

**6 ŞUBAT 2023 DEPREMLERİNDE AMANOS'TAKİ
YERLEŞİMLERDE OLUŞAN BİNA HASARLARININ
JEOLJİK-JEOMORFOLOJİK PARAMETRELERLE
İLİŞKİSİNİN İNCELENMESİ**

**INVESTIGATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN
BUILDING DAMAGES OF THE SETTLEMENTS IN
AMANOS DURING THE 6 FEBRUARY 2023
EARTHQUAKES AND GEOLOGICAL-
GEOMORPHOLOGICAL PARAMETERS**

ADEM KÜRŞAT ÖZCAN

PROF. DR. CANDAN GÖKÇEOĞLU

Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı için Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

2024

Bu tez çalışması, 2023 Şubatında gerçekleşen ve “Asrın Felaketi” olarak nitelenen depremlerde yaşamını yitiren tüm vatandaşların anısına ithaf olunur.

ÖZET

6 ŞUBAT 2023 DEPREMLERİNDE AMANOS'TAKİ YERLEŞİMLERDE OLUŞAN BİNA HASARLARININ JEOLJİK-JEOMORFOLOJİK PARAMETRELERLE İLİŞKİSİNİN İNCELENMESİ

Adem Kürşat ÖZCAN

Yüksek Lisans, Jeoloji Mühendisliği Bölümü

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Candan GÖKÇEOĞLU

Haziran 2024, 110 sayfa

6 Şubat 2023'te meydana gelen Kahramanmaraş merkezli yıkıcı depremler, 50.000'den fazla can kaybına ve 500.000'den fazla binanın hasar görmesine neden olmuştur. Türkiye ve Suriye'de etkili olan ve "Asrın Felaketi" olarak nitelenen bu depremlerde en çok etkilenen bölge Amanoslar olmuştur. Bu çalışma, bölgedeki 331.061 bina verisi üzerinde Pearson korelasyon ve ikili lojistik regresyon analizi (AUC=0.658) kullanarak, jeolojik ve jeomorfolojik özelliklerin bina hasarları üzerindeki etkisini anlamayı amaçlamaktadır. Yapılan çalışmada yükselti ile bina hasarı arasında niceliksel bir ilişki ortaya konulmuştur. 100-200 metre arasındaki binaların en yüksek hasar oranına (%38,1) sahip olduğu, 600 metre rakım üzerindeki binalarda ise hasarın önemli ölçüde azaldığı (%25'in altına) gözlemlenmiştir. Benzer şekilde, eğim ve hasar arasında güçlü bir korelasyon bulunmuştur; düz arazilerde (0-10 derece) yer alan binaların hasar oranı %27.91 iken, eğim arttıkça hasar oranı düzenli olarak azalmıştır. Bakı da önemli bir rol oynamış, doğu yönüne bakan binaların en yüksek hasar oranına (%33.11) sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, farklı litoloji sınıflarının hasar görmüş bina oranları üzerinde önemli etkileri olduğu tespit edilmiştir. Kırılan fay yüzeylerine yakınlık parametresi de hasar şiddetini etkilemiş, 4.800 metreye kadar çok yüksek hasar oranları gözlemlenmiştir. Bu

parametrenin 10.000 m'ye kadar etkili olduğu, 4.800 ile 10.000 metre arasında ise bu etkinin kademeli olarak azaldığı anlaşılmıştır. Bu bulgular, deprem riski yüksek bölgelerde jeolojik ve jeomorfolojik faktörlerin kentsel planlama ve risk azaltma stratejilerine entegre edilmesinin önemini vurgulamaktadır. Çalışma, jeolojik ve jeomorfolojik özellikler ile bina kırılabilirliği arasındaki karmaşık etkileşimi anlamaya yönelik değerli bilgiler sunarak, deprem sonrası yerleşim yeri seçiminde ve sismik risk yönetimi açısından önemli katkılar sağlamıştır.

Anahtar Kelimeler: 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremleri, Amanos Bölgesi, bina hasar değerlendirmesi, jeoloji, kırılabilirlik

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN BUILDING DAMAGES OF THE SETTLEMENTS IN AMANOS DURING THE 6 FEBRUARY 2023 EARTHQUAKES AND GEOLOGICAL- GEOMORPHOLOGICAL PARAMETERS

Adem Kürşat ÖZCAN

Master of Science, Department of Geological Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Candan GÖKÇEOĞLU

June 2024, 110 pages

The destructive earthquakes centered in Kahramanmaraş on February 6, 2023, resulted in over 50,000 casualties and damage to more than 500,000 buildings. Termed as the "Disaster of the Century" and affecting Türkiye and Syria, the most severely impacted area was the Amanos Mountains. This study aims to understand the influence of geological and geomorphological features on building damages using Pearson correlation and binary logistic regression analysis ($AUC=0.658$) on 331,061 building data in the region. The research reveals a quantitative relationship between altitude and building damage. It was observed that buildings within the range of 100-200 meters exhibited the highest damage rate (38.1%), whereas damages significantly decreased (below 25%) for buildings located above 600 meters in altitude. Similarly, a strong correlation between slope and damage was found; buildings on flat terrain (0-10 degrees) showed a damage rate of 27.91%, which consistently decreased with increasing slope. Aspect also played a significant role, with buildings facing east exhibiting the highest damage rate (33.11%).

Moreover, significant effects of different lithology classes on the rates of damaged buildings were identified. The proximity parameter to ruptured fault surfaces also influenced damage severity, with very high damage rates observed up to 4,800 meters. It was understood that this parameter was effective up to 10,000 meters, with a gradual decrease in effectiveness between 4,800 and 10,000 meters. These findings underscore the importance of integrating geological and geomorphological factors into urban planning and risk reduction strategies in high seismic risk areas. By providing valuable insights into the complex interaction between geological and geomorphological features and building vulnerability, this study offers significant contributions to post-earthquake site selection and seismic risk management.

Keywords: 6 February 2023 Kahramanmaras Earthquakes, Amanos region, damage assessment, geology, vulnerability

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının hazırlanmasında ve tamamlanmasında birçok kişinin değerli katkıları ve destekleri olmuştur. Öncelikle, tez danışmanım Prof. Dr. Candan GÖKÇEOĞLU'na sonsuz teşekkürlerimi sunmak istiyorum. Kendisi, çalışmalarım boyunca bana sürekli rehberlik etmiş, değerli bilgilerini ve deneyimlerini benimle paylaşmıştır. Yönlendirmeleri, eleştirileri ve sabrı olmadan bu çalışmayı tamamlamam mümkün olamazdı. Tez sürecinin her aşamasında bana gösterdiği ilgi ve destek için kendisine minnettarım.

Eşim Rukiye ÖZCAN'a da derin şükranlarımı sunuyorum. Tez çalışmam boyunca gösterdiği sabır, anlayış ve teşvikler benim için büyük bir moral kaynağı olmuştur. Araştırma ve yazma sürecinde, yoğun geçen günlerde bile beni motive ederek her zaman yanımda olmuştur. Onun desteği olmadan bu çalışmayı bitirmem mümkün olmazdı.

Çocuklarım Bilge ve Kağan ÖZCAN'a da en içten teşekkürlerimi iletiyorum. Onların sevgisi ve neşesi, zorlu anlarda bana güç ve ilham verdi. Bu süreçte bazen onlarla yeterince vakit geçirememiş olsam da, gösterdikleri anlayış ve sabır için onlara minnettarım. Onların varlığı, her zaman bana umut ve mutluluk kaynağı olmuştur.

Ayrıca, veri toplama sürecinde bana yardımcı olan değerli arkadaşım Emre YILDIZ'a, mesai arkadaşlarıma, düşüncelerini ve önerilerini benimle paylaşarak tezimin kalitesini artırmama yardımcı olan Dr. Zehra KAYA TOPAÇLI ve Savaş KARAKAYA'ya çok teşekkür ederim.

Son olarak, bu süreçte bana her zaman destek olan aileme ve dostlarıma da teşekkürlerimi sunuyorum. Bu tez çalışmasının tamamlanmasında emeği geçen herkese, bana inandıkları ve yanımda oldukları için sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışmasının, ilgili alanda önemli katkılar sağlayacağını umuyor, bu süreçte desteklerini esirgemeyen herkese bir kez daha teşekkür ediyorum.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışma Alanının Konumu.....	3
1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	3
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	5
3. JEOLJİK VE COĞRAFİK ÖZELLİKLER.....	8
3.1. Genel Jeoloji.....	8
3.2. Çalışma Alanının Jeolojisi	9
3.2.1. Zabuk (Diğer adı Eğrek) Formasyonu (Alt Kambriyen).....	10
3.2.2. Çaltepe Formasyonu (Alt-Orta Kambriyen)	11
3.2.3. Seydişehir Formasyonu (Orta Kambriyen – Orta Ordovisyen)	13
3.2.4. Bedinan Formasyonu (Üst Ordovisyen).....	15
3.2.5. Yığınlı Formasyonu (Devoniyen)	16
3.2.6. Küreci Dolomiti (Alt Triyas – Alt Jura).....	17
3.2.7. Karadağ Kireçtaşı (Jura - Kretase)	18
3.2.8. Olistostrom (Albiyen - Kampaniyen).....	19
3.2.9. Hatay Ofiyolitleri (Jura – Üst Kretase)	20
3.2.10. Terbüzek Formasyonu (Maastrichtiyen).....	22
3.2.11. Besni Formasyonu (Maastrichtiyen).....	23
3.2.12. Germav Formasyonu (Maastrichtiyen - Paleosen).....	24
3.2.13. Belveren Formasyonu (Üst Paleosen)	25
3.2.14. Okçular Formasyonu (İpresiyen - Lütesiyen)	26
3.2.15. Kışlak Formasyonu (Bartoniyen - Priaboniyen)	27

3.2.16. Balyatağı Formasyonu (Akitaniyen - Burdigaliyen)	28
3.2.17. Sofular Formasyonu (Langiyen - Serravaliyen)	30
3.2.18. Tepehan Formasyonu (Langiyen - Serravaliyen)	31
3.2.19. Nurzeytin Formasyonu (Tortoniyen)	32
3.2.20. Yavuzeli Bazaltı (Tortoniyen)	34
3.2.21. Vakıflı Formasyonu (Messiniyen)	35
3.2.22. Samandağ Formasyonu (Üst Pliyosen).....	36
3.2.23. Kuvaterner Bazalt (Pleyistosen)	37
3.2.24. Alüvyon – Taraça – Traverten – Yamaç Molozu (Kuvaterner).....	38
3.3. Amanosların Depremselliği	39
3.3.1. Doğu Anadolu Fay Zonu	41
3.3.2. Ölü Deniz Fay Zonu	42
3.3.3. Tarihi Depremler (M.Ö. 148 – 1872)	43
3.3.4. Aletsel Dönemdeki Depremler (1908-2023)	45
4. 6 ŞUBAT DEPREMLERİNİN GENEL ÖZELLİKLERİ	49
4.1. Depremin Yapısal Etkisi	51
4.2. Depremin Sosyal ve Ekonomik Etkileri	53
5. MATERYAL VE YÖNTEM	55
5.1. Materyal	55
5.1.1. Bina Hasar Verisi.....	55
5.1.2. Coğrafi Veriler	56
5.1.3. Jeoloji ve Fay Haritaları.....	56
5.1.4. CBS Yazılımı	57
5.1.5. İstatistiksel Analiz Yazılımı.....	57
5.2. Yöntem.....	57
5.2.1. Veri Toplama Süreci	58
5.2.2. Veri Seti ve Analiz.....	59
6. BULGULAR VE TARTIŞMA	65
6.1. Tanımsal İstatistiksel Analizler	66
6.1.1. Yükseklik ve Hasar İlişkisi	66
6.1.2. Eğim ve Hasar İlişkisi.....	69
6.1.3. Topoğrafik Bakı ve Hasar İlişkisi	71

6.1.4. Litoloji ve Hasar İlişkisi.....	74
6.1.5. Faya Uzaklık ve Hasar İlişkisi	76
6.2. Pearson Korelasyon Analizi	78
6.3. Lojistik Regresyon	80
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	85
8. YORUM	88
9. KAYNAKLAR.....	89
10. EKLER	109
EK 1 - Tezden Türetilmiş Yayınlar.....	109
EK 2 - Tez Çalışması Orijinallik Raporu	110

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Çalışma alanı haritası.....	3
Şekil 3.1. Çalışma alanı jeolojisi (Herece, 2008'den değiştirilerek)	10
Şekil 3.2. Zabuk Formasyonu dağılım haritası (Herece, 2008'den değiştirilerek).....	11
Şekil 3.3. Çaltepe Formasyonu dağılım haritası (Herece, 2008'den değiştirilerek).....	13
Şekil 3.4. Seydişehir Formasyonu dağılım haritası (Herece, 2008'den değiştirilerek) ..	14
Şekil 3.5. Bedinan Formasyonu dağılım haritası (Herece, 2008'den değiştirilerek).....	16
Şekil 3.6. Yığınlı Formasyonu dağılım haritası (Herece, 2008'den değiştirilerek).....	17
Şekil 3.7. Küreci Dolomiti dağılım haritası (Herece, 2008'den değiştirilerek).....	18
Şekil 3.8. Karadağ Kireçtaşı dağılım haritası (Herece, 2008'den değiştirilerek)	19
Şekil 3.9. Olistostrom dağılım haritası (Herece, 2008'den değiştirilerek)	20
Şekil 3.10. Hatay Ofiyolitleri dağılım haritası (Herece, 2008'den değiştirilerek)	22
Şekil 3.11. Terbüzek Formasyonu dağılım haritası (Herece, 2008'den değiştirilerek) ..	23
Şekil 3.12. Besni Formasyonu dağılım haritası (Herece, 2008'den değiştirilerek)	24
Şekil 3.13. Germav Formasyonu dağılım haritası (Herece, 2008'den değiştirilerek)	25
Şekil 3.14. Belveren Formasyonu dağılım haritası (Herece, 2008'den değiştirilerek)...	26
Şekil 3.15. Okçular Formasyonu dağılım haritası (Herece, 2008'den değiştirilerek)	27
Şekil 3.16. Kışlak Formasyonu dağılım haritası (Herece, 2008'den değiştirilerek).....	28
Şekil 3.17. Balyatağı Formasyonu dağılım haritası (Herece, 2008'den değiştirilerek)..	29
Şekil 3.18. Sofular Formasyonu dağılım haritası (Herece, 2008'den değiştirilerek)	31
Şekil 3.19. Tepehan Formasyonu dağılım haritası (Herece, 2008'den değiştirilerek) ...	32
Şekil 3.20. Nurzeytin Formasyonu dağılım haritası (Herece, 2008'den değiştirilerek) .	33
Şekil 3.21. Yavuzeli Bazaltlı dağılım haritası (Herece, 2008'den değiştirilerek)	35
Şekil 3.22. Vakıflı Formasyonu dağılım haritası (Herece, 2008'den değiştirilerek).....	36
Şekil 3.23. Samandağ Formasyonu dağılım haritası (Herece, 2008'den değiştirilerek)	37
Şekil 3.24. Kuvaterner Bazalt dağılım haritası (Herece, 2008'den değiştirilerek).....	38
Şekil 3.25. Kuvaterner yaşlı alüvyon, taraça, traverten ve yamaç molozu dağılım haritası (Herece, 2008'den değiştirilerek)	39
Şekil 3.26. Türkiye'deki fay zonları ve plakalar (Zelenin vd. 2022'den değiştirilerek)..	40
Şekil 3.27. Doğu Anadolu Fay Zonu ve segmentleri haritası (Emre vd. 2018'den değiştirilerek)	41
Şekil 3.28. 17 Şubat 1908-5 Şubat 2023 arasındaki 5 ve üzeri depremler (KOERI, 2024)	46

Şekil 4.1. 6 Şubat tarihinde meydana gelen 5 ve üzeri büyüklükteki depremler	50
Şekil 4.2. Çalışma alanından çekilmiş fotoğraflar (a: Antakya, b: Nurdağı, c: İskenderun, d: Hassa, e-f: Defne).....	53
Şekil 5.1. Ulusal hasar tespit ekiplerinin çalışmasına örnek (Anonim, 5 Mayıs 2024) ..	55
Şekil 5.2. Çalışma alanı sayısal yükseklik modeli	56
Şekil 5.3. Çalışma metodolojisi iş akış şeması.....	58
Şekil 5.4. Hasar tespit sorgulama ekranı (Anonim, 10.05.2024)	59
Şekil 5.5. Bina hasar durumlarının 3 farklı şekilde sınıflandırılması.....	60
Şekil 6.1. Hasar durumuna göre bina sayıları ve dağılımı	65
Şekil 6.2. Yerleşim yoğunluğu ve hasar durum haritası	66
Şekil 6.3. Yükselti aralıklarına göre bina hasar dağılım grafiği.....	68
Şekil 6.4. Yükselti sınıflarına göre hasarlı ve hasarsız bina sayısı oranı grafiği.....	68
Şekil 6.5. 10 derecelik eğim sınıflarına karşılık bina hasar dağılım grafiği.....	70
Şekil 6.6. Eğim sınıflarına göre hasarlı ve hasarsız bina sayısı oranı grafiği	71
Şekil 6.7. Topoğrafik bakı durumuna göre bina hasar dağılım grafiği (V_3)	72
Şekil 6.8. Topoğrafik bakı sınıflarına göre hasarlı ve hasarsız bina sayısı oranları grafiği	72
Şekil 6.9. Fay yüzeyine göre nüfus dağılımı ve depremin hissedilme şiddeti (Scarr vd., 2024'ten değiştirilerek)	73
Şekil 6.10. Litoloji sınıflarına karşılık bina hasar dağılım grafiği	74
Şekil 6.11. Litolojik sınıflara göre hasarlı/hasarsız bina sayısı oranı grafiği (V_1).....	75
Şekil 6.12. Faya uzaklık parametresi ile hasarlı bina sayısının toplam hasarlı bina sayısına oranı dağılım grafiği (100 m aralıklı).....	76
Şekil 6.13. Faya uzaklık ile hasarlı bina sayısının hasarsız bina sayısına oranına ait dağılım grafiği.....	77
Şekil 6.14. Pearson korelasyonu analiz sonuçları	78
Şekil 6.15. Lojistik regresyon analiz sonuçları	80
Şekil 6.16. 3 farklı sınıflandırmaya ait ROC eğrisi ve altında kalan alanlar.....	83

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Aletsel dönemde Amanos Bölgesi ve çevresinde meydana gelen 5 ve üzeri büyüklükteki deprem kayıtları	46
Çizelge 4.1. 6 Şubat tarihinde meydana gelen 5 ve üzeri büyüklükteki depremler.....	50
Çizelge 4.2. Depremden etkilenen 11 ile ait hasar durumu (SBB, 2024).....	52
Çizelge 5.1. Litolojik birimler, alansal büyüklükleri ve oranları.....	61
Çizelge 6.1. Yükselti sınıfına göre hasarlı ve hasarsız bina sayısı ve oranı	67
Çizelge 6.2. Yükselti sınıfına göre hasarlı ve hasarsız bina sayısı ve oranı	69

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

M_b	Depremın cisim dalgası büyüklüğü
M_d	Süreye bağılı deprem büyüklüğü
M_L	Richter ölçeğinde depremin yerel büyüklüğü
M_s	Depremin yüzey dalgası büyüklüğü
M_w	Depremin moment büyüklüğü

Kısaltmalar

ADRC	Asya Afet Azaltma Merkezi
AFAD	Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
AUC	Eğri Altındaki Alan
ÇŞİDB	Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı
DAFZ	Doğu Anadolu Fay Zonu
DEM	Dijital Yükselti Modeli
KAFZ	Kuzey Anadolu Fay Zonu
MTA	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
ÖDFZ	Ölü Deniz Fay Zonu
PGA	Zirve Zemin İvmesi
PGD	Zirve Zemin Yer Değiştirmesi
PGV	Zirve Zemin Hızı
ROC	Alıcı İşletim Karakteristik Eğirisi
SBB	Cumhurbaşkanlığı, Strateji ve Bütçe Başkanlığı
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
TSİ	Türkiye saati ile

TÜRKONFED	Türk İş Dünyası Konfederasyonu
TWI	Topoğrafik Nemlilik İndeksi
UNOCHA	Birleşmiş Milletler İnsani Yardım Koordinasyon Ofisi
VIF	Varyans Büyütme Faktörü

1. GİRİŞ

İnsanlığı etkileyen en yıkıcı afetlerin başında depremler gelmektedir. Depremler, yıkıcı sonuçları nedeniyle insanlar için büyük bir tehdit oluştururken, dünya çapında milyonlarca insanı etkilemiştir (Stein ve Wysession, 2009). Her yıl dünyada 1 milyondan fazla deprem olmaktadır ve bu her 30 saniyede bir depreme eşittir. 2001-2011 yılları arasında dünyada 780.000'den fazla insan meydana gelen afetler nedeniyle hayatını kaybetmiş ve depremler afet kaynaklı bu ölümlerin yaklaşık %60'ını oluşturmaktadır (Dong ve Shan, 2013). Deprem kuşağı üzerinde bulunan ülkelerde depremler sıklıkla yaşanmaktadır. Ülkemiz de Alp-Himalaya deprem kuşağı üzerinde bulunmakta olup çok sayıda aktif faya sahiptir (Şahin vd., 2004). Türkiye, Kuzey Anadolu, Doğu Anadolu, Kuzey Doğu Anadolu ve Batı Anadolu Fayları üzerinde yer almaktadır. Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ve Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ), dünyanın sismik açıdan en aktif ve geri dönüş süresi en kısa fay zonları arasında yer almaktadır. Bu faylar önemli can kayıplarına ve geniş yapısal hasarlara neden olan birçok büyük ve yıkıcı depremden sorumlu olmuştur (Doğangün, 2021; Sayın vd., 2013; Yön, 2021). Türkiye'de son yüzyılda birçok yıkıcı deprem KAFZ boyunca meydana gelmiştir ve bu, üzerinde çokça araştırma yapılan ve giderek daha iyi tanınan bir fay zonudur. Öte yandan, DAFZ aletsel dönemde görece sessiz olmasına rağmen tarihsel süreçte yıkıcı depremler ürettiği bilinmektedir (Ergin vd., 1967; Kartal vd., 2013; Duman vd., 2020; Gökçeoğlu, 2023). DAFZ Karlıova, Ilıca, Palu, Pütürge, Erkenek, Pazarcık ve Amanos olmak üzere uzunlukları 31 ila 114 km arasında değişen 7 farklı segmentten oluşmaktadır (Emre vd., 2018). Gökçeoğlu (2022), Doğu Anadolu Fay Hattı'nın (DAFZ) bazı segmentlerinde kaydedilen tarihi depremler ve diğer bazı kesimlerdeki deprem boşlukları sebebiyle DAFZ boyunca yıkıcı bir deprem olasılığının bulunduğunu ifade etmiştir. Gökçeoğlu (2023) ayrıca DAFZ'nin Erkenek segmentinden batıya doğru uzanan yan segmentlerinde (Sürgü, Çardak, Engizek, Kahramanmaraş, Savrun ve Çokak) 6 Şubat 2023 tarihine kadar belirgin bir deprem meydana gelmemiş olmasına rağmen, elastik gerilme enerjisinin birikmeye devam ettiğini belirtmiştir.

6 Şubat 2023 tarihinde Türkiye saati ile (TSİ) 04.17'de merkez üssü Kahramanmaraş Pazarcık olan, Ölü Deniz Fay Zonu'nun kuzeyinde yer alan Narlı segmentinde, $M_w = 7,7$ büyüklüğünde ve 8,6 km derinliğinde bir deprem meydana gelmiştir (AFAD, 2023a). Aynı depremin merkez üssü Kandilli Rasathanesi tarafından Gaziantep, Şhitkamil, Sofalaca olarak belirtilmiştir (KOERI, 2023). Yine aynı gün TSİ 13.24'te merkez üssü

Kahramanmaraş Elbistan olan, $M_w = 7,6$ büyüklüğünde ve 7,0 km derinliğinde yıkıcı bir daha oluşmuş ve 11 ilde büyük bir yıkıma neden olmuştur. Bu iki büyük depremin ardından ilk 80 saat içerisinde, en büyüğü $M_w = 6,6$ büyüklüğünde olmak üzere 1300'e yakın deprem ölçülmüştür (AFAD, 2023a). Birinci deprem AFAD tarafından işletilen ve 436 km'lik uzaklığa düşen 280 kuvvetli yer hareketi istasyonu tarafından kaydedilirken Antakya'da bulunan TK3126 nolu istasyonda 1,23g; Pazarcık'taki 4614 nolu istasyonda ise 2,22g olarak ölçülmüştür. İkinci deprem ise AFAD tarafından işletilen ve 445 km'lik uzaklığa düşen 244 kuvvetli yer hareketi istasyonu tarafından kaydedilmiş olup maksimum yer ivmesi değeri Göksun'da 0,65g olarak ölçülmüştür (Çetin vd., 2023; AFAD, 2024a). Ülkemizde "Yüzyılın Felaketi" olarak adlandırılan tüm bu yıkıcı depremler 11 ilde yüz binlerce binada hasara ve 50.000'in üzerinde ölüme neden olmuştur (Özüdoğru, 2023).

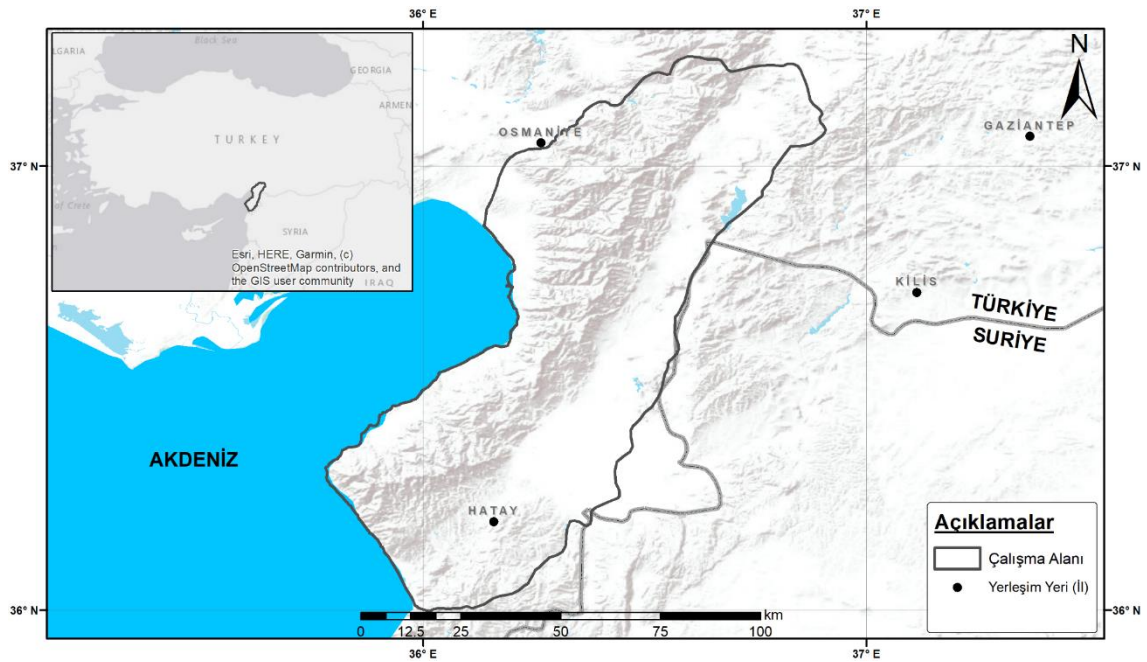
Aynı gün meydana gelen depremler hem Türkiye'de hem de Suriye'de geniş çapta yıkıma neden olmuştur. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın (ÇŞİDB) verilerine göre, Türkiye'nin 11 ilinde 50.000'den fazla kişi yaşamını yitirirken, 500.000'den fazla binanın "yıkık", "ağır hasarlı" veya "acil yıktırılacak" olarak rapor edildiği belirtilmiştir. Orta ve hafif hasarlı binalarla birlikte depremden etkilenen bina sayısı 1 milyonun üzerindedir. İnşaat tekniklerinden kaynaklanan bina hasarlarının genel değerlendirmeleri bazı araştırmacılar tarafından yapılmıştır (Özkula vd., 2023; Avcil vd., 2023; Işık, 2023). Bina hasarlarının yanı sıra, 6 Şubat 2023 Depremleri tarafından tetiklenen çeşitli türde yer hareketleri rapor edilmiştir (Gökçeoğlu, 2023; Karakaş vd., 2023 ve 2024; Görüm vd., 2023; Özener vd., 2024; Çakır ve Çetin, 2024).

Büyük depremlerde binalarda meydana gelen hasarların şekilleri ve düzeyleri büyük ölçüde yapısal malzemelere, bina yapımıyla ilgili mevzuata ve yerel inşaat uygulamalarına bağlıdır. Bu nedenle deprem hasar durumlarının incelenmesi, binaların hasar görülebilirlik fonksiyonlarının geliştirilmesi için oldukça önemlidir (Yamazaki vd., 2018). Yerleşim yeri seçimlerinde aktif fayların mekânsal konumları, jeolojik etmenler, zeminin sıvılaşma durumu, yeraltı su seviyesi ve binaların dayanıklılık durumu dikkate alınmalıdır (Atabey, 2000; Turoğlu, 2004). Herhangi bir depremde hasarın etkisi depremin odak noktasından çevresine doğru yayılarak azalır. Bu nedenle herhangi bir bölgenin depremden hasar görme riski fay hattına yakınlığı ile ilişkilidir (Sönmez, 2014). Bununla birlikte, sıvılaşma da deprem sırasında meydana gelen feci olaylardan biridir

(Kayabaşı ve Gökçeoğlu, 2018). Deprem riski olan bölgelerde yapı inşa ederken zemin etüdü yapılması ve yapıların depreme dayanıklı olarak tasarlanması son derece önemlidir.

1.1. Çalışma Alanının Konumu

Çalışma alanı Türkiye'nin güneyinde bulunan Amanos Dağları ve yakın çevresini kapsamaktadır. Çalışma alanı kuzeyde Gaziantep Nurdağı, güneyde Hatay Samandağ, doğuda Gaziantep İslahiye, batıda ise Hatay İskenderun ile sınırlandırılmıştır ve toplam alanı 5926 km²'dir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Çalışma alanı haritası

1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmanın amacı, 6 Şubat 2023 tarihinde Kahramanmaraş'ta meydana gelen Mw=7,7 ve Mw=7,6 büyüklüğündeki depremlerin ve artçılarının sonrasında Amanoslar bölgesinde bulunan binalarda oluşan hasarların litoloji, fay, yüzey eğimi, bakı ve yükseklik ile olan ilişkilerinin istatistiksel yöntemlerle incelenerek, bu parametrelerin bina hasarlarında ne kadar etkili olduğunu belirlemektir. Literatürde deprem sonrası bina hasarlarını ya da depremler ile jeolojik ve jeomorfolojik parametreler arasındaki ilişkiyi ayrı ayrı inceleyen farklı disiplinlerde birçok çalışma bulunmaktadır. Ancak, deprem sonrası binalarda oluşan hasarların jeolojik ve jeomorfolojik parametrelerle ilişkisini ele alan çok az çalışmaya rastlanmıştır. Binalarda oluşan hasarların jeolojik ve jeomorfolojik etkenlerle olan ilişkisinin tanımlanması, deprem risk haritalarının oluşturulmasına,

yerleşim yeri seçimine, afet yönetimi ve acil durum hazırlık planlarının geliştirilmesine, mevcut binaların güçlendirilmesine ve yasal düzenlemelere katkı sunacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmanın, başka depremler sonrasında yapılacak benzer çalışmalarla karşılaştırmak suretiyle deprem hasarlarının jeolojik ve jeomorfolojik faktörlerle olan ilişkisi hakkında daha kapsamlı bulguların elde edilmesine; bölgedeki yapıların daha güvenli ve dayanıklı hale getirilmesine; deprem riski taşıyan bölgelerde olası bina hasarlarının belirlenmesine; gelecekte yaşanacak depremlerde oluşabilecek hasarların azaltılmasına; jeoloji ve jeomorfoloji alanlarında yapılacak diğer araştırmalara katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Ayrıca bu çalışmanın deprem risk analizlerinde kullanılacak önemli bir veri kaynağı olması; bununla birlikte, deprem mühendisliği ve risk yönetimi gibi alanlarda önemli bir referans kaynağı olması beklenmektedir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

MacMurdo (1824), 16 Haziran 1819'da Hindistan'ın Gücerat eyaletinde meydana gelen yıkıcı depremin ardından şehirdeki bina hasarlarının coğrafi dağılımını incelemiş ve kaya üzerine inşa edilmiş binaların depremden çok az etkilendiği sonucuna ulaşmıştır.

Lekkas (1996), Yunanistan'daki 26 Mart 1993 tarihli İlia Depremi'nden elde edilen verilere dayanarak, gözlemlenen şiddetler ile jeolojik, tektonik ve jeoteknik koşullar arasında açık bir ilişki bulmuştur.

Tertulliani (2000) Eylül 1997 ile Nisan 1998 arasında İtalya'nın Umbria-Marche bölgelerinde meydana gelen depremler sonrasında 26 farklı yerleşim yerinde meydana gelen hasarları incelemiş, makrosismik veriler toplayarak hasar deseni ile yüzey jeolojisi arasındaki ilişkiyi ortaya koymuştur. En büyük hasarın havzanın içinde, sınır faylarına yakın yerleşim yerlerinde ve moloz yelpazesinin alüvyon ya da anakaya ile dokanak oluşturduğu bölgelerde meydana geldiğini tespit etmiştir.

Guidoboni ve diğerleri (2003) İtalya'nın Palermo şehrinde meydana gelen son 300 yıllık depremlerin hasarları ile zeminin jeolojik özelliklerini araştırmış, yapay dolgular dahil farklı litolojik birimlerin etkisini ortaya koymuştur.

Narayan ve Sharma (2004), 26 Ocak 2001 tarihindeki Bhuj depreminde yerel jeolojinin hasar şiddeti üzerindeki etkilerini incelemiştir. Makrosismik alan gözlemleri, gevşek toprak örtüsünün ve topografik özelliklerin hasarda önemli bir rol oynadığını ortaya koymuştur. Gözlemlere dayanarak, yapıların mühendislik özelliklerinden ziyade yerel jeolojinin deprem sırasında hasarın şiddetini büyük ölçüde belirlediği sonucuna ulaşılmıştır.

Giammarinaro ve diğerleri (2005), 6 Eylül 2002'de İtalya'nın Palermo şehrinde meydana gelen depremin ardından makrosismik araştırmalar yaparak yoğunluk verileri ile yüzey jeolojisi arasındaki mekânsal ilişkiyi ve korelasyonu araştırmıştır. Özellikle yakın zamanda çökelmiş olan alüvyon birimlerde sismik dalga büyümesi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Bol, Arel ve Önalp (2007) tarafından gerçekleştirilen bir araştırmada, 1999 depremi sonrasında Adapazarı'nda yapılan sondaj çalışmalarından elde edilen mühendislik parametreleri kullanılarak, hasar oranı, sıvılaşma ve konik penetrasyon deneylerinden elde edilen koni uç direnci ve sıvılaşma haritaları oluşturulmuştur. Bu haritalar,

enterpolasyon yöntemiyle oluşturulmuş ve zemin özellikleri ile hasar dağılımı arasındaki ilişki incelenmiştir. Araştırma, bina temellerinin anakaya üzerine oturduğu durumlarda hasarın neredeyse hiç olmadığını, ancak alüvyon üzerine inşa edilen binalarda ağır hasar ve yıkım yaşandığını ortaya koymuştur. Bununla birlikte, hasar dağılımında sadece zemin türü ve dayanımının belirleyici bir rol oynamadığı sonucuna varılmıştır.

Şengezer ve diğerleri (2008), Türkiye'deki geçmiş depremlerin ardından hasar dağılımını analiz etmek için karar ağacı tekniklerini kullanmışlar ve zirve yer ivmesi (PGA), bina türü ve arazi koşulları gibi faktörlerin etkisini ortaya koymuşlardır.

McCrink vd. (2010), 22 Aralık 2003 tarihinde meydana gelen $M_w=6,6$ San Simeon depreminin ahşap çerçeveli konutlarda ortaya çıkardığı sismik hasarın istatistiksel bir değerlendirmesini gerçekleştirmişlerdir. Yapı türünden bağımsız olarak Kretase ve Tersiyer yaşlı çökel birimlerde, tepe yamaçlarına kıyasla tepe üstlerinde sismik hasarın hem oranının hem de şiddetinin önemli ölçüde daha yüksek olduğu sonucuna varmışlardır.

Nurwihastuti (2014), 2006 Bantul Depremi'nde arazi şekilleri ile hasar desenleri arasındaki bağlantıyı göstermiştir. Uzaktan algılama ve CBS tekniklerinden yararlanan bu çalışma, gevşek sedimanlar ile ciddi hasar arasında bir korelasyon ortaya koymuş ve yeraltı özelliklerinin önemini vurgulamıştır.

Wang ve diğerleri (2016), 25 Nisan 2015 $M_w=7,8$ Gorkha depremi sonrasında topografik koşulların, jeolojik durumun ve bina yapısının konut hasarlarına etkilerini incelemiştir. Bir bölgenin jeolojik ve jeomorfolojik özellikleri ile binanın yapısı gibi faktörlerin sismik titreşimi seçici olarak büyüttüğü ve ciddi bina çökmelerine ve hasarlara neden olduğunu belirtilmiştir.

Kagawa ve diğerleri (2017) 21 Ekim 2016 tarihinde Japonya'nın Tottori il merkezinde meydana gelen 6,6 büyüklüğündeki depremde güçlü yer hareketleri üzerinde yüzey jeolojisinin etkisini araştırmışlardır. Yüzey jeolojisinin yer hareketi üzerindeki etkisinin güçlü olduğu sonucuna varılmıştır.

Sharma ve diğerleri (2017), 25 Nisan 2015 $M_w=7,8$ Gorkha depreminin etkilediği alanlarda yerel saha koşullarının, yapısal ve jeoteknik hasar derecesi ve dağılımı üzerindeki rolünü araştırmışlardır. Yerel jeolojinin deprem sırasındaki hasarın şiddetini büyük ölçüde belirlediği sonucuna varılmıştır.

Doğan ve diğerleri (2021), 2020 Elazığ Depremi'nde bina hasarlarının nedenlerini araştırmışlar ve gözlemlenen hasar ile tasarım ivme değerleri arasındaki uyumsuzlukları vurgulamışlardır.

Karadaş ve ner (2021) 30 Ekim 2020'deki Sisam Depremi'nin Bornova Ovası'ndaki yıkım ve hasarın dağılışındaki etkileri değerlendirmişlerdir. Araştırma, alüvyonların özelliklerinin ve depreme tepkilerinin belirlenmesinin önemini vurgulamaktadır. Hasarlı binaların konumları, sedimantolojik ve stratigrafik kesitler üzerine aktarılarak incelenmiştir. Yüksek katlı binaların inşa edildiği alçak ova tabanında Holosen transgresyonuna bağlı alüvyon niteliklerindeki değişimlerin deprem hasarını artırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Literatürde, deprem sonrası bina hasarları veya depremler ile jeolojik ve jeomorfolojik parametreler arasındaki ilişkiyi ayrı ayrı inceleyen farklı disiplinlerde birçok çalışma bulunmaktadır. Ancak, deprem sonrası binalarda oluşan hasarların jeolojik ve jeomorfolojik parametrelerle ilişkisini ele alan çok az çalışmaya rastlanmıştır. Bu alışma, bu boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır. Binalarda oluşan hasarların jeolojik ve jeomorfolojik etkenlerle olan ilişkisinin tanımlanması, deprem risk haritalarının oluşturulmasına, yerleşim yeri seçimine, afet yönetimi ve acil durum hazırlık planlarının geliştirilmesine, mevcut binaların güçlendirilmesine ve yasal düzenlemelere katkı sunabilir. Bu alışma, benzer çalışmaların eksik kalan yönlerini tamamlamayı hedeflemektedir ve bu alanda yeni bir bakış açısı sunmaktadır.

3. JEOLJİK VE COĞRAFİK ÖZELLİKLER

3.1. Genel Jeoloji

Amanoslarda, Kambriyen öncesi ile Kuvaterner arasındaki jeolojik zaman aralığında yer alan çeşitli kayaç türleri mevcuttur. Bu kayaçlar, Paleozoyik, Mesozoyik ve Senozoyik dönemlere ait farklı jeolojik süreçlerin izlerini taşımaktadır, bunlar arasında çökel, metamorfik, volkanik bileşenler ve melanj bulunmaktadır. Amanos Dağları'nın jeolojik yapısı, genellikle kabul gören bir görüşe göre, Kambriyen öncesinde oluşmuş bir çekirdeğin, Kambriyen, Ordovisiyen, Devoniyen ve Mesozoyik yaşlarındaki çökellerle çevrelenmiş büyük bir antiklinal yapı oluşturduğu şeklindedir. Bu antiklinal yapı, bölgenin kompleks jeolojik evrimini yansıtan önemli bir yapısal birim olarak kabul edilmektedir (Brown, 1959; Krummenacher ve Dean, 1961; Ketin, 1966; Atan, 1969; Ishmahwi, 1972; Janetzko, 1972; Lahner, 1972; Aslaner, 1973; Yalçın, 1979a, 1980; Yılmaz vd., 1984; Demirkol, 1988).

Pangea'nın bölünmesi sonucunda, Paleozoik sonunda meydana gelen jeolojik değişimlerle Avrasya ve Gondvana kıtaları oluşmuş ve aralarında Tetis Okyanusu belirmiştir. Üst Kretase döneminde, Paleozoyik ve Mezozoyik yaşlı kayaçlar üzerine Tetis Okyanusu'nun tabanındaki dolorit, harzburjit, peridotit, piroksenit, serpantinit, gibi kayaçlar tektonik olarak Arap Yarımadası'nın üzerine bindirilmiştir. Bu kayaçlar, uzak bir kaynaktan taşınmış allokon birimlerdir. Tetis Okyanusu'nun kapanması, Akdeniz'in sınırlarının belirlenmesine katkıda bulunmuş ve Anadolu levhası, Paleozoyik ve Mezozoyik yaşlı kayaçlar ile birlikte Avrasya ve Arap Yarımadası arasında sıkışmaya başlamıştır. Bu jeolojik süreç, bölgenin aktif deprem kuşağı oluşumunda önemli bir rol oynamıştır, ki Türkiye'nin içinde yer aldığı Alp-Himalaya kuşağı, bu etkileşimin bir sonucudur (Schwan, W.,1971; Yolcu, 2005).

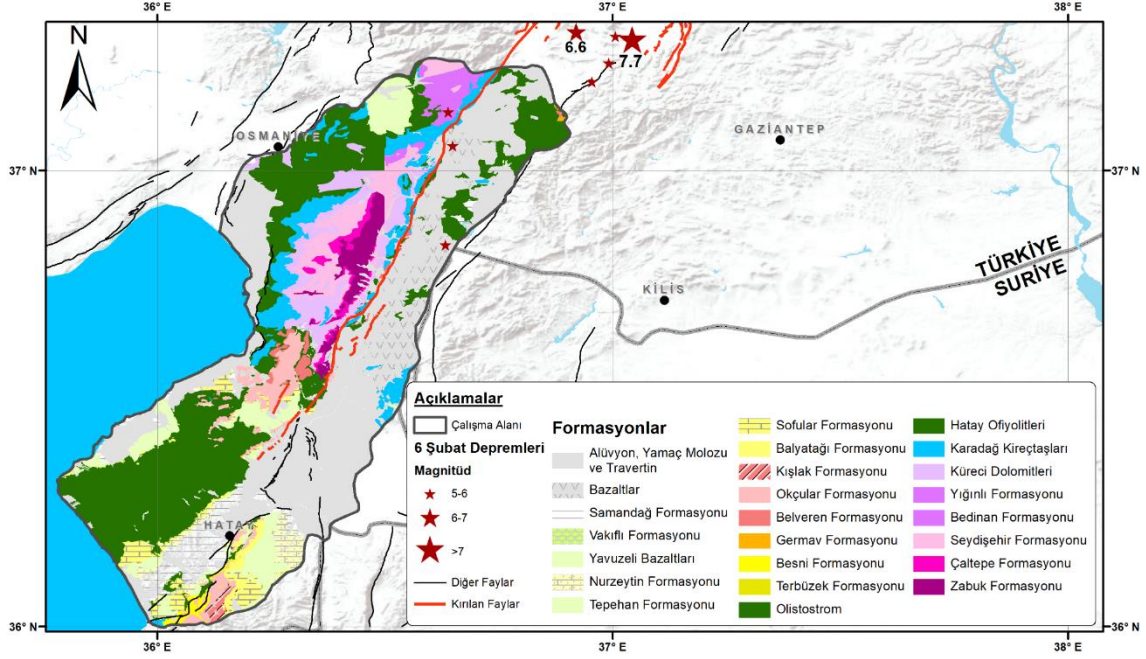
Çalışma alanı içerisinde, bölgenin jeolojik evriminin ayrıntılı bir kaydını sunan çeşitli jeolojik formasyonlar bulunmaktadır. Jeolojik zaman ölçeğinde, başlangıç olarak, Zabuk ve Çaltepe Formasyonları, Alt ve Orta Kambriyen'e işaret eder. Bu formasyonlar, Orta Kambriyen'den Orta Ordovisiyen'e kadar uzanan Seydişehir Formasyonu ile devam eder. Ardından, Üst Ordovisiyen dönemi, Bedinan Formasyonu'nun karakteristik özelliklerini sunar. Devoniyen dönemi, Yığınlı Formasyonu ile temsil edilir (Herece, 2008).

Alt Triyas'tan Alt Jura'ya kadar olan dönemde Küreci Dolomitleri gözlemlenir, ardından Jura'dan Kretase'ye uzanan Karadağ Kireçtaşları gelir. Üst Kretase dönemi, önemli tektonik olayları gösteren Hatay Ofiyolitleri ve Olistostromları ile belirginleşir. Maastrichtiyen dönemini, Terbüzek, Besni ve Germav Formasyonları izler (Herece, 2008). Senozoyik döneme geçişte, Paleosen'in sonlarına doğru Belveren Formasyonu ile karşılaşılır. Ardından, Orta Eosen'den Orta Oligosen'e kadar olan dönemde Okçular Formasyonu, Bartoniyen'den Priaboniyen'e kadar olan dönemde ise Kışlak Formasyonu bulunur. Aquitaniyen'dan Burdigaliyen'e kadar olan dönemi Balyatağı Formasyonu temsil ederken, Langiyen'den Seravalyen'e kadar olan dönemde Sofular ve Tepelhan Formasyonları yer alır. Tortoniyen dönemini ise Nurzeytin Formasyonu izler (Selçuk, 1985; Herece, 2008).

Daha yakın jeolojik dönemlere geçildiğinde, Orta Miyosen'den Üst Miyosen'e kadar olan dönemi Yavuzeli Bazaltları temsil eder. Messiniyen dönemine geçişte ise Vakıflı Formasyonu bulunurken, Oligosen dönemi Samandağ Formasyonu ile gösterilir. Pleistosen dönemi ise genç bazaltların varlığı ile belirginleşir ve daha yakın zamandaki jeolojik aktiviteleri ifade eder. Son olarak, Kuvaterner birimleri, alüvyon, taraça, traverten ve yamaç molozu gibi, bölgedeki en son jeolojik özellikleri temsil etmektedir.

3.2. Çalışma Alanının Jeolojisi

Şekil 3.1 çalışma alanını, 6 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen 5 ve üzeri depremlerin konumlarını, 6 Şubat 2023 depremlerinde kırılan ve diğer aktif faylarla birlikte çalışma alanındaki jeolojik formasyonları göstermektedir.



Şekil 3.1. Çalışma alanı jeolojisi (Herece, 2008'den değiştirilerek)

3.2.1. Zabuk (Diğer adı Eğrek) Formasyonu (Alt Kambriyen)

Zabuk Formasyonu, genel olarak kuvarsit, kumtaşı ve şeyllerden oluşan bir birimdir. İlk olarak Ketin (1966) tarafından tanımlanmış ve adlandırılmıştır. Formasyonun alt bölümü pembe, beyazımsı renkli, orta-kalın tabakalı çakıltaşı ve çakıllı kumtaşlarından oluşurken, orta bölümünde yeşil, şarabi renkli, ince tabakalı bol mika pullu kumtaşı ve silttaşları bulunur. Üst bölümlerde ise Çaltepe formasyonuna geçişi temsil eden karbonatlı kumtaşı, kumlu kireçtaşı, kireçtaşı ve dolomitler yer almaktadır (Ketin, 1966; Sungurlu, 1973). Zabuk Formasyonu'nun başlıca bileşenleri arasında kuvarsit, nadir olarak fillit, şist ve gnays parçacıkları yer almaktadır (Bozkaya vd., 2009).

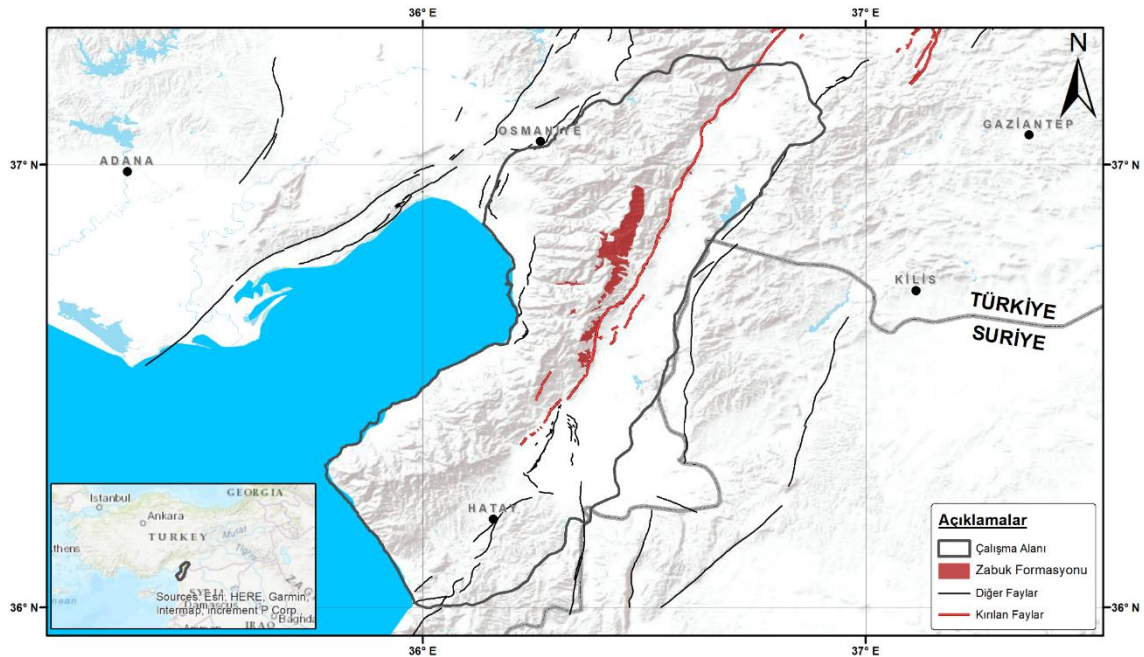
Formasyon, fosil içermemekle birlikte, üzerindeki formasyonun Orta Kambriyen olması nedeniyle yaşı Alt Kambriyen olarak kabul edilmiştir. Metakumtaşları genellikle orta-kalın tabakalı bir görünüm sergiler ve çakıllı metakumtaşı seviyelerindeki çakılların boyutları 1-5 cm arasında değişmektedir (Sungurlu, 1973; Yalçın, 1979b, Yalçın 1980; Demirkol, 1988; Yetiş, 1991; Dean vd., 1997).

Formasyon, Kuzey Amanoslar'da Türkoğlu ve Bahçe arasında, Güney Amanoslar'da Hassa batısında yaklaşık kuzey-güney doğrultulu uzanan Sadan formasyonunu çevreler biçimde yüzeylenmektedir. Formasyonun alt sınırı Sadan, üst sınırı ise Koruk formasyonu ile uyumlu bir ilişkiye sahiptir. Bileşenleri arasında önemli ölçüde kuvarslı metamorfik kayalar ve ender olarak yeşilimsi volkanik kayaç parçacıkları bulunur. Formasyon,

yüksek enerjili ve karaya yakın bir ortamda, olasılıkla oldukça sığ plaj fasiyesinde çökelmiştir (Atan, 1969; Sungurlu, 1973; Yalçın, 1980; Dean vd., 1997; Günay, 1998).

Formasyon, genellikle kuvarsit ve kuvarsitik kumtaşının hâkim bulunduğu bir topluluktur ve mor, turuncu, krem, alacalı renkli, gözenekli, orta-kaba, köşeli-yarı yuvarlak taneli, kötü boylanmış, sert, pirit, mika ve kuvars katkılıdır. İstif içerisinde konglomera ve konglomeratik kumtaşı ile başlar ve silis çimento yerini karbonata bırakarak üst kesimlerde Koruk formasyonuna geçer. Formasyonun kalınlığı 160-220 m olarak saptanmıştır (Yılmaz vd., 1984; Demirkol, 1988).

Çalışma alanında Zabuk Formasyonu, iç kesimlerde geniş bir alanı kaplayarak yüzeylenmektedir. Özellikle, güneyde Alaybeyli ve kuzeyde Yağızlar arasında uzanan Amanos hattı boyunca belirgin bir şekilde gözlenmektedir. Ceylanlı'nın batı kesimi, Abacılar civarından Bektaşlı'nın batısına kadar olan bölgede, Kaledibi Şalen Kalesi'nin doğusundan Demrek-Yağızlar ekseninin kuzeybatısına kadar olan alanda yüzeylenme göstermektedir. Şekil 3.2, Zabuk Formasyonu'nun dağılımını göstermektedir.



Şekil 3.2. Zabuk Formasyonu dağılım haritası (Herece, 2008'den değiştirilerek)

3.2.2. Çaltepe Formasyonu (Alt-Orta Kambriyen)

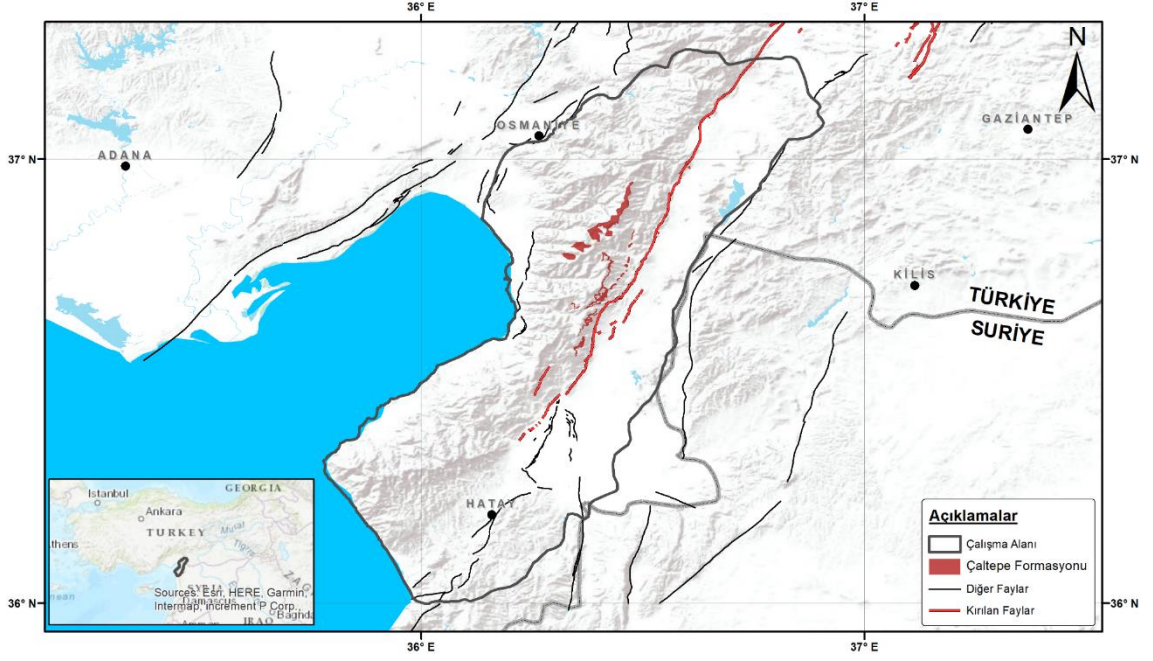
Çaltepe Formasyonu, genellikle dolomit ve dolomitik kireçtaşı ardalanmalarından oluşan bir birimdir ve Amanoslar bölgesinde Dean ve Monod (1970) tarafından adlandırılmıştır. Ketin (1966) tarafından yapılan ilk adlama ise Derik-Bedinan bölgesindeki Sosink formasyonuna karşılık gelen Üst Kambriyen yaşlı klastikler için yapılmıştır. Formasyon,

dolomitik kireçtaşı ve kahve, gri-boz renkli, sıkı dokulu, orta-kalın tabakalıdır. Amanoslar'da, formasyonun üst seviyelerinde yeşil, kırmızı, alacalı renkli, ince tabakalı kalkışist ve şist, pembemsi-mor renkli, killi-kumlu, sucuk yapıli kireçtaşı ile yer yer çört yumruları bulunmaktadır (Dean vd., 1997). Özellikle Penbeğli-Tut bölgesindeki Kaplandere vadisinde, orta-kalın tabakalı, gri renkli, kaba taneli dolomitler ile 23 m kalınlığındaki gri ve kırmızı renkli nodüler kireçtaşı ve kırmızı şeyller izlenir.

Çaltepe Formasyonu'nun stratigrafik ilişkileri incelendiğinde, alt dokanağında Zabuk formasyonu üzerinde uyumlu olduğu, üst dokanağında ise Seydişehir formasyonu ile sınırlı derecede geçişli olduğu görülür. Formasyon stratigrafik olarak değerlendirilmiş ve Erken Kambriyen yaşında olduğu yorumlanmıştır (Ketin, 1966; Atan, 1969). Dolomit ve dolomitik kireçtaşlarının üst bölümünde yer alan nodüler kireçtaşlarında bulunan fosiller, formasyonun Orta Kambriyen yaşında olduğunu göstermektedir (Dean vd., 1997).

Formasyonun genel bileşimi gri, koyu gri, bazen siyah ve kahverengi tonlarda olan breşik yapıdaki dolomit, dolomitik kireçtaşı ve oolitik dolomitten oluşmaktadır. Alt kısımda, 3-5 metre kalınlığında koyu gri ve kahverengi tonlarda breşik yapıya sahip dolomit tabakaları bulunmaktadır. Formasyonun üst kısımlarında ise kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve dolomit gibi bileşenler yanal yönde devam ederek bulunmaktadır. Dolomitik kireçtaşı seviyelerinde karbonat, dolomit, demiroksit mineralleri ve opak mineraller yer almaktadır (Usta vd., 2015).

Çaltepe Formasyonu, çalışma alanında Zabuk Formasyonu ile benzer bölgelerde gözlenmektedir. Bu formasyon, genellikle Zabuk ve Seydişehir Formasyonlarına komşu olarak yüzeylenmektedir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Çaltepe Formasyonu dağılım haritası (Herece, 2008'den değiştirilerek)

3.2.3. Seydişehir Formasyonu (Orta Kambriyen – Orta Ordovisyen)

Seydişehir Formasyonu, Blumenthal (1941) tarafından adlandırılmıştır. Amanoslar'da yer alan bu formasyonun ana bileşenleri şeyl-silttaşı ardalanmasından oluşmaktadır. Bu formasyonun özellikleri arasında şeyllerin yeşilimsi gri, boz ve kahverengi renklerde olması ve ince-orta kalınlıkta olmaları, silttaşlarının ise yeşilimsi gri ve koyu yeşil renklerde olması ve ince tabakalı olmaları bulunmaktadır (Demirkol, 1988). Formasyonun en belirgin özelliklerinden biri, Kuzey Amanoslar'da kuvarsit tabakalarının ara yüzeylerindeki canlı izleri ve rippil laminaların yaygın ve iyi gelişmiş olmasıdır (Yılmaz, 1984). Seydişehir Formasyonu, alt dokanağında Çaltepe formasyonu ile uyumlu, üst dokanağında ise Bedinan formasyonu ile uyumsuzdur. Kahramanmaraş ili batısındaki dokanak ilişkisi genellikle tektonik kökenlidir ve istif yer yer düşey konumlu faylarla kesilmiş veya yaklaşık olarak KD-GB uzanımlı ters faylarla sınırlanmıştır (Ishmawi, 1972). Formasyonun kalınlığı Seydişehir'in çeşitli bölgelerinde değişiklik göstermektedir, Amanoslar'da 200-500 m (Ishmawi, 1972) ve Türkoğlu ilçesi batısında 450 m kalınlığındadır (Demirkol, 1988).

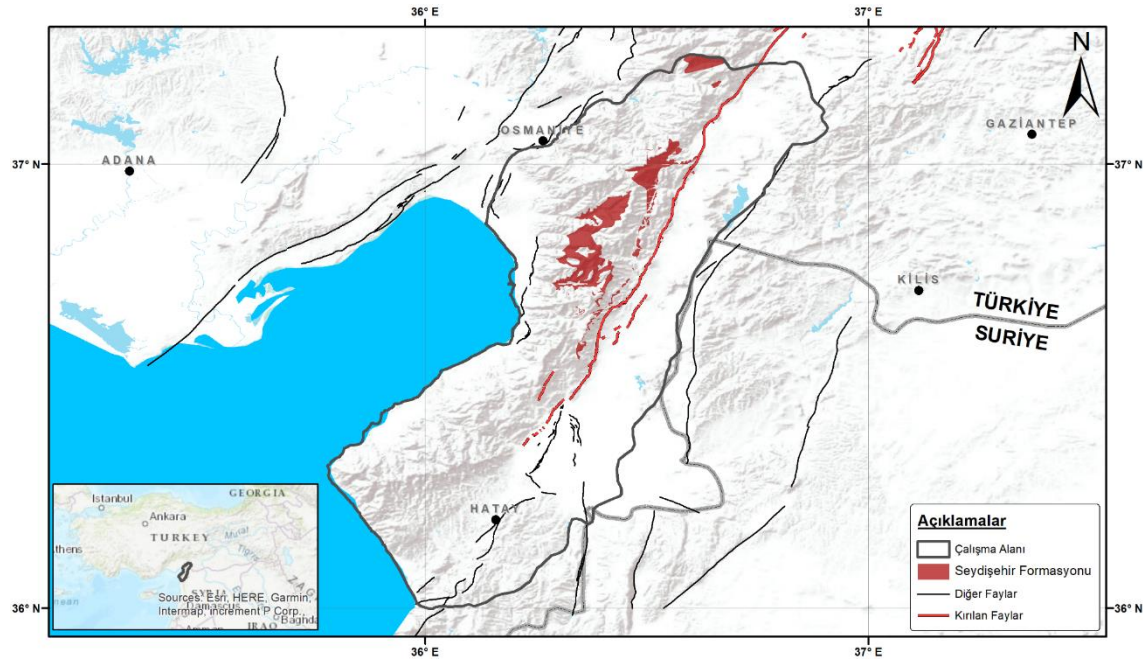
Seydişehir Formasyonu'nun yaşını belirlemek için fosil bulguları bulunmamaktadır, ancak Dean ve Monod (1985) ile Bayçelebi vd. (1984) tarafından yapılan çalışmalar, formasyonun Orta-Geç Kambriyen-Erken Ordovisyen (Tremadosiyen-Arenigiyen) çağında olduğunu göstermektedir. Bu birim, Dean ve Krummenacher (1961)'in E

formasyonunun alt seviyelerine, Lahner'in (1972) Bahçe formasyonuna, Ishmawi'nin (1972) Aşağı Kardere serilerine, Janetzko'nun (1972) Kruziana tabakalarına, Yalçın (1980) ve Demirkol'un (1988) Kardere formasyonlarına karşılık gelmektedir.

Seydişehir Formasyonu, Türkoğlu ilçesi (Kahramanmaraş) batısında Çimen Dağı çevresi ile Bahçe ilçesi doğusunda Kuzey Amanoslar'da ve Güney Amanoslar'da Islahiye-Hassa-İskenderun arasında yaklaşık kuzey-güney doğrultulu bir hat boyunca yüzeylemektedir. Formasyonun ana litolojisi metakumtaşı-gri sleyt ve/veya siltli sleyt ardalanmasıdır. Gri-yeşil metakumtaşları, dik doğrultulu solucan izleriyle karakterizedir ve yer yer çapraz tabakalanma ve rippılmark yapıları da gösterir (Dean vd., 1981).

Seydişehir Formasyonu'nun sleyt ve siltli sleytler grimsi yeşil ve bazen grimsi siyah renklere sahip, 5-20 cm arasında değişen kalınlıkta tabakalar oluşturur. Formasyon, Alt Orta Ordovisyen yaşında ve sığ deniz-delta ortamında çökelmiştir (Günay, 1984).

Seydişehir Formasyonu, çalışma alanının orta ve kuzey kesimlerinde, Kırıkhan'ın kuzeyinden başlayarak Amanos silsilesi boyunca kuzeydoğu-güneybatı ekseninde yayılmaktadır. Genellikle, Çaltepe Formasyonu'nun alt kotlarında yer almakla birlikte, Küreci Dolomiti ve Karadağ Kireçtaşları'nın üst kotlarında da yüzeylemektedir. Ayrıca, çalışma alanının kuzey sınırında Osmaniye'ye bağlı Bahçe ilçesinin kuzeydoğusunda da gözlenmektedir. Şekil 3.4, Seydişehir Formasyonu'nun dağılımını göstermektedir.



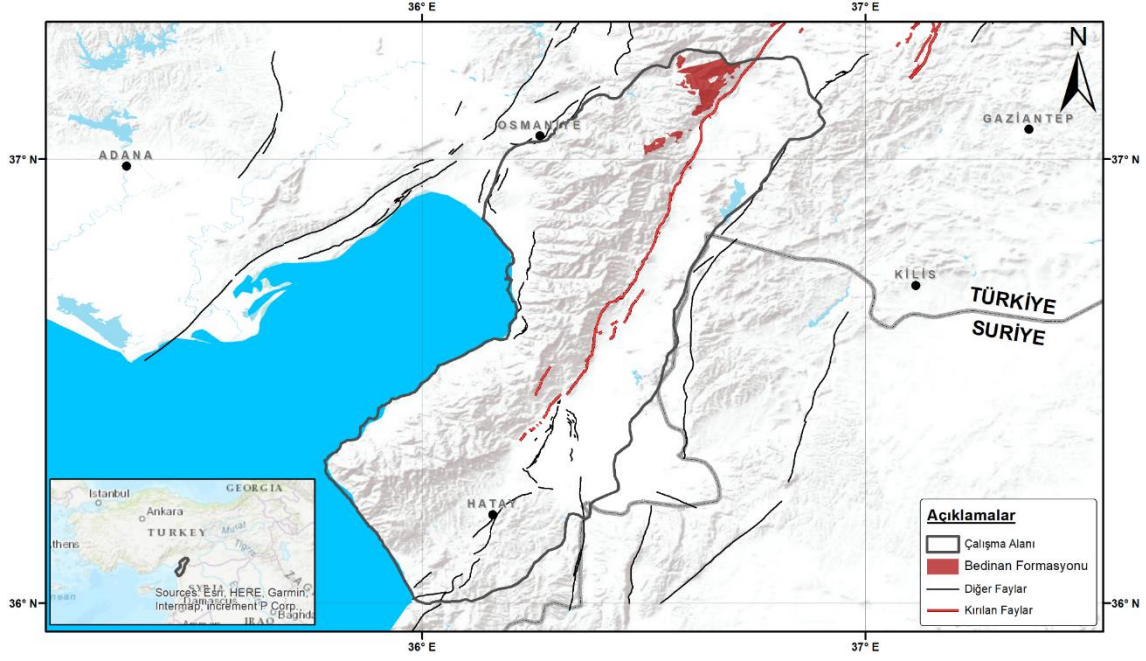
Şekil 3.4. Seydişehir Formasyonu dağılım haritası (Herece, 2008'den değiştirilerek)

3.2.4. Bedinan Formasyonu (Üst Ordovisyen)

Bedinan Formasyonu, Cobb (1957) tarafından adlandırılmış ve adını Mardin ili Derik ilçesinin 20 km doğu-güneydoğusundaki Bedinan köyünden almaktadır. Farklı lokasyonlarda değişen litolojik özellikler gösteren formasyon, Osmaniye ili, Bahçe ilçesi, Kızlaç köyü çevresinde yaklaşık 350 m kalınlığında kahverengi, mavi, yeşil renkli kumtaşı ve kuvarsit ara tabakalı şeyllerden oluşurken, Kahramanmaraş ili, Türkoğlu ilçesi, Dedeler köyü dolaylarında ise yanal olarak kuvarsit ve kumtaşlarına geçen 530 m kalınlığında mor renkli çakıltası ve şeylden meydana gelmektedir (Cobb, 1957; Yalçın, 1980; Demirkol, 1988; Herece, 2008). Bahçe-Kömürler yolu boyunca yüzeylenen istifte ise mor, yeşil, gri renkli, kalın tabakalı kuvarsit ve ince taneli, yeşil-gri renkli kumtaşı bulunur. Bahçe ilçesinden kuzey ve güneye doğru uzanan alanda ise 580 m kalınlığında, siyah, koyu yeşil renkli şeyl ve ince taneli, orta tabakalı kumtaşı araldanmasından oluşur (Cobb, 1957; Ishmawi, 1972; Lahner, 1972). Formasyon, alt dokanağında Seydişehir formasyonu ile uyumlu, üst dokanağında ise Yığınlı formasyonu ile uyumsuzdur (Cobb, 1957; Dean vd., 1997).

Hıra ve Ayyıldız (2019) tarafından yapılan çalışmalar, Bedinan Formasyonu'nun Diyarbakır ili, Bismil ilçesi çevresinde Ordovisyen (Hiransiyen) silisiklastiklerden oluştuğunu ve ana bileşenlerinin genellikle kumtaşı-silttaşı ve şeyl olduğunu göstermektedir.

Bedinan Formasyonu, çalışma alanının yalnızca kuzey kesimlerinde yüzeylenmektedir. Özellikle, Osmaniye'ye bağlı Bahçe ilçesinin kuzeydoğusu, doğusu ve güneydoğusu ile daha güneyde Gaziantep-Osmaniye sınırı boyunca Çerçili ve Hanağzı'nın batısında belirgin bir şekilde görülmektedir. Bu formasyon genellikle, Seydişehir Formasyonu, Karadağ Kireçtaşları ve Hatay Ofiyolitleri ile dokanak halindedir (Şekil 3.5).



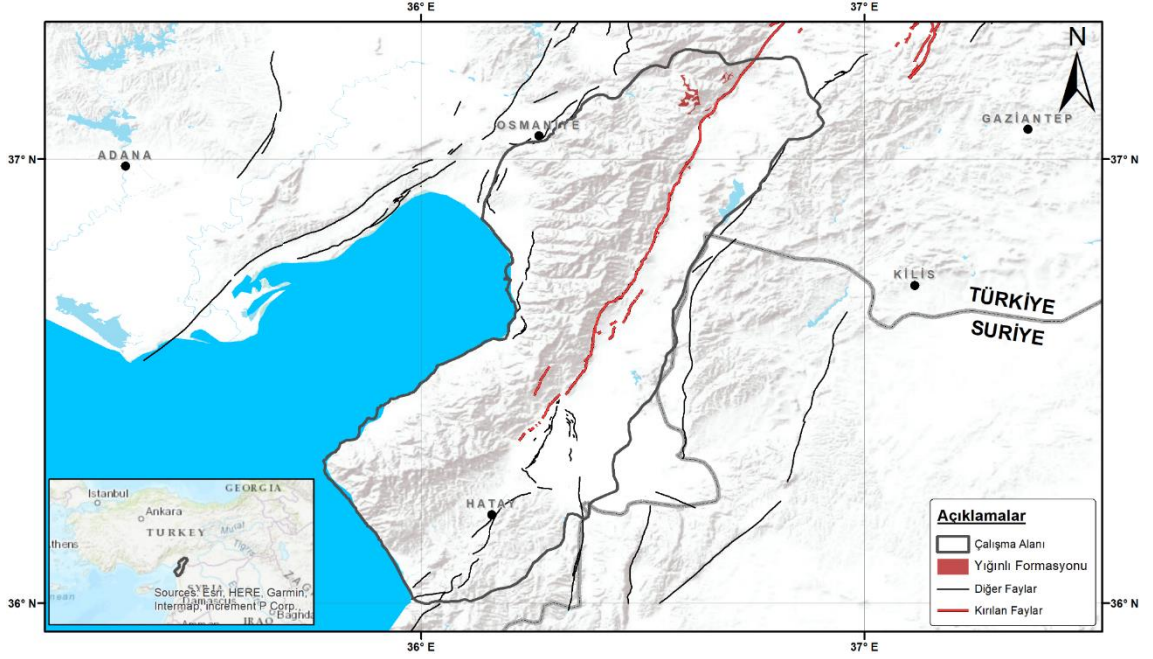
Şekil 3.5. Bedinan Formasyonu dağılım haritası (Herece, 2008'den değiştirilerek)

3.2.5. Yığınlı Formasyonu (Devoniyen)

Yığınlı Formasyonu Hatay-Adana ve Kahramanmaraş arasındaki bölgede ve Siirt-Hakkari arasında, Türkiye'nin güneydoğu sınırında ve Kuzey Irak'ta yüzeylemektedir. Formasyonun oluşumu, sığ litoral-sublitoral ortamlarında gerçekleşmiştir (Açıkbaş, 1978). Formasyon adını Hakkari ili, Çukurca ilçesinin 20 km kuzeyindeki Yığınlı köyünden almaktadır. Formasyonun alt dokanağında Bedinan Formasyonu ile uyumsuz olduğu ve kalınlığının 30-50 m dolayında olduğu belirtilmektedir. Kireçtaşının mavimsi-mor renkli ve orta-kalın tabakalı, şeyllerin ise kahve renkli, kırıklı ve ince tabakalı olduğu ifade edilmektedir (Köylüoğlu, 1986; Perinçek, 1989 ve 1990; Herece, 2008).

Yaşına dair farklı yorumlar bulunmaktadır. Krummenacher ve Periam (1958), Yalçın (1980), Yılmaz ve Duran (1997) formasyonun Devoniyen yaşında olduğunu belirtirken, Lahner (1972) formasyonun yaşını Devoniyen-Erken Kambriyen, Ishmawi (1972) ise Devoniyen-Erken Karbonifer olarak yorumlamaktadır.

Yığınlı Formasyonu, Bedinan Formasyonu gibi çalışma sahasının yalnızca kuzey kesimlerinde gözlenmektedir. Özellikle, Gökmustafalı, Olucak ve Kaman civarında Bedinan Formasyonu ile temas halinde az bir alanda yüzeylemektedir. Bu formasyonun dağılımı, Şekil 3.6'da gösterilmektedir.



Şekil 3.6. Yığınlı Formasyonu dağılım haritası (Herece, 2008'den değiştirilerek)

3.2.6. Küreci Dolomiti (Alt Triyas – Alt Jura)

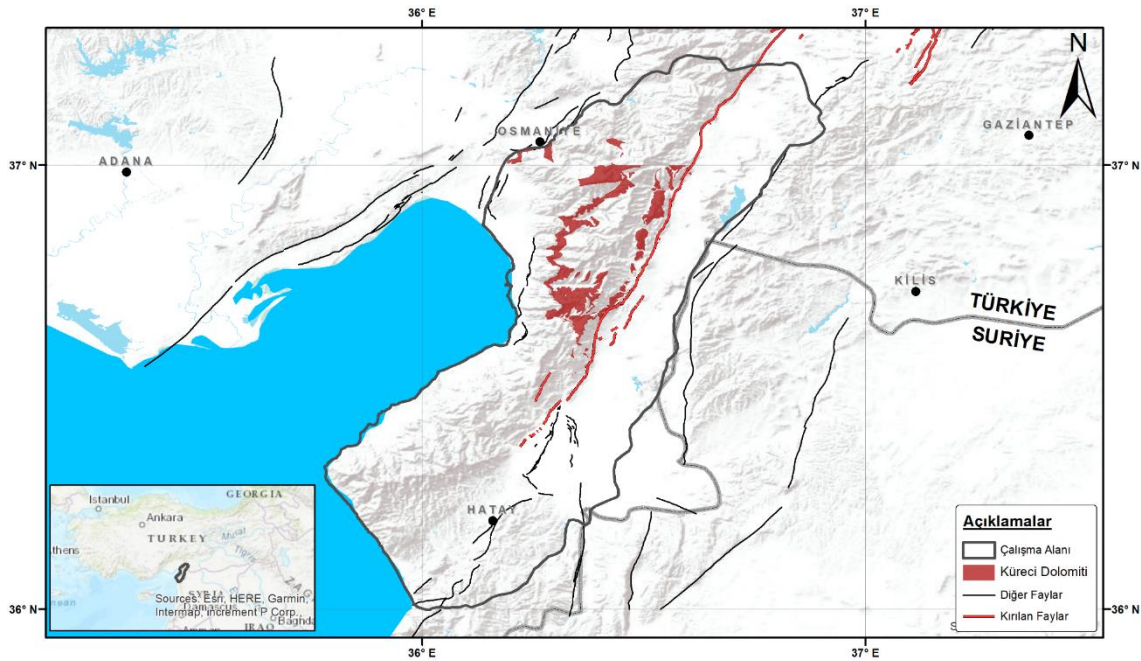
Küreci Dolomiti Türkiye'nin Amanos Dağları'nda yaygın olarak bulunan bir dolomit birimidir. Atan (1969) tarafından ilk olarak "Küreci Kalkeri" olarak isimlendirilen birim, daha sonra Aksay vd. (1988) tarafından Küreci Dolomiti olarak ayrıntılı bir şekilde tanımlanmıştır (Herece, 2008). Küreci dolomit istifi petrografik olarak mavimsi-gri, kalın tabakalı, çatlak ve kırıklı dolomitik kireçtaşlarıyla karakterize edilir. Formasyonun üst kısımlarında dolomit ve dolomitik kireçtaşı ardalanması gözlemlenir. Kalınlığı ortalama olarak 400 m ile 700 m arasında değişir ve bu değişimler, düşey atımlı ve ters faylarla ilişkilendirilmiştir. Ayrıca, litolojik özellikler ve sedimanter yapılar, gelgit seviyesine karşılık gelen sığ deniz ortamlarında çökeldiğini işaret etmektedir (Günay, 1984; Demirkol, 1988; Korkmaz, 2001; Kop vd., 2002; Özşahin, 2013).

Küreci Dolomiti, sık veya kısmen dolomitik kireçtaşları, seyrek marn, kalkerli çamurtaşı ve şeyl ara seviyelerinden meydana gelmektedir. Bu kayalar genellikle gri renkte olup, laminalı, ince, orta ve kalın, bazen de masif tabakalara sahiptir. Çeşitli sediment yapıları arasında çamur çatlakları, algal stromatolitler, ripilli tabakalar ve oksidasyon zonları yer almaktadır. Dolomitlerde yaygın breşleşme görülmektedir. Bu birimde tabaka tekrarlanmaları üste doğru sığlaşan bir yapı oluşturmaktadır. Alt tabakalar genellikle dolomitik kireç-çamurtaşı-vake taşı içerirken, orta tabakalarda foraminiferli kireç istifiaşı-tanetaşı bulunurken, üst tabakalarda ise laminalı kireç çamurtaşı ve saf dolomit

tabakaları hakimdir. Formasyon, genellikle yüzeysel ve kısıtlı genişlikteki bir deniz platformu niteliğindeki şelf ortamında çökelmiştir (Herece, 2008).

Fosil verilerine dayanarak Küreci Dolomiti'nin Orta-Geç Triyas-Erken Jura yaşında olduğu belirtilmektedir (Aksay vd., 1988).

Küreci Dolomiti, çalışma alanında Orta Amanoslar bölgesinde ve çalışma alanının kuzeybatısında Osmaniye çevresinde yüzeilenmektedir. Bu formasyon genellikle, Seydişehir Formasyonu'nun alt kotlarında yer almakla birlikte, Karadağ Kireçtaşları ve Hatay Ofiyolitleri'nin üst kotlarında da dokanak olarak bulunmaktadır. Şekil 3.7, Küreci Dolomiti'nin dağılımını göstermektedir.



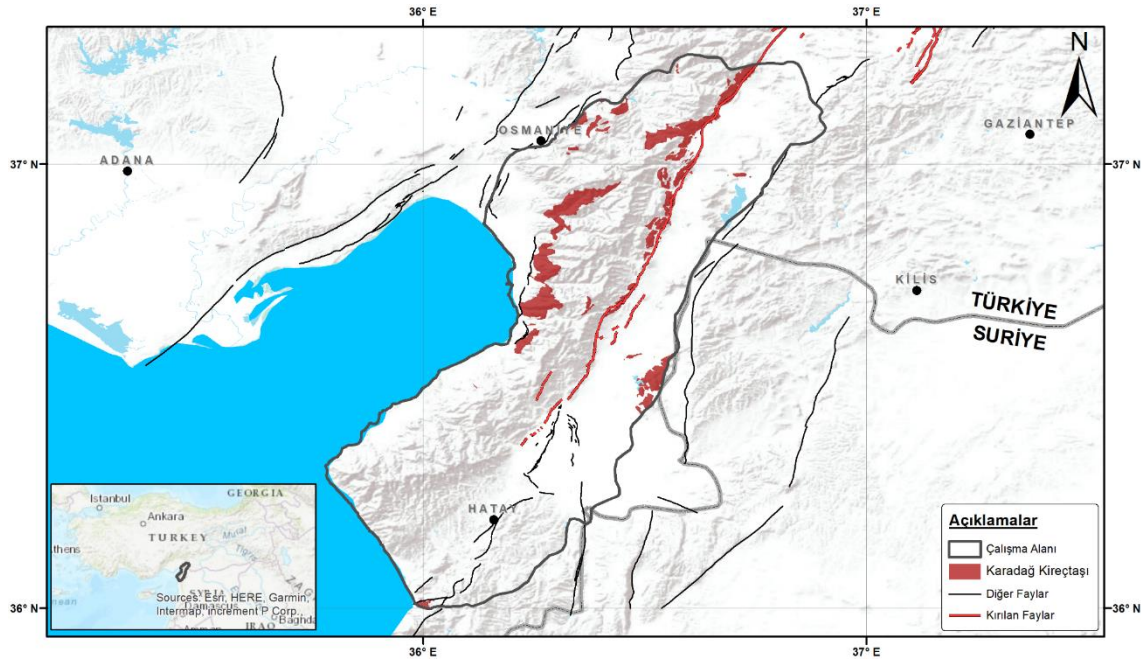
Şekil 3.7. Küreci Dolomiti dağılım haritası (Herece, 2008'den değiştirilerek)

3.2.7. Karadağ Kireçtaşı (Jura - Kretase)

Atan (1969) tarafından ilk olarak "Karadağ Kalkeri" olarak adlandırılan birim, daha sonra Aksay vd. (1988) tarafından Karadağ Kireçtaşı olarak ayrıntılı bir şekilde tanımlanmıştır (Herece, 2008). Birim kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve dolomitten oluşmaktadır ve birim içerisinde seyrek olarak kalkerli çamurtaşı, silttaşı veya şeyl ara tabakaları bulunmaktadır. Kireçtaşlarının bir kısmı bej-açık gri renklerde bulunmakta olup ince-orta kalınlıkta ve masif tabakalar şeklinde görülmektedir. Diğer kısmı ise biyoklastlar, peloidler ve yer yer oolitler içermektedir. Renkleri genellikle açık-koyu gri arasında değişmektedir. Bazı seviyelerde çört bantları gözlemlenebilmekte ve genellikle orta tabakalı bir yapıya sahiptirler. Bu kireçtaşları, dolomit ara tabakalarını içermekte olup genellikle en yaygın

olarak yüzeylenen bölümü oluşturmaktadırlar. Alt dokanağı Küreci Dolomiti ile uyumlu, üst dokanağı ise Amanos olistostromu ile uyumsuzdur ve yaklaşık 500 metre kalınlığındadır (Herece, 2008). Aksay vd. (1988) tarafından istifin değişik seviyelerinden alınan fosil örneklerine dayanarak birimin yaşı Albiyen-Senomaniyen aralığında belirlenmektedir ve birim, sığ bir şelf ortamında çökelmiştir.

Karadağ Kireçtaşları, çalışma alanının çeşitli bölgelerinde geniş bir dağılıma sahiptir. Bu kireçtaşları, çalışma alanının en güney kıyı kısmında, Samandağ plajının doğusundan Aydınbahçe batısına kadar uzanan alanda yüzeylenirken, en doğu kıyısında ise Özkızılkaya'dan İncirli'ye kadar olan bölgede görülmektedir. Orta ve Kuzey Amanos bölgelerinde ise genellikle Küreci Dolomiti ile Hatay Ofiyolitleri arasında temas ederek yüzeylenirler. Bu formasyonların dağılımı, Şekil 3.8'de gösterilmiştir.



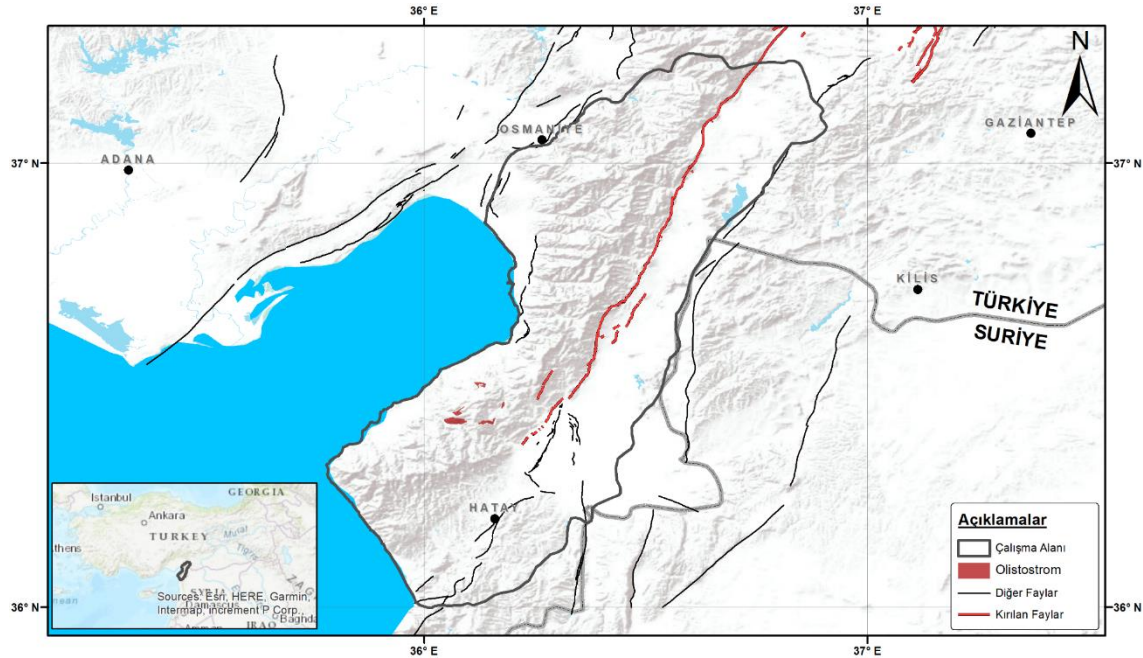
Şekil 3.8. Karadağ Kireçtaşı dağılım haritası (Herece, 2008'den değiştirilerek)

3.2.8. Olistostrom (Albiyen - Kampaniyen)

Amanos Olistostromu, ilk olarak Aksay vd. (1988) tarafından tanımlanmış ve detaylı bir şekilde incelenmiştir. Bu birim, Amanos Dağları'nın batı yamacında ve Hatay'ın Kızıldağ bölgesinde Hatay ofiyolit napının tabanında geniş bir alanda bulunur. Olistostromun temel bileşeni, blok şeklindeki kireçtaşları ve bunların içerisinde yer alan şeyl dokusundaki serpantinittir. Kireçtaşı bloklarının boyutları oldukça çeşitlidir, bazen serpantin yığılımları içinde yer alabilirler. Bu bloklar genellikle koyu renkte, kokulu ve masif bir yapıya sahiptir. Bazıları bol miktarda serpantin kırıntısı içerebilir ve bazen

karbonatlarla hamur arasında geçişler gözlemlenebilir. Olistostromun hamuru, açık-koyu yeşil renkli, ince laminalı ve şeyl dokusundan oluşur. Olistostrom içinde peridotit bloklarına sıkça rastlanır (Herece, 2008). Olistostromun yaşını belirlemede kireçtaşı bloklarından elde edilen veriler kullanılmıştır. Bu verilere göre, Olistostromun yaşı Albiyen-Kampaniyen olarak belirlenmiştir (Arda, 1972; Aslaner, 1973; Tinkler vd., 1981).

Olistostromlar, çalışma alanında oldukça sınırlı bir alanda yüzeylenmektedir ve genellikle insan yerleşiminin bulunmadığı bölgelerde gözlemlenmektedir. Özellikle, Çerçikaya ve çevresinde, sınırlı miktarda Hatay Ofiyolitleri ile çevrili bir şekilde dağılım göstermektedirler. Şekil 3.9, bu dağılımı göstermektedir.



Şekil 3.9. Olistostrom dağılım haritası (Herece, 2008'den değiştirilerek)

3.2.9. Hatay Ofiyolitleri (Jura – Üst Kretase)

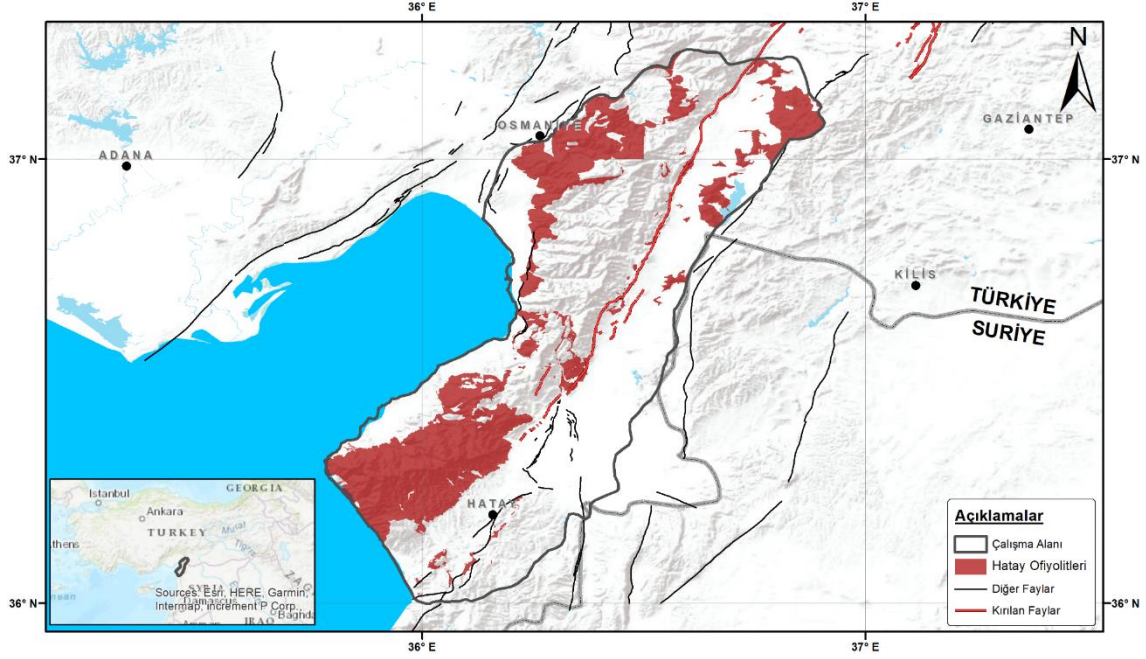
Hatay (Kızıldağ) Ofiyolitleri, düzenli bir ofiyolit napı oluşturan bir dizi kaya birimi içermektedir. Bu ofiyolitler, tektonik olarak Amanos Dağları'nın Mesozoyik istifleri üzerinde konumlanmıştır (Selçuk, 1985). Hatay ofiyolitlerinin en alt bölümü, Antakya ile Adıyaman arasında yüzeylenen tektonitlerdir. Bu tektonitler, serpantinleşmiş harzburjitten oluşur ve yer yer dunit, verlit, lertzolit ve peridotit ara seviyelerini içermektedir. Üst kısımlarda, kısmi ergimeler sonucu oluşmuş dunitik seviyeler gözlenmektedir. Daha sonra, güneydoğuda Akdeniz'den başlayıp Bedirge'ye kadar uzanan kümülatlar gelmektedir. Kümülatlar, ultramafik kümülatlar, tabakalı kümülat

gabrolar ve tabakasız kümülat gabrolar gibi farklı mineralojik bileşimlere sahiptir. Bu birim, diyabaz dayk karmaşığıyla ilişkilendirilmiştir ve genellikle diyabaz dayklarının anklavlarını içermektedir (Selçuk, 1985; Herece, 2008).

Hatay ofiyolitlerinin diğere önemli bir birimi gabrolardır. Gabrolar, plajiyoklaz ve piroksen minerallerinden oluşur ve alt seviyelerinde magmatik breşleri içermektedir. Gabroların tektonitlerle olan ilişkisi tektoniktir ve diyabaz dayk karmaşığıyla ilişkilidir. İzotrop gabro birimi, magma odasında katılaşan kesimi temsil eder ve değışken tane boyutlarına ve bileşimsel zonlu yapıya sahiptir (Tekeli ve Erendil, 1984). Bu birim, hidrotermal alterasyona uğramıştır ve plajiyoklaslar genellikle sossuritleşmiştir. Diyabaz dayk karmaşığı birbiri içine girmiş dayklardan oluşmaktadır. Bu karmaşık, soğuma kenarı olmayan ve soğuma kenarı olan dayklar gibi farklı tiplerdeki daykları içerir (Selçuk, 1985; Herece, 2008).

Ofiyolitinin bir parçası olarak Hatay ofiyolitlerinin içinde bazaltlar da bulunmaktadır. Bu birim, yastık lavlardan oluşur ve ani soğumadan dolayı camsal kabuklarla kaplıdır. Yastık lavların taban ilişkisi genellikle tektonik dokanaklıdır ve üst dokanakları geç Maastrichtiyen yaşındaki Terbüzek formasyonu tarafından açısız uyumsuzlukla örtölmektedir. Ofiyolitinin üst seviyesini oluşturan Yayladağ volkanitleri, radyolarit, çört, kireçtaşı bantları, killi kireçtaşı, yastık lav ve tuf gibi volkano-sedimanter kayalardan oluşmaktadır. Bu birim, ofiyolitlerle tektonik ilişkilidir ve geç Maastrichtiyen yaşındaki Terbüzek formasyonu tarafından açısız uyumsuzlukla örtölmektedir (Selçuk, 1985; Herece, 2008).

Hatay Ofiyolitleri, çalışma alanında oldukça geniş bir alana yayılarak yüzeylenmektedir. Özellikle, çalışma alanının güneybatı kesiminde Antakya-Belen-Arsuz bölgesinde büyük bir alanı kaplamaktadır. Ayrıca, Kırıkhan civarında, İskenderun-Arsuz hattının kuzeydoğusunda, Osmaniye civarında, Bahçe'nin kuzey ve güney kesimlerinde, Nurdağı, Islahiye, Altınüzüm ve Hassa bölgelerinde de gözlemlenmektedir. Bu formasyonların dağılımı, Şekil 3.10'da gösterilmektedir.

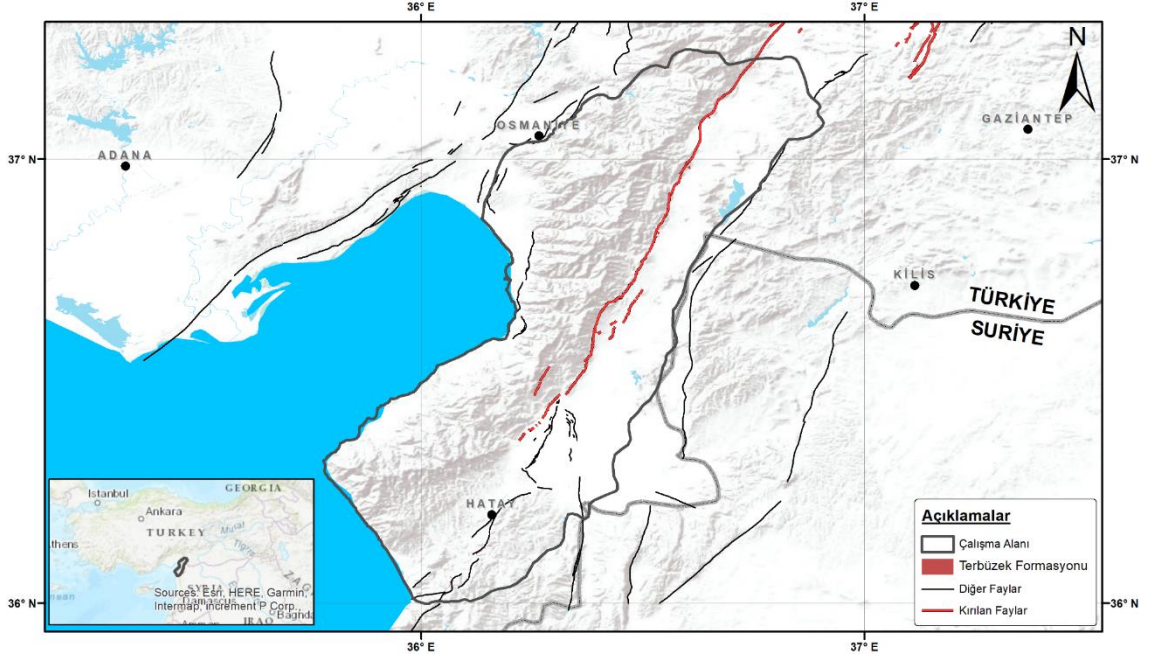


Şekil 3.10. Hatay Ofiyolitleri dağılım haritası (Herece, 2008'den değiştirilerek)

3.2.10. Terbüzek Formasyonu (Maastrichtiyen)

Birim ilk olarak Gossage (1956) tarafından “Terbüzek kızıl yatakları” olarak tanımlanmış ardından Bryant (1960) ise birimi Terbüzek Formasyonu olarak yeniden tanımlamıştır (Bozdoğan ve Canpolat, 2022). Birimin alt bölümünü kötü boylanmış, yuvarlak ve yarı köşeli, ofiyolit, radyolarit, çört ve kireçtaşlarından oluşan çakıl taşları oluştururken, Hatay Ofiyolitlerini açıl uyumsuzluk ile örtmekte, üstte ise Besni Formasyonu ile uyumludur ve yanal geçiş göstermektedir (Herece, 2008). Genellikle az fosilli olan bu formasyonun kalınlığı 10 ila 150 metre arasında değişmektedir. Bezar Dağı'nda yüzeyleyen Tersiyer istifinin tabanından alınan örneklerde saptanan fosil bulgulara göre, formasyonun geç Maastrichtiyen yaşında olduğu belirlenmiştir. Bu formasyon, sığ denize açılan yelpaze deltasında çökelmiştir (Herece, 2008).

Terbüzek Formasyonu, çalışma alanının güney kesimlerinde, oldukça kısıtlı bir alanda yüzeylemektedir. Özellikle, Harbiye'nin güneyinde ve Karacurun çevresinde sınırlı bölgelerde gözlenmektedir. Bu formasyon, Besni Formasyonu ile temas ederek dokanak halinde bulunmaktadır (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Terbüzek Formasyonu dağılım haritası (Herece, 2008'den değiştirilerek)

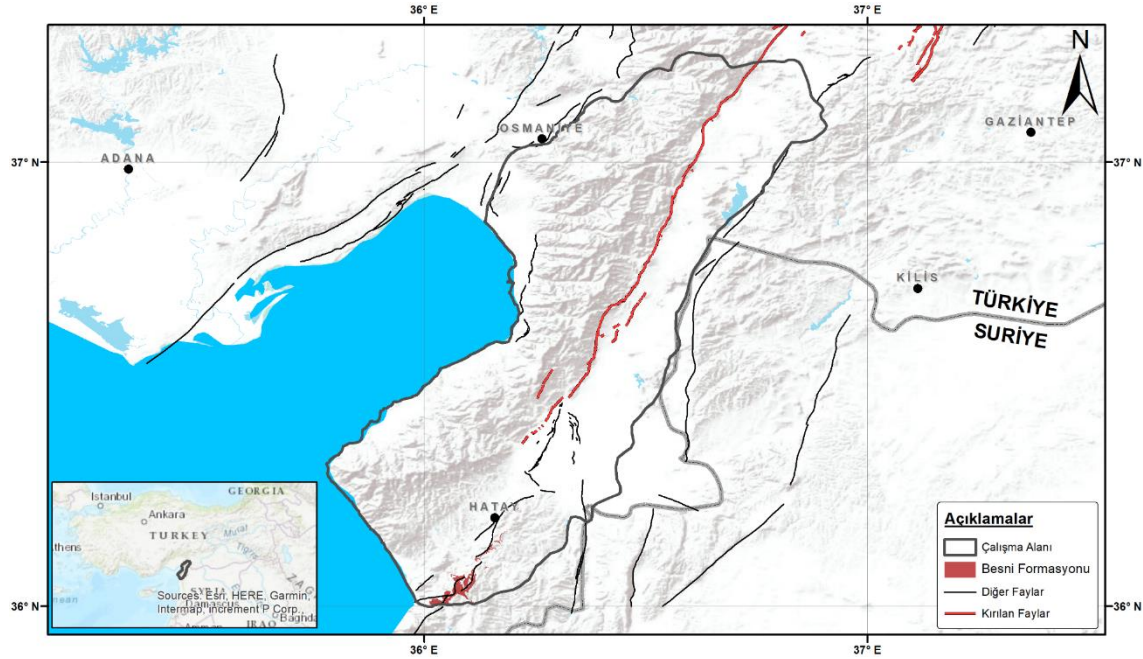
3.2.11. Besni Formasyonu (Maastrichtiyen)

Besni formasyonu, kireçtaşı, killi kireçtaşı ve marnlardan oluşan bir birimdir ve ilk kez Bryant (1960) tarafından adlandırılmıştır. Formasyonun alt bölümü grimsi sarı renkte olup kumtaşı ve çakıltaşı içerirken, kalın tabakalara sahiptir ve erime boşluklu fosilli kireçtaşından oluşur. Üst kesimlerinde ise yanal ve düşey geçişler gösteren kumtaşı, kireçtaşı, killi kireçtaşı ve marnlardan meydana gelir (Herece, 2008).

Besni formasyonunun kalınlığı fasiyes değişikliklerine bağlı olarak değişmektedir. Örneğin, Antakya dolaylarında 50-150 m iken, Kahramanmaraş dolaylarında 10-60 m arasındadır (Selçuk, 1985). Alt dokanağında Terbüzek formasyonu ile dereceli geçiş gösterir ve bu formasyonun olmadığı bölgelerde ise ofiyolitler üzerine açılmal uyumsuzlukla gelir. Besni formasyonunun yaşını belirlemek için Adıyaman ili kuzeydoğusundaki İnlice köyü güneyindeki yol yarmasında yapılan kesitten alınan örnekler incelenmiştir. Bu örneklerde sığ platform koşullarında yaşamış fosil türlerine rastlanmıştır. Formasyonun yaşının geç Maastrichtiyen olduğu belirlenmiştir (Herece, 2008).

Besni Formasyonu, çalışma alanının güney bölümünde, Harbiye ile Aydınbahçe arasında kuzeydoğu-güneybatı hattı boyunca geniş bir alanda yüzeylenmektedir. Doğu kesimlerinde genellikle Okçular Formasyonu ile temas halindedir, batı kesimlerinde ise Hatay Ofiyolitleri, Karadağ Kireçtaşları ve Sofular Formasyonu ile dokanak haldedir.

Ayrıca, genellikle Terbüzek Formasyonunu çevrelemektedir. Besni Formasyonunun dağılımı, Şekil 3.12’de gösterilmektedir.



Şekil 3.12. Besni Formasyonu dağılım haritası (Herece, 2008’den değiştirilerek)

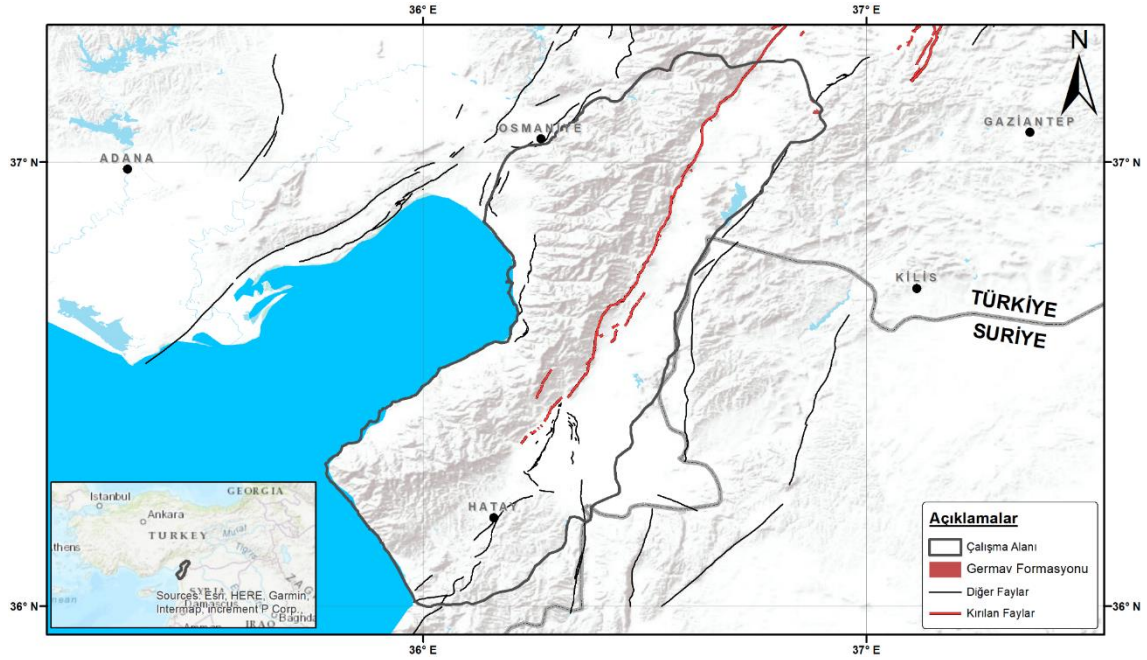
3.2.12. Germav Formasyonu (Maastrichtiyen - Paleosen)

Germav Formasyonu, marn, kumtaşı ve şeyl ardalanmasından oluşan bir birimdir ve Maxon (1936) tarafından ilk defa adlandırılmıştır. Formasyonun oluşumunda yer alan marn, genellikle yeşilimsi gri renkte olup içerisinde koyu gri ve sarımsı gri renkli kumtaşları, nadiren kömürleşmiş bitki kalıntıları bulunur. Şeyl tabakaları ise gri renkte ve ince tabakalıdır, bazı seviyelerde kumtaşı-silttaşlarına veya karbonatlı kumtaşlarına geçiş gösterir. Formasyon, alt dokanağında Terbüzek ve Besni formasyonlarıyla uyumlu ve geçişlidir, üst dokanağında ise Gercüş formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülür. Terbüzek ve Besni formasyonlarının gelişmediği alanlarda Koçali ofiyolitleri üzerine açılal uyumsuzlukla gelir. Bazı alanlarda, formasyonun üst bölümü yanal ve dikey olarak Belveren formasyonuna geçişlidir (Herece, 2008).

Formasyonun yaşının belirlenmesi için yapılan çalışmalar, farklı bölgelerden alınan örneklerdeki nannoplanktonlara dayanmaktadır. Bu çalışmalarda elde edilen verilere göre, formasyonun yaşının geç Maastrichtiyen olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, Adıyaman'dan alınan örneklerde Geç Paleosen yaşlı nannoplanktonların bulunması, Germav Formasyonu'nun geç Maastrichtiyen ile başlayan gelişimini Paleosen sonuna kadar sürdürdüğünü göstermektedir. Germav Formasyonu, deniz altı yamacı-derin

denizde çöken çökelleri temsil eder ve bu formasyon Sungurlu (1973), Perinçek (1979) ve Yıldırım (1989) tarafından da Germav Formasyonu olarak tanımlanmıştır (Herece, 2008).

Germav Formasyonu, çalışma alanında sadece kuzeydoğuda son derece sınırlı bir alanda yüzeylenmektedir (Şekil 3.13). Özellikle, Hamidiye'nin doğusu ve Atmalı'nın kuzey kesimlerinde gözlemlenmektedir. Bu bölgelerde genellikle yoğun yerleşim bulunmamaktadır.



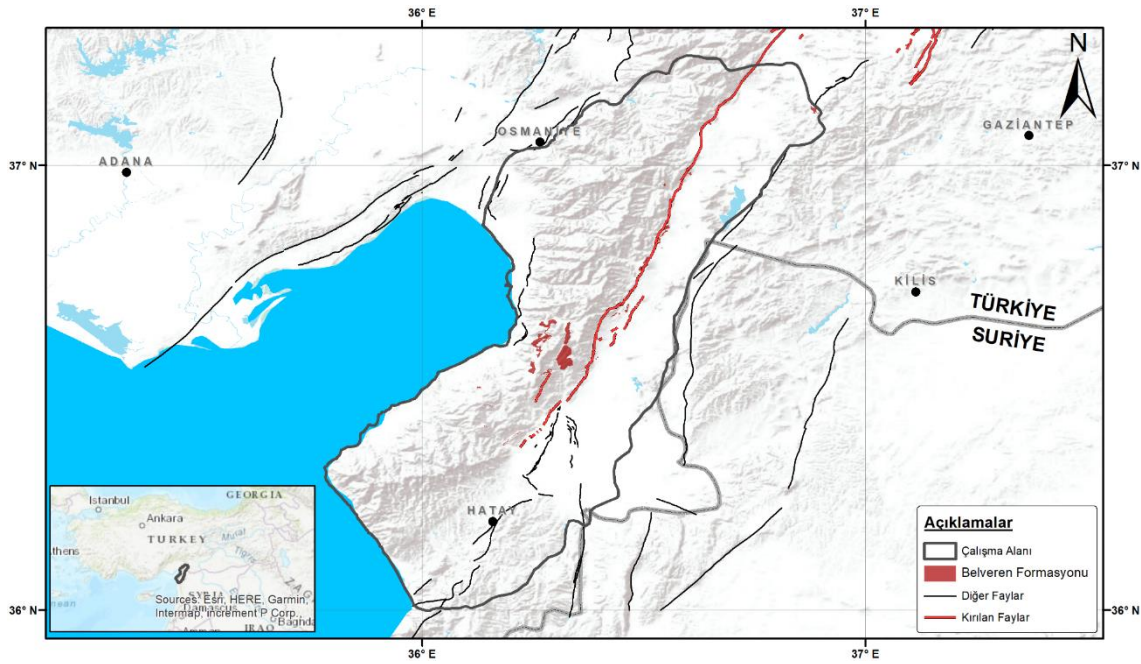
Şekil 3.13. Germav Formasyonu dağılım haritası (Herece, 2008'den değiştirilerek)

3.2.13. Belveren Formasyonu (Üst Paleosen)

Belveren Formasyonu, Wilson ve Krummenacher (1957) tarafından ilk kez tanımlanmış olup formasyon, beyazımsı gri ve krem renkli kumlu, çakıllı ve yer yer dolomitik resifal kireçtaşlarından oluşmaktadır. Germav formasyonu ile alt dokanağında geçişlidir. Kalınlığı genellikle Belveren beldesi dolaylarında yaklaşık 100 metre civarındadır. Kireçtaşı egemen kaya türüne sahip olan formasyon, yer yer kiltası ara katkılı killi kireçtaşları ile temsil edilmektedir. Alt kısımlarında kırmızımsı pembe renkli, ince tabakalı ve bol algli, krinoidli, foraminiferli, çakıllı ve kırıntılı kireçtaşları bulunmaktadır. Üst kesimlerde alg oranı azalırken, foraminifer oranı ve tabaka kalınlığı artmaktadır ve pembemsi-koyu krem, krem renkli kireçtaşı egemendir. Üstte ise krem-gri renkli ve orta-kalın tabakalı kireçtaşları ile sona ermektedir (Herece, 2008; Kınalıbalaban, 2012).

Birim, Germav formasyonu ve Besni formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Yapılan fosil incelemelerine dayanarak, formasyonun Geç Paleosen (erken Tanesiyen) yaşında olduğu belirlenmiştir. Bu yaş tespitine ek olarak, formasyonun tabanındaki çakıltaşlarının alüvyon yelpazesi, algli kireçtaşlarının ise sığ şelf lagünü ortamında çökmesi dikkate alınmıştır. Bu formasyon, Tuna (1973)'nin Belveren kireçtaşı formasyonuna, Yalçın (1976)'in Belveren kireçtaşı üyesine ve Ulu vd. (1991) ile Terlemez vd. (1992)'nin Belveren formasyonuna karşılık gelmektedir (Herece, 2008).

Belveren Formasyonu, çalışma alanında orta kesimlerde ve kuzeydoğu sınırında sınırlı bir alana yayılmış durumdadır. Bu formasyon, yüzey açısından küçük olmasına rağmen, dağınık bir dağılım sergilemektedir. Özellikle, Akbez ile Bektaşlı arasındaki fay hattı çevresinde ve İskenderun'un doğusundaki yaklaşık 900-1000 metre rakım aralığındaki bir bölgede Hatay Ofiyolitleri ve Okçular Formasyonu ile dokanak halinde yüzeylenmektedir (Şekil 3.14).



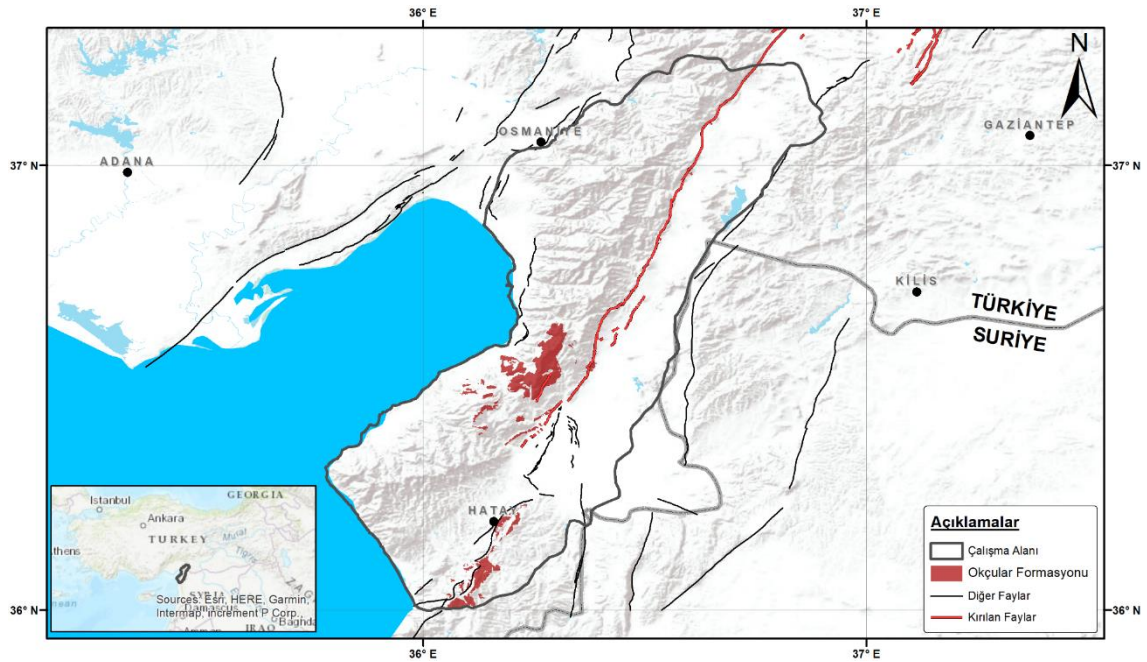
Şekil 3.14. Belveren Formasyonu dağılım haritası (Herece, 2008'den değiştirilerek)

3.2.14. Okçular Formasyonu (İpresiyen - Lütesiyen)

Okçular Formasyonu, kireçtaşı, çörtlü kireçtaşı ve kırıntılı kireçtaşlarından oluşan bir jeolojik birimdir (Özşahin, 2010). Genellikle orta kalınlıkta, bazen masif yapılı, seyrek eklemli ve çatlaklı, keskin köşeli ve kırıklı, sağlam dayanımlı kireçtaşlarından meydana gelir (Ateş vd., 2004). Bu formasyonun Eosen yaşında olduğu belirtilmiştir (Yıldız ve Taptık, 2003; Atasoy ve Geçen, 2013). Okçular Formasyonu, kireçtaşı, çörtlü kireçtaşı ve

kırıntılı kireçtaşlarından oluşan birimdir ve Orta Eosen yaşındadır (Herece, 2008; Değerliyurt, 2014). İlk olarak Selçuk (1985) tarafından adlandırılan bu formasyon, geniş bir alanda kireçtaşlarının ağırlıkta olduğu bir yapıya sahiptir (Belgüzar, 2017). Litolojik olarak kireçtaşı, çörtlü kireçtaşı ve detritik kireçtaşlarından meydana gelir ve keskin köşeli, dayanıklı kireçtaşları içerir (Tufan vd., 2015). Okçular Formasyonunun kalınlığı genellikle 200 ila 300 metre arasında değişmektedir ve alt sınırı Uluyol formasyonuna, üst sınırı ise Kışlak formasyonuna geçişlidir (Kocaçiftçi ve Ünlügenç, 2008).

Okçular Formasyonu, çalışma alanında orta ve güney kesimlerde gözlenmektedir. Kırıkhan, Belen ve İskenderun arasında kalan bölgede 100 metreden başlayarak zirvelere kadar geniş bir dağılım sergilemektedir. Genellikle dağlık alanlarda yayıldığından, yerleşim yerlerinde nadiren yüzeylenmektedir. Ayrıca, Antakya'nın doğusunda Mansurlu-Yeşiltepe hattı boyunca kuzeydoğu-güneybatı ekseninde dağlık alanlarda gözlenmektedir (Şekil 3.15).



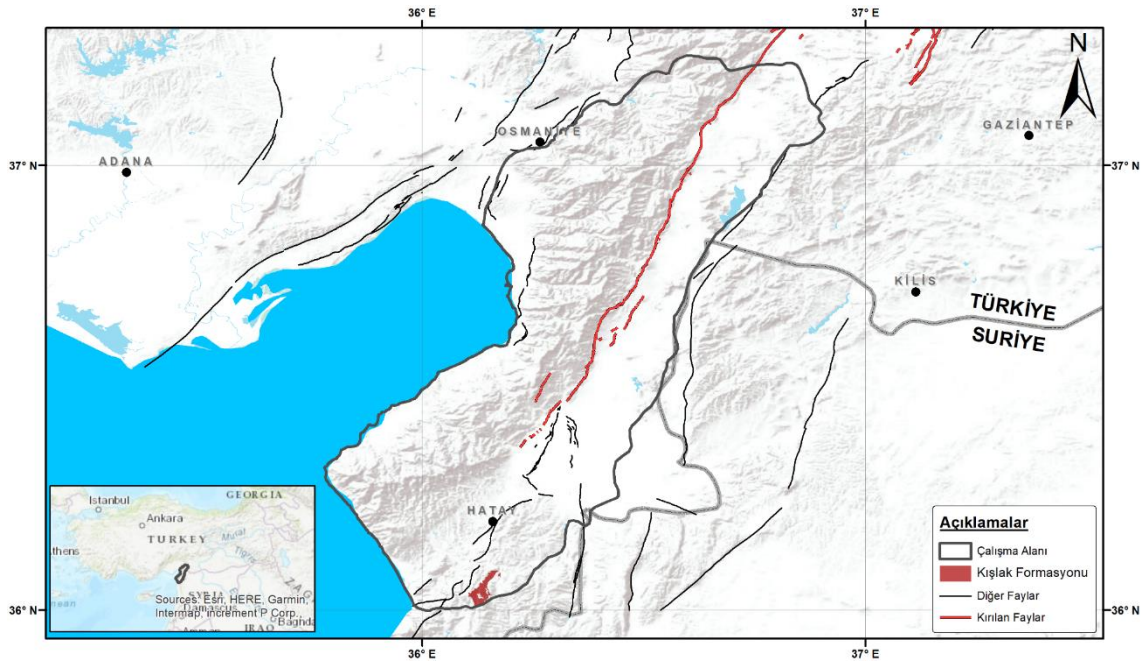
Şekil 3.15. Okçular Formasyonu dağılım haritası (Herece, 2008'den değiştirilerek)

3.2.15. Kışlak Formasyonu (Bartoniyen - Priaboniyen)

Kışlak Formasyonu, ilk olarak Selçuk (1985) tarafından tanımlanmış ve genellikle karbonat bileşimine sahip bir jeolojik birimdir (Tufan vd., 2015). Formasyonun tip kesit yeri olarak Kışlak dolayları verilebilir (Selçuk, 1985). Kışlak Formasyonu, kireçtaşı, killi kireçtaşı, marn ve silis yumrulu killi kireçtaşlarından oluşur (Tufan vd., 2015; Zorlu, 2003). Kireçtaşının sarımsı beyaz-krem renkte olduğu ve taze kırılma yüzeyinin daha açık

renkte olduğu belirtilmektedir (Tufan vd., 2015). Litolojik olarak, sert, sağlam ve bol fosilli kireçtaşlarından oluşan formasyonun kalınlığı genellikle 200-250 metre arasında değişmektedir (Zorlu, 2003; Tufan vd., 2015). Kışlak Formasyonu, Okçular Formasyonu üzerinde geçişli olarak yer alır ve Balyatağı Formasyonu ile açısız uyumsuzluk gösterir (Tufan vd., 2015; Zorlu, 2003; Özşahin, 2014). Formasyonun fosil içeriği zengindir ve yaşının Üst Eosen (Priaboniyen) olduğu tespit edilmiştir (Tufan vd., 2015; Zorlu, 2003). Kışlak Formasyonu, litolojik özellikleri ve fosil içeriği ile Okçular Formasyonu'nun çökeldiği ortam koşullarının Priaboniyen'de de devam ettiğini göstermektedir (Zorlu, 2003).

Kışlak Formasyonu, çalışma alanının sadece güney kesiminde, oldukça kısıtlı bir alanda yüzeylenmektedir. Şenköy ile Çayır arasında gözlenen bu birim, genellikle tarım arazilerinden oluşmakta olup, bu bölgede yoğun yerleşim alanları bulunmamaktadır (Şekil 3.16).



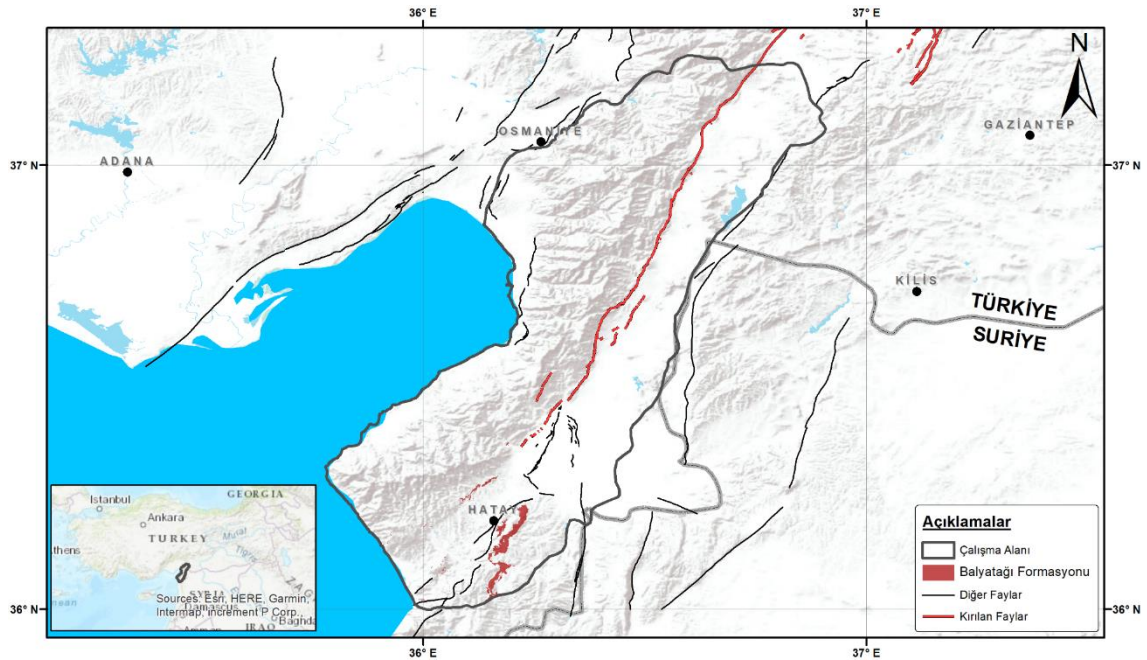
Şekil 3.16. Kışlak Formasyonu dağılım haritası (Herece, 2008'den değiştirilerek)

3.2.16. Balyatağı Formasyonu (Akitaniyen - Burdigaliyen)

Balyatağı Formasyonu, ilk kez Selçuk (1985) tarafından adlandırılmış ve genellikle çakıltaşı, mikroçakıltaşı ve kumtaşlarından oluşan bir jeolojik birimdir (Tufan vd., 2015). Çakıltaşı genellikle kırmızı-kahve renkte olup, içinde yer yer yeşil renkli ofiyolit çakılları bulunmaktadır. Çakıltaşlarının boyutları 0,5 mm ile 35 cm arasında değişir ve köşeli, yarı köşeli ve yuvarlak kötü boylanmış tanelerden oluşur (Tufan vd., 2015). Kumtaşı ise koyu

gri renkli ayrılmış yüzeylere ve açık grimsi renkli taze kırık yüzeylere sahip olup, karbonat çimentoludur (Tufan vd., 2015). Formasyonun kalınlığı 50-250 metre arasında değişkenlik göstermektedir ve alt dokanağı genellikle Kışlak Formasyonu üzerinde, üst dokanağı ise Sofular Formasyonu ile geçişli olarak yer almaktadır (Tufan vd., 2015; Zorlu, 2003). Balyatağı Formasyonu'nun kırmızı ve kahve renkli çakıltası ve kumtaşları, alüvyal yelpaze ortamına işaret ederken, üst kısmındaki sığ denizel ortamda çökelmiş olan Sofular Formasyonu ile geçişli olması, formasyonun kıyıya yakın bir yelpaze delta ortamında çökelmiş olabileceğini göstermektedir (Zorlu, 2003). Formasyonun yaşı, stratigrafik konumu ve bölgesel korelasyona göre Orta Miyosen (Langiyen-Serravaliyen) olarak değerlendirilmiştir (Zorlu, 2003). Ancak Şafak (1993) ve Boulton vd. (2006) tarafından yapılan çalışmalarda bulunan fosillere göre birimin yaşının Alt Miyosen (Akitanien-Burdigaliyen) olduğu belirlenmiştir.

Balyatağı Formasyonu, çalışma alanının genellikle güney kesiminde, özellikle Antakya'nın güneydoğusunda Mansurlu-Harbiye-Çayır-Şenköy hattı boyunca yayılmış durumdadır. Ayrıca, Asi Nehri civarında ve Dikmece ile Kisecik arasındaki Amanos eteklerinde, oldukça sınırlı alanlarda görülmektedir. Bu bölgelerde, Hatay Ofiyolitleri ve Sofular Formasyonları arasında temas ederek dokanak oluşturmaktadır. Balyatağı Formasyonu'nun dağılımı Şekil 3.17'de gösterilmiştir.

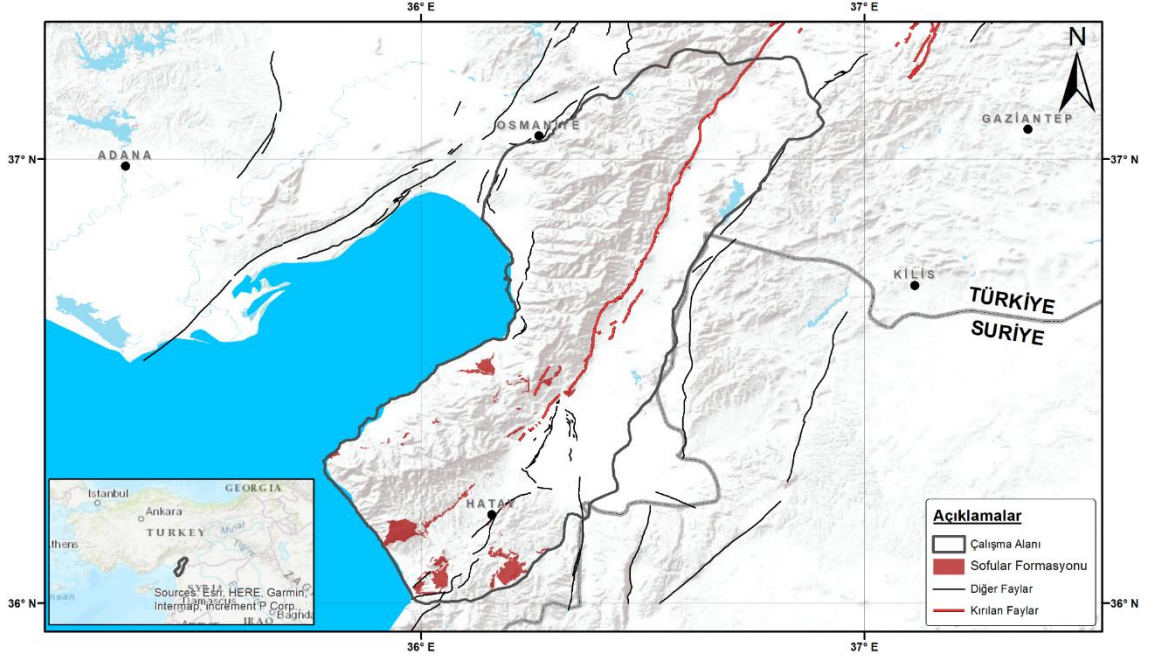


Şekil 3.17. Balyatağı Formasyonu dağılım haritası (Herece, 2008'den değiştirilerek)

3.2.17. Sofular Formasyonu (Langiyen - Serravaliyen)

Sofular Formasyonu, genellikle başlıca resifal kireçtaşlarından oluşan bir birim olarak tanımlanmıştır ve bu formasyonun adı ilk olarak Selçuk (1985) tarafından verilmiştir (Tufan vd., 2015; Zorlu, 2003). Boultan vd. (2006) da birimi Sofular Formasyonu olarak tanımlamıştır (Herece, 2008). Bu formasyon, genellikle Sofular Köyü civarında yüzeylenir ve tip kesit yeri olarak da genellikle bu bölge gösterilir (Zorlu, 2003; Herece, 2008). Sofular Formasyonu, çoğunlukla krem-beyaz renkli, sıkı çimentolu ve keskin köşeli kırıklı kireçtaşlarından oluşur ve kalınlığı ölçümlü stratigrafi kesitlerinde 75-200 metre arasında değişir (Tufan vd., 2015). Ayrıca, kumlu tabakalarla başlayıp daha sonra kireçtaşlarına geçtiği ve üst seviyelerinde kil miktarının arttığı gözlemlenir (Tufan vd., 2015). Formasyonun alt dokanağı genellikle Balyatağı Formasyonu üzerinde, üst dokanağı ise Tepehan Formasyonu ile geçişli olarak yer alır (Zorlu, 2003). Kireçtaşları, genellikle koyu gri-kül dış rengi ve sarımsı krem taze yüzey rengine sahiptir ve oldukça sert yapıdadır (Zorlu, 2003). Ayrıca, formasyon, kalın tabakalı ve masif konglomeralardan oluşabilir ve içinde bol miktarda makro ve mikro fosil içeriği bulunur (Zorlu, 2003). Sofular Formasyonu'nun mikrofasiyes özellikleri ve fosil içeriği, sığ denizel resifal ortamda çökelmiş olduğunu işaret etmektedir (Zorlu, 2003; Herece, 2008). Bu birim, Orta Miyosen yaşlıdır ve Langiyen-Serravaliyen dönemine karşılık gelir (Zorlu, 2003). Şafak (1993) de fosil örneklerine göre formasyonun yaşını Langiyen olarak belirlemiştir.

Sofular Formasyonu çalışma alanının orta ve güney kısımlarında görülmektedir. Kuzeyde Karahüseyinli ve Çamseki civarında, güneyde ise Asi nehri çevresinde geniş bir alanda yüzeylenmektedir (Şekil 3.18)



Şekil 3.18. Sofular Formasyonu dağılım haritası (Herece, 2008'den değiştirilerek)

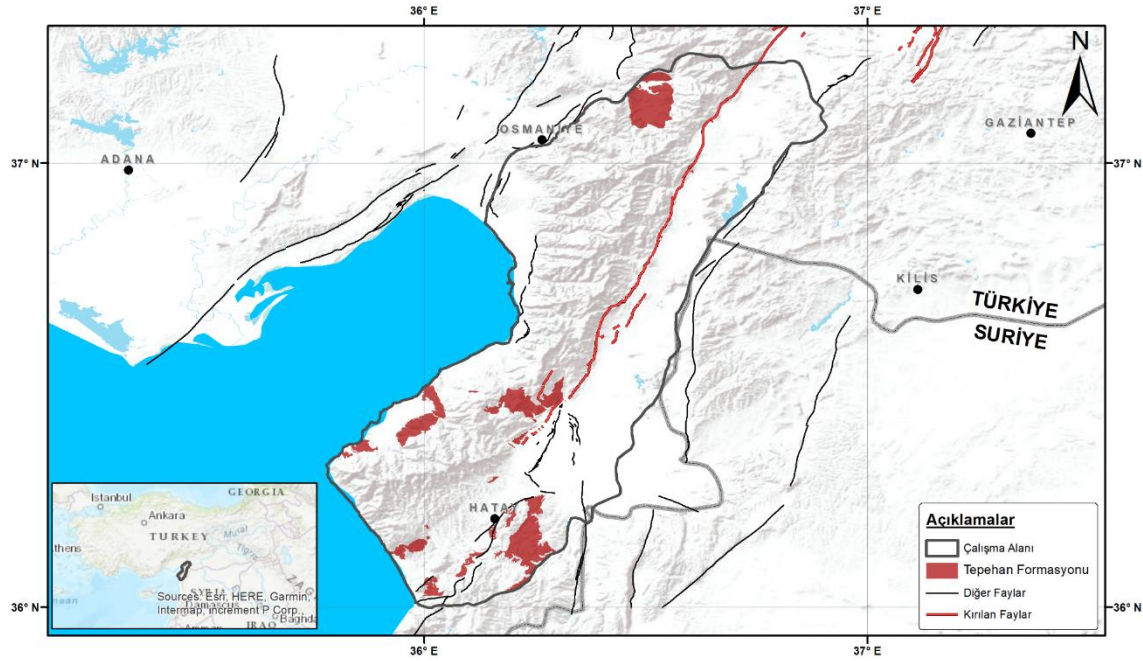
3.2.18. Tepehan Formasyonu (Langiyen - Serravaliyen)

Tepehan Formasyonu, genellikle kumtaşı, kiltası, killi kireçtaşı ve marn türü litolojilerden oluşan bir birimdir ve adını ilk olarak Selçuk (1985) tarafından almıştır (Tufan vd., 2015). Bu formasyon, genellikle gevşek çimentolu kumtaşları, tabakalanmış killi kireçtaşları, ince tabakalı kiltaları ve marnlardan oluşur (Tufan vd., 2015; Zorlu, 2003). Kumtaşı düzeyleri genellikle orta-kalın tabakalıdır ve açık gri-boz renkte ayrılmış yüzeylere sahiptir (Tufan vd., 2015). Kiltaları ise genellikle sarımsı-gri ayrılmış yüzeylerle karakterizedir ve ince tabakalanmaya ve laminalanmaya sahiptir (Tufan vd., 2015). Marnların dış rengi genellikle yeşilimsi gri iken, içerisinde sarımsı beyaz yüzeyler gözlenir ve tabaka kalınlıkları 1-5 cm arasında değişir (Tufan vd., 2015). Formasyonun kalınlığı, ölçülmüş stratigrafi kesitlerinde 200-500 metre arasında değişmektedir ve alt sınırı Sofular Formasyonu üzerine, üst sınırı ise Nurzeytin Formasyonu ile geçişli olarak yer alır (Tufan vd., 2015).

Zorlu (2003)'nun belirttiğine göre, Tepehan Formasyonu'nun kiltası, killi kireçtaşı, marn ve kumtaşları genellikle aşınmaya karşı dayanıksızdır ve bu nedenle düzlük alanlar oluştururlar. Formasyon, genellikle Sofular Formasyonu'nu uyumlu olarak üzerler (Zorlu, 2003). Kumtaşları açık gri-bej renklerde ve yumuşak yapıdadır, kiltaları ise sarımsı, gri-krem renklerindedir ve kolayca kırılırlar (Zorlu, 2003). Kiltaları ve kumtaşları içinde fosil bulunsa da, bu fosiller formasyonun yaşını belirlemek için yeterli değildir (Zorlu,

2003). Formasyonun yaşının Langiyen-Serravaliyen olduğu belirtilmektedir (Zorlu, 2003). Herece (2008) ise formasyonun kalınlığını 200-500 metre olarak belirtmiş ve önceki çalışmalara dayanarak Geç Miyosen yaşında olduğunu ileri sürmüştür. Tepehan Formasyonu'nun alt bölümü, sığ, orta ve üst bölümleri ise gittikçe derinleşen sığ-açık deniz ortamında çökelmiştir (Herece, 2008).

Tepehan Formasyonu, çalışma alanının en kuzeyinde, Karayığit, Hasanbeyli, Nohut ve Kalecik bölgeleri arasında geniş bir alana yayılmış durumdadır. Ayrıca, Belen'in güneyinde, geniş bir alanda ve batı sınırında Işıklı ile Aşağı Kepirce arasındaki Amanos eteklerine doğru, Hatay Ofiyolitleri ile temas halinde yer almakta; Samandağ'ın kuzeyinde Mağaracık ile Mızraklı arasında, Samandağ'ın güneyinde Gözene ile Karaköse arasında ve özellikle Harbiye'nin doğusunda ve civarlarında geniş bir alana yayılmıştır (Şekil 3.19).



Şekil 3.19. Tepehan Formasyonu dağılım haritası (Herece, 2008'den değiştirilerek)

3.2.19. Nurzeytin Formasyonu (Tortoniyen)

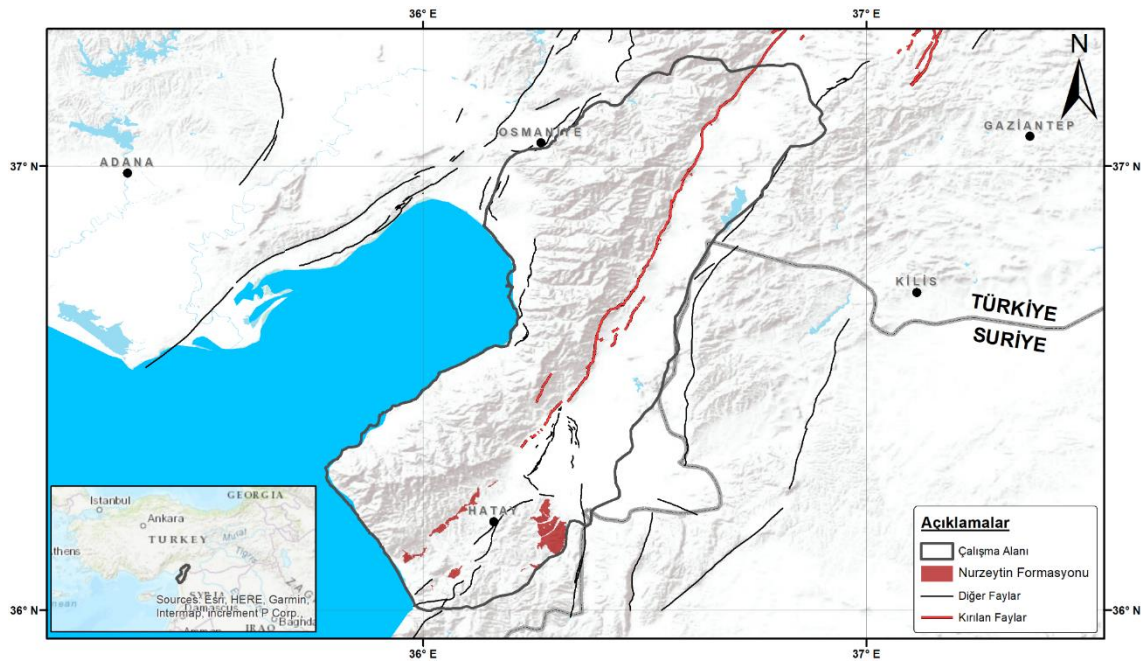
Nurzeytin Formasyonu, özellikle kumtaşı, killi kireçtaşı, marn ve kiltaşından oluşan bir birimdir ve adını Selçuk (1985) tarafından almıştır (Tufan vd., 2015). Formasyon, topoğrafik olarak az engebeli ve düzlük alanlar oluşturacak şekilde aşınmaya karşı oldukça dayanıksız bir litolojiye sahiptir. Kumtaşı düzeyleri genellikle gevşek çimentolu ve açık kahve, gri-bej renklidir; içerdikleri demiroksitli taneler kayaca kahverengimsi-kırmızımsı renk tonu verir. Killi kireçtaşı seviyeleri ise krem-bej renkli, ince taneli ve

çubuğumsu kırılmaya sahiptir; tabakalanmalar belirgin bir şekilde gözlenmekte ve bol fosil içermektedir. Marnlar açık yeşilimsi gri ve açık kahve renkli, ince taneli ve konkoidal kırılmaya sahiptir; tabakalanmaları çok iyi olup, tabaka kalınlıkları 2-8 cm arasında değişir. Kilttaşları ise açık kahve renkli ve ince tanelidir; ara seviyelerde kumlu ve ince kireçtaşı bantları içerebilir (Tufan vd., 2015).

Nurzeytin Formasyonu'nun fosil içeriği oldukça zengindir ve makro faunayı gastropod, lamelli ve ekinitler oluştururken, mikro faunayı bentik foraminiferler ve ostrakodlar oluşturur (Tufan vd., 2015). Bu formasyonun yaşının Üst Miyosen (Tortiniyen) olduğu fosillere dayanarak belirlenmiştir (Herece, 2008; Tufan vd., 2015). Formasyonun çökme ortamının sığ denizel olduğu düşünülmektedir (Herece, 2008).

Şafak vd. (2023)'nin belirttiğine göre, Nurzeytin Formasyonu'nun Antakya Havzası'ndaki özellikle yüksek çeşitlilik gösteren bir ostrakod topluluğuna sahip olduğu ve bu formasyonun Geç Serravaliyen-Tortoniyen yaşlarını kapsadığı düşünülmektedir.

Nurzeytin Formasyon çalışma alanının yalnızca güney kısmında bulunmaktadır. Samandağ Vakıflı civarında, Antakya'nın batısında Amanos etekleri boyunca, güneyinde Sinanlı civarında, doğusunda ise Üzümdalı-Tokaçlı arasında çok geniş bir bölgede yüzeylenmektedir (Şekil 3.20).



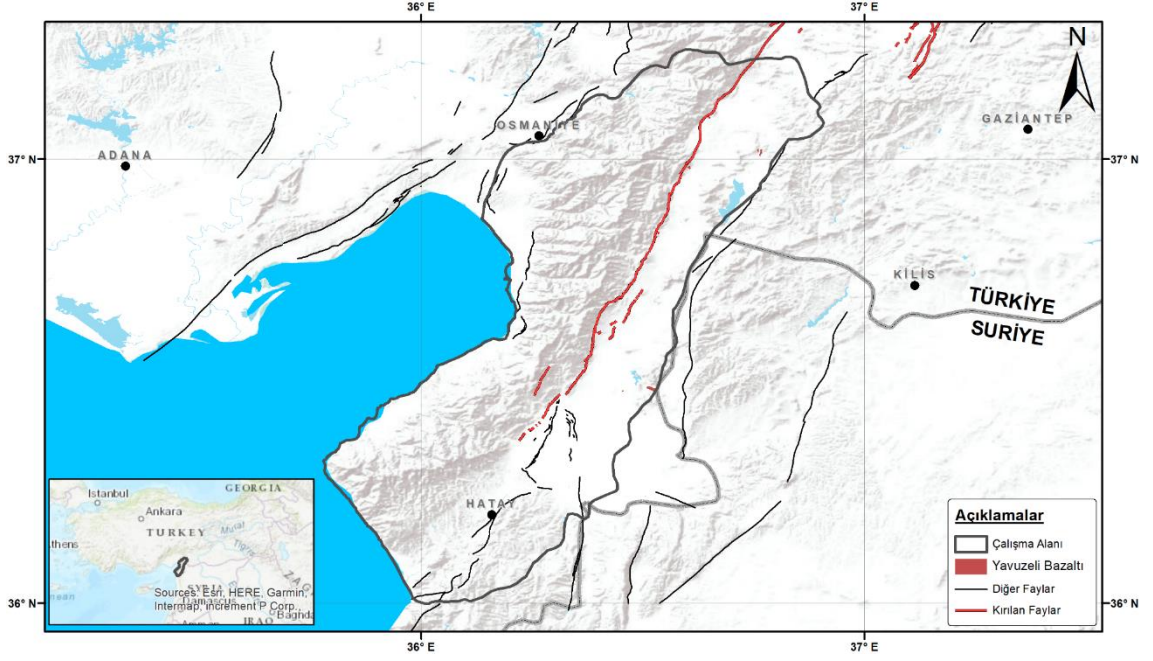
Şekil 3.20. Nurzeytin Formasyonu dağılım haritası (Herece, 2008'den değiştirilerek)

3.2.20. Yavuzeli Bazaltı (Tortoniyen)

Yavuzeli Bazaltı, genellikle Yavuzeli ilçesi dolayında gözlemlenen bir birim olup, Yoldemir (1987) tarafından adlandırılmıştır (Bölücü, 2014; Türkkan, 2011). Birime daha önce Tuna (1973) ise Karacadağ Bazaltı adını vermiştir (Türkkan, 2011). Bu birim, kırmızımsı-koyu kahve, koyu gri ve siyahımsı renklerde lav akıntılarında oluşmakta ve genellikle tabakasız olmakla birlikte, yer yer çok kalın tabakalara sahiptir ve gözenekli yapısı içerisinde kalsit dolguları barındırmaktadır (Babaoğlu, 2008; Bölücü, 2014; Türkkan, 2011).

Yavuzeli Bazaltı'nın oluşumu hakkında farklı görüşler mevcuttur. Bazı araştırmacılar, bu lavların oluşumunu Doğu Anadolu Fayı ile ilişkili fay sistemine bağlarken, diğerleri bölgede Orta Miyosen'de başlayan sıkışma sonucu oluşan açılımlara atfederler (Bölücü, 2014). Bu birimin oluşum yaşının Yoldemir'e (1987) göre Orta Miyosen olduğu, ancak Ulu vd. (1991) göre Geç Miyosen olduğu belirtilmektedir ve yaşlı birimin üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. (Herece, 2008; Bölücü, 2014; Türkkan, 2011). Ayrıca, bazı çalışmalarda Yavuzeli Bazaltı'nın yaşının 17 milyon ila 12 milyon yıl arasında olduğu öne sürülmüştür (Alpaslan vd., 2007). Yavuzeli Bazaltı'nın kalınlığı bölgede değişkenlik gösterir ve birkaç metreden 120 metreye kadar değişebilir (Korkmaz, 2001).

Yavuzeli bazaltı, çalışma alanının doğu kesiminde Muratpaşa ve Sucuköy çevresinde kısıtlı bir alanda, çalışma alanının kuzeydoğu sınırında ise Karakaya yakınlarında ve Yeşilova'nın kuzeyinde oldukça sınırlı bir alanda yüzeylenmektedir (Şekil 3.21).



Şekil 3.21. Yavuzeli Bazaltı dağılım haritası (Herece, 2008'den değiştirilerek)

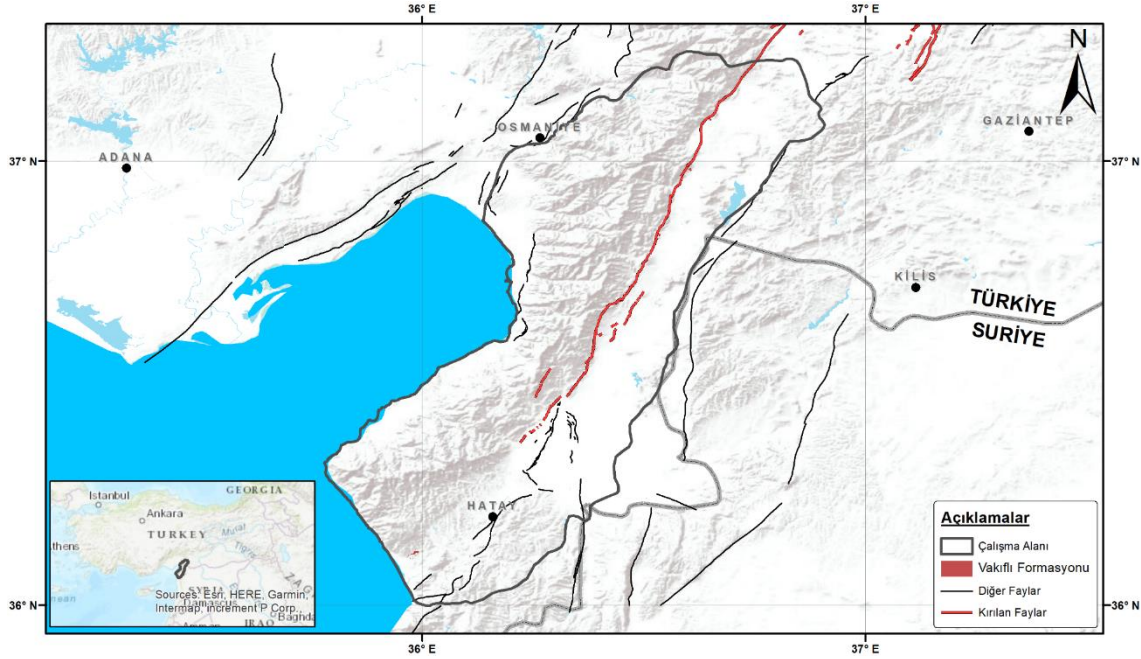
3.2.21. Vakıflı Formasyonu (Messiniyen)

Vakıflı Formasyonu, jips ve jipslerle ardalanmalı ince kireçtaşı bantlarından oluşan bir birimdir ve Selçuk (1985) tarafından adlandırılmıştır (Donat, 2009). Formasyonun jipslerinin beyaz renkli ve iri kristaller halinde olduğu gözlemlenirken, kalkerlerinin ise beyaz renkli, ince taneli, sıkı çimentolu ve ince tabakalı olduğu belirtilmektedir (Fakı, 2010).

Vakıflı Formasyonu'nun kalınlığının 100-200 metre olduğu ve alt sınırının Nurzeytin formasyonu ile geçişli olduğu, üst sınırının ise Samandağ formasyonu tarafından transgresif olarak örtüldüğü ifade edilmektedir (Selçuk, 1985; Yıldız ve Taptık, 2003). Selçuk'un (1985) çalışmasına göre formasyonun yaşının Üst Miyosen olduğu belirtilmektedir (Herece, 2008; Fakı, 2010).

Birimdeki jips çökellerinin kalınlığı 100-200 metre (Selçuk, 1985) veya 25 metre (Boulton vd., 2006) civarında olduğu ifade edilmiştir (Herece, 2008). Formasyonda yaş verisinin bulunmamasına rağmen, Erentöz (1958) ve Aslaner (1973) tarafından Tortoniyen yaşında olduğu kabul edilmiştir. Ancak, yapılan derin deniz sondajlarında jipslerin 5,65 milyon yıl ila 4,9 milyon yıl yaşında olduğu ve yaşlarının Mesiniyen'e tekabül ettiği belirtilmektedir (Müller ve Mueller, 1991). Bu durum, jipslerin deniz seviyesindeki düşmeden dolayı çökel havzasının Akdeniz'den izole olduğu dönemde oluştuğunu ve sıg su ortamında çökelmiş olabileceğini göstermektedir (Herece, 2008).

Vakıflı Formasyonu çalışma alanında yalnızca Vakıflı civarında Nurzeytin, Samandağ formasyonları ve alüvyon birimler arasında dokanak şeklinde küçük bir alanda yüzeylenmektedir (Şekil 3.22).



Şekil 3.22. Vakıflı Formasyonu dağılım haritası (Herece, 2008'den değiştirilerek)

3.2.22. Samandağ Formasyonu (Üst Pliyosen)

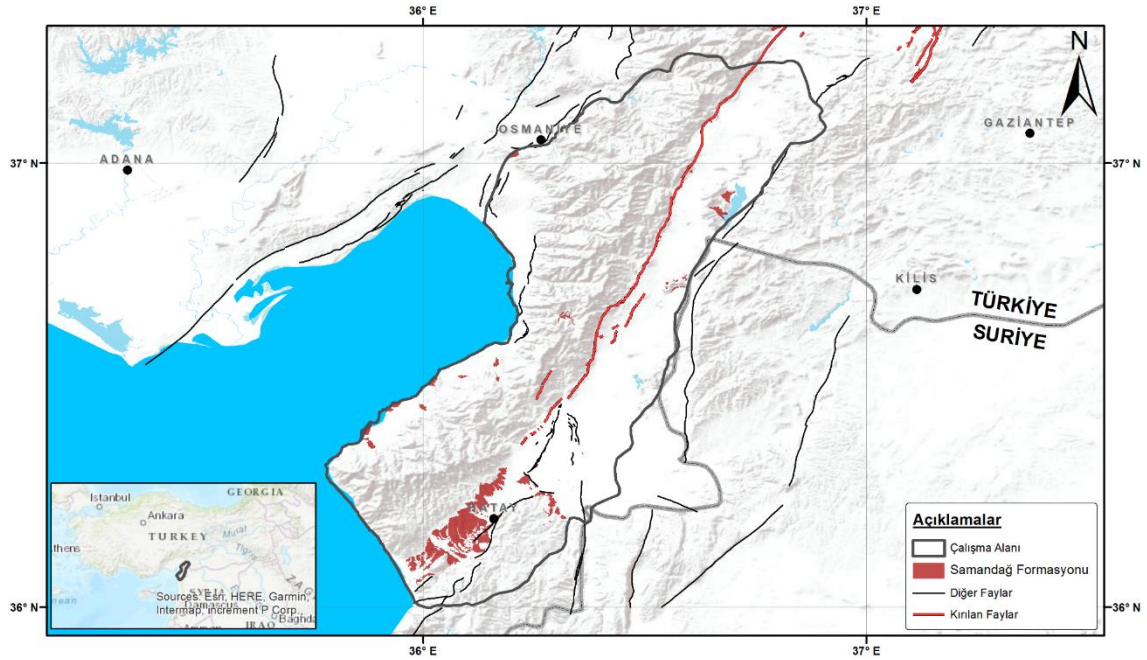
Samandağ Formasyonu, kumtaşı, killi kireçtaşı ve kiltaşından oluşan bir birimdir ve Selçuk (1985) tarafından bu adla adlandırılmıştır (Donat, 2009; Herece, 2008). Formasyonun kumtaşı bileşenleri genellikle koyu gri ve kahverengidir ve iyi boylanmalıdır, tabaka kalınlıkları 20-80 cm arasında değişmektedir (Zorlu, 2003). Bu kumtaşları, orta derecede aşınmaya karşı dayanıklıdır ve bu nedenle formasyon, orta derecede engebeli alanları oluşturur (Zorlu, 2003).

Samandağ Formasyonu'nun kalınlığı 100-400 metre arasında değişmektedir ve alt sınırı Vakıflı ve daha yaşlı formasyonlar üzerine transgresif olarak gelmektedir (Donat, 2009). Birim, genellikle Hatay grabeninde ve Amik gölünün bulunduğu ovada yüzeylenir ve Samandağ ilçesi ile Kuşalanı ve Saraycık köyleri formasyonun tip kesit alanlarıdır (Herece, 2008).

Formasyonun litolojisi kumtaşı, marn ince bantlı kiltaş ve kiltaş ara bantlı ince tabakalı kumtaşından oluşur ve geçirimsiz bir özellik gösterir (Demirbilek, 2019). Hidrojeolojik açıdan, Samandağ Formasyonu verimsizdir ve yeraltı suyu bulundurmaz (Karataş ve Korkmaz, 2012).

Samandağ Formasyonu'nun yaşına ilişkin olarak, Dubertret (1953), Erentöz (1958) ve Karakuş ve Taner (1994) tarafından Geç Pliyosen olarak yorumlanmıştır (Herece, 2008). Boulton vd. (2006) tarafından alınan örneklerde bulunan fosil verileri, formasyonun Pliyosen yaşında olduğunu desteklemektedir (Herece, 2008). Formasyonun alt bölümü sığ denizel ortamda, üst bölümü ise akarsu ortamında çökelmiştir (Herece, 2008).

Samandağ Formasyonu, çalışma alanının neredeyse her noktasında yaygın bir şekilde bulunmaktadır. Özellikle Antakya ile Samandağ arasında büyük bir alanda yoğunlaşmış olmakla birlikte, bazı noktalarda Arsuz-Payas sahil şeridi boyunca ve çalışma alanının kuzeydoğusunda Ağalarobası bölgesinde ve ayrıca çalışma alanının kuzeybatısında Osmaniye sınırında da gözlenmektedir (Şekil 3.23).



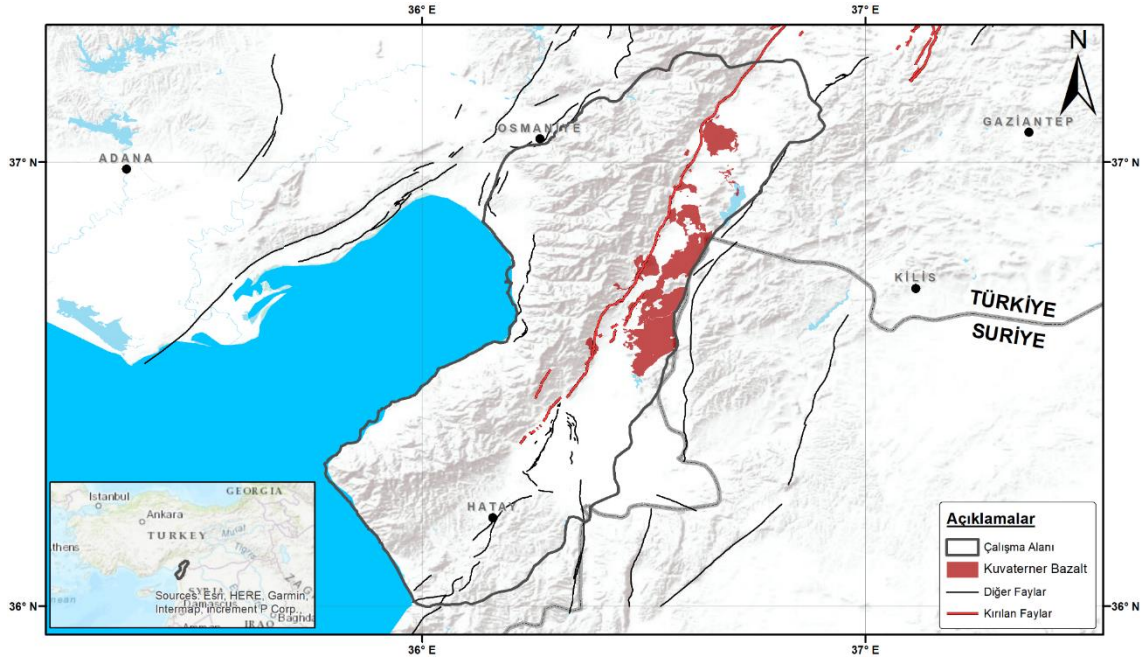
Şekil 3.23. Samandağ Formasyonu dağılım haritası (Herece, 2008'den değiştirilerek)

3.2.23. Kuvaterner Bazalt (Pleyistosen)

Kuvaterner yaşlı Bazalt birimi, Reyhanlı, Kırıkhan ve Fevzipaşa arasındaki çöküntü alanında yüzeylenmektedir ve bu alan, Türkoğlu ile Fevzipaşa arasında uzanan bir sırt ile iki alt havzaya ayrılmıştır (Herece, 2008). Bu lavların çıkış merkezleri, çöküntü alanının iki kenarında yükselen cüruf konileridir. Bazı lav akıntıları vadileri doldururken, diğerleri Kuvaterner çökelleri ile ardalanmıştır (Herece, 2008).

Rojay vd. (2001) tarafından yapılan radyometrik yaş belirlemelerine göre, birimin yaşının 1,57 milyon yıl ile 0,08 milyon yıl arasında değiştiği belirlenmiştir (Herece, 2008).

Pleistosen yaşlı Kuvaterner bazaltlar çalışma alanı içerisinde, güneyde Ceylanlı ve Kamberlikaya'dan kuzeydoğuda Fevzipaşa'ya kadar oldukça geniş bir alanda yayılmaktadır. Bu formasyon, çalışma alanının orta ve kuzeydoğu kesimlerinde yüzeylenmektedir (Şekil 3.24).



Şekil 3.24. Kuvaterner Bazalt dağılım haritası (Herece, 2008'den değiştirilerek)

3.2.24. Alüvyon – Taraça – Traverten – Yamaç Molozu (Kuvaterner)

Kuvaterner yaşlı birimler, çeşitli litolojik özelliklere sahip olan eski ve güncel alüvyon, taraça, traverten ve yamaç molozu gibi farklı formasyonları içerirler.

Travertenler, Samandağ formasyonunu örtmektedir ve açısız uyumsuzluk gösterirler (Herece, 2008). Çoğunlukla pizolitik bazen de oolitiktir olan traverteler boşluklu yapıya sahiptir ve çok miktarda bitki kalıntısı barındırırlar (Yıldız ve Taptık, 2003).

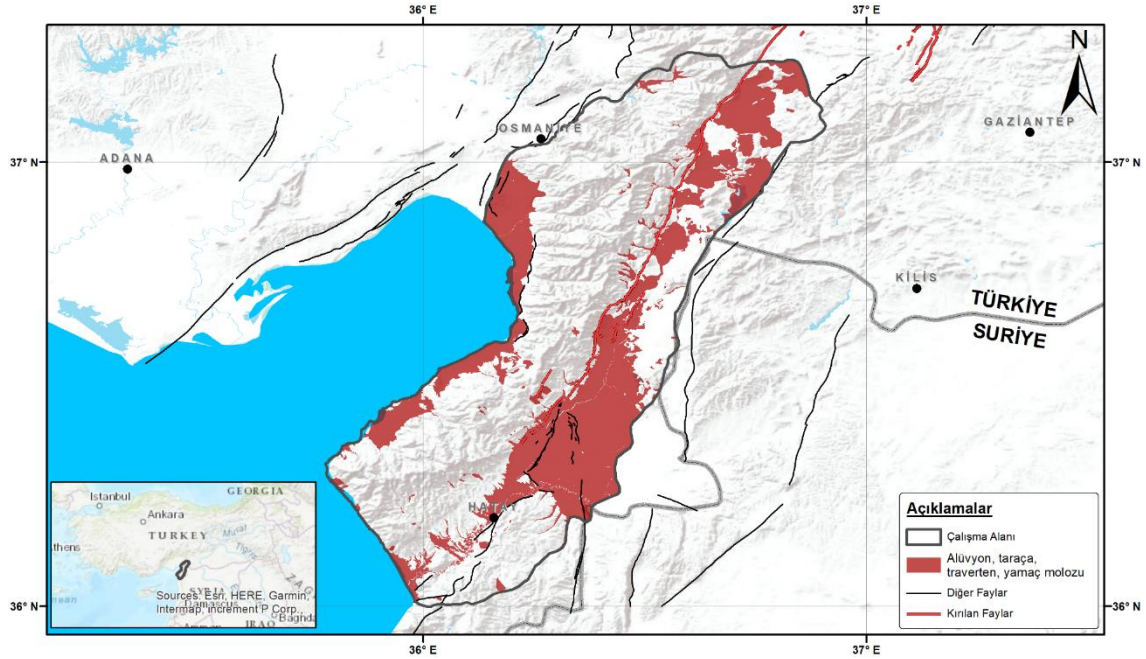
Eski alüvyonlar, günümüzdeki dere yataklarına göre daha yüksek konumda bulunan eski akarsu çökelleridir. Bu birimler genellikle serbest çakıl ve kumdan oluşurken, bazı bölgelerde çamur ve silt içeren seviyeler de bulunmaktadır. Alüvyonların çeşitli düzeyleri yanal ve düşey geçişler gösterir ve genellikle gri ve açık gri renkler hakimdir. Tuturulmamış çakıl, kum, silt ve kil içerirler ve genellikle erken Pleistosen yaşına sahiptirler (Herece, 2008).

Yamaç molozu, fay sarp noktaları boyunca ve yüksek eğimli duraksız yamaçlarda oluşan değişken boyutta çakıl yığılımlarından meydana gelir. Bu birimler, kendilerinden daha

yaşlı olan tüm formasyonları uyumsuzlukla örterler ve yanal yönde çeşitli şekillerde dağılırlar (Herece, 2008).

Güncel alüvyonlar ise genellikle tutturulmamış ve farklı kökenli, çakıl ve kum düzeylerinden oluşan alüvyonlardır. Silt düzeyleri de yer yer bulunur ve çakıl ve kum düzeyleri yanal ve düşey yönde geçişlidir. Nehir ve dere kenarlarında oluşan alüvyonlar, dağların kenarlarında ise kolüvyal çökeller olarak gelişirler (Herece, 2008).

Kuvaterner döneme ait alüvyon, taraça, traverten, plaj ve yamaç molozu gibi birimler, çalışma alanında oldukça geniş bir alana yayılmış durumdadır. Bu birimler, çalışma alanının hemen hemen her noktasında bulunmakta olup, aynı zamanda yerleşimin en yoğun olduğu bölgelerdir. Özellikle fay hatları boyunca ve batıda sahil şeridi boyunca alüvyon birimlerinin dağılımı gözlemlenmektedir (Şekil 3.25).

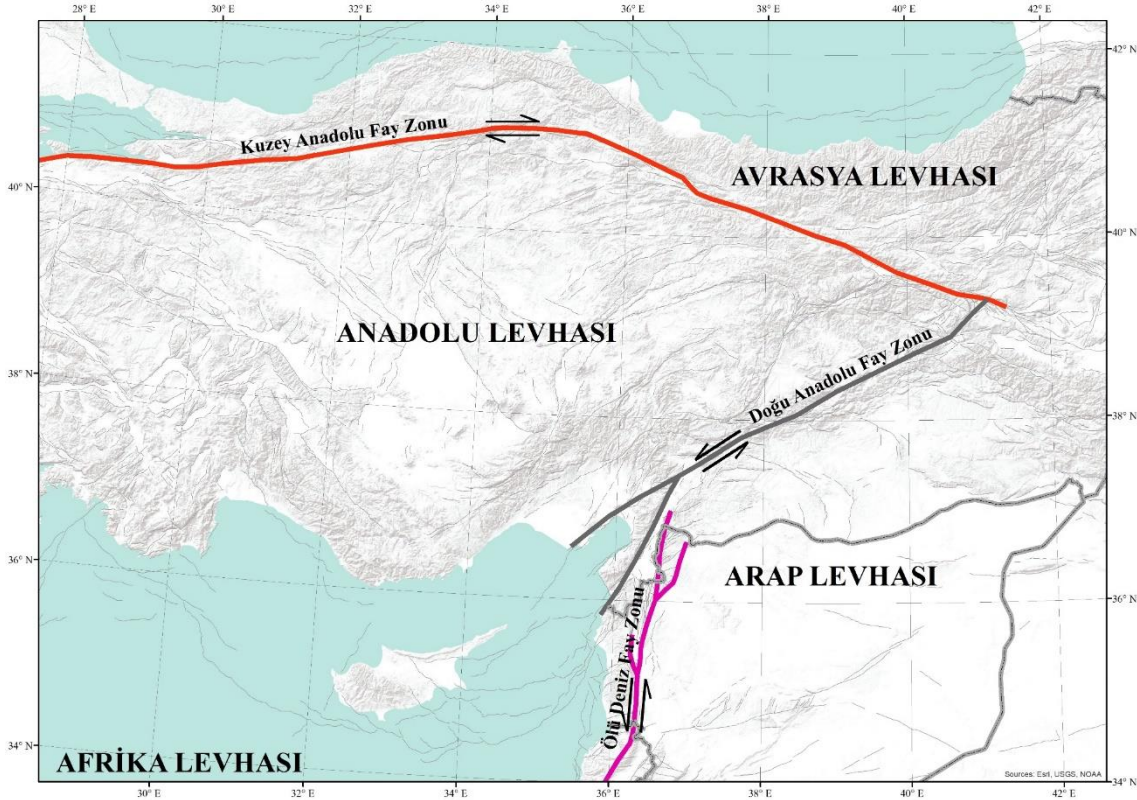


Şekil 3.25. Kuvaterner yaşlı alüvyon, taraça, traverten ve yamaç molozu dağılım haritası (Herece, 2008'den değiştirilerek)

3.3. Amanosların Depremselliği

Türkiye Afrika, Avrasya ve Arap levhalarının sınırlarını oluşturan bir bölgede yer almaktadır. Geç Kretase'den günümüze kadar, Avrasya levhası ile Arap-Afrika levhaları arasında Kuzey-Güney yönlü bir yakınsama hareketi gözlemlenmektedir. Bu yakınsama hareketi sonucunda, Arap-Afrika levhaları ile Avrasya levhası arasındaki Neotetis okyanusunun güney kolu kuzeye doğru kapanmıştır (Üsküplü, 2012). Kıta-kıta çarpışması ise Orta-Geç Miyosen döneminde başlayıp Bitlis-Zagros bindirme kuşağı

boyunca devam etmiştir (Arpat ve Şaroğlu, 1975; Gülen vd., 1987). Arap Levhası, yılda 18 mm hızla kuzeybatıya doğru Anadolu Levhası'na doğru yaklaşmaktadır (McClusky vd., 2000). Bu hareketin devamıyla Anadolu bloğundaki hareket, Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu faylarının oluşumuna neden olmuştur (McKenzie, 1972; Le Pichon ve Angelier, 1979; Şengör vd., 1985; Le Pichon ve Gaulier, 1988). Zelenin vd. (2022) tarafından sağlanan Avrasya Aktif Faylar Veritabanı kullanılarak Türkiye çevresindeki fay zonları ve tektonik levhalar Şekil 3.26'da gösterilmiştir.

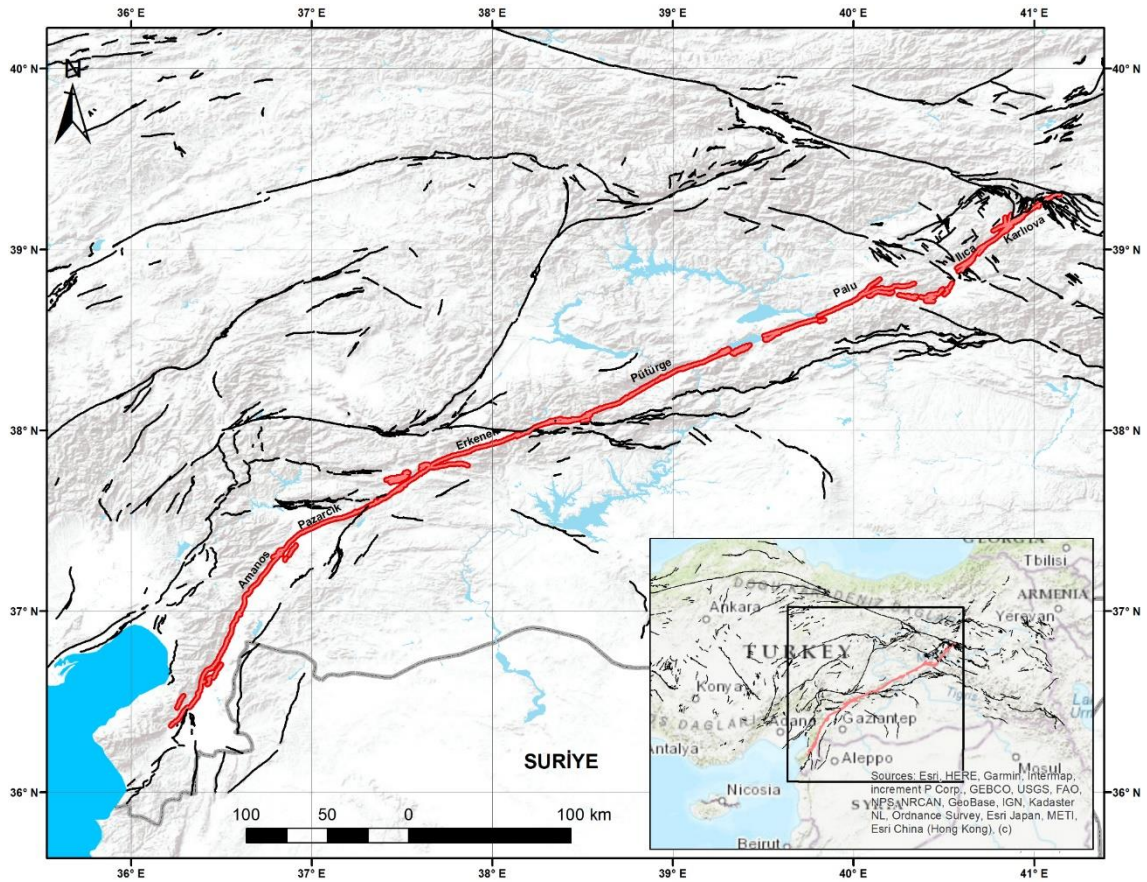


Şekil 3.26. Türkiye'deki fay zonları ve plakalar (Zelenin vd. 2022'den değiştirilerek)

GPS çalışmaları, Kuzey Anadolu Fay Zonunda yaklaşık 24 mm/yıl ve Doğu Anadolu Fay Zonunda ise yaklaşık 9-10 mm/yıl kayma hızı olduğunu göstermektedir (McClusky vd., 2000; Reilinger vd., 2006; Aktuğ vd., 2016). Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ve Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ), Doğu Anadolu'da Karlıova Üçlü Ekleme adı verilen bir yerde birleşir (Barka ve Kadinsky-Cade, 1988; Özener vd., 2010). Çalışma alanı, tektonik açıdan önemli iki fayın, sol yanal Ölü Deniz Fay Zonunun (ÖDFZ) en kuzey segmenti ile yine sol yanal Doğu Anadolu Fay Zonunun en güney segmenti arasında bulunmaktadır. Bu deformasyon zonları, Arap-Afrika levhaları ile Anadolu bloğunun birbirlerine göre olan hareketlerine bağlı olarak gelişmiştir (McKenzie, 1972; Şengör, 1979; Le Pichon ve Angelier, 1979; Jackson ve McKenzie, 1988; Dewey vd., 1986; Üsküplü, 2012).

3.3.1. Doğu Anadolu Fay Zonu

DAFZ, Türkiye'nin doğusunda, KAFZ ile Karlıova'dan başlayıp Amanos Dağları'na kadar uzanan KD-GB doğrultusunda yer alan sol yanal atımlı bir fay zonudur (Üsküplü, 2012). Fayın uzunluğu yaklaşık 450 kilometre civarındadır ve segmentlere ayrılmıştır. Bu segmentler, sismik ve geometrik verilere dayanarak tanımlanmıştır ve DAFZ'ın KD'dan GB'ye doğru 6 segmentten oluştuğu belirlenmiştir (Duman ve Emre, 2013; Arpat ve Şaroğlu, 1972, 1975; Barka ve Kandinsky-Cade, 1988). Şekil 3.27 DAFZ'ı ve segmentlerini göstermektedir.



Şekil 3.27. Doğu Anadolu Fay Zonu ve segmentleri haritası (Emre vd. 2018'den değiştirilerek)

Kahramanmaraş'ın Türkoğlu ilçe merkezinin ardından devamının tartışmalı olduğu yerde Ölü Deniz Fay Zonu (ÖDFZ) ile kesiştiği düşünülmektedir. Bazı yazarlar, DAFZ'nin Antakya'ya kadar uzandığını ve burada ÖDFZ ile birleştiğini iddia ederken (Şengör vd., 1985; Dewey vd., 1986; Perinçek vd., 1987; Perinçek ve Çemen, 1990; Westaway, 1994), diğer bir görüş, fay zonu'nun Akdeniz veya Kıbrıs'a doğru uzandığı yönündedir (Muehlberger ve Gordon, 1987).

DAFZ'nin güney ucu için farklı görüşler bulunmaktadır. Araştırmacıların bir kısmı, DAFZ'nun ve Ölü Deniz Fayı'nın ayrı iki sol yanal doğrultu atımlı fay olarak düşündüğünü savunurken (McKenzie, 1976; Gülen vd., 1987; Karig ve Kozlu, 1990; Perinçek ve Çemen, 1990; Westaway ve Arger, 1996; Westaway, 2003; Khalifa vd., 2018), diğerleri, DAFZ'nun Ölü Deniz Fayı ile birleşerek Kıbrıs yayı boyunca geniş bir zon halinde devam ettiğini savunmaktadır (Arpat ve Şaroğlu, 1972, 1975; Şaroğlu vd., 1992; Önal, 2023).

Tarihsel dönemde, özellikle 19. yüzyılda, DAFZ birçok büyük depreme kaynaklık etmiştir. 1822 Antakya depremiyle başlayan ve 1905 Malatya depremiyle sona eren bir dizi deprem meydana gelmiştir (Üsküplü, 2012). Ancak, son yüzyılda DAFZ, yüzey kırığı oluşturabilecek büyük bir deprem üretmemiş ve görece daha sakin bir döneme girmiştir (Arpat ve Şaroğlu, 1972, 1975; Şaroğlu vd., 1992).

3.3.2. Ölü Deniz Fay Zonu

ÖDFZ, Türkiye'nin güneyinden Kızıldeniz'e kadar uzanan ve yaklaşık bin kilometrelik bir uzunluğa sahip sol yanal atımlı bir transform faydır (Şengör ve Yılmaz., 1981; Rotstein ve Kafka 1982; Dewey vd., 1986; Gülen vd., 1987; Lyberis vd., 1992; Oral vd., 1995; Reilinger vd., 1997; Bozkurt, 2001; Akyüz vd., 2006).

Fayın yaşına ilişkin farklı görüşler bulunmaktadır. Hempton (1987) ile Garfunkel vd. (1996)'a göre fayın yaşı Erken Miyosen iken Garfunkel vd. (1981)'e göre Orta Miyosen, Lyberis (1988)'e göre Geç Miyosen, Eyal vd. (1981), Steinz ve Bartov (1991)'a göre ise 20 milyon yıl sonrasıdır (Önal, 2023).

Ölü Deniz Fayı'ndaki yanal ötelenme miktarı kuzeyde ve güneyde farklılık göstermektedir. Kuzeydeki ötelenme miktarı 70-80 km iken güneyde Pliyosen öncesi 60-65 km, Pliyosen'den günümüze kadar olan süreçte ise 40-45 km olarak hesaplanmıştır. Toplamda ise yaklaşık olarak 110 km'dir (Quennel, 1958; Dubertret, 1966; Freund vd., 1970; Bandel ve Khouri, 1981; Garfunkel vd., 1981; Le Pichon ve Gaulier, 1988, Önal, 2023).

Tarihsel olarak, Ölü Deniz Fayı bölgesinde birçok büyük deprem meydana gelmiştir. Bu depremlerin magnitüdüleri 6,5 ile 7,5 arasında değişmektedir (Westaway, 1994; Üsküplü, 2012). Özellikle aletsel dönemde, 1927 yılında Karasu segmenti üzerinde $M=6,2$ büyüklüğünde bir deprem kaydedilmiştir. Ayrıca, 1995 yılında Aqaba'nın 100 km

güneyinde $M=7,3$ büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiştir (Klinger vd., 2000; Üsküplü, 2012).

3.3.3. Tarihi Depremler (M.Ö. 148 – 1872)

Üsküplü (2012) coğrafi bilgi sistemlerini kullanarak Hatay ili ve çevresinin deprem senaryolarını hazırlamış ve bu senaryolar ile tarihsel depremleri karşılaştırmıştır.

M.Ö. 148 veya M.Ö. 130 21 Mart'ta kaydedilen ve "Büyük Antakya Depremi" olarak adlandırılan deprem, şehri yerle bir etmiş ve Antiokhos IV şehri yeniden kurmuştur. Suriye kıyılarını da etkileyen bu deprem, "tanrının gazabı" olarak kaydedilmiştir (Guidoboni vd., 1994a; Sbeinati vd., 2005).

M.Ö 64 veya M.Ö. 65'te Antakya ve Suriye'de hissedilen bir depremde, Suriye'de 170.000 insanın öldüğü ve birçok şehrin yıkıldığı belirtilmiştir. Ben-Menahem (1979)'e göre, bu depremin büyüklüğü yaklaşık olarak 7,7'dir ve Kıbrıs'ta dahi hissedilmiştir.

M.S. 110'da Antakya, Samandağ ve Çukurova'da hissedilen bir deprem, Antakya'da ağır hasara yol açarak şehrin tarihindeki ikinci büyük deprem olarak kaydedilmiştir (Pınar ve Lahn, 1952).

M.S. 115 13 Aralık'ta meydana gelen deprem, Antakya'da büyük yıkıma sebep olmuş ve 260.000 can kaybı yaşanmıştır. Bu depremde Traianus'un canını zor kurtardığı belirtilmiş ve şehirdeki bazı yapılar tamamen yıkılmıştır (Pınar ve Lahn, 1952; Guidoboni vd., 1994a).

29 Mayıs 526'da Antakya'yı yerle bir eden ve binlerce insanın hayatını kaybetmesine yol açan deprem, şehirde festivallerin yapıldığı bir sırada meydana gelmiş ve şehri halkın mezarı haline getirmiştir (Downey, 1938; Sbeinati vd., 2005). Yalnızca dağlık alanlardaki binalar hasar görmemiş, Defne ve Samandağ'da bulunan yapıların tamamı yıkılmıştır (Guidoboni vd., 1994a).

29 Kasım 528'de 526'daki depremden 2 yıl sonra Antakya'da meydana gelen şiddetli deprem, şehirde bulunan yapıların tamamına yakınını yıkarak surları büyük hasara uğratmıştır. Bu durum şehri savunmasız bırakmış ve halkı kıyılara yerleşmeye zorlamıştır (Kaya ve Kıyılı, 2009).

31 Ekim 587 - 588 tarihlerinde Antakya büyük bir depremle sarsılarak yaklaşık 60.000 insanın hayatını kaybettiği ve şehirde büyük hasar meydana geldiği kaydedilmiştir (Guidoboni vd., 1994a).

28 Şubat - 10 Mart 713 tarihlerinde Antakya ve Halep'i de etkileyen şiddetli bir deprem yaşanmış ve şehrin tamamına yakını yıkılmıştır (Guidoboni vd., 1994a).

8 Nisan 859 veya 860'ta meydana gelen deprem, sadece Antakya'da değil, çevresinde de önemli yıkımlara sebep olmuş ve Samandağ ile Lazkiye'de tsunami oluşmuştur (Guidoboni vd., 1994b).

1072 yılında da çok yıkıcı bir deprem meydana gelmiş, Sen Bedros Kilisesi bu depremde yıkılmıştır (Üsküplü, 2012).

17-26 Eylül 1091 tarihinde Antakya ile Nusaybin'de çok büyük yıkıma neden olan bir deprem meydana gelmiş ve şehirde bulunan birçok kilisenin yıkımına neden olmuştur (Poirier ve Taher, 1980; Arık, 1992; Kaya ve Kıyılı, 2009).

1114 yılının Ağustos ve Kasım aylarında 2 yıkıcı deprem meydana gelmiştir. Özellikle deniz kenarındaki yerleşim yerlerinde büyük yıkıma neden olan depremin merkez üssünün Adana Ovasının güneydoğusu ya da İskenderun civarında açık denizde olduğu düşünülmektedir. Hatay, Adıyaman, Kahramanmaraş, Gaziantep, Şanlıurfa civarında büyük bir yıkıma neden olmuştur (Honigmann, 1970; Arık, 1992; Ambraseys, 2004; Kaya ve Kıyılı, 2009).

1156 veya 1159 yılında meydana gelen başka bir depremde de bölgeki binalarda ağır bir yıkım olmuştur. Bu depremin merkez üssünün Suriye olduğu düşünülmektedir. Halep ve Şanlıurfa arasındaki büyük bir alanda ciddi yıkımlar meydana gelmiş olup sarsıntılar 14 ay boyunca devam etmiştir (Ben-Menahem, 1991; Khair vd., 2000; Guidobani vd., 2004b).

1170'deki deprem, Suriye merkezli olup Antakya dahil Doğu Akdeniz Bölgesi'nde önemli hasarlara neden olmuştur. Bu deprem, geniş bir bölgeyi etkisi altına almış, birçok şehirde büyük yıkıma yol açmıştır (Poirier ve Taher, 1980; Ben-Menahem, 1991; Arık, 1992).

1407'deki deprem ise Antakya'da büyük kayıplara sebep olmuş, aynı tarihte Kıbrıs'ta da hissedilen bir depremle ilişkilendirilmiştir. Bu depremin büyük bir yüzey kırığı oluşturacak büyüklükte olduğu düşünülmektedir (Ambraseys ve Barazangi, 1989; Ambraseys ve Melville, 1995; Sbeinati vd., 2005).

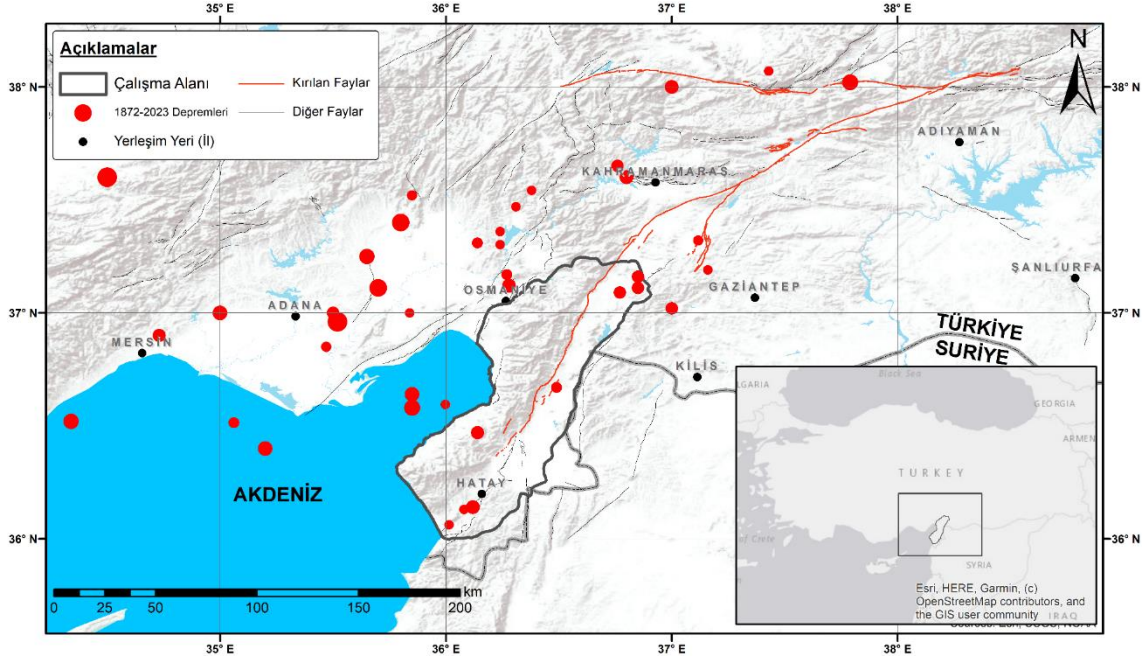
25 Eylül 1738'de Amanus (Elma Dağı) bölgesinde büyük hasara neden olan deprem, Antakya'da kent surlarının bir kısmını ve bazı evleri yıkmıştır (Ambraseys ve Finkel, 1995).

13 Ağustos 1822'de meydana gelen deprem geniş bir alanda etkili olmuştur, Karadeniz kıyılarından Gazze'ye kadar hissedilmiştir. Depremi yüzeyde fay kırıkları oluşturduğu ve sahil kesiminde sıvılaşma ile tsunami meydana getirdiği kaydedilmiştir. Asi Nehri'nin taşması sonucu birçok köprü yıkılmıştır. İskenderun'da birçok evde sıvılaşma gözlenirken, Payas'ta birçok yapı yıkılmış, ancak can kaybı olmamıştır. Kilis'in büyük bir kısmı hasar görmüş, Adana ve Misis bölgeleri de etkilenmiştir. Şanlıurfa, Diyarbakır ve Fırat çevresinde bazı yapılar zarar görmüştür. Deprem, Beyrut, Sidon, Kudüs, Gazze, Şam, Trabzon, Tokat ve Merzifon gibi birçok yerde de hissedilmiştir. Halep'te ise enkaz altında kalan 7.000 kişi olmuş, toplamda ise 30.000 ile 60.000 arasında insan hayatını kaybetmiştir (Ambraseys, 1989; Ambraseys ve White, 1997; Sbeinati vd., 2005).

Tarihsel dönemde son olarak 3 Nisan 1872 tarihinde meydana gelen deprem, bölge için son derece yıkıcı olmuştur. Sarsıntı yaklaşık 40 saniye sürmüş ve 500'den fazla kişinin hayatını kaybetmesine, bir o kadar insanın da yaralanmasına neden olmuştur. Antakya'da bulunan 3.003 evin 1.960'ı tamamen yıkılırken, 894 konut hasar görmüştür. Rum Katedrali ve Amerikan Protestan Kilisesi gibi önemli yapılar da çökmüş, bu binalardaki 4 kişi hayatını kaybetmiştir. Şehrin doğu ve kuzey kapıları da zarar görmüştür. Samandağ ile Belen arasında bulunan 38 köyün tamamı yıkılmıştır. Samandağ'da 250'den fazla ev yıkılırken, 300'den fazla insan hayatını kaybetmiştir. Deprem, Akdeniz sahilinde önemli etkilere sebep olmuş, deniz seviyesi yükselmiş ve kıyı bölgeleri sular altında kalmıştır. Amik Gölü doğusu ve Killik'te ağır hasarlar meydana gelmiştir. Halep'te 100 ev çökmüş ve 7 kişi hayatını kaybetmiştir. Sarsıntı, Adana, Gaziantep, Birecik, Hama, Homs ve Tripoli gibi yerlerde de güçlü bir şekilde hissedilmiştir. (Ergin vd., 1967; Ambraseys, 1989; Ambraseys ve White, 1997; Sbeinati vd., 2005).

3.3.4. Aletsel Dönemdeki Depremler (1908-2023)

Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü'nün veri tabanından alınan bilgilere göre, 1872'den 6 Şubat 2023'e kadar Amanoslar ve çevresinde magnitudü 5,0 ve üzeri büyük 41 deprem kaydedilmiştir (Şekil 3.28).



Şekil 3.28. 17 Şubat 1908-5 Şubat 2023 arasındaki 5 ve üzeri depremler (KOERI, 2024)

Kandilli Rasathanesinin kayıtlarına göre, aletsel dönemde Amanoslar ve çevresinde meydana gelen ve büyüklükleri M_L (Richter yerel büyüklüğü), M_b (Cisim dalgası büyüklüğü), M_s (Yüzey dalgası büyüklüğü), M_d (Süreye bağlı büyüklük) ve M_w (Moment büyüklüğü) ölçeklerinde 5,0 ve üzeri olan depremler Çizelge 3.1’de gösterilmiştir (KOERI, 2024). Bu depremler arasında en büyüğü 27 Haziran 1998 tarihinde meydana gelen $M_L=6,3$ büyüklüğündeki Adana Sarıçam Hasanbeyli depremi ve 01.12.1907 tarihinde meydana gelen $M_D=6,3$ büyüklüğündeki Niğde Ulukışla depremidir. Ardından, 17 Şubat 1908 tarihinde meydana gelen $M_D=6,0$ büyüklüğündeki Adana Kozan Işıklı ve 20 Mart 1945 tarihinde meydana gelen $M_w=6,0$ büyüklüğündeki Adana Ceyhan Tatlıkuyu depremleri gelmektedir. Amanos ve civarında tarihsel dönemde birçok yıkıcı deprem yaşanmasına rağmen, aletsel dönem daha az sarsıntıya sahne olmuştur.

Çizelge 3.1. Aletsel dönemde Amanos Bölgesi ve çevresinde meydana gelen 5 ve üzeri büyüklükteki deprem kayıtları

Tarih	Saat	Enlem	Boylam	Derinlik (km)	M_D	M_L	M_w	M_s	M_b
11.10.2022	15:48	37.3025	36.2403	5		5	4.9		
29.07.2015	22:00	36.5142	35.0613	20.2		5.2	4.7		
19.09.2012	09:17	37.3203	37.1173	8.1		5.1			
22.07.2012	09:26	37.542	36.3795	10.5		5			

14.11.2010	23:08	36.595	35.9983	5.9			4.8		5	
17.06.2009	04:29	36.0625	36.014	8.6			4.5		5	
14.12.2002	01:02	37.47	36.31	7		5			4.9	
31.10.2001	12:33	37.17	36.27	11		5.2				
25.06.2001	13:28	37.12	36.28	27		5.5		5.5		
4.07.1998	02:15	36.85	35.47	35		5.1				
27.06.1998	13:55	36.96	35.52	18		6.3				
22.01.1997	18:24	36.13	36.08	23		5				
22.01.1997	17:57	36.14	36.12	23		5.5				
3.01.1994	21:00	37	35.84	26		5		4.8	5	
10.04.1991	01:08	37.31	36.14	33				4.6	5.2	
3.08.1986	01:33	37.19	37.16	39					5	
05.05.1986	03:35	38.02	37.79	4			5.8			
28.12.1979	03:09	37.52	35.85	47				4.7	5.1	
4.12.1978	03:12	38.07	37.43	37				4.6	5	
1.01.1975	00:30	36.67	36.49	35				5.2	4.8	
17.08.1971	04:29	37.09	36.77	35		5	5	5.3	5.1	5
11.07.1971	20:12	37.16	36.85	19		5.2	5.2	5.3	5.3	5
29.06.1971	09:08	37.11	36.85	35		5	5	5.3	5.1	5
7.04.1967	18:33	37.36	36.24	32		4.8	4.8	5	4.8	4.9
30.12.1964	01:14	36.4	34.2	128		4.9	4.9	5	4.9	4.9
1.06.1961	16:31	37.65	36.76	40		5	4.9	5.3	5	5
24.03.1953	21:17	37.02	37	10		5	4.9	5.3	5	5
22.10.1952	17:00	37.25	35.65	70		5.4	5.4	5.7	5.6	5.4
8.04.1951	21:38	36.58	35.85	50		5.6	5.6	5.8	5.8	5.6
9.12.1947	23:40	36.52	34.34	10		5.4	5.4	5.7	5.6	5.4
20.03.1945	07:58	37.11	35.7	60		5.8	5.7	6	6	5.7

14.06.1936	17:01	36.64	35.85	70	5.4	5.3	5.6	5.5	5.4
25.09.1933	09:46	37	35.5	30	5	4.9	5.3	5	5
26.12.1932	19:03	36.9	34.73	60	5.1	5.1	5.4	5.2	5.1
17.03.1926	13:20	37	35	30	5.4	5.3	5.6	5.5	5.4
1.02.1922	16:52	38	37	30	5.2	5.2	5.5	5.3	5.2
5.10.1921	19:09	36.4	35.2	30	5.4	5.3	5.6	5.5	5.4
25.12.1915	06:06	36.47	36.14	10	5.1	5.1	5.4	5.2	5.1
30.10.1908	11:30	37.6	36.8	30	5.3	5.3	5.5	5.4	5.3
17.02.1908	03:00	37.4	35.8	5	6				
01.12.1907	00:00	37.6	34.5	5	6.3				

4. 6 ŞUBAT DEPREMLERİNİN GENEL ÖZELLİKLERİ

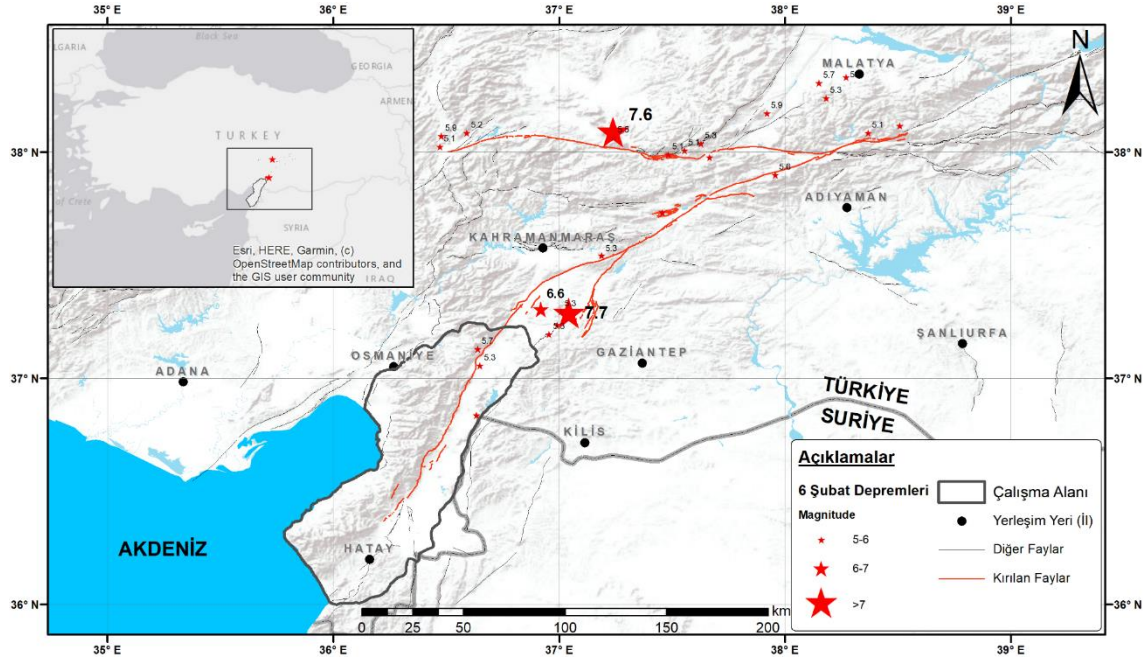
Türkiye'nin jeolojik yapısı, farklı fay hatları ve tektonik süreçler nedeniyle çeşitli deprem aktivitelerine sahne olmaktadır. Özellikle Kuzey Anadolu Fay Zonu, ülkedeki en aktif fay hatlarından biridir ve tarihsel dönem boyunca birçok büyük depreme kaynaklık etmiştir. Bu bölgede meydana gelen depremler genellikle büyük hasara ve can kaybına yol açmıştır.

Öte yandan, Türkiye tarihi boyunca Doğu Anadolu Fay Zonu, Kuzey Anadolu Fay Zonu kadar aktif olmamıştır ve daha az sayıda yıkıcı deprem üretmiştir. Bu nedenle genel olarak ilgi KAFZ üzerinde olmuş ve “Büyük İstanbul Depremi” olarak nitelendirilen ve KAFZ’ın batısında, Marmara Bölgesinde meydana gelebilecek yıkıcı bir deprem olasılığı bilim insanlarının ve kamuoyunun gündemine sıkça gelmiştir. Marmara civarında KAFZ üzerinde büyük bir deprem beklentisine karşılık son yıllarda DAFZ üzerinde $M_D=6,3$ büyüklüğünde 27.06.1998 Adana Ceyhan depremi, 01.05.2003 tarihinde $M_w=6,4$ Bingöl depremi, 08.03.2010 tarihinde $M_w=6,1$ büyüklüğünde Elazığ Kovancılar depremi ve 24.01.2020 tarihinde $M_w=6,5$ büyüklüğünde Elazığ Sivrice depremleri meydana gelmiştir (KOERI, 2024). DAFZ’ın özellikle Pazarcık ve Amanos segmentlerinde yüzyıllardır büyüklüğü 7 ve üzerinde yıkıcı bir deprem meydana gelmemiştir. Gökçeoğlu (2022), DAFZ’ın belirli segmentlerindeki sismik boşluklarını ele alarak, DAFZ boyunca olası bir yıkıcı deprem riskine vurgu yapmıştır.

6 Şubat 2023 tarihinde TSİ 04.17’de Pazarcık ilçesi merkezli, $M_w=7,7$ büyüklüğünde ve 8,6 km odak derinliğine sahip bir deprem meydana gelmiştir. Bu son derece yıkıcı deprem, geniş çaplı bir yıkıma yol açarak yüzlerce kilometrelik bir bölgeyi etkilemiştir. Bu deprem ÖDFZ’nin kuzeyindeki Narlı parçasında meydana gelmiş olup depremde DAFZ’ın Narlı, Erkenek, Pazarcık ve Amanos segmentleri kırılmıştır. Bu depremin PGA (Peak Ground Acceleration - Zirve Yer İvmesi) değeri $2178,72 \text{ cm/sn}^2$ olarak kaydedilmiştir. PGV (Peak Ground Velocity - Zirve Yer Hızı) değeri $212,94 \text{ cm/sn}$ olarak ölçülmüştür. PGD (Peak Ground Displacement - Zirve Yer Deplasmanı) değeri ise $262,17 \text{ cm}$ olarak tespit edilmiştir (AFAD, 2024a).

Aynı gün içerisinde TSİ 13.24’te Elbistan ilçesi merkezli, $M_w=7,6$ büyüklüğünde ve 7 km derinlikte başka bir deprem meydana gelmiştir (AFAD, 2023b). Bu depremin PGA değeri $635,45 \text{ cm/sn}^2$; PGV değeri $170,79 \text{ cm/sn}$; PGD değeri ise $90,99 \text{ cm}$ olarak tespit edilmiştir (AFAD, 2024b). Bu depremde, Doğu Anadolu Fay Zonu'nun yan segmentlerini

oluşturan Sürgü ve Çardak segmentleri kırılmıştır. Bu segmentlerin öncesinde belirgin bir deprem aktivitesi gözlenmemiştir. 6 Şubat tarihinde bölgede 23.59'a kadar 450'nin üzerinde deprem ölçülürken büyüklüğü 5'in üzerinde olan toplam 30 deprem kayda geçmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. 6 Şubat tarihinde meydana gelen 5 ve üzeri büyüklükteki depremler (AFAD, 2023b)

Çizelge 4.1'de 6 Şubat günü 04.17 ile 23.59 saatleri arasında meydana gelen magnitüdü 5,0 ve üzerindeki depremlerin saati, merkez üssü, derinliği, magnitüdü ve koordinatları gösterilmektedir (AFAD, 2023b).

Çizelge 4.1. 6 Şubat tarihinde meydana gelen 5 ve üzeri büyüklükteki depremler

No	Saat	Yer	Boylam	Enlem	Derinlik	Magnitüd
1	04:17	Pazarcık (Kahramanmaraş)	37,043	37,288	8,60	7,7
2	04:26	Nurdağı (Gaziantep)	36,992	37,235	6,98	5,6
3	04:28	Nurdağı (Gaziantep)	36,920	37,304	6,20	6,6
4	04:30	Sincik (Adıyaman)	38,509	38,117	7,00	5,0
5	04:36	Hasanbeyli (Osmaniye)	36,639	37,128	11,19	5,7
6	04:51	Hassa (Hatay)	36,633	36,836	7,00	5,0
7	04:51	Dulkadiroğlu (Kahramanmaraş)	37,188	37,542	6,63	5,3
8	04:58	Islahiye (Gaziantep)	36,649	37,054	10,21	5,3
9	05:01	Pazarcık (Kahramanmaraş)	37,006	37,294	16,44	5,3

10	05:03	Doğanşehir (Malatya)	37,957	37,898	10,23	5,6
11	05:06	Çelikhan (Adıyaman)	38,368	38,084	6,95	5,1
12	05:23	Nurdağı (Gaziantep)	36,955	37,194	11,81	5,3
13	09:54	Çağlayancerit (Kahramanmaraş)	37,457	37,733	7,00	5,0
14	13:24	Elbistan (Kahramanmaraş)	37,239	38,089	7,00	7,6
15	13:26	Yeşilyurt (Malatya)	38,271	38,332	6,89	5,8
16	13:32	Ekinözü (Kahramanmaraş)	37,241	38,064	10,93	5,5
17	13:35	Doğanşehir (Malatya)	37,920	38,172	11,28	5,9
18	13:51	Yeşilyurt (Malatya)	38,151	38,305	10,40	5,7
19	15:02	Göksun (Kahramanmaraş)	36,478	38,071	17,04	5,9
20	15:13	Nurhak (Kahramanmaraş)	37,483	37,988	7,00	5,1
21	16:17	Göksun (Kahramanmaraş)	36,590	38,090	10,85	5,2
22	16:39	Doğanşehir (Malatya)	37,628	38,037	7,20	5,3
23	16:44	Nurhak (Kahramanmaraş)	37,555	38,007	8,76	5,1
24	18:14	Doğanşehir (Malatya)	37,667	37,977	7,04	5,0
25	18:33	Yeşilyurt (Malatya)	38,182	38,239	11,15	5,3
26	19:43	Göksun (Kahramanmaraş)	36,472	38,024	10,06	5,1
27	21:03	Göksun (Kahramanmaraş)	36,484	38,043	12,79	5,2
28	21:05	Göksun (Kahramanmaraş)	36,403	38,004	7,03	5,0
29	23:37	Pazarcık (Kahramanmaraş)	37,046	37,293	5,96	5,5
30	23:40	Yeşilyurt (Malatya)	38,070	38,240	5,82	5,2

4.1. Depremın Yapısal Etkisi

T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı'nın raporuna göre, 6 Şubat depremleri, Adana, Adıyaman, Diyarbakır, Elazığ, Gaziantep, Kahramanmaraş, Malatya, Hatay, Kilis, Osmaniye ve Şanlıurfa olmak üzere toplam 11 ilde ciddi yapısal hasara neden olmuştur. Toplamda 2.618.697 binanın etkilendiği belirlenmiştir (SBB, 2023). Ocak 2024 itibariyle bu illerdeki toplam 1.952.155 binanın hasarsız veya az hasarlı; 43.344 binanın orta hasarlı; 202.571 binanın ağır hasarlı; 21.191 binanın acil yıktırılacak ve 39.361 binanın ise yıkık olduğu belirtilmiştir. Yıkık ve acil yıktırılacak durumda olan binaların enkazının 7 Mayıs 2023 tarihine kadar kaldırıldığı belirtilmiştir (SBB, 2024). 2024 Ocak ayı itibariyle toplam 168.189 binanın enkazı kaldırılmış olup depremden etkilenen 11 ildeki hasar durumları ve kaldırılan enkaz sayıları Çizelge 4.2'de verilmiştir (SBB, 2024).

Çizelge 4.2. Depremden etkilenen 11 ile ait hasar durumu (SBB, 2024).

İl Adı	Az					Kaldırılan Enkaz Sayısı
	Hasarlı ve Hasarsız	Orta Hasarlı	Ağır Hasarlı	Acil Yıkılacak	Yıkık	
Adana	358.645	4.087	3.330	41	38	517
Adıyaman	82.775	4.715	21.027	2.327	6.187	17.068
Diyarbakır	183.712	2.783	5.491	59	44	4.120
Elazığ	23.646	300	10.671	44	58	9.074
Gaziantep	265.262	5.513	14.304	1.988	4.126	11.109
Hatay	257.403	13.006	56.214	9.041	13.889	51.974
Kahramanmaraş	181.459	6.040	35.721	4.436	7.490	29.326
Kilis	32.335	488	1.926	151	457	1.769
Malatya	119.157	2.520	36.369	1.841	5.651	27.979
Osmaniye	122.840	1.074	9.167	531	702	8.009
Şanlıurfa	324.921	2.818	8.351	732	719	7.244
Toplam	1.952.155	43.344	202.571	21.191	39.361	168.189

T.C. ÇŞİDB'nin yayınladığı 2023 Yılı Birim Faaliyet Raporuna göre, depremin etkilediği 11 ildeki hasar tespit çalışmalarında 5.919.872 bağımsız bölüm içeren 2.193.209 binada inceleme yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda, 680 bin konut, 115 bin ticari alan ve 55 bin depo, ahır gibi yapıların da dahil olduğu toplam 850 bin bağımsız bölümde hasar tespit edilmiştir (ÇŞİDB, 2024a).

6 Şubat 2023 depremlerinden sonra Antakya, Nurdağı, İskenderun, Hassa ve Defne gibi çalışma alanının çeşitli bölgelerinden çekilmiş olan fotoğraflara ait kolaj Şekil 4.2'de sunulmaktadır.



Şekil 4.2. Çalışma alanından çekilmiş fotoğraflar (a: Antakya, b: Nurdağı, c: İskenderun, d: Hassa, e-f: Defne)

4.2. Depremin Sosyal ve Ekonomik Etkileri

6 Şubat 2023 tarihindeki Kahramanmaraş merkezli depremler, insan hayatı üzerinde ciddi etkiler bırakmıştır. AFAD ve Türk İş Dünyası Konfederasyonu (TÜRKONFED) verilerine göre, bu depremlerde 50 bin 783 kişi hayatını kaybetmiş ve 115 bin 353 kişi yaralanmıştır (Baz, 2023). Birleşmiş Milletler İnsani Yardım Koordinasyon Ofisi (UNOCHA) kayıtlarına göre ise, bu depremlerden doğrudan etkilenen insan sayısı 9,1 milyonu aşmıştır (Baz, 2023). Bu insanların içinde 50 binden fazla can kaybı yaşanmış ve 107 bin kişi yaralanmıştır. Ayrıca, 3 milyondan fazla insan da yer değiştirmek zorunda kalmıştır (UNOCHA, 2023). Depremlerden etkilenen 11 ilde, tahmini olarak 13,5 milyon vatandaş doğrudan etkilenmiştir (Özbilgin vd., 2023). Depremler sonucunda 50 bin 783 kişinin hayatını kaybetmesinin yanı sıra, 7 bin 302 göçmen de yaşamını yitirmiştir (Çavuş ve Kaya, 2024). Asya Afet Azaltma Merkezi (ADRC) raporuna göre, depremler sonrasında 1,5 milyon kişi evsiz kalmış ve 1,9 milyon insan tahliye edilmiştir (ADRC, 2023). Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi (ADNKS) verilerine göre, bu depremlerden etkilenen nüfus 14 milyon 13 bin 196 kişidir ve bu ülke nüfusunun yaklaşık %16,4'üne karşılık gelmektedir (SBB, 2024). Bu felaketin özellikle çocuklar üzerindeki etkisi de oldukça büyüktür. Yaklaşık 4 milyon çocuk etkilenmiştir. Ayrıca, 1,6 milyon insan gayri resmi yerleşim yerlerinde yaşamakta olup temel yaşam şartlarından yoksun durumdadır (UNOCHA, 2023). Tahmini olarak 1,25 milyon insan geçici olarak evsiz kalmıştır.

6 Şubat depremleri, Türkiye'nin ekonomik dengesini de ciddi şekilde sarsan önemli bir doğal felaket olarak kayıtlara geçmiştir. Duman'ın (2024) belirttiği gibi, bu depremler sonucunda ülke ekonomisine 100 milyar dolarlık bir zarar verilmiştir. T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı'nın raporuna göre bu miktar 103,6 milyar dolar olarak hesaplanmıştır (SBB, 2023). Bu felaketin, 2023 yılı milli gelirinin %9'unu bulabilecek boyutta olduğu öngörülmüştür. Hesaplamalara göre, zararın büyük bir kısmı, 94 milyar dolarlık bir tutarla, ülke ekonomisi tarafından telafi edilecek kayıpları içermekte olup geriye kalan 6,9 milyar dolarlık miktar ise deprem bölgesinin ekonomik katkısından mahrum kalınacak bir kayıp olarak öne çıkmaktadır (SBB, 2023). Bu durum, depremin sadece yapısal değil, aynı zamanda sosyal ve ekonomik boyutlarıyla da önemli bir etki yarattığını göstermektedir.

5. MATERYAL VE YÖNTEM

5.1. Materyal

Bu çalışmada, deprem sonrası bina hasar verileri, coğrafi veriler, jeoloji haritaları, fay verileri, CBS yazılımı ve istatistiksel analiz yazılımı gibi çeşitli materyaller kullanılmıştır.

5.1.1. Bina Hasar Verisi

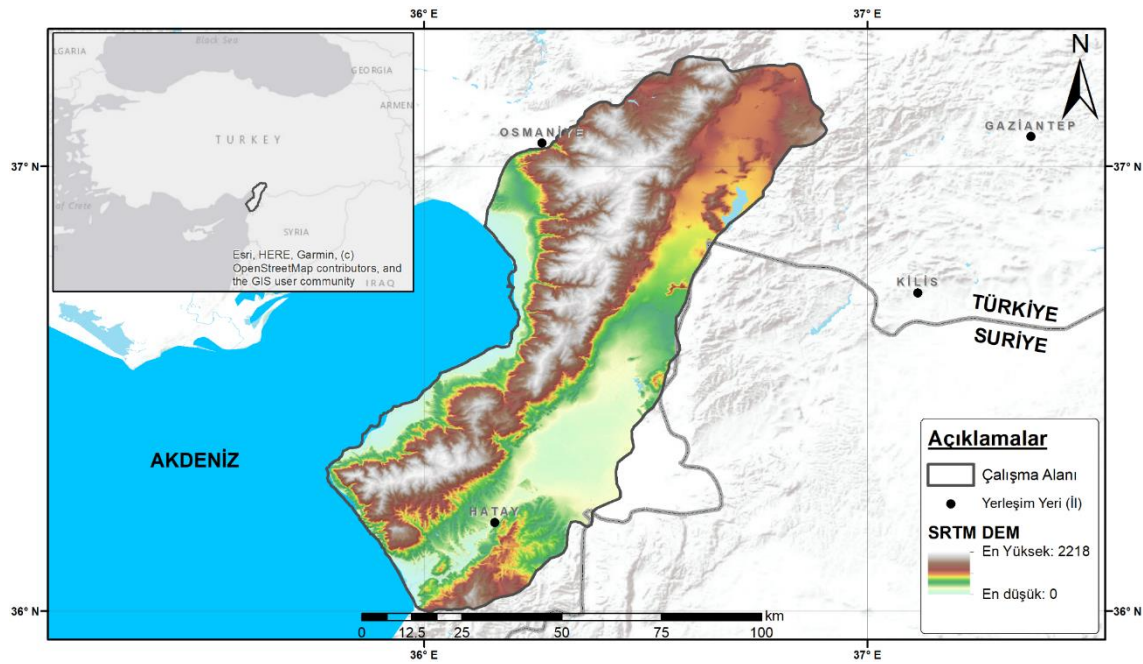
Bu tez çalışmasında, öncelikle 6 Şubat depremleri sonrasında binalarda meydana gelen hasar verileri temel alınmıştır. Bu veri, ÇŞİDB, Yapı İşleri Genel Müdürlüğü tarafından uzman Hasar Tespit Ekiplerince yerinde yapılan detaylı incelemeler ve etütler sonucunda derlenmiştir (Şekil 5.1). 6 Şubat depremlerinin hemen ardından, sahadaki ekipler hızla harekete geçerek hasar tespit çalışmalarına başlamıştır. 20 Şubat 2023 tarihinde saat 20.04'te meydana gelen ve Mw=6,4 büyüklüğündeki depremin ardından, ekipler ikinci kez sahaya inerek yeniden hasar tespit çalışmalarını gerçekleştirmişlerdir. Sonrasında, yapılan hasar tespit durumları ilan edilmiş ve itiraz süreci başlatılmıştır. İtiraz sürecinde, hasar tespitine itiraz edilen yapılar, uzman ekipler tarafından tekrar değerlendirilmiş ve nihai hasar tespit durumu belirlenmiştir.



Şekil 5.1. Ulusal hasar tespit ekiplerinin çalışmasına örnek (Anonim, 5 Mayıs 2024)

5.1.2. Coğrafi Veriler

Bu çalışmada, materyal olarak 30 metre çözünürlüklü SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) DEM (Dijital Yükselti Modeli) verisi kullanılmıştır (Şekil 5.2). SRTM, yeryüzünün topografik yapısını ölçmek amacıyla uzaydan radar sinyalleri kullanarak toplanan verileri içerir. Bu veri seti, arazinin yükseklik, eğim ve bakı gibi temel topografik özelliklerini belirlemek için kullanılmıştır. DEM verisinden elde edilen yükseklik bilgileri, arazinin yükseltisini gösterirken, eğim verileri arazinin ne kadar dik veya düz olduğunu belirlemek için kullanılmıştır. Ayrıca, bakı verileri de arazinin hangi yöne baktığını belirlemek için kullanılmıştır. Bu verilerin bir araya getirilmesi, arazinin morfolojisini daha ayrıntılı bir şekilde analiz etmek ve sonuçları yorumlamak için önemlidir. Veri setinde yer alan bu bilgiler, çalışmanın analiz aşamasında kullanılmıştır. Özellikle, arazi özelliklerinin incelenmesi, yerel topoğrafyanın anlaşılması ve deprem risk analizleri için önemli bir kaynak oluşturmuştur.



Şekil 5.2. Çalışma alanı sayısal yükseklik modeli

5.1.3. Jeoloji ve Fay Haritaları

Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) tarafından üretilen 1/25.000 ve 1/100.000 ölçekli jeoloji haritaları, arazi üzerindeki litolojik birimleri tanımlamak için kullanılmıştır. Jeoloji haritaları, arazi üzerindeki farklı litolojik birimlerin belirlenmesine olanak sağlamış ve litoloji sınıfları oluşturulmuştur.

MTA tarafından sağlanan fay verileri, arazideki aktif fay hatlarını gösteren çizgi verileridir. Bu veriler, arazi üzerindeki fay hatlarının belirlenmesi ve her bir binanın en yakın fay hattına olan mesafesini tespit etmek için kullanılmıştır.

5.1.4. CBS Yazılımı

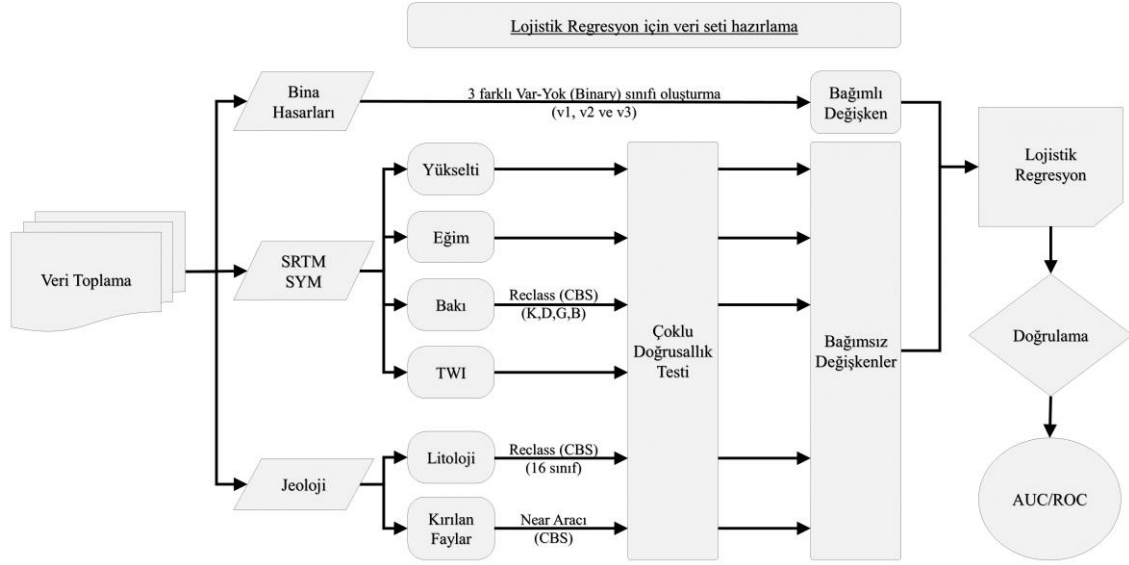
ArcMap 10.3 CBS yazılımı, coğrafi verilerin işlenmesi ve analiz edilmesi için kullanılmıştır. Hasarlı ve hasarsız binalar için nokta verisi, yükselti ve eğim verileri için raster veri, litoloji sınıfları ve bakı sınıfları için reclass edilmiş raster veri, fay verisi için çizgi verisi oluşturulmuştur. Bu yazılım, coğrafi verilerin işlenmesi ve analiz edilmesinde kullanılan temel araçları sağlamıştır.

5.1.5. İstatistiksel Analiz Yazılımı

SPSS v23 yazılımı, istatistiksel analizlerin gerçekleştirilmesi için kullanılmıştır. Özellikle, lojistik regresyon gibi istatistiksel yöntemler kullanılarak, arazi özellikleri ile bina hasarı arasındaki ilişkiyi belirlemek için analizler gerçekleştirilmiştir. SPSS yazılımı, veri setinin istatistiksel analizlerinin yapılmasına ve sonuçların değerlendirilmesine olanak sağlamıştır.

5.2. Yöntem

Bu tez çalışmasında gerçekleştirilen veri toplama süreçleri, veri setinin oluşturulması, analizlerin yapılması, bina hasarlarının sınıflandırılması, jeolojik ve jeomorfolojik parametrelerin hazırlanması ve yapılan lojistik regresyon yöntemi detaylıca açıklanmaktadır. Ayrıca yapılan çalışmanın iş akış şeması Şekil 5.3'te verilmiştir.



Şekil 5.3. Çalışma metodolojisi iş akış şeması

5.2.1. Veri Toplama Süreci

Çalışmanın temel veri seti, ÇŞİDB tarafından kamuya açık olarak yayınlanan hasar tespit sorgulama sayfasından titizlikle temin edilmiştir. Araştırma kapsamında yer alan tüm iller için, ilçeler ve mahalleler seviyesinde ayrı ayrı incelenerek, veri setinin oluşturulması sağlanmıştır. Bu zahmetli sorgulama sürecinde, askı kodları, yapı kimlik numaraları, il, ilçe, mahalle, sokak, bina numaraları, hasar durumu, itiraz sonucu hasar durumu gibi detaylı veriler toplanmıştır (Şekil 5.4). Ek olarak, neredeyse tüm binaların hasar tespiti sırasında çekilen fotoğraflar da sistemde erişilebilir durumdadır. Bu veriler, hasar durumuna göre öznitelik tablosuna eklenmiş ve CBS ortamında detaylı bir nokta bulutu oluşturacak şekilde titizlikle düzenlenmiştir. Adresi bulunamayan, değerlendirme dışı olan, çalışma alanı dışında kalan bina hasar verileri çıkartıldıktan sonra toplam 331.061 satır ve hasar durumu sütunundan oluşan veri setinin ilk aşaması tamamlanmıştır.

← → ↻ 🏠 📄 hasartespit.csb.gov.tr ☆ 📱 🌐

Adres İle Sorgulama

il: Hatay İlçe: Antakya Mahalle: Cebrail

Sokak: Bina No: Güvenlik Kodu: 7322

[Sorgula](#)

Sorgu Sonucu

Tümü

Aski Kodu	Yapı Kimlik No	il	ilçe	Mahalle	Sokak	Bina No	Durum	İtiraz Sonucu	Güçlendirme/Mahkeme Sonucu	
23A8N	110238268	Hatay	Antakya	Cebrail	Atatürk Sokak	ATATÜRK SOKAK NO: 35, ATATÜRK SOKAK NO: 35A	Ağır Hasarlı	Hasara İtiraz Yoktur		Fotoğraflar
23EM2	106560238	Hatay	Antakya	Cebrail	Cumhuriyet Sokak	CUMHURİYET SOKAK NO: 20, CUMHURİYET SOKAK NO: 20A, CUMHURİYET SOKAK NO: 20B	Yıkık	Hasara İtiraz Yoktur		Fotoğraflar
23TJZ	115304057	Hatay	Antakya	Cebrail	Ayhan Bekler Sokak	AYHAN BEKLER SOKAK NO: 31	Yıkık	Hasara İtiraz Yoktur		Fotoğraflar
246RH	111973665	Hatay	Antakya	Cebrail	Yeşil Sokak	YEŞİL SOKAK NO: 23	Yıkık	Hasara İtiraz Yoktur		Fotoğraflar
274D3	574050142	Hatay	Antakya	Cebrail	Rüstem Tümer Paşa Sokak	RÜSTEM TÜMER PAŞA SOKAK NO: 16, RÜSTEM TÜMER PAŞA SOKAK NO: 16A, RÜSTEM	Ağır Hasarlı	Ağır Hasarlı		

Şekil 5.4. Hasar tespit sorgulama ekranı (ÇŞİDB, 2024b)

Coğrafi analizler için kullanılan 30 metre çözünürlüklü ve ücretsiz olarak temin edilen N37E035, N37E036, N36E035, N36E036, N35E035 ve N35E036 DEM verileri, ArcMap 10.3 yazılımı yardımıyla birleştirilmiştir. Bu birleştirme işlemi sonucunda elde edilen DEM verisi, yükselti verisi olarak kullanılmıştır. Ayrıca, CBS yazılımı aracılığıyla topoğrafik eğim ve bakı sınıfları haritaları ayrı ayrı oluşturularak coğrafi analizler için hazır hale getirilmiştir.

MTA tarafından üretilen 1/100.000 ölçekli N35, N36, O35, O36, P35, P36, R35 ve R36 paftaları ile 1/25.000 ölçekli jeoloji haritaları, CBS ortamında sayısallaştırılarak veri setine entegre edilmiştir. Mevcut jeoloji haritaları ve MTA Yer Portalı tarafından sağlanan fay haritaları kullanılarak, CBS ortamında fay haritaları sayısallaştırılmış ve çizgi veri seti olarak kullanılmıştır. Bu süreç, araştırmanın coğrafi analizlerinin güvenilir bir temel üzerine inşa edilmesini sağlamıştır.

5.2.2. Veri Seti ve Analiz

Bu tez çalışmasında kapsamlı bir veri seti oluşturulmuştur. Öncelikle bina hasar tespit durumları ele alınmış, bu hasar durumları 3 farklı şekilde sınıflandırılmış, jeolojik ve jeomorfolojik parametreler veri setine işlenerek analize hazır hale getirilmiş ve son olarak

lojistik regresyon yöntemiyle bina hasarları sınıfları ile jeolojik ve jeomorfolojik parametreler arasındaki ilişki incelenmiştir.

5.2.2.1. Bina Hasarlarının Sınıflandırılması

Hasar tespit ekiplerince binaların hasar durumları hasarsız, az hasarlı, orta hasarlı, ağır hasarlı, acil yıktırılacak ve yıkık olarak belirlenmiştir. Hasar durumu değerlendirme dışı olan, adresi bulunamayan veya şüpheli bulunan hiçbir bina veri setine konu edilmemiştir.

İkili (binary) lojistik regresyon analizi için bina hasar durumları üç farklı şekilde kategorize edilmiştir. İlk sınıflandırmada, hasarsız binalar 0 olarak, diğer tüm hasar durumları ise 1 olarak atanmıştır. İkinci sınıflandırmada, hasarsız ve az hasarlı binalar 0, diğer tüm hasar durumları ise 1 olarak kabul edilmiştir. Üçüncü sınıflandırmada ise, hasarsız ve az hasarlı binalar 0, ağır hasarlı, acil yıktırılacak ve yıkık binalar ise 1 olarak değerlendirilmiştir. Orta hasarlı binalar veri setinde dikkate alınmamıştır (Şekil 5.5).



Şekil 5.5. Bina hasar durumlarının 3 farklı şekilde sınıflandırılması

Veri setinde bina hasar durumu tek bir sütundan ibaretken, sınıflandırma sonrasında hasar tespit durumundan sonra 3 farklı sütun (V_1 , V_2 ve V_3) daha oluşturulmuş ve ikili (binary) veri kategorisine dönüştürülmüştür.

5.2.2.2. Jeolojik ve Jeomorfolojik Verilerin Hazırlanması

MTA tarafından üretilmiş olan jeoloji haritaları titizlikle sayısallaştırılmıştır. Komşu paftalar arasında doğal olmayan sert litoloji sınırları incelenmiş, farklı kaynaklardan elde edilen araştırmalara göre haritalar düzenlenmiş ve litoloji sınıfları yeniden değerlendirilmiştir. Jeolojik sınıflar oluşturulurken formasyon temelli sınıflandırma

yerine 1/25.000 ölçekli haritalardaki litolojik durum değerlendirilerek sınıflandırma yapılmıştır. Çizelge 5.1'de, analizde kullanılan litoloji sınıfları ile bunların toplam yüz ölçümleri ve her bir litoloji sınıfının çalışma alanına oranı yüzdesi verilmiştir.

Çizelge 5.1. Litolojik birimler, alansal büyüklükleri ve oranları

Litolojik Birim	Yüz Ölçümü (Ha)	Toplam Alana Oranı
Alüvyon, alüvyon yelpazesi ve plaj	160.543	%27,15
Bazalt	32.607	%5,52
Çakıl	1.209	%0,20
Çakıltaşı-kumtaşı-çamurtaşı ar dalanması	36.752	%6,22
Çört-bazalt-şeyl ar dalanması	1.535	%0,26
Çörtlü kireçtaşı	10.797	%1,83
Dolomit	19.590	%3,31
Dü nit-harzburgit	54.047	%9,14
Gabro	13.033	%2,20
Jips	88	%0,01
Killi kireçtaşı	4.926	%0,83
Kireçtaşı	57.665	%9,75
Kumtaşı-çamurtaşı ar dalanması	16.561	%2,80
Kumtaşı-çamurtaşı-kireçtaşı ar dalanması	73.689	%12,46
Levha dayk	2.663	%0,45
Melanj	33.470	%5,66
Ofiyolitik kaya	12.953	%2,19
Olistostrom	23.592	%3,99
Peridotit	405	%0,07
Serpantinit	15.700	%2,66
Traverten	321	%0,05
Yamaç molozu ve birikinti konisi	19.078	%3,23

Jeoloji haritalarından elde edilen litoloji sınıfları CBS ortamında raster veriye dönüştürülmüş, veri setinde her bir sınıf için ayrı sütunlar oluşturulmuş ve her binanın hangi jeolojik sınıfa giriyorsa ilgili sütunundaki değerinin 1, diğer sütunlardaki değerlerinin 0 olması sağlanmıştır.

Tez kapsamında analizde kullanılacak her bir binanın bulunduğu yerin yükselti değeri CBS yazılımı aracılığıyla "Extract Values to Point" aracı ve doğrudan SRTM DEM verisi kullanılarak belirlenmiştir. Böylelikle veri setinde bir sütun daha oluşturulmuş ve yükselti değeri sürekli veri olarak veri setinde yerini almıştır.

Benzer şekilde SRTM DEM verisinden türetilen topoğrafik eğim ve bakı verileri de aynı yöntem kullanılarak veri setine eklenmiştir. CBS ortamında topoğrafik bakı değerleri, azimuth olarak (0-360°) ifade edilmiştir ve bu nedenle Kuzey, Doğu, Güney ve Batı yönlerine göre yeniden sınıflandırılmıştır. Her bir binanın konumuna ilişkin bakı değerleri, Extract Values to Point aracı aracılığıyla belirlendikten sonra bakı sınıflarına göre 4 farklı sütun oluşturulup 1-0 değerleri atanarak ikili veri kategorisi sağlanmıştır.

Son olarak her bir binanın en yakın aktif faya olan mesafesi CBS ortamında Near (Yakınlık) aracı kullanılarak tespit edilerek veri seti nihai haline getirilmiştir.

5.2.2.3. Pearson Korelasyon Analizi

Bu çalışmada, bina hasar durumlarının üç farklı versiyonu (V_1 , V_2 ve V_3) için bağımsız değişkenlerin (yükselti, eğim, bakı sınıfları, litoloji sınıfları ve kırılan fay yüzeyine uzaklık) bina hasarları üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla Pearson korelasyon analizi yapılmıştır. Pearson korelasyon katsayısı (r), iki değişken arasındaki doğrusal ilişkinin gücünü ve yönünü ölçen istatistiksel bir yöntemdir. Katsayının değeri -1 ile 1 arasında değişir; 1 veya -1'e yakın değerler güçlü bir doğrusal ilişkiyi, 0'a yakın değerler ise zayıf bir ilişkiyi gösterir (Hinkle vd. 2003; Cohen, 2013).

5.2.2.3. Lojistik Regresyon

Bu çalışmada, bina hasar durumlarının (0: Hasarsız, 1: Hasarlı) jeolojik ve topografik faktörlerle ilişkisini belirlemek için lojistik regresyon analizi kullanılmıştır. Bu analizde bağımlı değişken, bina hasar durumunu temsil ederken, bağımsız değişkenler ise yükselti, eğim, bakı, litoloji sınıfları ve faya olan mesafe gibi faktörlerden oluşmaktadır.

Lojistik regresyon analizi, bu tür kategorik bağımlı değişkenlerle çalışırken sıklıkla tercih edilen istatistiksel bir yöntemdir (Lever vd., 2016). Bu analizde bağımlı değişken, 0 veya

1 değerlerini alabilirken, bağımsız değişkenler sürekli veya kategorik olabilir. Lojistik regresyon analizinin diğer regresyon yöntemlerine göre en önemli avantajı, bağımsız değişkenlerin sürekli veya normal dağılım göstermesi gerekliliğinin olmamasıdır (Kaya Topaçlı, 2023).

Lojistik regresyon analizi, bağımlı değişkenin doğrusal olmayan ilişkilerle bağımsız değişkenlere bağlı olduğu durumlarda etkili bir yöntemdir (Hosmer Jr vd., 2013). Bu çalışmada, bağımlı değişkenin hasar durumu olduğu ve bağımsız değişkenlerin yükselti, eğim, bakı, litoloji sınıfları ve faya olan mesafe olduğu göz önünde bulundurulduğunda, lojistik regresyon analizi uygun bir seçenektir (Çokluk, 2010). Lojistik regresyon modeli, doğrusal regresyon modelinin bir genişlemesi olarak kabul edilir. Doğrusal regresyon modeli, bağımlı değişkenin sürekli olduğu durumlarda kullanılırken, lojistik regresyon modeli, bağımlı değişkenin kategorik olduğu durumlarda kullanılır. Bu çalışmada, bağımlı değişkenin hasar durumu olduğu ve iki kategoriye (Hasarsız ve Hasarlı) ayrıldığı göz önünde bulundurulduğunda, lojistik regresyon modeli uygun bir seçenektir (Rasouliyan ve Miller, 2006).

Lojistik regresyon modelinin olasılık değeri Eşitlik 5.1'deki gibi ifade edilir.

$$P = \frac{1}{1 + e^{-LR}} \quad (5.1)$$

Bu formülde, P bina hasarının olasılığını, LR ise lojistik regresyon modelini temsil eder. LR, bağımsız değişkenlerin lineer birleşimini kullanarak tahmin edilen bir log-olasılık oranıdır. Bu oran, sigmoid fonksiyonu (Schober ve Vetter, 2021) ile 0 ile 1 arasında bir olasılık değerine dönüştürülür. Bu şekilde, modelin çıktısı belirli bir bina hasarı durumunun gerçekleşme olasılığını ifade etmektedir.

Eşitlik 5.2 ise lojistik regresyon modelini temsil etmektedir.

$$LR = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n + \quad (5.2)$$

Burada, β_0 ile β_n arasındaki değerler katsayıları, x_1 ile x_n arasındaki değerler ise değişkenlerin sürekli ya da ikili (1-0) değerlerini ifade etmektedir.

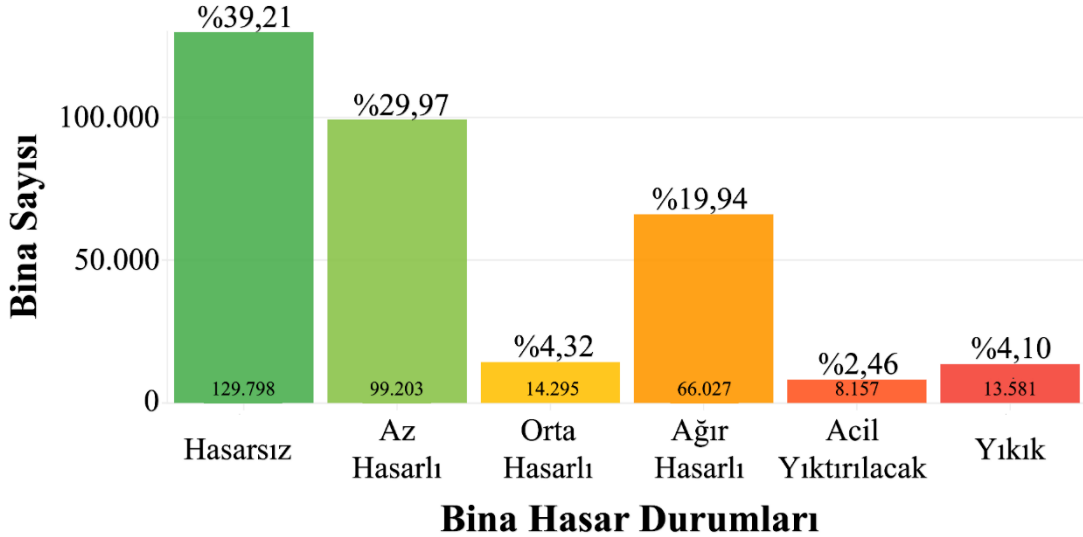
Lojistik regresyon analizinde bağımsız değişkenlerin katsayıları belirlenirken, birkaç önemli dikkate alınması gereken nokta vardır. Bunlardan biri, bağımsız değişkenler arasında çoklu doğrusallığın varlığıdır. Çoklu doğrusallık, bağımsız değişkenler arasında

yüksek bir ilişki olduğunda ortaya çıkar ve tahminciyi etkileyebilir. Bu çalışmada, çoklu doğrusallığın varlığı Varyans İnflasyon Faktörü (VIF) analizi ile değerlendirilmiştir (Midi ve Bagheri, 2013). Topoğrafik Nemlilik İndeksi (TWI) ile eğim arasında çoklu doğrusallık problemi bulunduğu için analizden çıkartılmıştır.

Bu çalışmada, lojistik regresyon modelinin performansı Receiver Operating Characteristic (ROC) eğrileri ve Alan Altındaki Eğri (AUC) metriği kullanılarak değerlendirilmiştir. ROC eğrileri, modelin doğruluğunu ve duyarlılığını değerlendirmek için kullanılırken (Vittinghoff vd., 2012), AUC metriği modelin ayırma yeteneğini ölçer. Bu değerlendirme, modelin ne kadar iyi performans gösterdiğini belirlemek için önemlidir (Gude vd., 2009).

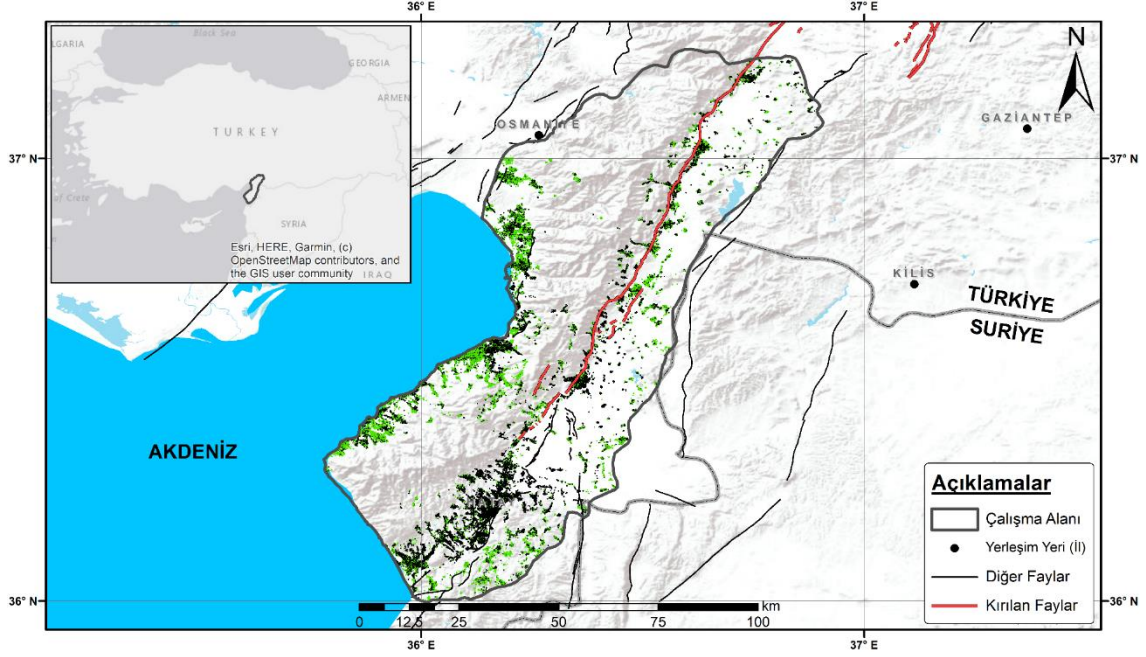
6. BULGULAR VE TARTIŞMA

Amanos Bölgesi'ndeki yapıların deprem sonrası oluşan hasarlar ile jeolojik ve jeomorfolojik parametreler arasındaki ilişkiyi ortaya koyabilmek için, hasar durumlarına göre kategorize edilmiş 331.061 binadan oluşan kapsamlı bir veri seti oluşturulmuştur. Bu veri setinin dağılımı Şekil 6.1'de gösterilmektedir. 331.061 binanın 129.798'i hasarsız durumdadır ve incelenen binaların %39,21'ine karşılık gelmektedir. 99.203 bina ise az hasarlı olarak veri setinde yerini almıştır ve toplam veri setinin %29,97'sine tekabül etmektedir. Çalışma alanında yaklaşık 10 binadan 7'si hasarsız veya az hasarlıdır. Sırasıyla 14.295 bina orta hasarlı, 66.027 bina ağır hasarlı, 8.157 bina acil yıktırılacak ve 13.581 bina yıkık olarak değerlendirilmiştir. Çalışma alanında yaklaşık her 5 binadan biri ağır hasarlı durumdadır.



Şekil 6.1. Hasar durumuna göre bina sayıları ve dağılımı

Çalışma alanındaki yerleri belirlenen 331.061 binanın coğrafi dağılımı ve V₁ sınıflandırmasına göre hasar durumu Şekil 6.2'de gösterilmektedir. Yerleşimin batı bölümlerde genellikle deniz kenarı boyunca, doğuda ise Amanos eteklerinde, fay hattı boyunca yoğun olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, Samandağ, Antakya, Kırıkhan ve Hassa hattı boyunca ve batıda İskenderun bölgesinde hasarlı bina oranının yüksekliği dikkat çekmektedir.



Şekil 6.2. Yerleşim yoğunluğu ve hasar durum haritası

Analizler, çeşitli jeolojik ve jeomorfolojik faktörlerin bina hasarları üzerindeki etkisine ilişkin önemli bulgular ortaya koymuştur.

6.1. Tanımsal İstatistiksel Analizler

Bina hasar durumları ile yükselti, eğim, bakı, litoloji sınıfları, ve kırılan fay yüzeyine uzaklık parametreleri arasındaki tanımsal istatistiksel analizler yapılmış ve anlamlı bazı sonuçlar bulunmuştur.

6.1.1. Yükseklik ve Hasar İlişkisi

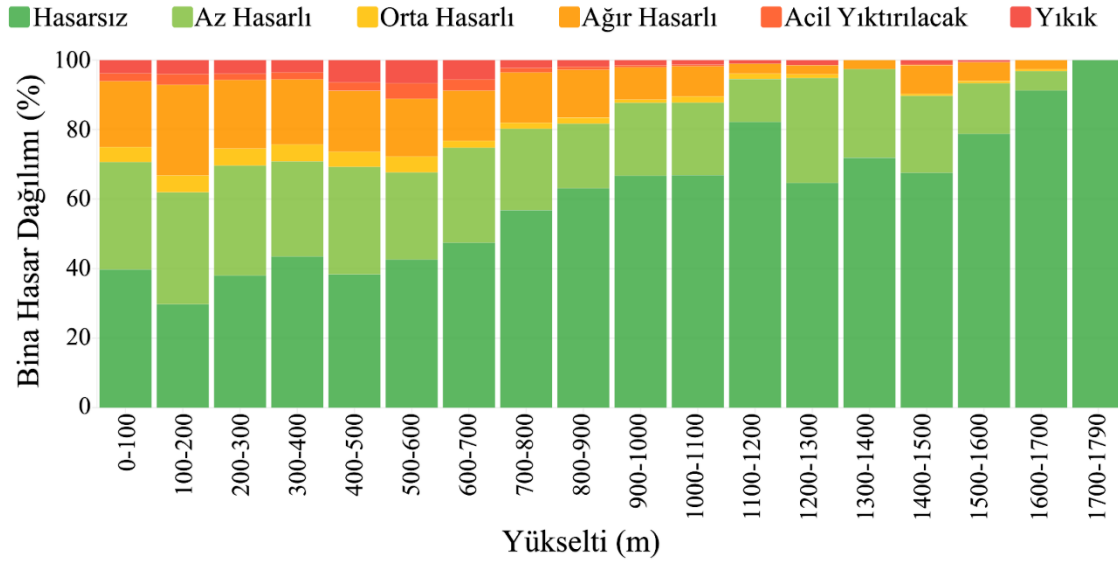
Çalışma alanındaki binaların yükselti sınıflarına göre dağılımı incelendiğinde tüm binaların %41,4'ünün 0-100 rakım aralığında; %25,4'ünün 101-200 rakım aralığında bulunduğu görülmektedir. Yükselti sınıfı değeri arttıkça bina sayısı ve oranı da düşmektedir. Bununla birlikte V_1 sınıflandırmasına göre en yüksek hasarlı bina oranı 101-200 yükselti değeri aralığında %70,3 olduğu belirlenmiştir (Çizelge 6.1). Yaklaşık olarak her 4 binadan 3'ü 0-300 metre yükselti aralığında bulunmaktadır. Yükselti değeri arttıkça bina sayısı ve oranı azalmaktadır. 1500 rakım üzerinde yalnızca 2256 bina bulunurken, bunlardan yalnızca 436'sında (%0,68) hasar bulunmaktadır.

Çizelge 6.1. Yükselti sınıfına göre hasarlı ve hasarsız bina sayısı ve oranı

Yükselti Sınıfı	Hasarlı Bina Sayısı	Hasarsız Bina Sayısı	Temsil Oranı (%)	Hasarlı Bina Oranı (%)
0-100	82.503	54.415	41,4	60,3
101-200	59.006	24.982	25,4	70,3
201-300	17.092	10.480	8,3	62,0
301-400	8.977	6.899	4,8	56,5
401-500	9.623	5.981	4,7	61,7
501-600	12.192	9.052	6,4	57,4
601-700	4.368	3.942	2,5	52,6
701-800	2.691	3.539	1,9	43,2
801-900	1.526	2.607	1,2	36,9
901-1000	1.168	2.343	1,1	33,3
1001-1100	955	1.927	0,9	33,1
1101-1200	137	631	0,2	17,8
1201-1300	260	475	0,2	35,4
1301-1400	43	110	0,0	28,1
1401-1500	286	595	0,3	32,5
1501-1600	406	1.506	0,6	21,2
1601-1700	30	311	0,1	8,8
1701-1790	0	3	0,0	0,0

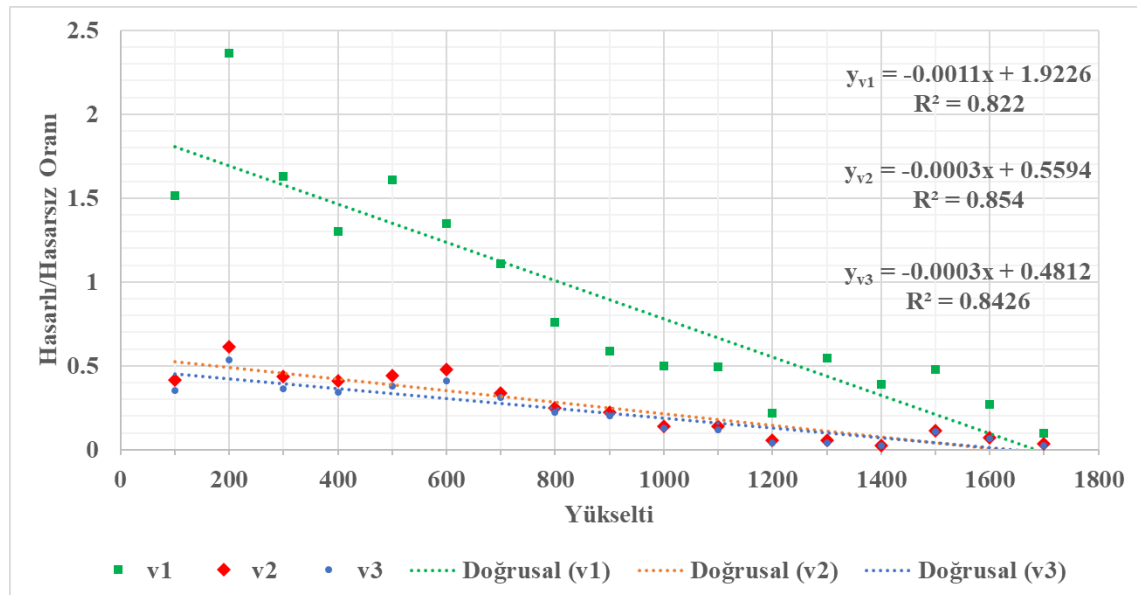
Yapılan detaylı analizler, yükseklik faktörünün bina kırılabilirliği üzerinde belirgin bir etkisi olduğunu ortaya koymaktadır. En yüksek bina hasar oranının 100 ila 200 metre arasındaki yükseklik aralığında yoğunlaştığı tespit edilmiştir. Bu durum, düşük rakımlı alanların daha yüksek kırılabilirlik sergilediğini göstermektedir. Özellikle, hasar gören binaların %38,1'i bu yükseklik aralığında yer almaktadır. Yükseklik arttıkça hasar oranında belirgin bir düşüş gözlenmiş ve 600 metre üzerindeki yüksekliklerde hasarlı bina

oranı %25'in altına düşmüştür (Şekil 6.3). Bu bulgular, Amanos Bölgesi'ne özgü olarak, düşük rakımlı alanların sismik olaylara karşı daha hassas olduğunu ortaya koymaktadır.



Şekil 6.3. Yükselti aralıklarına göre bina hasar dağılım grafiği

0-100 metre rakım aralığındaki hasarlı binaların toplam sayısının aynı aralıktaki hasarsız binaların toplam sayısına oranına bakıldığında, bu değerler V_1 için 1,52; V_2 için 0,42 ve V_3 için 0,35 olarak bulunmuştur. 100'er metre aralıklarla bu oran incelendiğinde, her üç farklı sınıflandırma kategorisinde de en yüksek oranın 100-200 metre rakım aralığında olduğu, bu değerlerin rakım arttıkça kademeli olarak azaldığı belirlenmiştir (Şekil 6.4).



Şekil 6.4. Yükselti sınıflarına göre hasarlı ve hasarsız bina sayısı oranı grafiği

Bu sonuçlar, düşük rakımlı alanların zemin yapısı ve yer altı su seviyesi gibi jeolojik ve jeomorfolojik özelliklerinin, sismik dalgaların büyümesine neden olarak yapıların daha fazla hasar görmesine yol açabileceğini düşündürmektedir. Ayrıca, yüksek rakımlı alanlarda topografik etkilerin sismik dalgaların şiddetini azaltabileceği ve bu nedenle yapıların daha az zarar görebileceği anlaşılmaktadır. Bu bulgular, bölgesel planlama ve yapılaşma süreçlerinde yükseklik faktörünün de dikkate alınmasının önemini vurgulamaktadır.

6.1.2. Eğim ve Hasar İlişkisi

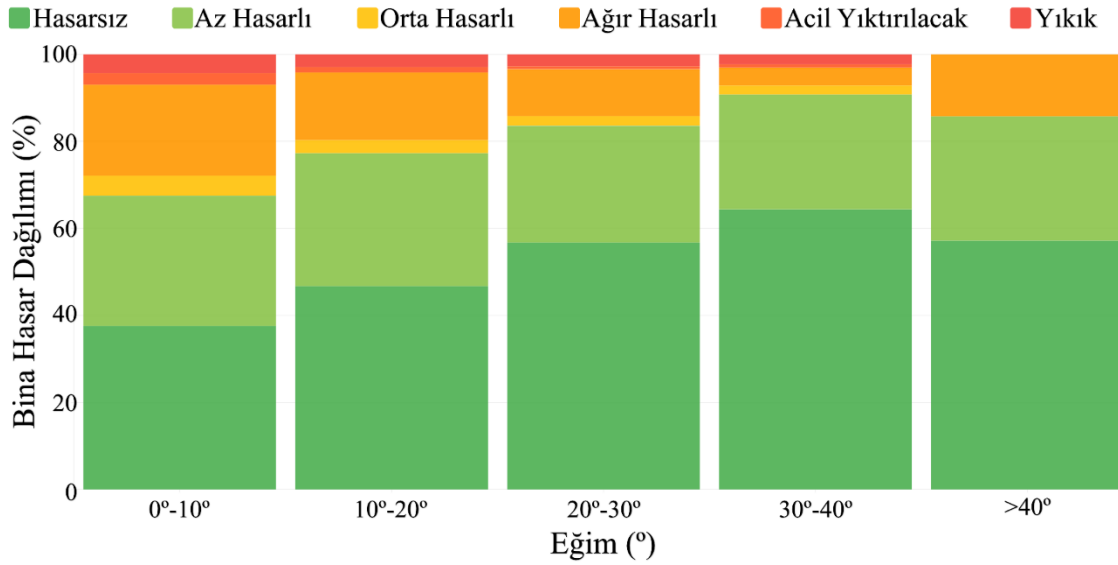
Bu tez çalışmasında, NASA'nın Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) verilerinden elde edilen eğim verileri ile bina hasarları arasındaki ilişki ayrıntılı olarak incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, bina hasarları ile eğim verileri arasındaki ilişki hakkında önemli bilgiler sunarak, sismik risk değerlendirmesi ve yönetimi için değerli bilgiler sağlamaktadır. Analiz, bina hasar oranları ile 5 derecelik aralıklarla sınıflandırılan eğim kategorileri arasındaki bağlantıyı incelemeye odaklanmıştır. Özellikle, en yüksek bina hasar oranının 0-5 derece eğim aralığında yoğunlaştığı tespit edilmiştir. Bu bulgu, hafif eğimlere sahip arazilerde yer alan yapıların sismik olaylara karşı artan hassasiyetini vurgulamaktadır.

Çizelge 6.2 eğim sınıfları ile V_2 sınıflandırmasına göre hasarlı ve hasarsız bina sayılarını göstermektedir. Çalışma alanındaki binaların %63,31'i 0-5 derece eğime sahiptir.

Çizelge 6.2. Yükselti sınıfına göre hasarlı ve hasarsız bina sayısı ve oranı

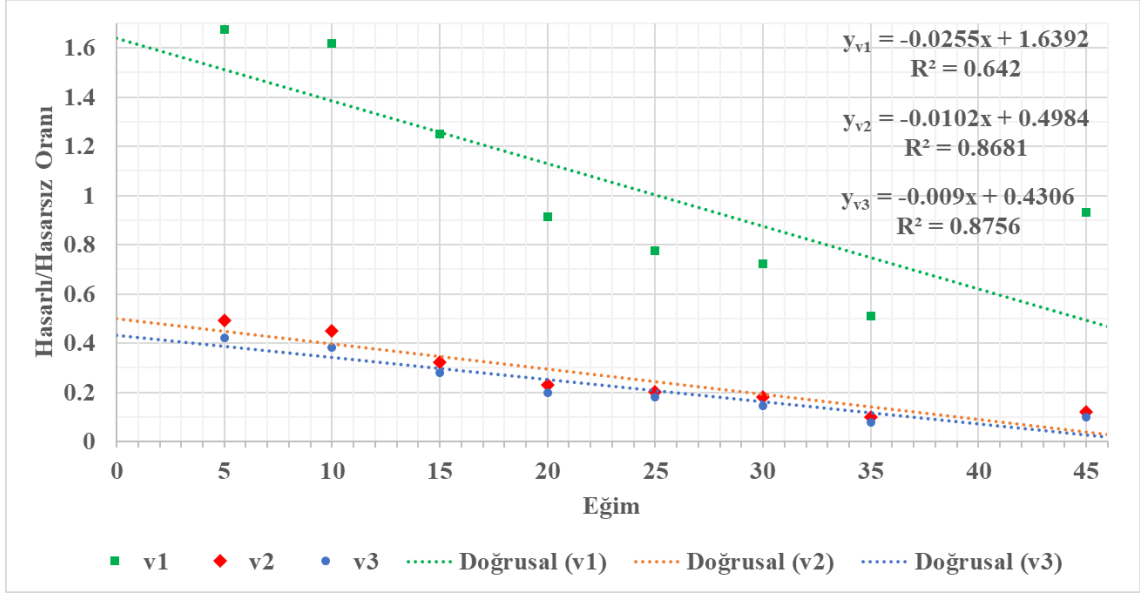
Eğim Sınıfı	Hasarlı Bina Sayısı	Hasarsız Bina Sayısı	Temsil Oranı (%)	Hasarlı Bina Oranı (%)
0-5	69.037	140.573	63,31	32,94
5-10	21.691	48.037	21,06	31,11
10-15	7.862	24.341	9,73	24,41
15-20	2.447	10.671	3,96	18,65
20-25	763	3.780	1,37	16,80
25-30	223	1.239	0,44	15,25
30-35	31	310	0,10	9,09
35-45	6	50	0,02	10,71

Elde edilen veriler, eğim özelliklerinin, özellikle eğim derecelerinin, yapıların sismik olaylara karşı duyarlılığını önemli ölçüde etkilediğini göstermektedir. Ayrıca, yamaç eğimi ile bina hasar oranları arasında önemli bir ters orantı gözlemlenmiştir; bu da yamaç eğimi arttıkça binaların maruz kaldığı hasar miktarının azaldığını ortaya koymaktadır. Örneğin, 5 derece ve altında arazi eğimine sahip binalarda hasar oranı %32,9 iken, 0-10 derece arazi eğimine sahip binalarda hasar oranı %27,91'e düşmektedir. Arazi eğimi arttıkça, hasar gören binaların oranı azalmakta ve hasar görmeyen binaların oranı artmaktadır (Şekil 6.5).



Şekil 6.5. 10 derecelik eğim sınıflarına karşılık bina hasar dağılım grafiği

Eğim sınıflarına göre hasarlı bina sayılarının hasarsız bina sayısına olan oranı incelendiğinde dikkat çekici sonuçlar elde edilmiştir. Üç farklı sınıflandırmada da binaların bulunduğu yamacın eğimi her 5 derece arttığında hasarlı bina oranının düştüğü görülmektedir. Bu ilişki, her üç kategoride de benzer bir eğilim göstermektedir. En yüksek negatif eğime sahip olan V_1 kategorisi olup R^2 değeri 0,642 ile düşük bir korelasyon göstermektedir. En yüksek R^2 değerine sahip olan V_3 sınıflandırmasının formülüne göre, her 5 derecelik eğim artışında hasarlı bina sayısının hasarsız bina sayısına oranı %0,9 azalmaktadır ve bu formülün R^2 değeri 0,8756 ile oldukça yüksektir (Şekil 6.6).



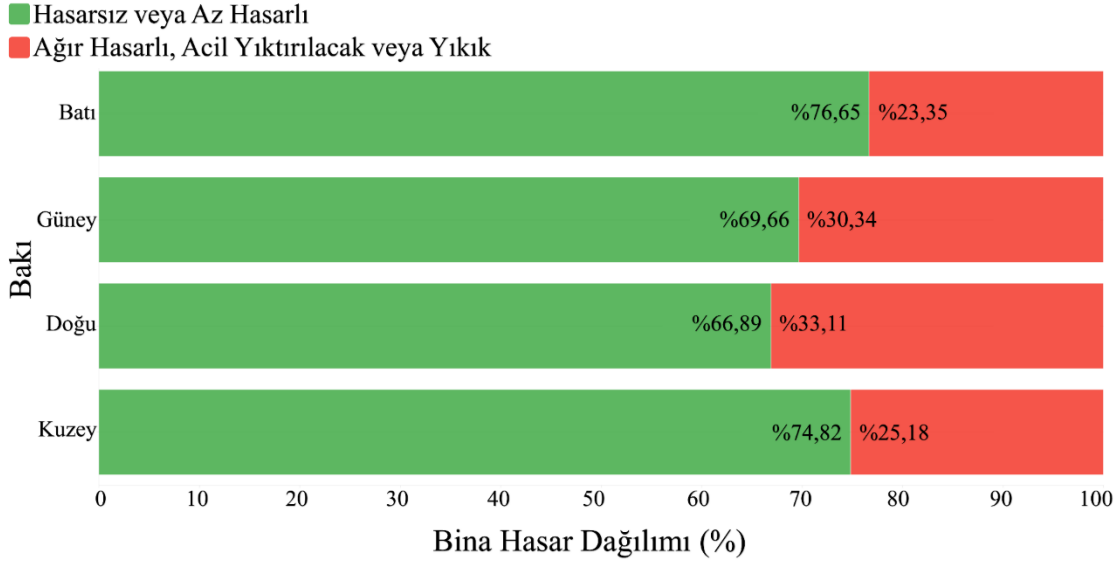
Şekil 6.6. Eğim sınıflarına göre hasarlı ve hasarsız bina sayısı oranı grafiği

Bu veri odaklı analiz, eğimin bina hasarları üzerindeki etkisini daha iyi anlamamızı sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda sismik açıdan aktif bölgelerde bilinçli kentsel planlama ve risk azaltma stratejileri geliştirmek için önemli bir temel oluşturmaktadır.

6.1.3. Topoğrafik Bakı ve Hasar İlişkisi

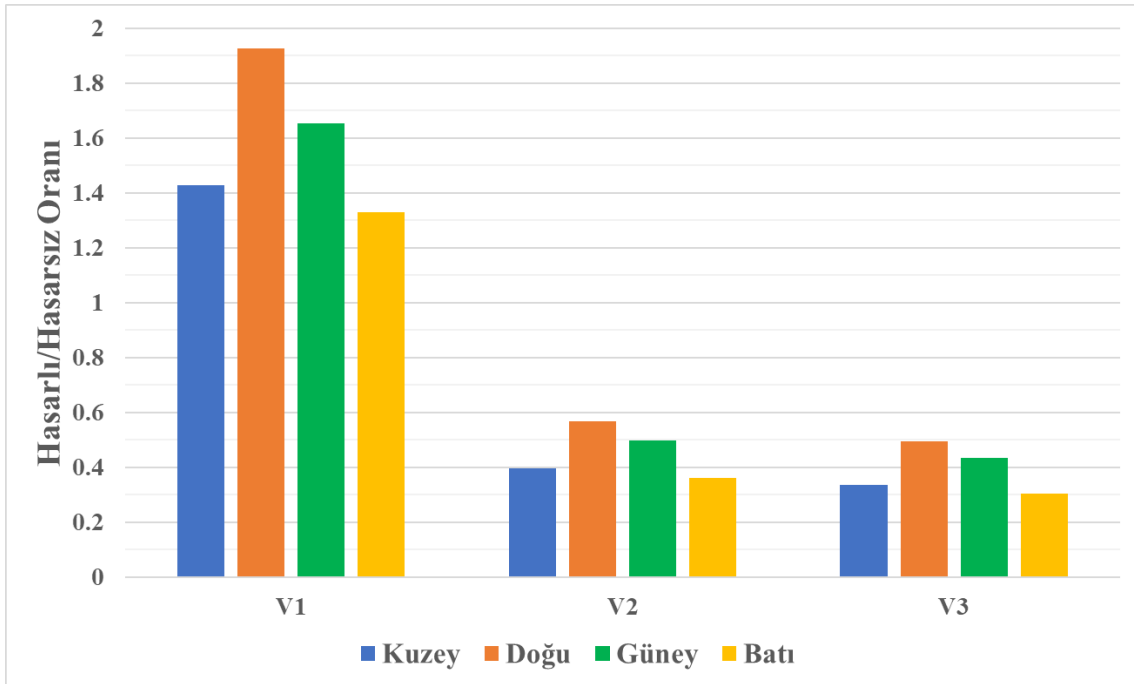
Amanos Bölgesi'ndeki yapı hasarları ile topoğrafik bakı arasındaki korelasyonunun incelendiği bu araştırma, bakı durumunun bina hasarları üzerindeki etkisini vurgulayan belirgin kalıplar ortaya koymuştur. Yapılan analizler, binaların topoğrafik bakısı üzerine odaklanmış olup, hasar sıklığında dikkate değer bir eğilim tespit edilmiştir. Doğuya bakan yapılar en yüksek hasar oranlarını sergilerken, bunu güneye bakan yapılar takip etmektedir. Buna karşın, batı ve kuzeye bakan binalar nispeten daha düşük hasar oranları göstermekte olup aralarındaki fark oldukça azdır.

Batıya bakan binalar, %76,65 oranında en yüksek hasar görmemiş yapı oranını sergileyerek dirençlerini vurgulamaktadır. Güneye bakan yamaçlardaki yapılar, %69,66 hasar görmemiş oranıyla yakından takip etmektedir. Doğuya bakan yamaçlardaki yapıların ise %66,89 ile nispeten daha düşük bir hasar görmemiş oranı sergilemesi, bu bakının artan kırılabilirliğini doğrulamaktadır. Kuzeye bakan yamaçlardaki yapılar ise %74,82 gibi dayanıklı bir hasar görmemiş oranı ile dikkat çekmektedir. Verilerin detaylı incelenmesi, Şekil 6.7'de gösterildiği gibi, bakı ile hasar şiddeti arasında bir bağlantı kurmaktadır.



Şekil 6.7. Topoğrafik bakı durumuna göre bina hasar dağılım grafiği (V₃)

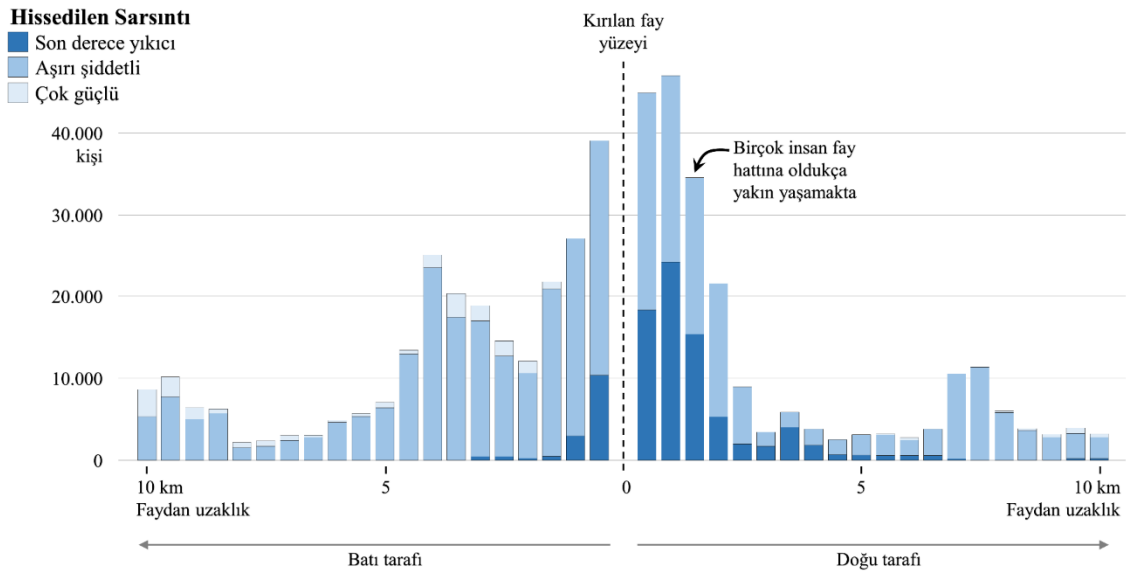
Çalışma alanındaki tüm binaların arazi bakılarına göre hasar durumları arasındaki ilişki incelendiğinde, her üç farklı sınıflandırmada da doğu bakıya sahip binalarda hasarlı bina sayısının hasarsız bina sayısına oranının yüksek olduğu, bunu sırasıyla güney, kuzey ve batı bakıların izlediği görülmektedir (Şekil 6.8).



Şekil 6.8. Topoğrafik bakı sınıflarına göre hasarlı ve hasarsız bina sayısı oranları grafiği

Doğuya bakan yapıların gösterdiği artan kırılgenlik, Amanos Bölgesi'ne özgü coğrafi bağlamın belirgin bir özelliğidir. Bu kırılgenlik, birkaç coğrafi faktöre bağlanabilir. İlk olarak, bölgenin jeolojik yapısı önemli bir rol oynamaktadır. Amanos Dağları'nın

doğusundaki alan, yüzey kırık hatlarının ağırlıklı olarak bu yönde bulunması nedeniyle daha yüksek sismik aktiviteye eğilimlidir. Bununla birlikte istatistiksel olarak herhangi bir korelasyon olmaması durumunda hasarlı bina oranının %25 olacağı beklenirdi. Ancak, %33 gibi bir oran, bazı dış etkenlerden kaynaklanıyor olabilir. Örneğin, bina yaşı, yapı kalitesi, konumu gibi faktörler hasar oranlarını etkileyebilir. Sonuç olarak, doğuya bakan yapılar, diğer yönlere bakan yapılara kıyasla depremlerin etkilerine daha fazla maruz kalmakta ve bu da daha yüksek hasar oranlarına yol açmaktadır. Bu bulgu Scarr vd. (2024) tarafından yapılan başka bir analizle de desteklenmektedir. Şekil 6.9 kırılan fay yüzeyine olan mesafeye göre nüfus dağılımını ve depremin mesafeye göre nasıl hissedildiğini ortaya koymaktadır.



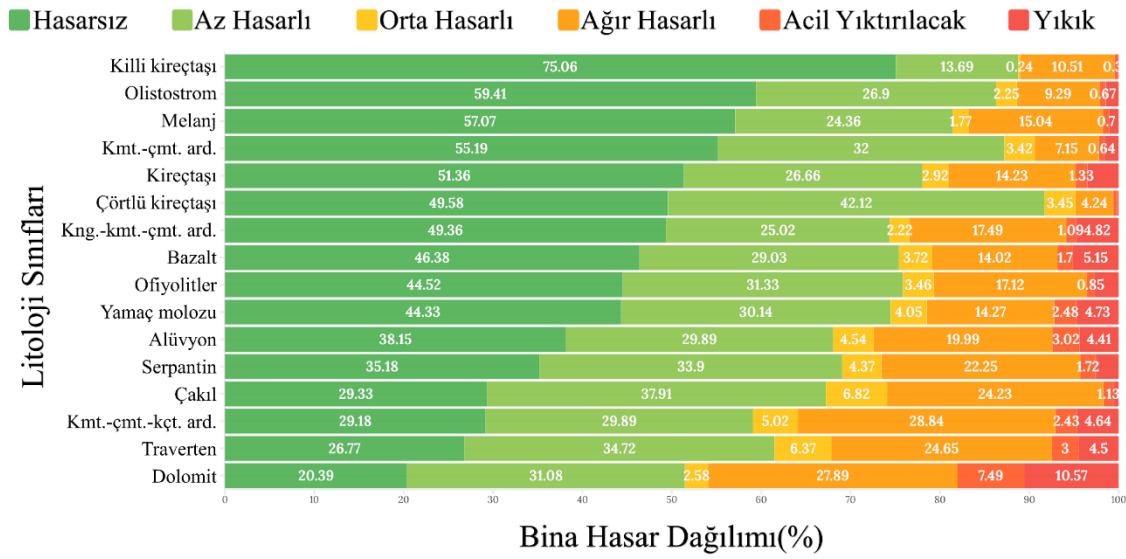
Şekil 6.9. Fay yüzeyine göre nüfus dağılımını ve depremin hissedilme şiddeti (Scarr vd., 2024'ten değiştirilerek)

Ayrıca, Amanos Bölgesi'nin coğrafi bağlamı, özellikle topografyası, bu eğilime katkıda bulunabilir. Doğuya bakan yamaçlar, sismik dalgaların bu bakıdaki binalarda daha fazla büyümesine neden olabilir. Bu durum, yapıların sismik dalgalara maruz kalma süresini ve şiddetini artırarak hasar riskini yükseltmektedir. Bu sonuçların yorumlanması, eğim cepheleri ile yapı hasarları arasındaki korelasyonları analiz ederken coğrafi bağlamın önemini vurgulamaktadır. Doğuya bakan yapıların artan kırılabilirliği, Amanos Bölgesi'nin spesifik coğrafi ve jeolojik özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Bu bulgular, sismik risk değerlendirmeleri ve Amanos Bölgesi'ne özgü kentsel planlama stratejileri için önemli sonuçlar taşımaktadır.

6.1.4. Litoloji ve Hasar İlişkisi

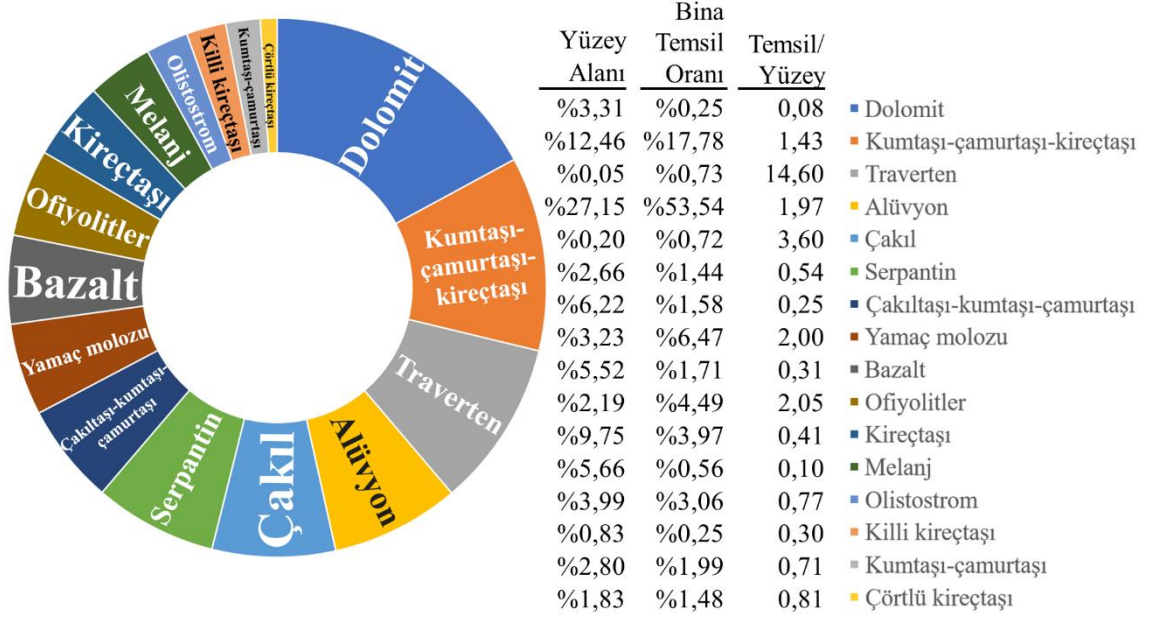
Amanos Bölgesi'ndeki litolojik birimlerle yapı hasarları arasındaki ilişki incelendiğinde, çeşitli litolojik birimler arasında hasar oranlarında belirgin farklılıklar gözlemlenmiştir. Analizler, litolojinin bina hasarları üzerindeki karmaşık etkilerini ortaya koymaktadır.

V₁ sınıflandırmasına göre, killi kireçtaşı en düşük hasar oranına sahip olup, bunu sırasıyla olistostrom, melanj, kumtaşı-çamurtaşı ardalanması, kireçtaşı, çörtlü kireçtaşı, çakıltaşı-kumtaşı-çamurtaşı ardalanması, bazalt, ofiyolitler, yamaç molozu, alüvyon birimler, serpantin, çakıl, kumtaşı-çamurtaşı-kireçtaşı ardalanması, traverten ve dolomit izlemektedir (Şekil 6.10).



Şekil 6.10. Litoloji sınıflarına karşılık bina hasar dağılım grafiği

Benzer şekilde, V₁ sınıflandırmasında hasarlı bina sayısının hasarsız bina sayısına oranına bakıldığında, ilk sırada dolomit yer alırken, bunu sırasıyla kumtaşı-çamurtaşı-kireçtaşı ardalanması, traverten, alüvyon, çakıl, serpantin, çakıltaşı-kumtaşı-çamurtaşı ardalanması, yamaç molozu, bazalt, ofiyolitler, kireçtaşları, melanj, olistostrom, killi kireçtaşları, kumtaşı-çamurtaşı ardalanması ve çörtlü kireçtaşları izlemektedir (Şekil 6.11). Ancak, dolomit, killi kireçtaşı, melanj, çakıl ve traverten gibi az temsil edilen litolojik birimlerle ilgili sonuçların yorumlanmasında dikkatli olunmalıdır.



Şekil 6.11. Litolojik sınıflara göre hasarlı/hasarsız bina sayısı oranı grafiği (V₁)

Çalışma alanındaki binaların %53,54'ü alüvyon birimler üzerinde, %17,78'i ise kumtaşı-çamurtaşı-kireçtaşı ardalı birimin üzerinde bulunmaktadır. En yüksek hasarlı bina oranının, geniş yüzeylenme oranına sahip olan kumtaşı-çamurtaşı-kireçtaşı ardalı birim üzerinde bulunması, Amanos Bölgesinde bu birimin yapı hasarlarına karşı en dezavantajlı litolojik birim olduğunu göstermektedir. Aynı birim Pearson korelasyon testinde en olumsuz birim olarak karşımıza çıktığı gibi lojistik regresyon analizinde de dolomitten sonra ikinci olumsuz birim olarak karşımıza çıkmaktadır. Lojistik regresyon analizine göre dolomit birimlerin düşük yüzey alanı ile temsil edilmesi ve yüksek Odd oranına sahip olması nedeniyle bina hasarına karşı değerlendirilmesi doğru olmayacaktır. Ancak kumtaşı-çamurtaşı-kireçtaşı ardalı birim çalışma alanının yaklaşık 5'te birine sahipken, en çok hasar görünme oranı bu birim üzerindedir.

Lojistik regresyon analizine göre, bina hasar durumuna göre en az hasarın görüldüğü birimler sırasıyla çörtlü kireçtaşı, killi kireçtaşı, kumtaşı-çamurtaşı ardalı birim ve olistostromdur. Pearson korelasyon analizinde sıralama değişse de en dayanıklı dört birim yine değişmemektedir. Bu bulgular, litolojinin bina hasarı üzerindeki karmaşık etkilerini vurgulamaktadır.

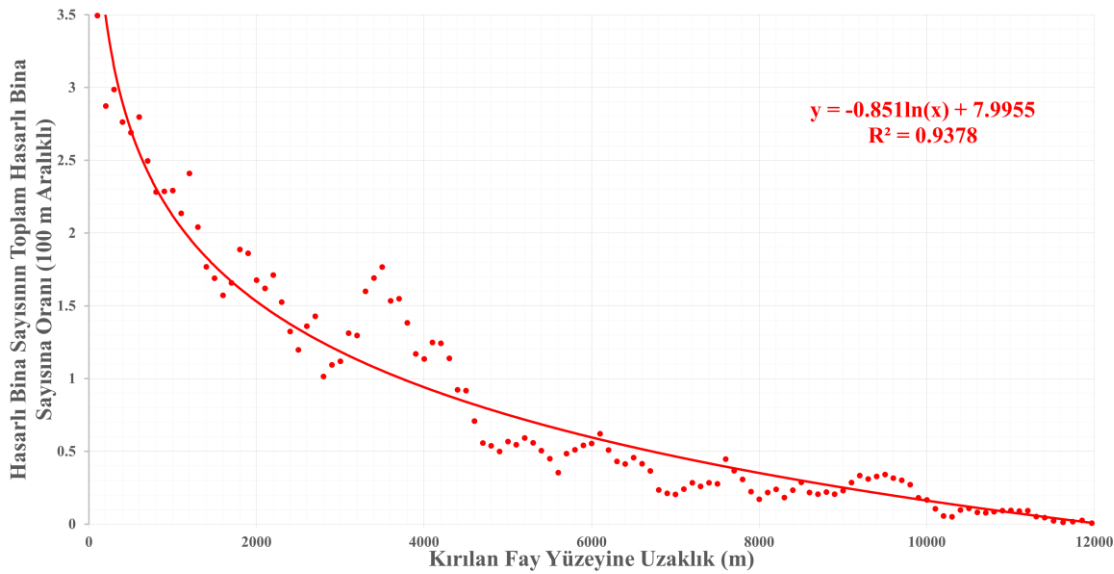
Sonuç olarak, bu çalışma litolojik birimlerin bina hasarları üzerindeki etkilerini ortaya koyarken, alüvyon ve kumtaşı-çamurtaşı-kireçtaşı ardalı birimlerinin deprem sonrası oluşan bina hasarları açısından kritik önem taşıdığını göstermektedir. Bu bulgular,

bölgesel yapılaşma ve kentsel planlama süreçlerinde litolojik özelliklerin dikkate alınması gerektiğini açıkça ortaya koymaktadır.

6.1.5. Faya Uzaklık ve Hasar İlişkisi

Bu bölümde, yüzey kırıklarına olan uzaklığın bina hasarları üzerindeki etkisi incelenmiştir. Fay hattına olan mesafenin, yapı hasar oranları üzerinde belirgin bir etkisi olduğu tespit edilmiştir. Yapılan analizler, fay hattına yakınlık ile bina hasar oranları arasında doğrudan bir ilişki olduğunu göstermektedir.

Özellikle, kırılan fay yüzeyine 0-100 metre mesafedeki hasarlı bina sayısı, toplam hasarlı bina sayısının %3,5'ine karşılık gelmektedir. 100-200 metre mesafedeki hasarlı bina oranı ise %2,8 olarak bulunmuştur. Bu oran, mesafenin artmasıyla kademeli olarak düşmekte ve 4.400-4.500 metre aralığında %1'in altına inmektedir. Bu bulgular, fay hattına yakın olan yapıların daha yüksek hasar riskine sahip olduğunu ve bu riskin mesafenin artmasıyla azaldığını göstermektedir. Özellikle, 0-4.800 metre aralığında belirgin bir düşüş, 4.800-10.000 metre aralığında ise daha az belirgin bir düşüş gözlenmiştir (Şekil 6.12).

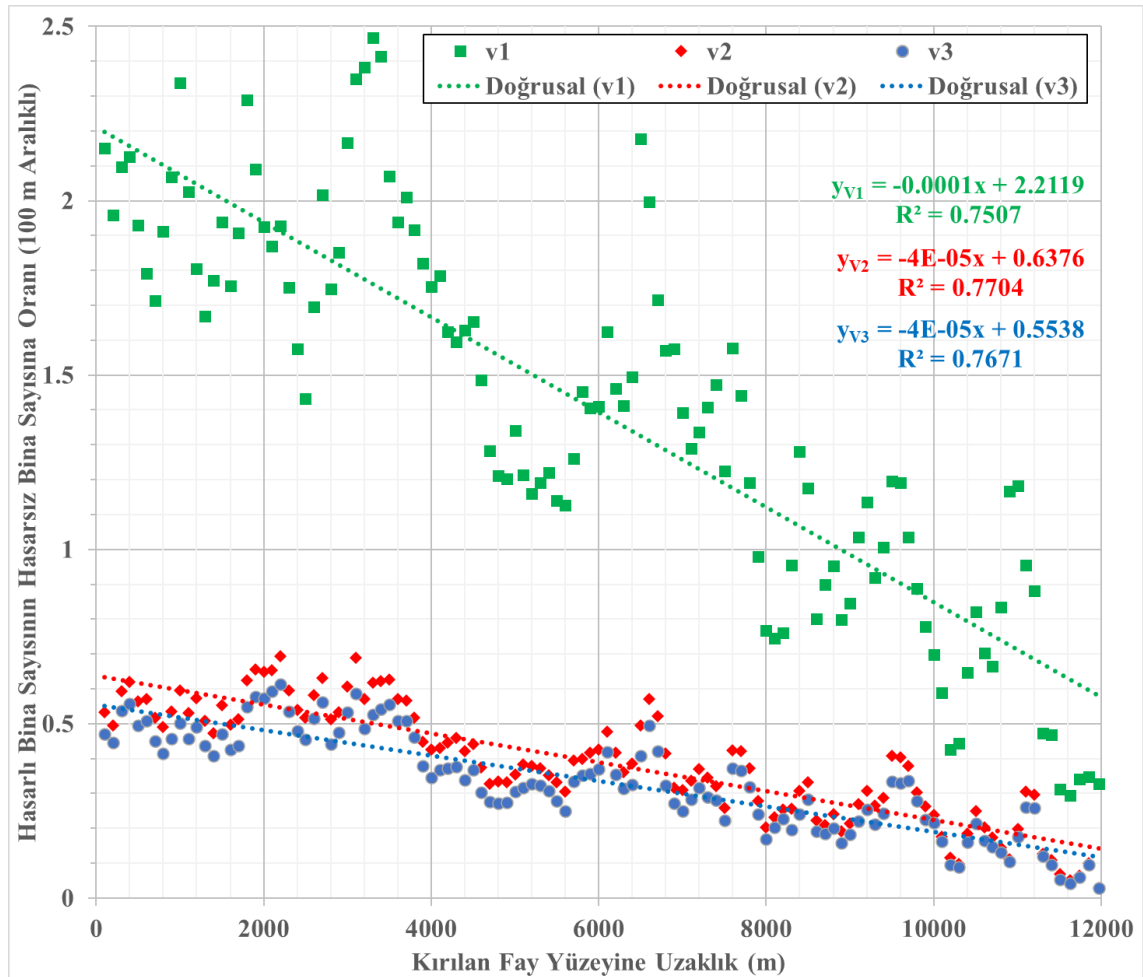


Şekil 6.12. Faya uzaklık parametresi ile hasarlı bina sayısının toplam hasarlı bina sayısına oranı dağılım grafiği (100 m aralıklı)

Fay hattına yakınlığın, 10.000 metreye kadar olan mesafede bina hasarlarını önemli ölçüde etkilediği anlaşılmıştır.

Yapılan bir diğer analiz, her 100 metre aralıklarla hasarlı bina sayısının hasarsız bina sayısına oranını incelemiştir. Üç farklı sınıflandırma (V_1 , V_2 ve V_3) kullanılarak yapılan

bu analizde, bina ile kırılan fay yüzeyine olan mesafe her 1 km arttığında, hasarlı bina sayısının hasarsız bina sayısına oranı sırasıyla V_1 için %13,63; V_2 için %4,14 ve V_3 için %3,65 azalmaktadır (Şekil 6.13). Bu analize göre V_2 ve V_3 sınıflandırmaları arasında çok az bir fark vardır ve eğimleri birbirine oldukça yakındır. Ancak, V_1 analizinde negatif eğim oranı çok yüksektir. V_1 sınıflandırmasında diğer sınıflandırmalardan farklı olarak "Az hasarlı" binalar da hasar görmüş bina olarak değerlendirilmiştir. V_1 sınıflandırmasındaki negatif eğimin diğer sınıflandırmalara göre oldukça yüksek çıkması, kırılan fay yüzeylerine yakın yerleşim yerlerinde az hasarlı olarak değerlendirilen bina yoğunluğunun fazla olduğunu ya da uzak mesafelerde az hasarlı bina yoğunluğunun düşük olduğunu göstermektedir.



Şekil 6.13. Faya uzaklık ile hasarlı bina sayısının hasarsız bina sayısına oranına ait dağılım grafiği

Bu bulgular, kırılan fay yüzeyine olan uzaklığın yapı hasarları üzerindeki belirgin etkisini ortaya koymaktadır.

6.2. Pearson Korelasyon Analizi

Bina hasar durumlarının üç farklı versiyonu (V_1 , V_2 ve V_3) için yükselti, eğim, baki sınıfları, litoloji sınıfları ve kırılan fay yüzeyine uzaklık gibi bağımsız değişkenlerin etkilerini belirlemek amacıyla yapılan Pearson korelasyon analizi yapılmıştır. Analizlerin detaylı sonuçları Şekil 6.14’te gösterilmektedir.

Değişkenler	Pearson Korelasyonu			Anlamlılık		
	v1	v2	v3	v1	v2	v3
Yükselti	-0,131	-0,077	-0,071	0,000	0,000	0,000
Eğim	-0,082	-0,087	-0,084	0,000	0,000	0,000
Faya uzaklık	-0,134	-0,134	-0,142	0,000	0,000	0,000
Kuzey	-0,022	-0,030	-0,032	0,001	0,001	0,001
Doğu	0,059	0,066	0,068	0,001	0,000	0,000
Güney	0,017	0,029	0,031	0,001	0,001	0,001
Batı	-0,049	-0,060	-0,063	0,001	0,001	0,001
Alüvyon	0,023	0,026	0,024	0,001	0,001	0,001
Bazalt	-0,019	-0,018	-0,018	0,001	0,001	0,001
Çakıl	0,017	0,004	0,000	0,001	0,040	0,888
Kong-kmt-çmt. ard.	-0,026	-0,014	-0,011	0,001	0,001	0,001
Ofiyolitler	-0,024	-0,031	-0,031	0,001	0,001	0,001
Çörtlü kireçtaşı	-0,026	-0,060	-0,062	0,001	0,001	0,001
Dolomit	0,019	0,019	0,022	0,001	0,001	0,001
Killi kireçtaşı	-0,037	-0,021	-0,019	0,001	0,001	0,001
Kireçtaşı	-0,051	-0,039	-0,037	0,001	0,001	0,001
Kmt-çmt. ard.	-0,047	-0,056	-0,057	0,001	0,001	0,001
Kmt-çmt-kçt. ard.	0,095	0,102	0,104	0,000	0,000	0,000
Melanj	-0,028	-0,020	-0,018	0,001	0,001	0,001
Olistostrom	-0,073	-0,066	-0,064	0,000	0,000	0,001
Serpantin	0,010	0,000	0,000	0,001	0,891	0,929
Traverten	0,022	0,014	0,013	0,001	0,001	0,001
Yamaç molozu	-0,028	-0,030	-0,031	0,001	0,001	0,001

Şekil 6.14. Pearson korelasyonu analiz sonuçları

Pearson korelasyon analizine göre, yapı hasarları üzerinde çeşitli faktörlerin etkisi incelenmiştir. Analiz sonuçları, belirli değişkenlerin bina hasar durumu üzerindeki anlamlı etkilerini ortaya koymuştur.

Yükseltinin bina hasarları üzerinde negatif bir korelasyona sahip olduğu görülmektedir. Tüm versiyonlarda (V_1 : -0,131; V_2 : -0,077; V_3 : -0,071) anlamlı bir negatif ilişki gözlemlenmiştir ($p < 0,001$). Bu durum, yüksek rakımlı bölgelerde hasar oranlarının daha düşük olduğunu göstermektedir.

Eğim ile hasar oranları arasında da negatif bir korelasyon bulunmaktadır (V_1 : -0,082; V_2 : -0,087; V_3 : -0,084). Eğimin artmasıyla bina hasar oranlarının azaldığı sonucuna varılmıştır ($p < 0,001$).

Fay yüzeyine uzaklık ile bina hasarları arasındaki ilişki negatif ve anlamlıdır (V_1 : -0,134; V_2 : -0,134; V_3 : -0,142). Faydan uzaklaştıkça hasar oranlarının düştüğü gözlemlenmiştir ($p < 0,001$).

Kuzey, güney, doğu ve batı bakı sınıflarının bina hasarları üzerindeki etkisi incelenmiştir. Doğu yönünde pozitif korelasyon gözlemlenmiştir (V_1 : 0,059; V_2 : 0,066; V_3 : 0,068), bu yönün daha fazla hasar aldığını göstermektedir ($p < 0,001$). Kuzey, güney ve batı yönlerinde ise genel olarak negatif korelasyon bulunmuştur.

Litoloji sınıflarının bina hasarları üzerindeki etkisi incelendiğinde, bazı birimlerin pozitif, bazılarının ise negatif korelasyona sahip olduğu görülmüştür. Örneğin, alüvyon ve dolomit pozitif korelasyona sahipken, çörtlü kireçtaşı ve olistostrom negatif korelasyona sahiptir. Kumtaşı-çamurtaşı-kireçtaşı araldanması ise pozitif korelasyon (V_1 : 0,095, V_2 : 0,102, V_3 : 0,104) göstermekte ve anlamlı çıkmıştır ($p < 0,001$). Litoloji sınıflarından çakıl ve serpantin V_2 ve V_3 analizlerindeki anlamlılık değerleri ($p > 0,001$) yüksek olduğu için değerlendirilmemesi gerekmektedir.

Genel olarak Pearson korelasyon analizi sonuçlarına göre kırılan fay yüzeyine olan mesafe değişkenler arasındaki en yüksek korelasyona sahiptir. Faya olan mesafe arttıkça hasarlı bina oranı azalmaktadır. Faya uzaklık parametresinden sonra sırasıyla eğim, yükselti, olistostrom litoloji sınıfı, batı bakı sınıfı ve çörtlü kireçtaşı litoloji sınıfı gelmektedir. Olumsuz durum olan pozitif korelasyon sıralamasında ise birinci sırada kumtaşı-çamurtaşı-kireçtaşı araldanması olan litoloji sınıfı gelmektedir. Bu birimler üzerinde inşa edilmiş binaların hasarlı olma oranı oldukça yüksektir. Bu durumu doğu bakıya sahip yerlerdeki binalar takip etmektedir.

Bu bulgular, yapı hasarlarının karmaşık dinamiklere sahip olduğunu ve çeşitli doğal faktörlerin hasar oranlarını önemli ölçüde etkilediğini göstermektedir. Özellikle, fay yüzeyine olan yakınlık, eğim ve litolojik özellikler gibi faktörlerin bina hasarlarını belirlemede kritik rol oynadığı anlaşılmaktadır. Bu analizler, gelecekteki yapı planlamalarında ve hasar risk analizlerinde dikkate alınması gereken önemli bulgular sunmaktadır.

6.3. Lojistik Regresyon

Lojistik regresyon analizinde, bağımlı değişken olarak bina hasarlarının üç farklı versiyonu (V_1 , V_2 ve V_3) ile yükseklik, eğim, bakı (kuzey, doğu, güney ve batı) ve litoloji (alüvyon, bazalt, çakıl, konglomera-kumtaşı-çamurtaşı ar dalanması, ofiyolitler, kireçtaşı çerti, dolomit, kil kireçtaşı, kireçtaşı, kumtaşı-çamurtaşı ar dalanması, kumtaşı-çamurtaşı-kireçtaşı ar dalanması, melanj, olistostrom, serpantin, traverten, moloz) gibi bağımsız değişkenler değerlendirilmiştir. Analizler, SPSS v23 yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiş ve sonuçlar Şekil 6.15'te sunulmuştur.

Değişkenler	Beta			Standart Hata			Wald			Anlamlılık			Olasılık Oranı		
	v1	v2	v3	v1	v2	v3	v1	v2	v3	v1	v2	v3	v1	v2	v3
Yükselti	-0,001	-0,001	-0,001	0	0	0	2821,8	367,7	221,4	0	0	0	0,999	1	1
Eğim	-0,012	-0,027	-0,028	0,001	0,001	0,001	157,5	577,6	555,9	0	0	0	0,988	0,973	0,972
Faya uzaklık	-0,045	-0,06	-0,071	0,001	0,001	0,001	5917,4	5445,8	5748,9	0	0	0	0,956	0,942	0,931
Kuzey	0,08	0,115	0,131	0,01	0,011	0,012	62,7	107,4	123,3	0	0	0	1,083	1,121	1,14
Doğu	0,379	0,447	0,483	0,01	0,011	0,011	1363,8	1738,3	1808,5	0	0	0	1,461	1,564	1,621
Güney	0,238	0,318	0,353	0,01	0,011	0,012	520,1	822,8	908,4	0	0	0	1,269	1,374	1,423
Alüvyon	0,08	0,253	0,297	0,015	0,017	0,019	26,7	209,7	253,5	0	0	0	1,083	1,288	1,346
Bazalt	-0,194	-0,142	-0,133	0,03	0,035	0,037	41	16,6	12,7	0	0	0	0,824	0,867	0,876
Çakıl	0,478	0,334	0,313	0,047	0,047	0,051	101,6	50,7	37,8	0	0	0	1,612	1,397	1,367
Kong-kmt-çmt. ard.	0,228	0,413	0,51	0,032	0,037	0,039	49,5	125,1	174,7	0	0	0	1,257	1,512	1,665
Ofiyolitler	-0,006	-0,01	0,014	0,022	0,026	0,027	0,1	0,2	0,3	0,779	0,698	0,612	0,994	0,99	1,014
Çörtlü kireçtaşı	-0,163	-1,112	-1,436	0,033	0,055	0,069	24,4	410,5	429	0	0	0	0,85	0,329	0,238
Dolomit	1,554	1,306	1,401	0,09	0,074	0,075	297,5	312,5	346,3	0	0	0	4,73	3,693	4,059
Killi kireçtaşı	-1,051	-0,805	-0,678	0,083	0,112	0,114	162,2	51,3	35,6	0	0	0	0,349	0,447	0,507
Kireçtaşı	-0,116	0,031	0,074	0,023	0,027	0,029	25	1,3	6,5	0	0,248	0,011	0,891	1,032	1,077
Kmt-çmt. ard.	-0,06	-0,426	-0,535	0,03	0,041	0,047	4,1	107,5	132,2	0,044	0	0	0,942	0,653	0,586
Kmt-çmt-kçt. ard.	0,681	0,84	0,916	0,017	0,019	0,02	1595,5	2046,6	2138,5	0	0	0	1,975	2,317	2,498
Melanj	0,091	0,084	0,165	0,05	0,063	0,066	3,3	1,8	6,3	0,067	0,183	0,012	1,096	1,087	1,18
Olistostrom	-0,129	-0,337	-0,331	0,027	0,034	0,037	23,5	96,3	80,1	0	0	0	0,879	0,714	0,718
Serpantin	0,709	0,649	0,716	0,034	0,036	0,038	429,8	323,6	350	0	0	0	2,031	1,913	2,046
Traverten	0,571	0,454	0,437	0,048	0,045	0,048	138,9	100,6	83,1	0	0	0	1,769	1,574	1,549
Sabit	0,622	-0,828	-1,015	0,017	0,02	0,021	1301	1793,2	2361,2	0	0	0	1,863	0,437	0,362

Şekil 6.15. Lojistik regresyon analiz sonuçları

Yükselti değişkeninin tüm üç versiyon (V_1 , V_2 ve V_3) için Beta değeri negatif ve oldukça düşük (0'ya yakın) bulunmuştur. Wald değerleri oldukça yüksek olup (2821,8; 367,7 ve 221,4), bu değişkenin bina hasarı üzerinde anlamlı bir etkisi olduğunu göstermektedir. Olasılık Oranı (Odds Ratio) değerleri de 1'e çok yakın olup, yükselti arttıkça bina hasarının biraz azaldığını ancak bu etkinin çok küçük olduğunu göstermektedir.

Eğim değişkeni için Beta değerleri negatif olup, bina hasarının eğim arttıkça azaldığını göstermektedir. Wald değerleri oldukça yüksek olup, bu değişkenin bina hasarı üzerinde anlamlı bir etkisi olduğunu göstermektedir. Olasılık oranı değerleri de 1'den az olup, eğim arttıkça bina hasarının azaldığını göstermektedir.

Faya uzaklık değişkeninin, tüm üç versiyon (V_1 , V_2 ve V_3) için Beta değerleri negatif bulunmuştur. Wald değerleri çok yüksek (5917,4; 5445,8 ve 5748,9) olup bu değişkenin bina hasarı üzerinde güçlü ve anlamlı bir etkisi olduğunu göstermektedir. Olasılık oranı değerleri 1'den düşük olup, kırılan fay yüzeyine olan uzaklık arttıkça hasarlı bina oranı azalmaktadır.

Kuzey, doğu ve güney yönlerine bakan binaların hasar durumları incelendiğinde, Beta değerlerinin pozitif olduğu ve bu yönlere bakan binaların hasarlarının arttığı görülmektedir. Özellikle doğu yönü için olasılık oranı değerleri (1,461; 1,564 ve 1,621) yüksek olup, doğu yönüne bakan binaların daha fazla hasar aldığı anlaşılmaktadır. Lojistik regresyon analizinde bakı sınıflarından batı parametresi eşitlik formülünde yer almamıştır.

Litolojik birimlerin lojistik regresyon sonuçları yorumlandığında, alüvyon birimlerde bulunan binaların hasarı pozitif Beta değerleri ile ifade edilmektedir. Wald değerleri bu değişkenin bina hasarı üzerinde anlamlı bir etkisi olduğunu göstermektedir. Olasılık oranı değerlerinin 1'den büyük olması alüvyon biriminde bulunan binaların daha fazla hasar aldığını göstermektedir.

Negatif Beta değerleri, bazalt biriminde bulunan binaların daha az hasar aldığını göstermektedir. Olasılık oranı değerleri 1'den küçük olup, bazalt biriminde bulunan binaların hasar riskinin düşük olduğunu göstermektedir.

Çakıl ve konglomera-kumtaşı-çamurtaşı ardalanması birimleri için pozitif Beta değerleri ve yüksek olasılık oranı değerleri (1,612; 1,397; 1,367 ve 1,257; 1,512; 1,665), bu litolojik birimlerde bulunan binaların hasar tehlikesinin yüksek olduğunu göstermektedir.

Çörtlü kireçtaşı için negatif Beta değerleri, bu birimde bulunan binaların daha az hasar aldığını gösterirken, dolomit için pozitif Beta değerleri bu birimde bulunan binaların daha fazla hasar aldığını göstermektedir. Özellikle dolomit için olasılık oranı değerleri oldukça yüksek olup (4.73, 3.693, 4.059), bu birimdeki binaların yüksek hasar riskine sahip olduğunu göstermektedir. Buna rağmen her iki birimin de standart hata oranlarının yüksek olduğu göz ardı edilmemelidir.

Killi kireçtaşı için negatif Beta değerleri, bu birimde bulunan binaların daha az hasar aldığını gösterirken, kireçtaşı için sonuçlar karışık olup, bazı versiyonlarda negatif bazı versiyonlarda pozitif Beta değerleri gözlemlenmiştir. Ayrıca kireçtaşı birimi V_2 ve V_3 sınıflandırmasında anlamlı bulunmamıştır.

Kumtaşı-çamurtaşı arıdanması negatif Beta değerlerine ve (-0,06; -0,426 ve -0,535), düşük olasılık oranlarına (0,942; 0,653 ve 0,586) sahiptir. Bu durum kumtaşı çamurtaşı arıdanması olan birim üzerindeki binaların daha az hasar aldığını göstermektedir. Ancak Wald değerlerinin (4,1; 107,5 ve 132,2) düşük olması bu etkinin çok küçük olduğunu göstermektedir. Ayrıca, V_1 analizi için anlamlılık değeri 0,044 büyüktür ve V_1 analizi için bu değişken anlamlı değildir.

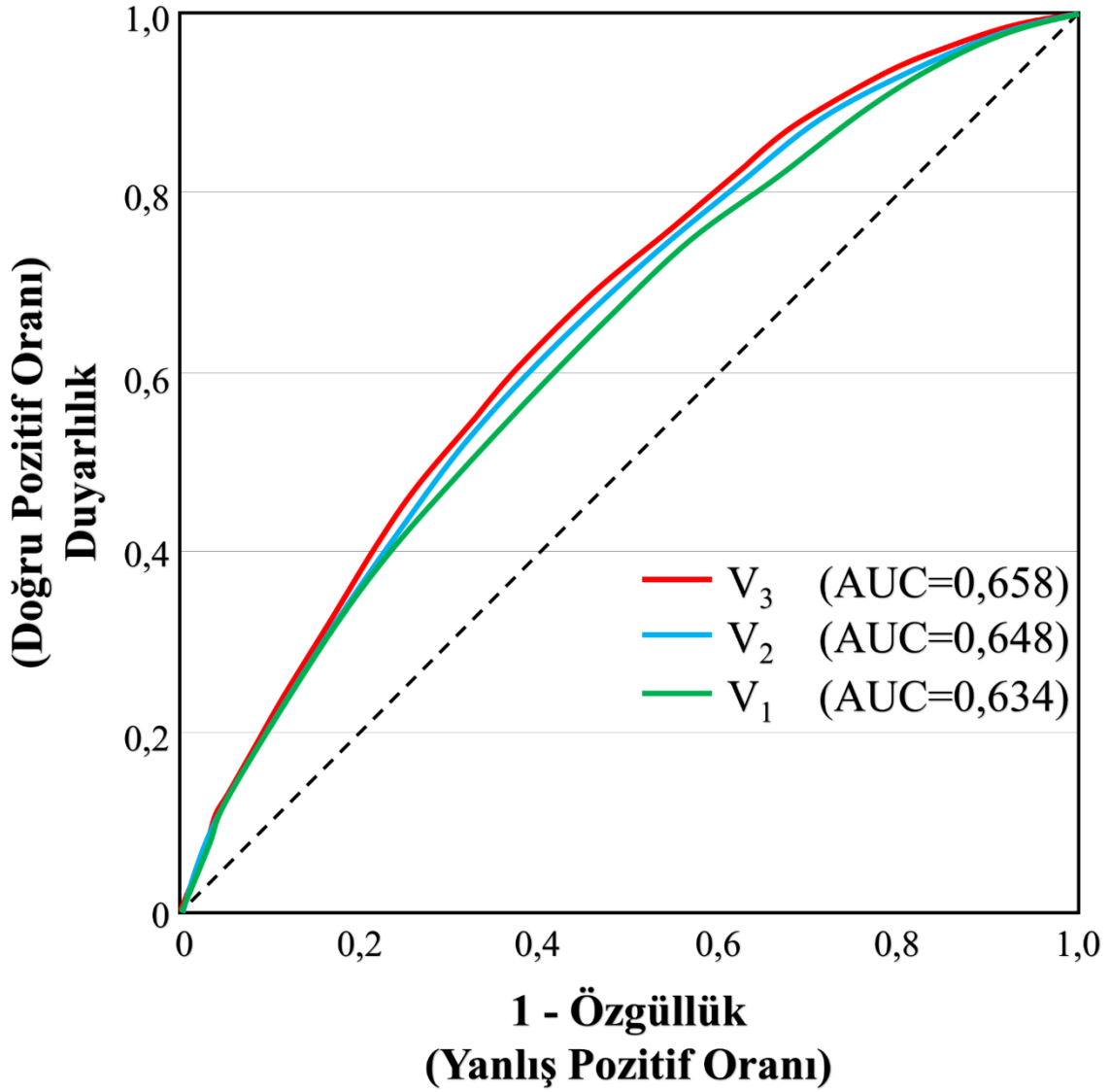
Kumtaşı-çamurtaşı-kireçtaşı arıdanması pozitif Beta değerleri, yüksek Wald değerleri ve yüksek olasılık oranları ile bu birim üzerindeki binaların çok daha fazla hasar aldığını göstermektedir. Ayrıca bu etki oldukça yüksektir. Anlamlılık değerleri üç analiz için de 0 bulunurken, standart hata değerleri oldukça düşüktür. Bu da lojistik regresyon analizinde bu birimin önemini ve anlamlılığını ortaya koymaktadır.

Serpantin ve traverten birimler için pozitif Beta değerleri ve yüksek olasılık oranı değerleri (2,031; 1,913; 2,046 ve 1,769; 1,574; 1,549), bu birimlerde bulunan binaların hasar riskinin yüksek olduğunu göstermektedir.

Ofiyolitler, melanj ve olistostrom gibi değişkenler, bazı versiyonlarda yüksek p-değerleri göstermekte olup, anlamlı olmayabileceğini düşündürmektedir. Litoloji sınıflarından yamaç molozu bağımsız değişken olarak lojistik regresyon analizine dahil edilmiş olup nihai denklemde yer almamıştır.

Üç farklı analiz versiyonu (V_1 , V_2 ve V_3) için elde edilen AUC değerleri sırasıyla 0,634; 0,648 ve 0,658 olup, Şekil 6.16'da ROC eğrisi ile birlikte gösterilmektedir. Bu değerler modelin bina hasar durumunu ayırt etme gücünü göstermektedir. Özellikle, V_3 analizi için AUC değeri (0,658) modelin nispeten güçlü bir tahmin doğruluğuna sahip olduğunu

göstermektedir. Bu, modelin bağımsız değişkenler ile bina hasarları arasındaki ilişkileri belirlemede etkili olduğunu ve sismik risk değerlendirmesi ile kentsel planlama stratejileri için değerli bilgiler sunduğunu göstermektedir.



Şekil 6.16. 3 farklı sınıflandırmaya ait ROC eğrisi ve altında kalan alanlar

Bu çalışma, Amanos Bölgesi'ndeki yapıların sismik olaylara karşı kırılganlığını etkileyen çeşitli jeolojik ve jeomorfolojik faktörleri kapsamlı bir şekilde analiz ederek, sismik risk değerlendirmesi ve kentsel planlama stratejileri için önemli bulgular ortaya koymuştur. Yükseklik, eğim, bakı ve litoloji gibi faktörlerin yapı kırılganlığı üzerindeki etkileri detaylı bir şekilde incelenmiş ve bu faktörlerin bina hasarlarını önemli ölçüde etkilediği belirlenmiştir. Özellikle faya uzaklık parametresi bina hasarları üzerinde önemli bir etkiye sahip olup, sismik olayların yapı güvenliği üzerindeki etkilerini anlamada kritik

bir rol oynamaktadır. Ayrıca eğim, doğu bakı ve kumtaşı-çamurtaşı-kireçtaşı ardalanması gibi değişkenlerin de bina hasarları üzerinde anlamlı etkileri olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgular, Amanos Bölgesi'nde sismik risklerin azaltılması ve güvenli yapılaşma stratejilerinin geliştirilmesine yönelik önemli bilgiler sağlamaktadır. Gelecekteki araştırmalar ve uygulamalar için bu bulgular, bilinçli kentsel planlama ve sismik risk yönetimi açısından değerli bir bilgi kaynağı olarak değerlendirilmektedir.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, Amanos Bölgesi'ndeki yapıların sismik olaylara karşı kırılma eğilimini etkileyen çeşitli jeolojik ve jeomorfolojik faktörleri kapsamlı bir şekilde analiz ederek önemli bulgular sunmuştur. Pearson korelasyon analizi ve lojistik regresyon analizi ile elde edilen sonuçlar, yapı hasarları üzerinde belirli değişkenlerin anlamlı etkilerini ortaya koymuştur.

Analiz sonuçları, yükseklik ile bina hasarları arasında negatif bir korelasyon olduğunu göstermektedir. Bu, yüksek rakımlı bölgelerdeki yapıların daha düşük hasar oranlarına sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle düşük rakımlı alanlarda yapıların daha sağlam temeller üzerine inşa edilmesi ve zemin iyileştirme çalışmalarının yapılması gerektiği önerilmektedir. Yüksek rakımlı bölgelerdeki yapılaşma politikalarının, topoğrafik avantajlardan faydalanarak daha az hasar riski taşıyan alanlara yönlendirilmesi önerilmektedir.

Eğim ile bina hasar oranları arasında da negatif bir korelasyon bulunmuştur. Eğimin artmasıyla bina hasar oranlarının azaldığı sonucuna varılmıştır. Düşük eğimli alanlarda yapıların daha dayanıklı hale getirilmesinin ve yüksek eğimli alanlarda inşa edilen yapıların zemin özellikleri dikkate alınarak güçlendirilmesinin uygun olacağı değerlendirilmektedir. Bu bulgular, sismik risk yönetiminde eğim faktörünün dikkate alınmasının önemini vurgulamaktadır.

Fay hattına yakın alanlarda yer alan binaların daha yüksek oranda hasar görmesi, bu bölgelerin sismik tehlikeler karşısında daha kırılma eğilimli olduğunu göstermektedir. Faya olan mesafe, en yüksek korelasyon değerlerine sahip değişken olarak ortaya çıkmıştır. Fay hattına yakın bölgelerde yapı güvenliğinin sağlanması için daha sıkı mühendislik ve inşaat standartlarının uygulanması uygun olacaktır. Kentsel planlama ve yapılaşma stratejilerinde, fay hatlarına olan mesafenin dikkate alınması, yapıların depreme dayanıklılığını artırmak için kritik öneme sahiptir.

Doğu yönüne bakan binaların hasar oranlarının daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Kuzey, güney ve batı yönlerinde ise genel olarak negatif korelasyon bulunmuştur. Ancak hiçbir korelasyon olmaması durumunda beklenen %25 hasarlı bina oranı değerine yakın bir değer taşımaktadır. Özellikle doğu yönüne bakan binaların %33,11 ile daha fazla hasar aldığı belirlenmiştir. Bu bulgu, yerleşim yeri seçimlerinde topoğrafik bakı faktörünün dikkate alınmasının önemini ortaya koymaktadır.

Litolojik özellikler de yapı hasarları üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Örneğin, alüvyon ve dolomit birimlerinde bulunan binaların daha fazla hasar aldığı, bazalt ve çörtlü kireçtaşı birimlerinde ise hasar oranlarının daha düşük olduğu belirlenmiştir. Kumtaşı-çamurtaşı-kireçtaşı ardalanması, pozitif Beta değerleri ve yüksek olasılık oranları ile en yüksek hasar riskine sahip birimler arasında yer almıştır. Bu litolojik özelliklerin yapı planlamasında dikkate alınması, hasar riskinin azaltılması açısından önemlidir.

Bu çalışma Amanos Bölgesi'nde sismik risklerin azaltılması ve güvenli yapılaşma stratejilerinin geliştirilmesi için önemli bilgiler sağlamaktadır. Gelecekteki araştırmalar ve uygulamalar için aşağıdaki önerilerde bulunmaktadır:

- Yapılaşma planlamasında, yükseklik ve eğim gibi jeomorfolojik özellikler dikkate alınmalıdır. Özellikle yüksek rakımlı ve eğimli bölgeler, daha düşük hasar riskine sahip olduğu için yapılaşma için tercih edilebilir.
- Faya yakınlık parametresinin bina hasarında ilk 5 km'de oldukça etkili olduğu anlaşılmıştır. Faya yakın bölgelerde inşa edilecek binalar için daha dayanıklı yapı tekniklerinin kullanılması ve fay hatlarına olan mesafenin yerleşim yeri seçimlerinde dikkate alınması önerilmektedir.
- Amanos Bölgesinde doğu yönüne bakan binaların daha fazla hasar aldığı göz önüne alınarak, deprem sonrası yeni yerleşim yeri seçiminde bu parametrenin dikkate alınması önerilmektedir.
- Litolojik birimler dikkate alınarak yapı malzemesi seçiminin yapılması ve özellikle yüksek hasar riski taşıyan litoloji sınıflarında inşa edilecek binalar için daha dayanıklı yapı tekniklerinin kullanılması önerilmektedir. Alüvyon, dolomit ve kumtaşı-çamurtaşı-kireçtaşı ardalanması gibi birimlerde bulunan binaların güçlendirilmesi ya da önceliklendirilmesi önem arz etmektedir. Deprem sonrası yeni yerleşim yeri belirlenmesinde bu litoloji sınıflarının göz önünde bulundurulması önerilmektedir.
- Kentsel planlama ve risk yönetimi stratejilerinde, çalışmada belirlenen jeolojik ve jeomorfolojik faktörlerin dikkate alınması ve bu faktörler ışığında güvenli yapılaşma politikalarının geliştirilmesi önerilmektedir. Özellikle fay hatlarına yakın bölgelerde daha sıkı mühendislik standartlarının uygulanması önem taşımaktadır.
- Bölgedeki halkın ve inşaat sektörü çalışanlarının, yapı güvenliği ve sismik riskler konusunda bilinçlendirilmesi ve eğitim programlarının düzenlenmesi

önerilmektedir. Bu sayede, yapıların depreme dayanıklılığını artırmak mümkün olacaktır.

- Bu çalışmanın bulgularını destekleyecek ve genişletecek ek araştırmalar yapılabilir. Özellikle, farklı bölgelerde ve farklı jeolojik koşullarda benzer analizler yapılarak genel geçer sonuçlara ulaşılabilir. Ayrıca, yapı denetim sistemlerinin etkinliği ve yapıların güncel yönetmeliklere uygunluğu da değerlendirilmelidir.

Bu çalışma, Amanos Bölgesi'nde yapıların sismik olaylara karşı kırılma eğilimini etkileyen faktörleri inceleyerek, güvenli yapılaşma ve sismik risk yönetimi için değerli bilgiler sağlamıştır. Ancak, bu analizde bina yaşı, yapı malzemesi, bina kalitesi ve yüksekliği gibi verilerin eksikliği göz önünde bulundurulduğunda, elde edilen sonuçların bu faktörlerin potansiyel etkilerini yansıtmadığı anlaşılmaktadır. Bu nedenle, gelecekteki yapı planlamaları ve hasar risk analizleri yapılırken, bu tür verilerin de dahil edilmesi, bölgedeki sismik risklerin daha etkin bir şekilde azaltılmasına katkıda bulunabilir. Özellikle, 2002 sonrası yapı denetim sistemindeki düzenlemeler ve yönetmeliklerin, yapıların hasar oranlarını önemli ölçüde azalttığı belirlenmiştir (ÇŞİDB, 2024a). Bu durum, güncel yapı standartları ve denetim mekanizmalarının önemini vurgulamaktadır. Bu bağlamda, eksik veri setleriyle yapılan analizlerin sınırlılıkları göz önünde bulundurularak, daha kapsamlı veri toplama ve analiz yöntemleri geliştirilmesi önerilmektedir.

8. YORUM

Bu çalışma, Amanos Bölgesi'nde yapıların sismik olaylara karşı kırılabilirliğini belirlemek amacıyla jeolojik ve jeomorfolojik faktörlerin etkilerini kapsamlı bir şekilde analiz etmiştir. Pearson korelasyon analizi ve lojistik regresyon analizi kullanılarak elde edilen bulgular, yapı hasarları üzerinde çeşitli faktörlerin anlamlı etkilerini ortaya koymuştur.

Yükseklik ve eğim ile bina hasarları arasında negatif bir korelasyon bulunmuştur. Bu, yüksek rakımlı ve eğimli bölgelerdeki yapıların daha düşük hasar oranlarına sahip olduğunu göstermektedir. Fay hattına yakın bölgelerde yer alan binaların daha yüksek oranda hasar görmesi, bu bölgelerin sismik tehlikeler karşısında daha kırılabilir olduğunu göstermektedir. Faya olan mesafe, en yüksek korelasyon değerine sahip değişken olarak belirlenmiştir. Doğu yönüne bakan binaların hasar oranlarının daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Kuzey, güney ve batı yönlerinde ise negatif korelasyon bulunmuştur. Litolojik özelliklerin yapı hasarları üzerinde önemli bir etkisi olduğu belirlenmiştir. Özellikle, alüvyon, kumtaşı-çamurtaşı-kireçtaşı aralanması ve dolomit gibi birimlerde bulunan binaların daha yüksek hasar oranlarına sahip olduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışma, literatüre çeşitli açılardan önemli katkılar sağlamaktadır. Yükselti ve eğim gibi jeomorfolojik faktörlerin yapı hasarları üzerindeki etkileri detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Bu, sismik risk değerlendirmelerinde jeomorfolojik özelliklerin önemini vurgulayan literatüre katkı sağlamaktadır. Fay hattına olan mesafenin yapı hasarları üzerindeki belirleyici rolü, bu çalışmanın bulguları ile desteklenmiştir. Bu, kentsel planlama ve sismik risk yönetiminde fay hatlarına olan mesafenin dikkate alınmasının önemini vurgulayan çalışmalara katkıda bulunmaktadır. Bakı yönü ve litolojik özelliklerin yapı hasarları üzerindeki etkileri, özellikle doğu yönüne bakan binaların ve belirli litolojik birimlerdeki yapıların daha yüksek hasar oranlarına sahip olduğu bulgusu, literatürdeki mevcut bilgileri genişletmektedir. Çalışmada kullanılan Pearson korelasyon analizi ve lojistik regresyon analizi yöntemleri, sismik risk değerlendirmelerinde kullanılabilecek kapsamlı ve etkili veri analizi teknikleridir. Bu, benzer çalışmalarda metodolojik bir rehber olarak literatüre katkı sunmaktadır.

Bu çalışma, Amanos Bölgesi ve benzer sismik risklere sahip bölgelerde güvenli yapılaşma ve sismik risk yönetimi stratejilerinin geliştirilmesine yönelik değerli bilgiler sağlamaktadır. Gelecekteki araştırmalar ve uygulamalar için önemli bir referans kaynağı olarak değerlendirilmektedir.

9. KAYNAKLAR

- Açıkbaş D., Çukurca-Köprülü-Yığınlı (Hakkari ili) alanının jeolojisi ve hidrokarbon olanakları, TPAO Arama Grubu, Rapor No.2303, **1978**.
- ADRC, Asya Afet Azaltma Merkezi, Report on Turkey-Syria Earthquakes, **2023**.
- AFAD, T.C. İçişleri Bakanlığı, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, 6 Şubat 2023 Pazarcık (Kahramanmaraş) Mw 7.7 Elbistan (Kahramanmaraş) Mw 7.6 depremlerine ilişkin ön değerlendirme raporu, Deprem Dairesi Başkanlığı, Ankara, 9 Şubat **2023a**.
- AFAD, T.C. İçişleri Bakanlığı, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, 6 Şubat 2023 Pazarcık-Elbistan (Kahramanmaraş) Mw: 7.7 – Mw: 7.6 depremleri raporu, Deprem Dairesi Başkanlığı, Ankara, 140s. 2 Haziran **2023b**.
- AFAD, Türkiye İvme Veritabanı ve Analiz Sistemi, <https://tadas.afad.gov.tr/event-detail/17966> (Erişim Tarihi: **10.05.2024a**)
- AFAD, Türkiye İvme Veritabanı ve Analiz Sistemi, <https://tadas.afad.gov.tr/event-detail/17969> (Erişim Tarihi: **10.05.2024b**)
- Aktuğ, B., Özener, H., Doğru, A., Sabuncu, A., Turgut, B., Halıcıoğlu, K., Yılmaz, O. ve Havazlı, E., Slip rates and seismic potential on the East Anatolian Fault System using an improved GPS velocity field, Journal of Geodynamics, 94,(**2016**) 1-12.
- Aksay, A., Tekeli, O., Ürgün, B.M. ve Işık, A., Amanosların Paleozoyik birimleri ve Mesozoyik platform karbonat istifleri, MTA Rapor No.8312, **1988**.
- Akyüz, H.S., Altunel, E., Karabacak, V. ve Yalçiner, C.C., Historical earthquake activity of the northern part of the Dead Sea Fault Zone, southern Turkey, Tectonophysics, 426, (**2006**) 281-293.
- Alpaslan. M., Early to Middle Miocene intra-continental basaltic volcanism in the northern part of the Arabian plate: Geochemistry and Petrogenesis, Geological Magazine, 144, 5 (**2007**) 867-882.
- Ambraseys, N. N., Temporary seismic quiescence: SE Turkey, Geophysical Journal International, 96(2), (**1989**) 311-331.
- Ambraseys, N.N. ve Barazangi, M., The 1759 earthquake in the Bekaa Valley: implications for earthquake hazard assessment in the Eastern Mediterranean

- region, Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 94(B4), (1989) 4007-4013.
- Ambraseys, N.N. ve Finkel, C.F., The seismicity of Turkey and adjacent areas: a historical review, 1500-1800, Eren Yayıncılık, İstanbul, 1995.
- Ambraseys, N.N. ve Melville, C.P., Historical evidence of faulting in Eastern Anatolia and Northern Syria, Annali di Geofisica, 38, (1995) 337-343.
- Ambraseys, N.N. ve White, D., The seismicity of the eastern Mediterranean region 550–1 BC: A re-appraisal, Journal of Earthquake Engineering, 1(04), (1997) 603-632.
- Ambraseys, N.N., The 12th century seismic paroxysm in the Middle East: a historical perspective, Annals of Geophysics, 47(2/3), (2004) 733-758.
- Anonim, 1 milyon 430 bin 363 binada hasar tespit çalışması yapıldı, <https://sigortamedya.com.tr/1-milyon-430-bin-363-binada-hasar-tespit-calismasi-yapildi/> (Erişim tarihi: 5 Mayıs 2024)
- Arda, O., The geology and petrology of the Northern Amanos Mountains, Southern Turkey, Doktora Tezi, Sheffield Üniversitesi, Sheffield, 1972.
- Arık, F. Ş., Selçuklular zamanında Anadolu’da meydana gelen depremler. Tarih Araştırmaları Dergisi, 16(27), (1992) 13-32.
- Arpat, E. ve Şaroğlu, F., Doğu Anadolu Fayı ile ilgili bazı gözlem ve düşünceler, MTA Dergisi, 78, (1972) 44-50.
- Arpat, E. ve Şaroğlu, F., Türkiye’deki bazı önemli genç tektonik olaylar, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 18, (1975) 91-110.
- Aslaner, M., İskenderun - Kırıkhan Bölgesindeki ofiyolitlerin jeolojisi ve petrografisi, MTA Yayınları, Ankara, 150 (1973) 71.
- Atan, O. R., Eğribucak - Karacaören (Hassa) – Ceylanlı-Dazevleri (Kırıkhan) arasındaki Amanos Dağlarının jeolojisi : MTA Yayınları, Ankara, 139 (1969) 85.
- Atabey, E., Deprem, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara, 2000.
- Atasoy, A., ve Geçen, R., Reyhanlı ilçesi topraklarında tuzlanma problemi, Türk Coğrafya Dergisi, (62), (2013) 21-28.
- Ateş, Ş., Keçer, M., Osmañcelebioğlu, R. ve Kahraman, S., Antakya (Hatay) il merkezi ve çevresinin yerbilim verileri, MTA Enst. Jeoloji Etütleri Dairesi Derleme

- Raporu, Ankara, Rapor No.10717, **2004**.
- Avcil, F., Işık, E., İzol, R., Büyüksaraç, A., Arkan, E., Arslan, M.H., Aksoylu, C., Eyişüren, O. ve Harirchian, E., Effects of the February 6, 2023, Kahramanmaraş earthquake on structures in Kahramanmaraş city, *Natural Hazards*, **2023**.
<https://doi.org/10.1007/s11069-023-06314-1>
- Babaoğlu, T., Kahramanmaraş ve yakın doğusunun jeolojisi, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, **2008**.
- Bandel, K. ve Khoury, H., Lithostratigraphy of the Triassic in Jordan facies, *New Mexico Doğa Tarihi ve Bilim Müzesi* 61. Bülteni, 4, (**1981**) 1-26.
- Barka, A.A., ve Kadinsky-Cade, K., Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity, *Tectonics*, 7(3), (**1988**) 663-684.
- Bayçelebi, O., Gümüş, S., Tezcan, Ü. Ş., Güven, A., Erten, T., Bozdoğan, N. ve Balkaş, Ö., Güneydoğu Anadolu'da Bedinan Formasyonu basen analizi, TPAO Arama Grubu, Rapor No.1919, **1984**.
- Baz, A., Türkiye'de afetlerde sosyal hizmet uygulamaları: 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremleri örneği, Yüksek Lisans Tezi, Bitlis Eren Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bitlis, **2023**.
- Belgüzar, İ., Antakya (Hatay) – Kahramanmaraş arasındaki Karasu Grabeninin volkan topoğrafyası, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, **2017**.
- Ben-Menahem, A., Earthquake catalogue for the Middle East (92 B.C. - 1980 A.D.), *Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata*, 21 (**1979**) 245-310.
- Ben-Menahem A., Four thousand years of seismicity along the Dead Sea Rift, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 96(B12), (**1991**) 20195-20216.
- Blumenthal, M.M., Niğde ve Adana vilayetleri dahilindeki Torosların jeolojisine umumi bir bakış, MTA Yayınları, Seri B, No.6, **1941**.
- Bol, E., Arel, E., ve Önalp, A., Yerel zemin koşullarının deprem hasarına etkisi – Adapazarı örneği, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 16-20 Ekim 2007, İstanbul, **2007**, p.233-244.

- Boulton, S.J., Robertson, A. H. ve Ünlügenç, U. C., Tectonic and sedimentary evolution of the Cenozoic Hatay Graben, Southern Turkey: a two-phase model for graben formation, Geological Society, London, Special Publications, 260(1), (2006) 613-634.
- Bozdoğan, M. ve Canpolat, E., Analitik hiyerarşi süreci (AHS) ile Delibekirli (Kırıkhan/Hatay) Havzası'nın kütle hareketleri duyarlılık analizi, Ege Coğrafya Dergisi, 31(1), (2022) 33-53.
- Bozkaya, Ö., Yalçın, H. ve Kozlu, H., Amanoslar bölgesi Paleozoyik kayaçlarının mineralojisi, H.Ü. Yerbilimleri, 30, (2009) 11-44.
- Bozkurt, E., Neotectonics of Turkey a synthesis, Geodinamica Acta, 14, (2001) 3-30.
- Bölücü, A., Yavuzeli (Gaziantep) çevresinde yüzeyleyen volkanik kayaçların petrografik ve jeokimyasal özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Elazığ, 2014.
- Brown, T.E., Stratigraphie report Hassa area, petroleüm district VII, Southeast Türkiye - American Overseas Petroleum Limited, Report No.312, 1959.
- Bryant, G.F., Stratigraphic Report on Amanos Mountains Area, Southeast Turkey: American Overseas Petroleum Limited, Report No.906, 1960.
- Cobb, R.E., Geological survey of the Kıradağ area, district V Siirt province, TPAO Arama Grubu, Rapor No.67, 1957.
- Cohen, J., Statistical power analysis for the behavioral sciences, Routledge, 2013.
- Çakır, E. ve Çetin, K.Ö., Liquefaction triggering and induced ground deformations at a metallurgical facility in Dört Yol-Hatay after the February 6 Kahramanmaraş Earthquake sequence, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 178, (2024) 108465. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2024.108465>.
- Çavuş, K. ve Kaya, A.A., Afetler, depremler ve kitlesel zorunlu göç akınları: Kahramanmaraş merkezli depremler üzerinden bir değerlendirme, Afet ve Risk Dergisi, 7(1), (2024) 195-209.
- Çetin, K.Ö., Yakut, A., İlgaç, M., Özacar, A.A., Can, G. ve Çakır, E., 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş-Pazarcık Mw=7.7 ve Elbistan Mw=7.6 depremleri ön değerlendirme raporu, ODTÜ Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi, Şubat

- 2023, Ankara, (2023) 15.
- Çokluk, Ö., Logistic regression: Concept and application, Educational Sciences: Theory and Practice, 10(3), (2010) 1397-1407.
- ÇŞİDB, T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı 2023 yılı idare faaliyet raporu, Şubat 2024, Ankara, 2024a.
- ÇŞİDB, Hasar tespit, <https://hasartespit.csb.gov.tr/> (Erişim tarihi: 10 Mayıs 2024b)
- Dean, W. T. ve Krummenacher, R., Cambrian trilobites from the Amanos mountains, Turkey, Palaeontology, 4(1), (1961) 71-81.
- Dean, W.T. ve Monod, O., The Lower Paleozoic stratigraphy and faunas of the Taurus Mountains near Beyşehir, Turkey: The Trilobites of the Seydisehir Formation (Ordovician), I, Stratigraphy: Bulletin of the British Museum (Natural History) Geology, 19, (1970) 411-426.
- Dean, W. T., Monod, O. ve Perinçek, D., Correlation of Cambrian and Ordovician rocks in southeastern Turkey, T.C. Petrol İşleri Genel Müdürlüğü Dergisi, 25, (1981) 269-291.
- Dean, W.T. ve Monod, O., A new interpretation of Ordovician stratigraphy in the Bahçe area, northern Amanos Mountains, south central Turkey, Geological Magazine, 122(1), (1985) 15-25.
- Dean, W.T., Martin, F., Monod, O., Günay, Y., Kozlu, H. ve Bozdoğan, N., Precambrian and Cambrian stratigraphy of the Penbegli-Tut inlier, southeastern Turkey, Geological Magazine, 134, (1997) 37-53.
- Değerliyurt, M., İskenderun-Arsuz ilçelerinin (Hatay) CBS tabanlı zemin hareketleri duyarlılık analizi, Electronic Turkish Studies, 9(5), (2014) 655-678.
- Demirbilek, S., Arsuz (Hatay) kıyı ovasında bulunan bozuk drenaj sahalarının tespiti ve çözüm önerileri, Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 16(44), (2019) 120-140.
- Demirkol, C., Türkoğlu (Kahramanmaraş) batısında yer alan Amanos Dağlarının stratigrafisi, yapısal özellikleri ve jeotektonik evrimi, MTA Dergisi, Ankara, 108 (1988) 18-37.
- Dewey, J. F., Hempton, M. R., Kidd, W. S. F., Şaroğlu, F. ve Şengör, A. M. C., Shortening

of continental lithosphere: the neotectonics of Eastern Anatolia – a young collision zone: in Coward. M. P. and Ries, A. C., eds., *Collision Tectonics*, Geol. Soc. London Spec. Pub., 19 (R. M. Shackleton volume), **(1986)** 3-36.

Doğan, G., Ecemiş, A. S., Korkmaz, S. Z., Arslan, M. H. ve Korkmaz, H. H., Buildings damages after Elazığ, Turkey earthquake on January 24, 2020, *Natural Hazards*, 109(1), **(2021)** 161-200.

Doğangün, A., Yön, B., Onat, O., Öncü, M.E. ve Sağıroğlu, S., Seismicity of East Anatolian of Turkey and failures of infill walls induced by major earthquakes, *Journal of Earthquake and Tsunami* 15(04), **(2021)**.
<https://doi.org/10.1142/s1793431121500172>

Donat, D., Sinanlı-Samandağ ve Arsuz-İskenderun (Hatay) yöresi Miyo-Pliyosen geçişinde yer alan çökellerin mikropaleontolojik incelemesi ve ortamsal yorumu, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, **2009**.

Dong, L. ve Shan, J., A comprehensive review of earthquake-induced building damage detection with remote sensing techniques, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 84, **(2013)** 85–99.
<https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2013.06.011>

Downey, G., Seleucid chronology in Malalas, *American Journal of Archaeology*, 42(1), **(1938)** 106-120.

Dubertret, L., Géologie des Roches Vertes de la Syrie et du Hatay (Turquie), *Notes et Mémoires sur le Moyen Orient*, Muséum d'Histoire Naturelle, Paris, VI, **(1953)** 1-225.

Dubertret, L., Liban, Syrie et bordure des pays voisins: Tableau stratigraphique, avec carte géologique au millionième, Première partie, Muséum National d'Histoire Naturelle, **1966**.

Duman, T.Y. ve Emre, Ö., The East Anatolian Fault: geometry, segmentation and jog characteristics, MTA Enstitüsü, Ankara, **2013**.

Duman, T.Y., Elmacı, H., Özalp, S., Kürçer, A., Kara, M., Özdemir, E., Yavuzoğlu, A. ve Güldoğan, Ç.U., Paleoseismology of the Western Sürgü–Misis fault system: East Anatolian Fault, Turkey, *Mediterranean Geoscience Reviews* 2(3), **(2020)**

411–437. <https://doi.org/10.1007/s42990-020-00041-6>.

Duman, H., 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremleri ve Türkiye afet yönetimi sistemine ilişkin bir değerlendirme, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul, **2024**.

Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Şaroğlu, F., Olgun, Ş., Elmacı, H. ve Çan, T., Active fault database of Turkey, Bulletin of Earthquake Engineering 16(8), (**2018**) 3229–3275. <https://doi.org/10.1007/s10518-016-0041-2>.

Erentöz, C., Mollusques du Neogene des Bassins de Karaman, Adana et Hatay (Turquie), MTA Yayınları, Ankara, **1958**.

Ergin K., Güçlü U. ve Uz Z., A catalogue of earthquakes for Turkey and surrounding area (11AD to 1964AD), İstanbul Technical University Publications, 24, (**1967**) 189.

Eyal, M., Eyal, Y., Bartov, Y. ve Steinitz, G., The tectonic development of the western margin of the Gulf of Elat (Aqaba) rift, Tectonophysics 80, (**1981**) 39-66.

Fakı, G., Yayladağı ilçesinde (Hatay) jeomorfolojik birimler ile arazi kullanımı arasındaki ilişki, Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Hatay, **2010**.

Freund, R., Garfunkel, Z., Zak, I., Goldberg, M., Weissbrod, T. ve Derin, B., The shear along the Dead Sea Rift, Philosophical Transactions for the Royal Society of London, Series A, Mathematical and Physical Sciences, 267, (**1970**) 107-130.

Garfunkel, Z., Zak, I. ve Freund, R., Active faulting in the Dead Sea Rift, Tectonophysics, 80, (**1981**) 1-26.

Garfunkel, Z., Zak, I. ve Ben-Avraham. Z., The structure of the Dead Sea Basin. Tectonophysics, 266, (**1996**) 155-176.

Giammarinaro, M. S., Tertulliani, A., Galli, G., ve Leta, M., Investigation of surface geology and intensity variability in the Palermo, Italy, urban area after the 6 September 2002 earthquake, Bulletin of the Seismological society of America, 95(6), (**2005**) 2318-2327.

Gossage, D. W., Compiled progress report on the geology of part of petroleum district VI, Southeast Turkey: NV Turkse Shell, Report No. GRT.2 (**1956**) 22.

Gökçeoğlu, C., Assessment of rate of penetration of a tunnel boring machine in the

- longest railway tunnel of Turkey, SN Applied Sciences, 4(1), (2022) 19.
<https://doi.org/10.1007/s42452-021-04903-y>
- Gökçeoğlu, C., 6 February 2023 Kahramanmaraş-Türkiye Earthquakes: A general overview, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 48, (2023) 417–424.
<https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-M-1-2023-417-2023>
- Görüm, T., Tanyas, H., Karabacak, F., Yılmaz, A., Girgin, S., Allstadt, K.E., Süzen, M.L. ve Burgi, P., Preliminary documentation of coseismic ground failure triggered by the February 6, 2023 Türkiye earthquake sequence, Engineering Geology, 327, (2023) 107315. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2023.107315>
- Gude, J. A., Mitchell, M. S., Ausband, D. E., Sime, C. A. ve Bangs, E. E., Internal validation of predictive logistic regression models for decision-making in wildlife management, Wildlife Biology, 15(4), (2009) 352-369.
- Guidoboni, E., Comastri, A. ve Traina, G., Catalogue of ancient earthquakes in the Mediterranean area up to the 10th century, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Italy, **1994a**.
- Guidoboni, E. ve Comastri, A., Catalogue of earthquakes and tsunamis in Mediterranean area from the 11th to the 15th century, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Italy, **1994b**.
- Guidoboni, E., Mariotti, D., Giammarinaro, M. S. ve Rovelli, A., Identification of amplified damage zones in Palermo, Sicily (Italy), during the earthquakes of the last three centuries, Bulletin of the Seismological Society of America, 93(4), (2003) 1649-1669.
- Gülen, L., Barka, A. A. ve Toksöz, M. N., Kıtaların çarpışması ve ilgili kompleks deformasyon: Maraş eklemi ve çevre yapıları, Yerbilimleri, 14, (1987) 319-336.
- Günay, Y., Amanos Dağları'nın jeolojisi ve Karasu-Hatay grabeninin petrol olanakları, TPAO Raporu, Rapor No.1954, **1984**.
- Günay, Y., Güneydoğu Anadolu'nun jeolojisi-stratigrafisi, TPAO Arama Grubu, Rapor No.3939, **1998**.
- Hempton, M. R., Constraints on Arabian Plate motion and extensional history of the Red Sea, Tectonics, 6, (1987) 687–705.

- Herece, E., Doğu Anadolu Fayı (DAF) atlası, MTA Özel Yayın Serisi-13, Ankara, **2008**.
- Hıra, E. ve Ayyıldız, T., Petrophysical properties determination of the Ordovician (Hirnatian) siliciclastic of Bedinan Formation with geophysical methods (well logs and seismic) around Bismil SE of Diyarbakır, Southeast Anatolia, International Earth Science Colloquium On the Aegean Region, 7-11 Ekim 2019, İzmir, **2019**.
- Hinkle, D. E., Wiersma, W. ve Jurs, S. G., Applied statistics for the behavioral sciences (663), Boston: Houghton Mifflin, **2003**.
- Honigmann, E., Bizans Devleti'nin doğu sınırı: Çeviren Fikret Işıltan, İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları, İstanbul, **1970**.
- Hosmer Jr, D. W., Lemeshow, S. ve Sturdivant, R. X., Applied logistic regression, John Wiley & Sons, **2013**.
- Ishmawi, R., Geologie des nörtlichen Mittelteiles des Amanos Gebirgeszvvichen Islahiye und Bahçe (S. Türkei): Geotekt. Forschungen, 42 (**1972**) 34-65.
- Işık, E., Structural failures of adobe buildings during the February 2023 Kahramanmaraş (Türkiye) Earthquakes, Applied Sciences, 13(15), (**2023**) 8937.
<https://doi.org/10.3390/app13158937>
- Jackson, J. ve McKenzie, D. P., 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(1), (**1988**) 45–73.
- Janetzko, P., Geologische Untersuchungen an der Ostflanke des Südlichen Amanos-Gebirges zvvischen Islahiye und Hassa: Geotekt.Forschungen, 42 (**1972**) 1-34.
- Kagawa, T., Noguchi, T., Yoshida, S. ve Yamamoto, S., Effect of the surface geology on strong ground motions due to the 2016 Central Tottori Earthquake, Japan, Earth, Planets and Space, 69 (**2017**) 1-8.
- Karadaş, A. ve Öner, E., 30 Ekim 2020 Sisam depreminin İzmir-Bayraklı'da yol açtığı hasar üzerinde Bornova ovasının alüvyal jeomorfolojisinin etkileri, Coğrafya Dergisi, 42, (**2021**) 139-153.
- Karakaş, G., Ünal, E.O., Tunar Özcan, N., Çetinkaya, S., Can, R., Gökçeoğlu, C. ve Kocaman, S., Co-seismic landslide based validation of susceptibility mapping

after Kahramanmaraş Earthquakes (Feb 6, 2023) in Amanos Mountains, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 48, (2023) 429–436.

<https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-1-W2-2023-429-2023>

Karakaş, G., Ünal, E.O., Çetinkaya, S., Tunar Özcan, N., Karakaş, V.E., Can, R., Gökçeoğlu, C. ve Kocaman, S., Analysis of landslide susceptibility prediction accuracy with an event-based inventory: The 6 February 2023 Türkiye earthquakes, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 178, (2024) 108491.

<https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2024.108491>

Karakuş, K. ve Taner, G., Samandağ Formasyonunun (Antakya Havzası) yaşı ve molluska faunasına bağlı paleoekolojik özellikleri, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 37(2), (1994) 87-109.

Karataş, A. ve Korkmaz, H., Hatay ilinin su potansiyeli ve sürdürülebilir yönetimi, Mustafa Kemal Üniversitesi Yayınları, 40, 2012.

Karig, D.E. ve Kozlu, H., Late Palaeogene-Neogene evolution of the triple junction region near Maraş, south-central Turkey, Journal of the Geological Society, 147, (1990) 1023-1034.

Kartal, R. F., Kadirioglu, F. T. ve Zünbül, S., Doğu Anadolu Fay Zonu ve Ölü Deniz Fay Zonunun kinematığı, Aktif Tektonik Araştırma Grubu 17. Çalıştayı, 24-26 Ekim 2013, Antalya, 2013.

Kaya, S. ve Kıyılı, R., Antakya’da ortaçağda meydana gelen doğal afet ve salgın hastalıklar, Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 12, (2009) 403-418.

Kaya Topaçlı, Z, Havza ölçeğinde heyelandan kaynaklanan zararların azaltılmasına yönelik metodoloji ve yöntemlerin geliştirilmesi (Bolaman mikro havzası, Ordu), Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2023.

Kayabaşı, A. ve Gökçeoğlu, C., Liquefaction potential assessment of a region using different techniques (Tepebaşı, Eskişehir, Turkey), Engineering Geology, 246 (2018) 139-161.

Ketin, İ., Güneydoğu Anadolu'nun Kambriyen teşekkülleri ve bunların Doğu İran

- Kambriyani ile mukayesesi, Bulletin of the Mineral Research and Exploration, 66, (1966) 75-87.
- Khair, K., Karakaisis, G. F. ve Papadimitriou, E. E., Seismic zonation of the Dead Sea transform fault area, Annali di Geofisica, 43(1), (2000) 61-79.
- Khalifa, A., Çakır, Z., Owen, L. A. ve Kaya, Ş., Evaluation of the relative tectonic activity of the Adıyaman fault within the Arabian-Anatolian plate boundary (Eastern Turkey), Geologica acta: an international earth science journal, 17(1), (2019) 1-17.
- Kınalıbalaban, B., Sofalica bölgesi (Gaziantep) krom madeni üzerinde mikrogravite anomalilerinin normalize tam gradyant ve doğrusal olmayan ters çözümle modellenmesi, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2012.
- Klinger, Y., Avouac, J.P., Karaki, N.A., Dorbath, L., Bourles, D. ve Reyss, J.L., Slip rate on the Dead sea transform fault in northern Araba valley (Jordan), Geophysical Journal International, 142(3), (2000) 755-768.
- Kocaçiftçi, P. ve Ünlüenç, U., Antakya ve yakın civarının tektono-stratigrafisi, Geosound, 52(1), (2008) 157-184.
- KOERI, 06 Şubat 2023 Sofalaca Şehitkamil Gaziantep depremi basın bülteni. B.Ü. Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Bölgesel Deprem-Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi, Şubat 2023, İstanbul, 2023.
- KOERI, Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Bölgesel Deprem-Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi Deprem Sorgulama Sistemi, <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/zeqdb/> (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2024).
- Kop, A., Ünlüenç U.C. ve Demirkol, C., Kırıkhan ve civarının (Hatay) stratigrafik gelişimi, GD Türkiye, Yerbilimleri, Sayı: 40/41 (2002) 51-80.
- Korkmaz, H., Kahramanmaraş havzasının jeomorfolojisi, T.C. Kahramanmaraş Valiliği İl Kültür Müdürlüğü Yayınları No: 3, Kahramanmaraş, 2001.
- Köylüoğlu, M., Güneydoğu Anadolu otokton birimlerinin kronostratigrafisi, mikrofasiyes ve mikrofosilleri, Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı Araştırma Merkezi Grubu Başkanlığı, Eğitim Yayınları, Yayın No. 9, 1986.

- Krummenacher, R. ve Periam, C. E., Geological studies in the Amanos Mountains with some regional consideration: NV Turkse Shell, Report no.GRT, 11, (1958) 34.
- Krummenacher, R. ve Dean, W.T., Cambrian trilobites from the Amanos Mountains, Türkiye: Paleontology, 4 (1961) 71-81.
- Lahner, L., Geologische Untersuchungen an der Ostflanke des mittleren Amanos: Geotekt, Forschungen, 42 (1972) 71-81.
- Le Pichon, X. ve Angelier, J., The Hellenic arc and trench system: A key to the neotectonic evolution of the Eastern Mediterranean area, Tectonophysics, 60, (1979) 1-42.
- Le Pichon, X. ve Gaulier, J. M., The rotation of Arabia and the Levant fault system, Tectonophysics, 153, (1988) 271-294.
- Lekkas, E.L., Pyrgos earthquake damages (based on E.M.S.-1992) in relation with geological and geotechnical conditions, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 15, (1996) 61-68, [https://doi.org/10.1016/0267-7261\(95\)00034-8](https://doi.org/10.1016/0267-7261(95)00034-8).
- Lever, J., Krzywinski, M. ve Altman, N., Logistic regression: Regression can be used on categorical responses to estimate probabilities and to classify, Nature Methods, 13(7), (2016) 541-543.
- Lyberis, N., Tectonic evolution of the Gulf of Suez and the Gulf of Aqaba, Tectonophysics, 153, (1988) 209-220.
- Lyberis, N., Yürür, T., Chorowicz, J., Kasapoğlu, E. ve Gündoğdu, N., The East Anatolian fault: An oblique collisional belt, Tectonophysics, 204, (1992) 1-15.
- Macmurdo, J., XXI. Papers relating to the earthquake which occurred in India in 1819, The Philosophical Magazine, 63:310 (1824) 105-119.
<https://doi.org/10.1080/14786442408644477>.
- Maxon, J. H., Türkiye'nin krater gölü Nemrut: MTA Bulletin, 1(5), 1936.
- McKenzie, D. P., Active tectonics of the Mediterranean region, Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society, 30, (1972) 109–185.
- McKenzie, D.P., The East Anatolian fault: A major structure in Eastern Turkey, Earth and Planetary Science Letters, 29(1), (1976) 189-193.
- McClusky, S., Balassanian, S., Barka, A., Demir, C., Ergintav, S., Geoergiev, I., Gurkan,

- O., Hamburger, M., Hurst, K., Kahle, H., Kastens, K., Kekelidze, G., King, R., Kotzev, V., Lenk, O., Mahmoud, S., Mishin, A., Nadariya, M., Ouzounis, A., Paradissis, D., Peter, Y., Prilepin, M., Reilinger, R., Sanli, I., Seeger, H., Tealeb, A., Toksöz, M.N. ve Veis, G., Global Positioning System constraints on plate kinematics and dynamics in the eastern Mediterranean and Caucasus, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 105(B3), (2000) 5695-5719.
- McCrink, T.P., Wills, C.J., Real, C.R. ve Manson, M.W., Effects of topographic position and geology on shaking damage to residential wood-framed structures during the 2003 San Simeon Earthquake, Western San Luis Obispo County, California, *Earthquake Spectra*, 26(3), (2010) 779-802. <https://doi.org/10.1193/1.3459160>
- Midi, H. ve Bagheri, A., Robust multicollinearity diagnostic measures based on minimum covariance determination approach, *Economic Computation & Economic Cybernetics Studies & Research*, 47(4), (2013) 1-15.
- Muehlberger, W.R., ve Gordon, M. B., Observations on the Complexity of the East Anatolian Fault, Turkey, *Journal of Structural Geology*, 9, (1987) 899-903.
- Müller, D.W. ve Mueller, P.A., Origin and age of the Mediterranean Messinian evaporites: Implications from Sr Isotopes, *Earth and Planetary Science Letters*, 107(1), (1991) 1-12.
- Narayan, J.P. ve Sharma, M.L., Effects of local geology on damage severity during Bhuj India earthquake, 13th World Conference on Earthquake Engineering, 2004.
- Nurwihastuti, D.W., Understanding of earthquake damage pattern through geomorphological approach: A case study of 2006 Earthquake in Bantul, Yogyakarta, Indonesia, *World Journal of Engineering and Technology*, 2(03), (2014) 61.
- Oral, M.B., Reilinger, R.E., Toksöz, M.N., King, R. W., Barka, A., Kinik, I. ve Lenk, O., Global positioning system offers evidence of plate motions in eastern Mediterranean, *EOS, Transactions American Geophysical Union*, 76(2), (1995) 9-11.
- Önal, H.M., Doğu Anadolu Fay Zonu Ilıca segmenti'nin aktif tektonik özelliklerinin paleosismolojik ve morfometrik yöntemlerle belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul, 2023.

- Özbilgin, M., Erbil, C., Şimşek Demirbağ, K., Demirbağ, O. ve Tanrıverdi, V., Afet yönetiminde sorumluluğun yeniden inşası: Deprem, sosyal dramalar, sosyal politikalar, Sosyal Mucit Academic Review, 4(1), (2023) 71-112. <https://doi.org/10.54733/smar.1253256>.
- Özener, H., Arpat, E., Ergintav, S., Doğru, A., Çakmak, R., Turgut, B., ve Doğan, U., Kinematics of the eastern part of the North Anatolian Fault Zone, Journal of Geodynamics, 49(3-4), (2010) 141-150.
- Özener, P., Monkul, M.M., Eseller Bayat, E., Ari, A. ve Çetin, K.O., Liquefaction and performance of foundation systems in Iskenderun during 2023 Kahramanmaraş-Türkiye earthquake sequence, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 178, (2024) 108433. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2023.108433>
- Özkula, G., Dowell, R.K., Baser, T., Lin, J.L., Numanoğlu, O.A., İlhan, O., Olgun, C.G., Huang, C.-W. ve Uludağ, T.D., Field reconnaissance and observations from the February 6, 2023, Turkey earthquake sequence, Natural Hazards, 119, (2023) 663–700. <https://doi.org/10.1007/s11069-023-06143-2>
- Özşahin, E., Antakya'da (Hatay) yer seçiminin jeomorfolojik özellikler ve doğal risk açısından değerlendirilmesi, Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 13(23), (2010) 1-16.
- Özşahin, E., Amanos Dağlarında bir paleokarstik vadinin jeomorfolojik özellikleri ve gelişimi, Turkish Studies (Elektronik), 8(9) (2013) 2111-2128.
- Özşahin, E., Kuseyr platosunun (Hatay) jeomorfolojik özellikleri, Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi, 2(1), (2014) 83-109.
- Özüdoğru, B. A., 2023 yılında gerçekleşen Kahramanmaraş merkezli depremin etkileri ve politika önerileri, Türkiye Ekonomi Politikaları Araştırma Vakfı, 2023, 1-35.
- Perinçek, D., Interrelation of the Arabian and Anatolian plates, Guidebook for excursion B. In First Geological Congress of the Middle East, The Geological Society of Turkey, (1979) 34.
- Perinçek, D., Günay, Y. ve Kozlu, H., Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesindeki yanal atımlı faylar ile ilgili yeni gözlemler, Türkiye 7. Petrol Kongresi, (1987) 89-103.
- Perinçek, D., Hakkari ili ve dolayının stratigrafisi, yapısal özellikleri, petrol imkanları, TPAO Arama Grubu, Rapor No.2545, 1989.

- Perinçek, D., Hakkari ili ve dolayının stratigrafisi, GDA Türkiye, TPJD Bülteni, 2(1), (1990) 21-68.
- Perinçek, D. ve Çemen, İ., The structural relation between the East Anatolian and Dead Sea fault zones in southeastern Turkey, Tectonophysics, 142, (1990) 331-340.
- Pınar, N. ve Lahn, E., Türkiye Depremleri İzahlı Kataloğu, T.C. Bayındırlık Bakanlığı Yapı ve İmar İşleri Reisliği Yayınları, 36(6), Ankara, 1952.
- Poirier, J. P. ve Taher, M. A., Historical seismicity in the near and Middle East, North Africa, and Spain from Arabic documents (VIIth-XVIIIth century), Bulletin of the Seismological Society of America, 70(6), (1980) 2185-2201.
- Quennel, A.M., The structural and geomorphic evolution of the Dead Sea rift, Quarterly Journal of the Geological Society, 114(1-4), (1958) 1-24.
- Rasouliyan, L. ve Miller, D. P., The logic and logistics of logistic regression, Western users of SAS software, (2006) 1-14.
- Reilinger, R. E., McClusky, S.C., Oral, M. B., King, R. W. ve Toksoz M. N., Global Positioning System measurements of present-day crustal movements in the Arabia-AfricaEurasia plate collision zone, Journal of Geophysical Research, 102, (1997) 9983-9999.
- Reilinger, R., McClusky, S., Vernant, P., Lawrence, S., Ergintav, S., Cakmak, R., Ozener, H., Kadirov, F., Guliev, I., Stepanyan, R., Nadariya, M., Hahubia, G., Mahmoud, S., Sakr, K., ArRajehi, A., Paradissis, D., Al-Aydrus, A., Prilepin, M., Guseva, T., Evren, E., Dmitrova, A., Filikov, S.V., Gomez, F., Al-Ghazzi, R. ve Karam, G., GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia-Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions, Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 111(B5), 2006.
- Rojay, B., Heimann, A. ve Toprak, V., Neotectonic and volcanic characteristics of the Karasu fault zone (Anatolia, Turkey): the transition zone between the Dead Sea transform and the East Anatolian fault zone, Geodinamica Acta, 14(1-3), (2001) 197-212.
- Rotstein, Y. ve Kafka, A.L., Seismotectonics of the southern boundary of Anatolia, eastern Mediterranean region: Subduction, collision, and arc jumping, Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 87(B9), (1982) 7694-7706.

- Sayın, E., Yön, B., Calayır, Y. ve Karaton, M., Failures of masonry and adobe buildings during the June 23, 2011 Maden-(Elazığ) earthquake in Turkey. *Engineering Failure Analysis*, 34, (2013) 779-791.
- SBB, T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı 2023 Kahramanmaraş ve Hatay depremleri raporu, Mart 2023, Ankara, **2023**.
- SBB, T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı 2023 Kahramanmaraş ve Hatay depremleri yeniden imar ve gelişme raporu, Şubat 2024, Ankara, **2024**.
- Sbeinati, M. R., Darawcheh, R. ve Mouty, M., The historical earthquakes of Syria: an analysis of large and moderate earthquakes from 1365 B.C. to 1900 A.D., *Annals of Geophysics*, 48(3), (2005) 347-435.
- Scarr, S., Kawoosa, V.M. ve Chowdhury, J., The day the Earth moved, How the Turkey earthquake tore a 300-kilometre rupture through the Earth's surface, Reuter Website, <https://www.reuters.com/graphics/TURKEY-QUAKE/RUPTURE/gdpzqdzwww/> (Erişim tarihi: **2 Şubat 2024**).
- Schober, P. ve Vetter, T.R., Logistic regression in medical research. *Anesthesia & Analgesia*, 132(2), (2021) 365-366.
- Schwan, W., Geology and tectonics of the central Amanos Mountains, *Geology and History of Turkey*, Petroleum Exploration Society of Libya, Tripoli, (1971) 283-303.
- Selçuk, H., Kızıldağ-Keldağ-Hatay dolayının jeolojisi ve jeodinamik evrimi, MTA Raporu, Ankara, 7787, **1985**.
- Sharma, K., Subedi, M., Parajuli, R., ve Pokharel, B., Effects of surface geology and topography on the damage severity during the 2015 Nepal Gorkha earthquake, *Lowland Technology International*, 18(4, March), (2017) 269-282.
- Sönmez, M., Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı deprem hasar riski analizi: Zeytinburnu (İstanbul) örneği, *Türk Coğrafya Dergisi*, 56, (2014) 11-22.
- Stein, S. ve Wysession, M., *An introduction to seismology, earthquakes, and earth structure*, John Wiley & Sons, **2009**.
- Steinitz, G. ve Bartov, Y., The Miocene – Pliocene history of the Dead Sea segment of the rift in light of K-Ar ages of basalts, *Israel Journal of Earth Sciences*, 40,

(1991) 199-208.

Sungurlu, O., VI Bölge Gölbaşı-Gerger arasındaki sahanın jeolojisi, TPAO Arama Grubu, Rapor No.802, **1973**.

Şafak, Ü., Antakya Havzası ostrakod foraminifer biyostratigrafisi, TJK Bülteni, 36, (1993) 115-137.

Şafak, Ü., Sonsun, H. ve Nurlu, N., Strontium isotopes, ostracod fauna, and paleoenvironmental characteristics in the Late Miocene sequence of the Mut/Dağpazarı region, Southern Turkey, Hittite Journal of Science & Engineering, 10(4), (2023) 287-299.

Şahin, C., Doğanay, H., ve Özcan, N. A., Türkiye coğrafyası ve jeopolitiği (fiziki-beşerî-ekonomik-jeopolitik), Gündüz Eğitim ve Yayıncılık, Ankara, **2004**.

Şaroğlu, F., Emre, Ö. ve Kuşçu, İ., The East Anatolian fault zone of Turkey, *Anales Tectonicae*, 6, (1992) 99-125.

Şengezer, B., Ansal, A. ve Bilen, Ö., Evaluation of parameters affecting earthquake damage by decision tree techniques, *Natural Hazards*, 47, (2008) 547-568.

Şengör A.M.C., The North Anatolian transform fault: its age, offset and tectonic significance, *Journal of the Geological Society*, 136(3), (1979) 269-282.

Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach, *Tectonophysics* 75, (1981) 181-241.

Şengör, A.M.C., Görür, N. ve Şaroğlu, F., Strike slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study, in strike-slip faulting and basin formation, *Soc. Ecan. Paleont. Min. Sec.*, 37, (1985) 227-264.

Tekeli, O. ve Erendil, M., Kızıldağ ofiyolitlerinin (Hatay) jeolojisi ve petrolojisi, MTA Rapor No.7778, **1984**.

Terlemez, H.Ç.İ., Şentürk, K., Ateş, Ş., Sümengen, M. ve Oral, A., Gaziantep dolayının ve Pazarcık-Sakçagöz-Kilis-Elbeyli-Oğuzeli arasındaki jeolojisi, MTA Rapor No.9526, Ankara (yayınlanmamış), **1992**.

Tertulliani, A., Qualitative effects of local geology on damage pattern, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 90(6), (2000) 1543-1548.

Tinkler, C., Wagner, J. J., Delaloye, M. ve Selçuk, H., Tectonic history of the Hatay

- ophiolites (South Turkey) and their relation with the Dead Sea Rift, *Tectonophysics*, 72(1), (1981) 23-41.
- Tufan, E., Ateşçi, B., Beyazçiçek, H., ve Uçar, L., Hatay ili jeolojik özellikleri, MTA Doğu Akdeniz Bölge Müdürlüğü, MTA, Ankara, **2015**.
- Tuna, D., VI. bölge litostratigrafi birimleri adlamasının açıklayıcı raporu, TPAO Arama Grubu, Rapor No.813, (1973) 131.
- Turoğlu, H., Zemin sıvılaşmasının 17 Ağustos 1999 depreminde Adapazarı'ndaki hasara etkisi, İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi, 12, (2004) 63–74.
- Türkkan, A., Yavuzeli–Araban (Gaziantep) dolayının stratigrafisi ve Fırat formasyonu resifal kireçtaşlarının doğal yapı malzemesi olarak kullanılabilirliğinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, **2011**.
- UNOCHA, Birleşmiş Milletler İnsani Yardım Koordinasyon Ofisi, Türkiye: 2023 Earthquakes Situation, Rapor No. 11, **2023**.
- Ulu, U., Genç, S., Giray, S., Metin, Y. ve Çörekçiöğlü, E., Belveren-Araban-Yavuzeli-Nizip-Birecik dolayının jeolojisi ve Senozoyik yaşlı volkanik kayaların petrolojisi ve bölgesel yayılımı, Maden Tetkik ve Arama Raporu, Rapor No.9226, **1991**.
- Usta, D., Ateş, Ş., Beyazpirinç, M., Kanar, F., Yıldız, H., Uçar, L., Akça, İ., Tufan, E. ve Örtlek, A.T., Orta ve Kuzey Amanos Dağları'nın (Osmaniye-Gaziantep-K. maraş) stratigrafisine ilişkin yeni bulgular, TPJD Bülteni, 27(1), (2015) 57-98.
- Üsküplü, S., Hatay ili ve yakın çevresi için deprem senaryolarının CBS içerisinde hazırlanması ve bu senaryoların tarihsel depremler ile karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, **2012**.
- Vittinghoff, E., Glidden, D. V., Shiboski, S. C., McCulloch, C. E., Vittinghoff, E., Glidden, D. V., ..., McCulloch, C. E., Logistic regression. Regression methods in biostatistics: linear, logistic, survival, and repeated measures models, (2012) 139-202.
- Wang, F., Miyajima, M., Dahal, R., Timilsina, M., Li, T., Fujiu, M., Kuwada, Y. ve Zhao,

- Q., Effects of topographic and geological features on building damage caused by 2015.4.25 Mw7.8 Gorkha earthquake in Nepal: A preliminary investigation report, *Geoenvironmental Disasters* 3, **2016**. <https://doi.org/10.1186/s40677-016-0040-2>
- Westaway, R.O.B., Present-day kinematics of the Middle East and Eastern Mediterranean, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 99(B6), **(1994)** 12071–12090.
- Westaway, R.O.B ve Arger, J., The Gölbaşı basin, southeastern Turkey: a complex discontinuity in a major strike-slip fault zone, *Journal of the Geological Society*, 153(5), **(1996)** 729-744.
- Westaway, R.O.B., Kinematics of the Middle East and Eastern Mediterranean updated, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 12(1), **(2003)** 5-46.
- Wilson, H.H. ve Krummenacher, R., Geology and oil prospects of Gaziantep region, Southeast Turkey, *Petrol Dairesi Başkanlığı Teknik Arşivi*, Ankara (yayınlanmamış), **1957**.
- Yalçın, N., Narince-Gerger (Adıyaman ili) alanın jeoloji incelemesi ve petrol olanaklarının araştırılması, TPAO Arama Grubu, Rapor No.1019, **(1976)** 168.
- Yalçın, N., Doğu Anadolu yarılıminin Türkoğlu-Karaağaç (Kahramanmaraş) arasındaki kesimin özellikleri ve bölgedeki yerleşme alanları, *Altınlı Sempozyumu*, 6-7 Mart 1979, İstanbul, Türkiye Jeoloji Kurumu, İstanbul, **1979a**, 49-55.
- Yalçın, N., Orta Amanosların jeolojisi ve petrol olanakları, TPAO Arama Grubu, Rapor No.1393, **1979b**.
- Yalçın, N., Amanosların litolojik Karakterleri ve Güneydoğu Anadolu'nun tektonik evrimindeki anlamı, *Türkiye Jeolojisi Kurumu Bülteni*, Şubat 1980, Ankara, 23 **(1980)** 21-30.
- Yamazaki, F., Suto, T., Matsuoka, M., Horie, K., Inoguchi, M. ve Liu, W., Statistical analysis of building damage in Japan based on the 2016 Kumamoto Earthquake, **2018**.
- Yetiş, C., Searl, A. ve Hallam, A., Bahçe-İndere (Amanos Dağları) alanının Alt Paleozoyik stratigrafisi ve Koruk Formasyonunun bazı dolomitleşme özellikleri, *Ahmet Acar Jeoloji Sempozyumu*, Çukurova Üniversitesi Mühendislik

- Mimarlık Fakültesi, Adana, Bildiriler Kitabı, (1991) 289-301.
- Yıldırım, M., Kahramanmaraş kuzeyindeki (Engizek-Nurhak Dağları) tektonik birliklerin jeolojik petrolojik incelenmesi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1989.
- Yıldız, H., ve Taptık, M. A., Hatay ilinin jeolojisi, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Doğu Akdeniz Bölge Müdürlüğü, Adana, 2003.
- Yılmaz, Y., Demirkol, C., Yiğitbaş, E. ve Gürpınar, O., Amanos dağlarının jeolojisi, İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, TPAO Araştırma No.1920, İstanbul, 1984.
- Yılmaz E. ve Duran O., Güneydoğu Anadolu Bölgesi otokton ve allokton birimler stratigrafi adlama sözlüğü, TPAO Araştırma Merkezi Eğitim Yayınları, 31, (1997) 460.
- Yolcu, H., Kızıldağ (Hatay) vejetasyonunun araştırılması, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2005.
- Yoldemir, O., Gölbaşı (Adıyaman) güneyindeki alanda izlenen Haydarlı formasyonunun (Üst Kretase) sedimantolojisi ve ortamsal yorumu, Türkiye 7. Petrol Kongresi, Jeoloji Bildirileri, (1987) 192-202.
- Yön, B., Identification of failure mechanisms in existing unreinforced masonry buildings in rural areas after April 4, 2019 earthquake in Turkey, Journal of Building Engineering, 43, (2021) 102586.
- Zelenin, E., Bachmanov, D., Garipova, S., Trifonov, V. ve Kozhurin, A., The active Ffaults of Eurasia database (AFEAD): the ontology and design behind the continental-scale dataset, Earth System Science Data, 14 (2022), 4489-4503.
- Zorlu, K., Samandağ-Yayladağı (Hatay) arasının tektono-stratigrafik incelemesi, Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin, 2003.