlike parametrelerini belirlemişlerdir. Beklenen en yüksek deprem büyüklüğü, en yüksek şiddet

ve a/b değerleri hesaplanmış ve tehlike haritaları oluşturulmuştur. Ayrıca bu parametreler arası doğrusal ilişkiler araştırılmıştır.

Sayıl ve Osmanşahin (2008), Batı Anadolu Türkiye için yaptıkları bu çalışmada hem tarihsel hem de aletsel dönem verileri kullanarak Gutenberg–Richter büyüklük–frekans ilişkisi, sismik tehlike ve oluş periyodlarını belirlemişlerdir. Çalışma alanı hem tektonik hem de jeolojik özelliklerine göre 13 alt bölgeye bölünmüş ve hesaplamalar yapılmıştır. En düşük b değerleri Balıkesir ve Bodrum–İstanköy bölgelerinde belirlenmiştir.

İmamoğlu ve Çetin (2007), Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve yakın yöresinin depremselliğini incelemiştir. Hazar Gölü genç tortulları üzerinde yaptıkları araştırmalarda bölgenin beş adet büyük deprem geçirdiğini ortaya koymuşlardır. Ayrıca fay zonları boyunca meydana gelen birçok güncel heyelanın bu fayların diriliğini gösterdiğini belirtmişlerdir. Bölgedeki fayların değişik büyüklüklerde sürekli deprem üretme potansiyeline sahip olduklarını vurgulamışlardır.

Bayrak vd. (2008), yaptıkları çalışmada Türkiye ve yakın civarı için aletsel dönem deprem verilerini kullanmışlar ve sismik tehlike çalışması yapmışlardır. Araştırmalarında Gumbel I asimptotik dağılımı ve Gutenberg–Richter kümülatif frekans kuralını uygulamışlardır. Çeşitli sismik tehlike parametrelerinin mekânsal dağılımı ile bölgenin tektonik özelliklerinin korelasyonunu yapıp haritalamışlardır. Sismik tehlike açısından çalışılan bölgelerden Ege Yayı ve KAFZ’nun ilk sırada olduğunu bildirmişlerdir.

Dolmaz vd. (2008), KAFZ ve DAFZ boyunca birçok tarihsel deprem olmasına karşın, Bitlis ve Pötürge masifleri arasında düşük depremsellikli bir bölgeden bahsetmişlerdir. Bu düşük sismisite bölgesinin etrafına göre daha ince kabuğa ve daha sığ Curie noktası derinliğine sahip olduğunu ve ayrıca 0.7 den daha yüksek b değeriyle temsil edildiğini belirtmişlerdir.

Öztürk vd. (2008), Türkiye’nin ve yakın civarının deprem tehlike parametrelerini Gumbel I yöntemiyle belirlemişlerdir. Çalışmalarında tekrarlama periyodu, belirli bir zaman aralığı için en yüksek deprem büyüklüğü ve herhangi bir deprem büyüklüğünün herhangi bir süre içinde meydana gelebilme olasılığını belirlemişler ve bu parametrelerin depreme karşı tasarım çalışmaları için mühendisler ve plancılara yararlı bir araç olacağını vurgulamışlardır.

Farrell vd. (2009), Batı Amerika’nın sismik olarak en aktif bölgelerinden biri olan Yellowstone volkanik bölgesinde hesaplanan b değerlerini incelemişlerdir. Bölgede b değerlerinin yaklaşık 0.6 ile 1.5 arasında değiştiğini hesaplamışlardır. Magmatik akışkanların Yellowstone volkanik sisteminin dışına taşınmasının veya Hebgen Gölü depreminde oluşan gerilim boşalmasından kaynaklanan kısmen düşük gerilim rejiminin, yüksek b değerlerine (1.3 ± 0.1)

sebepe olduğunu belirtmişlerdir. Yellowstone kalderasının güneyinde hesaplanan düşük b değerlerinin (0.6 ± 0.1) ise kısmen yüksek gerilim rejiminin varlığına işaret ettiğini belirtmişlerdir.

Anadolu ve Kalyoncuoğlu (2010), Güneydoğu Anadolu Bölgesinin sismik riski ve sismisitesinin mekânsal dağılımını ele almışlardır. Depremsellik parametrelerinin belirlenebilmesi amacıyla çalışma alanını 253 alt bölgeye ayırmışlar ve her bir alt bölge için Gutenberg–Richter yöntemiyle hesaplamalar gerçekleştirmişlerdir. Ayrıca Poisson modelini kullanarak çalışma alanı içinde büyüklüğü 6.5’tan büyük bir depremin 100 yıllık bir süreçte oluşma riskini % 70–75 ve dönüş periyodunu ise 50 yıldan daha az olarak Erzincan–Erzurum–Muş–Elazığ hattında bulmuşlardır.

Sezer (2010), istatistiki olarak deprem kataloglarındaki kayıtlar yardımıyla Van yöresinin depremselliğini ve deprem etkinliğini incelemiştir. Van yöresinin deprem riskini belirleyebilmek için 1910–2010 yılları arasında yörede meydana gelen büyüklüğü 4 ve daha büyük depremlerin değerlerine standart sapma analizi ve Gumbel–Gutenberg–Richter yöntemlerini uygulamıştır.

Khan vd. (2011), 1986–1999 yılları arasında yerel bir ağ tarafından kaydedilen depremsellik verileri yardımıyla Kuzey Hindistan’ın b değerlerini incelemişlerdir. Hesaplamalar sonucunda düşük ($b \leq 0.5$), orta ($0.5 < b \leq 0.7$) ve yüksek ($b > 0.7$) değerlere sahip üç farklı sismik bölge belirlemişlerdir. Çalışma alanının güneybatısına doğru kısmen düşük derinliklerdeki (~30 km) düşük b ve yüksek kümülatif sismik moment değerlerinin yukarı doğru genişleyen güçlü bir litosferle ilişkili olabileceğini belirtmişlerdir.

Işık vd. (2012), Van Gölü Havzasında yer alan Bitlis ili ve yakın çevresinde deprem oluşturabilecek fayları ve özelliklerini incelemişlerdir. Bitlis merkezli 150 km yarıçaplı bir dairesel alan kullanılarak yapılan bu çalışmada Bitlis ve yakın çevresinin sismik açıdan çok aktif olduğu sonucuna varılmıştır. Bu yüzden gelecekte oluşabilecek depremler için sismotektonik çalışmaların yapılmasına, yapılaşma sırasında da bu sonuçların göz önünde bulundurularak dayanıklı yapı tasarımı yapılmasının gerekliliği belirtmişlerdir.

Chan vd. (2012), 1999 ve 2009 yılları arasında Tayvan’da $M \geq 6.0$ olan 23 depremden önce b değerlerinin mekânsal ve zamansal değişimlerini incelemişlerdir. Bu depremlerin merkez üssülerinin çalışma alanında kısmen düşük b değerlerine karşılık gelen bölgelerde konumlandığını belirlemişlerdir. Zamansal değerlendirmeler sonucunda ise incelenen depremin oluş zamanından önceki yıl boyunca gözlemlenen b değerlerinin depremden 2–5 yıl önceki zaman aralığındaki b değerlerine göre biraz daha düşük olduğu hesaplanmıştır.

Nuannin vd. (2012), 2000 ve 2010 yılları arasında Andaman–Sumatra bölgesinde $M \geq 7$ olan 15 büyük depremi incelemişlerdir. Seçilmiş 6 farklı bölgede b değerlerinin mekânsal ve

zamansal dağılımları incelenmiş ve düşük b değerlerinin büyük deprem oluşumlarıyla olan uyumunun orta vadeli (ay, yıl) deprem ön kestirimlerinde başarılı olabileceğini belirtmişlerdir.

Akol ve Bekler (2013), Kuzeybatı Anadolu için istatistiksel olarak deprem tehlike parametrelerini belirlemişlerdir. Çalışmalarında, Gutenberg–Richter büyüklük–frekans ilişkisi ve Poisson modeli kullanmışlar ve Gelibolu ve Biga Yarımadaalarında sismik tehlikenin mekânsal dağılımlarını haritalamışlardır.

Işık (2013), sismik açıdan oldukça hareketli olan Van Gölü havzasında yer alan Bitlis ili ve yakın civarının deprem tehlikesini ortaya koymuştur. Çalışmada büyüklük–frekans ilişkisi, sismik risk ve tekrarlama periyodları Gutenberg–Richter büyüklük–frekans bağıntısı ve Poisson modeli kullanılarak hesaplanmıştır. Bitlis ve yakın civarında 6.0 büyüklüğündeki bir depremin 100 yıl içinde gerçekleşme olasılığının ise %85 olduğunu belirtmiştir.

Sayıl (2013), Batı Anadolu Türkiye’de 13 sismojenik kaynak için hem tarihsel hem de aletsel dönem verileri kullanmış ve rejyonal zamansal- ve büyüklük–ön kestirim değerlerini ortaya koymuştur. Çalışma sonucunda büyük bir deprem için en yüksek olasılık değerlerinin Gölhisar-Dalaman-Rodos bölgesinde olduğunu belirlemiştir.

Bayrak vd. (2015), Gutenberg–Richter büyüklük–frekans ilişkisinde kullanılan a ve b parametrelerini belirleyerek Doğu Anadolu Fay Zonu için deprem riskini araştırmışlardır. En düşük b değerini Karlıova üçlü birleşim noktası civarında belirlemişlerdir. Bu alanda 6 büyüklüğündeki bir depremin dönüş periyodunu 43 yıl olarak hesaplamışlardır. Ayrıca Karlıova üçlü birleşim noktasının Doğu Anadolu Fay Zonu civarında sismik risk açısından en tehlikeli alan olduğunu bildirmişlerdir.

Türker ve Bayrak (2015), Doğu Anadolu Bölgesi ve civarındaki depremlerin ilerleyen yıllarda gerçekleşme olasılıkları ve tekrarlanma periyodlarını belirlemeye çalışmışlardır. Öncelikle çalışma bölgesi için Gutenberg–Richter ilişkisindeki a ve b parametrelerini hesaplamışlar ve Poisson yöntemi yardımıyla farklı büyüklükteki depremlerin meydana gelme olasılıkları ve geri dönüş periyodları elde edilerek Doğu Anadolu Bölgesi ve civarının deprem risk tehlikesini belirlemişlerdir.

Bağcı (2016), Güneydoğu Anadolu Bindirme Kuşağında 1900–1990 yılları arasında olan depremlerin verilerini Gumbel Uç Nokta Değerler dağılımı kullanarak incelemiş ve bölge için sismik risk değerleri elde etmiştir. Gumbel I olasılık dağılımından Güneydoğu Anadolu Bindirme zonunda, $M=6$ olan depremin 50 yıllık bir zamanda olma olasılığı %76, 100 yıllık bir zamanda ise %94 olarak bulunmuştur. $M=6$ olan bir depremin dönüş periyodu 17.5 yıl olarak elde edilmiştir. Gumbel III olasılık dağılımından ise $M=6$ olan bir depremin 50 ve 100 yıllık zaman içinde olma

olasılığı çok yüksek bulunmuş ve böyle bir depremin tekrarlanması için dönüş periyodu 21.7 yıl olarak elde edilmiştir.

Noh (2016), Kore Yarımadası'nda ve civarında 1980 ve 2014 yılları arasında meydana gelen depremleri kullanarak Poisson olasılık modelini incelemiştir. Chi-Kare ve Kolmogorov-Smirnov istatistiksel testlerini uygulayarak Kore depremlerinin Poisson olasılık modeli ile uyumlu çalıştığı sonucuna varmıştır.

2.2. Heyelan Çalışmaları

Lateltin vd. (2005), % 6 sınıfın yamaç duraysızlığına meyilli olan İsviçre'de, tehlikeye meyilli olan alanların belirlenebilmesi amacıyla doğal afet ve kütle hareketleri bölgelerini haritalamışlar ve alınması gereken önlemleri belirtmişlerdir. Ülkenin % 50 sinin farklı ölçeklerdeki heyelanlar için tehlike haritaları çıkarılmış ve heyelan risklerinde önemli bir düşüş yaşanmıştır.

Erginal vd. (2009), Çanakkale ili Lapseki ilçesinde Adatepe mevkiinde meydana gelen heyelanın kayma yüzeyinin özelliklerini belirleyebilmek amacıyla jeokimyasal analizler ve jeofizik ölçümler gerçekleştirmişlerdir. Kayma yüzeyinin geometrisini belirledikten sonra bu heyelanın Çanakkale-Bursa otoyolu için ciddi bir tehlike oluşturduğunu ve gerekli önlemlerin alınmasını önermişlerdir.

Kesici ve Sönmez (2012), 2010 yılında gerçekleşen Tepecik köyü (Adıyaman) heyelanını çalışmışlar ve heyelan duyarlılığını arttıran faktörleri incelemişlerdir. GPS çalışmalarıyla heyelan lokasyonu belirlenmiş ve ArcGIS yazılımıyla da heyelan sahası ile yakın çevresinin eğim, bakı, sayısal yükseklik modeli, drenaj yoğunluğu ve topografya haritaları üretilmiş ve alanın heyelan riski ile planlamasındaki hatalara değinilmiştir.

Ekinci vd. (2013), Çanakkale ili Mazılık köyü heyelan alanında yaptıkları çalışmada kayma yüzeyi materyalini ve bu yüzeyin yeraltı geometrisini belirlemeye çalışmışlardır. Ayrıca heyelan alanın iklimsel özellikleri ve ortalama yağış miktarları da incelenmiş ve heyelanı tetikleyen unsurlar belirlenmiştir.

Görüm vd. (2017), Antalya iline bağlı Akdağ heyelan alanında jeomorfolojik araştırmalar yapmışlardır. Heyelanın ana kütlelerinde ve kenar eğimlerinde gelişen 43 adet aktif kütle hareketinin sediman girdisinde büyük bir rol oynadığı ve bu olayların Saklıkent kanyonundaki turistik alanları tehdit ettiğini belirtmişlerdir.

Lari vd. (2014), olasılığa dayanan heyelan tehlike analizini gerçekleştirmişlerdir. Her tipteki depremler için tehlike eğrileri ve haritaları hazırlamaya uygun risk ve tehlike yönetiminde kilit rol oynayabilecek bir analiz tekniği geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri tekniği Yeni Zelenda' da

Christchurch 2011 depreminin tetiklediği birçok kaya düşmesinden etkilenen bir alan için uygulamışlardır.

2.3. Çığ Düşmesi Çalışmaları

Elmastaş ve Özcanlı (2011), topografya haritalarından yararlanmış ve Bitlis ilindeki çığ afet alanlarını ArcGIS paket programı kullanılarak belirlemişlerdir. Ayrıca çığ risk analizini kar kalınlığı ve eğim şartları göz önüne alınarak gerçekleştirmişlerdir. Bitlis ilinin eğim haritalarını hazırlamışlar ve ilde bulunan yerleşmelerin eğime bağlı olarak çığ afeti için hangi risk grubunda olduklarını belirlemişlerdir.

Selçuk (2013), Türkiye’ de çığ düşmesi olayları sonucunda gelişen ölümlerin çoğunun Bitlis ilinde gerçekleştiğini belirtmiştir. Bu nedenle Bitlis ili için çığ tehlike alanlarını coğrafi bilgi sistemi kullanarak belirlemiştir. Çalışma alanında sadece 41 yerleşim yerinin (köy ve kasaba) çığ tehlikesini önlemede ideal topografik özelliklere sahip olduğu sonucuna varmıştır.

Özşahin ve Kaymaz (2014), Doğu Anadolu Bölgesi ve yakın civarı için çığ duyarlılık ve risk analizi çalışmalarını Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanarak gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarında, tetikleyici en büyük faktörün eğim, sıcaklık ve yağış koşulları olduğunu belirlemişler ve ayrıca en yüksek risk değerlerine sahip illerin ise Hakkâri, Bitlis, Muş, Bingöl, Tunceli, Kahramanmaraş, Erzurum, Ağrı ve Van olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

2.4. Kaya Düşmesi Çalışmaları

Guzzetti vd. (2003), 1857–2002 yılları arasında 392 adet kaya düşmesi olayının gerçekleştiği California’ da bulunan Yosemite Ulusal Parkında kaya düşmesi tehlikesi ve risk analizi yapmışlardır. Bir benzetim (simülasyon) yazılımı yardımıyla üç boyutlu haritalama yapmışlardır. 166.5 km’lik yolun % 31.2 sinin potansiyel olarak tehlike içerdiği ve bunların da % 14 ünde çok yüksek riskin bulunduğunu belirtmişlerdir.

Büyüksaraç vd. (2017), Bitlis il merkezinde beş ayrı mahalle için yaptıkları çalışmada kent merkezi için önemli bir yaşamsal sorun haline gelmiş ve zaman zaman da hayatı etkilemesi nedeniyle afet kapsamına giren kaya düşmesi olaylarının acil önlem alınmasını gerektirecek boyutta olduğunu belirtmişlerdir.

2.5. Çoklu Doğal Afet Çalışmaları

Arınç (1999), doğal afeti tanımlamış, bunun zararlarını ve oluşmasındaki faktörleri belirtmiştir. 1995 yılında Bitlis’ te meydana gelen taşkın ve sel felaketini incelemiştir. Temel sorunun insan kaynaklı plansız kentleşme olduğunu belirtmiş ve meydana gelebilecek bu tür bir afetin vereceği zararları azaltmak için alınması gereken önlemleri ortaya koymuştur.

Kızıloğlu vd. (2006), büyük çoğunluğu plansız bir şekilde gelişen kırsal yerleşimlerin deprem, çığ, sel ve su baskını gibi doğal afetlerin tehlikesi altında bulunduğunu belirtmişlerdir. Kırsal yerleşmelerin planlanmasında doğal afetlerin etkileri tartışılmış ve oluşabilecek olası zararların en alt seviyeye indirilebilmesi için alınması gereken önlemler vurgulanmıştır.

Karadoğan (2007), Malatya kenti için afet tehlikesi ve afet riski oluşturan unsurları Coğrafi Bilgi Sistemi teknolojileri ile saptamaya çalışmıştır. Afet yönetimi çalışmalarına yardımcı olabilecek deprem, heyelan, kaya düşmesi ve taşkın gibi risk unsurları incelenmiştir. Malatya kenti ve yakın çevresine ait sayısal katmanlar, sayısal yükselti modeli ve uydu fotoğrafları ile çakıştırılmıştır. Hazırlanan bu haritaya ayrıntılı nüfus bilgileri ve kat yoğunluğu bilgileri de girilerek olası bir afet anında mevcut durum haritalarının hızlı bir şekilde çıkarılabilmesi ve hasar tespit çalışmalarının yapılabilmesine olanak sağlanmıştır.

Akar vd. (2008), coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama teknikleri kullanarak İstanbul Beykoz’da sel, erozyon ve heyelan risklerini araştırmışlardır. Çalışmada, bitki örtüsü, topografik ve jeolojik özellikler ve hava fotoğrafları kullanılmış ve risk haritaları oluşturulmuştur.

Kadioğlu (2008), sel, heyelan, çığ gibi doğal afetlerin insan hayatını nasıl etkilediğinden ve bu doğal afetlerin etkilerinin azaltılabilmesi için ne gibi önlemler alınması gerektiğinden bahsetmiştir. Bu çalışmada afet yönetimi için bütünlük afet risk yönetimi yaklaşımlarının geliştirilmesi sayesinde sel, heyelan, çığ gibi afetlerin tehlike ve risklerinin değişimi incelenerek risk yönetimi senaryosu yapılmıştır.

Erkal ve Değerliyurt (2009), Ülkemizdeki afet yönetimine örnek olabilmesi açısından gelişmiş ülkelerdeki acil durum planlamalarından bazı örnekler vermişler, acil durum ve afet yönetimiyle ilgili karşılaştırmalar yapıp bazı önerilerde bulunmuşlardır.

Demirkesen (2012), Hatay ilinin hem kıyı ve nehir taşkınlarına karşı dayanıksız olduğunu hem de tektonik ve sismik tehlike bakımından riskli olduğuna dikkat çekmiştir. Bu nedenle bu iki konu için SRTM sayısal yükseklik modelleri kullanarak yerleşim yerleri için doğal afet risk analizleri gerçekleştirmiştir.

Özşahin (2013), Türkiye’de 1970–2012 yılları arasında meydana gelen doğal afetlerin il bazında haritalandırılmasını gerçekleştirmiştir. Bu yıllar arasında doğal afetlerin hangi illeri tehdit

ettiğine ve bunların ne sıklıkla gerçekleştiğine bakılmıştır. Bu amaçla Türkiye Ulusal Afet Arşivi veri sisteminden afet istatistiklerini kullanarak, Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında bu verileri değerlendirmiş ve haritalandırmıştır. Türkiye’de bu yıllar arasında gerçekleşen deprem, sel/su baskını, don, çığ, kar, fırtına, heyelan, kaya düşmesi, yıldırım, şiddetli yağış, kuraklık ve sis gibi doğal olayları incelemiştir. Bu çalışma sonucunda Türkiye’de gerçekleşen doğal afetlerin, iklim, jeolojik ve jeomorfolojik özelliklerin etkisiyle en fazla klimatolojik ve yer kökenli olaylar olduğu belirtilmiştir.

Nurlu (2015), bütünleşik afet tehlike haritalarının afet yönetiminde kullanımının oldukça önemli olduğunu ve ülkemiz için öncelikle tamamlanması gereken çalışmalardan biri olduğunu belirtmiştir. Böylece risk analizleri ve haritalarını afet senaryolarını ihtiva ederek afetlere karşı hazırlıklı olunacağını belirtmiştir.

Özdemir vd. (2016) Süphan Dağı çöküntülerinin Van Gölü’nde oluşturabileceği tsunami tehlikesi için farklı senaryolarla modelleme çalışmaları gerçekleştirmişler ve riskli yerleşim yerlerini belirlemişlerdir.

2.6. Fine–Kinney Yöntemiyle Risk Analizi Çalışmaları

Özçelik (2013), bir işletmedeki tehlikeler öngörülerek oluşturabileceği riskler belirlenmiştir. Belirlenen riskler Fine–Kinney yöntemi kullanılarak analiz edilmiş ve bu risklerin gerçekleşmemesi için alınacak önlemler belirtilmiştir. Önlemler alındıktan sonra kalan riskler tekrar belirlenmiş ve risk yönetim sistemi aracılığıyla işletmede çalışma koşulları iyileştirmeye çalışılmıştır.

Oturakçı vd. (2015), Fine–Kinney yöntemindeki ihtimal ve frekans ölçeklerine alternatif ölçekler oluşturmuşlar, daha yüksek ihtimale ve daha sık frekansa sahip tehlikelerin ölçekteki puanlarını yükselterek hassasiyet ve önem derecelerini daha da arttırmışlardır. Geliştirdikleri yeni ölçeklerle güneş panelleri üretimi ve dağıtımını yapan orta ölçekli bir işletmedeki risk analizini gerçekleştirmişlerdir.

Hosny vd. (2017), Mısır’da petrol rafinelerinin bulunduğu üç farklı alanda farklı seviyede benzine maruz kalmış işçilerin sağlık durumları için Fine–Kinney yöntemi kullanarak risk analizi yapmışlardır. İki alanda kanser risk dereceleri yüksek bulunurken, diğer alanda ise modern mühendislik ve güvenlik önlemlerinden dolayı bu oran daha düşük bulunmuştur.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada Bitlis İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü'nden elde edilen doğal afet verileri ve Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü'nden çevrimiçi olarak indirilen deprem verileri kullanılmıştır. Fine–Kinney yöntemi kullanarak Bitlis il ve ilçeleri için heyelan, çığ, kaya düşmesi, sel, yeraltı suyu yükselmesi ve aşırı yağışları kapsayan doğal afet risk analizi yapılmış ve deprem verileri yardımıyla da Gutenberg–Richter (G–R) ilişkisi ve Poisson modeli kullanılarak olasılık hesapları gerçekleştirilmiştir. Kullanılan yöntemlerin detayları izleyen alt başlıklarla verilmiştir.

3.1. Fine–Kinney Yöntemi

Fine–Kinney yöntemi, risk analizi için kullanılan yöntemlerden biridir. Yöntem ilk olarak Fine tarafından kullanmış (Fine 1971) ve ardından daha detaylı bir risk analizi yöntemi haline getirilmiştir (Kinney ve Wiruth 1976). Oldukça eski olmasına karşın güvenilir olduğu düşünülen bu yöntemde risk puanının (R) hesaplanabilmesi için izleyen eşitlik kullanılır.

$$R = F \dot{I} D \quad (3.1)$$

burada, F frekansı, $\dot{I}$ ihtimali ve D ise şiddet değerini belirtmektedir. Fine–Kinney yönteminde sonuçların güvenilir olabilmesi için sözü geçen parametre değerlerinin iyi anlaşılması ve doğru değer tahmini yapılması gerekir. Frekans, ihtimal ve şiddet ölçekleri Çizelge 3.1, 3.2 ve 3.3'te risk değeri sınıflandırması ise Çizelge 3.4'te verilmiştir.

Çizelge 3.1. Fine–Kinney yönteminde kullanılan frekans ölçeği

Değer	Açıklama	Kategori
0.5	Çok Nadir	Yılda bir ya da daha az
1	Oldukça Nadir	Yılda bir ya da birkaç kez
2	Nadir	Ayda bir ya da birkaç kez
3	Arasıra	Haftada bir ya da birkaç kez
6	Sıklıkla	Günde bir ya da daha fazla
10	Sürekli	Sürekli ya da saatte birden fazla

Çizelge 3.2. Fine–Kinney yönteminde kullanılan ihtimal ölçeği

Değer	Kategori
0.2	Pratik olarak imkânsız
0.5	Zayıf ihtimal
1	Oldukça düşük ihtimal
3	Nadir fakat olabilir
6	Kuvvetle muhtemel
10	Çok kuvvetli ihtimal

Çizelge 3.3. Fine–Kinney yönteminde kullanılan şiddet ölçeği

Değer	Açıklama	Kategori
1	Dikkate alınmalı	Hafif–zararsız veya önemsiz
3	Önemli	Düşük iş kaybı, küçük hasar, ilk yardım
7	Ciddi	Önemli zarar, dış tedavi, iş günü kaybı
15	Çok ciddi	Sakatlık, uzuv kaybı, çevre etkisi
40	Çok kötü	Ölüm, tam maluliyet, ağır çevre etkisi
100	Felaket	Birden çok ölüm, önemli çevre felaketi

Çizelge 3.4. Risk sonucu (R) sınıflandırması

Risk Değeri	Karar	Eylem
$R < 20$	Kabul Edilebilir Risk	Acil tedbir gerekemeyebilir
$20 < R < 70$	Kesin Risk	Eylem planına alınmalı
$70 < R < 200$	Önemli Risk	Dikkatle izlenmeli, yıllık eylem planı
$200 < R < 400$	Yüksek Risk	Kısa vadeli eylem planı
$R > 400$	Çok Yüksek Risk	Derhal tedbir

Bu tez kapsamında Bitlis ilinin afet risk analizi Fine–Kinney yöntemi yardımıyla yapılmıştır. Bitlis ili ve ilçelerinde 1965–2010 yılları arasında meydana gelmiş heyelan, çığ, kaya düşmesi, sel, yeraltı suyu yükselmesi ve şiddetli yağış verileri incelenmiş ve elde edilen sonuçların ilçelere göre dağılımları belirlenmiştir. Genel olarak iş sağlığı güvenliği çalışmalarında kullanılan Fine–Kinney yöntemindeki frekans ve şiddet ölçekleri doğal afetler için yeniden uyarlanmıştır. Bu

aşamada doğal afetlerin oluş sıklığını belirten frekans parametresi için bir yıldan elli yıla kadar belirli aralıklarla değişen kategoriler belirlenmiş ve belirlenen her bir yeni kategoriye bir değer atanmıştır. Örneğin herhangi bir doğal afetin ortalama elli yılda bir olması o doğal afetin çok nadir olarak tanımlanmasına ve 0.5 değerini almasına neden olmuştur. Buna karşın, herhangi bir doğal afetin yılda birden fazla oluşması durumunda sözü geçen afet sürekli olarak tanımlanmış ve frekansına 10 değeri atanmıştır. Şiddet ölçeğinde de buna benzer bir düzenleme yapılmıştır. Kategori kısmı için bina hasarları, yaralanma ve ölüm olayları dikkate alınmış ve şiddet ölçeği için kategorinin önemine göre 1 ile 100 arasında değişen değerler atanmıştır. Bu düzenlemelerle birlikte doğal afet risk analizi için daha sağlıklı sonuçlar alınacağı düşünülmüştür. Çizelge 3.5 ve 3.6’da düzenlenen ölçekler verilmiştir.

Çizelge 3.5. Fine–Kinney yönteminde kullanılmak için yeniden düzenlenmiş frekans ölçeği

Değer	Açıklama	Kategori
0.5	Çok Nadir	Elli yılda bir
1	Oldukça Nadir	On yılda bir
2	Nadir	Beş yılda bir
3	Arasıra	İki yılda bir
6	Sıklıkla	Yılda bir
10	Sürekli	Yılda birden fazla

Çizelge 3.6. Fine–Kinney yönteminde kullanılmak için yeniden düzenlenmiş şiddet ölçeği

Değer	Açıklama	Kategori
1	Dikkate alınmalı	Etkilenen konut bulunmaması
3	Önemli	Kontrol etüt programı
7	Ciddi	Bina hafif hasarlı
15	Çok ciddi	Bina ağır hasarlı
40	Çok kötü	Yaralanma
100	Felaket	Ölüm, ağır yaralı

3.2. Gutenberg–Richter (G–R) İlişkisi ve Poisson Olasılık Hesabı

Depremsellik olasılık dağılımlarının istatistiksel analizi için G–R (Gutenberg ve Richter 1944) ilişkisi (büyüklük–frekans ilişkisi) ile Poisson (1838) olasılık belirleme yöntemi kullanılmıştır. Böylece, çalışma bölgesinde farklı büyüklüklerdeki depremlerin olma olasılıkları ve geri dönüş periyodları stokastik şekilde belirlenmiştir. Büyüklük–frekans ilişkisi izleyen bağıntı ile verilmektedir (Gutenberg ve Richter 1944).

$$\log N = a - bM \quad (3.2)$$

Eşitlik 3.2’de M deprem büyüklüğünü, N ise büyüklüğü M veya daha büyük depremlerin belirli bir zaman aralığındaki sayısını, a ve b katsayıları ise genellikle en küçük kareler yöntemiyle izleyen şekilde hesaplanan regresyon katsayılarını ifade eder (Kalyoncuoğlu 2007).

$$a = \frac{\left[\sum_{i=1}^{Nd} \log(N_i) \sum_{i=1}^{Nd} M_i^2 - \sum_{i=1}^{Nd} M_i \sum_{i=1}^{Nd} M_i \log(N_i) \right]}{\left[Nd \sum_{i=1}^{Nd} M_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{Nd} M_i \right)^2 \right]} \quad (3.3)$$

$$b = \frac{\left[\sum_{i=1}^{Nd} M_i \sum_{i=1}^{Nd} \log(N_i) - Nd \sum_{i=1}^{Nd} M_i \log(N_i) \right]}{\left[Nd \sum_{i=1}^{Nd} M_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{Nd} M_i \right)^2 \right]} \quad (3.4)$$

Eşitlik 3.3 ve 3.4’te Nd , M_{min} ve M_{max} arasında dm artımıyla değişen M büyüklüğündeki deprem sayısıdır. Sismik aktivite a katsayısıyla ilişkilidir ve çalışma alanına, gözlem süresi uzunluğuna, en büyük sismik büyüklüğe ve çalışma alanının gerilim seviyesine bağlıdır (Allen 1986, Khan vd. 2011, Akol ve Bekler 2013). G–R ilişkisinin diğer katsayısı olan b ise tektonik tanımlama parametresidir ve depremselliğe bağlı sismik aktivite ve değişimin göstergesidir (Akol ve Bekler 2013). Ayrıca jeolojik yaşla da ilişkili olduğu bildirilmiştir (Miyamura 1962). Diğer taraftan Scholz (1968) b parametresinin kayaç tipi ve gerilme durumuyla ilgili olduğunu ve kayaç sünekliğine bağlı olarak arttığını varsaymıştır. Kalyoncuoğlu (2007) gerilme arttıkça b parametresinin azaldığını vurgulamıştır. Tsapanos (1990) b parametresinin düşük derecede heterojenite, büyük gerilme oranı ve büyük deformasyon hızıyla ilişkili olduğunu bildirmiştir. İsveç depremleri için b parametresi 0.84 olarak verilmiştir (Bath 1983). Kaliforniya depremleri

için Shi ve Bolt (1982) ortalama b değerini 0.95 olarak hesaplamışlardır. Özmen (2013) Ankara ili için yaptığı deprem olasılık çalışmasında b değerinin 0.83–1.69 arasında değiştiğini ve bölgede sismik faaliyetin yüksek olduğu gerilimin ise dolayısıyla sürekli boşaldığını bildirmiştir. Türker ve Bayrak (2015) Doğu Anadolu Bölgesi ve civarında b değerinin yaklaşık 0.73 olduğunu belirtmiştir. Çankırı İli için deprem olasılık tahmini çalışmasında b değeri yaklaşık 0.77 olarak bulunmuştur (Köle 2016). Muş ve Bitlis illeri için b değerleri yaklaşık 0.84 ve 0.78 olarak hesaplanmıştır (Işık 2012, Işık ve Kutunis 2015). Toker (2017) Van ili için farklı zaman aralıkları kullanmış ve b değerlerinin genellikle 0.85 ve 1.15 arasında değiştiğini hesaplamıştır.

Poisson yöntemi belirli bir lokasyonda ve zaman aralığında meydana gelebilecek deprem sayısını belirlemede kullanılır ve bazı varsayımları kabul eder (Kramer 1996). Bu varsayımlar;

- 1) Belirli bir zaman aralığında meydana gelen depremler başka bir zaman aralığında oluşan deprem sayılarından bağımsızdır,
- 2) Kısa bir zaman aralığındaki deprem olasılığı doğrudan bu aralığın süresiyle orantılıdır,
- 3) Kısa bir zaman aralığında birden fazla deprem olma olasılığı yok sayılabilir.

Bu varsayımlara göre herhangi bir deprem rassal oluşmaktadır. Kısaca, meydana gelecek bir deprem önceden olmuş herhangi bir depremin zamanından, büyüklüğünden ve lokasyonundan bağımsızdır (Kramer 1996, Akol ve Bekler 2013). Poisson yaklaşımının orta ve büyük ölçekli depremler için uygun olduğu bazı istatistiksel çalışmalarla belirlenmiştir (Feller 1968, Tabban ve Gençoğlu 1975, Akol ve Bekler 2013).

Herhangi bir bölgede T yıl gözlem aralığında M büyüklüğünde oluşabilecek deprem riski izleyen bağıntılarla hesaplanabilir (Eşitlikler 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9).

$$a' = a - \log(b \ln 10) \quad (3.5)$$

$$a'_1 = a' - \log T \quad (3.6)$$

$$n(M) = 10^{a'_1 - Mb} \quad (3.7)$$

$$Pr = 1 / n(M) \quad (3.8)$$

$$Rt = 1 - e^{-n(M)t} \quad (3.9)$$

Yukarda verilen eşitliklerde, M deprem büyüklüğünü, $n(M)$ M büyüklüğündeki depremin yıllık oluş sayısını, T zaman aralığını, Pr tekraralama periyodunu, Rt ise t yıl için riski ifade etmektedir. Bu çalışmada, M için 4, 4.5, 5, 5.5, 6, 6.5, 7 ve 7.5 büyüklükleri, t için 1, 5, 10, 25 ve 50 yıl aralıkları kullanılmıştır. Ayrıca 1900–2017 yılları arasında gerçekleşmiş depremler

kullanıldığı için T değeri 107 olarak alınmıştır. Sismik tehlike analizi çalışmasında kullanılan alan Şekil 3.1’de verilmiştir. a ve b katsayılarının hesaplanmasında ve bunlara bağlı olarak deprem oluşum olasılık değerlerin ve tekrarlama periyodlarının hesaplamasında bu tez çalışması kapsamında geliştirilen MATLAB tabanlı bir algoritma kullanılmıştır. Algoritmaya ait kodlar ve örnek deprem verisi dosyası sırasıyla Çizelge 3.7 ve Şekil 3.2’de verilmiştir. Aletsel döneme ait deprem verileri ise Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Bölgesel Deprem–Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi veri tabanından çevrimiçi olarak indirilmiştir (<http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/zeqdb/>). Örnek olması bakımından Bitlis ve Muş illeri daire merkezi olacak şekilde 100 km yarıçaplı bölgelerde meydana gelmiş ve kaydedilmiş depremlerin bilgileri sırasıyla EK-1 ve EK-2’de verilmiştir. Bu çalışmada, farklı büyüklük ölçeklerine (Md, ML, Ms, Mb, Mw) göre hesaplanmış deprem büyüklüklerinden en büyüğü kullanılmıştır (xM).



Şekil 3.1. Sismik tehlike parametrelerinin belirlenmesinde kullanılan alanın harita üzerinde gösterimi. Haritanın oluşturulmasında GMT (Wessel ve Smith 1995) yazılımı kullanılmıştır

Çizelge 3.7. Sismik tehlike parametrelerinin belirlenmesinde kullanılan MATLAB tabanlı algoritma için örnek giriş verisi

4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5
4.1	4.5	5.1	5.6	6.1	6.6	7.2	
4.1	4.5	5.1	5.6	6.2	6.8		
4.1	4.5	5.2	5.6	6.2	6.9		
4.1	4.5	5.2	5.6	6.3			
4.1	4.5	5.2	5.7	6.4			
4.1	4.5	5.2	5.7				
4.1	4.6	5.2	5.7				
4.2	4.6	5.2	5.8				
4.2	4.6	5.2	5.8				
4.2	4.6	5.2	5.8				
4.2	4.6	5.3	5.9				
4.2	4.6	5.3	5.9				
4.2	4.6	5.3					
4.3	4.6	5.3					
4.3	4.7	5.4					
4.3	4.7	5.4					
4.3	4.7	5.4					
4.3	4.7	5.4					
4.3	4.7						
4.3	4.8						
4.3	4.8						
4.3	4.8						
4.3	4.8						
4.3	4.8						
4.3	4.8						
4.3	4.8						
4.3							
4.3							
4.4							
4.4							
4.4							
4.4							

```

close all;clear all;clc;
[filename,pathname] = uigetfile('*.dat','Deprem verisini seçin');
e=[pathname filename];
veri=load(e);
TT=[1 5 10 25 50];T=107;
[dummy su]=size(veri);
if su==8;intr=4.25:0.5:7.75;M=4:0.5:7.5;
    elseif su==7;intr=4.25:0.5:7.25;M=4:0.5:7.0;
        elseif su==6;intr=4.25:0.5:6.75;M=4:0.5:6.5;
            elseif su==5;intr=4.25:0.5:6.25;M=4:0.5:6.0;
                elseif su==4;intr=4.25:0.5:5.75;M=4:0.5:5.5;
                    elseif su==3;intr=4.25:0.5:5.25;M=4:0.5:5.0;
end;
for i=1:su
    b=find(veri(:,i)>0);
    c(i)=length(veri(b,i));
end
for i=1:su
    yobs(i)=log10(sum(c(i:su)));
end
set(gcf,'Units','Normalized','OuterPosition',[0.2, 0.2, 0.4, 0.4]);
plot(intr,yobs,'o','MarkerFaceColor',[0,0,1])
xlim([min(M) max(intr)+0.25])
set(gca,'xTick',(min(M):0.5:max(intr)+0.25))
s=polyfit(intr,yobs,1);
a=s(2);b=s(1);b=b*-1;
ycal=polyval(s,intr);hold on
plot(intr,ycal);grid on
xlabel('Magnitud (M)')
ylabel('Log N (M)')
SStot=sum((yobs-mean(yobs)).^2);
SSres=sum((yobs-ycal).^2);
R_squared=1-(SSres/SStot);
str1='Log N(M)';
str2='R^2';xy=axis;
x=(xy(2)-mean([xy(1),xy(2)]))/3+mean([xy(1),xy(2)]);
y1=(xy(4)-mean([xy(3),xy(4)]))/2+mean([xy(3),xy(4)]);
y2=(xy(4)-mean([xy(3),xy(4)]))/3+mean([xy(3),xy(4)]);
text(x,y1,[str1 '=' num2str(a,'%3.2f-%\n') num2str(b,'%3.2f M%\n')])...
    , 'FontSize',11)
text(x,y2,[str2 '=' num2str(R_squared)], 'FontSize',11)
for i=1:length(M)
    for j=1:length(TT)
        aust=a-log10(b*log(10));
        aust1=aust-log10(T);
        nM(i,j)=10^(aust1-M(i)*b);
        RM(i,j)=(1-exp(-nM(i,j)*TT(j)))*100;
        QM(i)=1/(nM(i,j));
    end
end
format bank
PRB=[M' RM QM']
[a b R_squared]
xlswrite('PRB.xlsx',PRB);

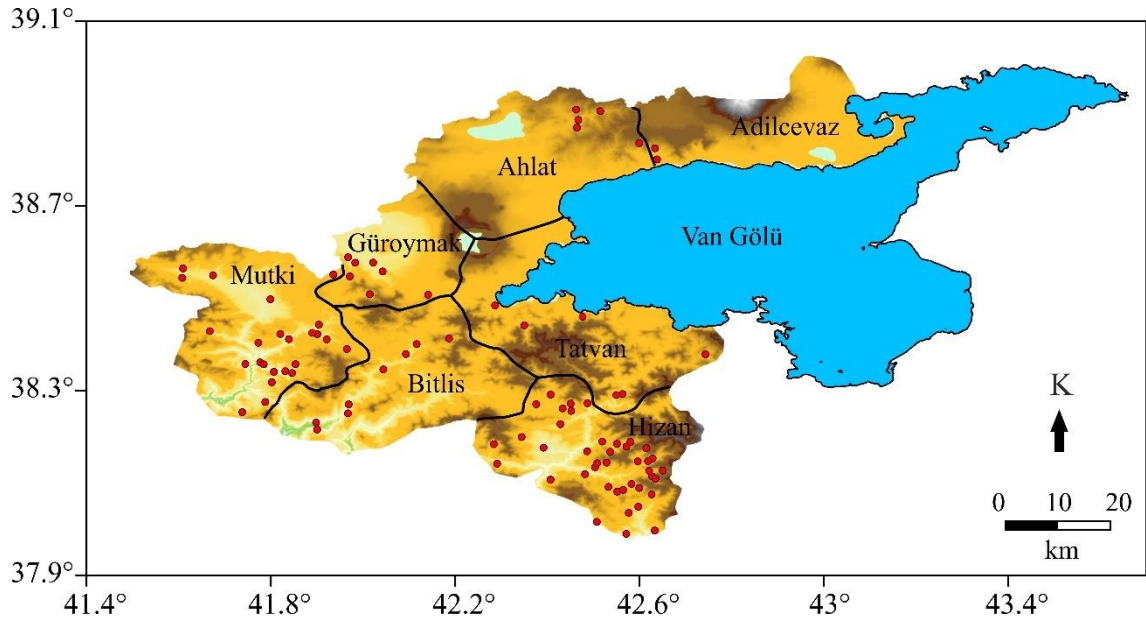
```

Şekil 3.2. Tez çalışması kapsamında geliştirilen ve sismik tehlike parametrelerinin belirlenmesinde kullanılan MATLAB tabanlı algoritma

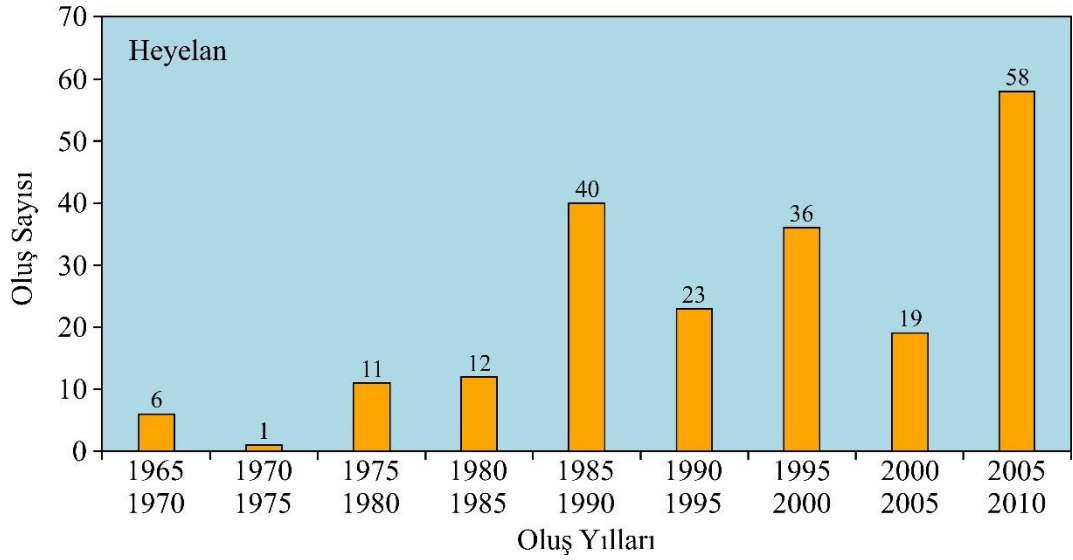
4. BULGULAR

Bitlis il merkezi ve ilçeler için heyelan, çığ, kaya düşmesi, sel, yeraltı suyu yükselmesi ve şiddetli yağış gibi doğal afet olaylarının zamansal ve mekânsal dağılımları incelenmiştir. Bu kapsamda, resmi kayıtlara geçmiş doğal afetlerin mekânsal dağılımları oluşturulan harita düzlemleri üzerinde gösterilmiş, zamansal dağılımları ise üretilen grafikler yardımıyla sunulmuştur. Oluşturulan grafiklerde geçmişte gerçekleşmiş doğal afetlerin beşer yıllık zaman aralıklarına göre oluş sayıları verilmiştir.

Şekil 4.1’de sunulan Bitlis ili ve ilçelerinde 1965-2010 yılları arasında meydana gelmiş heyelanların mekânsal dağılımını veren harita incelendiğinde en yoğun heyelan olaylarının Hizan ilçesinde gerçekleştiği görülmektedir. Bitlis ili ve Mutki ilçelerinde de kayda değer oranda heyelanlar olduğu görülmektedir. Ayrıca, Güroymak ve Tatvan ilçelerinde eğimli topografyanın hakim olduğu bölgelerde de heyelan olayları gözlenmektedir. Eğimli topografyanın kısmen az olduğu Ahlat ve Adilcevaz ilçelerinde beklendiği gibi heyelan olayları sayısında bir azalış söz konusudur. Bitlis ili ve ilçelerinde en fazla heyelan olayı sayısının gözlemlendiği 2005-2010 yılları arasında 58 olay kaydedilmiştir (Şekil 4.2). Bu yıllar arasında iklimsel koşulların heyelan olayları artışında etkili olduğu düşünülmektedir. 1985 yılından önceki değerlerin diğer yıllara göre daha az olmasının sebebinin o yıllarda fazla veri kayıt edilmeyişi olarak düşünülmüştür.

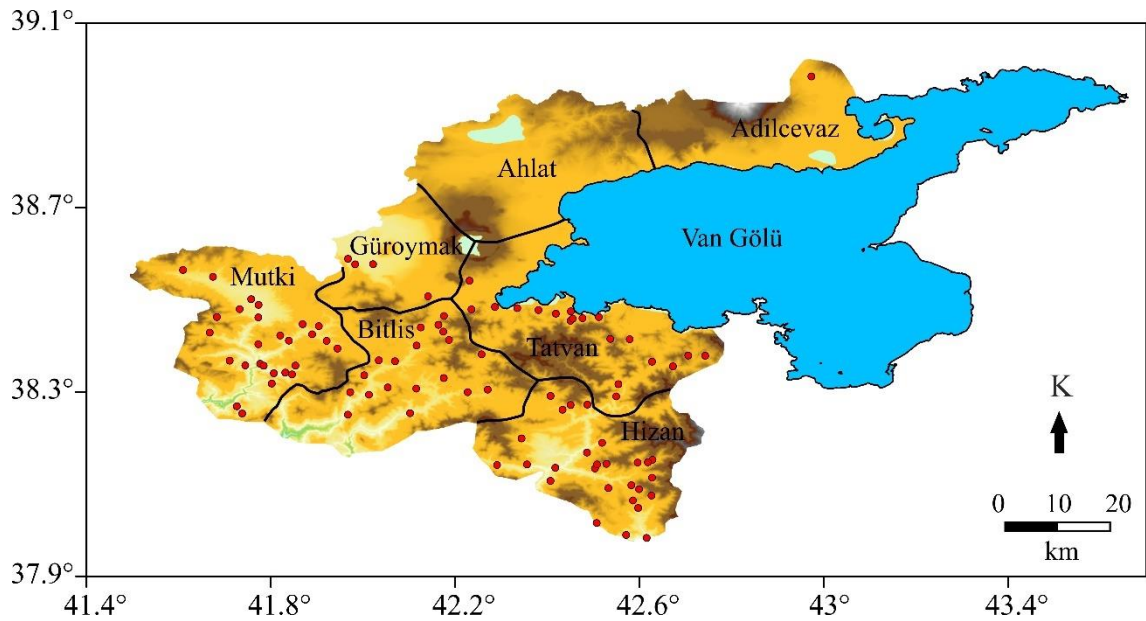


Şekil 4.1. Bitlis ili ve ilçelerinde 1965-2010 yılları arasında gerçekleşmiş heyelan olaylarının oluş yerlerini gösteren harita



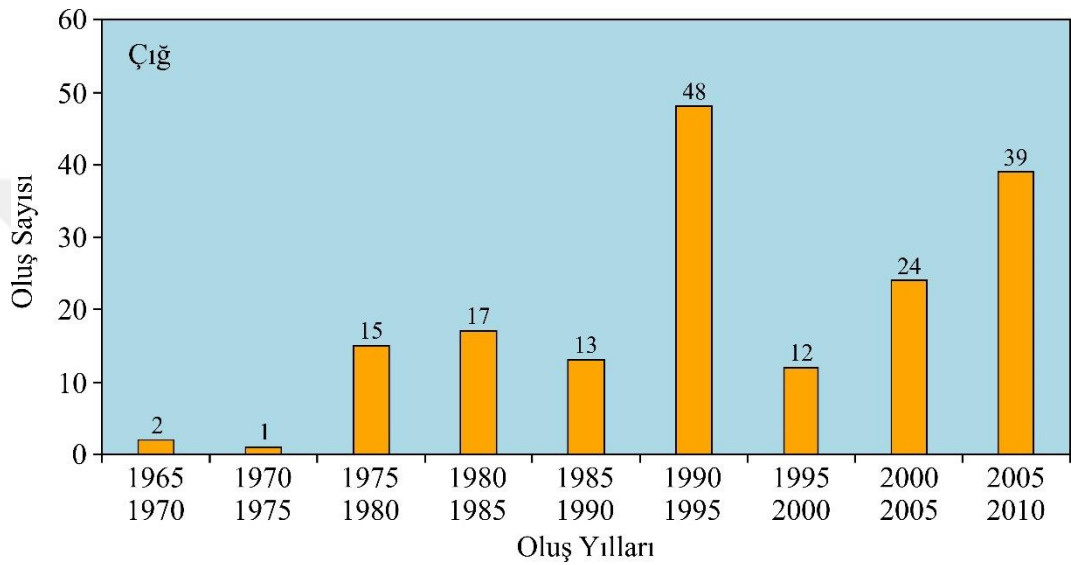
Şekil 4.2. Bitlis ili ve ilçelerinde 1965-2010 yılları arasında gerçekleşmiş heyelan olaylarının sayısının yıllara göre dağılımı

Önceki bölümlerde değinildiği üzere ülkemizde meydana gelmiş çığ olayları en fazla Bitlis ili ve ilçelerinde gözlenmektedir (Şekil 1.3). Şekil 4.3'te verilen ve çalışma alanında meydana gelen çığ olayların lokasyonlarını gösteren harita incelendiğinde beklendiği gibi kar yağışlarının yoğun gözlemlendiği ve eğimli topografyanın oldukça egemen olduğu Mutki, Hizan, Tatvan ve Merkez ilçelerinde kayıtlara geçmiş birçok çığ olayının olduğu görülmektedir.



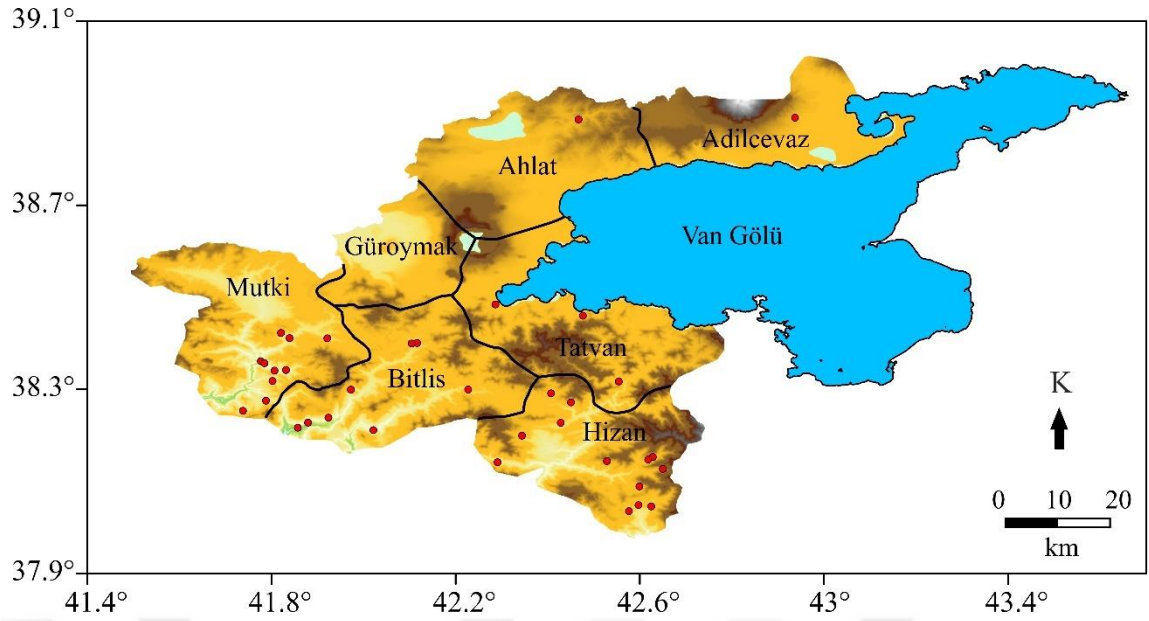
Şekil 4.3. Bitlis ili ve ilçelerinde 1965-2010 yılları arasında gerçekleşmiş çığ olaylarının oluş yerlerini gösteren harita

Buna karşın, Güroymak ilçesinde çığ olaylarında bir azalış gözlenmektedir. Ayrıca kısmen daha yumuşak bir topoğrafyanın hakim olduğu Adilcevaz ilçesinde sadece bir lokasyonda meydana gelen çığ olayı Ahlat ilçesinde ise hiç meydana gelmemiştir. Yıllara göre dağılımın sunulduğu Şekil 4.4 incelendiğinde 1990-1995 ve 2005-2010 yılları arasında çığ olayların oluş sayısında önemli bir artış dikkat çekmektedir. Bu sonucun o yıllardaki yoğun kar yağışlarından ve uzun kış şartlarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Çığ olayları sayısının 1965-1975 yılları arasında oldukça az olması ise o yıllardaki kayıt eksikliğinden kaynaklandığı muhtemeldir.

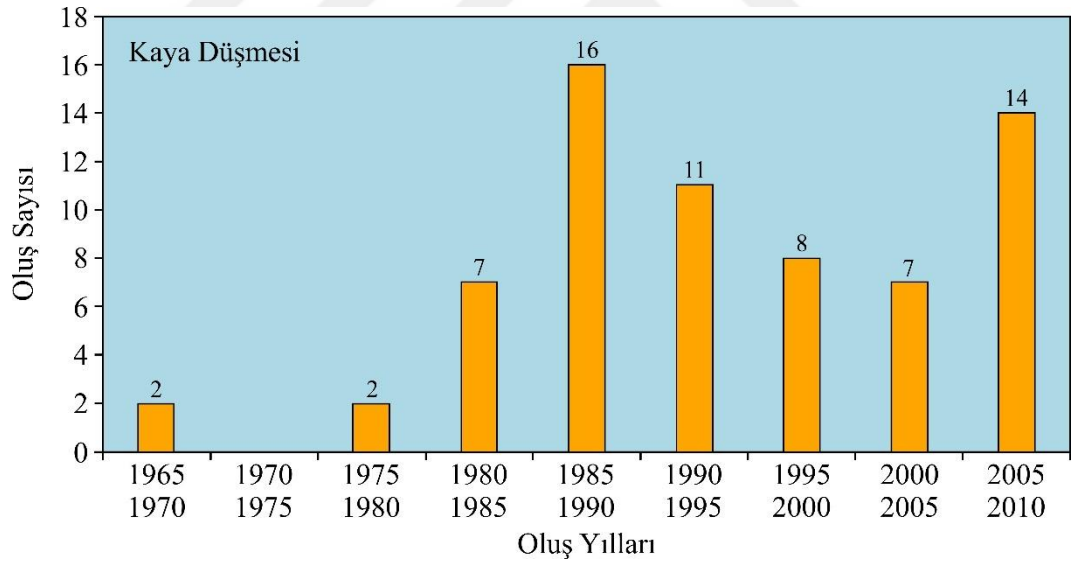


Şekil 4.4. Bitlis ili ve ilçelerinde 1965-2010 yılları arasında gerçekleşmiş çığ olaylarının sayısının yıllara göre dağılımı

Türkiye’de kaya düşmesi olaylarının sık yaşandığı yerlerden biri olan Bitlis ilinde kayıtlara geçen olayların birçoğunun Mutki, Hizan, Merkez ilçelerinde gerçekleştiği gözlenmektedir (Şekil 4.5). Tatvan ilçesinde bu sayı azalmaktadır. Ahlat ve Adilcevaz ilçelerinde sadece birer lokasyonda meydana gelen kaya düşmesi olayı bu ilçeler için ciddi bir doğal afet tehlikesi oluşturmamaktadır. Ayrıca, Güroymak ilçesinde 1965-2010 yılları arasında hiçbir kaya düşmesi kaydı bulunmamaktadır. 1985-2010 yılları arasında kaya düşmesi olaylarının sayısında bazı inişli çıkışlı değişimler olduğu görülmektedir (Şekil 4.6). Bu değişimlerin sebeplerinden birinin yıl içindeki yağış miktarı ve süresi diğerinin ise ortalama sıcaklık değerlerindeki değişimler olduğu düşünülmektedir.



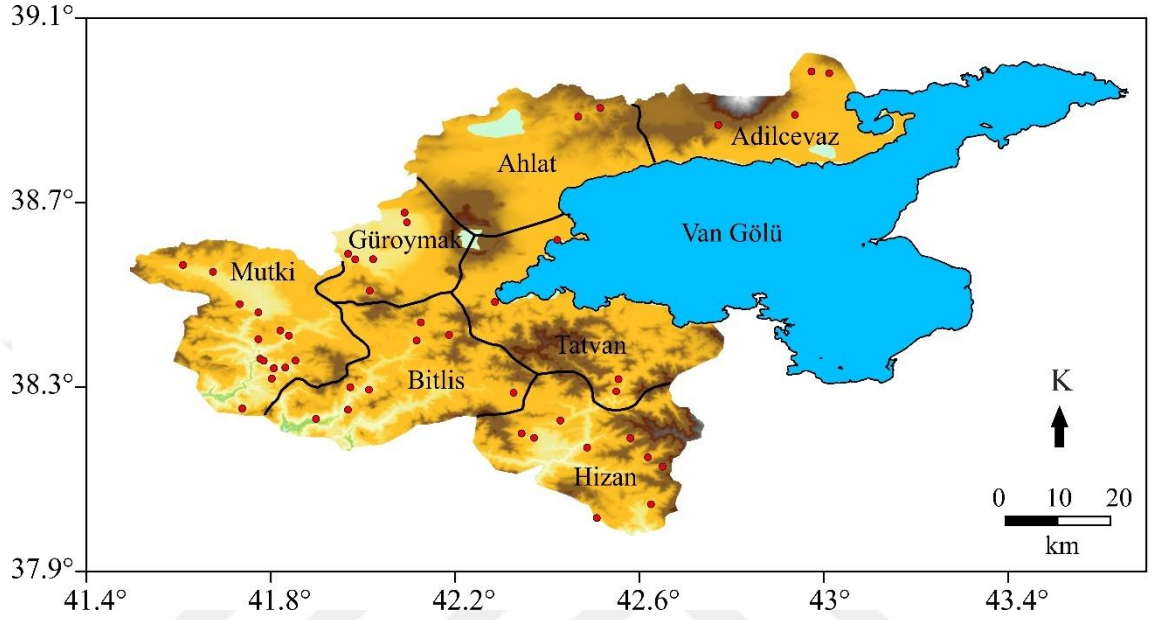
Şekil 4.5. Bitlis ili ve ilçelerinde 1965-2010 yılları arasında gerçekleşmiş kaya düşmesi olaylarının oluş yerlerini gösteren harita



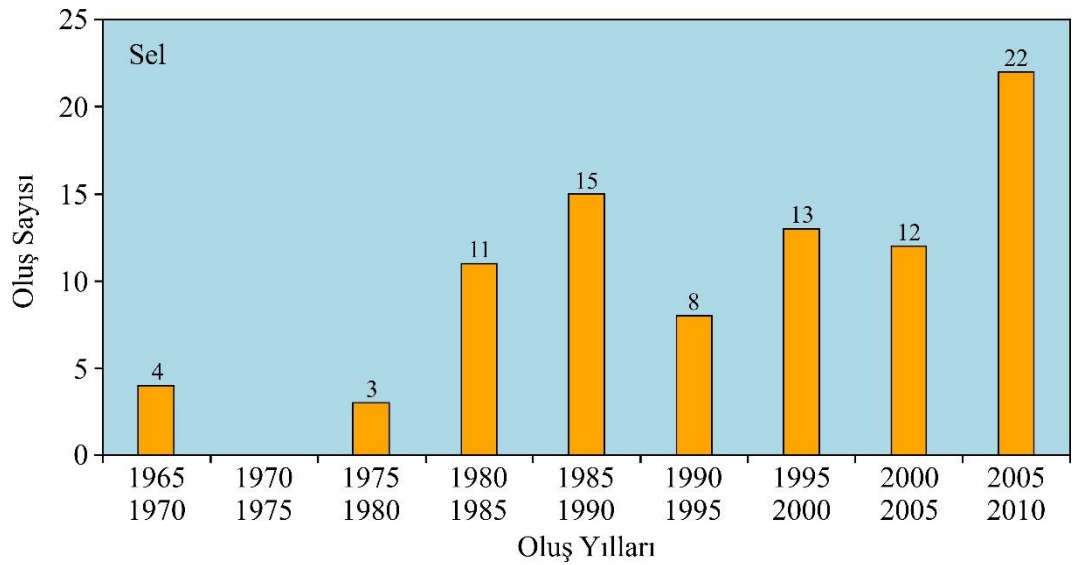
Şekil 4.6. Bitlis ili ve ilçelerinde 1965-2010 yılları arasında gerçekleşmiş kaya düşmesi olaylarının sayısının yıllara göre dağılımı

Bitlis ili ve ilçelerinde kayda değer oranda gerçekleşen ve doğal afete neden olan sel olayları verilerine bakıldığında, Mutki ilçesinde diğer ilçelere göre daha fazla olayın meydana geldiği görülmektedir (Şekil 4.7). Merkez ilçe, Güroymak ve Hizan ilçeleri de sel olaylarını sık yaşamaktadır. Tatvan ve Adilcevaz ilçelerinde ise sel olayları sayısında bir azalış söz konusudur.

Ahlat ilçesinde ise sadece iki lokasyonda sel olayı gerçekleştiği görülmektedir. Sadece 1970-1975 yılları arasında (Şekil 4.8) gözlenmeyen sel olaylarının 2005-2010 yılları arasındaki gerçekleşme sayısındaki fazlalığının ise sözü geçen yıllarda aşırı kar ve sağanak yağışlardan, yerde kalan kar süresinin uzunluğundan ve ani eriyen kar sularından dolayı kaynaklandığı düşünülmektedir.

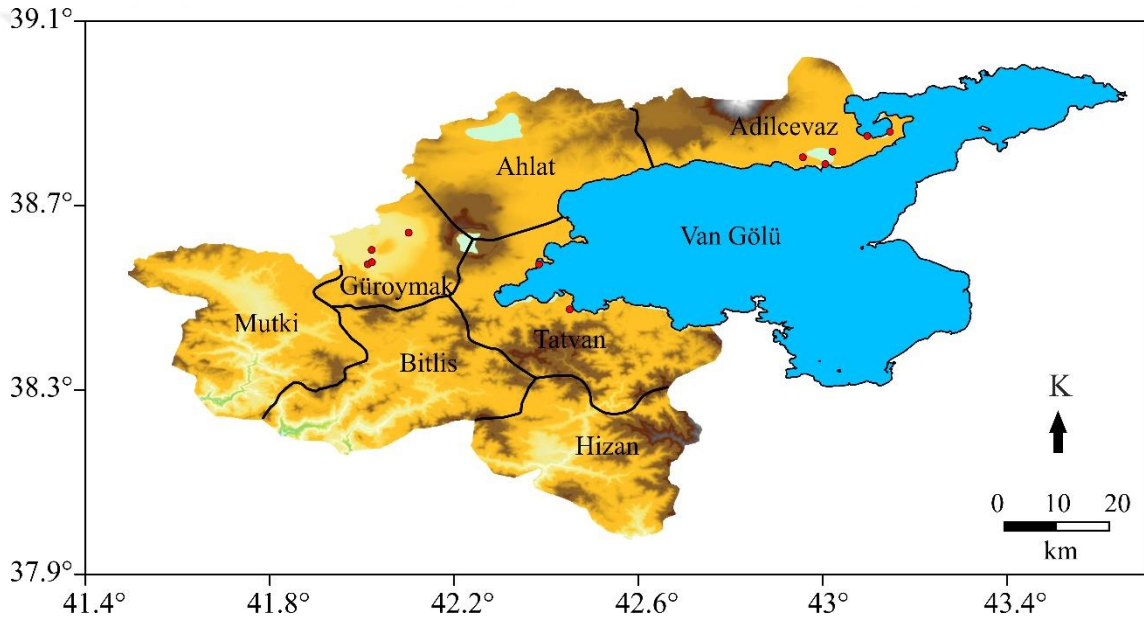


Şekil 4.7. Bitlis ili ve ilçelerinde 1965-2010 yılları arasında gerçekleşmiş sel olaylarının oluş yerlerini gösteren harita



Şekil 4.8. Bitlis ili ve ilçelerinde 1965-2010 yılları arasında gerçekleşmiş sel olaylarının sayısının yıllara göre dağılımı

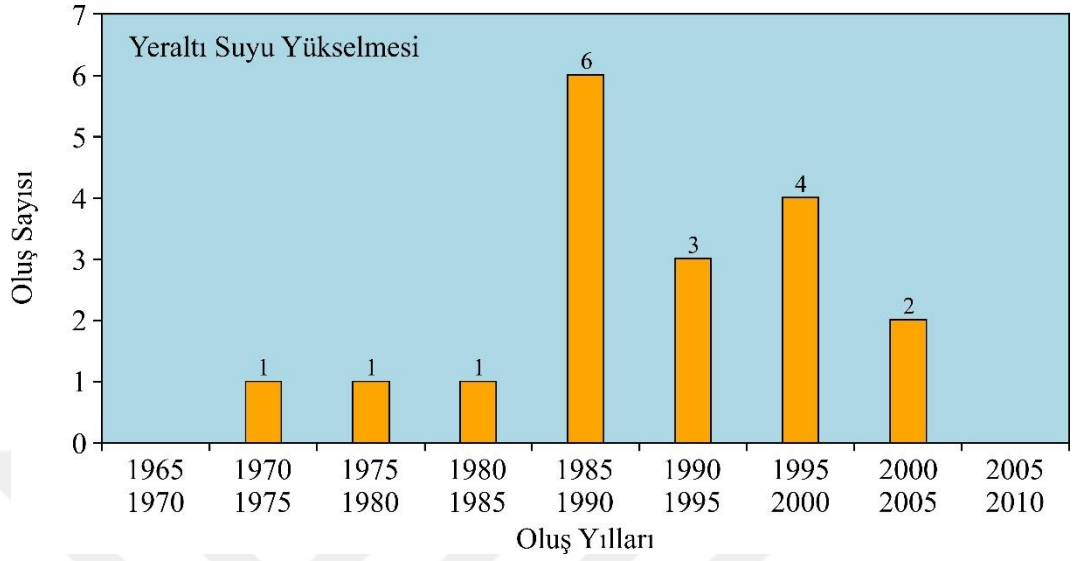
Afete neden olan yeraltı suyu yükselmesi olaylarının Van Gölüne kıyısı olan Adilcevaz ve Tatvan ilçelerinde gerçekleştiği görülmektedir (Şekil 4.9). Göle kıyısı olmadığı halde yeraltı suyu yükselmesinden kaynaklı doğal afet olayı yaşayan Güroymak ilçesinde ise yeraltı suyu kaynaklarının yüzeye çok yakın olması sebebiyle bu olayları yaşadığı düşünülmektedir. Van Gölüne kıyısı olmasına rağmen Ahlat ilçesinde yeraltı suyu yükselmesi olayının bir kaydı bulunmamaktadır. Daha yüksek topoğrafyalara sahip ve düzlük alanların yok denecek kadar az olduğu Mutki ve Hizan ilçelerinde ise yeraltı suyu yükselmesi olayları beklendiği gibi hiç gerçekleşmemiştir. 1985-1990 yılları arasında en fazla sayıda yeraltı suyu yükselmesi olayı meydana gelmesine karşın 1965-1970 ve 2005-2010 yılları arasında doğal afete sebebiyet verecek yeraltı suyu yükselmesi olayı gerçekleşmemiştir (Şekil 4.10).



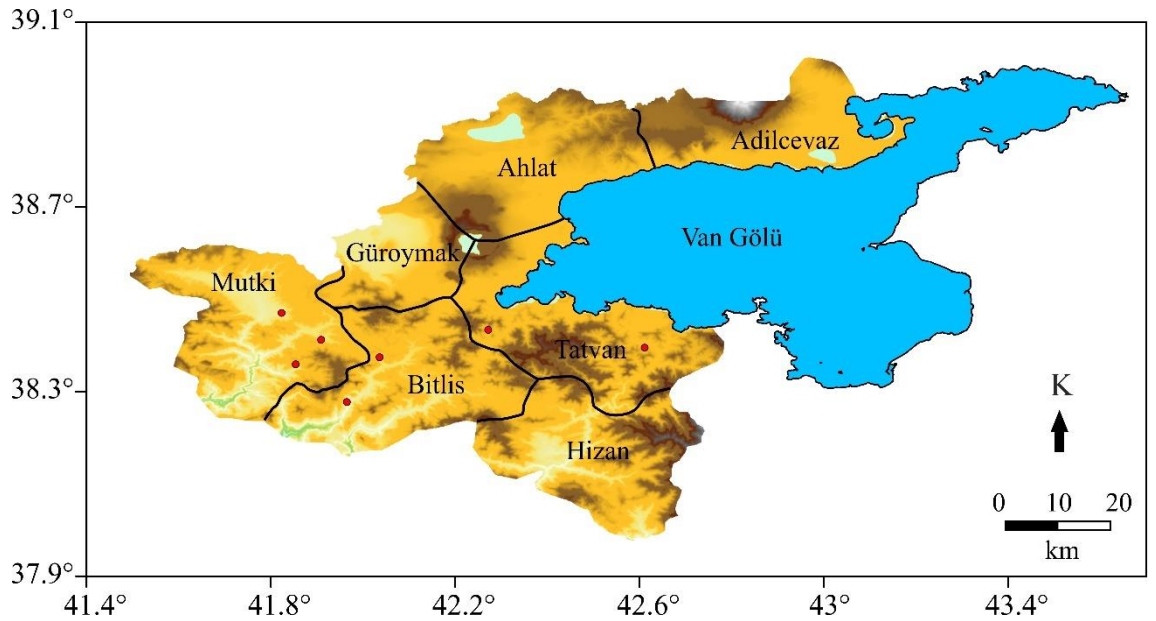
Şekil 4.9. Bitlis ili ve ilçelerinde 1965-2010 yılları arasında gerçekleşmiş yeraltı suyu yükselmesi olaylarının oluş yerlerini gösteren harita

Bitlis ili ve ilçelerinde 1965-2010 yılları arasında gerçekleşmiş şiddetli yağış olaylarının meydana geldiği lokasyonları veren harita (Şekil 4.11) incelendiğinde kayda geçen olayların sadece Merkez, Tatvan ve Mutki ilçelerinde gerçekleştiği görülmektedir. Afete neden olan şiddetli yağış olaylarının en çok 1985-1990 yılları arasında gerçekleşmiştir (Şekil 4.12). Ancak bu sayının oldukça az olması ve bazı yıl aralıklarında sadece bir kez gerçekleşmesi (1980-1985, 1990-1995, 1995-2000 ve 2005-2010) veya hiç gerçekleşmemesi (1965-1970, 1970-1975, 1975-1980 ve 2000-

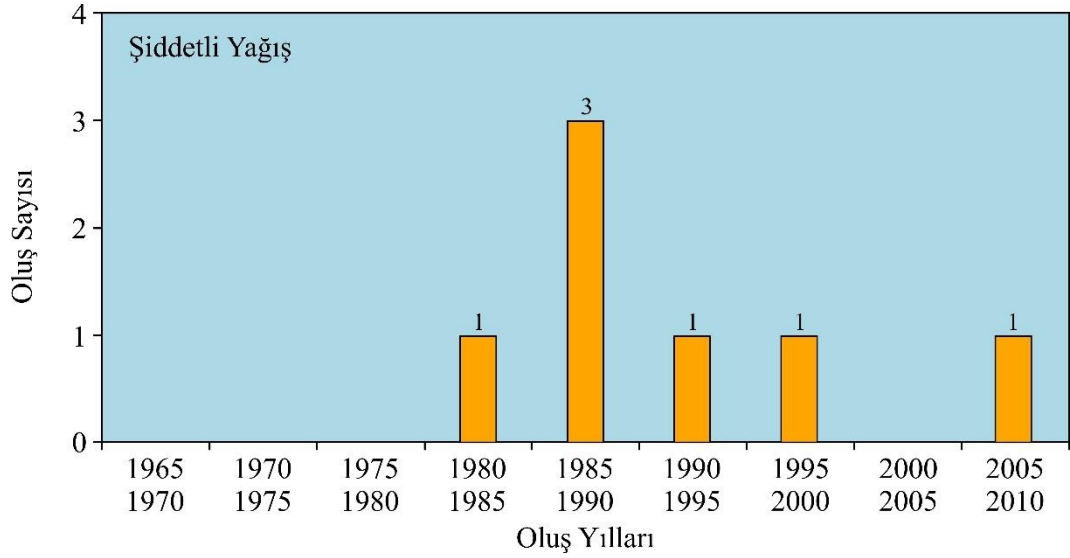
2005) şiddetli yağış olaylarının Bitlis ili ve ilçeleri için yüksek bir tehlike içeren doğal afet türü olmadığı söylenebilir.



Şekil 4.10. Bitlis ili ve ilçelerinde 1965-2010 yılları arasında gerçekleşmiş yeraltı suyu yükselmesi olaylarının sayısının yıllara göre dağılımı



Şekil 4.11. Bitlis ili ve ilçelerinde 1965-2010 yılları arasında gerçekleşmiş şiddetli yağış olaylarının oluş yerlerini gösteren harita



Şekil 4.12. Bitlis ili ve ilçelerinde 1965-2010 yılları arasında gerçekleşmiş şiddetli yağış olaylarının sayısının yıllara göre dağılımı

Fine-Kinney yöntemi kullanılarak hazırlanan risk analizi sonuçları Çizelge 4.1-4.6'da verilmiştir. Elde edilen sonuçlar, afete neden olan heyelan olaylarının en yoğun yaşandığı Hizan ve Mutki ilçelerinin çok yüksek risk değerlerine sahip olduğu görülmektedir (Çizelge 4.1.). Ahlat, Güroymak ve Tatvan ilçelerinde kesin risk sonucu hesaplanırken, heyelan olayının az görüldüğü Adilcevaz ilçesinde kabul edilebilir risk sonucuna ulaşılmıştır.

Çizelge 4.1. Bitlis ili ve ilçeleri için heyelan risk analizi sonuçları

Lokasyon	İhtimal (I)	Frekans (F)	Şiddet (D)	$R=I F D$	Sonuç
Adilcevaz	1	0.5	15	7.5	Kabul edilebilir risk
Ahlat	3	1	15	45	Kesin risk
Güroymak	3	1	15	45	Kesin risk
Hizan	10	10	15	1500	Çok yüksek risk
Merkez	10	2	15	300	Yüksek risk
Mutki	10	10	15	1500	Çok yüksek risk
Tatvan	3	1	15	45	Kesin risk

Çığ risk analizi sonuçlarında Mutki, Tatvan ve Merkez ilçelerde çok yüksek risk değeri sonuçları elde edildiği görülmektedir (Çizelge 4.2.). Hizan ilçesinde yüksek risk değeri, Güroymak ve Adilcevaz ilçelerinde ise kabul edilebilir risk değeri sonucuna varılmıştır. Ahlat ilçesinde ise herhangi bir çığ olayı riski bulunmamaktadır.

Çizelge 4.2. Bitlis ili ve ilçeleri için çığ risk analizi sonuçları

Lokasyon	İhtimal (I)	Frekans (F)	Şiddet (D)	$R=I F D$	Sonuç
Adilcevaz	0.2	0.5	1	0.1	Kabul edilebilir risk
Ahlat	-	-	-	-	-
Güroymak	0.5	0.5	15	3.75	Kabul edilebilir risk
Hizan	3	6	15	270	Yüksek risk
Merkez	6	6	100	3600	Çok yüksek risk
Mutki	10	10	100	10000	Çok yüksek risk
Tatvan	6	3	100	1800	Çok yüksek risk

Mutki, Hizan ve Merkez ilçelerinde kaya düşmesi olayı için risk değerlerinin yüksek olduğu (Çizelge 4.3.), buna karşın Adilcevaz, Ahlat ve Tatvan ilçelerinin ise kabul edilebilir risk değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Güroymak ilçesinde ise geçmişte afete neden olan kaya düşmesi olayı gözlenmediğinden dolayı risk değeri hesaplanamamıştır.

Çizelge 4.3. Bitlis ili ve ilçeleri için kaya düşmesi risk analizi sonuçları

Lokasyon	İhtimal (I)	Frekans (F)	Şiddet (D)	$R=I F D$	Sonuç
Adilcevaz	0.2	0.5	15	1.5	Kabul edilebilir risk
Ahlat	0.2	0.5	1	0.1	Kabul edilebilir risk
Güroymak	-	-	-	-	-
Hizan	3	2	15	90	Önemli risk
Merkez	3	1	15	45	Kesin risk
Mutki	3	2	15	90	Önemli risk
Tatvan	1	1	15	15	Kabul edilebilir risk

Çizelge 4.4'te verilen sel risk analizi sonuçlarına göre sadece Mutki ilçesi için yüksek risk değeri hesaplanmıştır. Güroymak, Hizan ve Merkez ilçelerinde kesin risk değerleri geri kalan ilçelerde ise kabul edilebilir risk değerlerine ulaşmıştır.

Yeraltı suyu yükselmesi için yapılan risk analizinde (Çizelge 4.5) ise bu doğal afet çeşidinin Bitlis ili ve ilçeleri için herhangi bir risk teşkil etmediği belirlenmiştir. Yine bu durum şiddetli yağış içinde geçerlidir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.4. Bitlis ili ve ilçeleri için sel risk analizi sonuçları

Lokasyon	İhtimal ($\dot{I}$)	Frekans (F)	Şiddet (D)	$R=\dot{I} F D$	Sonuç
Adilcevaz	1	1	15	15	Kabul edilebilir risk
Ahlat	0.2	0.5	3	0.3	Kabul edilebilir risk
Güroymak	3	1	15	45	Kesin risk
Hizan	3	0.5	15	22.5	Kesin risk
Merkez	3	1	15	45	Kesin risk
Mutki	6	3	15	270	Yüksek risk
Tatvan	0.5	0.5	15	3.75	Kabul edilebilir risk

Çizelge 4.5. Bitlis ili ve ilçeleri için yeraltı suyu yükselmesi risk analizi sonuçları

Lokasyon	İhtimal ($\dot{I}$)	Frekans (F)	Şiddet (D)	$R=\dot{I} F D$	Sonuç
Adilcevaz	0.5	1	3	1.5	Kabul edilebilir risk
Ahlat	-	-	-	-	-
Güroymak	0.2	0.5	3	0.3	Kabul edilebilir risk
Hizan	-	-	-	-	-
Merkez	0.2	0.5	3	0.3	Kabul edilebilir risk
Mutki	-	-	-	-	-
Tatvan	0.2	0.5	15	1.5	Kabul edilebilir risk

Çizelge 4.6. Bitlis ili ve ilçeleri için şiddetli yağış risk analizi sonuçları

Lokasyon	İhtimal ($\dot{I}$)	Frekans (F)	Şiddet (D)	$R=\dot{I} F D$	Sonuç
Adilcevaz	-	-	-	-	-
Ahlat	-	-	-	-	-
Güroymak	-	-	-	-	-
Hizan	-	-	-	-	-
Merkez	0.2	0.5	15	1.5	Kabul edilebilir risk
Mutki	0.2	0.5	3	0.3	Kabul edilebilir risk
Tatvan	0.2	0.5	15	1.5	Kabul edilebilir risk

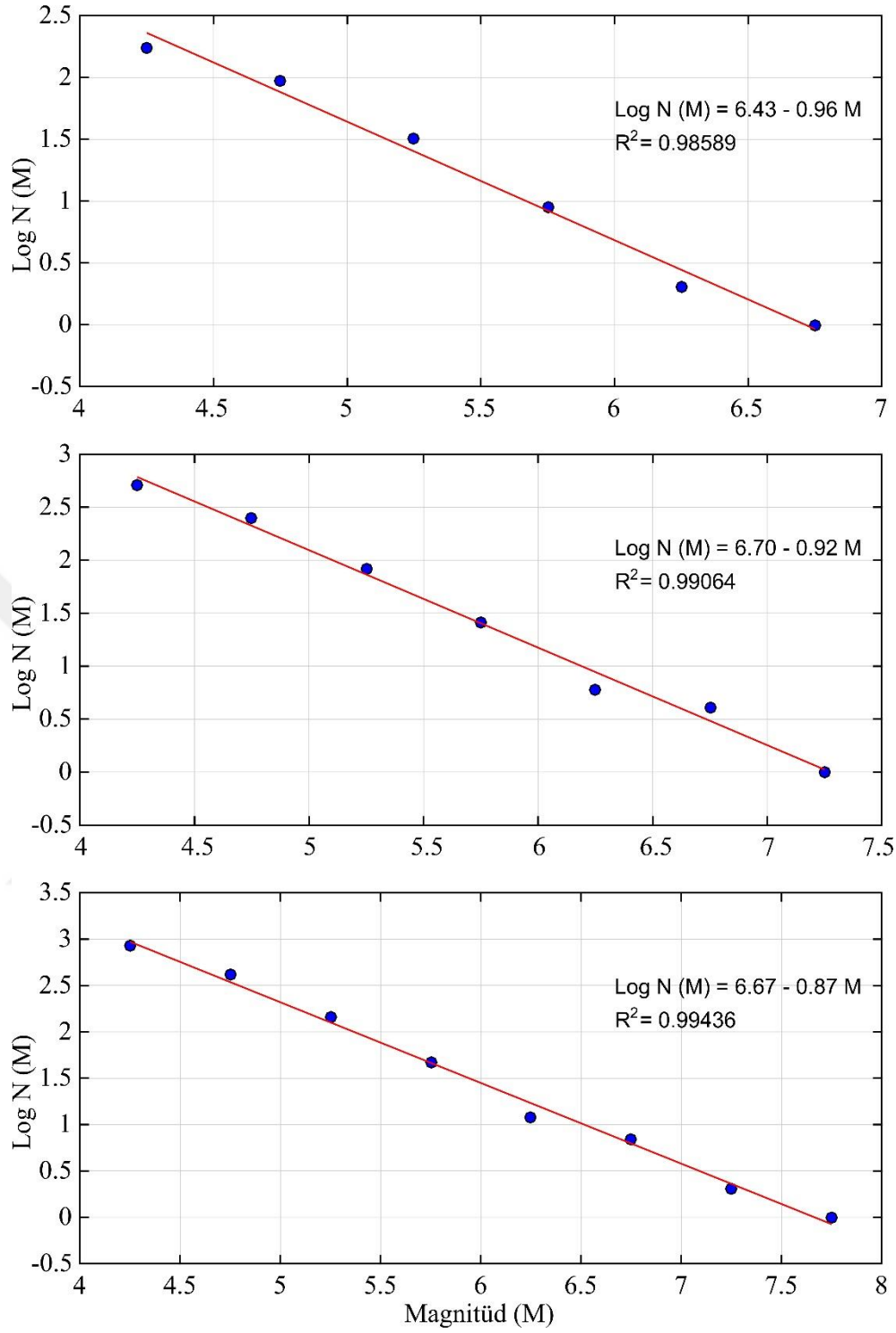
Depremsellik olasılık dağılımlarının istatistiksel analizi için G–R ilişkisi ile Poisson olasılık belirleme yöntemleri kullanılmış, çalışma bölgesi için depremsellik parametreleri olan a ve b değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca, belirlenen bazı büyüklükteki depremler için yine belirlenmiş zaman süreçleri boyunca aynı büyüklükteki depremlerin olma olasılığı değerleri ve geri dönüş periyodları belirlenmiştir. Bu hesaplamalar önceki bölümde verilen ve en küçük kareler yöntemini kullanan MATLAB tabanlı algoritma yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Örnek olması bakımından sadece Bitlis ili ve ona komşu olan iller için hesaplanan a ve b değerleri grafikleri Şekil 4.13-4.18’de verilmiştir. Ayrıca yine bu iller için deprem olma olasılığı değerleri ve geri dönüş periyodları Çizelge 4.7-4.12’de sunulmuştur. Çalışma alanında kalan diğer 27 yerleşim yeri için aynı hesaplamalar yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar görüntü haritalarıyla sunulmuştur. Hesaplamaların yapıldığı bütün yerleşim yerleri harita düzlemi üzerinde işaretlenmiştir. Ayrıca, çalışma alanında bulunan her bir yerleşim yeri merkez olacak şekilde 100, 150 ve 200 km yarıçap içinde kalan depremler değerlendirilmiştir. Şekil 4.19-4.21’de sunulan b değerlerinin değişimleri incelendiğinde bölgedeki yüksek tektonik gerilmenin genellikle Van ili ve ilçelerinde gözlemlendiği görülmektedir. Bitlis Zagros Kenet Kuşağı’nın güneyine doğru ilerledikçe gerilmenin azaldığı belirlenmiştir. En düşük gerilme değerleri genellikle Şanlıurfa ve Şırnak illeri arasında kalan bölgelerdedir. Bu bulgular Kenet Kuşağının güneyinde ve kuzeyinde kalan bölgelerin deprem üretme potansiyeli bakımından tamamen farklı karakterlerde olduğunu işaret etmiştir. Buna karşın a değerlerinin mekânsal değişimlerinin sunulduğu şekiller incelendiğinde (Şekil 4.22-4.24) anlamlı bir ilişki gözlenmemiştir. Örneğin her bir yerleşim yeri için 100 km yarıçap içinde kalan depremlerin değerlendirilmesi ile elde edilmiş a değeri haritasında (Şekil 4.22) yüksek değerlerinin genellikle çalışma alanının kuzey kısmında geniş bir alana yayıldığı gözlenirken, yarıçapın arttırılması ile elde edilen görüntü haritalarında (Şekil 4.23 ve 4.24) yüksek değerlerin oldukça dar bir alanda yoğunlaştığı gözlenmektedir. Bu durum ile bölgede meydana gelmiş sismik etkinliklerin arasında herhangi bir uyum gözlenmemiştir.

a ve b değerlerinin birbirlerine göre oranından elde edilen görüntü haritaları (Şekil 4.25-4.27) bölgenin tektonik yapısını oldukça iyi bir şekilde karakterize ettiği gözlenmiştir. Bu haritalarda Bitlis Zagros Kenet Kuşağı’nın kuzeyinde ve güneyinde kalan ve farklı tektonik özelliklere sahip olan alanları oldukça net bir şekilde ayırmıştır. Bu bulgu a/b oranının haritalandırılmasının da oldukça iyi sonuçlar ürettiğini göstermektedir.

Yıl bazında tekrarlanma periyodları değerlerinin sunulduğu görüntü haritaları incelendiğinde (Şekil 4.28-4.30) bu değerlerin kuzey kesimlerde oldukça düşük olduğu gözlenmektedir. Güney kesimlere doğru gidildikçe bu değerlerde oldukça belirgin bir artış söz konusudur. Bitlis ili için hesaplanan değerler incelendiğinde 100 km yarıçap için 5.0

büyükluğündeki bir depremin tekrarlama periyodunun 5.39 yıl, 150 km yarıçap için 5.5 büyükluğündeki bir deprem için bu sürenin 5.26 yıl ve 200 km yarıçap için 6.0 büyükluğündeki bir depremin ise 7.63 yıl gibi kısa sürelerde gerçekleşme olasılığının bulunduğu hesaplanmıştır. Bitlis ilinin Van ili gibi oldukça aktif sismisiteye sahip bir ile yakın komşu olması bu sürelerin oldukça az olmasında büyük bir etkisi bulunmaktadır. Ayrıca, Bitlis ilinin batısında kalan Muş Bindirmesi, Karlıova Üçlü Birleşim noktası ve geçmişte meydana gelmiş büyük deprem lokasyonlarının yakınlığı bir risk arz etmektedir. Bu çalışma kapsamında elde edilen deprem tehlikesi parametreleri ve bu parametrelerden üretilen görüntü haritaları bölgenin aktif tektonik yapıyla oldukça uyumlu sonuçlar ürettiği gözlenmiştir. Bununla birlikte geleceğe yönelik deprem ön kestirim haritalarının oluşturulması çalışma alanı için oldukça önemli bilgiler sunmuştur.

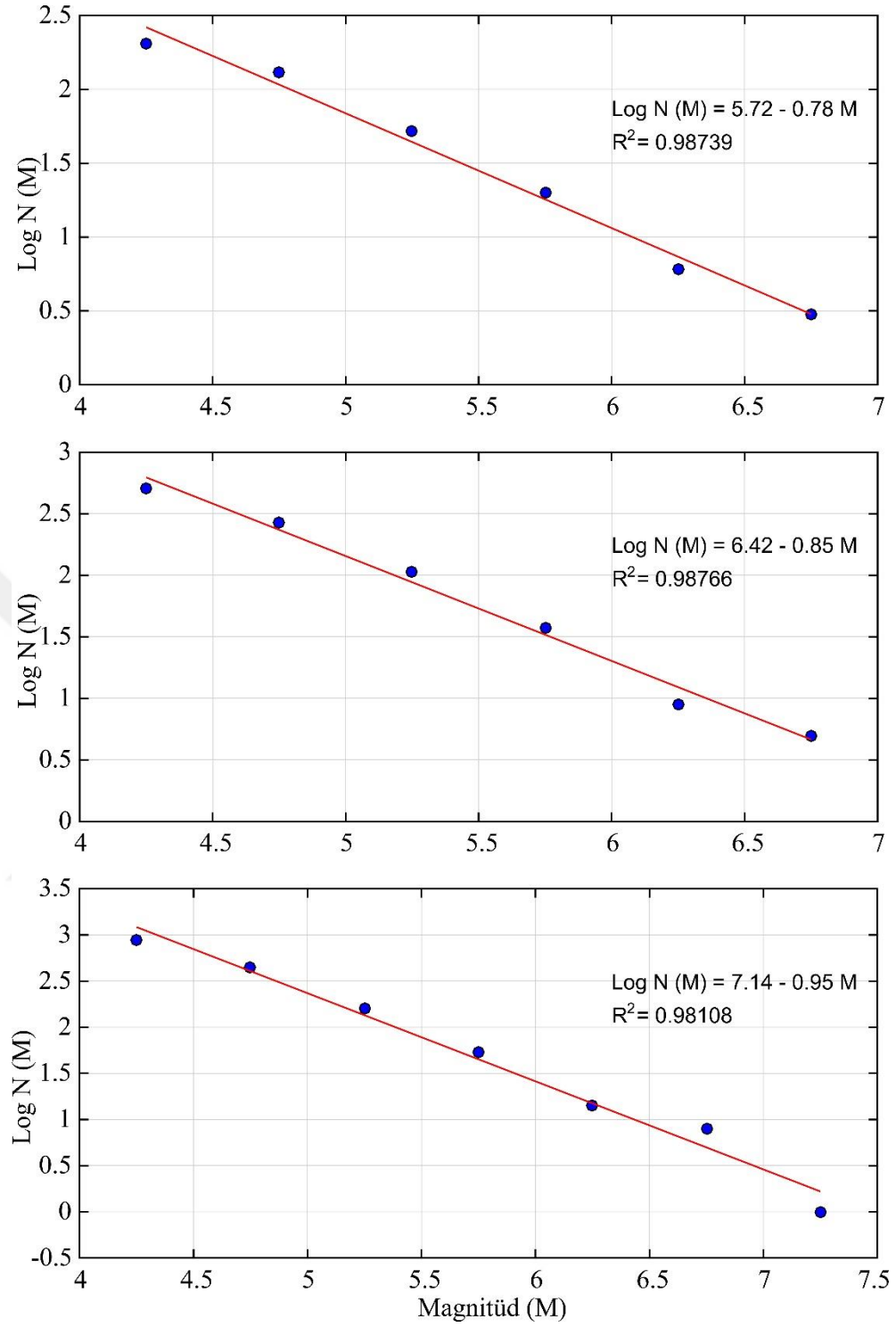




Şekil 4.13. Bitlis ili merkez olacak şekilde sırasıyla 100, 150 ve 200 km yarıçaplı bölgede meydana gelmiş depremlerden en küçük kareler yöntemiyle hesaplanmış a ve b değerleri

Çizelge 4.7. Bitlis ili merkez olacak şekilde 100, 150 ve 200 km yarıçaplı bölgede meydana gelmiş depremlerden hesaplanan olasılık dağılımları. M deprem büyüklüğü, TP ise yıl cinsinden tekrarlama periyodudur

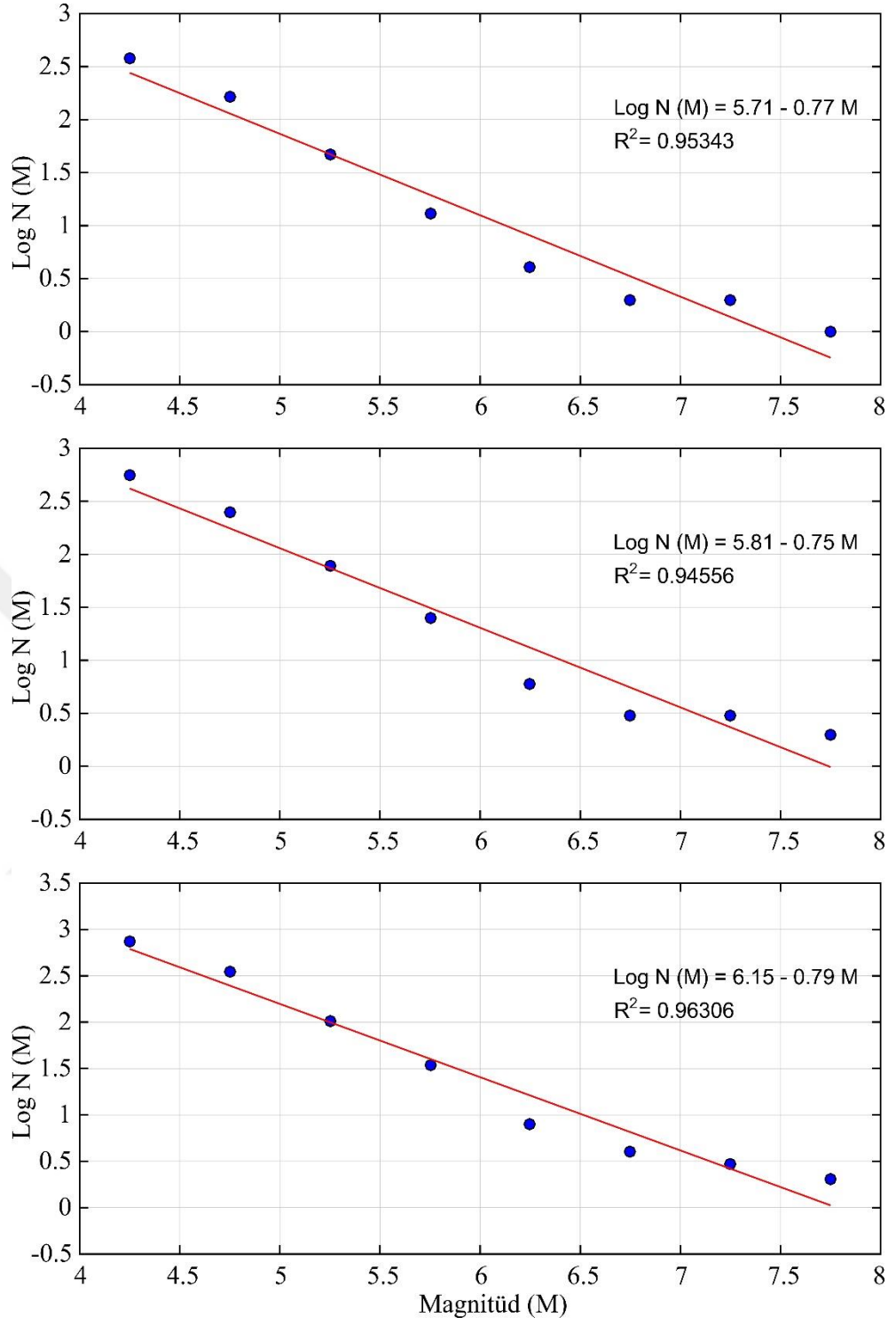
Yıl – Olasılık (%)						
100 km’lik yarıçap için						
M	1	5	10	20	50	TP
4.0	81.49	99.98	100.00	100.00	100.00	0.59
4.5	42.86	93.91	99.63	100.00	100.00	1.79
5.0	16.95	60.48	84.38	99.04	99.99	5.39
5.5	5.97	26.51	45.99	78.56	95.40	16.23
6.0	2.02	9.71	18.48	40.00	64.01	48.93
6.5	0.68	3.33	6.56	15.59	28.75	147.50
150 km’lik yarıçap için						
4.0	98.96	100.00	100.00	100.00	100.00	0.22
4.5	79.43	99.96	100.00	100.00	100.00	0.63
5.0	42.20	93.55	99.58	100.00	100.00	1.82
5.5	17.31	61.33	85.05	99.14	99.99	5.26
6.0	6.38	28.07	48.25	80.74	96.29	15.18
6.5	2.26	10.79	20.42	43.50	68.08	43.79
7.0	0.79	3.88	7.61	17.96	32.69	126.31
200 km’lik yarıçap için						
4.0	99.93	100.00	100.00	100.00	100.00	0.14
4.5	92.92	100.00	100.00	100.00	100.00	0.38
5.0	62.17	99.23	99.99	100.00	100.00	1.03
5.5	30.01	83.21	97.18	99.99	100.00	2.80
6.0	12.28	48.06	73.02	96.22	99.86	7.63
6.5	4.70	21.37	38.18	69.95	90.97	20.79
7.0	1.75	8.45	16.18	35.68	58.63	56.64
7.5	0.65	3.19	6.28	14.96	27.68	154.30



Şekil 4.14. Muş ili merkez olacak şekilde sırasıyla 100, 150 ve 200 km yarıçaplı bölgede meydana gelmiş depremlerden en küçük kareler yöntemiyle hesaplanmış a ve b değerleri

Çizelge 4.8. Muş ili merkez olacak şekilde 100, 150 ve 200 km yarıçaplı bölgede meydana gelmiş depremlerden hesaplanan olasılık dağılımları. M deprem büyüklüğü, TP ise yıl cinsinden tekrarlama periyodudur

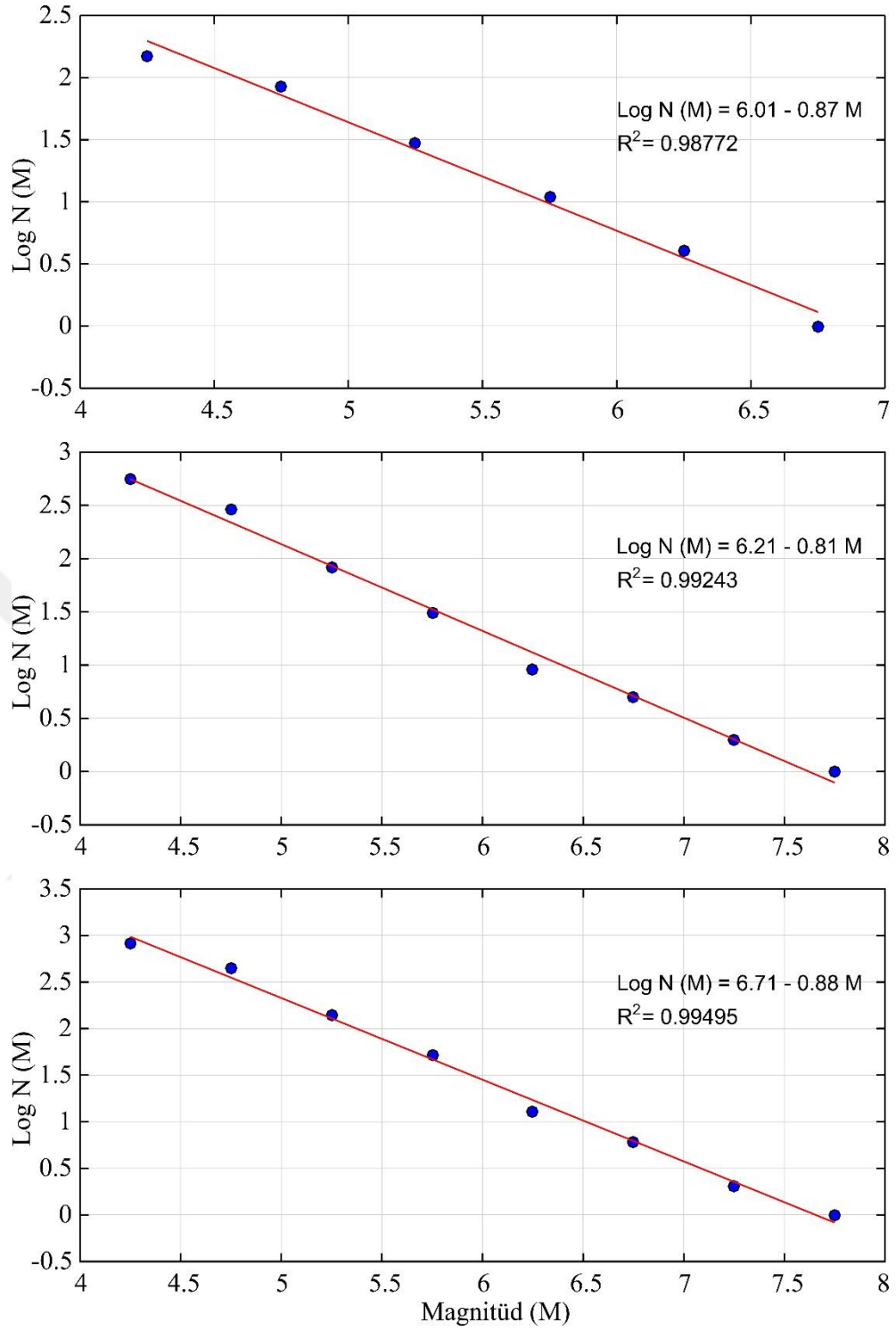
M	Yıl – Olasılık (%)					
	100 km’lik yarıçap için					
	1	5	10	20	50	TP
4.0	88.39	100.00	100.00	100.00	100.00	0.46
4.5	58.53	98.77	99.98	100.00	100.00	1.14
5.0	30.22	83.46	97.26	99.99	100.00	2.78
5.5	13.68	52.08	77.04	97.47	99.94	6.80
6.0	5.84	25.98	45.20	77.77	95.06	16.62
6.5	2.43	11.57	21.80	45.93	70.76	40.66
M	150 km’lik yarıçap için					
	1	5	10	20	50	TP
	1	5	10	20	50	TP
4.0	99.22	100.00	100.00	100.00	100.00	0.21
4.5	83.77	99.99	100.00	100.00	100.00	0.55
5.0	49.43	96.69	99.89	100.00	100.00	1.47
5.5	22.56	72.15	92.24	99.83	100.00	3.91
6.0	9.14	38.08	61.66	90.90	99.17	10.43
6.5	3.53	16.45	30.19	59.28	83.42	27.82
M	200 km’lik yarıçap için					
	1	5	10	20	50	TP
	1	5	10	20	50	TP
4.0	99.99	100.00	100.00	100.00	100.00	0.11
4.5	94.93	100.00	100.00	100.00	100.00	0.34
5.0	62.97	99.30	100.00	100.00	100.00	1.01
5.5	28.17	80.88	96.35	99.97	100.00	3.02
6.0	10.44	42.37	66.79	93.64	99.60	9.07
6.5	3.61	16.77	30.73	60.07	84.06	27.23
7.0	1.22	5.93	11.51	26.35	45.75	81.75



Şekil 4.15. Van ili merkez olacak şekilde sırasıyla 100, 150 ve 200 km yarıçaplı bölgede meydana gelmiş depremlerden en küçük kareler yöntemiyle hesaplanmış a ve b değerleri

Çizelge 4.9. Van ili merkez olacak şekilde 100, 150 ve 200 km yarıçaplı bölgede meydana gelmiş depremlerden hesaplanan olasılık dağılımları. M deprem büyüklüğü, TP ise yıl cinsinden tekrarlama periyodudur

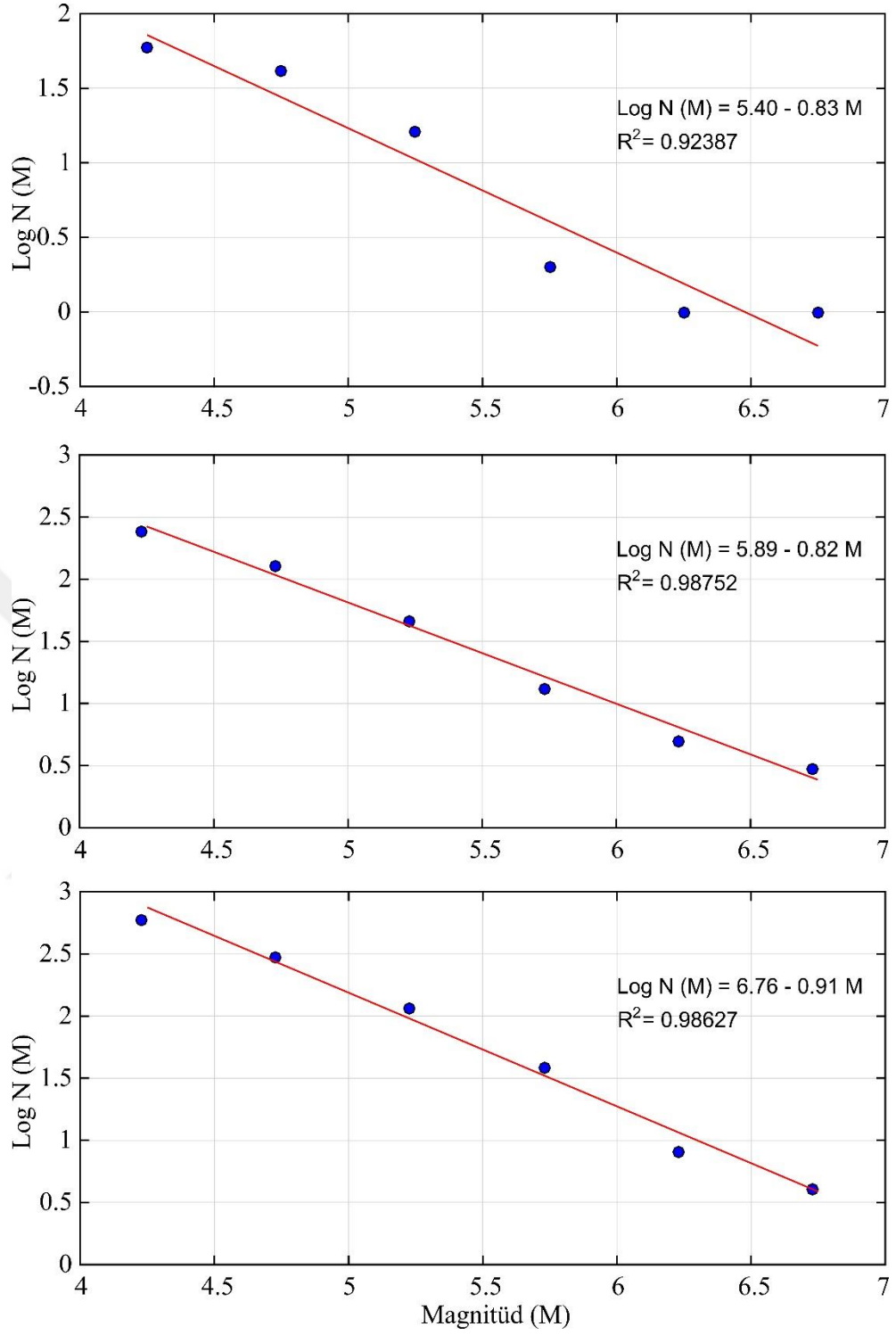
M	Yıl – Olasılık (%)					
	100 km’lik yarıçap için					
	1	5	10	20	50	TP
4.0	89.73	100.00	100.00	100.00	100.00	0.44
4.5	60.93	99.09	99.99	100.00	100.00	1.06
5.0	32.17	85.64	97.94	99.99	100.00	2.58
5.5	14.81	55.14	79.88	98.18	99.97	6.24
6.0	6.41	28.19	48.43	80.90	96.35	15.10
6.5	2.70	12.78	23.93	49.53	74.53	36.56
7.0	1.12	5.49	10.68	24.61	43.16	88.52
7.5	0.47	2.31	4.56	11.01	20.81	214.31
M	150 km’lik yarıçap için					
	1	5	10	20	50	TP
	1	5	10	20	50	TP
4.0	96.92	100.00	100.00	100.00	100.00	0.29
4.5	76.93	99.93	100.00	100.00	100.00	0.68
5.0	46.08	95.44	99.79	100.00	100.00	1.62
5.5	22.91	72.77	92.59	99.85	100.00	3.84
6.0	10.38	42.19	66.58	93.54	99.58	9.12
6.5	4.51	20.61	36.97	68.47	90.06	21.66
7.0	1.93	9.26	17.67	38.50	62.18	51.43
7.5	0.82	4.01	7.86	18.52	33.60	122.09
M	200 km’lik yarıçap için					
	1	5	10	20	50	TP
	1	5	10	20	50	TP
4.0	99.32	100.00	100.00	100.00	100.00	0.20
4.5	86.58	100.00	100.00	100.00	100.00	0.50
5.0	55.46	98.25	99.97	100.00	100.00	1.24
5.5	27.80	80.37	96.15	99.97	100.00	3.07
6.0	12.29	48.09	73.05	96.23	99.86	7.63
6.5	5.14	23.20	41.03	73.29	92.87	18.94
7.0	2.10	10.09	19.16	41.23	65.46	47.03
7.5	0.85	4.19	8.21	19.27	34.83	116.79



Şekil 4.16. Ağrı ili merkez olacak şekilde sırasıyla 100, 150 ve 200 km yarıçaplı bölgede meydana gelmiş depremlerden en küçük kareler yöntemiyle hesaplanmış a ve b değerleri

Çizelge 4.10. Ağrı ili merkez olacak şekilde 100, 150 ve 200 km yarıçaplı bölgede meydana gelmiş depremlerden hesaplanan olasılık dağılımları. M deprem büyüklüğü, TP ise yıl cinsinden tekrarlama periyodudur

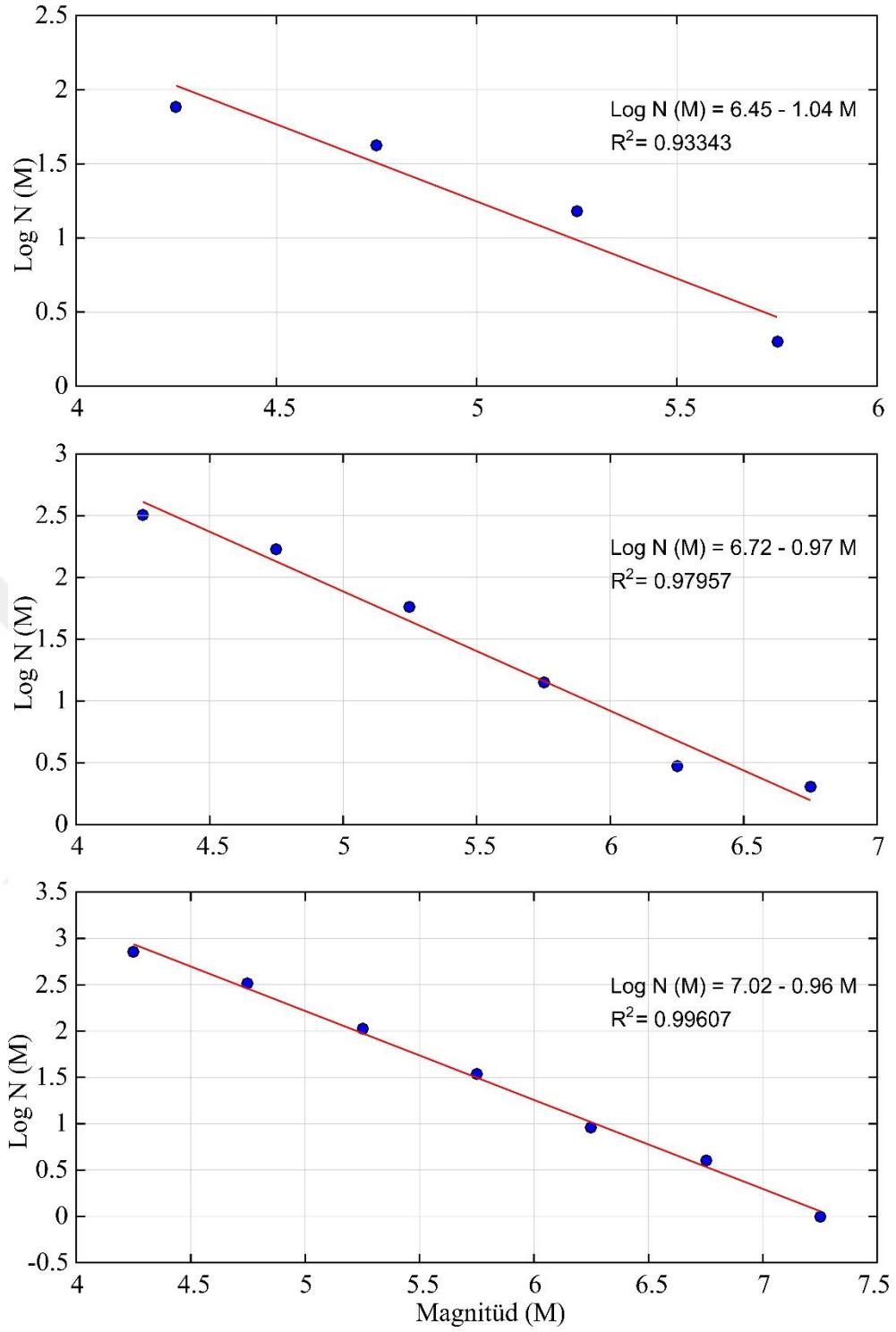
Yıl – Olasılık (%)						
100 km’lik yarıçap için						
M	1	5	10	20	50	TP
4.0	78.07	99.95	100.00	100.00	100.00	0.66
4.5	42.60	93.77	99.61	100.00	100.00	1.80
5.0	18.38	63.78	86.88	99.38	100.00	4.92
5.5	7.16	31.04	52.44	84.40	97.57	13.46
6.0	2.68	12.71	23.81	49.32	74.32	36.78
6.5	0.99	4.85	9.47	22.02	39.19	100.53
150 km’lik yarıçap için						
4.0	98.83	100.00	100.00	100.00	100.00	0.22
4.5	82.46	99.98	100.00	100.00	100.00	0.57
5.0	49.40	96.68	99.89	100.00	100.00	1.47
5.5	23.40	73.63	93.05	99.87	100.00	3.75
6.0	9.91	40.64	64.77	92.63	99.46	9.59
6.5	4.00	18.46	33.52	63.96	87.01	24.49
7.0	1.59	7.68	14.77	32.93	55.02	62.59
7.5	0.62	3.08	6.06	14.47	26.85	159.93
200 km’lik yarıçap için						
4.0	99.94	100.00	100.00	100.00	100.00	0.13
4.5	93.32	100.00	100.00	100.00	100.00	0.37
5.0	62.68	99.28	99.99	100.00	100.00	1.01
5.5	30.17	83.39	97.24	99.99	100.00	2.78
6.0	12.26	48.01	72.97	96.20	99.86	7.64
6.5	4.65	21.20	37.91	69.62	90.77	20.98
7.0	1.72	8.31	15.94	35.21	58.02	57.60
7.5	0.63	3.11	6.13	14.62	27.11	158.12



Şekil 4.17. Batman ili merkez olacak şekilde sırasıyla 100, 150 ve 200 km yarıçaplı bölgede meydana gelmiş depremlerden en küçük kareler yöntemiyle hesaplanmış a ve b değerleri

Çizelge 4.11. Batman ili merkez olacak şekilde 100, 150 ve 200 km yarıçaplı bölgede meydana gelmiş depremlerden hesaplanan olasılık dağılımları. M deprem büyüklüğü, TP ise yıl cinsinden tekrarlama periyodudur

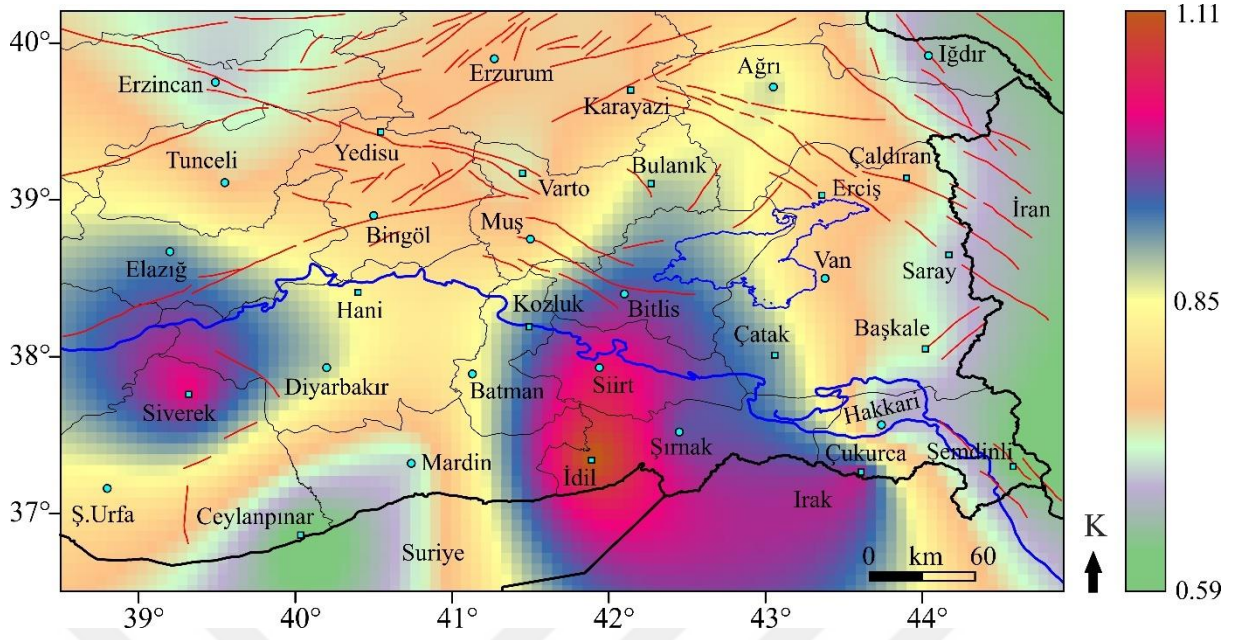
Yıl – Olasılık (%)						
100 km’lik yarıçap için						
M	1	5	10	20	50	TP
4.0	43.24	94.11	99.65	100.00	100.00	1.77
4.5	19.49	66.18	88.56	99.56	100.00	4.61
5.0	7.96	33.96	56.39	87.44	98.42	12.05
5.5	3.13	14.69	27.22	54.81	79.58	31.48
6.0	1.21	5.90	11.45	26.22	45.56	82.23
6.5	0.46	2.30	4.55	10.99	20.77	214.80
150 km’lik yarıçap için						
4.0	87.96	100.00	100.00	100.00	100.00	0.47
4.5	56.30	98.41	99.97	100.00	100.00	1.21
5.0	27.66	80.19	96.08	99.97	100.00	3.09
5.5	11.90	46.92	71.82	95.78	99.82	7.90
6.0	4.83	21.94	39.07	71.02	91.60	20.19
6.5	1.92	9.23	17.62	38.39	62.05	51.61
200 km’lik yarıçap için						
4.0	99.64	100.00	100.00	100.00	100.00	0.18
4.5	85.94	99.99	100.00	100.00	100.00	0.51
5.0	49.55	96.73	99.89	100.00	100.00	1.46
5.5	21.23	69.67	90.80	99.74	100.00	4.19
6.0	7.99	34.04	56.49	87.51	98.44	12.02
6.5	2.86	13.51	25.19	51.60	76.57	34.45



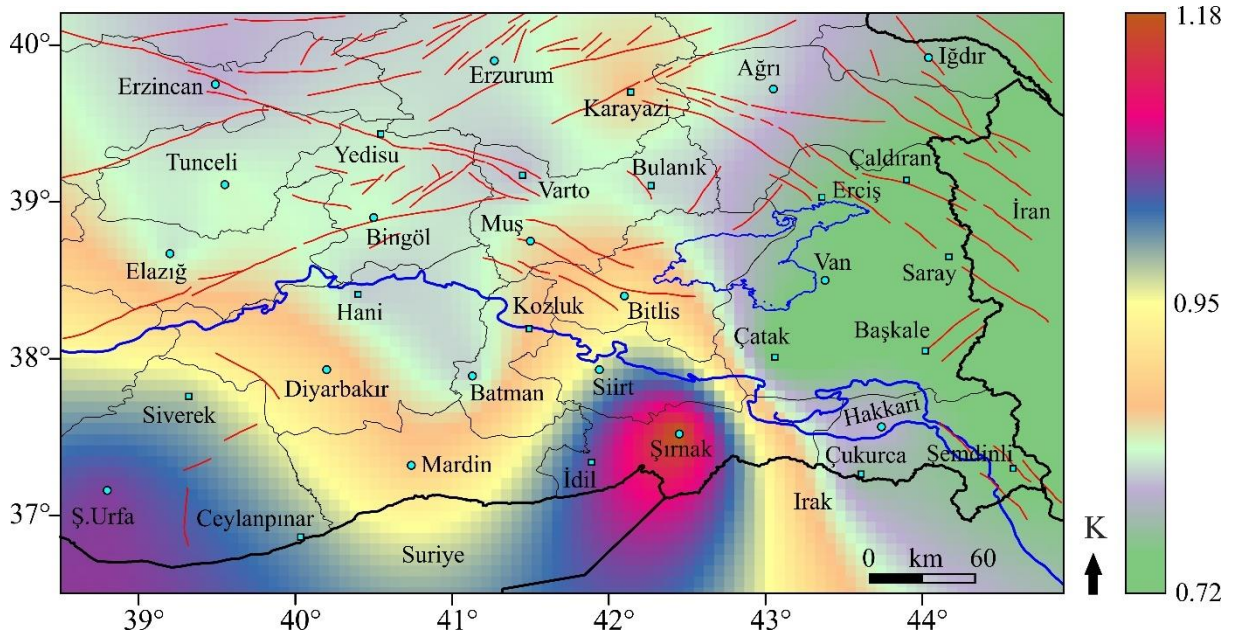
Şekil 4.18. Siirt ili merkez olacak şekilde sırasıyla 100, 150 ve 200 km yarıçaplı bölgede meydana gelmiş depremlerden en küçük kareler yöntemiyle hesaplanmış a ve b değerleri

Çizelge 4.12. Siirt ili merkez olacak şekilde 100, 150 ve 200 km yarıçaplı bölgede meydana gelmiş depremlerden hesaplanan olasılık dağılımları. M deprem büyüklüğü, TP ise yıl cinsinden tekrarlama periyodudur

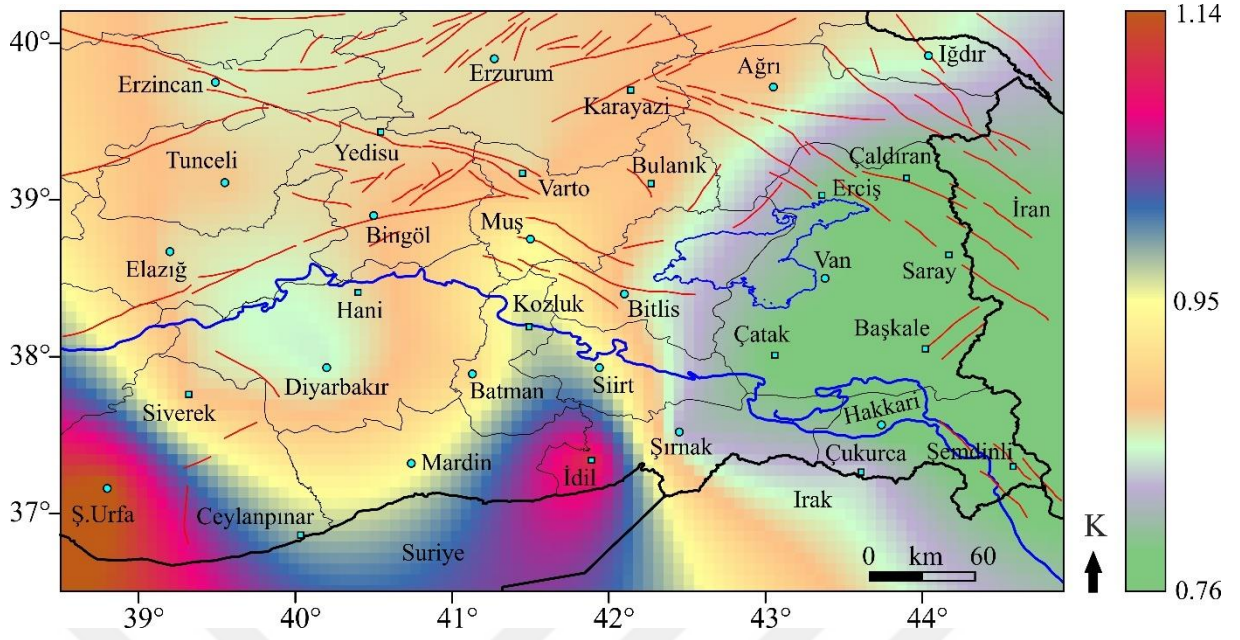
Yıl – Olasılık (%)						
100 km’lik yarıçap için						
M	1	5	10	20	50	TP
4.0	53.04	97.72	99.95	100.00	100.00	1.32
4.5	20.40	68.04	89.78	99.67	100.00	4.38
5.0	6.65	29.12	49.76	82.11	96.80	14.53
5.5	2.06	9.86	18.75	40.50	64.60	48.15
150 km’lik yarıçap için						
4.0	94.98	100.00	100.00	100.00	100.00	0.33
4.5	62.61	99.27	99.99	100.00	100.00	1.02
5.0	27.63	80.15	96.06	99.97	100.00	3.09
5.5	10.09	41.23	65.46	92.99	99.51	9.41
6.0	3.43	16.03	29.49	58.26	82.58	28.61
6.5	1.14	5.58	10.85	24.96	43.70	87.04
200 km’lik yarıçap için						
4.0	99.83	100.00	100.00	100.00	100.00	0.16
4.5	87.82	100.00	100.00	100.00	100.00	0.47
5.0	50.18	96.93	99.91	100.00	100.00	1.44
5.5	20.59	68.43	90.03	99.69	100.00	4.34
6.0	7.35	31.72	53.38	85.16	97.80	13.10
6.5	2.49	11.86	22.32	46.81	71.71	39.60
7.0	0.83	4.09	8.02	18.85	34.15	119.66



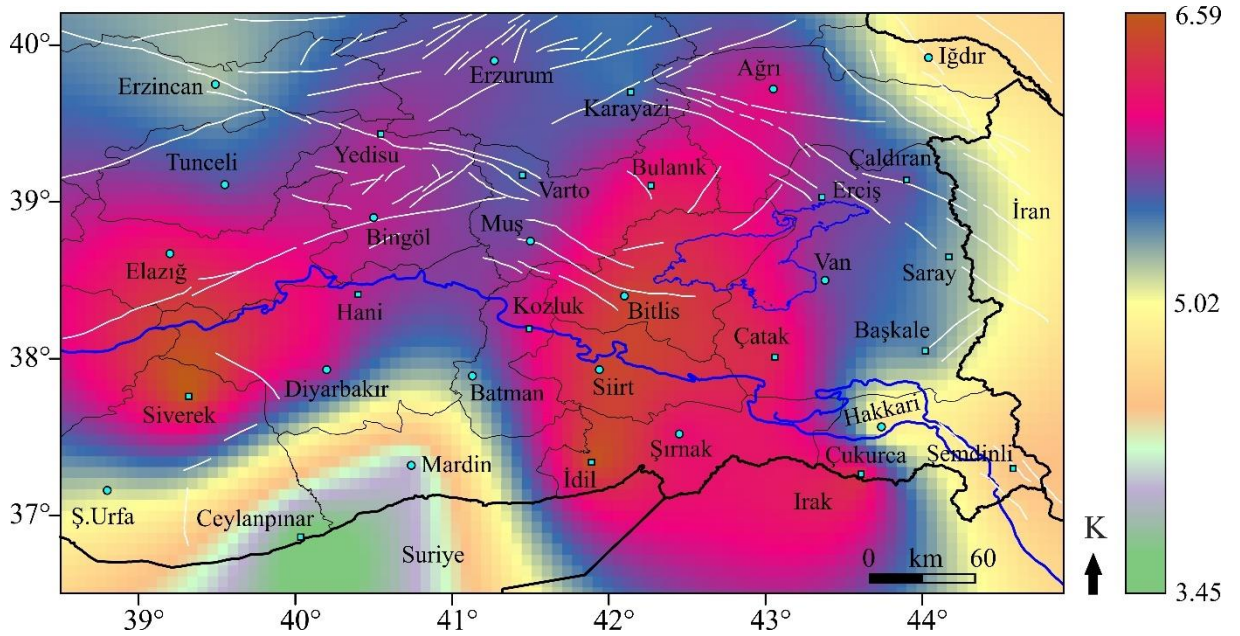
Şekil 4.19. Her bir yerleşim yeri için 100 km yarıçap içinde kalan depremlerin değerlendirilmesi ile elde edilmiş b değeri haritası



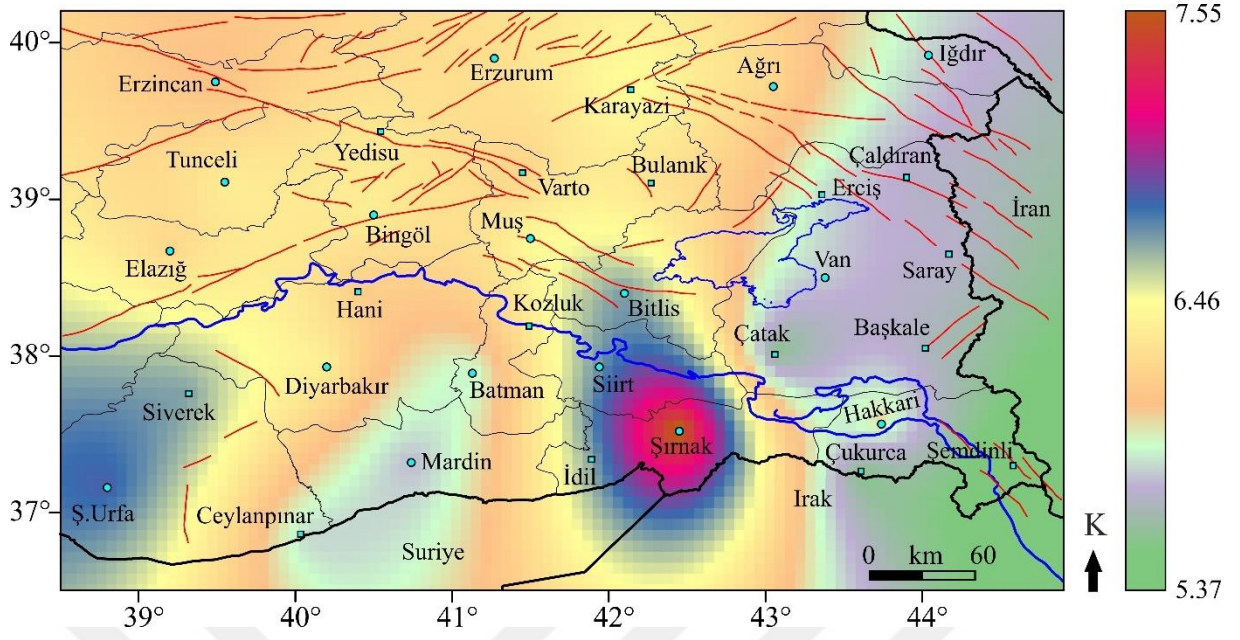
Şekil 4.20. Her bir yerleşim yeri için 150 km yarıçap içinde kalan depremlerin değerlendirilmesi ile elde edilmiş b değeri haritası



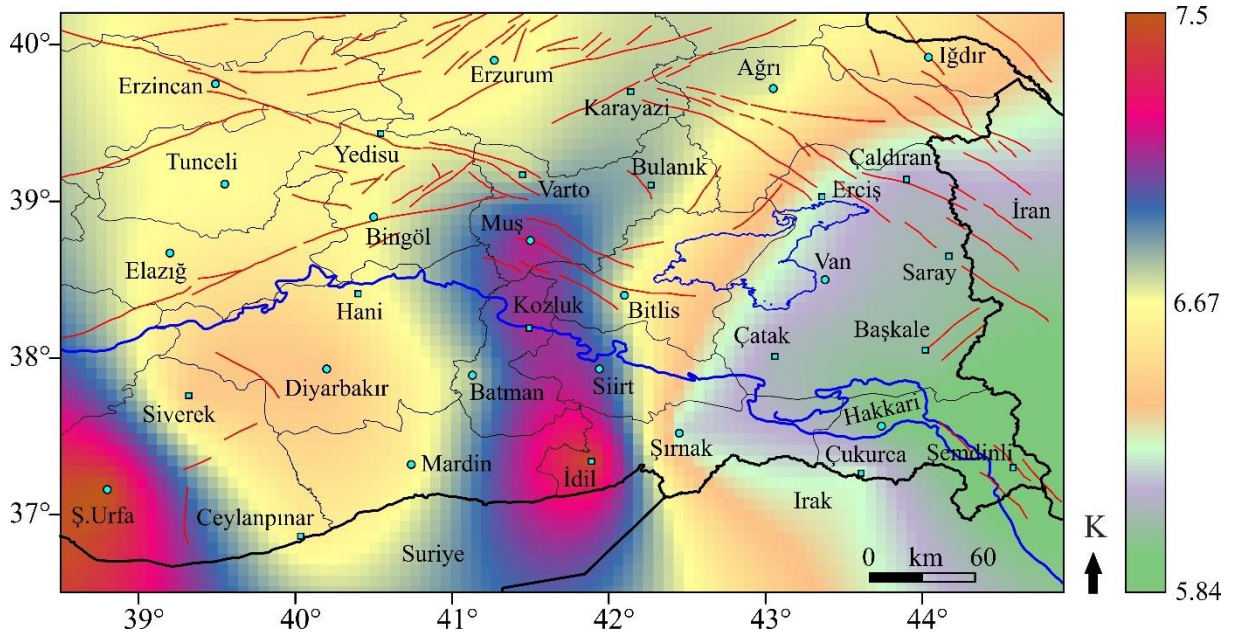
Şekil 4.21. Her bir yerleşim yeri için 200 km yarıçap içinde kalan depremlerin değerlendirilmesi ile elde edilmiş b değeri haritası



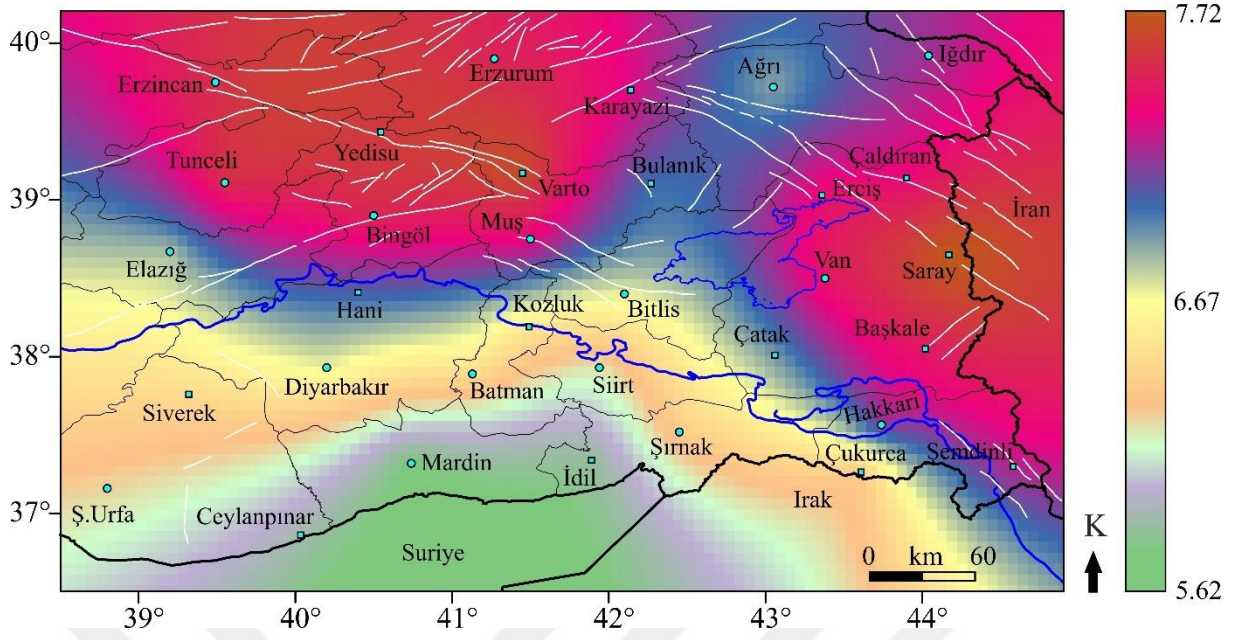
Şekil 4.22. Her bir yerleşim yeri için 100 km yarıçap içinde kalan depremlerin değerlendirilmesi ile elde edilmiş a değeri haritası



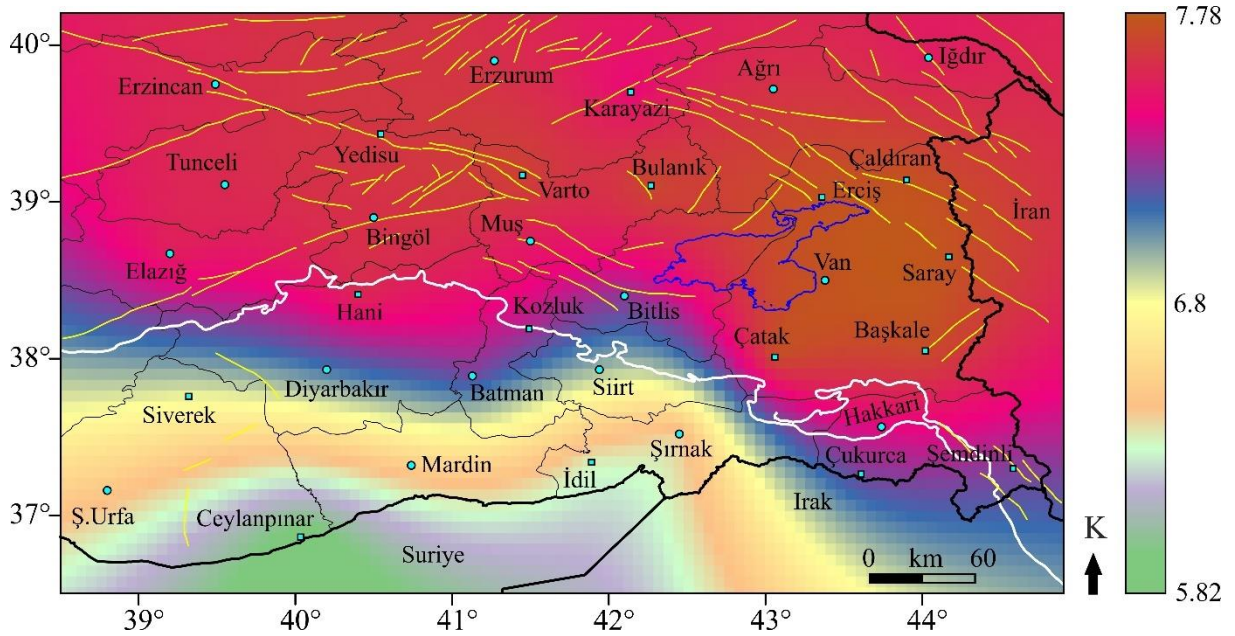
Şekil 4.23. Her bir yerleşim yeri için 150 km yarıçap içinde kalan depremlerin değerlendirilmesi ile elde edilmiş a değeri haritası



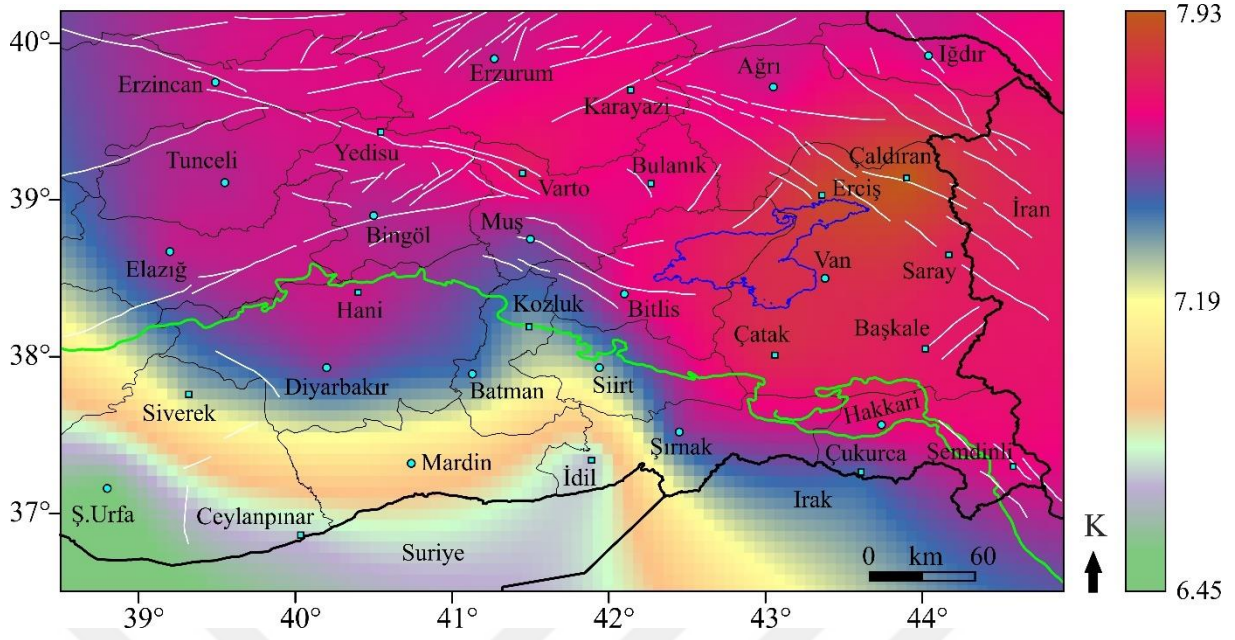
Şekil 4.24. Her bir yerleşim yeri için 200 km yarıçap içinde kalan depremlerin değerlendirilmesi ile elde edilmiş a değeri haritası



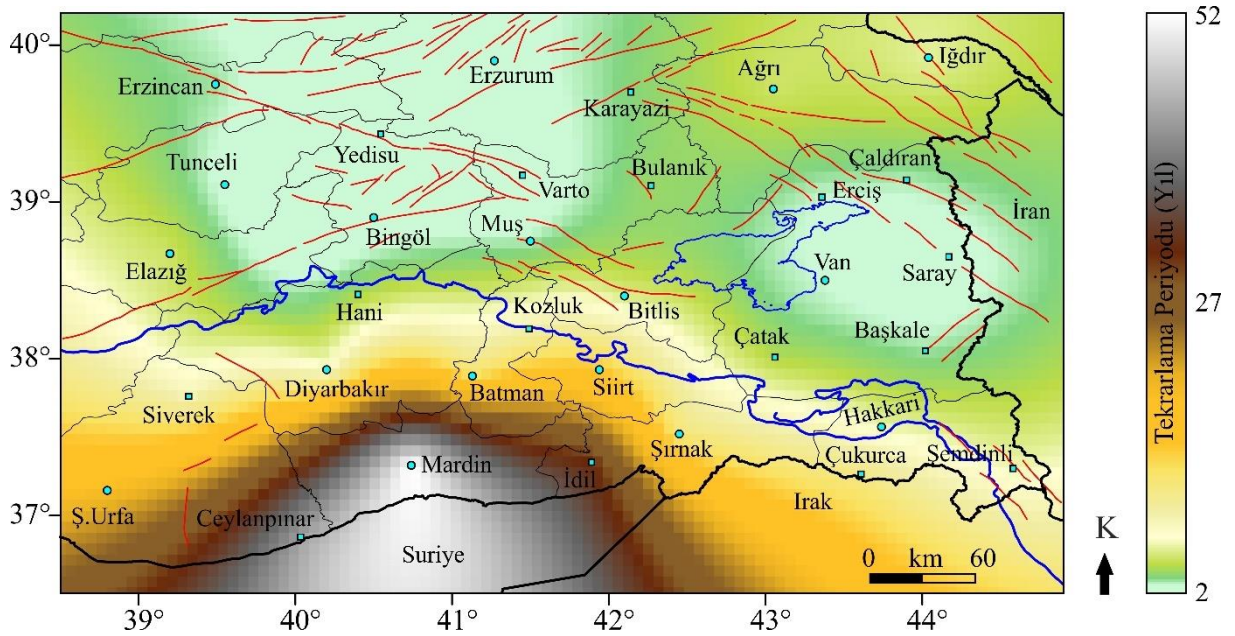
Şekil 4.25. Her bir yerleşim yeri için 100 km yarıçap içinde kalan depremlerin değerlendirilmesi ile elde edilmiş a/b değeri haritası



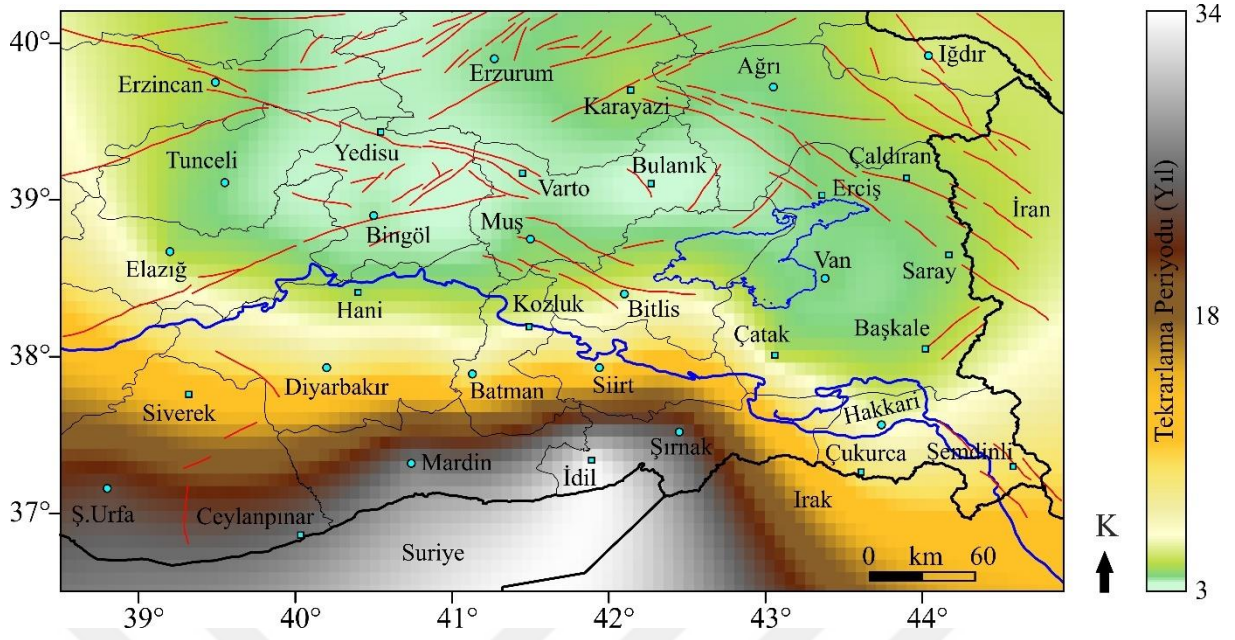
Şekil 4.26. Her bir yerleşim yeri için 150 km yarıçap içinde kalan depremlerin değerlendirilmesi ile elde edilmiş a/b değeri haritası



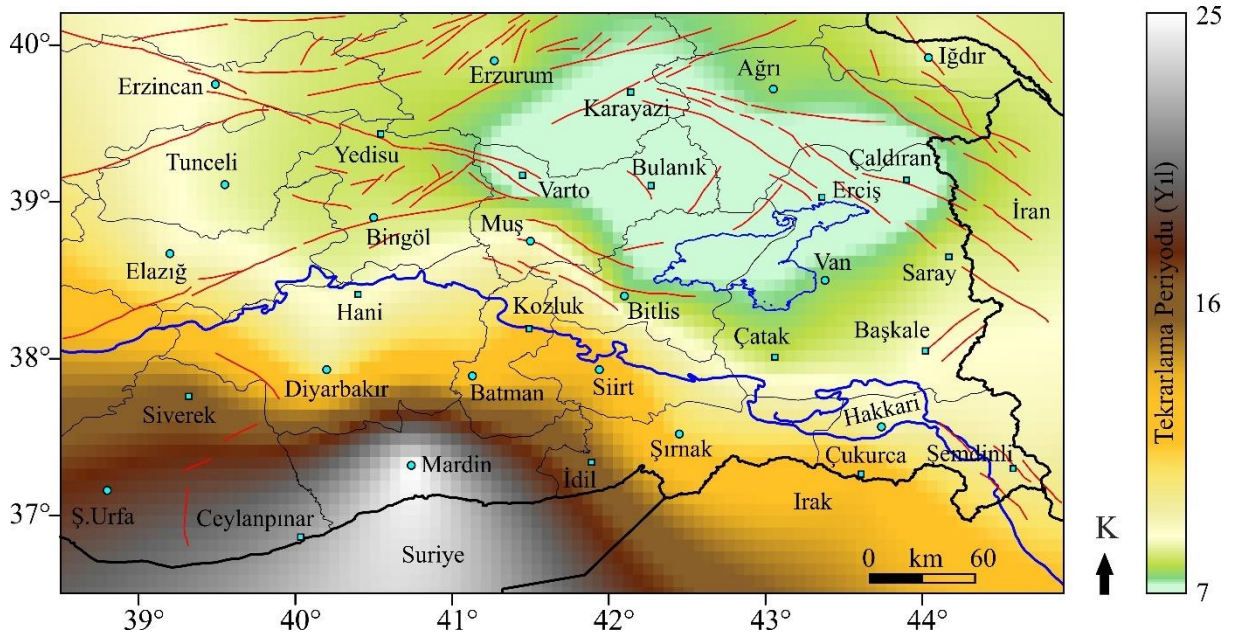
Şekil 4.27. Her bir yerleşim yeri için 200 km yarıçap içinde kalan depremlerin değerlendirilmesi ile elde edilmiş a/b değeri haritası



Şekil 4.28. Her bir yerleşim yeri için 100 km yarıçap içinde kalan depremlerin değerlendirilmesi ile elde edilmiş, 5.0 büyüklüğündeki bir depremin tekrarlama periyodu haritası



Şekil 4.29. Her bir yerleşim yeri için 150 km yarıçap içinde kalan depremlerin değerlendirilmesi ile elde edilmiş, 5.5 büyüklüğündeki bir depremin tekrarlama periyodu haritası



Şekil 4.30. Her bir yerleşim yeri için 200 km yarıçap içinde kalan depremlerin değerlendirilmesi ile elde edilmiş, 6.0 büyüklüğündeki bir depremin tekrarlama periyodu haritası

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışma kapsamında Bitlis ve çevresinde meydana gelen tüm afet türlerine ait detaylı inceleme yapılmıştır. Türkiye’de gözlenen afet çeşitliliği ele alındığında, Bitlis ve çevresinin afet çeşitliliği bakımından en yoğun birkaç ilden biri olması bu alanda konunun ele alınmasının önemini arttırmaktadır. Bitlis ve çevresinde gözlenen afet türleri, heyelan, çığ, kaya düşmesi, sel, yeraltı suyu yükselmesi ve depremlerdir. Sağlıklı bilgilerin tutulduğu 2010 yılına kadar olan veriler kullanılarak değerlendirmeler yapılmıştır. Doğal afet risklerinin belirlenebilmesi amacıyla heyelan, kaya düşmesi, çığ, sel, yeraltı suyu yükselmesi ve şiddetli yağış olayları için Fine–Kinney yöntemi uygulanmıştır. Bitlis ili ve civarının depremsellik riskinin belirlenmesi amacıyla da oldukça geniş bir bölge seçilmiş toplam 33 yerleşim merkezi kullanılarak depremsellik parametreleri belirlenmiş ve bu parametrelere bağlı olarak deprem tekrarlanma olasılıkları ve geri dönüş periyodları hesaplanmış ve görsel haritalarla sunulmuştur. Heyelan, kaya düşmesi ve çığ olaylarının eğimli topografyalara sahip aynı zamanda bol yağış alan ilçelerde günlük hayatı tehlike altına alabilecek seviyelerde olduğu belirlenmiştir. 2005-2010 yılları arasında heyelan sayılarındaki belirgin artışın temel nedeni yol yapımı gibi alt yapı faaliyetlerindeki artış olması ve yerleşim alanlarında yeni yapılaşmaların oluşması olarak değerlendirilmiştir. Çığ düşmesi olaylarının ülkemizde en çok Bitlis ilinde meydana geldiği unutulmamalıdır. Bu nedenle olası bir afet durumunda kullanılmak üzere acil durum eylem planlarının geliştirilmesi ve müdahale aşamalarında ortaya çıkabilecek doğal engellerin önlenmesine yönelik çalışmalar yapılması gerekmektedir. Bugüne kadar kaya düşmesi olaylarında Bitlis Merkez ilçesi için oldukça ciddi olaylar yaşanmamasına karşın riskin yüksek olduğu söylenebilir. Bu nedenle can ve mal kaybını önleyici gerekli tedbirlerin acilen alınması gerekmektedir. Bitlis ili ve ilçeleri için yeraltı suyu yükselmesi ve şiddetli yağış olaylarının tehlikeli boyutlarda olmadığı gözlenmiştir.

Depremsellik ülkemizin büyük çoğunluğunda olduğu gibi Bitlis ve çevresi için de önemli bir doğal afet türü olarak göze çarpmaktadır. Toplam 33 yerleşim yerine göre 100, 150 ve 200 km yarıçaplı bölgede meydana gelen depremlerden a , b ve a/b değerleri hesaplanmış ve görüntü haritaları oluşturulmuştur. Ayrıca, Bitlis, Muş, Van, Ağrı, Batman, Siirt illeri için hesaplanan olasılık değerleri çizelgelerle sunulmuştur. Ayrıca, hesaplanan a ve b değerleri yardımıyla bölgede meydana gelebilecek bazı büyüklükteki depremlerin geri dönüş periyodlarını sunan haritalar üretilmiştir.

Çalışmanın önemli sonuçlarından birisi de b değerinin hesaplanmasıdır. b değeri 100 km yarıçaplı Elazığ’ın güneyinde Siverek civarında ve Bitlis’in güneyinde Siirt-Şırnak illeri civarında en yüksek olarak elde edilmiştir. 150 ve 200 km yarıçaplı alanlarda kalan depremlerin b değeri

yine aynı alanlarda yüksek çıkmakta buna karşılık alanın kuzey ve doğusunda düşük b değerleri ile karşılaşmaktadır. Düşük b değeri, depreme yol açabilecek büyük deprem enerjisinin birikmekte olduğunun göstergesidir. Buna karşılık büyük b değeri küçük deprem etkinliğinin varlığını gösterir. G–R bağıntısının diğer katsayısı olan a değeri ise anlamlı bir değişim göstermemiştir. a/b oranı incelendiğinde bölgenin genel tektonik özelliklerini yansıtan bir sonuca ulaşılmıştır.



KAYNAKLAR

- AFAD, 2008. Afet olay ve zararlarının il ve ilçelere göre dağılımı. T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Afet Etüt ve Hasar Tespit Dairesi, İmar Planına Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt ve Projeler Şubesi Projeler Şefliği Raporu, Ankara.
- Ahmed B, 2018. Who takes responsibility for the climate refugees. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 10: 5–26.
- Akar İ, Uysal C, Maktav D, 2008. Determination of Natural Disaster by Integration of Remote Sensing and GIS: The Yeniçiftlik Stream Basin Model in İstanbul, Turkey. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 3–11 Temmuz 2008, Beijing, s: 249–253.
- Akinci A, Antonioli A, 2012. Observations and stochastic modelling of strong ground motions for the 2011 October 23 Mw 7.1 Van, Turkey, earthquake. *Geophysical Journal International*, 192: 1271–1239.
- Akol B, Bekler T, 2013. Assessment of statistical earthquake hazard parameters for NW Turkey. *Natural Hazards*, 68: 837–853.
- Allen JRL, 1986. Earthquake magnitude–frequency, epicentral distance, and soft–sediment deformation in sedimentation basins. *Sedimentary Geology*, 46: 67–75.
- Anadolu NC, Kalyoncuoğlu ÜY, 2010. Güneydoğu Anadolu Bölgesinin depremselliği ve deprem tehlike analizi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 14: 84–94.
- Arınç K, 1999. Bitlis’te Taşkın ve Sel Felaketi (01–02 Mayıs 1995). *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 25: 101–123.
- Arpat E, Bingöl E, 1969. Ege Bölgesi graben sisteminin gelişimi üzerine düşünceler. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 73: 1–9.

- Aydar E, Gourgaud A, Ulusoy I, Digonnet F, Labazuy P, Sen E, Bayhan H, Kurttas T, Tolluoglu AU, 2003. Morphological analysis of active Mount Nemrut stratovolcano, eastern Turkey: evindes and possible impact areas of future eruption. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 123: 301–312.
- Bağcı G, 2016. Güneydoğu Anadolu Bindirme Zonunda deprem oluşumlarının Gumbel Extrem dağılımı ile incelenmesi. *Jeofizik* 9: 259–262.
- Bath M, 1983. Earthquake magnitude – recent research and current trends. *Earth Science Reviews*, 17: 315–398.
- Bayrak Y, Yılmaztürk A, Öztürk S, 2002. Lateral variations of the model (a/b) values for the different regions of the world. *Journal of Geodynamics*, 34: 653–666.
- Bayrak Y, Yılmaztürk A, Öztürk S, 2005. Relationships between fundamental seismic hazard parameters for the different source regions in Turkey. *Natural Hazards*, 36: 445–462.
- Bayrak Y, Yılmaztürk A, Koravos G, Leventakis A, Tsapanos TM, 2008. Seismicity assessment for different regions in and around Turkey based on Instrumental data: Gumbel first asymptotic distribution and Gutenberg–Richter cumulative frequency law. *Natural Hazards and Earth System Science*, 8: 109–122.
- Bayrak E, Yılmaz Ş, Softa M, Türker T, Bayrak Y, 2015. Earthquake hazard analysis for East Anatolian fault zone, Turkey. *Natural Hazards*, 76: 1063–1077.
- Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, 2018. Büyük depremler listesi. <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/deprem-bilgileri/buyuk-depremler/> (Erişim Tarihi: 17.06.2018).
- Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Bölgesel Deprem-Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi, 2018. Deprem sorgulama sistemi. <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/zeqdb/> (Erişim Tarihi: 1-15. 04.2018).

- Boray A, 1973. The structure and metamorphism of the Bitlis area, southeast Turkey. Doktora Tezi, Londra Üniversitesi, Londra.
- Boray A, 1975. Bitlis dolayının yapısı ve metamorfizması. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 18: 81–84.
- Bozkurt E, 2001. Neotectonics of Turkey – a synthesis. *Geodinamica Acta*, 14: 3–30.
- Burke K, Şengör AMC, 1986. Tectonic Escape in the Evolution of the Continental Crust. 41–53, içinde: *Reflection Seismology: The Continental Crust* (eds: Barazangi M, Brown L). American Geophysical Union, Washington, DC.
- Büyüksaraç A, Aydın MC, Işık E, Ekinci YL, Göksu E, Oruk K, 2017. Bitlis il merkezi kaya düşmesi riski ön inceleme raporu. Bitlis Eren Üniversitesi ve Bitlis AFAD Müdürlüğü, Bitlis.
- Chan CH, Wu YM, Tseng TL, Lin TL, Chen CC, 2012. Spatial and temporal evolution of b-values before large earthquakes in Taiwan. *Tectonophysics*, 532–535: 215–222.
- Çubukçu HE, Ulusoy İ, Ersoy O, Aydar E, Şen E, Gourgaud A, Guillou H, 2012. Mt Nemrut Volcano (Eastern Turkey): temporal petrological evolution. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 209–210: 33–60.
- Çukur D, Krastel S, Demirel-Schlüter F, Demirbağ E, Imren C, Niessen F, Toker M, Paleo-Van Working Group, 2013. Sedimentary evolution of the Lake Van (Eastern Turkey) reconstructed from high-resolution seismic investigations. *International Journal of Earth Sciences*, 102: 571–585.
- Degens ET, Wong HK, Kempe S, 1984. A geological study of Lake Van, Eastern Turkey. *Geologische Rundschau*, 73: 701–734.
- Demirci A, Ekinci YL, 2016. Muş İli ve Civarının Depremselliği. 135-157, içinde: *Muş İli İçin Doğal Tehlike Kaynakları* (ed: Dölek İ). AFAD Yayınları, Muş.

- Demirkesen AC, 2012. Multi-risk interpretation of natural hazards for settlements of the Hayat province in the east Mediterranean region, Turkey using SRTM DEM. *Environmental Earth Sciences*, 65: 1895–1907.
- Deniz O, Doğu AF, Yıldız MZ, Saraçoğlu H, Kerimoğlu G, 2006. Süphan Dağı'nın Buzul Morfolojisi ve Turizm Açısından Değerlendirilmesi. I. Uluslararası Coğrafya Çalışmaları Sempozyumu, 9–13 Haziran 2011, Yüzüncü Yıl Üniversitesi-Van, s: 113–126.
- Dewey JF, Pitman WC, Ryan WBF, Bonnin J. 1973. Plate tectonics and the evolution of the Alpine system, *Geological Society of America Bulletin*, 84: 3137–3180.
- Dewey JF, Şengör AMC, 1979. Aegean and surrounding regions: Complex multiplate and continuum tectonics in a convergent zone. *Geological Society of America Bulletin*, 90: 84–92.
- Dewey JF, Hemton MR, Kidd WSF, Şaroğlu F, Şengör AMC, 1986. Shortening of continental lithosphere: the neotectonics of Eastern Anatolia-a young collision zone. *Geology Society of London Special Publications*, Special Publications, 19: 1–36.
- Dolmaz MN, Elitok Ö, Kalyoncuoğlu ÜY, 2008. Interpretation of low seismicity in the Eastern Anatolian Collisional Zone using geophysical (seismicity and aeromagnetic) and geological data. *Pure and Applied Geophysics*, 165: 311–330.
- Dunbar PK, Lockridge PA, Whiteside LS, 1992. Catalog of significant earthquakes 2150 B.C.-1991 A.D. World Center Solid Earth Geophysics. National Geophysical Data Center, Boulder, Colorado, USA, Report SE-49, s. 320.
- Ekinci YL, Yiğitbaş E, 2012. A geophysical approach to the igneous rocks in the Biga Peninsula (NW Turkey) based on airborne magnetic anomalies: geological implications. *Geodinamica Acta*, 25 (3–4): 267–285.
- Ekinci YL, Türkeş M, Demirci A, Erginal AE, 2013. Shallow and deep-seated regolith slides on deforested slopes in Çanakkale, NW Turkey. *Geomorphology*, 201: 70–79.

- Ekinci YL, Yiğitbaş E, 2015. Interpretation of gravity anomalies to delineate some structural features of Biga and Gelibolu peninsulas, and their surroundings (north-west Turkey). *Geodinamica Acta*, 27 (4): 300–319.
- Elmastaş N, Özcanlı M, 2011. Bitlis İlinde Çığ Afet Alanlarının Tespiti ve Çığ Risk Analizi. VI. Ulusal Coğrafya Sempozyumu, 3–5 Kasım 2010, Ankara Üniversitesi-Ankara, s: 303–314.
- Emre T, 1996. Gediz Grabeninin jeolojisi ve tektoniği. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 5: 171–186.
- Erdik M, Demircioğlu M, Sesetyan E, Durukal E, Siyahi B, 2004. Earthquake hazard in Marmara Region, Turkey. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 24: 605–631.
- Erginal AE, Öztürk B, Ekinci YL, Demirci A, 2009. Investigation of the nature of slip surface using geochemical analyses and 2-D electrical resistivity tomography: a case study from Lapseki area, NW Turkey. *Environmental Geology*, 58: 1167–1185.
- Erkal T, Değerliyurt M, 2009. Türkiye’de afet yönetimi. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 4: 147–164.
- Farrell J, Husen S, Smith RB, 2009. Earthquake swarm and b–value characterization of the Yellowstone volcano–tectonic system. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 188: 260–276.
- Feller W, 1968. *An Introduction to Probability Theory and its Applications*, Wiley, USA.
- Fine WT, 1971. Mathematical evaluation for controlling hazards. *Journal of Safety Research*, 3: 157–166.
- Gachomo EW, Jimenez-Lopez JC, Kayode APP, Baba-Moussa L, Kotchoni SO, 2012. Control of major diseases in horticulture. *Fungicides for Plant and Animal Diseases*, 8: 167–180.
- Gök R, Pasyanos ME, Zor E, 2007. Lithospheric structure of the continent-continent collision zone: eastern Turkey. *Geophysical Journal International*, 169: 1079–1088.

- Gökalp H, 2012. Tomographic imaging of the seismic structure beneath the East Anatolian Plateau, Eastern Turkey. *Pure and Applied Geophysics*, 169: 1749–1776.
- Gökçe O, Özden Ş, Demir A, 2008. Türkiye’de afetlerin mekansal ve istatistiksel dağılımı afet bilgileri envanteri. T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Afet Etüt ve Hasar Tespit Daire Başkanlığı Raporu, Ankara.
- Göncüoğlu CM, Turhan N, 1983. Bitlis masifinde yeni yaş bulguları: *MTA Dergisi*, 95–96: 44–48.
- Görüm T, Bayrakdar C, Avdan U, Çömert R, 2017. Geomorphology of the Mount Akdag landslide, Western Taurus range (SW Turkey). *Journal of Maps*, 13: 165–172.
- Gutenberg B, Richter CF, 1944. Frequency of earthquakes in California. *Bulletin Seismological Society of America*, 34: 185–188.
- Guzzetti F, Reichenbach P, Wieczorek GF, 2003. Rockfall hazard and risk assessment in the Yosemite Valley, California, USA. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 3: 491–503.
- Gülkan P, Kocyiğit A, Yüçemen MS, Doyuran V, 1993. En Son Verilere Gore Hazırlanan Deprem Haritası. O.D.T.U. Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi, no 93-01.
- Güler Ç, Çobanoğlu Z, 1994. Afetler. TC Sağlık Bakanlığı, Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi, 33.
- Gür H, Sönmez FY, Ay M, 2012. Bitlis İli Çevre Durum Raporu, T.C. Bitlis Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü.
- Hall R, 1976. Ophiolite emplacement and the evolution of the Taurus suture zone, Southeastern Turkey. *Geological Society of American Bulletin*, 87: 1078–1088.
- Hancock PL, Barka A, 1987. Kinematic indicators on active normal faults in western Turkey. *Journal of Structural Geology*, 9: 573–584.

- Hao Z, Jingyun Z, Wu GF, Zhang XZ, Ge QS, 2010. 1876-1878 severe drought in north China: facts, impacts and climatic background. *Chinese Science Bulletin*, 55: 3001–3007.
- Horasan G, Boztepe-Güney A, 2007. Observation and analysis of low-frequency crustal earthquakes in Lake Van and its vicinity, eastern Turkey. *Journal of Seismology*, 11: 1–13.
- Hou J, Han M, Chai B, Han H, 1998. Geomorphological observations of active faults in the epicentral region of the Huaxian large earthquake in 1556 in Shaanxi Province, China. *Journal of Structural Geology*, 20: 549–557.
- Hoyois P, Below R, Scheuren J-M, Guha-Sapir D, 2007. Annual disaster statistical review: numbers and trends. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), School of Public Health, Catholic University of Louvain, Brussels, Belgium.
- Hosny G, Elghayish M, Noweir K, 2017. Health risk assessment for benzene–exposure in oil refineries. *International Journal of Environmental Science and Toxicology Research*, 5: 23–30.
- Işık E, 2010. Bitlis Şehri Deprem Performans Analizi. Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Işık E, 2012. Seismicity of Muş Province. *International Science, Technology and Engineering Conference*, 13–15 Aralık 2012, Dubai, s: 856–865.
- Işık E, Aydın MC, Bakış A, Özlük MH, 2012. Bitlis ve Civarındaki Faylar ve Bölgenin Depremselliği. *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 1: 153–169.
- Işık E, 2013. Bitlis ilinin depremselliği. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 29: 267–273.
- Işık E, Kutanis M, 2015. Determination of local site–specific spectra using probabilistic seismic hazard analysis for Bitlis Province, Turkey. *Earth Sciences Research Journal*, 19: 129–134.

- İmamoğlu MŞ, Çetin E, 2007. Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve yakın yöresinin depremselliği. Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi, 9: 93–103.
- Jackson J, McKenzie DP, 1984. Active tectonics of the Alpine-Himalayan Belt between western Turkey and Pakistan. *Geophysical Journal International*, 77: 185–264.
- Jackson J, McKenzie DP, 1988. The relationship between plate motions and seismic moment tensors, and the rates of active deformation in the Mediterranean and Middle East. *Geophysical Journal International*, 93: 45–73.
- Kadioğlu M, 2008. Sel, Heyelan ve Çığ için Risk Yönetimi; s. 251–276, içinde: Afet Zararlarını Azaltmanın Temel İlkeleri JCIA Türkiye Ofisi Yayınları, Ankara.
- Kalyoncuoğlu ÜY, 2007. Evaluation of seismicity and seismic hazard parameters in Turkey and surrounding area using a new approach to the Gutenberg–Richter relation. *Journal of Seismology*, 11: 131–148.
- Karadoğan S, 2007. Malatya Kenti ve Yakın Çevresi İçin Olası Doğal Riskler ve Afet Yönetimi (GIS ortamında örnek bir uygulama). TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, 30 Ekim–2 Kasım 2011, Karadeniz Teknik Üniversitesi-Trabzon, s: 1–10.
- Karakhanian A, Djrbashian R, Trifonov V, Phillip V, Arakelian S, Avagian A, 2002. Holocene-historical volcanism and active faults as natural risk factors for Armenia and adjacent countries. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 113: 319–344.
- Karaoğlu Ö, Özdemir Y, Tolluoğlu AÜ, Karabıyıkoglu M, Köse O, Froger J-L, 2005. Stratigraphy of the volcanic products around Nemrut Caldera: implications for reconstruction of the caldera formation. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 14: 123–143.
- Kebede F, Kulhanek O, 1994. Spatial and temporal variations of b -values along East African rift system and the southern Red Sea. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 83: 294–264.

- Kesici Ö, Sönmez ME, 2012. 30 Ocak 2010 Tepecik köyü (Adıyaman Heyelanı). Doğu Coğrafya Dergisi, 27: 208–232.
- Ketin İ, 1948. Über die tektonisch-mechanischen Folgerungen aus den großen anatolischen Erdbeben des letzten Dezenniums. Geologische Rundschau (On the tectonicmechanic implications of the great Anatolian earthquakes of the last decade), 36: 77–83.
- Khan PK, Ghosh M, Chakraborty PP, Mukherjee D, 2011. Seismic b–value and the assessment of ambient stress in Northeast India. Pure and Applied Geophysics, 168:1693–1706.
- Kızıloğlu FM, Okuroğlu M, Örüng İ, 2006. Kırsal yerleşimler ve doğal afetler. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 23: 53–58.
- Kinney GF, Wiruth AD, 1976. Practical risk analysis for safety management (No. NWC–TP–5865). Naval Weapons Center China Lake CA.
- Koçyiğit A, 1984. Güneybatı Türkiye ve yakın dolayında levha içi yeni tektonik gelişim. TJK Bülteni, 24: 1–16.
- Koçyiğit A, Yılmaz A, Adamia S, Kuloshvili S, 2001. Neotectonics of East Anatolian Plateau (Turkey) and Lesser Caucasus: implication for transition from thrusting to strike-slip faulting. Geodinamica Acta, 14: 177–195.
- Köle MM, 2016. Çankırı İli için deprem olasılık tahmini. Çankırı Karatekin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 7: 455–470.
- Kramer SL, 1996. Geotechnical earthquake engineering. Prentice–Hall, USA.
- Lari S, Frattini P, Crosta GB, 2014. A probabilistic approach for landslide hazard analysis. Engineering Geology, 182: 3–14.
- Lateltin O, Haemmig C, Raetzo H, Bonnard C, 2005. Landslide risk management in Switzerland. Landslides, 2: 313–320.

- Manakou MV, Tsapanos TM, 2000. Seismicity and seismic hazard parameters evaluation in the island of Crete and the surrounding area inferred from mixed data files. *Tectonophysics*, 321: 157–178.
- Mason R, 1975. Bitlis Masifinin Tektonik Durumu: Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi, 17-19 Aralık 1973, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü-Ankara, s: 31–41.
- McKenzie DP, 1970. Plate tectonics of the Mediterranean region. *Nature*, 226: 239–243.
- McKenzie DP, 1972. Active tectonics of the Mediterranean region. *Geophysical Journal International*, 30: 109–185.
- Miyamura S, 1962. Magnitude–Frequency relations and its bearing to geotectonic. *Proceedings of Japanese Academy*, 38: 27–30.
- MTA, Maden Etüt ve Arama Dairesi Başkanlığı, 2010. Bitlis İli Maden ve Enerji Kaynakları Raporu. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Nalbant SS, McCloskey J, Steacy S, Barka AA, 2002. Stress accumulation and increased seismic risk in eastern Turkey. *Earth and Planetary Science Letters*, 195: 291–298.
- Noh M, 2016. On the Poisson process of the Korean earthquakes. *Geosciences Journal*, 20: 775–779.
- Nuannin P, Kulhanek O, Persson L, 2012. Variations of b–values preceding large earthquakes in the Andaman–Sumatra subduction zone. *Journal of Asian Earth Sciences*, 61: 237–242.
- Nurlu M, 2015. Afet Yönetiminde Bütünleşik Afet Tehlike Haritaları, 3. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 14–16 Ekim 2015, Dokuz Eylül Üniversitesi- İzmir, s: 1–7.
- Okay AI, Tüysüz O, 1999. Tethyan sutures of northern Turkey. *Geological Society, London, Special Publications*, 156: 475–515.

- Oturakçı M, Dağsuyu C, Kokangül A, 2015. A new approach to Fine Kinney method and an implementation study. *Alphanumeric Journal*, 3: 83–92.
- Özçelik A, 2013. İş Sağlığı ve Güvenliğinde Fine–Kinney Yöntemiyle Risk Yönetimi: Mermer İşletmesi Örneği. Yüksek lisans tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Özdemir Y, Akkaya İ, Oyan V, Kelfoun K, 2017. A debris avalanche at Süphan stratovolcano (Turkey) and implications for hazard evaluation. *Bulletin of Volcanology*, 78(9):1-13.
- Özkul B, Karaman E, 2007. Doğal Afetler İçin Risk Yönetimi. TMMOB Afet Sempozyumu, 5-7 Aralık 2007, İnşaat Mühendisleri Odası Kongre ve Kültür Merkezi-Ankara, s: 251–260.
- Özmen B, 2013. Ankara için deprem olasılık tahminleri, *Yerbilimleri*, 34: 23–36.
- Özşahin E, 2013. Türkiye’de Yaşanmış (1970–2012) Doğal Afetler Üzerine Bir Değerlendirme. 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 25–27 Eylül 2013, Mustafa Kemal Üniversitesi-Hatay, s: 1–8.
- Özşahin E, Kaymaz ÇK, 2014. Avalanche susceptibility and risk analysis of Eastern Anatolian region using GIS. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 120: 663–672.
- Öztürk B, Balkıs N, Güven KC, Aksu A, Görgün M, Ünlü S, Hanilci N, 2005. Investigations on the sediment of Lake Van, II. heavy metals, sulfur, hydrogen sulfide and thiosulfuric acid S-(2-amino ethyl ester) contents. *Journal of Black Sea/Mediterranean Environment*, 11: 125–138.
- Öztürk S, Bayrak Y, Çınar H, Koravos GC, Tsapanos TM, 2008. A quantitative appraisal of earthquake hazard parameters computed from Gumbel I method for different regions in and around Turkey. *Natural Hazards*, 47: 471–495.
- Patton S, 1992. Active normal faulting, drainage patterns and sedimentation in southwestern Turkey. *Journal of the Geological Society of London*, 149: 1031–1044.

- Poisson SD, 1838. Recherches Sur la Probabilite des Jugements en Matieres Criminelles et Matiere Civile. Elibron Classic Series. Paris.
- Qiyuan L, Jun W, Jiuhui C, Shuncheng L, Biao G, 2007. Seismogenic tectonic environment of 1976 great Tangshan Earthquake: results from dense seismic array observations. Earth Science Frontiers, 14: 205–213.
- Rahman MA, Rahman S, 2015. Natural and traditional defence mechanisms to reduce climate risks in coastal zones of Bangladesh, 2015.
- Saral A, 2010. Çok Kriterli Karar Verme ve Bilgi Difüzyonu Yöntemleri Yardımıyla, Taşkın Risk Analizi Yazılımının Gerçekleştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi İstanbul Teknik Üniversitesi Bilişim Enstitüsü, İstanbul.
- Saravanan D, 2016. Coastal hazard and resilience due to disaster: a survey. International Journal of Oceans and Oceanography, 10: 133–140.
- Sayıl N, Osmanşahin İ, 2008. An investigation of seismicity for western Anatolia. Natural Hazards, 44: 51–64.
- Sayıl N, 2013. Long-term earthquake prediction in western Anatolia with the time- and magnitude-predictable model. Natural Hazards, 66: 809–834.
- Scholz CH, 1968. The frequency–magnitude relation of microfracturing in rock and its relation to earthquakes. Bulletin of Seismological Society of America, 58: 399–415.
- Selçuk L, 2013. An avalanche hazard model for Bitlis province, Turkey, using GIS based multicriteria decision analysis. Turkish Journal of Earth Sciences, 22: 523–535.
- Seyitoğlu G, Scott BC, 1991. Late Cenozoic crustal extension basin formation in west Turkey. Geological Magazine, 128: 155–166.
- Sezer Lİ, 2010. Van Yöresinin Depremselliği. Ege Coğrafya Dergisi, 19: 67–84.

- Shi Y, Bolt BA, 1982. The standard error of the magnitude– frequency b–value. Bulletin of Seismological Society of America, 72: 1677–1687.
- Smith AG, 1971. Alpine deformation and the oceanic areas of the Tethys, Mediterranean and Atlantic. Geological Society of America Bulletin, 82: 2039–2070.
- Şaroğlu F, Emre Ö, Kuşçu İ, 1992. Türkiye aktif fay haritası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Şengün M, 1993. Bitlis masifinin metamorfizması ve örtü çekirdek ilişkisi. MTA Dergisi, 115: 1–13.
- Şengör AMC, Kidd WSF, 1979. Post-collisional tectonics of the Turkish-Iranian plateau and a comparison with Tibet. Tectonophysics, 55: 361–376.
- Şengör AMC, Yılmaz Y, 1981. Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach. Tectonophysics, 75: 181–241.
- Şengör AMC, Görür NF, Şaroğlu F, 1985. Strike Slip Faulting and Related Basin Formation in Zones of Tectonic Escape: Turkey as a Case Study, in Strike-Slip Faulting and Basin Formation. Society of Economic Palaeontologists and Mineralogists Special Publications. Tulsa–OK, USA.
- Tabban A, Gençoğlu S, 1975. Earthquake and its parameters. Bulletin of Earthquake Research Institute of Turkey, 11: 7–83.
- Taubenberger JF, Morens DM, 2006. 1918 influenza: the mother of all pandemics. Emerging Infectious Diseases, 12: 15–22.
- Toker M, Krastel S, Demirel-Schlueter F, Demirbağ E, İmren C, 2007. Volcano-Seismicity of Lake Van (Eastern Turkey), A Comparative Analysis of Seismic Reflection and Three Component Velocity Seismogram Data and New Insights into Volcanic Lake Seismicity. International Earthquake Symposium, 22–24 Ekim 2007, Kocaeli Üniversitesi-Kocaeli, s: 103–109.

- Toker M, 2017. The b-value analysis of aftershocks 170 days after the 23 October 2011 Van earthquake (Mw, 7.1) of the Lake Van Basin, Eastern Anatolia: a new perspective on the seismic radiation and deformation characteristics. *InTech Earthquakes*, 5: 89–115.
- Tsapanos TM, 1990. b-values of two tectonic parts in the circum-Pacific belt. *Pure and Applied Geophysics*, 134: 229–242.
- Türker T, Bayrak Y, 2015. Doğu Anadolu Bölgesi ve Civarının Poisson Yöntemi ile Deprem Tehlike Tahmini. 3. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 14–16 Ekim 2015, Dokuz Eylül Üniversitesi-İzmir, s: 1–8.
- Uluğ A, 2009. Nasıl bir afet yönetimi. TMMOB İzmir Kent Sempozyumu, 8–10 Ocak 2009, Tepekule Kongre Merkezi-İzmir, s: 1–18.
- Ulusoy İ, Labazuy P, Aydar E, Ersoy O, Çubukçu E, 2008. Structure of the Nemrut caldera (Eastern Anatolia, Turkey) and associated hydrothermal fluid circulation. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 174: 269–283.
- Ulusoy İ, Labazuy P, Aydar E, 2012. STcorr: an IDL code for image based normalization of lapse rate and illumination effects on nighttime TIR imagery. *Computers & Geosciences*, 43: 63–72.
- USGS, 2010. Porphyry copper assesment of the Tethys Region of Western and Southern Asia. Scientific Investigation Report, 2010–5090–V.
- Wessel P, Smith WHF, 1995. New version of the Generic Mapping Tools. *Eos Transactions, American Geophysical Union*, 76: 329–329.
- Yılmaz Y, 1993. New evidence and model on the evolution of the Southeast Anatolia Orogen. *Geological Society of America*, 105: 251–271.
- Yılmaz Y, Güner Y, Şaroğlu F, 1998. Geology of the Quaternary volcanic centers of the East Anatolia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 85: 173–210.

Yiğitbaş E, Elmas A, Sefunç A, Özer N, 2004. Major neotectonic features of eastern Marmara region, Turkey: Development of the Adapazari-Karasu corridor and its tectonic significance. *Geological Journal*, 39: 179–198.

Zhang J, Liu Z, 2006. Hydrological monitoring and flood management in China. *Frontiers in Flood Research*, 305: 93–101.



EKLER

EK-1. Bitlis ili merkez olacak şekilde 100 km yarıçaplı bölgede meydana gelmiş $xM \geq 4.0$ depremler

No	Oluş Tarihi	Enlem	Boylam	Der. (km)	xM	Yer
1	2017.07.08	38.66	43.1992	5	4	Mollakasım (Van)
2	2017.05.01	38.2942	42.8993	5.1	4.4	Gevaş (Van)
3	2017.04.09	38.6372	43.1498	5	4.1	Mollakasım (Van)
4	2016.12.31	38.6127	43.0065	5	4.1	Van Gölü
5	2016.10.23	38.3673	41.9912	5	4.3	Mutki (Bitlis)
6	2016.08.25	38.7218	43.0655	5	4.2	Van Gölü
7	2016.01.23	38.0565	42.704	3.7	4.4	Hizan (Bitlis)
8	2015.06.23	38.6678	43.1672	5	4.5	Mollakasım (Van)
9	2015.02.04	38.0312	42.732	3.3	4.1	Bahçesaray (Van)
10	2015.01.21	38.2423	42.853	5.3	4.5	Gevaş (Van)
11	2014.10.30	38.744	42.1465	5	4.4	Ahlat (Bitlis)
12	2014.06.13	38.669	43.1828	5	4	Mollakasım (Van)
13	2014.06.11	38.5975	43.1477	3	4.3	Çitören (Van)
14	2014.04.03	37.8605	42.9817	6.6	4.3	Çatak (Van)
15	2014.03.05	38.6927	43.1997	5	4.2	Ağartı (Van)
16	2013.11.22	38.6775	43.2205	5	4.6	Alaköy (Van)
17	2013.09.17	39.0462	41.4552	12.9	5.1	Sudurağı (Muş)
18	2013.09.16	39.0167	41.4477	4.9	4.5	Tüten (Muş)
19	2013.02.12	38.5978	43.2133	8	4.6	Çitören (Van)
20	2012.09.23	38.7415	42.9447	5	4.4	Van Gölü
21	2012.06.14	38.0568	42.5547	5.8	4.2	Hizan (Bitlis)
22	2012.04.13	38.6678	43.1747	5	4.2	Mollakasım (Van)
23	2012.04.12	38.6942	43.0705	5	4.1	Van Gölü
24	2012.03.26	39.1693	42.3268	5	5	Bulanık (Muş)
25	2012.03.07	38.6392	43.0527	5	4	Van Gölü
26	2012.03.03	38.6038	43.1995	2.4	4.1	Çitören (Van)
27	2012.02.20	38.7597	43.1812	6.1	4.2	Van Gölü
28	2012.02.17	38.707	43.1963	5.2	4.5	Ağartı (Van)
29	2012.01.19	38.7363	43.0885	6.9	4	Van Gölü
30	2012.01.06	38.0088	42.6272	5	4.2	Hizan (Bitlis)

31	2011.12.12	38.6038	43.1847	5	4.1	Çitören (Van)
32	2011.11.24	38.629	43.02	5	4.4	Van Gölü
33	2011.11.22	38.6145	43.2252	5	4.6	Topaktaş (Van)
34	2011.11.21	38.693	43.175	5	4.5	Mollakasım (Van)
35	2011.11.21	38.688	43.1933	4.9	4.5	Mollakasım (Van)
36	2011.11.17	39.134	41.5555	4.8	4.8	Varto (Muş)
37	2011.11.14	38.6998	43.1615	8	5.3	Mollakasım (Van)
38	2011.11.14	38.6618	43.0475	6	4.7	Van Gölü
39	2011.11.14	38.6545	43.0762	4	4.5	Van Gölü
40	2011.11.12	38.6567	43.1803	6	4	Mollakasım (Van)
41	2011.11.12	38.6272	43.2093	6	4.6	Arısu (Van)
42	2011.11.09	38.4608	43.2347	6	4.5	Edremit (Van)
43	2011.11.09	38.483	43.2732	6	4.5	Van Gölü
44	2011.11.09	38.4197	43.284	4	4.8	Edremit (Van)
45	2011.11.09	38.4217	43.2112	6	5.6	Edremit (Van)
46	2011.11.08	38.7242	43.087	6	5.4	Van Gölü
47	2011.11.08	38.6732	43.1995	6	4.2	Mollakasım (Van)
48	2011.11.06	38.6078	43.1513	6	4	Çitören (Van)
49	2011.10.29	38.6252	43.1742	2.9	4.7	Arısu (Van)
50	2011.10.29	38.597	43.1913	5	4.3	Çitören (Van)
51	2011.10.28	38.6312	43.1963	5	4.2	Arısu (Van)
52	2011.10.28	38.5688	43.1647	2.1	4.3	Van Gölü
53	2011.10.26	38.651	43.2055	5	4.2	Dibekdüzü (Van)
54	2011.10.25	38.4705	43.2703	3.9	4.1	Edremit (Van)
55	2011.10.24	38.771	43.179	2.1	4.4	Van Gölü
56	2011.10.24	38.7	43.0892	8.7	4	Van Gölü
57	2011.10.24	38.6512	43.2258	5	4.7	Dibekdüzü (Van)
58	2011.10.24	38.6102	43.1073	5	4.1	Van Gölü
59	2011.10.24	38.7375	43.1607	2.3	4	Van Gölü
60	2011.10.23	38.641	43.0857	5	4.8	Van Gölü
61	2011.10.23	38.6732	42.9452	5	4	Van Gölü
62	2011.10.23	38.6377	43.0828	5	5.9	Van Gölü
63	2011.10.23	38.6587	43.1848	5	4.1	Mollakasım (Van)
64	2011.10.23	38.6312	43.0833	11.7	4.1	Van Gölü
65	2011.10.23	38.6485	43.1953	5	4.8	Mollakasım (Van)
66	2011.10.23	38.715	43.107	5.4	4	Van Gölü
67	2011.10.23	38.7287	43.192	5	4.3	Özyurt (Van)

68	2011.10.23	38.801	43.0693	28	4.2	Adilcevaz (Bitlis)
69	2011.10.23	38.6958	43.0475	4.4	5.2	Van Gölü
70	2011.04.30	38.194	42.6372	10.3	4.1	Hizan (Bitlis)
71	2011.02.22	38.9303	42.301	5	4.5	Ahlat (Bitlis)
72	2011.02.22	38.9915	42.3285	5	4.3	Bulanık (Muş)
73	2011.02.22	39.0035	42.297	5	4.5	Bulanık (Muş)
74	2011.02.22	38.9792	42.3377	4.6	4.4	Bulanık (Muş)
75	2011.02.22	38.9878	42.3355	5	4.1	Bulanık (Muş)
76	2009.05.27	38.6163	42.6458	9.2	4	Tatvan (Bitlis)
77	2009.03.11	39.0287	41.8823	5	4.4	Bulanık (Muş)
78	2008.07.26	38.5385	43.119	9.8	4.5	Van Gölü
79	2008.06.21	38.9095	41.3187	9.6	4.3	(Muş)
80	2007.08.26	38.2125	42.4578	5	4	Hizan (Bitlis)
81	2007.05.05	38.8072	42.284	3.1	4.2	Ahlat (Bitlis)
82	2006.05.21	37.9915	42.6518	9.9	4.9	Hizan (Bitlis)
83	2004.09.26	38.59	43.16	9	4.1	Çitören (Van)
84	2003.10.26	37.79	42.51	11	4.1	Pervari (Siirt)
85	2003.10.26	37.78	42.66	5	4	Pervari (Siirt)
86	2003.10.26	37.61	42.54	5	4.1	Güneycam (Şırnak)
87	2003.10.23	37.72	42.49	5	4.8	Pervari (Siirt)
88	2003.06.11	37.67	42.48	10	4	Güneycam (Şırnak)
89	2003.04.25	38.69	43	5	4.1	Van Gölü
90	2001.12.15	38.79	42.35	3	4.1	Ahlat (Bitlis)
91	2001.09.13	38.13	42.71	29	4	Bahçesaray (Van)
92	2001.09.12	37.87	42.73	5	4.2	Pervari (Siirt)
93	2000.12.31	37.92	42.89	31	4	Çatak (Van)
94	2000.11.17	38.38	42.79	5	4.1	Gevaş (Van)
95	2000.11.15	38.83	42.79	12	4	Adilcevaz (Bitlis)
96	2000.11.15	38.53	42.91	0	4.3	Gevaş (Van)
97	2000.11.15	38.28	42.94	8	5.2	Gevaş (Van)
98	2000.02.26	38.26	43.01	12	4.9	Gevaş (Van)
99	2000.01.19	38.72	41.3	0	4.3	Kayalısu (Muş)
100	1999.03.01	38.17	41.13	6	4.3	Silvan (Diyarbakir)
101	1997.11.05	38.38	42.95	0	4	Gevaş (Van)
102	1997.11.03	38.6	41.02	12	4.1	Kulp (Diyarbakir)
103	1997.11.03	38.76	42.4	8	4.9	Ahlat (Bitlis)
104	1997.10.23	38.71	41.33	0	4	Kayalısu (Muş)

105	1997.06.26	39.13	42.58	5	4	Malazgirt (Muş)
106	1997.04.19	38.74	42.13	0	4.2	Güroymak (Bitlis)
107	1996.07.03	38.11	42.46	12	4.7	Hizan (Bitlis)
108	1994.09.17	37.88	41.48	33	4.9	Kurtalan (Siirt)
109	1992.07.14	39.23	41.78	10	4.5	Hınis (Erzurum)
110	1991.09.05	39.03	41.58	49	4.2	Akkonak (Muş)
111	1988.06.25	38.5	43.07	49	5.3	Van Gölü
112	1987.12.07	37.95	42.95	33	4.8	Çatak (Van)
113	1986.01.01	39.14	41.83	36	4.8	Bulanık (Muş)
114	1985.02.27	38.04	43.09	40	4.7	Çatak (Van)
115	1982.10.13	39.19	41.92	40	4.7	Bulanık (Muş)
116	1982.03.28	39.14	41.88	0	4.3	Bulanık (Muş)
117	1982.03.27	39.23	41.9	38	5.4	Hınis (Erzurum)
118	1982.03.23	39.22	41.82	10	4.5	Hınis (Erzurum)
119	1982.03.19	39.27	41.88	33	4.3	Hınis (Erzurum)
120	1979.12.30	38.4	42.6	33	4.4	Tatvan (Bitlis)
121	1976.09.05	38.51	40.94	17	5	Kulp (Diyarbakir)
122	1976.01.12	38.61	43.2	56	4.9	Çitören (Van)
123	1974.01.06	38.28	42.92	28	4.4	Gevaş (Van)
124	1973.11.05	38.01	43.07	69	4.7	Çatak (Van)
125	1973.08.30	37.96	42.75	45	5	Pervari (Siirt)
126	1973.01.30	38.13	42.38	20	4.2	Hizan (Bitlis)
127	1969.12.25	39.18	42.55	66	4.9	Malazgirt (Muş)
128	1968.07.12	39.1	41.5	39	4.8	Varto (Muş)
129	1968.06.11	38.15	42.85	53	5.1	Bahçesaray (Van)
130	1967.12.31	39	42	33	4.5	Bulanık (Muş)
131	1966.10.06	39.1	41.75	46	4.8	Varto (Muş)
132	1966.08.31	38.9	41.5	131	4.3	Şenoba (Muş)
133	1966.08.21	39.08	41.5	69	4.8	Varto (Muş)
134	1966.08.21	39.28	41.85	54	4.9	Hınis (Erzurum)
135	1966.08.20	38.82	41.49	47	5.1	Karaköprü (Muş)
136	1966.08.19	38.8	41.4	33	4.8	Arpayazı (Muş)
137	1966.08.19	38.4	41.2	172	4.7	Kulp (Diyarbakir)
138	1966.08.19	39.13	41.48	50	5	Varto (Muş)
139	1966.08.19	38.99	41.77	32	5.5	Üçsirt (Muş)
140	1966.08.19	39.17	41.56	26	6.5	Varto (Muş)
141	1966.06.14	38.16	42.86	39	4.7	Bahçesaray (Van)

142	1966.05.09	38.27	42.34	33	4.7	Yolalan (Bitlis)
143	1966.05.09	38.3	42.3	92	4.7	Yolcular (Bitlis)
144	1966.05.02	38.1	42.5	50	5	Hizan (Bitlis)
145	1966.05.02	38.1	42.75	49	4.5	Bahçesaray (Van)
146	1966.05.02	38.1	42.61	55	4.7	Hizan (Bitlis)
147	1966.04.27	38.14	42.52	28	5.2	Hizan (Bitlis)
148	1966.03.07	39.2	41.6	26	5.6	Varto (Muş)
149	1965.06.28	38	41.3	33	5.4	Beşiri (Batman)
150	1960.08.22	39.28	42.01	60	4.9	Karaçoban (Erzurum)
151	1960.08.09	38.6	41.1	66	4.5	Kulp (Diyarbakir)
152	1960.02.21	38.49	41.52	40	4.9	Sason (Batman)
153	1959.08.29	38.55	41.29	50	4.9	Cevizlidere (Muş)
154	1954.03.27	38.8	41.5	10	4.8	Karaköprü (Muş)
155	1953.12.15	39	41.5	30	4.8	Dilimli (Muş)
156	1953.10.14	38.7	41.9	30	4.7	Korkut (Muş)
157	1948.10.12	38.5	41.5	30	4.8	Sason (Batman)
158	1948.06.20	39.14	41.43	30	4.9	Varto (Muş)
159	1945.07.29	38	43	30	5.2	Çatak (Van)
160	1943.11.29	38.25	41.54	100	4.9	Kozluk (Batman)
161	1940.03.17	38.22	42.83	10	4.9	Gevaş (Van)
162	1936.03.23	39	42	30	4.7	Bulanık (Muş)
163	1934.11.12	38.54	41	50	5.9	Kulp (Diyarbakir)
164	1929.10.15	38	42	30	5.2	Aydınlar (Siirt)
165	1924.07.25	38	43	30	5.2	Çatak (Van)
166	1915.02.14	38.8	42.5	30	5.7	Ahlat (Bitlis)
167	1913.01.27	38.38	42.23	10	5.5	Yolağzı (Bitlis)
168	1907.06.03	38.7	41.5	30	5.3	Soğucak (Muş)
169	1907.03.31	39.1	42.5	30	5.4	Malazgirt (Muş)
170	1907.03.29	38.4	42.1	5	4.9	Bitlis
171	1907.01.29	39.1	42.5	30	5.2	Malazgirt (Muş)
172	1903.05.03	38.7	41.5	30	5.2	Soğucak (Muş)
173	1903.04.28	39.1	42.5	30	6.3	Malazgirt (Muş)

EK-2. Muş ili merkez olacak şekilde 100 km yarıçaplı bölgede meydana gelmiş $xM \geq 4.0$ depremler

No	Oluş Tarihi	Enlem	Boylam	Der. (km)	xM	Yer
1	2016.10.23	38.3673	41.9912	5	4.3	Mutki (Bitlis)
2	2016.06.21	39.4037	40.7345	5	4.1	Karlıova (Bingöl)
3	2016.06.10	39.025	40.7383	5.3	4.5	Elmalı (Bingöl)
4	2016.05.25	39.3482	40.9295	5	4	Karlıova (Bingöl)
5	2014.10.30	38.744	42.1465	5	4.4	Ahlat (Bitlis)
6	2014.09.28	38.8398	40.9882	2.5	4.2	Solhan (Bingöl)
7	2013.09.17	39.0462	41.4552	12.9	5.1	Sudurağı (Muş)
8	2013.09.16	39.0167	41.4477	4.9	4.5	Tüten (Muş)
9	2013.05.15	39.0192	41.1815	6	4.4	Bilek (Muş)
10	2012.04.28	38.5007	40.725	5.8	4.7	Lice (Diyarbakır)
11	2012.04.04	39.3045	41.0388	5	4.2	Karlıova (Bingöl)
12	2012.03.26	39.1693	42.3268	5	5	Bulanık (Muş)
13	2011.11.17	39.134	41.5555	4.8	4.8	Varto (Muş)
14	2011.10.08	39.36	40.69	5	4	Yedisu (Bingöl)
15	2011.02.22	38.9303	42.301	5	4.5	Ahlat (Bitlis)
16	2011.02.22	38.9915	42.3285	5	4.3	Bulanık (Muş)
17	2011.02.22	39.0035	42.297	5	4.5	Bulanık (Muş)
18	2011.02.22	38.9792	42.3377	4.6	4.4	Bulanık (Muş)
19	2011.02.22	38.9878	42.3355	5	4.1	Bulanık (Muş)
20	2010.05.22	39.3107	41.1265	5	4.1	Varto (Muş)
21	2009.05.27	38.6163	42.6458	9.2	4	Tatvan (Bitlis)
22	2009.03.11	39.0287	41.8823	5	4.4	Bulanık (Muş)
23	2008.07.12	39.2832	41.7172	5	4	Hınıs (Erzurum)
24	2008.06.21	38.9095	41.3187	9.6	4.3	Yaygın (Muş)
25	2007.10.28	39.0758	41.091	4.7	4.2	Solhan (Bingöl)
26	2007.10.27	39.2982	40.7498	5	4.5	Karlıova (Bingöl)
27	2007.08.25	39.2588	41.0418	5	5.4	Karlıova (Bingöl)
28	2007.05.05	38.8072	42.284	3.1	4.2	Ahlat (Bitlis)
29	2007.03.09	39.0628	40.3953	5	4.7	Balıklıçay (Bingöl)
30	2006.07.21	39.3612	40.8205	5	4.4	Karlıova (Bingöl)
31	2006.07.02	39.3412	40.9098	5	4.9	Karlıova (Bingöl)
32	2005.12.10	39.3647	40.8557	5	5.3	Karlıova (Bingöl)
33	2005.06.06	39.3623	40.9178	5	5.7	Karlıova (Bingöl)

34	2005.03.23	39.3877	40.7882	5	4.7	Karlıova (Bingöl)
35	2005.03.23	39.3888	40.8005	5	5.7	Karlıova (Bingöl)
36	2005.03.14	39.4078	40.7807	5	4.6	Karlıova (Bingöl)
37	2005.03.14	39.3475	40.8847	5	5.9	Karlıova (Bingöl)
38	2005.03.12	39.3577	40.8217	5.6	4	Karlıova (Bingöl)
39	2005.03.12	39.3883	40.8538	5	5.7	Karlıova (Bingöl)
40	2004.07.17	39.08	40.43	1	4	Sudüğünü (Bingöl)
41	2003.08.01	39.11	40.42	7	4.3	Sancak (Bingöl)
42	2003.05.21	38.74	40.51	7	4.3	Gümüşlü (Bingöl)
43	2003.05.21	39.08	40.45	7	4.2	Sudüğünü (Bingöl)
44	2003.05.20	39.04	40.38	10	4.1	Balıklıçay (Bingöl)
45	2003.05.19	39.04	40.45	10	4	Sudüğünü (Bingöl)
46	2003.05.19	39	40.41	10	4.2	Kartal (Bingöl)
47	2003.05.16	39.04	40.41	10	4.4	Balıklıçay (Bingöl)
48	2003.05.12	39.03	40.48	1	4	Oğuldere (Bingöl)
49	2003.05.12	39	40.43	10	4.3	Kartal (Bingöl)
50	2003.05.10	39.06	40.41	10	4.1	Sudüğünü (Bingöl)
51	2003.05.05	39.01	40.46	10	4.1	Kurtuluş (Bingöl)
52	2003.05.05	39.07	40.44	10	4.1	Sudüğünü (Bingöl)
53	2003.05.04	39.02	40.39	10	4	Balıklıçay (Bingöl)
54	2003.05.04	39.03	40.38	10	4.4	Balıklıçay (Bingöl)
55	2003.05.03	38.86	40.53	10	4	Güveçli (Bingöl)
56	2003.05.01	38.97	40.52	11	4.1	Ağaçyolu (Bingöl)
57	2003.05.01	39	40.37	10	4.2	Kartal (Bingöl)
58	2003.05.01	39.01	40.46	10	6.4	Kurtuluş (Bingöl)
59	2001.12.15	38.79	42.35	3	4.1	Ahlat (Bitlis)
60	2001.11.28	39.52	41.64	10	4	Hınıs (Erzurum)
61	2001.05.29	39.48	42.18	1	4.5	Karayazı (Erzurum)
62	2000.02.01	39.3	41.01	0	4.5	Karlıova (Bingöl)
63	2000.01.19	38.72	41.3	0	4.3	Kayalısu (Muş)
64	1999.07.20	39.6	41.18	11	4.2	Tekman (Erzurum)
65	1999.03.01	38.17	41.13	6	4.3	Silvan (Diyarbakır)
66	1999.03.01	39.33	40.78	0	4.3	Karlıova (Bingöl)
67	1998.04.28	38.64	40.43	0	4.3	Genç (Bingöl)
68	1998.04.13	39.23	41.07	9	5	Karlıova (Bingöl)
69	1997.11.03	38.6	41.02	12	4.1	Kulp (Diyarbakır)
70	1997.11.03	38.76	42.4	8	4.9	Ahlat (Bitlis)

71	1997.10.23	38.71	41.33	0	4	Kayalısu (Muş)
72	1997.09.26	39.33	41.44	0	4	Varto (Muş)
73	1997.06.01	39.35	41.68	0	4	Hınıs (Erzurum)
74	1997.04.19	38.74	42.13	0	4.2	Güroyamak (Bitlis)
75	1997.03.04	39.33	40.98	12	4.3	Karlıova (Bingöl)
76	1997.02.15	38.35	40.59	23	4.3	Lice (Diyarbakır)
77	1996.12.25	38.59	40.7	0	4.3	Lice (Diyarbakır)
78	1996.12.20	39.1	40.72	7	4.4	Alatepe (Bingöl)
79	1996.09.18	39.45	41.42	15	4.4	Hınıs (Erzurum)
80	1995.07.03	39.1	40.98	13	4.2	Karlıova (Bingöl)
81	1994.09.17	37.88	41.48	33	4.9	Kurtalan (Siirt)
82	1992.07.14	39.23	41.78	10	4.5	Hınıs (Erzurum)
83	1992.07.14	39.29	41.74	47	4.5	Hınıs (Erzurum)
84	1991.09.05	39.03	41.58	49	4.2	Akkonak (Muş)
85	1989.01.08	38.77	40.8	10	4.3	Genç (Bingöl)
86	1988.04.09	38.91	40.53	10	4.2	Çayboyu (Bingöl)
87	1987.09.06	39.15	40.5	10	4.2	Adaklı (Bingöl)
88	1987.02.22	38.42	40.5	10	5	Lice (Diyarbakır)
89	1986.01.01	39.14	41.83	36	4.8	Bulanık (Muş)
90	1982.12.11	38.43	40.58	33	4.3	Lice (Diyarbakır)
91	1982.12.09	38.42	40.61	41	4.9	Lice (Diyarbakır)
92	1982.10.13	39.19	41.92	40	4.7	Bulanık (Muş)
93	1982.05.15	39.5	41.8	0	4.4	Hınıs (Erzurum)
94	1982.03.28	39.14	41.88	0	4.3	Bulanık (Muş)
95	1982.03.27	39.23	41.9	38	5.4	Hınıs (Erzurum)
96	1982.03.23	39.5	41.79	10	4.6	Hınıs (Erzurum)
97	1982.03.23	39.22	41.82	10	4.5	Hınıs (Erzurum)
98	1982.03.19	39.27	41.88	33	4.3	Hınıs (Erzurum)
99	1980.07.11	38.54	40.83	53	5.1	Kulp (Diyarbakır)
100	1979.04.11	39.33	41.51	89	4.5	Hınıs (Erzurum)
101	1978.01.17	39.4	41.4	139	4.6	Hınıs (Erzurum)
102	1976.10.08	38.52	40.59	27	4.8	Lice (Diyarbakır)
103	1976.09.05	38.51	40.94	17	5	Kulp (Diyarbakır)
104	1976.08.22	38.58	40.55	44	4.2	Lice (Diyarbakır)
105	1976.01.13	38.6	40.7	68	4.3	Genç (Bingöl)
106	1975.12.30	38.62	40.5	28	4.5	Genç (Bingöl)
107	1975.11.15	38.49	40.63	50	5.1	Lice (Diyarbakır)

108	1975.11.14	38.65	40.75	45	4.9	Genç (Bingöl)
109	1975.11.08	38.5	40.4	51	4.9	Hani (Diyarbakır)
110	1975.10.12	38.7	40.81	42	4.9	Genç (Bingöl)
111	1975.10.07	38.71	40.5	40	4.9	Genç (Bingöl)
112	1975.10.03	38.45	40.66	50	5	Lice (Diyarbakır)
113	1975.09.24	38.68	40.65	38	4.9	Genç (Bingöl)
114	1975.09.21	38.39	40.63	18	4.5	Lice (Diyarbakır)
115	1975.09.20	38.74	40.76	70	4.8	Genç (Bingöl)
116	1975.09.19	38.71	40.82	51	4.6	Genç (Bingöl)
117	1975.09.17	38.41	40.47	38	4.8	Hani (Diyarbakır)
118	1975.09.17	38.76	40.78	51	4.9	Genç (Bingöl)
119	1975.09.17	38.64	40.83	29	4.8	Genç (Bingöl)
120	1975.09.16	38.51	40.64	35	4.9	Lice (Diyarbakır)
121	1975.09.12	38.43	40.55	25	4.7	Lice (Diyarbakır)
122	1975.09.07	38.8	40.7	58	4.6	Genç (Bingöl)
123	1975.09.06	38.42	40.9	31	4.2	Kulp (Diyarbakır)
124	1975.09.06	38.44	40.48	44	5	Lice (Diyarbakır)
125	1975.09.06	38.33	40.56	2	4.9	Lice (Diyarbakır)
126	1975.09.06	38.46	40.82	47	5.1	Lice (Diyarbakır)
127	1975.09.06	38.5	40.5	48	4.2	Lice (Diyarbakır)
128	1975.09.06	38.55	40.58	47	5.2	Lice (Diyarbakır)
129	1975.09.06	38.6	40.8	166	4.4	Genç (Bingöl)
130	1975.09.06	38.51	40.77	32	6.6	Lice (Diyarbakır)
131	1974.07.29	39.05	40.65	17	4.3	Dallıtepe (Bingöl)
132	1971.05.24	38.98	40.6	33	4.9	Göltepesi (Bingöl)
133	1971.05.22	39.23	40.61	50	4.7	Adaklı (Bingöl)
134	1971.05.22	39.08	40.63	41	5	Adaklı (Bingöl)
135	1971.05.22	38.92	40.65	26	5	Kardeşler (Bingöl)
136	1971.05.22	38.85	40.52	3	6.8	Güveçli (Bingöl)
137	1970.04.21	39.22	41.4	28	4.7	Varto (Muş)
138	1969.09.10	39.25	41.38	52	5.6	Varto (Muş)
139	1969.07.23	38.9	41	169	4.4	Solhan (Bingöl)
140	1968.08.13	39.43	41.46	62	4.6	Hınıs (Erzurum)
141	1968.07.12	39.1	41.5	39	4.8	Varto (Muş)
142	1967.12.31	39	42	33	4.5	Bulanık (Muş)
143	1967.02.11	39	41	5	4	Solhan (Bingöl)
144	1967.01.30	39.41	41.49	76	5	Hınıs (Erzurum)

145	1966.12.26	38.85	40.9	28	4.4	Solhan (Bingöl)
146	1966.12.26	38.85	40.9	28	4.8	Solhan (Bingöl)
147	1966.10.06	39.1	41.75	46	4.8	Varto (Muş)
148	1966.09.13	39.17	40.85	46	4.8	Karlıova (Bingöl)
149	1966.08.31	38.9	41.5	131	4.3	Şenoba (Muş)
150	1966.08.23	39.32	40.97	30	4.7	Karlıova (Bingöl)
151	1966.08.22	39.32	41.4	40	4.9	Varto (Muş)
152	1966.08.21	39.26	41.44	22	4.9	Varto (Muş)
153	1966.08.21	39.08	41.5	69	4.8	Varto (Muş)
154	1966.08.21	39.28	41.85	54	4.9	Hınıs (Erzurum)
155	1966.08.20	39.3	40.82	70	4.3	Karlıova (Bingöl)
156	1966.08.20	39.16	40.7	33	5.7	Adaklı (Bingöl)
157	1966.08.20	39.42	40.98	14	6	Karlıova (Bingöl)
158	1966.08.20	38.82	41.49	47	5.1	Karaköprü (Muş)
159	1966.08.20	39.3	41.6	27	4.9	Hınıs (Erzurum)
160	1966.08.19	38.8	41.4	33	4.8	Arpayazı (Muş)
161	1966.08.19	38.4	41.2	172	4.7	Kulp (Diyarbakır)
162	1966.08.19	39.13	41.48	50	5	Varto (Muş)
163	1966.08.19	39.33	41.25	39	5.3	Varto (Muş)
164	1966.08.19	39.21	41.4	14	5	Varto (Muş)
165	1966.08.19	38.99	41.77	32	5.5	Uçsirt (Muş)
166	1966.08.19	39.41	41.3	62	5.3	Tekman (Erzurum)
167	1966.08.19	39.17	41.56	26	6.5	Varto (Muş)
168	1966.07.12	39.25	41.62	40	4.8	Hınıs (Erzurum)
169	1966.05.09	38.27	42.34	33	4.7	Yolalan (Bitlis)
170	1966.05.09	38.3	42.3	92	4.7	Yolcular (Bitlis)
171	1966.03.07	39.2	41.6	26	5.6	Varto (Muş)
172	1965.08.31	39.36	40.79	11	5.5	Karlıova (Bingöl)
173	1965.08.31	39.3	41.2	33	4.8	Varto (Muş)
174	1965.06.28	38	41.3	33	5.4	Beşiri (Batman)
175	1960.09.03	39.29	41.52	70	4.9	Hınıs (Erzurum)
176	1960.08.22	39.28	42.01	60	4.9	Karaçoban (Erzurum)
177	1960.08.09	38.6	41.1	66	4.5	Kulp (Diyarbakır)
178	1960.02.21	38.49	41.52	40	4.9	Sason (Batman)
179	1959.10.25	39.25	41.63	50	5.3	Hınıs (Erzurum)
180	1959.08.29	38.55	41.29	50	4.9	Cevizlidere (Muş)
181	1954.03.28	39.03	40.97	10	5.5	Solhan (Bingöl)

182	1954.03.27	38.8	41.5	10	4.8	Karaköprü (Muş)
183	1953.12.15	39	41.5	30	4.8	Dilimli (Muş)
184	1953.10.14	38.7	41.9	30	4.7	Korkut (Muş)
185	1953.03.23	39.37	41.28	50	5.3	Varto (Muş)
186	1950.08.27	39.38	41.34	60	5.2	Varto (Muş)
187	1950.01.02	39.3	41	30	5.2	Karlıova (Bingöl)
188	1949.08.23	39.42	40.98	10	4.9	Karlıova (Bingöl)
189	1948.10.12	38.5	41.5	30	4.8	Sason (Batman)
190	1948.06.20	39.14	41.43	30	4.9	Varto (Muş)
191	1948.05.19	39.43	41.31	20	4.8	Tekman (Erzurum)
192	1946.05.31	39.29	41.21	60	5.9	Varto (Muş)
193	1943.11.29	38.25	41.54	100	4.9	Kozluk (Batman)
194	1936.03.23	39	42	30	4.7	Bulanık (Muş)
195	1935.10.14	39.2	40.6	30	4.8	Adaklı (Bingöl)
196	1934.11.12	38.54	41	50	5.9	Kulp (Diyarbakır)
197	1929.10.15	38	42	30	5.2	Aydınlı (Siirt)
198	1915.02.14	38.8	42.5	30	5.7	Ahlat (Bitlis)
199	1913.01.27	38.38	42.23	10	5.5	Yolağzı (Bitlis)
200	1907.06.03	38.7	41.5	30	5.3	Soğucak (Muş)
201	1907.03.31	39.1	42.5	30	5.4	Malazgirt (Muş)
202	1907.03.29	38.4	42.1	5	4.9	Bitlis
203	1907.01.29	39.1	42.5	30	5.2	Malazgirt (Muş)
204	1903.05.03	38.7	41.5	30	5.2	Soğucak (Muş)
205	1903.04.28	39.1	42.5	30	6.3	Malazgirt (Muş)

ÖZGEÇMİŞ

24.12.1984 yılında Edirne’de dünyaya geldim. İlk, orta ve lise eğitimimi Edirne’de tamamlayıp 2010 yılında Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü’nden mezun oldum. Yüksek lisans çalışmalarına ise Bitlis Eren Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Disiplinlerarası Afet Yönetimi bölümünde 2016 Güz döneminde başladım.

Yüksek lisans tez konumla ilgili yaptığım çalışmaların bir kısmını aşağıda verilen başlıklarla bazı bilimsel sempozyumlarda sundum.

Ekinci R, Büyüksaraç A, Ekinci YL, 2017. Natural Disaster Diversity of Bitlis City and its Surrounding. International Conference on Multidisciplinary, Science, Engineering and Technology (IMESET’17), 27-29 Ekim, Bitlis, s: 222.

Ekinci R, Büyüksaraç A, Ekinci, YL, 2018. Seismicity and Seismic Hazard Parameters of Bitlis Province and its Surrounding. International Conference on Science, Technology, Engineering, Mathematics and Educational Science, 3-5 Mayıs, Muş, s: 228–229.

Ekinci R, Büyüksaraç A, Ekinci YL, Işık E, 2018. Risk Assessment of Natural Disasters for Bitlis Province Using Fine-Kinney Method. International Conference on Science, Technology, Engineering, Mathematics and Educational Science, 3-5 Mayıs, Muş, s: 230–231.