

Evaluation of Earthquake Catalogs and Modeling of Coulomb Stress Changes in Kırşehir and its Vicinity

Nazlı Ceyla Anadolu Kılıç¹

¹ Nevşehir Hacı Bektaş Veli University, Science and Technology Application and Research Center, 50300 Nevşehir, Türkiye

Keywords

Earthquake catalogs, Stress tensor analysis, Coulomb stress change, Kırşehir

Highlights

- * It was determined that earthquake catalogs for Kırşehir and its vicinity contain significant deficiencies and uncertainties, and that these deficiencies were reduced and improved, resulting in reliable earthquake datasets.
- * It was determined that the dominant stress regime of Kırşehir and its vicinity was strike-slip faulting, based on stress tensor analysis results.
- * It was determined that stress changes in Kırşehir and its vicinity generally developed at a local scale, and that the most significant effect occurred after the 19.04.1938 Kaman (Kırşehir) Earthquake.

Aim

This study aims to evaluate earthquake catalogs and Coulomb stress changes in Kırşehir and its vicinity

Location

This study was conducted in Kırşehir and its vicinity (32.15°-36.15° E_38.07°-40.23° N)

Methods

Earthquake catalogs were compiled and examined, and Coulomb stress changes were modeled

Results

Reliable earthquake datasets for seismicity studies were developed. Strike-slip faulting is the dominant deformation regime. Stress changes generally developed at a local scale.

Supporting Institutions

AFAD, DESINVANter, EMSC, ISC, KRDAE, RCMT, ZUR_RMT

Financial Disclosure:

The author declared that this study has received no financial support

Peer-review

Externally peer-reviewed

Conflict of Interest:

The author has no conflicts of interest to declare

How to cite

Anadolu Kılıç N.C., 2026. Evaluation of Earthquake Catalogs and Modeling of Coulomb Stress Changes in Kırşehir and its Vicinity, Turk Deprem Arastirma Dergisi, 8(2), 343-361, DOI: 10.46464/tdad.1910863.

Manuscript

Research Article

Received: 16.03.2026

Revised: 04.06.2026

Accepted: 05.06.2026

Printed: 31.08.2026

DOI

10.46464/tdad.1910863



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International Non-Commercial License

Corresponding Author

Nazlı Ceyla Anadolu Kılıç

Email: nazlianadolu@nevsehir.edu.tr

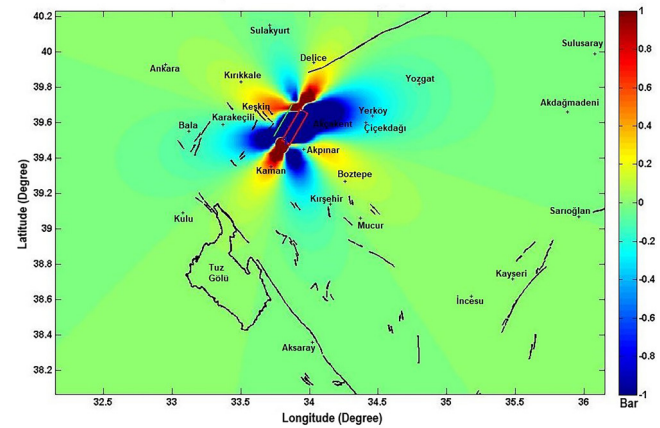


Figure
Coulomb stress distribution after the 19.04.1938 Kaman (Kırşehir)
Earthquake (h=10 km)

Kırşehir ve Çevresine Ait Deprem Kataloglarının Değerlendirilmesi ve Coulomb Gerilme Değişiminin Modellenmesi

Nazlı Ceyla Anadolu Kılıç¹

¹ Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Bilim Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi, 50300 Nevşehir, Türkiye

ÖZET

Yapılan çalışmada, Kırşehir ve çevresine ait tarihsel ve aletsel dönem deprem katalogları incelenmiş ve Coulomb gerilme değişimleri modellenmiştir. Deprem kataloglarının önemli eksiklik ve belirsizlikler içerdiği, bazı depremlerin mevcut kataloglarda yer almadığı veya sınırlı şekilde temsil edildiği belirlenmiştir. Bu eksiklikler ve belirsizlikler azaltılarak ve iyileştirilerek, deprensellik çalışmalarında kullanılabilecek nitelikte güvenilir deprem veri setleri oluşturulmuştur. Gerilme tensör analizine göre doğrultu atımlı faylanmanın baskın olduğu belirlenmiş olup Coulomb modellemeleri, öncelikle 1938, 2012, 2016 depremleri için gerçekleştirilmiş, ardından farklı odak derinlikleri ve büyüklük değerleri dikkate alınarak genişletilmiştir. Belirgin bir tetikleme etkisinin saptanmadığı çalışma alanında, bölgesel ölçekte en baskın gerilme değişiminin 1938 Depremi sonrasında geliştiği gözlenmiştir. Ayrıca gerilme değişimlerinin çoğunlukla lokal ölçekte geliştiği ve bu değişim üzerinde odak derinliği ile büyüklük değerleri seçimlerinin etkili olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler

Deprem katalogları, Gerilme tensör analizi, Coulomb gerilme değişimi, Kırşehir

Öne Çıkanlar

- * Kırşehir ve çevresine ait deprem kataloglarında önemli eksiklikler ve belirsizlikler tespit edilmiş, bu eksiklikler ve belirsizlikler azaltılarak ve iyileştirilerek güvenilir deprem veri setleri oluşturulmuştur
- * Gerilme tensörü analizi sonuçlarına göre Kırşehir ve çevresinde hakim gerilme rejiminin doğrultu atımlı faylanma olduğu belirlenmiştir
- * Kırşehir ve çevresinde gerilme değişimlerinin genel olarak lokal ölçekte geliştiği, en belirgin etkinin 19.04.1938 Kaman (Kırşehir) Depremi sonrasında ortaya çıktığı belirlenmiştir

Makale

Araştırma Makalesi

Geliş: 16.03.2026
Düzeltilme: 04.06.2026
Kabul: 05.06.2026
Basım: 31.08.2026

DOI

10.46464/tdad.1910863

Sorumlu yazar

Nazlı Ceyla Anadolu Kılıç
E-posta:
nazlianadolu@nevu.edu.tr

Evaluation of Earthquake Catalogs and Modeling of Coulomb Stress Changes in Kırşehir and its Vicinity

Nazlı Ceyla Anadolu Kılıç¹

¹ Nevşehir Hacı Bektaş Veli University, Science and Technology Application and Research Center, 50300 Nevşehir, Türkiye

ABSTRACT

In this study, historical and instrumental earthquake catalogs of Kırşehir and its vicinity were examined, and Coulomb stress changes were modeled. It was determined that the earthquake catalogs contain significant deficiencies and uncertainties, and that some earthquakes are either not included in the existing catalogs or are represented in a limited manner. By reducing and improving these deficiencies and uncertainties, reliable earthquake datasets suitable for seismicity studies were established. According to the stress tensor analysis, strike-slip faulting was identified as the dominant deformation regime, and Coulomb modeling was first carried out for the 1938, 2012 and 2016 earthquakes and then extended to include different focal depths and magnitude values. In the study area, where no clear triggering effect was detected, it was observed that the most significant regional stress change developed after the 1938 Earthquake. Additionally, it was determined that stress changes predominantly occur at a local scale and the variations in focal depth and magnitude values play an important role in these changes.

Keywords

Earthquake catalogs, Stress tensor analysis, Coulomb stress change, Kırşehir

Highlights

- * It was determined that earthquake catalogs for Kırşehir and its vicinity contain significant deficiencies and uncertainties, and that these deficiencies were reduced and improved, resulting in reliable earthquake datasets
- * It was determined that the dominant stress regime of Kırşehir and its vicinity was strike-slip faulting, based on stress tensor analysis results
- * It was determined that stress changes in Kırşehir and its vicinity generally developed at a local scale, and that the most significant effect occurred after the 19.04.1938 Kaman (Kırşehir) Earthquake

Manuscript

Research Article

Received: 16.03.2026
Revised: 04.06.2026
Accepted: 05.06.2026
Printed: 31.08.2026

DOI

10.46464/tdad.1910863

Corresponding Author

Nazlı Ceyla Anadolu Kılıç
Email:
nazlianadolu@nevu.edu.tr

1. GİRİŞ

Azor Adalarından başlayıp Güneydoğu Asya'ya kadar uzanan Alp-Himalaya Deprem Kuşağı üzerinde yer alan Türkiye, tektonik yapısı ve jeolojik özellikleri nedeni ile depremsellik çalışmalarının yoğun olarak yürütüldüğü bir bölgedir. Bu nedenle, Türkiye'de meydana gelen depremler 19'uncu yüzyıl başlarından itibaren hem ülke içindeki hem de uzak alanlardaki rasathaneler tarafından izlenmeye ve kayıt altına alınmaya başlanmıştır. Sismoloji alanındaki bilimsel ve teknolojik gelişmelerin hız kazanmasıyla, rasathanelerin kurumsal yapıları modernleşmiş ve zamanla sistematik biçimde deprem bültenleri ve deprem katalogları hazırlayan ulusal ve/veya uluslararası sismoloji merkezlerine dönüşmüşlerdir. Bu resmi katalogların yanı sıra, literatürde kabul gören araştırmacılar tarafından derlenen deprem katalogları da Türkiye'deki sismik aktivitenin zaman içindeki değişiminin izlenmesine katkı sağlayan önemli veri kaynaklarıdır (Pınar ve Lahn 1952, Gutenberg ve Richter 1954, Ergin ve diğ. 1967, Öcal 1968a;1968b, Karnik 1969, Alsan ve diğ. 1975, Ayhan ve diğ. 1981, Güçlü ve diğ. 1986, Ambraseys ve Finkel 1987, Gencoğlu ve diğ. 1990, Kalafat ve diğ. 2000;2007, Kadirioğlu ve diğ. 2017).

Mevcut deprem katalogları incelendiğinde, özellikle aletsel dönemin ilk yıllarında sismograf ağlarının yaygın ve yeterli olmaması nedeniyle genellikle büyük ve hasar yaratan depremlerin kaydedilebildiği; buna karşılık orta ve/veya küçük depremlerin ise çoğunlukla göz ardı edildiği görülmektedir. Ayrıca kullanılan sismografların teknik özelliklerinin birbirinden farklı olması, deprem verilerinin hem homojenliğini hem de kıyaslanabilirliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Büyüklük (M) değerinin belirlenemediği dönemlerde ise şiddet (I) ile büyüklük (M) arasında geliştirilen ampirik ilişkilerden yararlanılması veya çeşitli kabullere/varsayımlara başvurulması, kayıtların güvenilirliğini tartışmaya açan bir diğer sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Buradaki en temel sorun, şiddet (I) ölçek türünün dikkate alınmaksızın yalnızca şiddet değerinden hareketle büyüklük tahminlerinin/hesaplamalarının yapılmaya çalışılmasıdır. Tüm bu olumsuzlukların ancak 1960'lı yıllardan itibaren deprem verilerinde hem yerel hem de küresel ölçekte standardizasyonun sağlanması ile aşılmaya başlandığı görülmektedir. Bununla birlikte, söz konusu iyileştirmeler kendini ancak 1960'lı yıllardan sonra meydana gelen depremlere ait kayıtlarda gösterebilmiş; aletsel dönemin ilk yıllarına ait deprem kayıtlarındaki eksiklik ve belirsizlikler ise sismoloji çalışmaları için önemli bir sorun olmaya devam etmiştir (Sipahioğlu ve Alptekin 1988, Cambaz ve diğ. 2021, Kalafat 2023, Anadolu Kılıç 2025). Erken dönem aletsel deprem kataloglarında tespit edilen bu sorun, depremsellik çalışmalarını istatistiksel olarak olumsuz etkilemenin yanı sıra, bölgesel gerilme birikiminin ve olası deprem etkileşimlerinin de güvenilir bir biçimde değerlendirilmesine engel olmaktadır. Bilindiği üzere, bu tür analizler sonucunda elde edilen depremsellik parametrelerinin ve gerilme dağılımı modellerlerinin güvenilirliği, çalışmada kullanılan katalog kalitesi ile doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle, deprem kataloglarının erken aletsel döneme ait kayıtlar açısından gözden geçirilmesi ve gerekli durumlarda iyileştirilmesi büyük önem taşımaktadır.

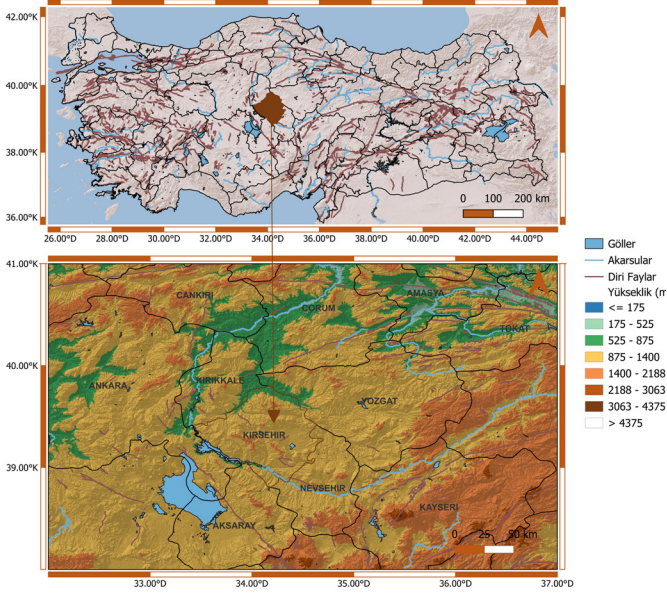
Katalog kalitesine ilişkin bu gerekliliklere ek olarak, gerilme dağılımlarının güvenilir bir biçimde modellenenebilmesinde kullanılan yöntem ve yaklaşımların niteliği de oldukça önemlidir. Literatürde, gerilme analizine yönelik olarak Griffith Kırılma Kriteri ve Mohr Kırılma Kriteri gibi yaklaşımlar tanımlanmış olmakla birlikte, yer kabuğunda meydana gelen kırıkların mühendislik açısından en anlamlı şekilde tanımlayan yaklaşımın Coulomb Kırılma Kriteri olduğu kabul edilmektedir (Jaeger ve Cook 1971, Stein ve Lisowski 1983, King ve diğ. 1994). Yapılan çalışmalar, Coulomb Kırılma Kriteri'nin gerilme alanını inceleyerek depremlerin faylar üzerinde oluşturduğu değişikliği belirlemede ve buna bağlı olarak deprem oluşum olasılığı artan ve/veya azalan bölgelerin tespitinde güvenilir bir yaklaşım olduğunu göstermektedir. Ayrıca bu yaklaşımın, depremler arasındaki tetikleme ilişkilerinin ve/veya deprem oluş zamanındaki değişimlerin değerlendirilmesine yönelik çalışmalarda da yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir (Hudnut ve diğ. 1989, Harris ve Simpson 1992, Jaumé ve Sykes 1992, Reasenberg ve Simpson 1992, Harris ve diğ. 1995, Pollitz ve Sacks 1995, Deng ve Sykes 1996, Jaumé ve Sykes 1996, Nostro ve diğ. 1997).

Kırşehir ve çevresinin (32.15°-36.15°D_38.07°-40.23°K) inceleme alanı olarak ele alındığı bu çalışmada, öncelikle çalışma alanına ait tarihsel ve aletsel dönem deprem katalogları değerlendirilmiştir. Moment büyüklüğü $M_w=6.4$ ve yaklaşık 10 km odak derinliğe sahip 19.04.1938 Kaman (Kırşehir) Depremi, bölgenin bilinen en önemli sismik olaylarından biri olması nedeniyle çalışmanın odak noktası olarak seçilmiştir. Aletsel dönem deprem katalogları deprem öncesi ve sonrası olmak üzere iki ayrı dönemde incelenmiştir. Deprem öncesine ait kataloglarda önemli eksiklerin ve belirsizliklerin bulunması nedeniyle bu dönem için güncellenmiş bir deprem kataloğu hazırlanmış; deprem sonrasına ait kataloglarda belirlenen eksiklikler için ise yalnızca eksik veri içeren olaylardan oluşan tamamlayıcı bir deprem kataloğu oluşturulmuştur.

Çalışma alanında, 19.04.1938 Kaman (Kırşehir) Depremi öncesi ve sonrası deprem kataloglarının değerlendirilmesi ve gerekli iyileştirmelerin yapılmasının ardından bölgesel gerilme durumu belirlenmiştir. Bu gerilme koşulları altında, aletsel dönemde Kırşehir'i etkileyen üç önemli deprem olan 19.04.1938 Kaman (Kırşehir), 05.10.2012 Kaman (Kırşehir) ve 10.01.2012 Çiçekdağı (Kırşehir) Depremleri için Coulomb gerilme dağılımları modellenmiştir. Son aşamada ise, çalışma alanının tamamını kapsayacak şekilde 1900-2024 yılları arasında meydana gelen depremler kullanılarak çeşitli Coulomb gerilme dağılımları modellenmiştir. Böylece, çalışma alanına ait deprem kayıtlarındaki olası belirsizliklerin giderilmesi ve geleceğe yönelik olası deprem senaryolarının daha güvenilir sınırlar içerisinde tanımlanmasına katkı sağlayacak bir değerlendirme ve modelleme çerçevesi ortaya konmuştur.

2. DEPREM KATALOGLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Batı Anadolu Genişleme Bölgesi ile Doğu Anadolu Sıkışma Bölgesi arasında yer alan ve iki tektonik rejimin birbirine geçişi sırasında etkilerinin daha zayıf biçimde hissedildiği Orta Anadolu Ovalar Bölgesi'nin bir alt alanı olan Kırşehir ve çevresi (32.15°-36.15°D_38.07°-40.23°K) çalışma alanı olarak belirlenmiştir (Şekil 1).



Şekil 1: Kırşehir ve çevresi için lokasyon haritası
Figure 1: Location map of Kırşehir and its vicinity

Tablo 1: Çalışma alanında 1900-19.04.1938 döneminde meydana gelen depremler
Table 1: Earthquakes occurred in the study area between 1900-19.04.1938

Tarih	Saat	Boylam (°D)	Enlem (°K)	Derinlik (km)	Şiddet (I) Büyüklük (M)	Açıklama	Referans
26.04.1900*	10:45:--	34.81°	39.82°	--	I=V	Artçı sarsıntılar günlerce devam etmiştir.	A
27.04.1900*	23:45:--	34.81°	39.82°	--	--	Yozgat	A, B
27.05.1900	10:00:--	34.67°	38.44°	--	M _s =4.3	Artçı sarsıntı, 1 kişi hayatını kaybetmiştir	A, C
16.11.1900*	18:30:--	34.62°	38.75°	--	I=VI	Nevşehir	A
30.09.1902*	09:50:--	--	--	--	--	Daha fazla veriye muhtaç	C
28.12.1902*	08:35:--	--	--	--	--	Kırşehir, şiddetli derecede hissedilmiştir	C
31.07.1903*	09:00:--	34.81°	39.82°	--	--	Kırşehir, hafif derecede hissedilmiştir	A, C
02.08.1903*	---	34.80°	39.80°	0	M _s =4.3	Yozgat,	D, E
12.09.1903*	09:30:--	33.54°	38.94°	--	--	Şereflikoçhisar	A, C
03.10.1904*	---	33.62°	39.67°	--	--	--	A
23.06.1907*	16:15:--	32.51°	39.43°	--	--	--	A
21.12.1907*	14:00:--	35.49°	38.38°	--	--	--	A
11.04.1908	21:45:--	32.50°	40.00°	10	M _s =4.5	--	A
12.04.1908*	00:30:--	32.90°	39.90°	--	M _s =3.1	Ankara	D
05.10.1910*	--	34.62°	38.74°	--	I=V	Daha fazla veriye muhtaç	A, C
19.02.1911*	--	33.50°	40.07°	--	I=VI	--	A
27.01.1913*	20:10:--	33.12°	39.56°	--	--	--	A
28.05.1914	11:27:29	35.80°	39.84°	10	M _s =5.4	Akdağmadeni-Yozgat	F, H
06.06.1914*	02:50:--	36.00°	39.25°	--	--	Artçı sarsıntı	A
03.07.1914	00:19:--	36.00°	39.20°	--	M _s =4.7	Artçı sarsıntı, daha fazla veriye muhtaç	A
25.12.1915	06:06:--	36.15°	39.30°	10	M _s =5.5	Sivas Paftası	A, G
07.08.1917*	03:49:20	34.50°	40.10°	--	M _s =4.0+ M=<4.6	Yozgat	D, H
16.01.1918	16:32:06	32.90°	38.80°	10	M _s =5.3	Cihanbeyli-Konya	F
25.02.1920*	23:32:20	32.90°	38.80°	0	M _s =4.3	Cihanbeyli-Konya	D, E
26.02.1920*	23:04:03	32.90°	38.80°	0	M _s =5.0	Cihanbeyli-Konya	D, E
16.01.1921	23:55:55	32.79°	38.33°	10	M _s =5.7	Altınekin-Konya, Episantr koordinatları şüpheli	F, I
22.01.1924*	11:04:50	33.20°	39.30°	5-50	M _s =5.8	Kırşehir	D, I, İ
29.12.1926*	21:25:30	34.50°	38.50°	0	M _s =4.3	Nevşehir	D, E
05.07.1928	03:31:12	34.80	39.20°	5-50	M _s =4.5	Kozaklı-Nevşehir	F, I
04.10.1928	11:14:07	33.67	40.22	10	M _s =5.7	Sulakyurt-Kırıkkale	D, E, F
09.04.1930	05:07:46	34.00°	39.70°	30	M _s =5.0	Akçakent-Kırşehir	F, I
28.06.1933	11:54:39	33.20°	39.30°	5-50	M _s =4.7	Bala-Ankara	F, I
21.01.1934*	--	33.60°	40.10°	--	M _s =4.6	Kalecik-Ankara, şiddetli fakat hasarsız, Ankara Bölgesinden geçen faylarla ilişkili	D, E, J, K

* Mevcut kataloglarda yer almayan, farklı enlem boylam değeri ile tanımlanmış veya deprem şiddet/büyüklük değerleri belirtilmemiş depremler

A: Ambraseys ve Finkel (1987), B: DESINVANTER (2025), C: İrkin (2022), D: Öcal (1968a), E: Gencoğlu ve diğ. (1990), F: KRDAE (2025) G: AFAD (2025), H: Alsan ve diğ. (1975), I: Karnik (1969), İ: ISC (2025), J: Pınar ve Lahn (1952), K: Ergin ve diğ. (1967)

Tablo 1, 19.04.1938 Kaman (Kırşehir) Depremi öncesindeki sismik aktiviteyi tanımlamanın ötesinde, çalışma alanı için mevcut kataloglarda yer almayan depremlerin varlığını da ortaya koymaktadır. Burada dikkat çeken en önemli nokta; kataloglarda yer almayan bu depremlerin büyük çoğunluğunun büyüklük (M) değerinin net olarak bilinmemesidir. Bu

Şekil 1'de görülen çalışma alanına ait tarihsel ve aletsel dönem deprem katalogları sırasıyla değerlendirilmiştir. Yapılan inceleme sonucunda, Kırşehir için tarihsel dönem içinde doğrudan bir deprem kaydına ulaşılamamıştır. Bununla birlikte, her ne kadar Kırşehir Depremi olmasalar da çalışma alanının yakın çevresinde meydana geldikleri bilinen 1205, 1714-1717 ve 1835 Kayseri Depremlerinin bölgesel depremselliğin değerlendirilmesi sürecinde göz ardı edilmemesi gerekmektedir. Aletsel döneme ait çalışmalar incelendiğinde ise, Kırşehir'in depremselliğinin büyük ölçüde 19.04.1938 Kaman (Kırşehir) Depremi ekseninde tanımlandığı ve bu deprem öncesindeki sismik hareketliliğin çoğunlukla göz ardı edildiği görülmüştür. Bu nedenle yapılan çalışmada öncelikle aletsel dönem başlangıcından 19.04.1938 Kaman (Kırşehir) Depremine kadar geçen sürede, çalışma alanında meydana gelen depremler belirlenmiş olup, elde edilen depremlere ait parametreler Tablo 1'de sunulmuştur.

depremlerin istatistiksel açıdan anlamlı veri sunmaması nedeniyle kataloglarda bulunmaması anlaşılır olmakla birlikte, günümüzde depremsellik çalışmalarında güvenilirliğin büyük ölçüde kataloglara ait tamamlılık magnitud (M_c) değerinin doğru biçimde belirlenmesine bağlı olduğu düşünüldüğünde, herhangi bir bölgenin geçmişte büyüklük değeri açısından

küçük yerel depremler üretmiş olduğunun bilinmesi önemli görülmektedir. Dolayısıyla, söz konusu veriler çalışma alanının depremselliğinin anlaşılması açısından değerli bir veri kaynağı sunmaktadır. Büyüklük değeri bilinmeyen depremlerin yanı sıra, 1903 Yozgat Depremi ($M_s=4.3$), 1908 Ankara Depremi ($M_s=3.1$), 1917 Yozgat Depremi ($M_s=4.0+$, $M=<4.6$), 1920 Konya Depremleri ($M_s=4.3$ ve 5.0), 1924 Kırşehir Depremi ($M_s=5.8$), 1926 Nevşehir Depremi ($M_s=4.3$) ve 1934 Ankara Depremi ($M_s=4.6$) gibi büyüklük değeri bilinen depremlerin de kataloglarda yer almadığı görülmektedir.

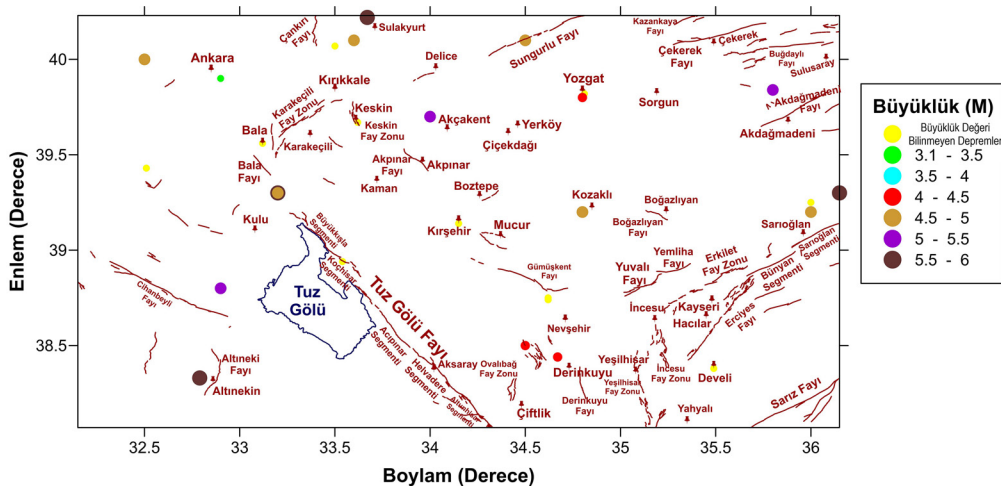
Tablo 1’de listelenen depremlerden şiddet değeri verilenler için kullanılan ölçek Medvedev-Sponheuer-Karnik (MSK) olup, büyüklük değeri belirlenebilen depremler için ise şiddet değeri ile ilgili herhangi bir veri tabloya eklenmemiştir. 1902 Depremlerine ait koordinat bilgisine ulaşamadığından, episantr konumu olarak Kırşehir merkez koordinatları esas alınmıştır. Benzer şekilde, 07.08.1917 tarihinde Yozgat’ta meydana geldiği belirtilen depreme ilişkin büyüklük değerinin net bir şekilde belirtilmemesi nedeniyle $M=4.5$ değeri atanmış ve söz konusu deprem, büyüklüğü belirlenebilen depremler kategorisinde değerlendirilmiştir. Tablo 1’de verilen depremler için istatistiksel bir analiz yapılmayıp, veriler yalnızca depremselliğin kabaca uzaysal dağılımının belirlenmesinde kullanılmıştır. Bu nedenle yapılan söz konusu kabuller çalışma kapsamında istatistiksel açıdan güvenilirlik sorunu oluşturmamaktadır.

Tablo 1’de listelenen 1900-1938 yılları arasında Kırşehir ve çevresinde meydana gelen depremlerin, ölçek türü gözlemlenmesiz $3.1 \leq M \leq 5.8$ aralığında değiştikleri görülmektedir. Bununla birlikte en yüksek yoğunluk % 42.42 ile büyüklüğü tanımlanamamış depremlerdir. Bu grubu %18.18 ile $4.5 \leq M < 5$ aralığında yer alan depremler izlemektedir. Dikkat çekici bir diğer bulgu, kataloglarda yer almayan depremlerin dahi %36.36’sının büyüklük değerine sahip olmasıdır. Tespit edilen kayıt eksiklikleri ve belirsizlikler, Orta Anadolu Ovaları Bölgesi’nde şimdiye kadar yapılan sismik tehlike ve risk temelli çalışmaların güvenilirliğini tartışmaya açmaya yeterlidir. Daha da önemlisi, özellikle aletsel dönemin

başlangıcından deprem verilerinin standart hale getirildiği 1960’lı yıllara kadar olan süre için deprem kataloglarının gözden geçirilmesini ve lüzumlu ise güncellenmesi gerekliliğini göstermektedir.

Tablo 1, Kırşehir özelinde değerlendirildiğinde ise 1902, 1924 ve 1930 Depremleri ön plana çıkmaktadır. 1902 Depremleri sadece tek bir kaynağa dayanmakta olup, detaylı bilgilere ulaşamamaktadır. 22.01.1924 Depremi ise, Öcal (1968) tarafından Kırşehir Depremi olarak belirtilmesine rağmen episantrının gerçekte Bala (Ankara) yakınlarında yer aldığı anlaşılmaktadır. Yüzey dalgası ölçeği (M_s) cinsinden $M_s=5.8$ büyüklüğündeki bu tarihli deprem, ulusal sismoloji merkezlerinde Dursunbey (Balıkesir, 39.51° K 28.40° D; $M_s=5.3$) olarak kaydedilmiştir. Yapılan incelemeler, ulusal sismoloji merkezlerinin aynı referansa dayandığını ve International Seismological Centre (ISC) kataloğunda International Seismological Summary (ISS) referansı ile 39.30° K 33.20° D koordinatlarında tanımlanan deprem verisini göz ardı ettiklerini göstermektedir. Ayrıca, deprem katalogları için temel başvuru kaynaklarından biri olan Karnik (1969) tarafından verilen bilginin de değerlendirmeye alınmadığı görülmüştür. Bu nedenle, diğer kayıtlarda olduğu gibi, 22.01.1924 Depreminin de eksik ya da hatalı biçimde dijital ortama aktarılmış olma ihtimali göz önünde bulundurularak, Tablo 1’de tanımlandığı hali ile çalışmaya dahil edilmiştir. Kırşehir için hem tarihsel hem de aletsel dönem boyunca belirgin bir sismik aktivite gözlenmemekle birlikte, 09.04.1930 ($M_s=5.0$) Depremi çalışma alanı açısından önemli bir sismik olaydır. Ancak, söz konusu depreme ilişkin verilerin literatürde son derece sınırlı olduğu görülmektedir. Aletsel dönemin erken evrensinde meydana gelmesinin dezavantajının yanı sıra, depremin hem büyüklük hem de yarattığı etki açısından 19.04.1938 Kaman (Kırşehir) Depreminin gölgesinde kaldığı görülmektedir.

Oluşturulan katalogda yer alan depremlerin % 42.42’sinin büyüklük değeri eksik olmakla birlikte, Kırşehir ve çevresindeki depremselliğin genel karakterini ortaya koyabilmek amacıyla episantr dağılım haritası hazırlanmıştır. Söz konusu depremler harita üzerinde sarı renk ile gösterilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2: Çalışma alanında 1900-19.04.1938 döneminde meydana gelen depremlerin episantr dağılım haritası (Emre ve diğ. (2013)’ten sadeleştirilmiştir)

Figure 2: Epicenter distribution map of earthquakes that occurred in the study area between 1900-19.04.1938 (simplified from Emre et al. 2013)

Şekil 2'de büyüklük değeri bilinen ve bilinmeyen tüm depremler bir arada değerlendirildiğinde, sismik aktivitenin tek bir alanda kümelenmediği; bunun yerine çalışma alanının geneline dağılmış bir depremsellik karakterinin var olduğu görülmektedir.

1938 öncesi depremselliği incelenen Kırşehir için, bölgedeki sismik karakterin anlaşılmasında önemli bir eşik olduğu daha önce de belirtilen 19.04.1938 Kaman (Kırşehir) Depremi ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Türkiye'de deprem sonrası teknik incelemeler yapmak için İstanbul dışına ekip gönderilen ilk deprem olması, depreme ilişkin oldukça detaylı arazi gözlemlerine olanak sağlamıştır (KRDAE 2025). Yapılan arazi incelemeleri sonucunda, episantr alanının genişliği 177 km², uzunluğunun ise kuzey-güney yönünde 30 km, doğu-batı yönünde 24 km olduğu belirtilmiştir. En fazla hasarın görüldüğü Akpınar-Köşker civarında şiddet (I) değerinin Mercalli-Sieberg (M-S) ölçeğine göre I=IX olduğu, zemin koşullarına

bağlı olarak ise şiddet (I) değerinin $V \leq I \leq VIII$ aralığında değişim gösterdiği ifade edilmiştir. Episantr alanı içinde az hasar görmüş ya da hiç hasar görmemiş alt alanlar ise Deprem Adaları olarak tanımlanmıştır (Wilhelm ve Kleinsorge, 1940). 19.04.1938 Kırşehir Depremi ile ilgili arazi çalışmaları artçı sarsıntıların farklı şiddet derecelerinde ve sıklıkla yaşandığını göstermektedir (Arni 1938, Wilhelm ve Kleinsorge 1940). Eyidoğan ve diğ. (1991) tarafından yapılan çalışmada ana şok sonrası artçı sarsıntıların 20 gün devam ettiği belirtilmiştir. Pınar ve Lahn (1952) tarafından yapılan çalışmada 1938 Nisan ile Mayıs aylarında Kırşehir Depremi'nin artçıların bütün Kuzeybatı Anadolu'da hissedildiği belirtilmiştir. Wilhelm ve Kleinsorge (1940) tarafından yapılan çalışmada 17.05.1938 ile 05.06.1938 tarihleri arasında 20 sarsıntı kaydedilmiş olduğu ifade edilmiştir. İstanbul Kandilli Rasathanesi (1942) tarafından hazırlanan Meteoroloji, Sismoloji ve Mıknatıs Rasatları No: 18'de Galitzine sistemi sismograf kullanılarak elde edilen 19.04.1938 artçı sarsıntıları ile ilgili parametreler tablo halinde sunulmuştur (Tablo 2).

Tablo 2: 19.04.1938 (Kaman) Kırşehir Depremi Artçı Sarsıntılarına Ait Parametreler (İstanbul Kandilli Rasathanesi 1942 Yılı Meteoroloji, Sismoloji ve Mıknatıs Rasatları No:18'den düzenlenmiştir)

Table 2: Parameters of the 19.04.1938 Kaman (Kırşehir) Earthquake Aftershocks (Adapted from Istanbul Kandilli Observatory 1942 Meteorology, Seismology and Magnetism Observations No:18)

Tarih	Fazlar	Zamanlar h. m. Sec	N-S Bileşeninde Period Sec	A _N mm.	A _E mm.	A _Z mm.	Δ	Düşünceler
20 Nisan 1938	P _n P R PS S F	01.12.17 12.25 13.04 13.28 01.57.-	---	---	---	---	480	Kırşehir 19.04.1938 Kırşehir Depremi'nin artçı sarsıntısıdır Sabah kadar artçı sarsıntılar devam etmiştir.
21 Nisan 1938								Kırşehir Depremlerine ait 9 adet artçı sarsıntı kaydedilmiştir.
24 Nisan 1938								Kırşehir Farklı şiddet derecelerinde artçı sarsıntılar kaydedilmiştir.
25 Nisan 1938								Kırşehir Farklı şiddet derecelerinde artçı sarsıntılar kaydedilmiştir.
26 Nisan 1938								Kırşehir Farklı şiddet derecelerinde artçı sarsıntılar kaydedilmiştir.
27 Nisan 1938	P _n R PS S F	11.41.36 42.09 42.31 11.58.-						Kırşehir
13 Mayıs 1938*	P _n P S F	00.01.14 11.33 12.40 00.53.-	8	190	152	197	540	Anadolu
14 Mayıs 1938*	P _n R PS S F	06.47.02 47.55 48.23 07.13.-	6	144	-	26	510	
14 Mayıs 1938*	P _n	06.56.04	6.5	88	---	23		14.05.1938 tarihli depremin artçı sarsıntısıdır. İki sarsıntının safhaları birbiri ile karışmıştır.
14 Mayıs 1938*	P _n S F	08.56.36 58.04 09.16.-	6	124	---	20		Artçı sarsıntıdır.

*Doğrudan Kırşehir olarak adlandırılan depremler olmamalarına rağmen meydana geldikleri uzaklıklar göz önüne alındığında bu kapsamda değerlendirilmiştir.

Tablo 2'de ayrıntılı bir şekilde sunulan artçı sarsıntılar ile ilgili herhangi bir büyüklük (M) değerinin bulunmaması, ana şok ile ana şok dışında öncü şok, artçı şok, deprem yığılımları ve deprem çiftleri gibi, ana şoka bağlı olarak meydana gelmesi muhtemel olayların belirlenmesini engellemektedir.

19.04.1938 Kaman (Kırşehir) Depremi ekseninde tanımlanan çalışma alanının depremselliği incelendiğinde, yalnızca söz konusu deprem öncesinde değil, sonrasına ait sismik kayıtların da eksiklikler ve/veya belirsizlikler içerdiği tespit edilmiştir. Bu kapsamda, mevcut kataloglarda yer almayan depremler belirlenerek listelenmiştir (Tablo 3).

Tablo 3: Çalışma alanında 19.04.1938 Depreminden sonra meydana gelen ve mevcut kataloglarda yer almayan depremler
Table 3: Earthquakes that occurred and not included in existing catalogs in the study area after 19.04.1938 earthquake

Tarih	Saat	Boylam (°D)	Enlem (°K)	Derinlik (km)	Şiddet (I) Büyüklük (M)	Açıklama	Referans
23.12.1938	01:32:22	33.70	39.50	5-10	M _s =4.2	--	D, I
03.08.1940	--	35.20	39.50	0	M _s =4.3	Yozgat	D, E, M
16.03.1941	--	32.90	39.90	--	M _s =3.4 I=III-IV I=V	Ankara Hafif bir deprem meydana gelmiştir. 1940 ve 1941 yıllarında İç Anadolu'da kaydedilen depremler 27.12.1939 Erzincan Depreminin uzak replikleri olarak değerlendirilmiştir.	D, J, K
16.03.1941	--	32.90	39.95	--	M _s =4.6	Ankara	E
20.07.1942	11:30:00	35.50	40.06	--	M _s =4.6	Öcal (1968) tarafından 40.60°K- 33.00°D Karnik (1969) tarafından ise 40.60°K- 35.00°D koordinatlarında tanımlanmıştır. Şiddet değeri olarak ise her iki çalışmada da I= V-VI olarak belirtilmiştir.	E
03.10.1952	10:55:00	35.90	38.80	--	M _s =4.3	Bünyan (Kayseri)	D, E
25.07.1955	17:18:24	32.25	38.75	--	M _s =5.0	Öcal (1968) tarafından 38.70°K- 32.20°D M=4.3, Alsan vd. (1975) tarafından ise 38.75°K- 32.25°D M<4.0 olarak kaydedilmiştir.	E
26.01.1960	00:30:--	32.90	39.90	--	I=IV	Ankara	N
15.03.1961	21:45:00	34.20	39.10	0	M _s =4.9	Kırşehir Öcal (1968b) tarafından, depremin şiddeti I=V-VI olarak belirlenmiş ve hafif hasar meydana geldiği rapor edilmiştir.	E
03.04.1961	06:40:00	34.20	39.10	--	I=IV	Kırşehir	N
14.05.1971	06:00:19	32.30	38.70	33	M _s =4.3	---	E
17.05.1974*	13:04:16	32.30	39.50	--	--	Orta Anadolu, Polatlı (Ankara) çevresi ISC güncel katalogunda, depremin 32.40°D 39.46°K koordinatlarında kaydedildiği, odak derinliğinin ise h= 7 km olduğu görülmektedir.	O
17.05.1975*	01:30:15	35.70	38.50	33	--	Kayseri, ISC güncel katalogunda, depremin 35.50°D 38.36°K koordinatlarında kaydedildiği, odak derinliğinin ise h= 6 km olduğu görülmektedir.	O
03.12.1975*	23:29:27	36.16	39.70	--	--	Yozgat, Akdağmadeni yöresi, ISC güncel katalogunda, depremin 35.74°D 39.07°K koordinatlarında kaydedildiği, odak derinliğinin ise h= 7 km olduğu görülmektedir.	O

* ISC (2025) katalogunda bulunan ve şiddet/büyüklük değerleri ile ilgili veri olmadığı için güncel kataloglarda yer almadıkları düşünüldükten bu tabloya eklenmiş depremler

D: Öcal (1968a), E: Gencoğlu ve diğ. (1990), J: Pınar ve Lahn (1952), M: Dirik ve Göncüoğlu (1996), N: Öcal (1968b), O: Güçlü ve diğ. (1986)

Tablo 3, deprem parametrelerinin tümü bakımından homojen ve eksiksiz bir veri seti sunmamakla birlikte, özellikle aletsel kayıtların sınırlı olduğu 1938-1975 dönemi için Orta Anadolu'daki sismik aktivitenin göz ardı edilmemesini sağlamaktadır. Tabloda yer alan depremlerin bir kısmı sadece ölçek türü Mercalli-Sieberg (MS) olan şiddet değeri ile temsil edilirken, bazı olaylarda episantr ve odak derinliği bilgilerinin farklı kataloglar arasında değişkenlik gösterdiği dikkat çekmektedir. Kırşehir özelinde ise 1961 yılında meydana gelen depremler, çalışma alanının küçük-orta büyüklükteki depremlerle dahi hissedilir düzeyde etkilenebildiğini göstermesi açısından önem taşımaktadır.

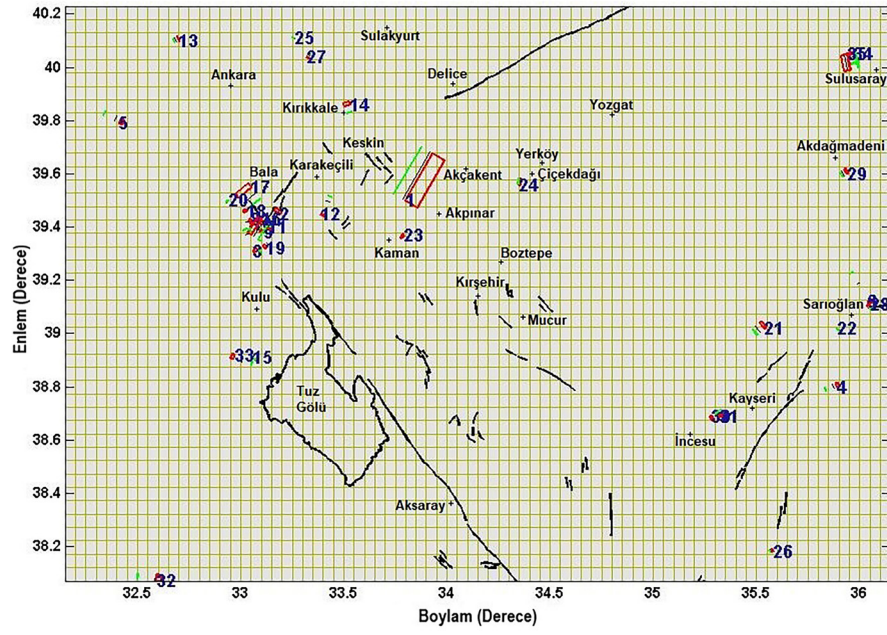
Kırşehir'i etkileyen son önemli sismik olayların 05.10.2012 Kaman (Kırşehir) ve 10.01.2016 Çiçekdağı (Kırşehir)

Depremleri olduğu belirlenmiştir. Sığ odaklı olan bu depremlerin büyüklükleri moment ölçeği (M_w) cinsinden sırası ile M_w=4.6 ve M_w=5.0 olup, herhangi bir can kaybına ya da hasara neden olmamışlardır.

3. COULOMB GERİLME DEĞİŞİMİ

3.1) Veri

Çalışma alanının kinematik özelliklerinin belirlenebilmesi ve elde edilen parametreler doğrultusunda Coulomb gerilme dağılımının modellenenbilmesi için 32.15°-36.15°D_38.07°-40.23°K sınırları içerisinde 1900-2024 yılları arasında meydana gelen moment büyüklüğü M_w≥4.5 olan depremlere ait kaynak parametreleri; ulusal/uluslararası sismoloji merkezleri tarafından hazırlanan deprem kataloglarından ve çeşitli araştırmacılar tarafından yapılmış çalışmalardan derlenmiştir (Şekil 3).



Şekil 3: Çalışmada kullanılan depremlerin episantr dağılımı ve fay modelleri
Figure 3: Epicentral distribution and the fault models of the earthquakes in the study area

Şekil 3, 1900-2024 yılları arasında çalışma alanında meydana gelen ve moment büyüklüğü $M_w \geq 4.5$ olan depremlerden

kaynak parametreleri belirlenebilenlerin episantr dağılımlarını göstermektedir (Tablo 4).

Tablo 4: Çalışma alanında meydana gelen depremlere ($M_w \geq 4.5$) ait kaynak parametreleri
Table 4: Source parameters of earthquakes ($M_w \geq 4.5$) in the study area

No	Tarih (G.A.Y.)	Oluş Zamanı	Boylam (D)	Enlem (K)	Derinlik (h, km)	Magnitüd (M_w)	Doğrultu	Dalış	Atım	Referans
1	19.04.1938	10:59:17	33.80°	39.50°	10	6.4	30°	60°	4°	Ö, P, R
2	04.07.1978	22:39:16	33.19°	39.45°	23	5.0	303°	66°	-129°	S
3	21.04.1983	16:18:57	33.06°	39.31°	30	4.8	64°	72°	-25°	Ö, Ş
4	14.12.1998	13:06:08	35.89°	38.80°	10	4.7	339°	64°	166°	T
5	24.08.1999	17:33:26	32.41°	39.79°	10	4.9	27°	53°	-2°	T
6	04.07.2005	21:33:03	36.04°	39.12°	18	4.5	58°	52°	-61°	U
7	30.07.2005	21:45:01	33.13°	39.40°	6.3	5.3	301°	70°	-169°	S
8	31.07.2005	15:18:19	33.05°	39.43°	17.6	4.5	212°	79°	-12°	S
9	31.07.2005	23:41:35	33.11°	39.38°	8.2	4.6	285°	66°	-141°	S
10	01.08.2005	00:45:07	33.06°	39.41°	10	4.5	277°	73°	-130°	Ş
11	01.08.2005	13:22:--	33.13°	39.40°	3.6	4.7	115°	80°	175°	Ü
12	06.08.2005	09:09:26	33.39°	39.45°	28	4.7	111°	74°	171°	T
13	12.11.2006	02:36:32	32.70°	40.10°	18	4.8	338°	84°	162°	V
14	06.10.2007	11:35:09	33.53°	39.86°	5	5.0	251°	60°	126°	Y
15	13.12.2007	18:06:--	33.06°	38.91°	12	4.9	133°	89°	145°	Ş
16	20.12.2007	09:48:--	33.10°	39.43°	12	5.7	214°	73°	17°	Ş
17	26.12.2007	23:47:--	33.05°	39.55°	15	5.6	231°	67°	5°	Ş
18	27.12.2007	13:47:--	33.03°	39.46°	18	4.5	259°	67°	27°	Ş
19	01.02.2008	09:11:--	33.12°	39.32°	4	4.6	314°	58°	-66°	Ş
20	15.03.2008	10:15:--	32.94°	39.50°	6	4.5	239°	89°	8°	Ş
21	12.11.2008	14:03:23	35.54°	39.02°	16	5.1	318°	75°	-174°	T
22	22.11.2011	04:50:37	35.89	39.02	11.12	4.6	151	90	-177	Z
23	05.10.2012	10:25:27	33.79°	39.37°	6	4.6	213°	70°	-100°	Ş
24	10.01.2016	17:40:48	34.35°	39.56°	13.6	5.0	5°	87°	10°	Z
25	23.01.2020	03:54:11	33.26°	40.11°	13.65	4.5	290°	89°	-176°	Z
26	27.11.2020	08:27:55	35.58°	38.18°	10	4.6	331°	84°	-170°	Ö
27	10.01.2021	19:53:01	33.32°	40.04°	13.19	4.5	116°	82°	160°	Z
28	02.02.2021	00:02:43	36.05°	39.11°	18.22	4.6	234°	84°	-19°	Z
29	17.01.2022	23:28:55	35.94°	39.60°	19	4.9	329°	83°	-178°	Ö
30	07.03.2023	11:47:27	35.28°	38.69°	16.4	4.7	146°	73°	-143°	Z
31	10.03.2023	02:28:13	35.32°	38.69°	7	4.8	33	76	2	Z
32	10.08.2023	15:06:51	32.59°	38.07°	7.83	5.0	5	44	-99	Z
33	29.08.2023	04:58:14	32.97°	38.92°	13.57	4.8	199	60	4	Z
34	17.04.2024	22:06:59	35.97°	40.05°	9.97	4.7	259	69	-152	Z
35	18.04.2024	15:11:23	35.94°	40.05°	5.25	5.6	169	56	-25	Z

Tablo 4 oluşturulurken, büyüklük değeri moment ölçeği (M_w) dışında tanımlanan depremler nedeniyle bir dönüşüm bağıntısına ihtiyaç duyulmuştur. Bu tür durumlarda, en uygun yaklaşım çalışma alanına özgü ampirik bağıntıların geliştirilmesi veya literatürde yaygın olarak kabul gören mevcut bağıntıların kullanılmasıdır. Ancak, mevcut veri setinin sınırlı olması, istatistiksel olarak güvenilir lokal bir bağıntı türetilmesine olanak vermemiştir. Ayrıca çalışma alanına özgü geliştirilmiş bir bağıntı da literatürde bulunmamaktadır. Bu nedenle, literatürde kabul gören ampirik bağıntılar arasından en uygun olanı seçilerek dönüşüm işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, Güllal ve diğ. (2012) tarafından geliştirilen ve Denklem 1, Denklem 2, Denklem 3 ve Denklem 4'te verilen

ampirik bağıntılar kullanılarak moment ölçeği (M_w) cinsine dönüştürülmüştür.

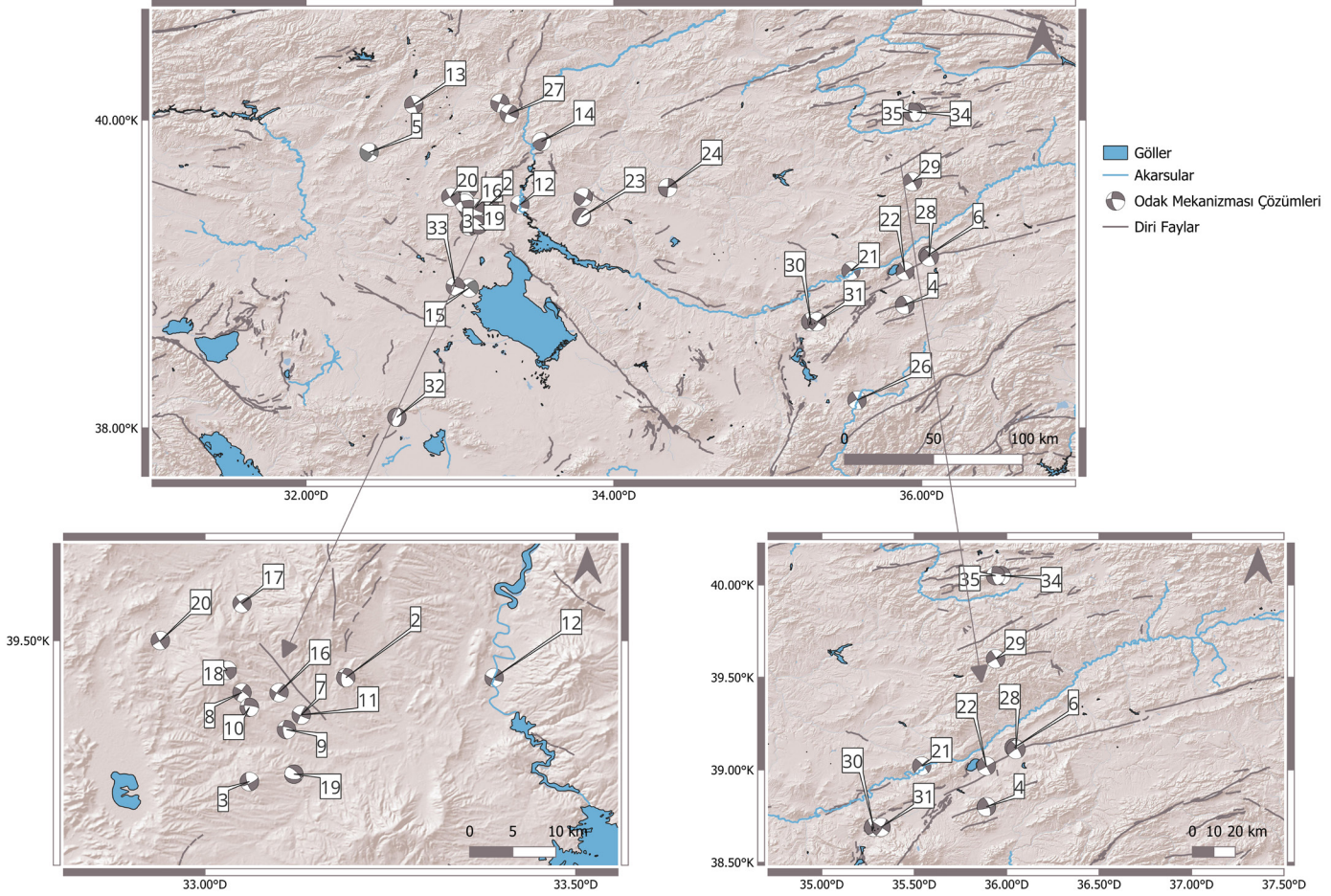
$$M_w = 1.117 * M_b - 0.387 \quad R^2=0.976 \quad (1)$$

$$M_w = 1.059 * M_d - 0.095 \quad R^2=0.976 \quad (2)$$

$$M_w = 1.027 * M_l + 0.048 \quad R^2=0.926 \quad (3)$$

$$M_w = 0.790 * M_s + 1.223 \quad R^2=0.975 \quad (4)$$

Şekil 3'te episantr dağılımları, Tablo 4'te ise kaynak parametreleri sunulan depremlere magnitüd dönüşümü işlemi uygulanmış; son aşamada odak mekanizması dağılım haritası oluşturulmuştur (Şekil 4).



Şekil 4: Çalışmada kullanılan depremlerin odak mekanizması çözümleri ve dağılımları
Figure 4: Focal mechanism solutions and distributions of the earthquakes in the study area

Şekil 3 ve Şekil 4'te gösterilen depremler incelendiğinde, depremlerin büyüklük değerlerinin %82.85'sinin $4.5 \leq M_w \leq 5.0$ aralığında; odak derinliklerinin ise %68.57'sinin $3.6 \leq h \leq 15$ aralığında yoğunlaştığı görülmektedir. Bu dağılım, veri setinin ağırlıklı olarak küçük, orta büyüklükte ve sık odaklı depremlerden oluştuğunu göstermektedir.

3.2) Yöntem

3.2.1) Gerilme Tensör Analizi

Literatürde, deprem odak mekanizmalarından yararlanılarak Denklem 5'te tanımlanan ana gerilme eksenleri (σ_1 , σ_2 ve σ_3) ile gerilme şekil oranı (R) değerinin belirlenmesine yönelik çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Michael 1984, Gephart ve

Forsyth 1984, Lund ve Slunga 1999, Arnold ve Townend 2007, Maury ve diğ. 2013).

$$R = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\sigma_3 - \sigma_1} \quad (5)$$

Odak mekanizmalarına dayalı gerilme alanı analizlerinde karşılaşılan temel sorunlardan biri, iki nodal düzlemden hangisinin gerçek fay düzlemi olduğunun belirlenmesidir. Bu ayrımın hatalı yapılması durumunda, elde edilen gerilme çözümlerine ait sonuçların sismolojik güvenilirliği azalmaktadır. Bu sorunu aşmak için, gerilme tensörü tek adımda değil, yinelemeli bir süreç içerisinde hesaplanmaktadır. Bu yinelemeli yaklaşım, fay düzlemlerinin daha doğru

biçimde tanımlanmasına olanak sağlamak ve dolayısıyla daha güvenilir bir gerilme alanının tanımlanmasına katkı sunmaktadır (Micheal 1984, Vavrycuk 2014).

3.2.2) Coulomb Kırılma Kriteri

Coulomb Kırılma Kriteri'ne göre, bir düzlem boyunca kırılmayı kontrol eden temel bileşeni kayma (teğetsel) gerilmesidir. Kırılmaya karşı koyan direnç ise, düzleme etkiyen normal gerilme (σ) ile iç sürtünme katsayısının (μ) çarpımı ile tanımlanır. Bu ilişki, Coulomb Kırılma Kriteri kapsamında matematiksel olarak Denklem 6'da ifade edilmektedir.

$$|\tau| = S_0 + \mu\sigma \quad (6)$$

Burada; S_0 kohezyon ya da malzemenin dayanım gerilmesini temsil etmektedir. Kayma gerilmesi (τ), kırılmanın yönünü belirlediğinden, τ mutlak değer içerisinde gösterilmektedir. Faylanma ve kırılma sonucu oluşan kalıcı gerilme, diğer bir ifadeyle Coulomb gerilmesindeki değişim ($\Delta\sigma_f$), kırılma öncesi ve sonrasındaki gerilme durumları arasındaki farka karşılık gelmektedir. Buna göre Coulomb gerilmesindeki değişim, Denklem 7'de ifade edilmektedir.

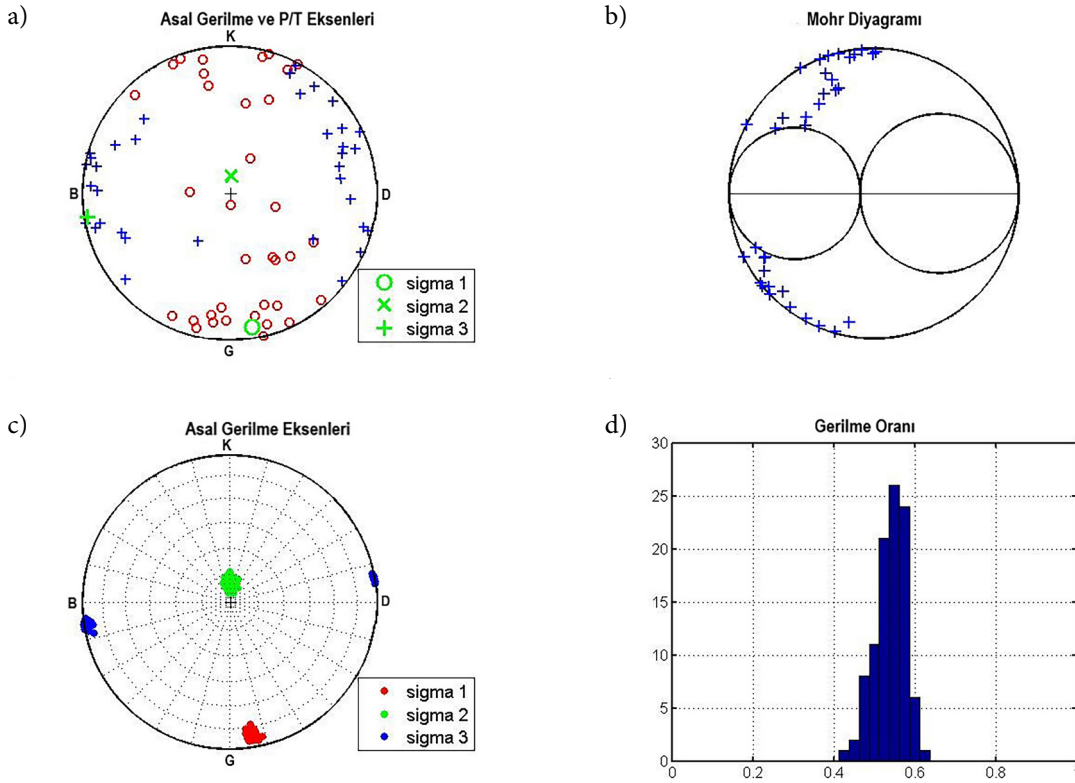
$$\Delta\sigma_f = \Delta\tau - \mu(\Delta\sigma - \Delta p) \quad (7)$$

Burada ($\Delta\sigma$) ve ($\Delta\tau$), sırasıyla kırılma yüzeyine etki eden normal ve kayma gerilmelerindeki değişimleri; (Δp) ise boşluk sıvı basıncındaki değişimi temsil etmektedir. ($\Delta\sigma_f$) değerinin artması hedef fayın kırılmasını kolaylaştırırken, tam tersi durumda kırılmanın zorlaşmasına neden olmaktadır. Buna göre, ($\Delta\sigma_f$) değerindeki pozitif bir değişim fayın kırılmaya yaklaştığını, negatif bir değişim ise kırılmadan uzaklaştığını göstermektedir (Nalbant 1996).

4. COULOMB GERİLME DEĞİŞİMİNİN MODELLENMESİ

4.1) Gerilme Tensör Analizi

Yapılan çalışmada bölgesel tektonik gerilme alanı, Tablo 4'te sunulan deprem verileri kullanılarak belirlenmiştir. Gerilme ters çözümü, odak mekanizmalarından gerilme ve fay yönelimlerinin birlikte hesaplanmasına olanak tanıyan, Vavrycuk (2014) tarafından geliştirilen yinelemeli algoritmayı içeren MATLAB tabanlı STRESSINVERSE program kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5: Çalışmada kullanılan depremlerin a) asal gerilme ve P/T eksenleri dağılımı, b) mohr diyagramı, c) asal gerilme bileşenleri, d) gerilme oranı

Figure 5: a) principal stress and P/T axes, b) mohr diagram, c) confidence of principal stress axes, d) shape ratio for the earthquakes used in the study

Şekil 5a'da kırmızı renkli daire sembolü sıkışma (P) eksenini, mavi renkli artı sembolü ise açılma (T) eksenini göstermektedir. Şekil 5b'de yer alan mavi renkli artı (+) işareti, her bir fay düzleminde etkili olan normal ve kayma gerilme bileşenlerinin grafiksel dağılımını ifade etmektedir. Şekil 5c'de

asal gerilme eksenleri; kırmızı renk maksimum asal gerilme eksenini (σ_1), yeşil renk orta asal gerilme eksenini (σ_2) ve mavi renk ise minimum asal gerilme eksenini (σ_3) temsil edecek şekilde gösterilmiştir. Şekil 5d'de ise gerilme oranı (R) grafiği sunulmaktadır.

Tektonik gerilme rejiminin belirlenmesinde asal gerilme eksenlerinin düşey veya yatay konumları temel alınmaktadır. Anderson'un klasik faylanma teorisine göre sigma 1 (σ_1)'in düşey olması normal faylanma rejimini, sigma 2 (σ_2)'nin düşey olması doğrultu atımlı faylanma rejimini, sigma 3 (σ_3)'ün düşey olması ise ters faylanma rejimi temsil etmektedir. Elde edilen asal gerilme eksenlerine ait azimut ve dalım değerleri ise Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5: Asal gerilme eksenlerinin değerleri
Table 5: Values of principal stress axis

Asal Gerilme Eksen	Azimuth (°)	Dalım (°)
σ_1	170.3495	9.0361
σ_2	4.6152	80.6814
σ_3	260.7088	2.2584

Tablo 5'te sunulan veriler, fay düzlemlerine ait dalım açıları esas alınarak değerlendirilmiştir. Dalım açılarının gerilme rejimi açısından yorumlanabilmesi için Zoback (1992) tarafından önerilen sınıflandırma sistemi kullanılmış ve bu sınıflandırmaya ilişkin bilgiler Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 7: Gerilme oranı (R) değerine göre bölgesel hakim gerilme rejim türü sınıflaması
Table 7: Classification of the dominant regional stress regime type based on the shape ratio (R) value

"R" Değeri	Sismolojik Anlamı
R=0	Genişleme rejimi – Normal faylanma
R=1	Sıkışma rejimi – Ters faylanma
0'a yakın olma durumu ($0 < R < 0.15$)	Doğrultu atımlı faylanmadan normal faylanmaya (Genişleme rejimi)
1'e yakın olma durumu ($0.85 < R < 1$)	Doğrultu atımlı faylanmadan ters faylanmaya (Sıkışma rejimi)
$0.45 < R < 0.55$	Doğrultu atımlı faylanma
$R \geq 0.55$ ($0.55 < R < 0.85$)	Transpresyonel (ters bileşenli doğrultu atım)
$R \leq 0.45$ ($0.15 < R < 0.45$)	Transtansiyonel (normal bileşenli doğrultu atım)

Tablo 7'de verilen sınıflamaya göre, elde edilen gerilme oranı (R) değeri, çalışma alanında doğrultu atımlı faylanma rejiminin baskın olduğunu göstermektedir.

Elde edilen sonuçlar, çalışma alanının Anadolu mikro-plakası içerisindeki jeodinamik özellikleriyle uyumludur. Bozkurt (2001), Orta Anadolu Ovalar Bölgesi'ni farklı litosfer parçalarının iç deformasyona uğradığı ve eski yapıların yeniden aktive olduğu bir alan olarak tanımlamış; bölgenin Kuzey Anadolu Fay Zonu ile Doğu Anadolu Fay Zonu arasında Tuz Gölü Fay Zonunun doğusunda yer aldığını ve genel olarak KD-GB doğrultulu, baskın sol yanal doğrultu atımlı faylarla karakterize edildiğini belirtmiştir. Birsoy (2018), Orta Anadolu'da doğrultu atımlı ve normal faylanmanın birlikte etkin olduğunu, ters fay mekanizmasının nadiren görüldüğünü ifade etmiştir. Kalafat (2021), moment tensör çözümlerine dayanarak Tuz Gölü Fay Zonu boyunca sağ yanal doğrultulu atımlı faylanmanın baskın olduğunu vurgulamıştır. Bu uyum, Coulomb gerilme modellemesinde kullanılan gerilme alanının bölgesel sismotektonik çerçeveyi güvenilir biçimde temsil ettiğini göstermektedir.

4.2) Coulomb Kırılma Kriteri

Çalışma alanında gerilme ve deformasyon dağılımlarının belirlenebilmesi ve gerilme değişiminin matematiksel olarak ifade edilebilmesi amacıyla, Toda ve diğ. (2011) tarafından geliştirilen MATLAB tabanlı Coulomb 3.3 yazılımı

Tablo 6: Dalım açılarına (d) göre bölgesel tektonik rejim türü sınıflaması
Table 6: Classification of regional tectonic regime types based on plunge angles (d)

Bölgesel Tektonik Rejim Türü	P/ σ_1	B/ σ_2	T/ σ_3
Normal Faylanma	$d \geq 52^\circ$		$d \leq 35^\circ$
Normal-Doğrultu Atımlı Faylanma	$40^\circ \leq d \leq 52^\circ$		$d \leq 20^\circ$
Doğrultu Atımlı Faylanma	$d < 40^\circ$	$d \geq 45^\circ$	$d \leq 20^\circ$
Doğrultu Atımlı Faylanma	$d \leq 20^\circ$	$d \geq 45^\circ$	$d < 40^\circ$
Ters-Doğrultu Atımlı Faylanma	$d \leq 20^\circ$		$40^\circ \leq d < 52^\circ$
Ters Faylanma	$d \leq 35^\circ$		$d \geq 52^\circ$

Tablo 5'te verilen asal gerilme eksenlerinin değerleri, Tablo 6'da sunulan sınıflamaya göre değerlendirildiğinde, çalışma alanının bölgesel tektonik rejim türünün doğrultu atımlı faylanmaya karşılık geldiği görülmektedir. Şekil 5'te sunulan gerilme oranı (R) değerinin sayısal olarak hesaplanmasıyla, çalışma alanı için önerilen tektonik gerilme modeli tamamlanmıştır. Çalışma alanı için hesaplanan gerilme oranı (R) değeri Şekil 5'de gösterilmekte olup $R=0.5473$ 'tür. Literatürde yaygın olarak kabul edilen bu çalışmaların sonuçları doğrultusunda, değişen gerilme oranı (R) değerinin karşılık geldiği sismolojik anlamlar Tablo 7'de özetlenmiştir (Carey-Gailhardis ve Mercier 1986, Twiss ve Moores 1992, Över 1999, Christova ve Tsapanos 2000).

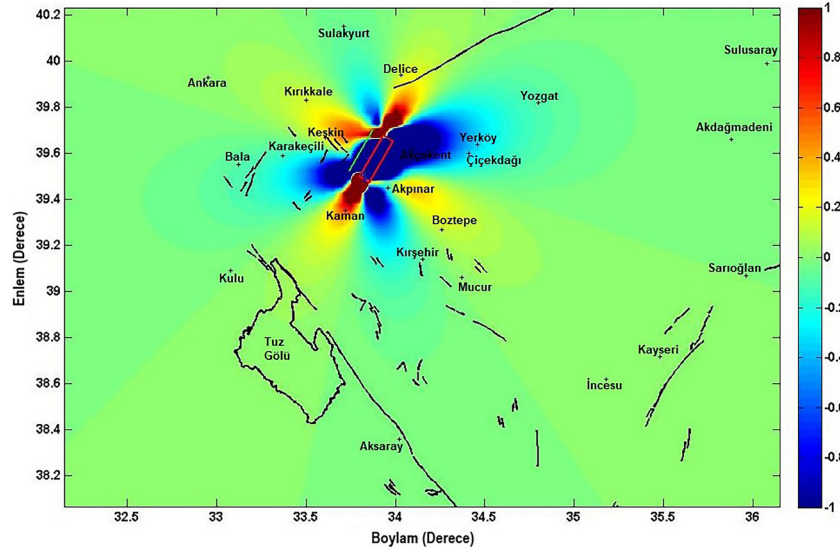
kullanılmıştır. Coulomb gerilme ve deformasyon dağılımı modellemelerinde, pozitif Coulomb gerilme değişimi gerilmenin arttığı ve kırılma koşullarına yaklaşan alanları; negatif Coulomb gerilme değişimi ise gerilmenin azaldığı ve gerilme gölgesi olarak tanımlanan alanları ifade etmektedir. Coulomb gerilme haritalarında bu değişimler bar cinsinden sunulmakta olup; pozitif gerilme değişimleri kırmızı, negatif gerilme değişimleri ise mavi renk ile temsil edilmektedir.

Coulomb Kırılma Kriteri kullanılarak yapılan çalışmalar incelendiğinde, bölgesel gerilme yönüne ek olarak Efektif Sürtünme Katsayısı (μ) değerinin de sonuçlar üzerinde oldukça belirleyici bir parametre olduğu görülmektedir. Literatürde, Efektif Sürtünme Katsayısının $\mu=0.4$ olarak alınmasının hesaplama belirsizliğini yaklaşık %25 oranında azalttığı gösterildiğinden, bu çalışmada $\mu=0.4$ değeri tercih edilmiştir (King 2007). Coulomb gerilme hesaplamalarında elastik bir yarı-uzay varsayımı kullanılmış; bu kapsamda Poisson Oranı 0.25, Young Modülü ise 8×10^5 olarak alınmıştır (Toda ve diğ. 2011). Gerilme büyüklüklerine ilişkin değerler ise σ_1 100 bar, σ_2 ve σ_3 ise 0 bar olarak kabul edilmiştir.

Modelleme sonuçlarının değerlendirme aşamasına geçilmeden önce, çalışmanın kapsamı ve sınırlılıkları doğrultusunda da bazı temel kabuller yapılmıştır. Bu kapsamda ilk olarak, sürekli levha hareketleri nedeniyle oluşan yıllık gerilme birikimi ve levha hızı hesaplamalara dahil edilmemiştir. İkinci olarak ise,

sıfır gerilme başlangıcı olarak kabul edilecek bir referans olaya ihtiyaç duyulmuştur. Kırşehir ili için yapılan aletsel dönem depremsellik çalışmalarının başlangıcını temsil etmesi ve kaynak parametreleri açısından eksiksiz bir veri setine sahip ilk deprem olması nedeniyle, 19.04.1938 (Mw=6.4) Kaman (Kırşehir) Depremi referans olay olarak seçilmiştir.

Yapılan tüm kabuller doğrultusunda, çalışma alanına ait Coulomb gerilme değişimlerinin zamansal ve mekânsal dağılımının sismolojik açıdan anlamlı ve güvenilir bir çerçevede analiz edilebilmesine olanak sağlayan bir başlangıç modeli oluşturulmuştur (Şekil 6).



Şekil 6: 19.04.1938 Kaman (Kırşehir) depremi sonrası Coulomb gerilme dağılımı ($h=10$ km)
Figure 6: Coulomb stress distribution after the 19.04.1938 Kaman (Kırşehir) Earthquake ($h=10$ km)

Şekil 6, 19.04.1938 Kaman (Kırşehir) Depreminin 10 km derinlikte oluşturduğu Coulomb gerilme değişiminin mekânsal dağılımını göstermektedir. Pozitif Coulomb gerilme alanlarının, fay segmentinin özellikle uç bölgelerinde yoğunlaştığı ve gerilme transferinin bu alanlarda kırılma koşullarını görece olarak teşvik ettiği görülmektedir. Buna karşılık, fayın yan kanatlarında geniş ölçekli negatif Coulomb gerilme alanlarına karşılık gelen gerilme gölgeleri gelişmiştir. Pozitif gerilme değişimlerinin Delice ve Kaman yönlerine doğru azaldığı, Keskin ve çevresinde ise görece olarak daha düşük pozitif Coulomb gerilme değişimlerinin hakim olduğu izlenmektedir. Akçakent (Kırşehir)'ten Çiçekdağı (Kırşehir) ve Yerköy (Yozgat) yönüne doğru gelişen güçlü gerilme gölgelerine kıyasla daha sınırlı olmakla birlikte, Karakeçili (Kırıkkale) ve Bala (Ankara) çevresinde de negatif Coulomb gerilme alanlarının varlığı görülmektedir.

Literatürde 19.04.1938 Depremi gerilme dağılımı ile ilgili çalışmaların sayısı sınırlı olup, mevcut çalışmalar genellikle belirli yöntemsel kabuller çerçevesinde ele alınmıştır. Temiz (2004) tarafından yapılan çalışmada depreme ilişkin gerilme

dağılımının belirlenmesi amacıyla farklı yazılım altyapısı kullanılarak gerilme alanı modellenmiş ve sonuçlar belirli varsayımlar altında değerlendirilmiştir. Temiz ve Gökten (2016) tarafından yapılan çalışmada da deprem sonrası Coulomb gerilme analizi modellenmiş, ancak belirlenen varsayımlar ve kabullere ilişkin ayrıntılar açık bir şekilde sunulmamıştır. Bu nedenle söz konusu çalışmalar ile bu çalışma arasında veri seti, yöntemsel yaklaşım ve yapılan varsayımlar açısından temel farklılıklar bulunduğundan, elde edilen sonuçların doğrudan ve birebir karşılaştırılması metodolojik açıdan sağlıklı olmayacaktır.

19.04.1938 Kaman (Kırşehir) Depremi sonrası oluşan Coulomb gerilme değişiminin değerlendirilebilmesi için, ana şok ile artçı şokları arasındaki ilişkinin belirlenmesi uygun görülmüştür. Ancak, dönemin sismolojik gözlem altyapısının yetersizliği nedeniyle artçı şokların büyük bir bölümü güvenilir biçimde kayıt altına alınamamıştır. Bu veri eksikliği göz önünde bulundurularak, yapılan çalışmada 19.04.1938 Kaman (Kırşehir) Depremi sonrası yaklaşık 8 aylık dönemde Kırşehir ve çevresinde meydana gelen depremler değerlendirmeye alınmıştır (Tablo 8).

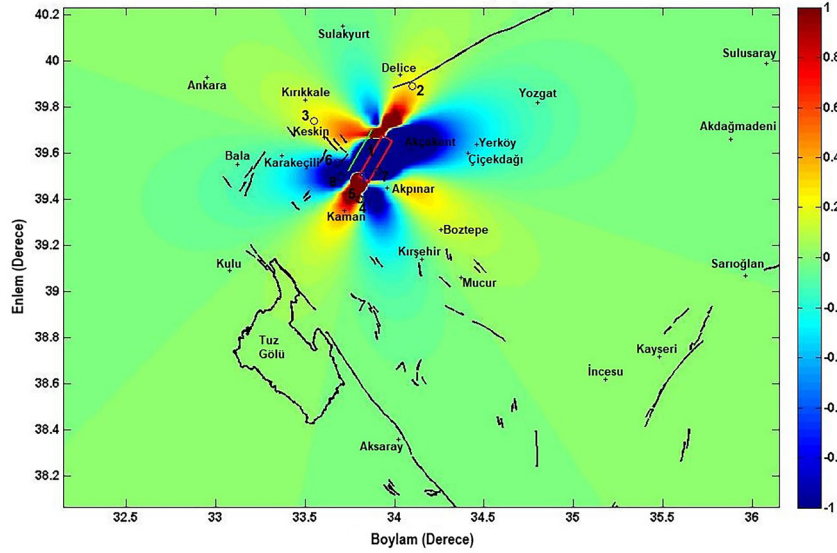
Tablo 8: 19.04.1938 Kaman (Kırşehir) Depremi sonrası 8 aylık dönemde meydana gelen depremlere ait parametreler
Table 8: Parameters of earthquakes that occurred during the 8 month period following the 19.04.1938 Kaman (Kırşehir) Earthquake

No	Tarih (G.A.Y.)	Oluş Zamanı	Boylam (D)	Enlem (K)	Derinlik (h, km)	Magnitüd (M _w)	Referans
1	19.04.1938	23:11:17	33.87°	39.65°	30	5.1	AFAD
2	27.04.1938	10:40:27	34.10°	39.89°	10	4.8	KRDAE
3	14.05.1938	04:45:53	33.55°	39.74°	10	4.9	KRDAE
4	14.05.1938	06:55:00	33.80°	39.40°	30	4.9	KRDAE
5	28.05.1938	00:05:00	33.81°	39.40°	30	5.2	KRDAE
6	21.07.1938	21:56:05	33.68°	39.56°	10	5.3	KRDAE
7	16.12.1938	11:03:03	33.91°	39.52°	10	4.9	KRDAE
8	23.12.1938*	01:32:25	33.70°	39.50°	5-50	4.5	Öcal (1968a), Karnik (1969)

*Mevcut kataloglarda yer almayan depremler

Tablo 8'de yer alan depremlerden moment ölçeği (M_w) dışında tanımlanan depremlerin büyüklük değerleri, Güllal ve diğ. (2012) tarafından geliştirilen ve Denklem (1-4)'te verilen ampirik bağıntılar kullanılarak istenilen ölçek türüne dönüştürülmüştür. 23.12.1938 ($M_s=4.2$) depremine ilişkin veri eksikliğine ek olarak, bu çalışma kapsamında hazırlanan ve Tablo 2'de sunulan artçı şoklara ait deprem parametrelerindeki eksiklikler, daha önce de belirtildiği üzere veri bütünlüğünü

önemli ölçüde zayıflatmakta ve ana şok sonrası Coulomb gerilme değişiminin güvenilir şekilde değerlendirilmesini sınırlamaktadır. Artçı şoklara ait bu eksiklikler dikkate alınarak, Tablo 8'deki depremlerin 19.04.1938 ($M_w=6.4$) Kaman (Kırşehir) Depremi ile olası etkileşimlerini değerlendirebilmek amacıyla episantr dağılımları Coulomb gerilme dağılımı haritası üzerine işaretlenmiştir. Harita üzerindeki deprem numaraları Tablo 8'deki numaralarla uyumludur (Şekil 7).



Şekil 7: 19.04.1938 Kaman (Kırşehir) Depremi sonrası 8 aylık dönemde meydana gelen depremlerin episantr dağılımı ($h=10$ km)

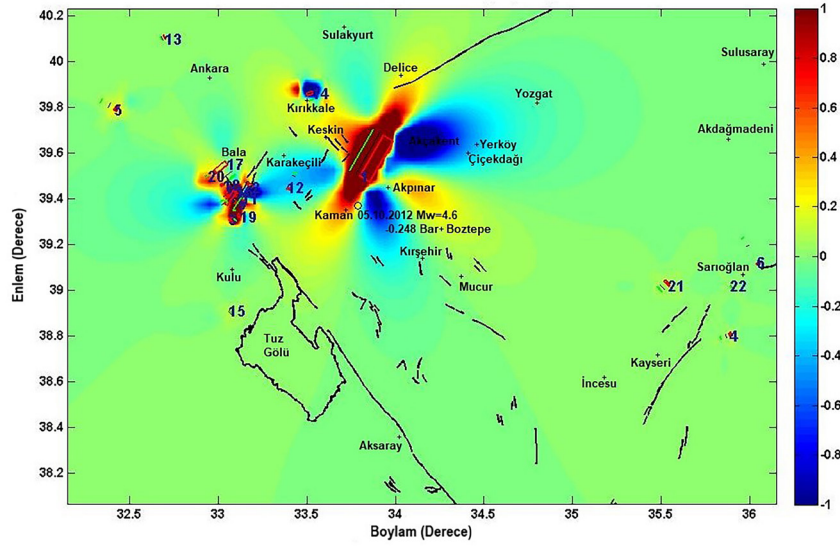
Figure 7: The epicentral distribution of earthquakes that occurred during the 8 month period following the 19.04.1938 Kaman (Kırşehir) Earthquake ($h=10$ km)

Şekil 7'de episantr dağılımları görülen söz konusu depremlere ait kaynak parametreleri (doğrultu, dalım, atım) bilinmediğinden, bu dönem için alıcı faylar üzerinde nicel bir Coulomb gerilme hesabı yapılamamaktadır. Buna karşın, ana şok için oluşturulan gerilme modeli üzerinden gerilme değişimlerinin nitel olarak değerlendirilmesi mümkündür.

Elde edilen modele göre 1, 6, 7 ve 8 numaralı depremler gerilme gölgesi içerisinde, 2 ve 3 numaralı depremler ise Coulomb gerilme değişiminin sifıra yaklaştığı ve gerilme birikiminin zayıfladığı alanlarda yer almaktadır. Bu durum, söz konusu depremlerin güçlü bir pozitif Coulomb gerilme yüklemesi altında değil, gerilme artışının zayıfladığı alanlarda meydana geldiğini göstermektedir. Buna karşın 4 ve 5 numaralı depremler gerilme birikimi alanlarında görülmekle birlikte, pozitif ve negatif gerilme değişimi zonlarının sınırında yer almaları nedeniyle episantr konumlarındaki küçük farklılıklara bağlı olarak her iki alan içinde de değerlendirilebilecek niteliktedirler. Ayrıca episantr koordinatlarının birbirine oldukça yakın olması deprem parametrelerinin güvenilirliği açısından dikkat çekicidir. Nitekim 19.04.1938 (23:11:1938, $M_w=5.1$) depremi Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü kataloglarında Narlıova-Akçakale (Şanlıurfa) Depremi (39.65° D - 36.65° K) olarak verilmektedir. Aynı depremin farklı kataloglarda bu ölçüde farklı tanımlanabilmesi, veri güvenilirliğini sorgulanabilir kalmaktadır. Bu tutarsızlıklar, özellikle erken aletsel döneme (1900-1960) ait sınır bölgesi depremleri için hesaplanan gerilme birikimi ve mekânsal dağılım üzerinde önemli belirsizlikler yaratmaktadır.

Hardebeck ve Harris (2025), gerilme gölgeleri içerisinde artçı şokların sıklıkla gözlenmesi olgusundan hareketle, negatif Coulomb gerilme değişim alanlarında meydana gelen depremleri ayrıntılı bir biçimde incelemiştir. Çalışmada, gerilme gölgesi içerisinde meydana gelen artçı şokların statik Coulomb gerilme değişimi modeli çerçevesinde açıklanabilmesi için belirli hipotezler üzerinde durulmuştur. Ancak bu hipotezlerin hiçbirinin gerilme gölgesi içerisinde meydana gelen artçı şokların büyük çoğunluğunu tek başına açıklayamadığı, tümü birlikte değerlendirildiğinde dahi bu depremlerin ancak yaklaşık yarısının açıklanabildiği ortaya konulmuştur. Bu durum, küçük ölçekli fay zonu heterojenliğini içermeyen statik Coulomb gerilme modellerinin gerçek gerilme değişimlerini tam olarak temsil etmekte yetersiz kalabileceğini ve/veya ana şok sırasında yayılan sismik dalgaların neden olduğu dinamik gerilme değişimlerine bağlı gecikmeli tetikleme gibi süreçlerin dikkate alınması gerektiğini göstermektedir. Ayrıca, dinamik gerilme değişimleri, sıvı hareketleri, deprem sonrası asismik kayma ve vizkoelastik dengeleme süreçleri gibi jeolojik ve sismolojik mekanizmaların da Coulomb gerilme modeli dışında artçı sarsıntıların oluşumunda etkili olabildiği bilinmektedir (Çakır ve diğ. 2003).

19.04.1938 ($M_w=6.4$) Kaman (Kırşehir) Depremi için Coulomb gerilme dağılımının değerlendirilmesinin ardından, deprem parametreleri açısından tam veri setine sahip bir diğer Kırşehir depremi olan 05.10.2012 ($M_w=4.6$) Kaman (Kırşehir) Depremi öncesine ait gerilme dağılımı haritalanmıştır (Şekil 8).



Şekil 8: 05.10.2012 Kaman (Kırşehir) Depremi öncesi Coulomb gerilme dağılımı ($h=6$ km)
Figure 8: Coulomb stress distribution before the 05.10.2012 Kaman (Kırşehir) Earthquake ($h=6$ km)

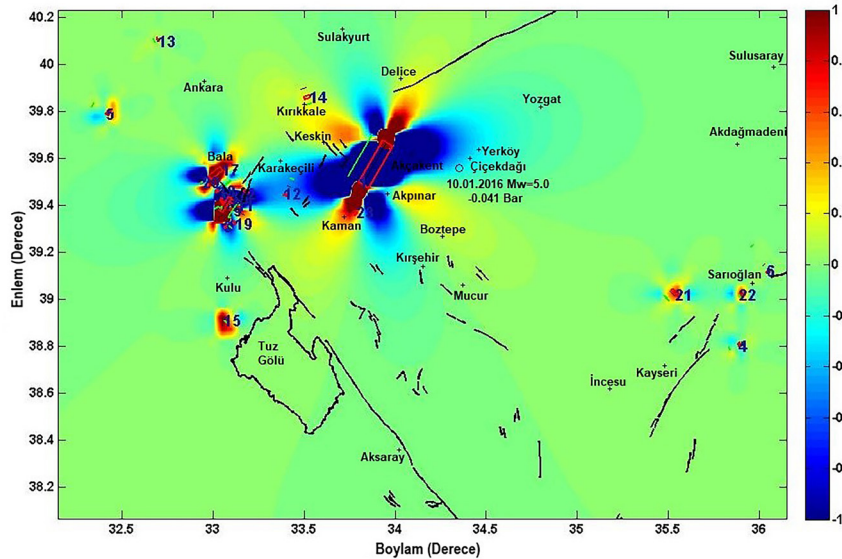
Şekil 8 çalışma alanında 1938-2012 yılları arasında yaşanan sismik aktivitenin, bölgesel ölçekte geniş çaplı bir Coulomb gerilme değişimi yaratacak düzeyde olmadığını göstermektedir. Buna karşın, 2005 ve 2007 Bala (Ankara) Depremleri, çalışma alanı içerisinde lokal ölçekte belirgin gerilme değişimlerine neden olmuştur. 19.04.1938 Kaman (Kırşehir) Depremi kaynaklı gerilme alanındaki farklılık ise, aynı deprem için Coulomb gerilme dağılımının derinliğe duyarlı olmasından kaynaklanmakta olup, modelleme derinliğinin $h=10$ km'den $h=6$ km'ye düşürülmesi ile ilişkilidir. Bu bulgu, Coulomb gerilme değişiminin bölgesel tektonik koşullara ve deprem kaynak geometrisine olan hassasiyetini açık bir şekilde ortaya koymaktadır. Alıcı fay olarak konumlandırılan 05.10.2012 ($M_w=4.6$) Kaman (Kırşehir) Depremi için nicel bir değerlendirme yapılarak deprem öncesine ait gerilme değişimleri hesaplanmıştır. Böylece çalışma alanı için ilk defa gerilme değişimlerinin bar cinsinden değerlendirilmesi mümkün olmuştur (Tablo 9).

Tablo 9: 05.10.2012 Kaman (Kırşehir) Depremi öncesi hesaplanan gerilme değerleri

Table 9: Stress changes calculated before the 05.10.2012 Kaman (Kırşehir) Earthquake

Kayma Gerilmesi (Bar)	Normal Gerilme (Bar)	Coulomb Gerilme (Bar)
-0.112	-0.340	-0.248

Tablo 9, $\Delta CFS=-0.248$ Bar değerine rağmen depremin meydana geldiğini göstermektedir. 05.10.2012 Kaman (Kırşehir) Depremi öncesine ait gerilme değişiminin belirlenmesinin ardından, aynı depremin sonrasında gelişen Coulomb gerilme değişimi haritalanmıştır. Bu yaklaşım ile aynı zamanda Kırşehir ve çevresini etkileyen son önemli sismik olay olan 10.01.2016 Çiçekdağı (Kırşehir) Depremi öncesindeki gerilme durumu da ortaya konmuştur (Şekil 9).



Şekil 9: 10.01.2016 Çiçekdağı (Kırşehir) Depremi öncesi Coulomb gerilme dağılımı ($h=13.6$ km)
Figure 9: Coulomb stress change before the 10.01.2016 Çiçekdağı (Kırşehir) Earthquake ($h=13.6$ km)

Şekil 9'da, Kırşehir'i etkileyen son deprem olan 10.01.2016 Çiçekdağı (Kırşehir) Depremi öncesine ait Coulomb gerilme değişiminin mekânsal dağılımı sunulmaktadır. 19.04.1938 Depremi için kullanılan modelleme derinliği ($h=10$ km) ile uyumlu olan bu modelde ($h=13.6$ km), 05.10.2012 Kaman (Kırşehir) Depremi'nin çalışma alanında belirgin bir Coulomb gerilme değişimi yaratamadığı görülmektedir. 10.01.2016 Çiçekdağı (Kırşehir) Depremi'nin, klasik Coulomb yaklaşımına göre deprem oluşum olasılığının daha düşük olduğu gerilme gölgesi alanında meydana geldiği belirlenmiştir. Söz konusu deprem öncesine ait gerilme değerlerine ilişkin sayısal sonuçlar Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10: 10.01.2016 Çiçekdağı (Kırşehir) Depremi öncesi hesaplanan gerilme değerleri

Table 10: Stress changes calculated before the 10.01.2016 Çiçekdağı (Kırşehir) Earthquake

Kayma Gerilmesi (Bar)	Normal Gerilme (Bar)	Coulomb Gerilme (Bar)
0.059	-0.250	-0.041

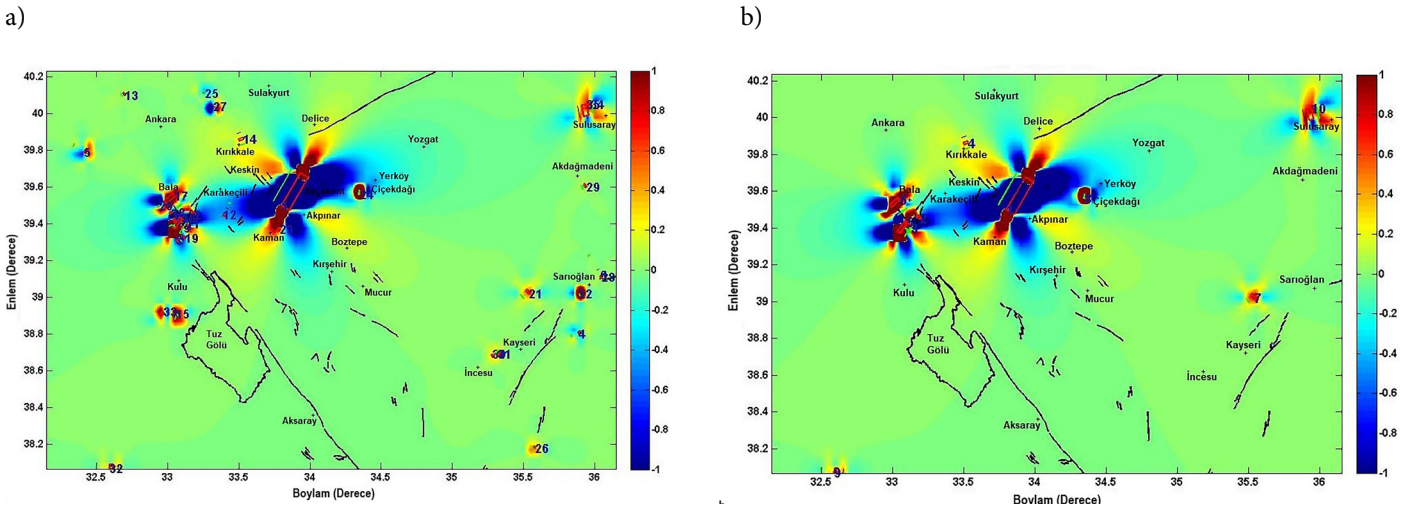
Tablo 10, $\Delta CFS = -0.041$ Bar gibi görece düşük büyüklükte negatif bir değer göstermektedir. Ana şok öncesinde iki adet öncü deprem ($M_w=3.6$, $M_l=2.4$) ile ana şok sonrasında büyüklükleri $1.1 \leq M \leq 3.5$ arasında değişen 45 adet artçı deprem meydana gelmiştir (Temiz ve Gökten, 2016). Bu depremlerin kaynak parametreleri bilinmemekle birlikte, büyüklükleri dikkate alındığında Coulomb gerilme dağılımında sınırlı bir etki yaratmaları beklenmektedir.

Negatif Coulomb gerilme değişimlerine rağmen söz konusu depremlerin meydana gelmiş olması, ΔCFS değerinin daha dikkatli bir şekilde yorumlanması gerektiğini göstermektedir. Harris (1998) tarafından vurgulandığı üzere, negatif Coulomb gerilme değişimleri deprem oluşumunu tamamen engellememekte; yalnızca sismisite hızında bir azalma ve olası kırılma zamanında bir gecikme yaratmaktadır. Ayrıca,

depremlerin önemli bir kısmının arka plan sismisitesi ile ilişkili olabileceği ve önceki depremlerde istatistiksel açıdan bağımsız bir şekilde meydana gelebileceği bilinmektedir (Ogata 1988). Bunun yanı sıra, gerilme değişiminin azaldığı alanlarda da deprem oluşumunun devam ettiği ve negatif gerilme alanlarında meydana gelen sismik aktivitelerin önemli bir kısmının, pozitif ve negatif gerilme alanlarının birbirine yaklaştığı sınır bölgelerine denk geldiği belirtilmiştir (Deng ve Sykes 1997, Harris ve Simpson 1998).

Woessner ve diğ. (2012) tarafından yapılan çalışmada da fayın çok yakınında ve gerilme değişiminin işaret değiştirdiği geçiş bölgelerinde hesaplamaların güvensizliği üzerinde durulmuş ve bölgelerdeki fay doğrultusundaki küçük bir değişimin, sonucu değiştirebileceğinin göz önüne alınması sağlanmıştır. Bu çerçevede, gecikmeli tetikleme mekanizmaları, geçiş zonlarında gelişen lokal gerilme heterojenlikleri ve fay üzerinde birikmiş tektonik gerilme gibi süreçlerin de deprem oluşumunda rol oynayabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca Coulomb modeline doğrudan dahil edilemeyen fiziksel süreçlerin etkisinin de tamamen göz ardı edilmemesi gerekmektedir.

Emre ve diğ. (2018) tarafından Türkiye genelinde tanımlanan 485 aktif fay segmenti için yapılan değerlendirmeler sonucunda, sismojenik derinliğin 13 ile 33 km arasında değiştiği tahmin edilmiştir. Bu sonuç, çalışmada kullanılan depremlerin ortalama odak derinliği olan $h=13$ km ile uyumlu bir aralığa işaret etmektedir. Aynı çalışmada tanımlanan ve bu çalışma kapsamında kalan aktif fay segmentleri özelinde yapılan değerlendirmelerde ise, çalışma alanı için sismojenik derinliğin yaklaşık 13 ile 20 km arasında değiştiği görülmektedir. Çalışma alanının tamamı için daha güvenilir ve karşılaştırılabilir bir değerlendirme yapılabilmesi amacıyla, $h=13$ km ve $h=20$ km olmak üzere iki farklı odak derinliği için, 1938-2025 yılları arasında meydana gelen $M_w \geq 4.5$ ve $M_w \geq 5.0$ depremler kullanılarak Coulomb gerilme modelleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 10 ve Şekil 11).

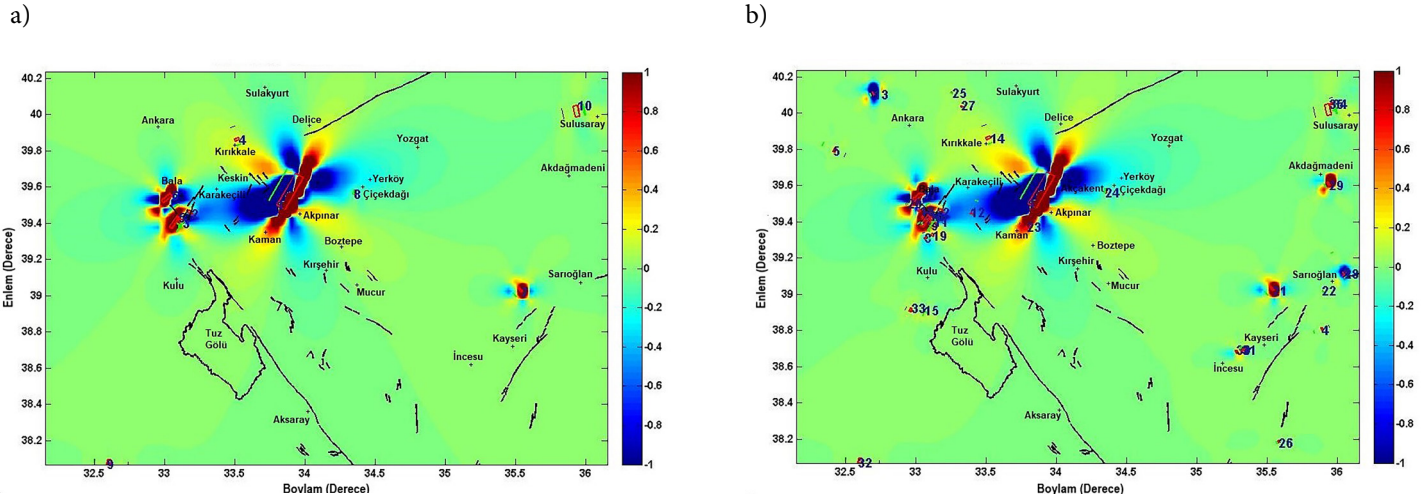


Şekil 10: Çalışma alanı için $h=13$ km odak derinliğinde a) $M_w \geq 4.5$ b) $M_w \geq 5.0$ depremlerine göre güncel Coulomb gerilme dağılımı
Figure 10: Current Coulomb stress distribution of the study area at a focal depth $h=13$ km based on a) $M_w \geq 4.5$ b) $M_w \geq 5.0$ earthquakes

Şekil 10a ve b birlikte değerlendirildiğinde büyüklük değerinin artırılmasıyla Kulu (Konya), Sulakyurt (Kırıkkale), Sarıoğlu (Kayseri), Kayseri il merkezi ile Ankara ve çevresindeki lokal gerilme birikimlerinin ayırt edilebilirliğinin zorlaştığı görülmektedir. Bu durum, söz konusu alt alanlarda orta büyüklükteki ($4.5 \leq M_w \leq 5.0$) depremlerin gerilme alanı

üzerindeki etkilerinin daha belirgin biçimde ortaya çıkmasının beklendiğini göstermektedir.

$h=13$ km için yapılan değerlendirmenin ardından, aynı modelleme kurgusu $h=20$ km odak derinliği için de uygulanmıştır (Şekil 11).



Şekil 11: Çalışma alanı için $h=20$ km odak derinliğinde a) $M_w \geq 4.5$ b) $M_w \geq 5.0$ depremlerine göre güncel Coulomb gerilme dağılımı
Figure 11: Current Coulomb stress distribution of the study area at a focal depth $h=20$ km based on a) $M_w \geq 4.5$ b) $M_w \geq 5.0$ earthquakes

Şekil 11'de sunulan modelleme sonuçları, odak derinliğinin $h=13$ km'den $h=20$ km'ye değişmesi ile birlikte 19.04.1938 Depremi'nin oluşturduğu Coulomb gerilme birikimi alanlarının mekânsal dağılımının önemli ölçüde değiştiğini göstermektedir. Kaman (Kırşehir)-Delice (Kırıkkale) hattının belirgin bir gerilme birikimi ile karakterize olması, bu alt alanların görece derin odaklı depremlere karşı duyarlı olabileceğine işaret etmektedir. Buna karşılık, Akdağmadeni (Yozgat) ve çevresi ile Kayseri ve çevresinde gözlenen gerilme birikiminin, depremin büyüklük değerinin artması ile birlikte azaldığı görülmektedir.

Tüm bu modeller birlikte değerlendirildiğinde, çalışma alanında farklı modelleme senaryoları altında dahi 19.04.1938 Kaman (Kırşehir) Depremi ile 2005-2007 Bala (Ankara) Depremlerinin gerilme alanı üzerindeki etkilerinin net bir biçimde izlenebildiği görülmektedir. Bu depremlerin etkileri, çalışma alanının tamamında homojen bir gerilme birikimi oluşturmaktan ziyade, lokal ölçekte gerilme birikimleri ve gerilme gölgelerinin gelişmesine neden olmaları açısından önem taşımaktadır.

5. SONUÇ

Kırşehir ve çevresi (32.15°-36.15°D – 38.07°-40.23°K) için yapılan bu çalışmada tarihsel ve aletsel dönem deprem katalogları incelenmiş ve Coulomb gerilme değişimleri modellenmiştir.

Deprem kataloglarının değerlendirilmesi sonucunda, Kırşehir'in tarihsel dönem kayıtlarında doğrudan bir deprem ile ilişkilendirilmediği, aletsel dönem depremelliğinin ise büyük ölçüde 19.04.1938 Kaman (Kırşehir) Depremi ($M_w=6.4$) üzerinden tanımlandığı görülmüştür. Bu durum dikkate alınarak deprem katalogları, söz konusu deprem öncesi

ve sonrası olmak üzere iki ayrı zaman diliminde incelenmiş ve her iki dönemde de önemli eksiklikler ve belirsizlikler bulunduğu belirlenmiştir.

19.04.1938 Kaman (Kırşehir) Depremi ($M_w=6.4$) öncesi dönemde karşılaşılan temel problem, meydana gelen depremlerin %66.66'sının mevcut kataloglara yansımamış olmasıdır. Oluşturulan yeni veri setine göre, büyüklüğü belirlenebilen depremler ölçek türü gözletilemeksizin $3.1 \leq M \leq 5.8$ aralığında değişmekte olup, depremlerin %42.42'si için büyüklük değeri tanımlanamamıştır. Ayrıca, can kaybı raporuna rağmen 27.04.1900 Yozgat Depremi'nin mevcut kataloglarda yer almaması, literatürde yer alan çalışmaların istatistiksel açıdan önemli eksiklikler içerdiğini göstermektedir. Çalışma alanının genelinden Kırşehir özeline geçildiğinde ise, büyüklük değeri belirlenemeyen 1902 ile 22.01.1924 ($M_s=5.8$) Kırşehir Depremlerinin kataloga dahil edilmesi, yeni veri setinin mevcut sismik bilgiyi kısmen iyileştirdiğini, ancak belirsizliklerin tamamen giderilemediğini göstermektedir.

Çalışma kapsamında 19.04.1938 Kaman (Kırşehir) Depremi ($M_w=6.4$) artçı sarsıntıları detaylı bir şekilde belirlenebilmekle birlikte, büyüklük ve/veya şiddet parametrelerinin yetersizliği, Kırşehir ve çevresi için güncelliğini koruyan önemli bir veri eksikliği olarak öne çıkmaktadır.

19.04.1938 Kaman (Kırşehir) Depremi ($M_w=6.4$) sonrası dönemden 1975 yılına kadar geçen süreçte ise mevcut kataloglara yansımayan depremlerin büyüklüklerinin ölçek türünden bağımsız olarak $3.4 \leq M \leq 5.0$ aralığında değişim göstermesi ve büyüklük değeri açısından tanımlanmayan depremlerin varlığı, mevcut deprem kataloglarındaki eksikliklerin ve belirsizliklerin sürdüğünü göstermektedir. Buna karşılık, 23.12.1938 ($M_s=4.2$), 15.03.1961 ($M_s=4.9$) ve

03.04.1961 (I=IV) depremleri, Kırşehir özelinde veri setine kazandırılan önemli girdilerdir. Bu dönemde meydana gelen küçük ve orta büyüklükteki depremlerin dahi çalışma alanında hissedilir etkiler yaratması, çalışma alanının yapı stokunun kırılganlığına işaret eden kritik bir veri olarak değerlendirilmektedir.

Deprem katalogları değerlendirildikten sonra, çalışma alanında 1900-2024 yılları arasında meydana gelen $M_w \geq 4.5$ olan depremlere ait kaynak parametreleri kullanılarak doğrultu atımlı faylanma rejiminin baskın olduğu tespit edilmiş ve bu kapsamda farklı senaryolara dayalı Coulomb gerilme modelleri oluşturulmuştur. Ancak, kaynak parametresi çözümü yapılabilen deprem sayısının sınırlı olması, bu aşamada gerçekleştirilen değerlendirmelerin ayrıntı düzeyini kısıtlayan önemli bir belirsizlik unsuru olarak ortaya çıkmıştır.

Coulomb gerilme modellemeleri, gerilme dağılımının mekânsal değişiminin öncelikli olarak depremin büyüklüğü ve odak derinliği ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, fay geometrisi, kaynak mekanizması ve alıcı fay parametrelerinin de gerilme alanlarının mekânsal dağılımını ikincil olarak etkilediği anlaşılmaktadır. Eldeki sınırlı veriler, 19.04.1938 Kaman (Kırşehir) Depremi ($M_w=6.4$)'nin çalışma alanında geniş bir bölgesel gerilme değişimi alanı oluşturduğunu; ayrıca 2005 ve 2007 Bala (Ankara) Depremlerinin de bölgesel gerilme değişiminde öne çıkan diğer olaylar olduğunu göstermektedir.

Çalışma kapsamında belirlenen derinlik ve büyüklük değerine bağlı olarak farklı alanların farklı gerilme koşullarına değişen tepkiler verdiği görülmüştür. Bu çerçevede, Kaman (Kırşehir)-Delice (Kırıkkale) hattının görece derin odaklı depremlere karşı daha duyarlı olduğu; buna karşılık Kulu (Konya) ve çevresi, Sulakyurt (Kırıkkale) ve çevresi ile Sarıoğlu (Kayseri) ve Kayseri çevresinin ise orta büyüklükteki depremlerin gerilme alanı üzerindeki etkilerinin daha belirgin görüldüğü belirlenebilmiştir.

Çalışma alanında küçük ve orta büyüklükteki depremlerin baskın olması nedeniyle, Coulomb gerilme değişimlerinin bölgesel ölçekte yaygın bir dağılımdan ziyade lokal ölçekte gerilme değişimleri oluşturduğu görülmektedir. Çalışma alanı için yapılacak depremsellik analizlerinin, bu çalışmada belirlenen güncel deprem verileri de dikkate alınarak deprem istatistiğinin temel parametresi olarak kabul edilen "b" değeri ile birlikte bütüncül bir çerçevede değerlendirilmesi önem taşımaktadır.

Sonuç olarak çalışma kapsamında oluşturulan güncellenmiş ve görece olarak homojen deprem veri setleri ile Coulomb gerilme değişim modellemeleri, çalışma alanı için sismik tehlike ve risk değerlendirmelerinde ve deprem senaryolarının geliştirilmesinde kullanılabilecek güvenilir birer temel veri kaynağı teşkil etmektedir. Bu yönüyle çalışma çıktıları, yerel yönetimler ve ilgili kamu kurumları için karar destek verisi sağlayarak, çalışma alanına ilişkin değerlendirmelerin daha gerçekçi bir şekilde ortaya konmasına katkı sunmaktadır.

YAZAR KATKISI ve TEŞEKKÜR

Bu çalışma kapsamında hazırlanan güncel deprem katalogu, talep edilmesi durumunda sorumlu yazar tarafından paylaşılabilir.

KAYNAKLAR

AFAD, 2025. Deprem Kataloğu, T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Erişim adresi: <https://deprem.afad.gov.tr/event-catalog>

Alsan E., Tezuçan L., Bath M., 1975. An earthquake catalogue for Turkey for the interval 1913-1970, Kandilli Observatory Seismological Department Çengelköy, İstanbul, Turkey and Seismological Institute Box 517 S-751 20 Uppsala, Sweden, Report No:7-75, 166 p.

Ambraseys N.N., Finkel C.F., 1987. Seismicity of Turkey and Neighboring Regions, 1899-1915, Annales Geophysicae, 5B(6), 701-726.

Anadolu Kılıç N.C., 2025. Tarihsel ve Aletsel Dönem (1900-1940) Deprem Kayıtlarının Güvenilirliği Üzerine Bir Değerlendirme : 1940 Develi (Kayseri) Depremi Örneği, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 28(4), 1778-1798.

Arni P., 1938. Kırşehir, Keskin ve Yerköy arasında vuku bulan yer sarsıntısına ait rapor, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü yayınları, Rapor No: 673, 22 s.

Arnold R., Townend J., 2007. A Bayesian Approach to Estimating Tectonic Stress from Seismological Data, Geophysical Journal International, 170(3), 1336-1356.

Ayhan E., Alsan E., Sancaklı N., Üçer S.B., 1981. Türkiye ve Dolayları Deprem Kataloğu (1881-1980), Boğaziçi Üniversitesi, 126 p.

Birsoy S., 2018. Orta Anadolu'nun deprem odak mekanizma analizi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 181p.

Bozkurt E., 2001. Neotectonics of Turkey- a synthesis, Geodinamica Acta, 14, 3-30.

Cambaz M.D., Özer M., Güneş Y., Ergün T., Ögütçü Z., Altuncu-Poyraz S., Köseoğlu A., Turhan F., Yılmaz M., Kekovalı K., Necmioğlu Ö., Kalafat D., Çaktı E., Özener H., 2021. Evolution of the Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute (KOERI) Seismic Network and the Data Center Facilities as a Primary Node of EIDA, Seismological Research Letters, 92(3), 1571-1580.

- Carey-Gailhardis E., Mercier J.L., 1986. A numerical Method for Determining the State of Stress Using Focal Mechanism of Earthquake Populations: application to Tibetan Teleseisms and Microseismicity of Southern Peru, Earth and Planetary Science Letters, 82, 165-179.
- Christova C., Tsapanos T., 2000. Depth Distribution of Stresses in the Hokkaido Wadati-Benioff Zone as Decided by Inversion of Earthquake Focal Mechanism, Journal of Geodynamics, 30(5), 557-573.
- Çakır Z., Bark A., Akyüz S., 2003. Coulomb Gerilme Etkileşimleri ve 1999 Marmara Depremleri, İTÜ Dergisi/d Mühendislik, 2(4), 99-111.
- Çivgin B., 2010. Ankara ve dolayının sismik hız yapısı ve tektonik deformasyonun sismolojik verilerle kestirilmesi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 198 s.
- Deng J., Sykes L.R., 1996. Triggering of 1812 Santa Barbara Earthquake by a Great San Andreas Shock: Implications for Future Seismic Hazards in Southern California, Geophysical Research Letters, 23(10), 1155-1158.
- Deng J., Sykes L.R., 1997. Stress Evolution in Southern California and Triggering of Moderate, Small and Micro-Size Earthquakes, Journal of Geophysical Research, 102(B11), 24411-24435.
- DESINVANTER, 2025. Disaster Information Management System, SENDAI FRAMEWORK For Disaster Risk Reduction, UNDRR, Erişim adresi: <https://www.desinventar.net/DesInventar/results.jsp>
- Dirik K., Göncüoğlu M.C., 1996. Neotectonic characteristics of Central Anatolia, International Geology Review, 38, 807-817.
- Emre Ö., Duman T.Y., Özalp S., Elmacı H., Olgun Ş., Şaroğlu F., 2013. Açıklamalı Türkiye Diri Fay Haritası. Ölçek: 1:1.250.000 (VI+89s+bir pafta). Ankara: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Özel Yayın Serisi-30.
- Emre Ö., Duman T.Y., Özalp S., Şaroğlu F., Olgun Ş., Elmacı H., Çan T. 2018. Active Fault Database of Turkey, Bulletin of Earthquake Engineering, 16, 3229-3275.
- EMSC, 2025. LastQuake, European-Mediterranean Seismological Centre CSEM-EMSC, Erişim adresi: <https://www.emsc.eu/>
- Ergin K., Güçlü U., Uz Z., 1967. Türkiye ve civarının deprem kataloğu, İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları, No: 24, 220 s.
- Esat K., Çivgin B., Kaypak B., Işık V., Ecevitoğlu B., Seyitoğlu G., 2014. The 2005 - 2007 Bala (Ankara, central Turkey) Earthquakes: a Case Study for Strike-Slip Fault Terminations, Geologica Acta, 12(1), 71-85.
- Eyidoğan H., Güçlü U., Utku Z., Değirmenci E., 1991. Türkiye Büyük Depremleri Makro-Sismik Rehberi (1900-1988), İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 198 s.
- Gencoğlu S., İnan E., Güler H., 1990. Türkiye'nin deprem tehlikesi, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası, 701 s.
- Gephart J.W., Forsyth D.W., 1984. An improved method for determining the regional stress tensor using earthquake focal mechanism data: application to the San Fernando earthquake sequence, Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 89(B11), 9305-9320.
- Gutenberg B., Richter C.F., 1954. Seismicity of the Earth, Princeton University Press, 310 p.
- Güçlü U., Altınbaş G., Eyidoğan H., 1986. Türkiye ve çevresi Deprem Kataloğu (1971-1975). İstanbul Teknik Üniversitesi Yer Bilimleri ve Yeraltı Kaynakları Uygulama ve Araştırma Merkezi Sismoloji ve Sismotektonik Alt Birimi, Yayın No:30, 191 s.
- Gülal E., Soykan M., Dolmaz N., Erdoğan S., Kalyoncuoğlu Ü.Y., Yılmaz İ., Erdoğan H., Baybura T., Elitok Ö., Aykut O., Ata E., Akpınar B., Tiryakioğlu İ., Gümüş K., Anadolu N., Öcalan T., Telli A.K., Taktak F., 2012. Güneybatı Anadolu Bölgesindeki Blok Hareketleri ve Gerilim Alanlarının GNNS Ölçümleri İle Belirlenmesi, TÜBİTAK, 108Y298.
- Hardebeck J.L., Harris R.A., 2025. Aftershocks in Stress Shadows are Inconsistent with Modeled Static Coulomb Stress Changes, Seismica, 4(2), 1-17.
- Harris R.A., 1998. Introduction to Special Section: Stress Triggers, Stress Shadows, and Implications for Seismic Hazard, Journal of Geophysical Research, 103, B10, 24,347-34,358.
- Harris R.A., Simpson R.W., 1992. Changes in Static Stress on Southern California Faults After the 1992 Landers Earthquake, Nature, 360, 251-254.
- Harris R.A., Simpson R.W., 1998. Suppression of Large Earthquakes by Stress Shadow: A Comparison of Coulomb and rate-and-state failure, Journal of Geophysical Research, 103, B10, 24,439-24,451.
- Harris R.A., Simpson R.W., Reasenber P.A., 1995. Influence of Static Stress Change on Earthquake Locations in Southern California, Nature, 375, 221-224.
- Hudnut K.W., Seeber L., Pacheco J., 1989. Cross-Fault Triggering in the November 1987 Superstition Hills Earthquake Sequence, Southern California, Geophysical Research Letters, 16(2), 199-202.
- ISC, 2025. ISC-GEM Catalogue, International Seismological Centre, Erişim adresi: <https://www.isc.ac.uk/iscgem/>
- İrkin Z., 2022. Osmanlı Türkiye'sinde Depremler ve Afet Yönetimi, Yüksek Lisans Tezi. Aksaray Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, 282s.

- İstanbul Kandilli Rasathanesi, 1942. Türkiye Cumhuriyeti Milli Eğitim Bakanlığı İstanbul Kandilli Rasathanesi 1938 (Nisan, Mayıs, Haziran) Meteoroloji, Sismoloji ve Miknatis Rasatları No:18, 48 s.
- Jackson J., McKenzie D., 1984. Active tectonics of the Alpine—Himalayan Belt between western Turkey and Pakistan, *Geophysical Journal International*, 77(1), 185-264.
- Jaeger J.C., Cook N.G.W., 1971. *Fundamentals of Rock Mechanics*, 2nd Edn. Chapman and Hall, 515p.
- Jaumé S.C., Sykes L.R., 1992. Changes in the State of Stress on the Southern San Andreas Fault Resulting from the California Earthquake Sequence April to June 1992, *Science*, 258, 1325-1328.
- Jaumé S.C., Sykes L.R., 1996. Evolution of Moderate Seismicity in the San Francisco Bay Region, 1850 to 1993: Changes Related to the Occurrence of Large and Great Earthquakes, *Journal of Geophysical Research*, 101, 765-789.
- Kadirioglu F.T., Kartal R.F., Kılıç T., Kalafat D., Duman T.Y., Eroglu Azak T., Özalp S., Emre Ö., 2017. Türkiye ve Yakın Çevresi İçin Geliştirilmiş Aletsel Dönem (1900-2012) Deprem Kataloğu ($M \geq 4.0$) (T.Y. Duman Eds.) Türkiye Sismotektonik Haritası Açıklama Kitabı. Ankara: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Özel Yayınlar Serisi 34, 1246 s.
- Kalafat D., 2021. A Recent Example Of Active Intraplate Deformation in the Central Anatolia, Turkey: Obruk-Bor (Nigde) Earthquakes, *Fresenius Environmental Bulletin*, 30(12), 13367-13384.
- Kalafat D., 2023. Türkiye’de Deprem Ağlarının Gelişimine Tarihsel Bir Bakış: Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE) Deprem Ağı, Aktif Tektonik Araştırma Grubu 26. Çalıştayı (ATAG), 01-03 Kasım 2023, İstanbul-Türkiye, Erişim adresi: <https://atag.itu.edu.tr/dosya/ATAG26bildiriozleri.pdf>
- Kalafat D., Görgün E., 2019. Source Characteristics and b-values of the Tuz Gölü Fault Zone in Central Anatolia, Turkey, *Journal of Asian Earth Sciences*, 179, 337-349.
- Kalafat D., Güneş Y., Kara M., Deniz P., Kekovalı K., Kuleli H.S., Gülen L., Yilmazer M., Özel N.M., 2007. Bütünleştirilmiş Homojen Türkiye Deprem Kataloğu, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, 548 s.
- Kalafat D., Öz G., Kara M., Ögütçü Z., Kılıç K., Pınar A., Yilmazer M., 2000. Türkiye ve Dolayları Deprem Kataloğu (1981-1987, $M \geq 4.0$), Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, 234 s.
- Karnik V., 1969. Seismicity of the European area, Part I, Prague: Academia Publishing House of the Czechoslovak Academy of Sciences, 364 p.
- King G.C.P., 2007. Fault Interaction, Earthquake Stress Changes, and the Evolution of Seismicity, *Treatise on Geophysics*, 4, 225-255.
- King G.C.P., Stein R.S., Lin J., 1994. Static Stress Changes and the Triggering of Earthquakes, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 84, 935-953.
- KRDAE, 2025. B.Ü. Kandilli Rasathanesi BDTİM Deprem Sorgulama Sistemi, B.Ü. KRDAE Bölgesel Deprem-Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi, Erişim adresi: <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/zeqdb/>
- Lund B., Slunga R., 1999. Stress Tensor Inversion Using Detailed Microearthquake Information and Stability Constraints: Application to Ölfus in Southwest Iceland, *Journal of Geophysical Research*, 104(B7), 14947-14964.
- Maury J., Cornet F.H., Dorbath L., 2013. A review of Methods for Determining Stress Fields from Earthquake Focal Mechanisms; Application to the Sierentz 1980 seismic crisis (Upper Rhine graben), *Bulletin de la Societe Geologique de France*, 184(4-5), 319-334.
- Michael A.J., 1984. Determination of Stress From Slip Data: Faults and Folds, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 89(B13), 11517-11526.
- Nalbant S.S., 1996. Depremlerin Oluşturduğu Deformasyon ve Gerilme Alanlarının Modellenmesi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Türkiye, 1996.
- Nostro C., Cocco M., Belardinelli M.E., 1997. Static Stress Changes in Extensional Regimes: An Application to Southern Apennines (Italy), *Bulletin of the Seismological Society of America*, 87(1), 234-248.
- Ogata Y., 1988. Statistical Models For Earthquake Occurrences and Residual Analysis for Point Processes, *American Statistical Association*, 83, 9-27.
- Öcal N., 1968a. Türkiye’nin Sismitesi ve Zelzele Coğrafyası 1850-1960 Yılları için Türkiye Zelzele Kataloğu, İstanbul: Milli Eğitim Bakanlığı İstanbul Kandilli Rasathanesi Sismoloji Yayınları: 8, 119s.
- Öcal N., 1968b. Beş Yıllık Türkiye Zelzeleleri Kataloğu 1960-1964, Milli Eğitim Bakanlığı İstanbul Kandilli Rasathanesi Sismoloji Yayınları: 9., 24 s.
- Över S., 1999. Kuzey Anadolu Fay Zonu’nun Orta ve Batı Kesiminde Bölgesel Gerilme Durumunun İncelenmesi, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 42, 1, 85-96.
- Pınar N., Lahn E., 1952. Türkiye Depremleri İzahlı Kataloğu, T.C. Bayındırlık Bakanlığı Yapı ve İmar İşleri Reisliği, 6, 36, 153 s.
- Pollitz F.F., Sacks I.S., 1995. Consequences of Stress Changes Following the 1891 Nobi Earthquake Japan, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 85(3), 796-807.
- RCMT, 2025. European-Mediterranean Regional Centroid-Moment Tensors, European-Mediterranean RCMT Catalog, INGV, Erişim adresi: <https://rcmt2.bo.ingv.it/>

Reasenber P.A., Simpson R.W., 1992. Response of Regional Seismicity to the Static Stress Change Produced by the Loma Prieta Earthquake, *Science*, 255, 1687-1690.

Sipahioğlu S., Alptekin Ö., 1988. Türkiye'de Deprem Sorununun Görünümü, *Jeofizik Dergisi*, 2(2), 151-183.

Stein R.S., Lisowski M.J., 1983. The 1979 Homestead Valley Earthquake Sequence California: Control of Aftershocks and Postseismic Deformation, *Journal of Geophysical Research*, 88, 6477-6490.

Tan O., Tapırdamaz M.C., Ergintav S., İnan S., İravul Y., Saatçılar R., Tüzel B., Tarancıoğlu A., Karakisa S., Kartal R.F., Zünbül S., Yanık K., Kaplan M., Şaroğlu F., Koçyiğit A., 2010. Bala (Ankara) Earthquakes: Implications for Shallow Crustal Deformation in Central Anatolian Secton of the Anatolian Platelet (Turkey), *Turkish Journal of Earth Sciences*, 19(4), 449-471.

Tan O., Tapırdamaz M.C., Yörük A., 2008. The Earthquake Catalogues for Turkey, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 17(2), 405-418.

Temiz U., 2004. Kırşehir Dolayının Neotektoniği ve Depremselliği, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, 104s.

Temiz U., Gökten Y.E., 2016. 10 Ocak 2016 Hacıduraklı-Çiçekdağı (Kırşehir) Depremi (Mw = 5.0); İlgili Yapılar ve Tektonik Ortam, Orta Anadolu – Türkiye, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 59(2), 155-166.

Toda S., Stein R.S., Sevilgen V., Lin J., 2011. Coulomb 3.3 Graphic-Rich Deformatioin and Stress-Change Software for Earthquake, Tectonic, and Volcano Research and Teaching User Guide, 63 p.

Twiss R.J., Moores E.M., 1992. *Structural Geology*, W.H. Freeman and Copmany, New York, USA.

Vavryčuk V., 2014. Iterative joint inversion for stress and fault orientations from focal mechanisms, *Geophysical Journal International*, 199, 69-77.

Wilhelm S.C., Kleinsorge H., 1940. 19 Nisan 1938 Tarihli Kırşehir Zelzelesi ve Zelzele Mıntıklarında İnşaat ile İskan Hususunda Jeolojik Teklifler, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Yayınları Seri:B, No:5, 5-28 s.

Woessner J., Jónsson S., Sudhaus H., Baumann C., 2012. Reliability of Coulomb stress Changes Inferred from Correlated Uncertainties of Finite-Fault Source Models, *Journal of Geophysical Research*, 117, B07303.

Zoback M.L., 1992. First-and second-order patterns of stress in the lithosphere: The World Stress Map Project, *Journal of Geophysical Research in Atmospheres*, 97(B8), 11703-11728.

ZUR_RMT, 2025. Swiss Seismological Service, ETH Zurich, Erişim adresi: <https://seismo.ethz.ch/en/home/>

ARAŞTIRMA VERİSİ (Research Data)

Çalışma kapsamında kullanılan veriler AFAD, DESINVANter, EMSC, ISC, KRDAE, RCMT, ZUR_RMT web sitelerinden alınmıştır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI / İLİŞKİSİ (Conflict of Interest / Relationship)

Araştırma kapsamında herhangi bir kişiyle ve/veya kurumla çıkar çatışması bulunmamaktadır.

YAZARLARIN KATKI ORANI BEYANI (Author Contributions)

- Çalışmanın tasarlanması (*Designing of the study*): N.C.A.K.
- Literatür araştırması (*Literature research*): N.C.A.K.
- Saha çalışması, veri temini/derleme (*Fieldwork, collection/ compilation of data*): N.C.A.K.
- Verilerin işlenmesi/analiz edilmesi (*Processing/analysis of data*): N.C.A.K.
- Şekil/Tablo/Yazılım hazırlanması (*Preparation of figures/ tables/software*): N.C.A.K.
- Bulguların yorumlanması (*Interpretation of findings*): N.C.A.K.
- Makale yazımı, düzenleme, kontrol (*Writing, editing and checking of manuscript*): N.C.A.K.