



T.C.
MUŞ ALPARSLAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MUŞ İLİNİN ZEMİN ÖZELLİKLERİNİN
DEPREM TEHLİKESİ AÇISINDAN
DEĞERLENDİRİLMESİ

Furkan BATMACA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nükleer Enerji ve Enerji Sistemleri Anabilim Dalı

Haziran-2024
MUŞ
Her Hakkı Saklıdır



T.C.
MUŞ ALPARSLAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MUŞ İLİNİN ZEMİN ÖZELLİKLERİNİN
DEPREM TEHLİKESİ AÇISINDAN
DEĞERLENDİRİLMESİ

Furkan BATMACA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nükleer Enerji ve Enerji Sistemleri Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğretim Üyesi İskender

Jüri: Prof. Dr. Yunus Levent EKİCİ

Jüri: Dr. Öğr. Hikmet TUTAR

Haziran-2024
MUŞ
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MUŞ İLİNİN ZEMİN ÖZELLİKLERİNİN DEPREM TEHLİKESİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Furkan BATMACA

**Muş Alparslan Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Nükleer Enerji ve Enerji Sistemleri Anabilim Dalı**

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi İskender DÖLEK

Deprem sırasında oluşan enerji sert ve kompakt zeminler de yer hareketlerini (titreşim) azaltırken, porozitesi yüksek ve tabakalı zeminler de depremin etkisini artırabilir. Bu nedenle, zemin özellikleri, depremlerle oluşabilecek hasarın ölçümü ve azaltılmamasında önemli faktörlerden biridir.

Muş il merkezi ve yakın çevresi hem tektonik hem de volkanik deprem üretebilecek önemli yapılara yakın bir konumdadır. Nüfus ve yapılaşmanın yoğunlaştığı il merkezi bir birikinti konisi üzerinde gelişmiş kum, kil gibi yağmur ve sel suları ile taşınan malzemeler üzerinde yer almaktadır. Orta sertliğe sahip zemin özellikleri üzerinde yer alan il merkezinde olası bir deprem tehlikesine karşılık mahalle bazlı zemin özellikleri dikkate alınarak yapılaşmanın kontrollü bir şekilde gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

2024, 31 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Deprem, Muş, Zemin Özellikleri, Sıvılaşma

ABSTRACT

MS THESIS

Evaluation of the Ground Properties of Muş Province in Terms of Earthquake Hazard

Furkan BATMACA

**Muş Alparslan University
Nuclear Energy and Energy Systems**

Advisor: Assist Prof. Dr. İskender DÖLEK

While the energy generated during an earthquake reduces ground movements (vibration) in hard and compact soils, porous and stratified soils can also increase the effect of the earthquake. Therefore, ground properties are one of the important factors in measuring and reducing the damage that may occur with earthquakes.

Muş city center and its immediate surroundings are located close to important structures that can produce both tectonic and volcanic earthquakes. The city center, where population and construction are concentrated, is located on materials such as sand and clay, which are developed on a cone of sediment carried by rain and flood waters. In the city center, which is located on medium-hard soil properties, construction should be carried out in a controlled manner, taking into account neighborhood-based soil characteristics in response to a possible earthquake hazard.

2024, 31 Pages

Keywords: Earthquake, Muş, Ground Properties, Liquefaction

ÖNSÖZ

Bu çalışma, Muş ilinin zemin özelliklerinin deprem tehlikesi açısından değerlendirilmesi amacıyla hazırlanmıştır. Ülkemizin sosyo-ekonomik olarak en geri kalmış bölgelerinden biri olan Muş, yapı stoku ve kalitesi açısından ciddi sorunlar barındırmaktadır. Plansız ve mühendislik ilkelerinden uzak bir yapılaşma süreci, zemin özellikleri dikkate alınmaksızın gerçekleşmektedir. Bu durum, bölgede potansiyel bir depremde büyük yapısal hasar ve can kaybı riskini beraberinde getirmektedir.

Tez çalışmam boyunca, mikrotremör verilerini kullanarak zemin özelliklerini detaylı bir şekilde inceledim ve bu özelliklerin deprem tehlikesi üzerindeki etkilerini ortaya koymaya çalıştım. Zemin ve yapı uyumsuzluğunun potansiyel sonuçlarını değerlendirerek, bölgedeki yapılaşma stratejilerine yönelik önerilerde bulunmayı amaçladım.

Bu çalışmanın ortaya çıkmasında katkıda bulunan birçok kişi ve kuruma teşekkür etmek istiyorum. Tez danışmanım **Dr. Öğr. Üyesi İskender Dölek'e** çalışmam boyunca bana rehberlik ettiği ve değerli bilgilerini paylaştığı için sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, veri toplama sürecinde bana yardımcı olan Muş Belediyesi çalışanlarına ve bu süreçte desteklerini esirgemeyen aileme ve arkadaşlarıma da minnettarım.

Son olarak, bu tezin, Muş ilindeki yapılaşma sorunlarına dikkat çekerek, daha güvenli ve sürdürülebilir bir yapılaşma sürecine katkı sağlayacağını ümit ediyorum.

Furkan BATMACA
MUŞ-2024

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. DEPREMLERİN ETKİLERİ	6
3. MUŞ İLİNİN DEPREM TARİHİ	8
4. GENEL JEOLojİK ÖZELLİKLER	12
4.1 Muş İlnde Deprem Üretebilecek Yapılar.	15
4.2. Volkanik Yapılar	15
4.3. Tektonik yapılar	15
4.3.1. Kuzey Anadolu Fay Zonu	16
4.3.2. Doğu Anadolu Fay Zonu.....	17
4.3.3.Varto Fay Zonu	17
4.3.4.Muş Fay Zonu	18
5. PROBLEM TANIMI	19
6. AMAÇ	20
7. VERİ ve YÖNTEM	21
8. BULGUR	22
9. SONUÇ	27
KAYNAKLAR	28
ÖZGEÇMİŞ	31

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Gölbaşı (Adıyaman) 6 Şubat'ta tiltlenen bir bina	2
Şekil 1.2. Gölbaşı (Adıyaman) 6 Şubat'ta bina bütünlüğü bozulmayan ama zemine gömülüp tiltlenen bir bina (dış cephesi koyu yeşil bina).....	3
Şekil 1.3. Muş il merkezi (1983 ve 2024)	4
Şekil 1.4. Ağaçlı mevkiinde dere yatağı içerisine, İstasyon Mahallesinde alüvyon zemin üzerinde yeralan çok katlı binalar	4
Şekil 3.1. Muş havzası ve yakın çevresindeki aktif faylar ve aletsel dönemde Mg 6'dan büyük olan depremlerin dağılışı	8
Şekil 3.2. Muş ili ve yakın çevresinde yaşanan aletsel dönem deprem aktivitesi.	11
Şekil 4.1. Muş ili ve yakın çevresinin genel jeoloji haritası	14
Şekil 4.2. Muş havzası ve yakın çevresinde deprem üretebilecek aktif faylar	16
Şekil 4.3. Muş havzası ve yakın çevresinde deprem üretebilecek diğer aktif faylar..	18
Şekil 5.1. Muş merkez ilçe sınırları	19
Şekil 8.1. Anomalik iletkenlik (Ak) değerleri	22
Şekil 8.2. Yeraltı su seviyesi haritası.....	23
Şekil 8.3. En küçük zemin titreşim değerleri (Mikrotremor ölçüm değerleri)	24

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Muş ve çevresinde yaşanan tarihsel dönem deprem kayıtları	10
Çizelge 8.1. Muş il merkezinde mahallelerin rezonans etkiye maruz kalma alt ve üst yükseklikleri	26



1. GİRİŞ

Depremler esnasında zemin sahip olduğu özelliklere bağlı olarak farklı tepki verir. Zeminin sertliği, porozitesi, tabaka sayısı, gibi özellikler depremler esnasında zeminin göstereceği davranış özelliklerini belirler. Deprem sırasında oluşan enerji sert ve kompakt zeminler tarafından soğurulup, yer hareketlerinin şiddetini azaltırken, porozitesi yüksek ve tabakalı zeminler depremin etkisini artırabilir. Bu nedenle, zemin özellikleri, depremlerle oluşabilecek hasarın ölçümü ve azaltılmamasında önemli faktörlerden biridir (Selçuk ve ark., 2012).

Sert zeminler, deprem sırasında daha az salınır ve depremin etkisini azaltırlar. Buna karşın yumuşak, pekişmemiş malzemeden oluşan, suya doygun zeminler, deprem esnasında daha az salınarak/titreşerek depremin yer hareketlerini artırarak daha fazla hasar oluşmasına neden olabilir (Korkmaz, 2006). Poroz zeminler, deprem sırasında daha fazla yer hareketi yapar ve deprem etkisini artırır, daha büyük hasar oluşmasına neden olabilir. Yeraltı suyu bakımından zengin olan zeminler daha kararsızdır ve yer hareketlerinin daha hızlı ve güçlü olmasına deprem dalgalarının daha da büyümesine neden olurlar (Korkmaz, 2006). Özellikle primer (birincil) deprem dalgaları bu tür katmanlardan daha hızlı geçebilir ve daha güçlü yer hareketlerine neden olabilir. Tüf gibi magmatik kayaçların poroziteleri yüksektir. Bu tür kayaçların oluşumları esnasında bünyelerinde yoğun miktarda boşluk oluşması, bu boşlukların yüzey suyunu zemine iletmesi, yeraltı suyu bakımından zengin olmaları gibi özellikleri deprem dalgalarının daha hızlı hareket etmesine bu tür zeminlerdeki yapılaşmalarda daha büyük hasarlara neden olabilmektedir.

Zemin özellikleri aynı zamanda zemin sıvılaşmasını ve sıvılaşma şiddetini etkileyebilir. Poroz ve permeabil (sıvıların geçebildiği) zeminler, bünyelerindeki suyun etkisi ile zemini oluşturan kayaçların direncinin zayıflamasına neden olabilir. Bu tür zeminlerde deprem esnasında ya da deprem olmadan da sıvılaşma, çökme, kayma ve akma (krip) gibi olaylar yaşanabilir. Depremler esnasında, yeraltı su seviyesi değişebildiği için bu durum sıvılaşmaya da neden olabilir.

Sıvılaşma potansiyeli olan zeminlerde zemin drenajı, zemindeki su seviyesinin kontrol edilmesi, zemin stabilizasyonu gibi uygulamalar dışında yapıların dayanıklılığının artırılması (betonarme kirişler, precast bloklar, çelik çerçeveler vb.), yanında zemin ve yapıların düzenli olarak kontrol edilerek yapıların suyla temaslarının

kesilmesi gibi mühendislik uygulamalarının yapılması gerekebilir. Bu tür zeminlerdeki yapıların güvenliği için farklı geoteknik mühendislik uygulamaları da uygulanabilir.

Ülkemiz bulunduğu coğrafi konum ve sahip olduğu doğal özellikler bakımından birçok doğal sürecin afete dönüşebileceği bir ülkedir. 1980-2017 yılları arasında ülkemizdeki her bir milyon kişiden yılda ortalama 6-25 kişi doğa kaynaklı afetlerden dolayı hayatını kaybetmektedir. 1900 yılından bu yana, büyük ve hasar yapıcı 77 depremle ülkemiz dünyada en yüksek deprem riskine sahip 4. ülkedir. Yine AFAD kayıtlarına göre ülkemizde her beş yılda geniş çapta can ve mal kaybına neden olan yıkıcı bir deprem yaşamaktadır.

6 Şubat 2023 tarihinde 9 saat ara ile yaşanan iki deprem on bir ilimizde, 13,5 milyondan fazla vatandaşımızı etkilemiş; 12 binden fazla bina da yıkılmıştır. Çevre ve şehircilik bakanlığından yapılan açıklamada ilk etapta 200 binden fazla binanın yıkılması gerektiği belirtilmiştir. 6 Şubat 2023 de yaşanan depremlerin merkez üssü Pazarcık ve Elbistan olmasına rağmen, Gaziantep, Adana gibi deprem merkezine uzak yerleşmelerde de bina yıkımlarının gerçekleşmesi zemin ve bina uyumunun yapılaşma da ne kadar etkin olabileceğini acıda olsa bir kere daha bizlere göstermiş oldu.

Depremlerin merkez üssü nerede olursa olsun, yapı ve zemin uyumsuzluğu deprem sırasında binaların yıkılmasına, can kayıplarına neden olabilmektedir. (Şekil 1.1), (Şekil 1.2) Zemin özellikleri deprem sırasında yapıların performansı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir.



Şekil 1.1 Gölbaşı (Adıyaman) 6 Şubat'ta tiltlenen bir bina (İskender Dölek arşivi)



Şekil 1.2 Gölbaşı (Adıyaman) 6 Şubat'ta bina bütünlüğü bozulmayan ama zemine gömülüp tiltlenen bir bina (dış cephesi koyu yeşil bina) (İskender Dölek arşivi).

Muş ili Doğu Anadolu bölgesinde, Yukarı Murat bölümünde bulunur. Türkiye'nin en büyük ovalarından birinin kenarında büyük bir birikinti konisi üzerinde gelişmiştir. Sosyo-ekonomik anlamda ülkemizin en geri kalmış illerinden biridir. Muş ili ülkemizde nüfusu göçlerle azalan belki de birkaç şehirden biridir. Muş ilinin ülke ekonomisine katkısı TÜİK (2021) verilerine göre yaklaşık %2 dolayında ve kişi başı yıllık gelir yaklaşık 4.138 dolar civarındadır. Sanayi bakanlığının 2020 verilerine göre gelişmişlik düzeyi olarak 79. Sıradadır. (Dölek, 2021) Bu nedenle doğal döngüsü içerisinde gerçekleşen (gerçekleşmesi gereken) birçok olay insan etkinlikleriyle çakıştığında ortaya çıkan sonuçları geri kalmış bölgelerde çok daha ağır olmaktadır. (Dölek, 2020)

Muş ili son yıllarda artan yapılaşma ile güneyde ilk kurulduğu Bitlis Güneyi Dağlarının eteklerindeki büyük birikinti konisi üzerinden Kuaterner'e ait alüvyal malzemelerle doldurulmuş Muş ovasına doğru genişlemektedir (Şekil 1.2). Yaşanan hızlı yapılaşma plansız, kontrolsüz olduğu kadar zemin özellikleri dikkate alınmadan, az maliyet yüksek kar hedefi ile birim alana olabildiği kadar çok katlı inşa edilen çoğunluğu mühendislik hizmeti almamış binalardan oluşmaktadır. Dolgu ve pekişmemiş malzemelerden oluşan zeminlerde çok katlı binalar inşa edilmektedir. (Şekil1.3)

Muş ilinin yakınında gerek tektonik (Varto Fay Zonu, Muş Bindirme Zonu vb.) gerekse volkanik (Nemrut Volanı gibi) geçmişte deprem üretmiş gelecekte de deprem üretebilecek önemli doğal yapılar yer almaktadır.



Şekil 1.3 Muş il merkezi (1983 ve 2024)



Şekil 1.4 Ağaçlı mevkiinde dere yatağı içerisine, İstasyon Mahallesinde alüvyon zemin üzerinde yeralan çok katlı binalar

Muş ve çevresinde yaşanan tarihsel dönem deprem kayıtları incelendiğinde Çizelge 3.1’de çok sayıda farklı büyüklük ve şiddette can ve mal kaybına neden olan depremlerin yaşandığı görülecektir. Özellikle sosyoekonomik anlamda geri kalmış bölgelerde kökeni ne olursa olsun (Doğal ya da beşerî kökenli afet) etkileri çok daha uzun sürmekte hayatın normalleşmesi daha fazla zaman almaktadır.

Bu çalışmada Muş il merkezindeki zemin bina uyumsuzluğuna yönelik saha gözlemleri yer almaktadır. Bu gözlemlerle birlikte Muş il merkezinin zemin özelliklerine ait veriler de dikkate alınarak Muş il merkezinde mahalle bazlı maksimum kat yüksekliğinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 8.1 de verilmiştir.



2. DEPREMLERİN ETKİLERİ

Yerkabuğundaki kırılmalar nedeniyle ani olarak ortaya çıkan titreşimlerin dalgalar halinde yayılarak geçtikleri ortamları sarsma olayına deprem denir. Depremler çok boyutlu olaylardır. Direkt etkileri yanında ikincil etkileri (heyelan, kaya düşmesi vb.) ile farklı tehlike kaynaklarının da oluşmasına neden olurlar.

Depremler yapıların fiziksel olarak hasar görmesine, yıkılmasına, su ve elektrik sistemlerinin tahrip olmasına neden oldukları gibi yolların kapanmasına da yol açabilir. Bunlar depremlerin neden olduğu fiziksel hasarlar olarak değerlendirilir (Paton ve ark., 2015), (Şahin ve ark., 2016 ; Altun,2018).

Depremler, ekonomik açıdan büyük zararlara neden olabilir. Yapıların ve ekipmanların zarar görmesi, üretimin durması ve işsizliğin artması gibi ekonomik etkiler meydana gelebilir (Eliot ve ark., 2011 ; Şahin ve ark., 2016 ; Altun, 2018).

Depremler toplum üzerinde sosyal etki de yaratabilir. Ailelerin konutlarını ve mal varlıklarını kaybetmesi, dağılması gibi sosyal etkiler meydana getirebilir (Cuny, 1983).

Depremler, depremi yaşayan, hisseden insanlar üzerinde psikolojik açıdan zararlara neden olabilir. Stres, depresyon, kaygı ve travma gibi psikolojik etkiler yaratabilir (Wisner ve ark., 2004 ; Sönmez, 2022 ; Aral, 2023).

Depremin meydana getireceği fiziksel zararlar özellikle geri kalmış bölgelerde hem daha fazla olmakta hem de sürecin normalleşmesi uzun sürmektedir. Depremin meydana getireceği etkileri azaltmak için yapı standartlarının yükseltilmesi, depreme karşı güvenli yapıların inşa edilmesi bu açıdan önemlidir (Kiremidjan, 2018 ; Dölek,2020 ; Dölek, 2022). Yine geri kalmış bölgelerde halkın deprem bilincinin artırılması ve deprem güvenliği konusunda eğitilmesi önemlidir (FEMA, 2019). Risk yönetimi yaklaşımının benimsenerek afet yönetim planlarının oluşturulması ve uygulanması depremin olumsuz etkilerinin azaltılmasında önemli unsurlardan biridir (UNISDR, 2009 ; Özcan,2018), (Genç, 2007 ; Dölek, 2020 ; Dölek, 2022). Yine geri kalmış bölgelerde alt yapı yatırımlarının güçlendirilmesi ve depreme dayanaklı hale getirilmesi deprem zararlarının azaltılması için oldukça önemlidir (Wisner ve ark., 2004 ; Dölek, 2020).

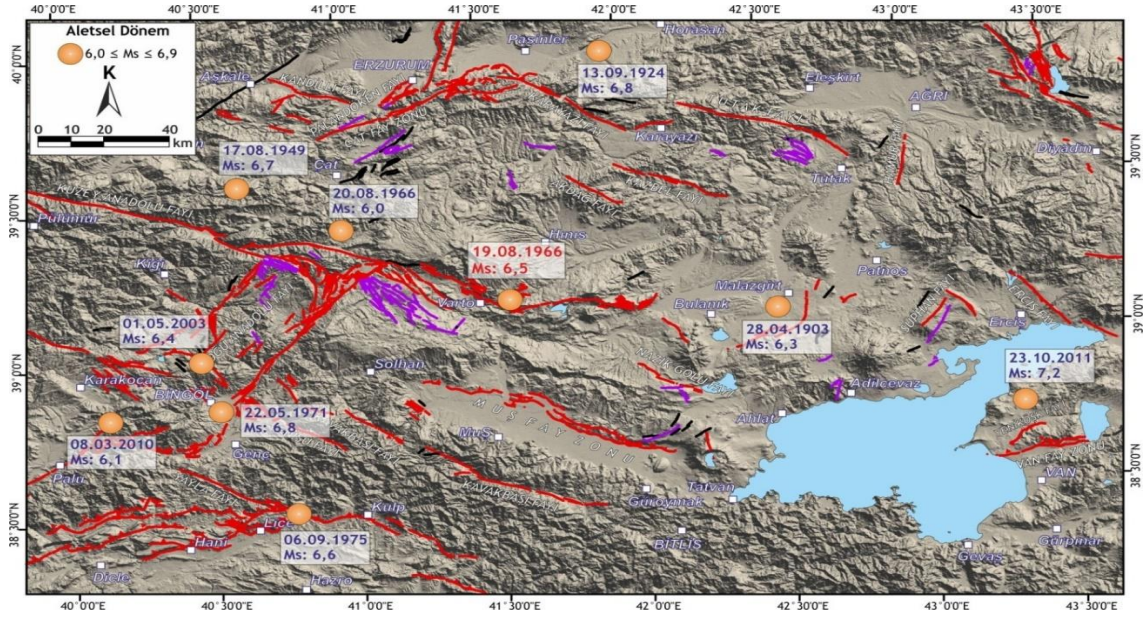
Zemin sondajları ile zemini oluşturan yapıların fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmeye çalışılırken (Yould ve ark., 2002); zeminlerin sismolojik olarak incelenmesi deprem esnasında zeminin sismik hareketlerinin ölçülmesi ve analiz

edilmesi (Liao ve ark., 2010), laboratuvar testleri ile zemin malzemelerinin mekanik ve fiziksel özellikleri belirlenerek zeminin doğru ve yeterli anlaşılmasını sağlayarak (Seed ve ark., 1971) depremin etkilerinin azaltılması için yapılacak bazı uygulamalardır.



3. MUŞ İLİNİN DEPREM TARİHİ

Muş ili Anadolu'nun en eski yerleşimlerinden biridir. Şehir merkezine ait en eski yerleşim izleri bugün Kale Mahallesi olarak bilinen alanın güneyinde Paleozoik yaşlı kristalen şist ve kireçtaşlarından oluşan alan üzerindedir (Şekil 4.1). Bugün şehir merkezi, şehir merkezinin doğu ve batısında yer alan derelerin taşıdığı malzemelerle (yamaç molozu vb) oluşmuş büyük bir birikinti konisi üzerinde gelişmekte ve kuzeye doğru hızla Muş ovasına doğru yayılmaktadır.



Şekil 3.1 Muş havzası ve yakın çevresindeki aktif faylar ve aletsel dönemde Mg 6'dan büyük olan depremlerin dağılışı

Sürekli bir yeraltı su seviyesi yoktur ve yeraltı su seviyesi mevsimsel olarak da değişir. Muş ovası kuzey ve güneyden batı doğu doğrultulu faylarla sınırlandırılmış sismik bakımdan aktiftir. İlin yakınında Varto, Karlıova ve Malazgirt gibi depremler yaşamış merkezler vardır. Muş şehir merkezinde 1946 Varto ve Bingöl depremlerinde bazı binalarda hafif hasarların olduğu bilinmektedir (Tabban, 2000).

Muş ili ve yakın çevresinde son yüzyılda Magnitudü 6'dan büyük depremlerin yaşandığı görülmektedir. (Şekil 3.1) 3.5.1903 tarihli M 4,9 büyüklüğündeki depremin şehir merkezi ve çevredeki köylerde hasara neden olduğu ifade edilmektedir. 3.7.1907 tarihli M.5 büyüklüğündeki deprem için hasar oluşturup oluşturmadığı ile ilgili bir veri yoktur. Ancak 12.2.1962 tarihli M5.5 olarak verilen depremde Akcan (Muş) 10 binanın yıkıldığı, 15 binanın orta hasarlı olduğu belirtilmektedir. 17.2.1962 tarihli M.5.5 tarihli

depremde is Mercimekkale de 13 bina yıkılmış 84 bina da hasar görmüştür (Tabban, 2000 ; Dölek, 2014).

Muş ilinin yaklaşık 20 km güneydoğusunda yer alan Hasköy ilçesi Muş ovasına doğru gelişmektedir. Muş-Van karayolu yerleşimler için yol boyu yerleşimi adeta teşvik etmektedir. Bu ulaşım güzergahının her iki kenarında son yıllarda yerleşimlerin sayısı da artmaktadır. İlk yerleşim alanı olarak Bitlis Güneyi dağları olarak adlandırılan Dağ kütlesinin etek kısımlarında olan yerleşim kuzeyinde yaralan Muş Ovasının alüvyonları üzerine doğru gelişmeye başlamıştır. Yerleşim alanının ortasından Değirmendere isimli dere geçmekte ve derenin her iki kenarında da yerleşmeler yer almaktadır. 6-10 metre derinlikte yeraltı suyuna ulaşılabilirken yeraltı su seviyesine daha derinlerde de ulaşmak söz konusudur.

Varto ilçesi Bingöl çayının sekiler üzerinde gelişmiştir. Bingöl dağından kaynaklanan akarsuların ve sel sularının taşıdığı bazaltlardan oluşan çakılların depolandığı koniler üzerinde de yerleşmeler yer almaktadır. Bu depoların kalınlığı yer yer 25 -30 metreyi aşmaktadır (Tabban, 2000 ; Uzelli ve ark., 2021).

31 Mayıs 1946 tarihli M 5,7 olarak ifade edilen depremin şiddeti 7 olarak belirtilmektedir. Yaklaşık 240 kilometrekarelik bir alanda etkili olan depremde 1900'den fazla bina yıkılmış 800'den fazla can kaybı yaşanmış ilde hasara neden olmuştur (Tabban, 2000 ; Dölek, 2014).

27.8.1950 tarihinde meydana gelen M 5,8 büyüklüğündeki depremde 2 kişi ölmüş, 21 bina tamamen yıkılmıştır. 7.3.1966 tarihli M 5,4 büyüklüğündeki deprem Varto ile Hınıs'ta da hasara neden olmuştur. 4 can kaybı yaşanırken, 30 kişi yaralanmış, 300 bina hasar görmüştür.

12.7.1966 M 4,6 olan depremde Varto ve köylerinde 12 can kaybı yaşanırken, 25 yaralı ve birçok binada hasar meydana gelmiştir. 1966 yılı içerisinde çok sayıda deprem yaşanmıştır. 19.8.1966 da yaşanan M 6,1 büyüklüğündeki depremde 20.000'den fazla bina yıkılmış, 2394 kişi hayatını kaybetmiştir (Özdoğan, 1993 ; Tabban, 2000; Ambraseys, 2009 ; Dölek, 2014 ; Tek, 2018).

Bulanık ilçesinin ilk kuruluş alanı killi beyaz tuf ve lav ara katkılı malzeme ile killi topraklar ve Neojene ait kırmızı renkli killi bir seri üzerindedir (Tabban, 2000).

24.3.1936 M.6 olan deprem geniş bir bölgede hasara neden olmuştur. Malazgirt ilçesinin büyük bölümü volkanik bir arazi üzerinde yer alsa da yerleşmeler Murat nehrinin alüvyonları üzerine doğru genişlemektedir. Tarihi kaynaklara göre şehir üç

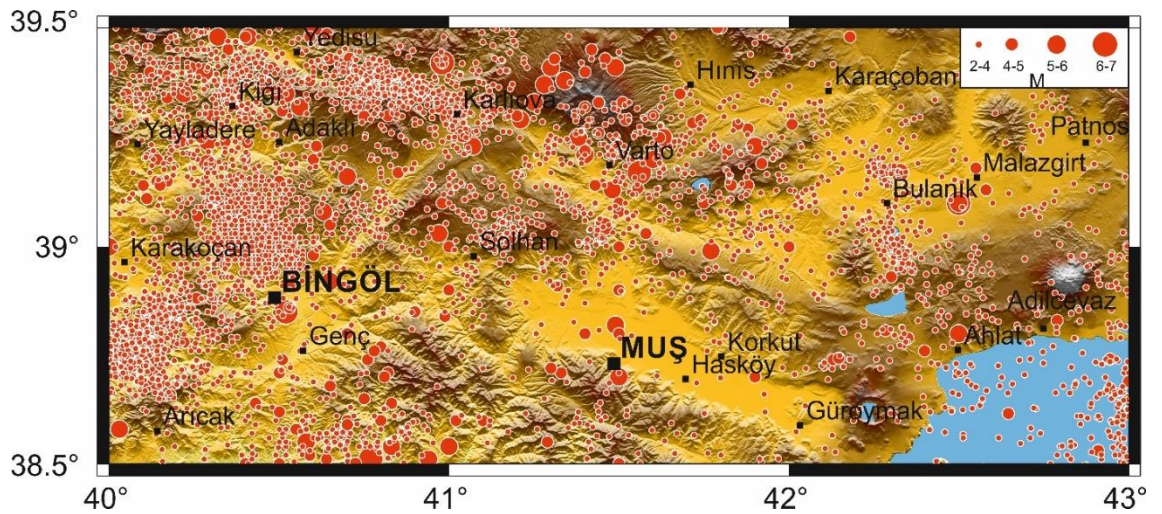
defa tamamen yıkılmıştır. 19.4.1903 tarihli depremde 1700 kişinin öldüğü 3500 binanın yıkıldığından bahsedilir. 1906, 1907, 1910¹, 1949,1963, 1969 da da M4.3-6,3 arasında değişen deprem lerin kayıtlarına ulaşmak mümkündür (Tabban, 2000 ; Ambraseys, 2009 ; Dölek, 2014).

Çizelge 3.1 Muş ve çevresinde yaşanan tarihsel dönem deprem kayıtları

No	Tarih	Enlem	Boylam	Bölge	M	I
1	461	39,1	42,5	Malazgirt		X
2	1012	39,1	42,5	Malazgirt		VII
3	1097	38,5	43,4	Van - Bitlis		VII
4	1101	38,5	43,5	Ahlat - Van		VI
5	1110	38,5	43,5	Ahlat - Van		VIII
6	1111	38,5	42,7	Ahlat - Van		IX
7	1208	38,7	42,5	Ahlat - Van - Bitlis - Muş	6,5	
8	1245	38,74	42,5	Ahlat - Bitlis- Van - Muş		VIII
9	1246	38,9	42,9	Ahlat - Erçiş –Van		VIII
10	1275	38,4	42,1	Bitlis- Ahlat -Erciş – Van		VII
11	1276	38,9	42,5	Bitlis- Ahlat -Erciş – Van		VIII
12	1282	38,9	42,9	Ahlat – Erçiş		VII
13	1345	39,1	42,5	Malazgirt		VIII
14	1363	38,7	41,5	Muş ve çevresi		IX
15	1415	38,5	43	Van Gölü		V
16	1416	38,5	43	Van Gölü		VII
17	1439	38,5	42,1	Nemrut		VI
18	1441	38,35	42,1	Nemrut		VIII
19	1444	38,5	43,4	Nemrut - Van		VI
20	1546	38,5	43,4	Van - Bitlis		V
21	1582	38,35	42,1	Bitlis ve civarı		VIII

¹ Bu deprem ait olabileceği düşünülen 1911 tarihli bir Osmanlı belgesinde Ahlat ve Malazgirt'e yardım birkaç aydan beri yardım gelmediği için halkın çok zor durumda olduğundan bahsedilmektedir.

22	1646	38,5	43,4	Van ve civarı		VII
23	1647	39,15	44	Van - Muş -Bitlis		IX
24	1648	38,3	43,7	Van ve civarı	6,7	VIII
25	1670	38	42	Hizan - Siirt	6,6	
26	1682	38,4	42,1	Bitlis		
27	1696	39,1	43,7	Çaldıran - Bitlis	6,8	X
28	1701	38,5	43,4	Van ve çevresi		VIII
29	1704	38,5	43,4	Van		VII
30	1705	38,4	42,1	Bitlis	6,7	IX-X
31	1715	38,7	43,5	Van - Erçiş	6,6	VIII
32	1869	38,4	42,1	Bitlis ve çevresi		VII
33	1871	38,5	43,4	Van -Nemrut	5,5	VII
34	18.05.1881	38,35	42,1	Nemrut	6,7	
35	30.05.1881	38,5	43,4	Van - Nemrut	7,3	IX
36	1884	37,5	42,5	Bitlis - Pervari	6,9	
37	1891	38,8	42,5	Malazgirt-Adilcevaz	5,5	VIII
38	1892	39,1	42,5	Malazgirt - Muş		VII
39	1895	39,1	42,5	Malazgirt-Adilcevaz		VIII



Şekil 3.2 Muş ili ve yakın çevresinde yaşanan aletsel dönem deprem aktivitesi.

4. GENEL JEOLJİK ÖZELLİKLER

Çalışma alanı günümüzde Doğu Anadolu sıkışmalı tektonik bölgesi olarak da adlandırılan, Kuzey Anadolu Fayı (KAF) ve Doğu Anadolu Fayı (DAF)'nın birleştiği Karlıova havzasının doğusu ile, kuzeyde Pontidler, güneyde kenar kıvrımları veya diğer bir adlandırmayla Bitlis-Zagros Kenet Kuşağı, doğuda ise Türkiye ülke sınırlarıyla sınırlanmış bölge içerisinde yer almaktadır.

Muş havzası jeolojik evrim açısından Van Gölü havzası ile birlikte oluşmuş ancak daha sonra Nemrut volkanizması ile etkinliğin ürünü olan volkanik materyal (tüf, tüfit, lav vb.) ve Nemrut Volkanı, Kirkor domları, Germav ve Mazik domlarının oluşumu ile Van Gölü havzasından ayrılmış ayrı bir havza görünümündedir.

Muş Havzası Doğu Anadolu bölgesinde Yukarı Murat Van bölümünde yer alır. Büyük bir bölümü Muş ili sınırları içerisinde yer almaktadır. Havzasının doğusunda kalan küçük bir bölüm ise Güroymak (Bitlis) il sınırları içerisinde yer almaktadır. Muş Ovası güneyden Karaçavuş (Bitlis Güneyi Dağları), kuzeyden Şerafettin ve Otluk Dağları (Elçiler-Darhovi) tarafından sınırlanır. Muş havza sınır suları Karasu ve Murat nehirleri tarafından drene edilir. Havzanın doğusunda İron sazlığı (Sulak Alan) ve onun hemen doğusunda volkanik bir kütle olan Mazik dağı yer almaktadır (Şaroğlu, 1985).

Doğu Anadolu'da neotektonik dönem Orta Miyosen 'de başlamıştır ve bu evrim Bitlis-Zagros Kenet Kuşağı'nda Neotetis'in kapanmasına bağlı olarak gelişen kıta-kıta çarpışmasının sonucudur (Şengör ve ark., 1979). Bu çarpışmaya bağlı sıkışmalı tektonik sebebiyle Doğu Anadolu'da kıvrımlar, bindirmeler, doğrultu atımlı faylanmalar ve açılma çatlakları oluşmuştur.

K-G yöndeki sıkışmaya bağlı bölgesel daralma Orta Miyosen 'deki peneplene yakın olduğu düşünülen paleocoğrafyayı kıtasal kabuktaki kalınlaşma sebebiyle değiştirmiş ve bölgenin yükselmesine sebep olmuştur (Şaroğlu ve Yılmaz, 1984 ; Şaroğlu ve Yılmaz, 1986). Kıtasal kabuktaki deformasyon, açılma çatlakları ve faylanmalar sebebiyle bölgenin evrimi, neotektonik dönem süresince volkanizmadan da oldukça fazla etkilenmiştir.

Daha önce yapılan çalışmalarda Doğu Anadolu Bölgesi'nin jeolojisi paleotektonik ve neotektonik kaya grupları ve yapısal unsurlar ile açıklanmaya çalışılmıştır.

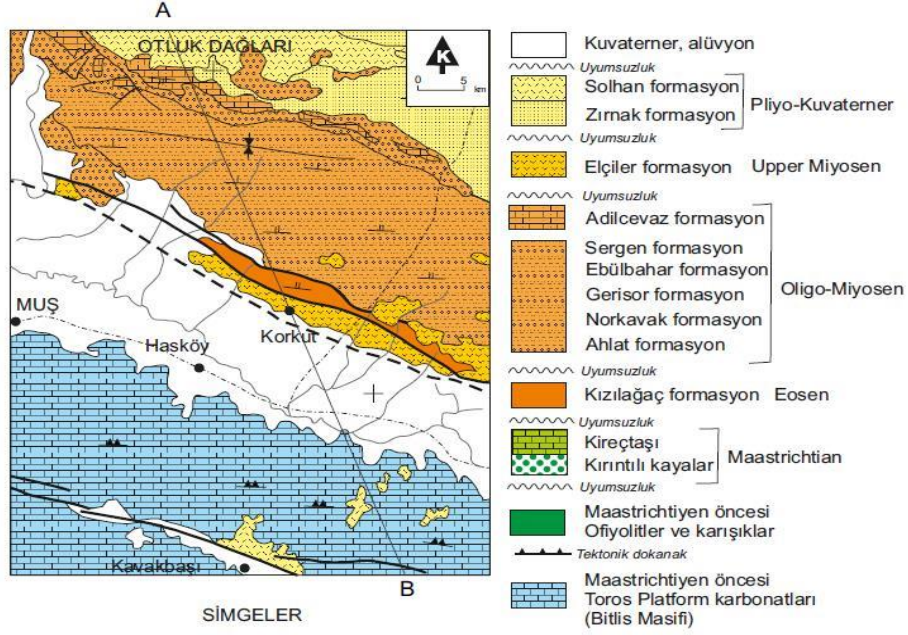
Doğu Anadolu Bölgesi'nde neotektonik dönem Adilcevaz kireçtaşlarının yüzeylenmesi ve bölgede yükselme süreci ile volkanizmanın başlangıcı ile karakteristiktir (Şengör ve ark., 2003). Sığlaşma ve yükselme sürecinin 11 My. önce, volkanizmanın ise 6-7 My. önce başladığı bilinmektedir (Pearce ve ark., 1990 ; Keskin ve ark., 1998); Şengör ve ark., 2003). Neotektonik dönem boyunca Doğu Anadolu'yu etkileyen ve bölgedeki jeolojiyi genelleştirmemize olanak sağlayan dört yapısal dönem tanımlanmıştır (Şaroğlu ve Güner, 1981 ; Şaroğlu ve Yılmaz, 1984).

Muş havzası coğrafik olarak Muş ovası olarak da adlandırılan KB-GD uzanımlı dağ arası bir havzadır. Doğuda Nemrut volkanizması ile Van Gölü ile sınırlandırılan Muş havzası güneyde Bitlis metamorfikleri, kuzeyde ise Oligosen-Miyosen yaşlı birimlerle sınırlanmıştır (Şekil 4.1).

Muş havzası taban kısmında Bitlis Masifini üzerleyen çoğunlukla kırmızımsı alacalı çakıltası, çamurtaşı, mikritik kireçtaşı, kumtaşı, killi kireçtaşı ve şeyl aralanmasından oluşan Kızılağaç Formasyonu (Göncüoğlu ve Turhan, 1985) bulunmaktadır. Üst Lütesiyen yaşlı birimin alt kısımları karasal, üst kısımları ise denizel ortamdaki çökelimleri temsil etmektedir (Yılmaz ve Yılmaz, 2019). Kızılağaç formasyonu, açısız bir uyumsuzlukla Ahlat formasyonu (Demirtaşlı ve Pisoni, 1965) tarafından üzerlenir. Birimin alt kısımlarında kırmızı kumtaşı-çakıltası-miltaşı tabakaları bulunurken, üst taraf sarımsı yeşil litolojilerle kırmızı litolojilerin aralanmasıyla oluşur. Ahlat formasyonu Alt-Orta Oligosen yaşlıdır (Uysal, 1986). Birim önce karasal daha sonraları ise denizel ortamda çökelmiştir (Akay ve ark., 1989). Ahlat formasyonu yukarı doğru, sarımsı yeşil, çakıltası mercekli miltaşı-kumtaşından oluşmuş Norkavak formasyonuna (Elnaif, 1969) geçer. Oligosen yaşlı Ahlat formasyonunu üzerleyen ve üst kısımlarında erken Oligosenin en üstünü veren fosil kapsamından dolayı (Akay ve ark., 1989) birim Alt Oligosen olarak sınıflandırılır.

Birim sığ denizel ortamda çökelmiştir (Akay ve ark., 1989). Norkavak formasyonu uyumlu bir şekilde Gerisor formasyonuna (Sakınç, 1982) geçmektedir. Kaya ve fosil içeriği sığ denizel bir ortamda çökelim olduğuna işaret etmektedir. Gerisor formasyonu Ebülbahar formasyonu (Özyeğin, 1968) tarafından altlanmıştır. Birim, temelde kumtaşı-kiltası aralanmasıyla oluşur ve üste doğru kumtaşı-kireçtaşı-miltaşı aralanmasına geçiş yapar. Ebülbahar formasyonu tabandaki fosil içeriğine göre Üst Oligosen yaşlıdır (Akay ve ark., 1989). Sakınç (1982) bu formasyonun alt seviyesi

için Orta Oligosen, üst seviyesi için ise Geç Oligosen yaşlarını kullanmıştır. Akay ve arkadaşları (1989) Ebülbahar formasyonunun dalga tabanı altında, derin bir ortamda çökeldiğini belirtmiştir. Ebülbahar formasyonu ile geçişli bir şekilde bulunan Sergen formasyonu (Şaroğlu ve Güner, 1981) kilaşı ara katkıları kapsayan riolitik lav ve tüfitten meydana gelmiştir. Akay ve arkadaşlarına (1989) göre Üst Oligosen yaşlı birim de üste doğru, resifal kireçtaşı merccekleri içeren kumtaşı-miltaşı-kireçtaşı ardalanması ile oluşan Adilceviz formasyonu tarafından uyumlu altlanır. Formasyonun tabanı fosil içeriğine göre Geç Oligosen (Akay ve ark., 1989) veya Akitaniyen (Sakınç, 1982) yaşlıdır. Birimin üst kısmı fosil içeriğine göre Erken Miyosen (Akay ve ark., 1989) veya Akitaniyen (Sakınç, 1982) yaşlıdır. Bu bulgulardan yola çıkarak Yılmaz ve Yılmaz (2019) birimi Alt Miyosen olarak yaşlandırmışlardır. Adilceviz formasyonu, uyumsuz olarak, açık renkli andezitik lav ve tüfitten meydana gelen Elçiler formasyonu (Akay ve ark., 1989) tarafından altlanır. Bu birim ise Tekman-Karayazı havzasında bulunan (Yılmaz ve Yılmaz, 2019) Pliyosen yaşlı piroklastik ve kömür arakatkılı kırıntılılar ve kireçtaşlarından meydana gelen Zırnak formasyonu (İlker, 1967) ile örtülür. Bu veriler ışığında Elçiler formasyonu Orta-Üst Miyosen olarak yaşlandırılmıştır (Yılmaz ve Yılmaz 2019). Elçiler formasyonunu uyumlu şekilde örten Zırnak formasyonu yanall olarak, bazı tortul ara katkıları içeren, bazalt, andezit ve piroklastiklerden oluşmuş Solhan formasyonuna (Yılmaz ve ark., 1987) geçer (Yılmaz ve Yılmaz, 2019). Kuvaterner yaşlı en genç alüvyonal kırıntılı kayalar daha yaşlı birimleri açısall uyumsuzlukla örter (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 Muş ili ve yakın çevresinin genel jeoloji haritası (Yılmaz ve Yılmaz, 2019)

4.1 Muş İlinde Deprem Üretebilecek Yapılar

Muş ili ve yakın çevresinde meydana gelen depremler (tarihsel ve aletsel) ve bu depremlere neden olan süreçler incelendiğinde, deprem üretebilecek yapılar tektonik ve volkanik kökenli olmak üzere iki başlık altında incelenmiştir.

4.2 Volkanik Yapılar

Muş ilini de etkileyebilecek deprem üretebilecek volkanik yapıların en önemlisi Nemrut Volkanıdır. 1441 tarihsel depremi sırasında, Doğu Anadolu Tektonik Birliği içinde yer alan ve çok sayıdaki genç volkanik merkezden biri olan Nemrut volkanı da yeniden etkinlik kazanmıştır (Tuncel ve ark., 1978 ; Sür ve ark., 2002 ; Özav 2007 ; Ambrasey, 2009 ; Koçyiğit ve ark., 2013). Volkandan çıkan bazaltik lavlar, çevreye akıp yöredeki doğal yaşam üzerinde tehdit oluşturması (Koçyiğit ve ark., 2011), tarihsel kayıtlara geçen olaylardır². Bu nedenle halen üzerinde sıcak su kaynaklarının bulunması ve magmatik kökenli sulara sahip olması; Nemrut volkanının, volkanı meydana getiren fay ile bağlantısının devam ettiğini gösteren bir özellik olarak düşünülmesi gerekmektedir. Bu nedenle Muş ili ve yakın çevresi için Nemrut Volkanı da deprem tehlike kaynaklarından bir olarak düşünülmelidir.

² Tarihsel kayıtlara da yansıyan Nemrut volkanına ait en son püskürme esnasında oluşan volkanik malzemeyi Kantaşı mevki olarak ifade edilen alanda gözlemlemek mümkündür.

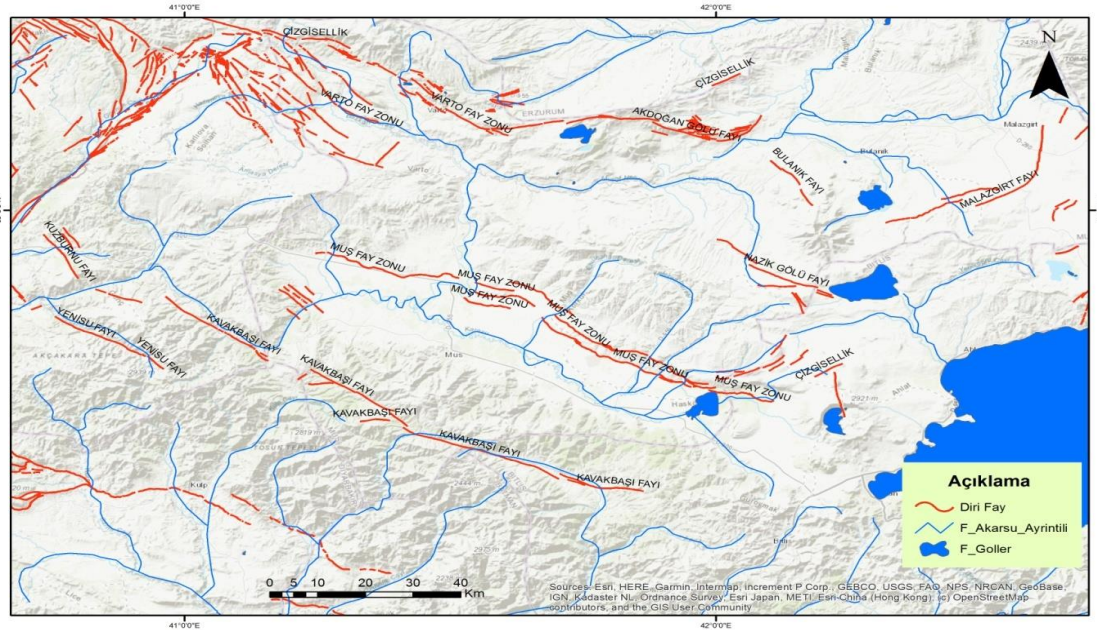
4.3 Tektonik yapılar

Muş ve yakın çevresi için deprem kaynaklarından biri de tektonik yapılardır. Doğu Anadolu Fay Zonu ile Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun kesiştiği Karlıova hattının güneydoğusunda yer alan il, bu fay hatlarında meydana gelen aktivitelerden kaçınılmaz bir şekilde geçmişte etkilendiği gibi (Çizelge 3.1) gelecekte de etkilenecektir.

Doğu Anadolu ve Kuzey Anadolu fay hatları dışında Kuzey Anadolu fay hattının bir segmenti olan Varto Fay Zonu ve Doğu Anadolu Fay Zonu'na paralel şekilde gelişen Muş fay Zonu da (Şekil 5.1),(Şekil 8.1) Muş ili ve yakın çevresi için deprem tehlikesi oluşturabilecek tektonik yapılardır.

Bu fay hatları dışında, Paleotektonik dönemde (günümüzden yaklaşık 2,6 milyon yıl önce) oluşmuş fakat neotektonik dönemde aynı mekanizmaya bağlı olarak yeniden etkinlik kazanmış değişik nitelikte faylar da bulunur (Aksoy ve Tatar 1990 ; Koçyiğit ve ark., 2001 ; Orçen ve ark., 2004 ; Üner ve ark., 2010). Bunlardan önemli olanları Çaldıran, Erçiş, Özalp, Gevaş Fay Kuşağı ve çok sayıda ki tekil faylardır.

Bulanık ve Malazgirt fayları da Muş Kentini etkileyebilecek tekil faylardan bazılarıdır (Koçyiğit, 2001). Bulanık ve Malazgirt fayları dönem dönem deprem üreten aktif faylar olarak değerlendirilmektedir.



Şekil 4.2 Muş havzası ve yakın çevresinde deprem üretebilecek aktif faylar.

4.3.1 Kuzey Anadolu Fay Zonu

Toplam 1600 km uzunluğunda ve yaklaşık doğu –batı yönünde uzanan Kuzey Anadolu Fayı; yaklaşık 50 km’lik kuzey güney yönünde geniş bir alanı kapsamaktadır. Türkiye’de meydana gelmiş büyük depremlerin pek çoğu bu zon üzerinde gerçekleşmiştir.

1939 ve 1992 Erzincan depremleri, 1942 Niksar Erbaa Depremi, 1943 Tosya-Ladik Depremi, 1944 Bolu-Gerede Depremi, 1966 Varto Depremi, 1971 Bingöl Depremi ve 17 Ağustos 1999 İzmit-Gölcük Depremleri hep bu zon üzerinde meydana gelmiştir (Şekil 4.2), (Şekil 4.3).

1900’lü yıllardan itibaren büyük depremlerin bu kuşak üzerinde meydana gelmiş olması, sismik aktivitenin ne denli yoğun olduğunun bir göstergesidir. Muş’un kuzeyinde yer alan bu fay zonu Karlıova civarında, Doğu Anadolu fayı ile birleşir. Bu alan özellikle depremler açısından oldukça önemli bir yapıyı meydana getirir (Şekil 4.2), (Şekil 4.3).

4.3.2 Doğu Anadolu Fay Zonu

Doğu Anadolu Fay Zonu Muş ilinin kuzeyinde yer alan Türkiye’nin en büyük ikinci fay zonunu oluşturur (Şekil 4.2), (Şekil 4.3). Doğu Anadolu Fay Zonu sol yanal doğrultu atımlı bir faydır (Biricik ve Korkmaz 2001, Akyüz ve ark., 2010).

Karlı ovoidan başlayıp Kahraman Maraş üzerinden Akdeniz’e kadar uzanmaktadır. Arap levhası ile Anadolu levhası arasındaki hareketin bir bölümü bu fay üzerinden gerçekleşmektedir. Aletsel kayıt dönemi içerisinde DAFZ boyunca $M > 6$ büyüklüğünde birkaç deprem meydana gelmiştir³.

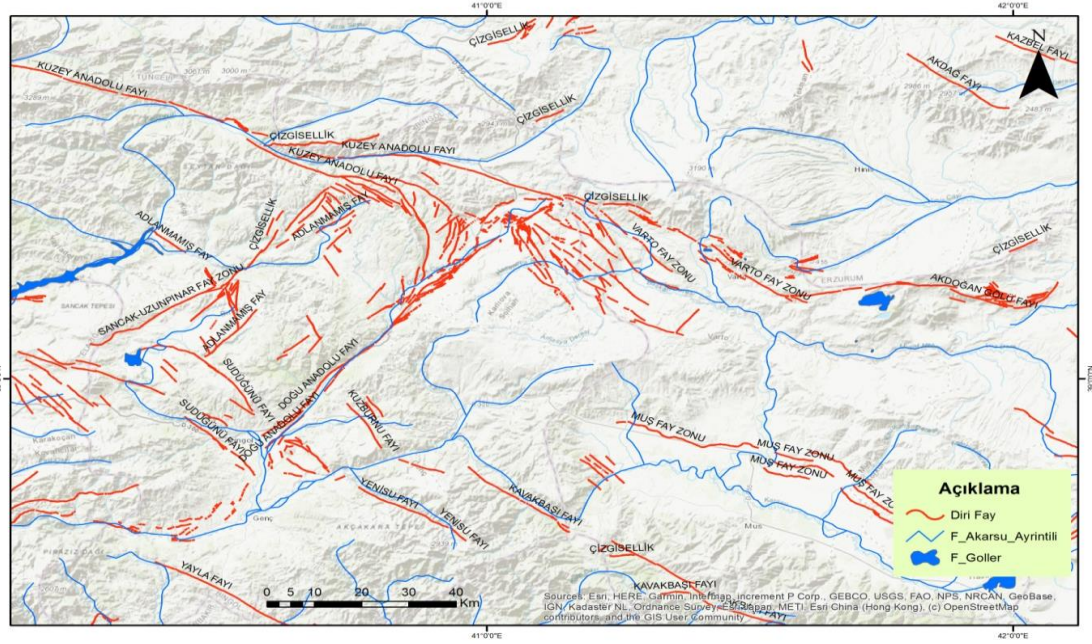
M.Ö 500-1000 yılları arasında KAFZ’nuna göre daha etkin olan DAFZ’nun bu yüzyıl içerisinde daha etkin bir duruma geçme olasılığı; Muş ili için potansiyel deprem tehlike hatlarından biri olarak DAFZ’nunu işaret etmektedir. Gerek tarihsel depremler (Çizelge 3.1), gerekse aletsel dönemde 6’dan büyük depremlerin olduğu (Şekil 3.1) bu durumu açıkça göstermektedir.

³ 6 Şubat 2024 tarihinde dokuz saat aralıklarla yaşanan depremler de bu fay zonu üzerinde gerçekleşmiştir.

4.3.3 Varto Fay Zonu

Varto Fay Zonu (VFZ) çok bilinen bir fay değildir. Bu fay hattı Muş ilinin kuzeybatısında yer alır. 1966 Varto depremine kadar özelliği tam olarak bilinmeyen VFZ ile ilgili yapılan çalışmalar yok denecek kadar azdır. 1966 depremini oluşturan fay mekanizmasının bindirme bileşenli doğrultu atımlı bir fay olduğu McKenzie (1972) tarafından bildirilmiştir. 1966 depreminden sonra yapılan arazi çalışmalarında fayın sağ yanal olduğu ifade edilmiştir (Wallace 1985 akt. Şaroğlu 1985).

VFZ üç segmentten oluşur. Bu fayın segmentleri kuzeyden güneye doğru, Varto, Leylek dağı ve Çayçatı segmenti olarak adlandırılmaktadır. Kuzeyde yer alan Varto segmenti, KB – GD yönlü bir hat şeklinde uzanan doğrultu atımlı sağ yönlü bir faydır. Leylek Dağı segmenti ve Çayçatı segmenti ise bindirme bileşenli doğrultu atımlı sağ yönlü fay karakteri göstermektedir (Akyüz ve ark., 2010).



Şekil 4.3 Muş havzası ve yakın çevresinde deprem üretebilecek diğer aktif faylar.

4.3.4 Muş Fay Zonu

Muş Ovasını çevreleyen kuzeydeki yamaçlarda birbirine paralel uzanan birkaç faydan meydana gelmiş bir fay hattıdır (Şekil 4.3). Çok bilinen ve çok çalışılmış bir fay hattı değildir. Ovanın doğusuna doğru bindirme karakteri kazanır. Bu fayı zonunu oluşturan parçaların birbirine paralel ve kademeler şeklinde uzanması düşey atıma da sahip olduğunu gösterir. Muş ovasının batısında, Murat ırmağının ovaya açıldığı

antesedant boğazın güney- güneybatısında (Mercimekkale civarı) yamaçlar üzerinde yer alan akarsularda gözlenen ötelenmeler fayların doğrultu atıma sahip olduğunu gösterir. Muş ili ve yakın çevresinde yaşanan aletsel dönem deprem aktivitesinin işlendiği harita incelendiğinde (Şekil 3.2) birçok depremin yine bu zon üzerinde yer aldığı görülür. Bu durum mekanizmasını çok iyi bilmediğimiz bu fay zonu üzerinde artan bir tektonik aktivite olduğu şeklinde değerlendirilebilir.



5. PROBLEM TANIMI

Muş ili, sosyo-ekonomik anlamda ülkemizin en geri kalmış bölgelerinden biri olup, yapı stoğu ve kalite açısından oldukça düşük bir seviyededir. İlde, plansız yapılaşma ve mühendislik ilkelerinden uzak bir inşaat pratiği yaygındır. Bu durum, zemin özellikleri dikkate alınmaksızın gerçekleştirilen yapılaşmayı beraberinde getirmektedir. Zemin ve yapı uyumsuzluğunun bir sonucu olarak, bölgede olası bir depremde ciddi yapısal hasar ve can kaybı riski bulunmaktadır. Bu çalışmanın temel amacı, Muş ilinin zemin özelliklerini detaylı bir şekilde inceleyerek, bu özelliklerin deprem tehlikesi üzerindeki etkilerini ortaya koymaktır. Zemin ve yapı uyumsuzluğunun potansiyel sonuçlarının belirlenmesi ve bu bağlamda alınabilecek önlemlerin tartışılması, çalışmanın ana hedeflerindendir.

Bu değerlendirmeler ışığında, Muş ilinde mevcut yapı stoğunun deprem güvenliği açısından ne derece risk taşıdığı ve bu risklerin azaltılması için yapılması gerekenler ele alınacaktır. Bu doğrultuda, mikrotremör verilerine dayalı analizler yapılarak, zemin üzerinde inşa edilebilecek maksimum bina yükseklikleri hesaplanacak ve bölgenin yapılaşma stratejileri yeniden değerlendirilecektir.



Şekil 5.1 Muş merkez ilçe sınırları

6. AMAÇ

Bu tez, Muş ilinin (Merkez) zemin özelliklerini inceleyerek, bu özelliklerin deprem tehlikesi üzerindeki etkilerini belirlemek ve zemin-yapı uyumsuzluğunun potansiyel sonuçlarını değerlendirerek, bölgedeki yapılaşma stratejilerine yönelik öneriler sunmayı amaçlamaktadır.



7. VERİ ve YÖNTEM

Bu çalışma iki aşamadan meydana gelmektedir. Çalışmanın ilk aşamasını literatür taraması, ikinci aşamasını ise arazi çalışmaları oluşturmaktadır. Literatür taraması ile Muş ili ve yakın çevresine ait tarihsel ve aletsel depremler derlenerek Muş ili ve yakın çevresine ait bir deprem envanteri oluşturulmuştur. Literatür taraması ile aynı zamanda il ve yakın çevresinde deprem üretebilecek tektonik ve volkanik yapılar da belirlenmiştir.

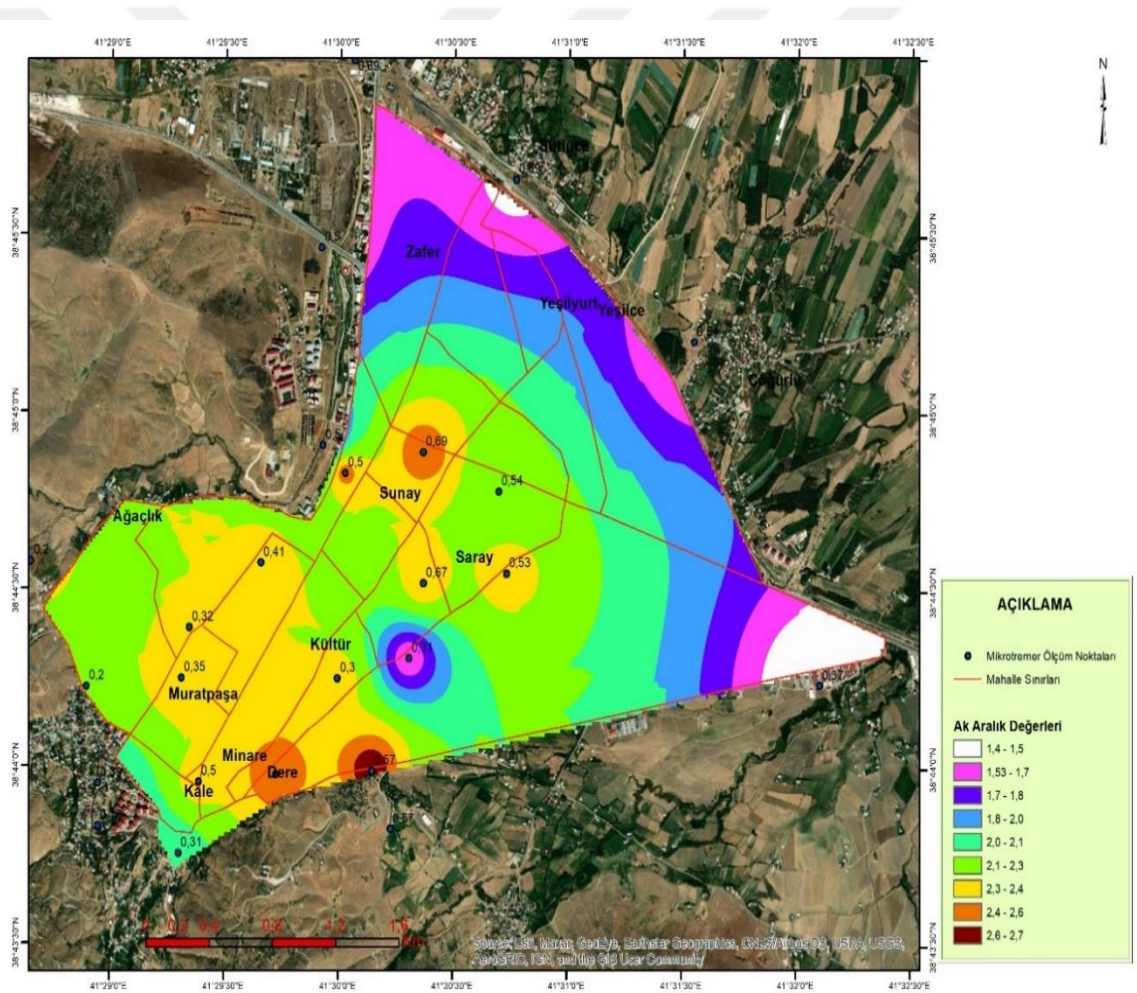
Çalışma içinde yer alan hâkim zemin titreşim periyodu, yeraltı su seviyesi gibi zemin özelliklerini yansıtan değerler koordinat verileri ile birlikte değerleri Arc Map programına aktarılmış, Kreking metodu kullanılarak noktalar arası boşluklar da doldurularak Muş il merkezinin bütününe ait hakim zemin titreşim periyodu, yeraltı su seviyesi gibi değerlerin merkez ilçeyi kapsayacak şekilde haritaları üretilmiştir.

Aynı programla Merkez ilçeye ait genel hatlarıyla mahalleleri gösteren bir harita üretilerek hâkim zemin titreşim periyodu ve yeraltı su seviyesini gösteren haritalarla karşılaştırılarak mahalle bazlı değerlendirme yapılabilecek altlık haritalar da üretilmiştir.

8. BULGULAR

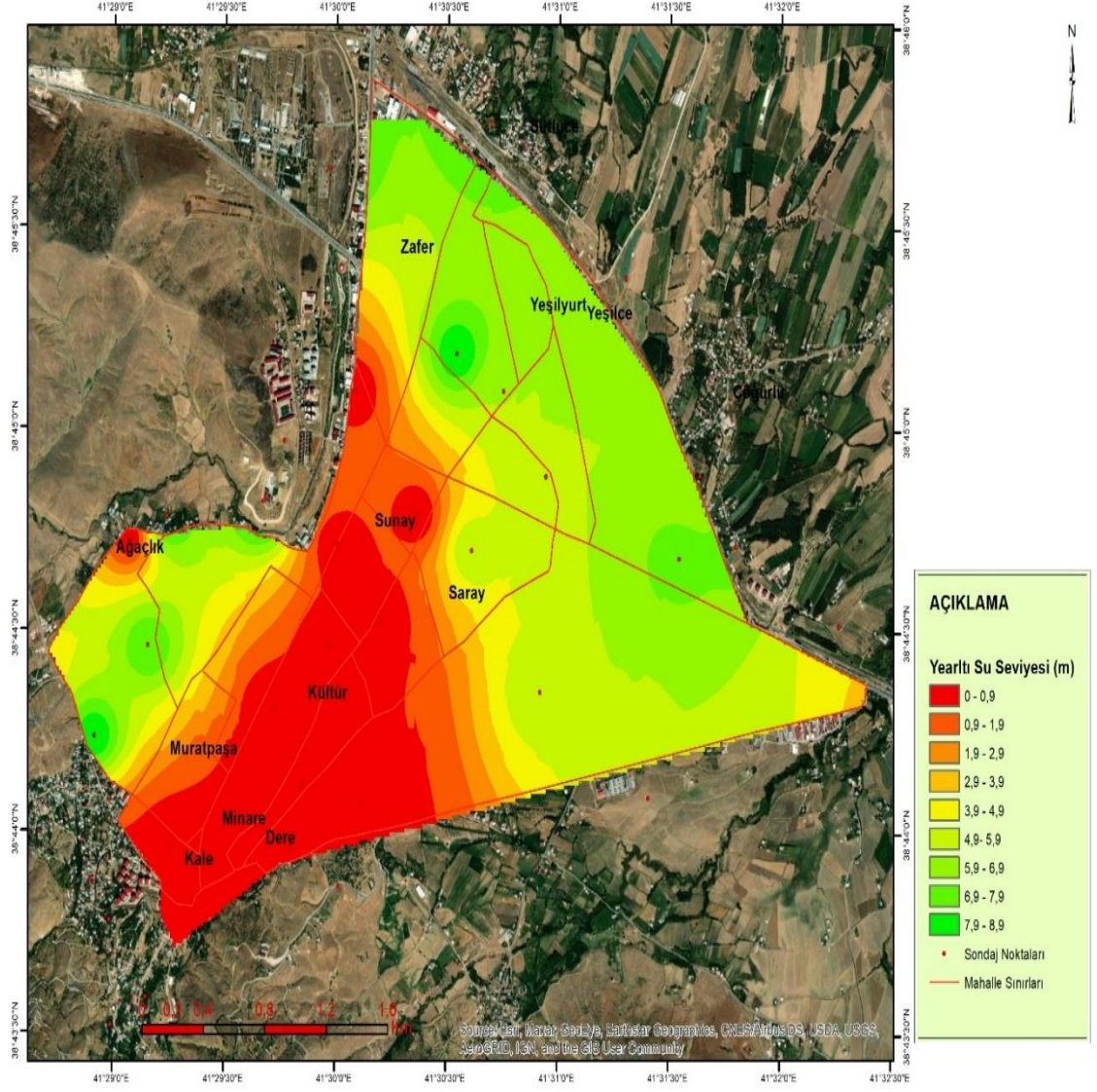
Muş iline ait hâkim zemin periyodu ve yeraltı su seviyesi gibi deprem anında bina davranışını etkileyen değerler sayısallaştırılmıştır.

Muş merkez ilçeye ait mahalleleri gösteren harita ile karşılaştırılarak zeminin anomalik iletkenlik değerlerinin (Ak) mahalle bazlı değişimi elde edilmiştir⁴. Ak değerlerinin 1,4 ile 2,7 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. En yüksek değerleri merkez ilçe sınırları içinde güneydoğuda Minare, Dere mahallesi ile Sunay Mahallesi'nin kuzeyinde görülürken, en düşük değerler merkez ilçenin kuzeydoğusunda ölçülmüştür (Şekil 8.1). Bu değerler bir birikinti konisi üzerinde gelişen Muş merkez ilçenin homojen zemin özelliklerine sahip olmadığı şeklinde değerlendirilmiştir.



Şekil 8.1 Anomalik iletkenlik (Ak) değerleri

⁴ Anomalik iletkenlik değerleri (Ak) zeminin su, tuz, toprak yapısı, mineral içeriği gibi değerlerinin belirlenmesinde kullanılarak zeminin özelliklerinin belirlenmesinde kullanılır.

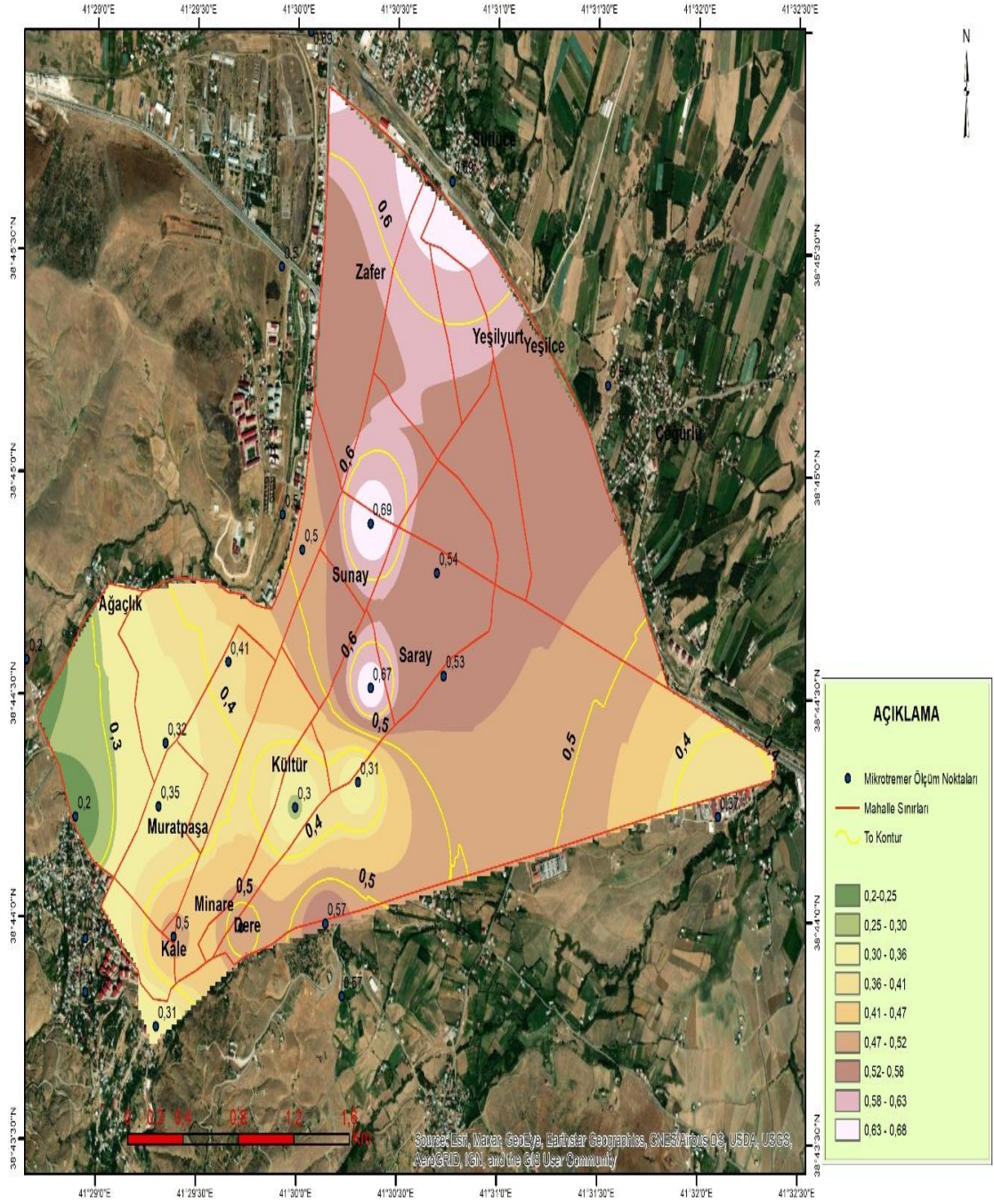


Şekil 8.2 Yeraltı su seviyesi haritası

Muş merkez ilçeye ait mahalleleri gösteren harita ile yeraltı su seviyesini gösteren harita karşılaştırılarak mahalle bazlı yeraltı su seviyesi değişimi elde edilmiştir. Yeraltı su seviyesi değişimi değerleri 0 ile 8,9 m. arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Kale, Minare, Muratpaşa, Kùltür, Sunay mahallelerinde yeraltı su seviyesi 0-2,9 metre arasında değiştiği belirlenmiştir⁵. Yeraltı su seviyesinin yüzeye daha yakın olduğu bu yerler sıvılaşma ile zeminin taşıma kapasitesini aniden

⁵ Yeraltı su seviyesinin merkez ilçenin güneybatısında yüzeye yakın değerler vermesi ölçümün yapıldığı (İlkbahar) mevsim özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Özellikle ilkbaharda kar erimeleri ve yağışlardan dolayı yeraltı su seviyesi yüzeye yakın değerler göstermektedir.

azalabileceği ve yapıların çökmesine veya yıkılmasına neden olabilecek en riskli alanlar olarak değerlendirilmiştir (Şekil 8.2).



Şekil 8.3 En küçük zemin titreşim değerleri (Mikrotremor ölçüm değerleri)

Zeminin dinamik özelliklerini değerlendirmek için kullanılan en küçük zemin titreşim değerleri (Mikrotremor), zeminin sismik davranışını ve bölgenin deprem riskini belirlemek için kullanılır. Mikrotremorlar, zemin hareketlerinin çok küçük ölçekli

titreşimlerini ifade eder. Mikrotremerler genellikle yüzeydeki sensörler kullanılarak ölçülür. Bu sensörler, zeminin yüzeyindeki doğal titreşimlerini kaydederler. Titreşimlerin frekans spektrumunu analiz ederek, zeminin elastik özellikleri hakkında bilgi elde edilebilir. Bu bilgiler, zeminin taşıma kapasitesi, sıvılaşma potansiyeli, zemin amplifikasyonu gibi faktörlerin belirlenmesinde önemlidir.

Muş merkez ilçeye ait mahalleleri gösteren harita ile mikrotremer değerlerinin işlendiği harita karşılaştırılarak mahalle bazlı zeminin olası sismik davranışı belirlenmeye çalışılmıştır. Zemin titreşim değerleri 0,2 ile 0,68 arasında değişim göstermektedir. Bu değer aralığına bağlı olarak Muş merkez ilçenin üzerinde geliştiği zemin için genellikle, orta sertlikteki bir zemin olduğu ve bu tür zeminlerin genellikle deprem etkilerine karşı orta düzeyde bir dirence sahip olduğu söylenebilir. İl merkezinin bir birikinti konisi üzerinde geliştiği ve yağmur sel suları ile taşınan kum ve kil gibi malzemelerden meydana geldiği düşünüldüğünde mikrotremer değerlerinin il merkezinin üzerinde geliştiği jeomorfolojik yapı ile de uyumlu olduğu bu yapısal özellikleri yansıttığı söylenebilir.

Mikrotremer verilerine dayanarak zemin üzerinde inşa edilecek bina yüksekliklerini belirlemek için Keçeli ve Cevher (2018) tarafından önerilen formül kullanılmıştır⁶.

$$N1 = \frac{T1}{C1}$$

$$N2 = \frac{T2}{C}$$

⁶ N= Bina rezonans alt(N₁) ve üst kat(N₂) adetleri

T₁-T₂= Rezonans periyot aralığı Rezonans periyot aralığı (T₁- T₂)=(0.5-1.5) saniyeleri arası olduğundan T_Z=1 saniye olan bir zeminde rezonansa girmeyecek yapılabilecek bina kat adedi ön görülen projede tasarlanacak bina rijidite (C) değerine bağlı olarak bağıntılarından saptanabilir.

$$T1 = 0.5Tz$$

$$T2 = 1,5Tz$$

$$Tz= \text{Zemin periyodu}$$

$$C= \text{Rijitlik kot değeri (0,075)}$$

$$H= \text{Bina Yüksekliği}$$

$$H = 3X\left(\frac{N1}{N2}\right)$$

Buna göre mahalle bazında elde edilen maksimum bina yükseklikleri Çizelge 8.1’de verilmiştir.

Çizelge 8.1 Muş il merkezinde mahallelerin rezonans etkiye maruz kalma alt ve üst yükseklikleri

Mahalle Adı	Zemin Periyodu Mikrotremör (Tz)	Yapının Rezonans Etkiye Maruz Kalma Alt Kat Yükseklikleri⁷	Yapının Rezonans Etkiye Maruz Kalma Üst Kat Yükseklikleri⁸
Ağaçlık	0.3	2 Kat (6 m)	6 Kat (18 m)
Kale	0.3	2 Kat (6 m)	6 Kat (18 m)
Kale	0.5	3 Kat (9 m)	10 Kat (30 m)
Muratpaşa	0.4	2.6 Kat (7,8 m)	8 Kat (24 m)
Dere	0.5	3 Kat (9 m)	10 Kat (30 m)
Minare	0,3	2 Kat (6 m)	6 Kat (18 m)
Kültür	0.3	2 Kat (6 m)	6 Kat (18 m)
Kültür	0.4	2,6 Kat (7,8 m)	8 Kat (24 m)
Sunay	0.5	3 Kat (9 m)	10 Kat (30 m)
Sunay	0.6	4 Kat (12 m)	12 Kat (36m)
Saray	0.5	3 Kat (9 m)	10 Kat (30 m)
Saray	0.6	4 Kat (12m)	12 Kat (36m)
Zafer	0.6	4 Kat (12m)	12 Kat (36m)
Yeşilyurt	0.6	4 Kat (12m)	12 Kat (36m)
Yeşilce	0.6	4 Kat (12m)	12 Kat (36m)

⁷ Tabloda verilen kat yükseklikleri rezonans sınırlarını gösterir. Örneğin 2-6 kat rezonans sınırı olarak verilen bir zeminde inşa edilecek yapı binanın bir katının yüksekliği 3m. olarak kabul edilme koşuluyla 2 ve 6 kat dışında olmalıdır.

⁸ Tabloda verilen kat yükseklikleri rezonans sınırlarını gösterir. Örneğin 2-6 kat rezonans sınırı olarak verilen bir zeminde inşa edilecek yapı binanın bir katının yüksekliği 3m. olarak kabul edilme koşuluyla 2 ve 6 kat dışında olmalıdır.

9. SONUÇ

Muş il merkezi ve yakın çevresi hem tektonik hem volkanik deprem üretebilecek önemli yapılara yakın bir konumdadır. Nüfus ve yapılaşmanın yoğunlaştığı il merkezi bir birikinti konisi üzerinde gelişmiş kum, kil gibi yağmur ve sel suları ile taşınan malzemeler üzerinde yer almaktadır. Orta sertliğe sahip zemin özellikleri üzerinde yer alan il merkezinde olası bir deprem tehlikesine karşılık mahalle bazlı zemin özellikleri dikkate alınarak yapılaşmanın kontrollü bir şekilde gerçekleştirilmesi gerekmektedir.



KAYNAKÇA

- Akay, E., Erkan, E., Ünay, E. (1989). Stratigraphy of the Muş Tertiary Basin. Bulletin of the Mineral Research and Exploration, 109 (109), 51-51.
- Akyüz, S., Sancar, T., Zabcı, C. 2010. Karlıova Üçlü Eklemleri Civarında Göynük Fayı (Bingöl) ve Varto Fayının (Muş) Morfotektoniği Fay Geometrisi Ve Kayma Hızı. Tübitak Proje No 109Y/160. İstanbul
- Altun, F. (2018). Afetlerin ekonomik ve sosyal etkileri: Türkiye örneği üzerinden bir değerlendirme. *Sosyal Çalışma Dergisi*, 2(1), 1-15.
- Ambraseys, N. (2009). *Earthquakes in the Mediterranean and Middle East: a multidisciplinary study of seismicity up to 1900*. Cambridge University Press.
- Aral, N. (2023). Depremin çocuklara etkileri. *Çocuk ve Gelişim Dergisi*, 6(11), 93-105.
- Cuny, F. C. (1983). Disasters and Development. Oxford University Press.
- Demirtaşlı, E., Pisoni, C. (1965). Ahlat-Adilcevaz bölgesinin jeolojisi (Van gölü kuzeyi). Bulletin of the Mineral Research and Exploration, 64(64), 22-43.
- Dölek, İ. (2014). Muş Depremleri (Eylül 2013) ve Muş İlının Depremselliği. *Makalelerle Muş*, 183-204.
- Dölek, İ. (2020). Afetler ve afet yönetimi. *Pegem Akademi Yayıncılık, Ankara*, 205-31.
- Dölek, İ. (2021). Muş Tarihini Şekillendiren Coğrafya. In M. Alanoğlu, M. Alican, & M. Özalper (Eds.), *Muş Tarihi* (pp. 36-51). İdeal Kültür Yayıncılık. İstanbul.
- Dölek, İ. (2022). Afetlerle Yaşamayı Öğrenmek. *Pegem Akademi Yayıncılık, Ankara*
- Dölek, İ., Ekinci, R., Alkan, H., Büyüksaraç, A., & Ekinci, Y. (2023). 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş merkezli depremler sonrasında Muş ili ve çevresinin deprem tehlikesine yönelik bir değerlendirme. *Türk Coğrafya Dergisi*, (83).
- Elliott, J. R., & Watt, A. J. (2011). The economic impact of earthquakes. Routledge.
- Elnaif, S. (1969). Muş kuzey sahasının petrol etüdü raporu (1: 25 000 ölçekli Erzurum-J47d4 Muş-K47a. a; K47b3 b4; K47a3; K46a3 b3, b4; K47d2; K48a4 d1 paftaları): MTA Rap.. 4296 (yayımlanmamış).
- FEMA (2019). Disaster preparedness for individuals and families. Federal Emergency Management Agency.
- Genç, F. N. (2007). Türkiye’de doğal afetler ve doğal afetlerde risk yönetimi. *Stratejik Araştırmalar Dergisi*, 9(5), 201-226.
- Göncüoğlu, M.C., Turhan, N. (1985). Bitlis Metamorfik kuşağı orta bölümünün temel jeolojisi. MTA Raporu, Rapor, (7707).
- Gücek, S., Afacan, K. B., & Zorluer, İ. (6). 6 Şubat 2023 Depremleri Sonrası Zemin Büyütmesi ve Sıvılaşma Gerçeği: Antakya, Gölbaşı, Türkoğlu Örnekleri. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 23(3), 740-752.
- İlker, S., (1967). Erzurum-Muş bölgesinde Karaköse J-48 a4, d1 paftalarının 1/25.000 ölçekli detay petrol etüdü hakkında rapor: MTA, Derleme rapor no.4177 (yayımlanmamış).

- Keçeli, A., & Cevher, M. (2018). Zemin Hakim Periyodu ve Bina Yüksekliği Rezonans İlişkisi. *Uygulamalı Yerbilimleri Dergisi*, 17(2), 203-224.
- Kiremidjian, A. S. (2018). Seismic evaluation and retrofit of existing buildings. John Wiley & Sons.
- Koçyiğit, A. (2013). New field and seismic data about the intraplate strike-slip deformation in Van region, East Anatolian plateau, E. Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences*, 62, 586-605.
- Korkmaz, H. (2006). Antakya’da zemin özellikleri ve deprem etkisi arasındaki ilişki. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 4(2), 49-66.
- Liao, S. C., & Chen, W. F. (2010). Soil liquefaction evaluation using seismic cone penetration testing. *Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering*, 136(2), 167-175.
- Özcan, N. (2018). Sağlık kurumlarında risk yönetimi. *Sağlık Hizmetleri ve Eğitimi Dergisi*, 2(1), 15-24.
- Özdoğan, S. (1993). Türkiye’nin deprem bölgeleri. *Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi*, 2, 53-68.
- Özyeğin, G., 1968, Muş Bölgesi 1 :25 000 ölçekli Erzurum J47-d3, Muş K42-a2 paftalarının detay petrol etüdü hakkında rapor: MTA Rap., 1743 (yayınlanmamış), Ankara.
- Paton, D., & Johnston, D. M. (2015). Natural Hazards and Disaster Management. John Wiley & Sons.
- Sakıncı, M. (1982). Mollababa—Uruman (Mus İli) yöresinin jeolojisi—biostratigrafisi ve paleontolojisi.
- Şaroğlu, F., Yılmaz, Y., Doğu Anadolu’nun neotektoniği ve ilgili magmatizması: Ketin Simpozyumu bildirileri, (1984) 149-162.
- Şaroğlu, F., Doğu Anadolu’nun Neotektonik Dönemde Jeolojik ve Yapısal Evrimi. Doctorate Thesis, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.p. 240, 1985.
- Şaroğlu, F., Yılmaz, Y., Doğu Anadolu’da Neotektonik Dönemdeki Jeolojik Evrim ve Havza Modelleri. *MTA Dergisi*, 107, Ankara, (1986) 73-94.
- Seed, H. B., & Idriss, I. M. (1971). Simplified procedure for evaluating soil liquefaction potential. *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division*, 97(SM9), 1249-1273.
- Selçuk, L., & Aydın, H. (2012). Kuvaterner yaşlı alüvyal zeminlerin kuvvetli yer hareketine etkisi: 2011 Van depremleri. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 36(2), 75-98.
- Sönmez, M. B. (2022). Depremin psikolojik etkileri, psikolojik destek ve korkuyla baş etme. *Totbid Dergisi*, 21(3), 337-343.
- Şahin, İ., & Kılınç, T. (2016). Türkiye’de 1980-2014 yılları arasında görülen depremlerin ekonomik etkileri. *İktisadi Yenilik Dergisi*, 4(1), 33-42.

- Şengör, A. M. C., & Kidd, W. S. F. (1979). Post-collisional tectonics of the Turkish-Iranian plateau and a comparison with Tibet. *Tectonophysics*, 55(3-4), 361-376.
- Şengör, A.M.C., Özeren, S., Zor, E., and Genç, T., East Anatolian high plateau as a mantle-supported, N-S shortened domal structure: *Geophysical Research Letters*, v. 30, no. 24, (2003) 8045
- Tabban, A. (2000). Kentlerin jeolojisi ve deprem durumu. *Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları*, 56, 500.
- Tek, A. (2018). Felaketin Belleği:'66 Varto Depremi ve Etrafında Oluşan Kolektif Hafıza. *Kebikec: İnsan Bilimleri İçin Kaynak Araştırmalı Dergisi*, (45).
- UNISDR (2009). Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction. United Nations Office for Disaster Risk Reduction.
- Uysal, Ş., (1986), Muş Tersiyer havzasının stratigrafisi ve Üst Lütésiye'nin varlığı: *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 105/106, 69-74.
- Uzelli, T., Şener, M. F., Dölek, İ., Baba, A., Sözbilir, H., & Dirik, R. K. (2021). Structural controls and hydrogeochemical properties of geothermal fields in the Vartoregion, East Anatolia. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 30(9), 1076-1095.
- Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T., & Davis, I. (2004). *At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters*. Routledge.
- Youd, T. L., Idriss, I. M., & Boulanger, R. W. (2002). Soil liquefaction during earthquakes. *Geotechnical Special Publication*, 121(1), 29-60.
- Yılmaz, Y., Tüysüz, O., Yiğitbaş, E., Genç, Ş. C. and Şengör, A. M. C., *Geology and tectonic evolution of the Pontides, Regional and Petroleum geology of the Black Sea and Surrounding Region* (Robinson, A. G., eds.), AAPG Memoir 68, 183-226, 1997
- Yılmaz, Ali And Yılmaz, Hüseyin (2019) "Structural evolution of the Eastern Anatolian Basins: an example from collisional to postcollisional tectonic processes, Turkey," *Turkish Journal of Earth Sciences*: Vol. 28: No. 3, Article 1. <https://doi.org/10.3906/yer-1805-20>
Available at: <https://journals.tubitak.gov.tr/earth/vol28/iss3/1>

ÖZGEÇMİŞ**KİŞİSEL BİLGİLER**

Adı Soyadı : Furkan BATMACA

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: İmkb Bingöl Lisesi	2009
Üniversite	: Çukurova Üniversitesi/Jeoloji Mühendisliği	2013
Yüksek Lisans	: Muş Alparslan Üniversitesi/Enerji Sistemleri A.B.D.	Devam ediyor
Doktora	:	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2013-2015	PETKİM	Saha Mühendisi
2015-Halen	EGM	Memur

UZMANLIK ALANI

Zemin Mekaniği ve Zemin İyileştirme Yöntemleri

YABANCI DİLLER

İngilizce