



Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

<https://dergipark.org.tr/pub/yyufbed>



Araştırma Makalesi

Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ile Çaldıran (Van) İlçe Merkezi Deprem Risk Haritasının Oluşturulması

Sacit MUTLU*¹, Ufuk GÜNDAY²

¹Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van Güvenlik Meslek Yüksekokulu, Acil Durum ve Afet Yönetimi Programı, 65080, Van, Türkiye

²Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 65080, Van, Türkiye

Sacit MUTLU, ORCID No: 0000-0003-1632-722X, Ufuk GÜNDAY, ORCID No: 0009-0000-8986-3598

*Sorumlu yazar e-posta : sacitmutlu@yyu.edu.tr

Makale Bilgileri

Geliş: 31.09.2024
Kabul: 24.10.2024
Online Aralık 2024

DOI:10.53433/yyufbed.1541330

Anahtar Kelimeler

Afet riski,
Çaldıran Depremi,
Deprem tehlike haritası,
Yer bilimsel veri

Öz: Van Gölü'nün kuzeydoğusunda yer alan Çaldıran ilçesi önemli aktif tektonik hatlara oldukça yakın bir konumdadır. Yakın geçmişte meydana gelen yıkıcı depremler ilçenin deprem tehlikesini açık bir şekilde ortaya koymaktadır. Özellikle ilçede Çaldıran Fayı'nın 1976 yılında ürettiği Mw:7.3 büyüklüğündeki depremde 3840 kişi hayatını kaybetmiş, 9232 bina hasar görmüş olup 2000 km²'lik bir alandaki evlerin %80'i ağır hasar görmüştür. Ayrıca çalışma alanı tarihte önemli yerleşim merkezlerine ev sahipliği yaptığı için, bölgedeki yıkıcı tarihsel deprem kayıtları da bulunmaktadır. Çaldıran ilçesinde ilk tehlike deprem olmakla birlikte, zemin özellikleri, karbondioksit gazı çıkışı ve yapı stoğu verileri de tehlike ve risk boyutunu artırmaktadır. Çalışmanın ilk etabında Çaldıran ilçesi ile ilgili yapılan çalışmalar derlenmiş ve coğrafi bilgi sistemleri tabanına eklenerek bir veri grubu oluşturulmuştur. Sonraki süreçte Çaldıran İlçesi'nde saha çalışması gerçekleştirilmiştir. Elde edilen tüm veriler altı adet veri grubu ile Analitik Hiyerarşik Süreç (AHS) ile analize tabi tutulmuştur. Sonuç olarak Çaldıran ilçe merkezi içerisinde yer alan yapıların yaklaşık %77'si uygun olmayan alan, yapı kalitesi, yapı kat adedi, aletsel ve tarihsel deprem verileri ve faya uzaklık kriterlerine bağlı olarak yüksek risk içermektedir.

Creating the Earthquake Risk Map of Çaldıran (Van) District Center with Geographic Information Systems and Analytical Hierarchy Process (AHP)

Article Info

Received: 31.09.2024
Accepted: 24.10.2024
Online December 2024

DOI:10.53433/yyufbed.1541330

Keywords

Çaldıran Earthquake,
Disaster risk,
Earthquake hazard map,
Geoscientific data

Abstract: The Çaldıran District, located in the northeast of Lake Van, is situated in close proximity to significant active tectonic faults. Recent destructive earthquakes have clearly highlighted the seismic hazard of the district. Notably, the 7.5 magnitude earthquake generated by the Çaldıran Fault in 1976 resulted in 3,840 fatalities, with 9,232 buildings damaged, and approximately 80% of the houses within a 2,000 km² area sustained severe damage. Furthermore, due to its historical role as a major settlement area, the study region also contains records of destructive historical earthquakes. While the Çaldıran District's primary hazard is related to seismic activity, factors such as soil properties, carbon dioxide emissions, and building stock data further exacerbate the hazard and risk levels. In the initial phase of the study, existing research on the Çaldıran District was compiled and integrated into a Geographic Information Systems (GIS) database to create a comprehensive dataset. Subsequently, fieldwork was conducted in the Çaldıran District. All collected data were analyzed using the Analytic Hierarchy Process (AHP) with six distinct data sets. As a result, approximately 77% of the structures within the Çaldıran District center are classified as high risk based on criteria such as unsuitable land, building quality, number of building floors, instrumental and historical earthquake data, and distance from fault lines.

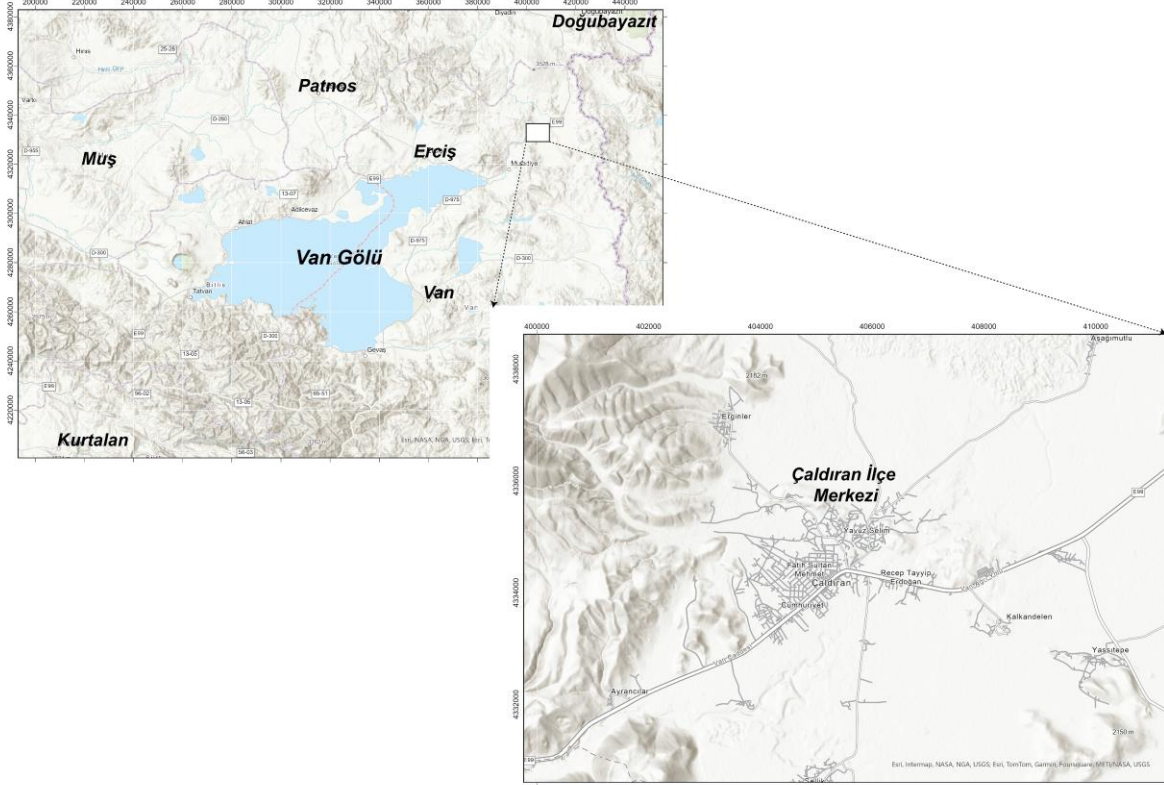
1. Giriş

Bu çalışma sismik hareketlerin fazlaca olduğu ve 1976 yılında büyük bir yıkıcı depreme maruz kalan Van ilinin Çaldıran ilçesi üzerinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). İlçede 1976 yılında Mw:7.3 büyüklüğündeki depremde 3840 kişi hayatını kaybetmiş, 9232 bina hasar görmüş olup 2000 km²'lik bir alandaki evlerin %80'i ağır hasar görmüştür (Toksöz ve ark., 1977; Gülkan ve ark., 1978; Şaroğlu, 1985). Çaldıran İlçesi ülkemizin Doğu Anadolu Bölgesi'nin en doğu ucunda yer almaktadır (Şekil 1). İnceleme alanının kuzeybatısında Erzurum ili, güneybatısında Diyarbakır ili, doğusunda ise İran bulunmaktadır. İnceleme alanının konumuna lokal ölçekte bakıldığında, kuzeybatısında Erciş ilçesi, güneybatısında Van Gölü, ve kuzeydoğusunda Ağrı Dağı (5137 m) bulunmaktadır. Çaldıran ilçesi neotektonik olarak Doğu Anadolu Kısılma Bölgesi içerisinde bulunmaktadır (Şengör ve Yazıcı, 2020). İlçeyi etkileyebilecek en önemli aktif fay Çaldıran fayıdır. Çaldıran fayı Van Gölü'nün 100 km kuzeydoğusunda yer alır ve yaklaşık 50 km uzunluğunda doğrultu atımlı bir faydır (Şaroğlu ve Güner, 1979). Çaldıran fayı batıda Tutak ve Erciş fayları, doğuda ise Kuzey Tebriz fayı ile büyük bir deformasyon alanının bir parçasıdır (Şaroğlu ve Güner, 1979; Reilenger vd., 2006). Bölgede neotektonik döneme bağlı olarak birçok farklı türde aktif fay mevcuttur. Çaldıran Fayı'nın kuzeyinde Balıkgölü Doğubayazıt, Iğdır ve Sardarapat fayları yer alırken güneyinde ise Hasantimur ve Erciş fayları yer alır (Emre ve ark., 2013). Bu denli aktif fay zonları ile sismik etkinliği yüksek olan bir bölgenin tehlike ve risk değerlendirmesinin yapılması oldukça önem arz etmektedir. Ayrıca bölge ve yakın civarında yapılan çalışmalar tehlike parametrelerine bağlı olarak yapılmıştır (Albini ve ark., 2012; Karakhanian ve ark., 2013; Alkan ve Akkaya, 2023). Bu çalışma ise tehlike parametrelerine değinmekle birlikte deprem risk parametresini de içermektedir. Her ne kadar deprem risk yönetimi ile ilgili verimli ve etkili mücadele edilse de risk faktörünü sıfıra indirmek imkansızdır. Dolayısıyla kalıntı (residual) riskin de yönetilebiliyor olması bu anlamda oldukça önemlidir. Çalışma bu anlamda Çaldıran İlçe merkezinin risk düzeyini ortaya koymakla birlikte hem karar vericilere yön göstermesi hem de literatüre katkı sunması açısından önemli bir boşluğu dolduracaktır.

Ülkemiz son yıllarda yaşanan doğa kaynaklı afetler sonucunda oldukça fazla yara almış bulunmaktadır. Ayrıca ülkemiz sahip olduğu tektonik, topoğrafik ve meteorolojik özelliklerinden dolayı doğa kaynaklı afetlerin meydana gelmesine olanak sağlayan bir coğrafik konumda yer almaktadır. Nitekim geçmişten günümüze birçok farklı türde doğa kaynaklı afet meydana gelmiştir. Ancak yaşanan bu afetlerden en çok can ve mal kaybı aktif fay kaynaklı depremlerden dolayı meydana gelmiştir. Buna ek olarak dünya genelinde meydana gelebilecek ve tekrarlanan doğa kaynaklı afetler ile ilgili yıkıcı parametreleri minimize etmek için birçok önleyici faaliyet yapılmaktadır. Ancak teknolojinin fazlaca etkin ve güçlü olduğu günümüzde halen yaşanan doğa kaynaklı afetlerde can kaybı ve yıkım tahribat boyutu oldukça fazladır. Özellikle ülkemizde 06.02.2023 tarihinde meydana gelen iki yıkıcı depremin ve şiddetli artçı sarsıntılarının 17 ilimizde etkili olması sonucunda farklı boyutlarda yıkım oluşmuştur. Bu yüzden doğa kaynaklı afetler her zaman üzerinde çalışmayı ve hazırlıklı olmayı gerektiren çok disiplinli önemli bir konudur.

Depremler, yarattıkları can ve mal kayıplarının yanında bölgesel ve ulusal sorunlara da sebep olmaktadır. Deprem sonrası yaşanan ekonomik kayıplar, afet sahasındaki fiziksel hasarlar ve sosyo-psikolojik tahribatlar deprem sonrası yaşanan sorunlardan bazılarıdır. Bu yüzden ülkemizin Türkiye yüzümlü çerçevesinde planlanmış olduğu küresel çaptaki projelerin olası büyük bir deprem neticesinde sektöre uğramaması için özellikle deprem konusunda yapmış olduğumuz çalışma şimdiki ve sonraki zaman için bölgesel ve ulusal açıdan önem arz etmektedir.

Afet yönetimi kapsamında, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) oldukça önemlidir. CBS, afet yönetimi süreçleri içerisinde; risk analizi ve planlama, afet sırasında müdahale, hasar tespiti ve iyileştirme ve afet sonrası analizler yaparak kritik bir araç olarak kullanılır. Bu sistemlerin etkin kullanılması, afetlerin etkilerini azaltmak ve toplumların afetlere daha dirençli olmasını sağlamak için büyük bir katkı sunar. Yapmış olduğumuz çalışmada CBS tabanlı risk analizi ve planlama adı altında tehlike parametreleri (fayın türü, fayın uzaklığı, tarihsel ve aletsel dönem deprem etkinliği vb.) ve risk unsuru parametresine, (yapı kalitesi, yapı kat adedi zemin özelliği vb.) bağlı olarak elde edilecek tüm veri envanterin CBS formatında sayısallaştırılması ve bu veri kataloğunun risk düzeyinde ağırlıklandırılması işlemine dayanmaktadır. Sismik tehlikesi fazla olan bölgede yapılan bu çalışma tehlike ve risk değerlendirilmesi açısından bölgede yapılan ilk çalışma niteliğinde olması yönünden konunun özgün değerini ortaya koymaktadır.



Şekil 1. Çaldıran ilçesinin konumu.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışmanın başlangıcında Çaldıran ilçesi ve yakın civarında tehlike ve risk değerlendirmeleri ile ilgili yapılan çalışmalar derlenmiştir. Daha sonra Çaldıran Belediyesi ile gerekli görüşmeler sağlanmış ve Çaldıran ilçesi'ne ait yerbilimsel ve yapı envanter verileri temin edilmiştir. Her bir veri türü coğrafi bilgi sistemlerine entegre edilerek bir veri seti oluşturulmuştur. Daha sonra Çaldıran ilçesi'nde saha çalışması gerçekleştirilmiştir. Elde edilen tüm veriler 1970'lerde Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen ve çok kriterli karar problemlerini çözmek için kullanılan Analitik Hiyerarşik Süreç (AHS) yöntemi ile analize tabi tutulmuştur (Saaty, 1979). Çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan AHS parçalama ve sentez yolu ile en iyi cevabı bulmak için kullanılmaktadır (Forman ve Selly, 2002). AHS yönteminde problem kendi içerisinde parçalara ayrılır, parçalara ayrılan her bir verinin ikili karşılaştırma ile önem derecesi belirlenir. Bu çalışma kapsamında Saaty (1990) tarafından geliştirilen karar verme tercih ölçeği kullanılmıştır (Çizelge 1). AHS sürecinde altı adet veri grubu kullanılmış olup, bir adet veri analize dahil edilmemiştir (Çizelge 2).

Tarihsel ve aletsel deprem verileri Step'anian (1964), Al-Suyuti (1974; 1984), Ibn al-Athir (1982), Kondorskaya ve Shebalin (1982), Guidoboni ve ark. (1994), Guidoboni ve Traina (1995), Ambraseys (2009), AFAD-DDB (2024) kayıtlarından derlenmiştir. Fayın uzaklığı verisi Emre ve ark. (2012; 2013) kaynağından alınarak hesaplanmıştır. Zemin sınıflaması, yapı kat adedi ve yapı kalitesi verileri ise Çaldıran Belediyesi'nden temin edilmiştir. AHS yönteminde her bir veri setinin satır ve sütun önem derecesine göre puanlama yapılarak ağırlık dereceleri hesaplanmıştır. Daha sonra her bir veri seti CBS ortamında hesaplanmış ve risk haritası oluşturulmuştur.

Çizelge 1. Analitik Hiyerarşi Süreci'nde kullanılan standart tercih ölçeği (Saaty, 1990; 2004)

Sayısal ölçek	Anlam	Açıklaması
1	Eşit derecede önemli	İki parametre amaca eşit olarak katkı sunmaktadır.
3	Bir parametre diğer parametre göre biraz daha önemli	Değerlendirme sonucunda bir parametre bir başka parametreye göre biraz daha fazla tercih edilmektedir
5	Bir parametre diğer parametre göre kuvvetlice önemli	Değerlendirme sonucunda bir parametre bir başka parametreye göre biraz daha fazla tercih edilmektedir
7	Açıklanmış veya çok fazla önemli	Bir parametre çok fazla tercih edilir veya üstünlüğü uygulamada ispatlanmıştır.
9	Son derece aşırı önemli	Bir parametrenin başka bir parametreye tercih edilmesinin ispatının doğrulanması çok yüksek olasılıklıdır.
2, 4, 6, 8	Birbirine göre yakın değerler	Uzlaşmaya durumunda kullanılmaktadır.

Çizelge 2. Çalışma kapsamında kullanılan veri grubu

Kullanılan veri	Veri kaynağı	Veri Türü	Analize dahil edilme durumu
Tarihsel Deprem	Ambraseys, 2009	Vektör	Analiz edildi
Aletsel Deprem	AFAD-DDB, KKRDA	Vektör	Analiz edildi
Fay Uzaklığı	MTA	Vektör	Analiz edildi
Zemin Sınıflaması	Çaldıran Belediyesi	Vektör	Analiz edildi
Yapı kat adedi	Çaldıran Belediyesi, saha verileri	Vektör	Analiz edildi
Yapı Kalitesi	Çaldıran Belediyesi, saha verileri	Vektör	Analiz edildi
CO ₂ çıkışı	MTA, AFAD, saha verileri	Text	Analiz edilmedi

3. Bulgular

Türkiye tarihindeki en yıkıcı depremlerden biri olarak kayıtlara geçen 24 Kasım 1976 Çaldıran Depremi (Mw:7.3) yaklaşık 3,840 kişinin hayatını kaybetmesine ve binlerce kişinin yaralanmasına ve Van, Muradiye, Erciş, Karayazı ve Ağrı gibi çevre iller ve ilçeler de depremin etkisinin hissedilmesine neden olmuştur (Toksöz ve ark., 1977; Gülkan ve ark., 1978). Söz konusu deprem Çaldıran Fayı'nın etkinliğini ortaya koyarak bölgedeki sismik ve deprem tehlikesinin daha detaylı bir şekilde çalışılmasına zemin hazırlamıştır. Bölgede hem deprem etkinliği hem de depremin sosyal ve ekonomik etkisi üzerine birçok çalışma mevcuttur (Arpat ve ark., 1977; Şaroğlu ve Erdoğan, 1983; Parin, 2020; Alkan ve Akkaya, 2021). Çalışma kapsamında hem akademik çalışmalar hem de kamu kurum ve kuruluşlarından alınan raporlar derlenmiştir. Özellikle bölgenin deprem aktivitesinden ötürü ilk etapta tarihsel ve aletsel veri katalogları derlenmiştir.

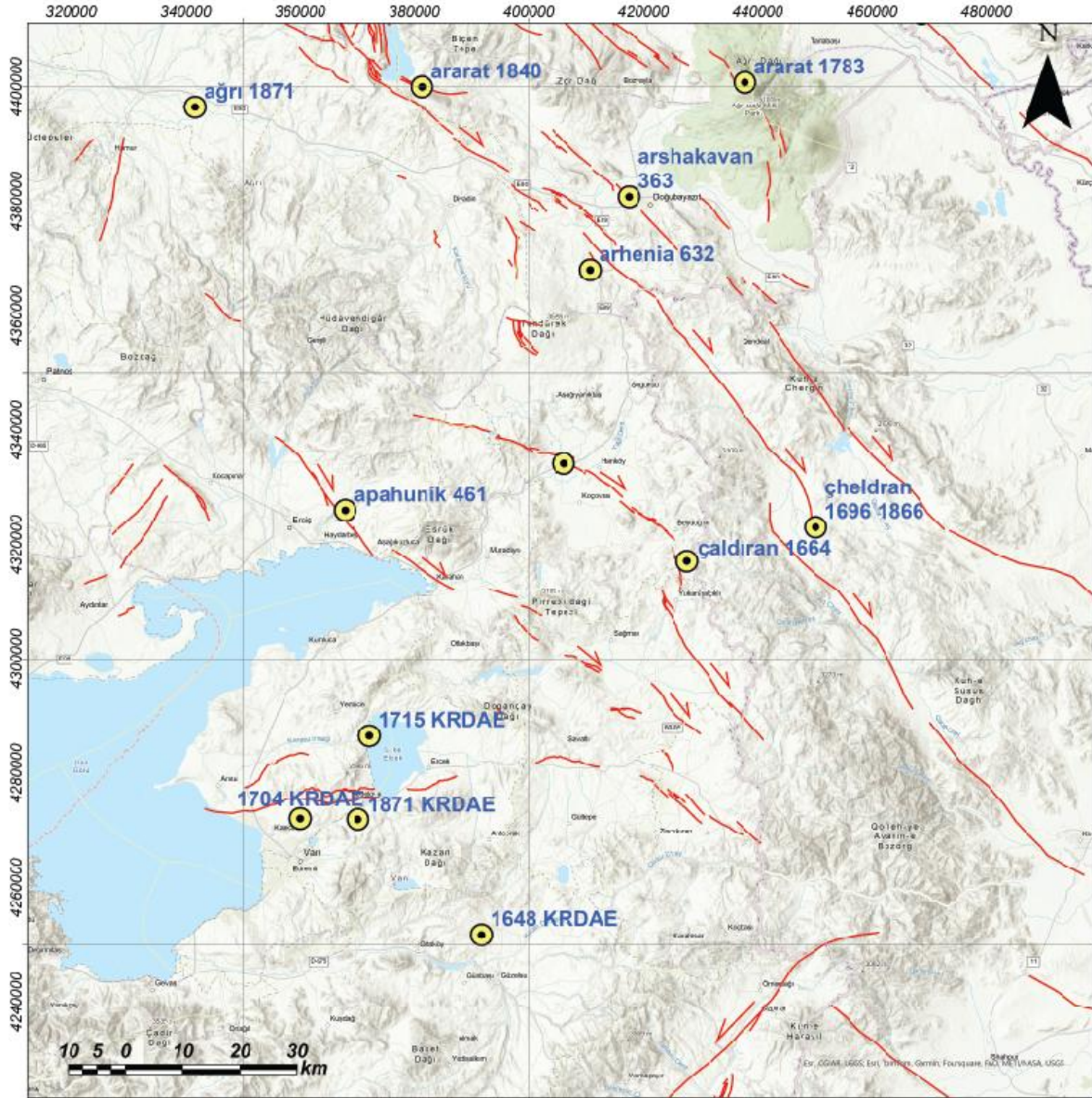
3.1. Tarihsel dönem deprem etkinliği

Bölgenin tarihsel dönem deprem etkinliği eski ve yeni yerleşimlerin isimleri ortaya konularak belirlenmeye çalışılmıştır. Doğu Anadolu Bölgesi birçok medeniyete ev sahipliği yapan bir lokasyonda yer almaktadır (Ambraseys, 2009). Bölgenin bir yerleşim alanı olarak yer almasından dolayı gerçekleşen büyük yıkıcı doğa olaylarının çoğunun kayıtları alınmıştır. Bu kayıtları barındıran önemli ticarethaneler ve dini amaçlı kullanılan (cami, kilise, manastır vb.) yapıların zarar görmesi ve

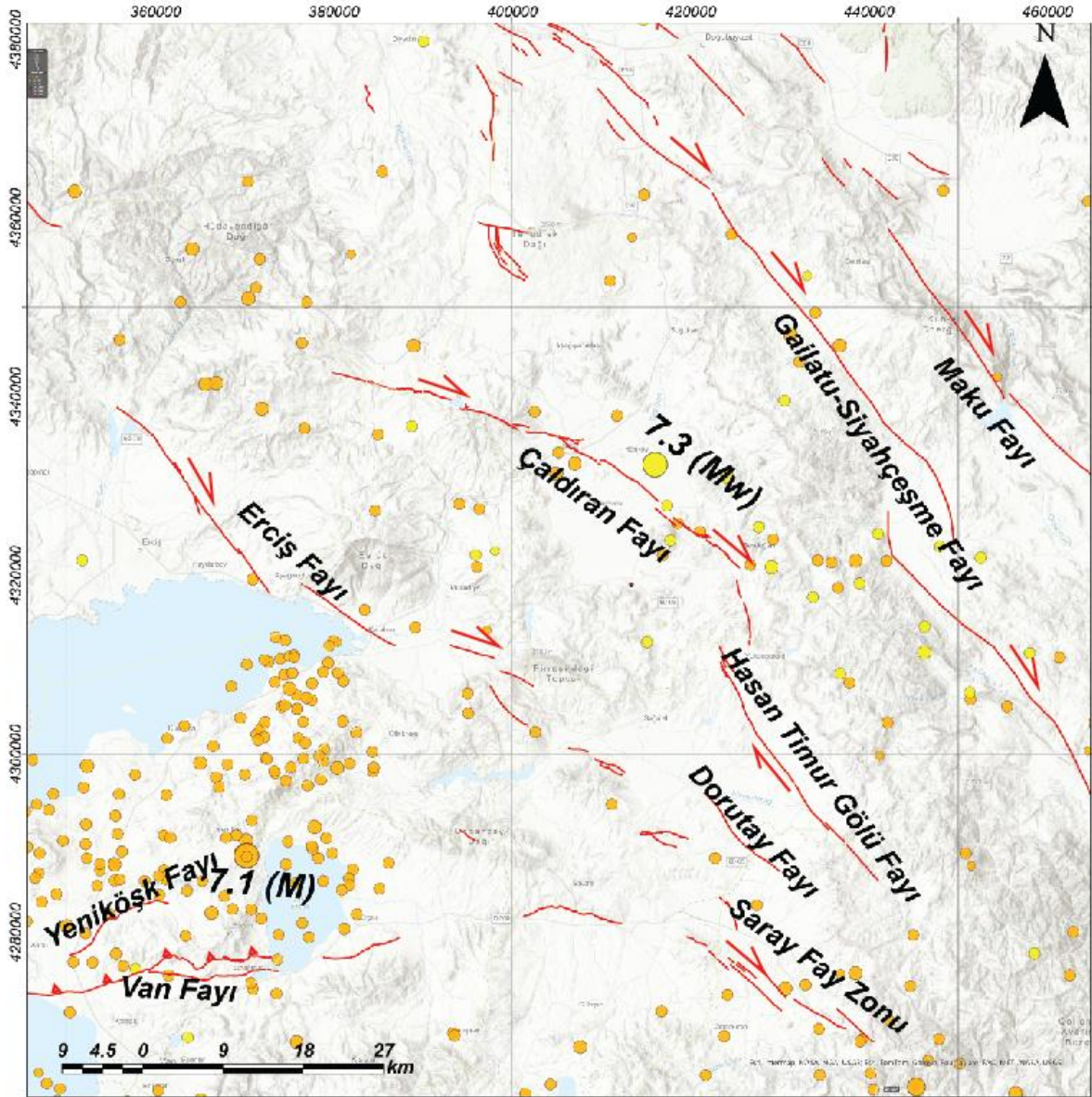
yıkılması ile ilgili bilgiler tarihsel kaynaklarda anlatılmıştır (Mutlu, 2022). Çalışma alanı tarihsel kaynaklarda Ararat ve Vaspurakan Bölgesi olarak geçmektedir (Ambraseys, 2009). Dolayısıyla bölge içerisinde meydana gelen tarihsel depremler Step'anian (1964), Ibn al-Athir (1982), Kondorskaya ve Shebalin (1982), Al-Suyuti (1974; 1984), Guidoboni ve ark. (1994), Guidoboni ve Traina (1995), Ambraseys (2009) kaynaklarından ve Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE) sitesinden derlenmiştir. Ayrıca bölge ve yakın civarında Mutlu (2022) tarafından yapılan tarihsel deprem sayısallaştırmaları da kullanılmıştır. Çaldıran yerleşimi ve yakın civarında 13 adet tarihsel deprem kaydı yer almaktadır (Şekil 2). Bu tarihsel yıkıcı depremlerden beş tanesi Çaldıran ilçesinin kuzeyinde yer almaktadır. Bunlar: Ağrı (1871) Depremi, Ararat (1840) Depremi, Arhenia (632) Depremi, Arshakavan (363 Depremi) ve Ararat (1783) depremleridir. Çaldıran ilçesinin batısında Apahunik (461) Depremi ve doğusunda ise Çheldran (1696, 1866) depremleri yer almaktadır. KRDAE kayıtlarında ise Çaldıran ilçesinin kuzeybatısında dört adet tarihsel deprem kaydı yer almaktadır. Çaldıran ilçesi ve yakın civarını etkileyen tarihsel deprem kaydı ise Çaldıran Fayı'nın güneydoğu ucundaki bir lokasyonu göstermektedir (Çaldıran 1664 Depremi). Doğu Anadolu'nun kuzeydoğusunda meydana gelen bu deprem hakkındaki bilgiler belirgin olmamakla birlikte Osmanlı kaynakları (Kâtip Çelebi, Takvim, 137); bölgedeki birçok yerin harap olduğunu belirtmiştir (Ambraseys, 2009). Başka bir Osmanlı kaynağı (4 Zilkade 1074 a.H.) cuma günü akşam vaktinde Acem (Iran) bölgesinde büyük bir depremin olduğunu, kaosun devam ettiğini 50.000'in üzerinde can kaybının yaşandığını belirtmiştir (Ambraseys, 2009). Tabriz şehrinde Uzun Hasan Camisi, marketler, çarşılar ve hanların (Great Han) yıkılarak 1000 tüccar enkaz altında kalmıştır. Rustem Han ve Governor Sarayı 'da yıkılmıştır. Hayatta kalanlar şehrin dışında kamp kurmuşlardır. Sham Kazan olarak adlandırılan bölgenin yarısından fazlası yıkılmıştır (Ambraseys, 2009). Aynı deprem 1641 tarihi baz alınarak da anlatılmıştır (Ambraseys, 2009). İran bölgesinde meydana gelen 1641 depreminin çoğu binayı yıkarak birçok insanın ölümüne neden olduğu belirtilmiştir (Ambraseys, 2009). Ambraseys (2009) ise 1664 depremine atıfta bulunarak Tabriz bölgesinde meydana gelen depremin, Tabriz'in 300 km kuzeybatısında olan Ararat bölgesindeki Toprakkale, Gerger, Tuman bölgelerinin yıkıldığını ve Girangir vilayetinin etkilendiğini belirtmektedir.

3.2. Aletsel dönem deprem etkinliği

Çalışma alanı ve yakın civarında birçok aktif tektonik yapı olduğundan dolayı aletsel dönem içerisinde de birçok yıkıcı deprem yer almaktadır (Şekil 3). Özellikle bu depremler içerisinde 1976 Çaldıran ve 2011 Van depremleri bölge içerisinde önemli derecede can ve mal kaybına neden olmuştur. Doğu Anadolu'da sağ yönlü bir doğrultu atımlı fay olan Çaldıran Fayı'nın 24 Kasım 1976 yılındaki aktivitesi; yüzey kırığı üreten (Mw:7.3) büyüklüğündeki depremlerle belirginleşmiştir (Şaroğlu ve Güner, 1979; Sağlam Selçuk ve ark., 2016). Bu deprem, o dönemde yaşayan nüfusun neredeyse yarısına denk gelen 3840 kişinin ölümüne neden olmuştur. Çalışma alanı için en önemli tehlike kaynağı olan Çaldıran Fayı, Van Gölü'nün yaklaşık 100 km kuzeydoğusunda yer almakta olup, Türk-İran sınırından batıya doğru yaklaşık 50 km boyunca uzanmakta ve Azizan Dağı'nın yüksek yamaçlarında sona ermektedir (Emre ve ark., 2013; Sağlam Selçuk ve ark., 2016). Bölge içerisinde Çaldıran Fayı'nın bir parçası olduğu doğrultu atımlı bir tektonik hat bulunmaktadır (Şaroğlu ve Güner, 1979; Djamour ve ark., 2011). Yerleşim yerlerini etkileyebilecek bu sistem içerisinde Çaldıran Fayı dışında Erciş Fayı, Gailatu-Siyahçeşme Fayı, Maku Fayı, Tutak Fayı ve Çaldıran İlçe yerleşiminin kuzeyinde kalan Balık Gölü Fay Zonu yer almaktadır (Emre ve ark., 2012; 2013; Mutlu, 2022). Bu sistemin dışında bindirme ve ters faylar ile normal fay veya açılma çatlaklarından oluşan karmaşık bir fay yapısı da mevcuttur (Emre ve ark., 2013). Nitekim 23.10.2011 günü yerel saatle 13:41'de merkez üssü Van il merkezinin yakın kuzeyine rastlayan Mw:7.1 büyüklüğünde bir deprem Van ve Erciş gibi iki büyük kentsel yerleşme ile köylerde can kaybı ve hasara yol açmıştır. Bu yıkıcı depremden sonra, odak merkezleri farklı olan 29 Ekim, 8 Kasım ve 9 Kasım 2011 tarihlerinde sırasıyla Mw: 5.1, 5.3 ve 5.7 büyüklüğünde üç deprem daha meydana gelmiştir (AFAD-DDB, 2024). Van (Tabanlı) depremi olarak adlandırılan bu deprem bölge içerisinde sadece doğrultu atımlı fayların değil, bindirme faylarının da yıkıcı etki oluşturduğunu göstermiştir.



Şekil 2. Çaldıran ilçesi ve yakın civarında meydana gelen tarihsel depremler (Step'anian, 1964; Ibn al-Athir, 1982; Kondorskaya ve Shebalin, 1982; Al-Suyuti, 1974; 1984; Guidoboni ve ark., 1994; Guidoboni ve Traina, 1995; Ambraseys, 2009; Mutlu, 2022; KRDAE, 2024).

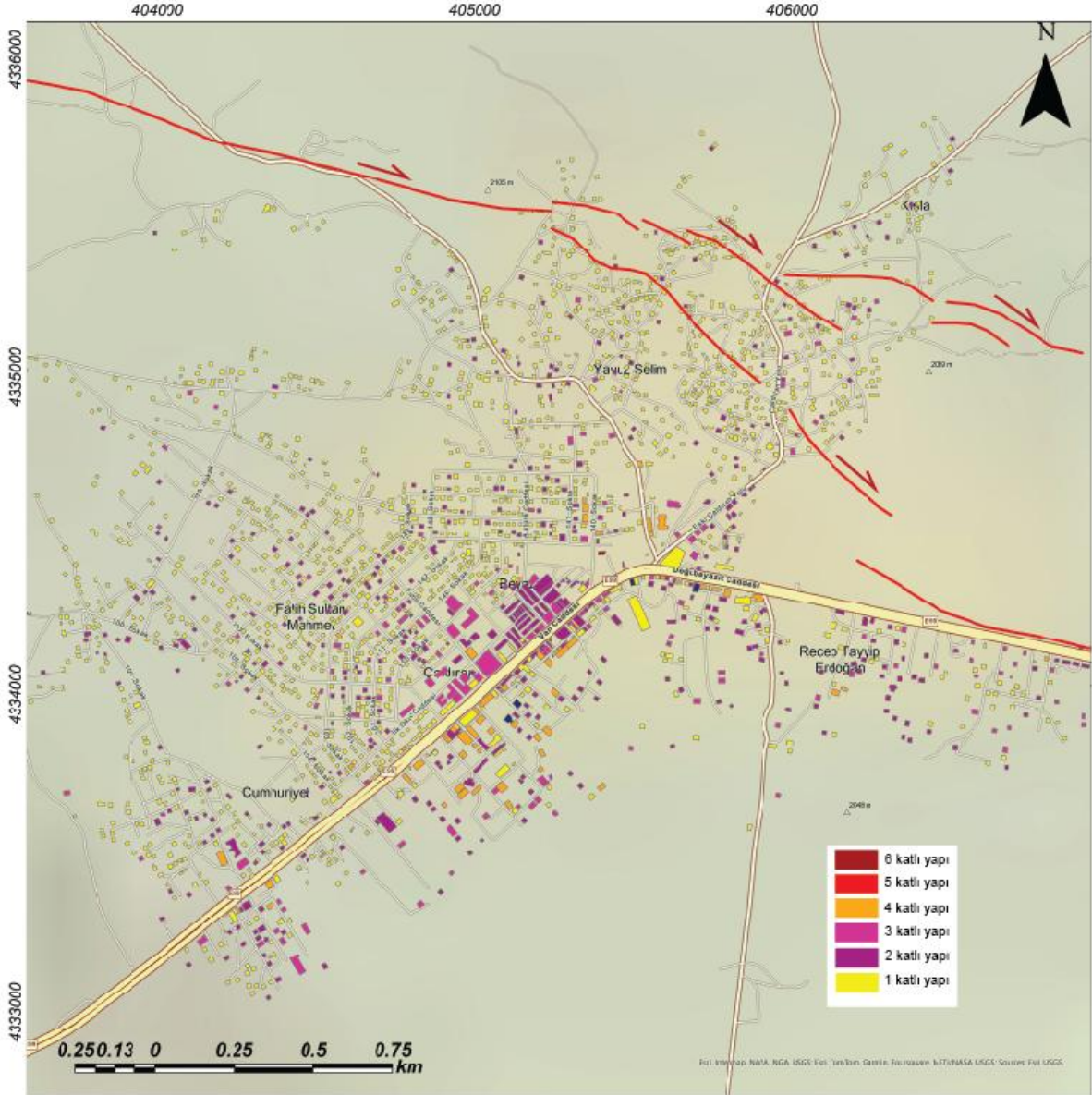


Şekil 3. Çaldıran ilçesi ve yakın civarında meydana gelen aletsel dönem depremler (AFAD-DDB, 2024).

3.3. Çaldıran fayı

Çaldıran Fayı, 42° doğu boylamından 48° doğu boylamına kadar uzanan ve batıda Tutak Fayı ve Erciş Fayını, doğuda ise Kuzey Tebriz Fayı'nı içeren büyük bir doğrultu atımlı fay sistemi olarak kabul edilmektedir (Şaroğlu ve Güner, 1979). Bu sistem, yılda 8-11 mm hızla kuzey-kuzeydoğuya doğru hareket eden Küçük Kafkas Tektonik Bloğu'nun (Djamour ve ark., 2011) güney sınırı olarak tanımlanmaktadır (Reilinger ve ark., 2006).

Çaldıran Fayı, 1976 depremi merkez üssüne dayanarak iki segmente ayrılmıştır. Kırılma, Çaldıran ilçesinin batısındaki orta kıvrımında başlamış ve iki yönlü olarak yayılmıştır (King ve Nabelek, 1985). Bu yüzey kırığı, Barka ve Kadinsky-Cade (1988) tarafından fayın iki parçalı segmentasyonunun tanımlanmasına yol açmıştır. Fakat Sağlam Selçuk ve ark. (2016) yılında yaptığı çalışmada fayı 3 geometrik segment altında incelemiştir. Çaldıran ilçe merkezi batısında kalan Hıdırmentiş Segmenti ile doğusunda kalan Gülderem Segmenti arasında birbirine paralel gelişen açılmalı büklüm yapısına sahip alt segmentlerin içerisinde ve güneybatısında kalmaktadır. Özellikle bu alt segmentler ilçe merkezinde yer alan yapıları da etkilemektedir (Şekil 4).



Şekil 4. Çaldıran ilçesi içerisinde bulunan Çaldıran Fayı'nın konumu.

3.4. CO₂ gazı çıkışı

Çaldıran ilçe merkezini kapsayan bu çalışmada deprem risk analizine dahil edilmeyen bir tehlike daha mevcuttur. Tehlikenin 1976 yılı Çaldıran Depremi sonrası ortaya çıkmasından dolayı bu çalışmada hem literatür verileri hem de arazi gözlemlerine yer verilmiştir. Fakat bu tehlikenin sınırları ve etki ettiği alan mevsim şartlarına bağlı olarak değiştiğinden ötürü CO₂ gazı tehlikesi Çaldıran ilçe merkezi risk analizine dahil edilmemiştir. Çaldıran İlçesi'nde 1976 yılında meydana gelen Deprem nedeniyle hak sahibi kabul edilen 457 aileye Afet İşleri Genel Müdürlüğü tarafından konut yapılmıştır. Afetzedelerin konutlarına yerleşmelerinden sonra 1980 yılında konutlardan gaz çıktığı ve bu gazdan vatandaşların rahatsız olduğu yönünde şikâyetler gelmiştir. Konunun o dönemde farklı kurumlar tarafından incelemesinden sonra sonuç itibarıyla Afet İşleri Genel Müdürlüğü ve Maden Tektik Arama Genel Müdürlüğü arasında 10.06.1987 tarihinde imzalanan sözleşme doğrultusunda inceleme alanının gazdan arındırılabilmesi amacıyla 4 adet arındırma sondajı yapılmıştır.

Yapılan bu çalışmalardan önce yörede 240 olan gazlı konut sayısının 37'ye düştüğü ve gazlı konutların büyük bölümünün 2 nolu sondaj kuyusu civarında bulunduğundan 2 nolu kuyu yapılan yeni sözleşme doğrultusunda 110 metreye kadar derinleştirilmiş ve yapılan yıkama ve kompresör testleri sonucu kuyudan CO₂ gelişi saptanmıştır (Yılmaz ve Açıkgöz, 1990). CO₂ gazının konutlar üzerindeki

etkisinin belirlenmesi amacıyla tespit edilen gözlem noktalarında belirli dönemlerde drager tüpleriyle gaz ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler sonucunda toplam 20 konutta CO₂ çıkışları saptanmıştır. Çıkan gazların büyük bölümünün %97.99 CO₂ olduğu anlaşılmıştır (Yılmaz ve Açıkgöz, 1990). Sonuç itibarıyla Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü tarafından Çaldıran yerleşim yerinin kuzeybatı bölümünde toplam derinliği 280 metre olan 4 adet sondaj açılmış bu sondajlarda Çaldıran-1 kuyusundan yaklaşık 500 kg/saat CO₂ çıkışının olduğu ve bu gazın doğrudan atmosfere verildiği belirtilmektedir (Yılmaz ve Açıkgöz, 1990). Dolayısıyla havanın durgun olduğu zamanlarda yöre halkının sağlığı etkilendiğinden gaz çıkışı olan 1-2-3 nolu kuyuların denetim altına alınması ve gazın yerleşim yerinden kapalı olarak uzaklaşması gerektiği belirtilmiş olup; bölgede CO₂ arındırılması için yeniden bir teknik çalışmanın yapılmasına gerek görülmediği ifade edilmiştir (Yılmaz ve Açıkgöz, 1990).

Çalışmada Çaldıran ilçe merkezinde detaylı saha araştırması yapılmış hem Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nün 1987 yılında yapmış olduğu arındırma sondajlarının yeri belirlenmiş hem de yörede ikamet eden vatandaşlardan bilgi alınmıştır. 1987 tarihinde Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü tarafından açılan 4 adet sondaj kuyusunun yöre halkından alınan bilgiler doğrultusunda yerleri belirlenmiştir. Söz konusu Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü kuyularının zamanla vatandaşın bilinçsiz bir şekilde kuyuları doldurduğu, kuyuların yaklaşık 30 yıllık bir sürede hasar gördüğü ve işlevini tamamen yitirdiği belirlenmiş olup; 3'ünün tamamen kapandığı 1 tanesinin ise Çaldıran 1 ve 2 nolu sağlık ocağı bahçesinde bulunduğu bu kuyunun da kapanıp sadece ağız vanasının olduğu gözlenmiştir (Şekil 5, 6).

Ayrıca Van ili Çaldıran ilçesi Beyazıt Mahallesinde yöredeki vatandaşlardan alınan bilgilere göre insanların gaz kokusundan rahatsız olduğunun yerel kurumlara bildirmeleri sonucunda 10 adet yaklaşık derinliği 10m olan sondaj kuyularının açıldığı gözlenmiştir (Şekil 5). Çaldıran İlçe merkezini etkileyen gaz çıkışı tehlikesinin saha çalışmalarında hala devam ettiği özellikle de kış aylarında vatandaşların evinin içinde gaz çıkışının arttığı belirlenmiştir. CO₂ gazının Çaldıran İlçe merkezinde ikamet eden vatandaşların sağlığını etkilediği, alınan önleyici çalışmaların verimli ve etkili bir şekilde devam etmediği gözlenmiştir. Özellikle sismik etkinin yüksek olduğu bölgede deprem- CO₂ ilişkisinin başka çalışmalar ile ortaya konulması, bu tehlikenin de diğer risk azaltma çalışmalarında dikkate alınması ve karar vericilerin alt-üst yapı yapım aşamasında bu tehlikeyi göz önünde bulundurmaları oldukça önemlidir.



Şekil 5. Çaldıran ilçe merkezinde Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü tarafından açılan arındırma sondaj kuyusu.

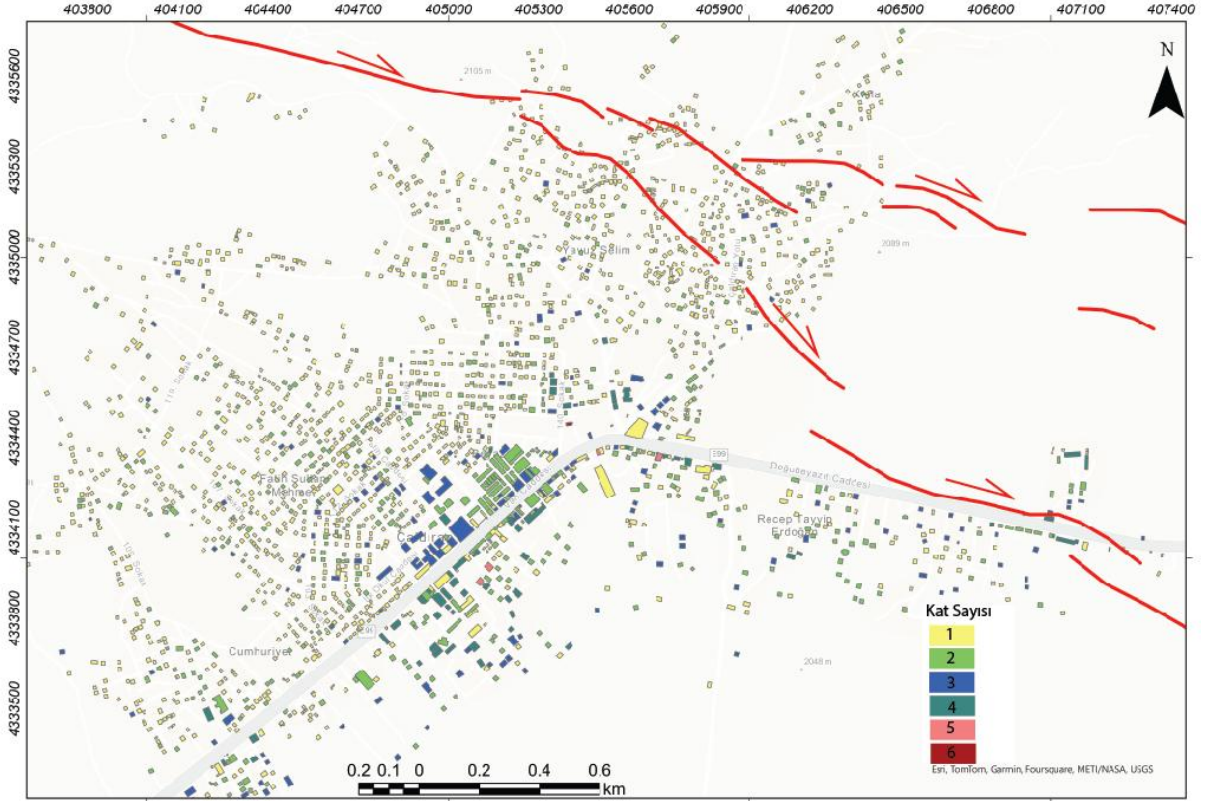


Şekil 6. Çaldıran ilçe merkezinde yerel kurumlar tarafından açılan arındırma sondaj kuyuları.

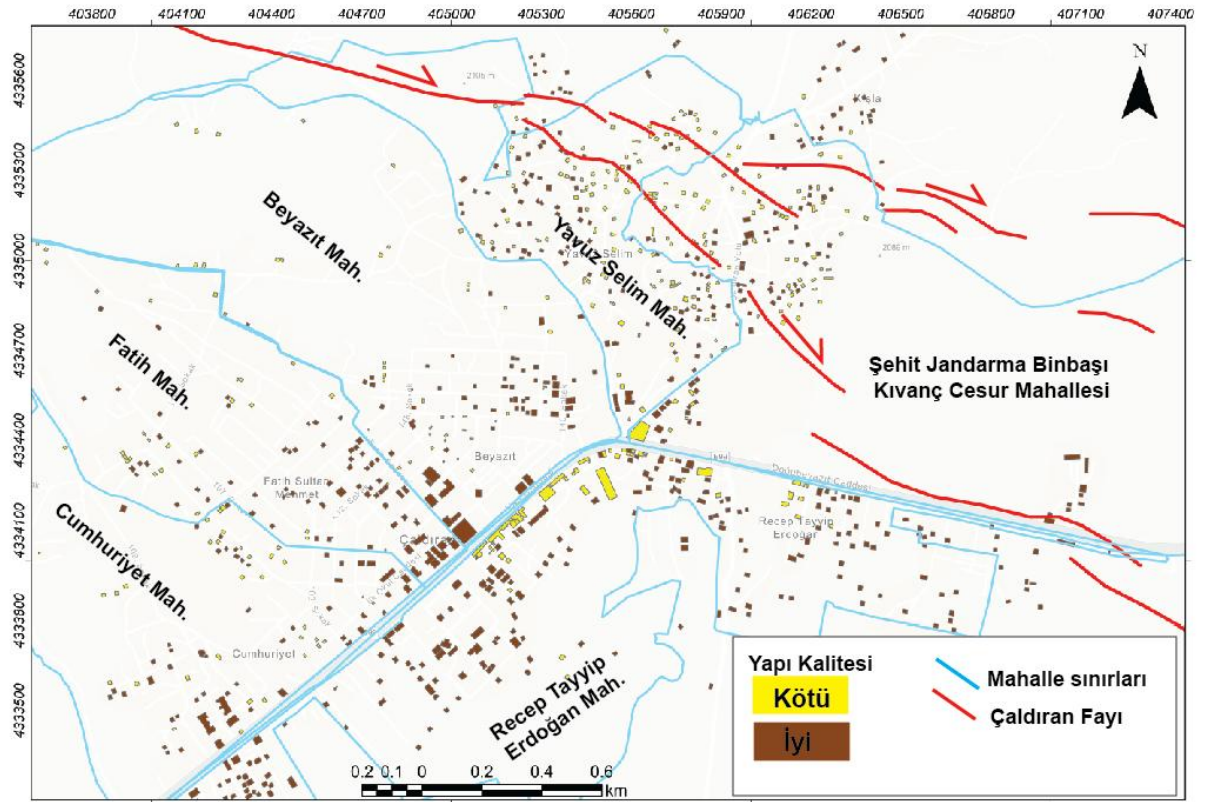
Çaldıran ilçesi Beyazıt Mahallesi'nde yapılan gözlem ve yöre halkından elde edilen bilgilerden mevsimler şartlarına bağlı olarak gaz çıkışının arttığı veya azaldığı belirlenmiştir. Özellikle kış aylarında vatandaşların evlerinin içinde yer alan çatlaklarda ve müstemilat veya tandır olarak kullanılan yapılarda çıkan ve yöre halkını tehdit eden bu gaz çıkışı bölgedeki diğer tehlike ve risklerin yanı sıra değerlendirilmesi gereken önemli ve acil bir durumdur. Çalışma kapsamında söz konusu gaz çıkışı ile ilgili literatür taranmış ve saha gözlemlerine yer verilmiştir. Risk haritasında bir parametre olarak değerlendirilmemiştir. Çaldıran ilçesi Beyazıt Mahallesi'nde çıkan zararlı gazın Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü raporuna göre manto kökenli olduğu ve olasılıkla Tendürek Volkanı vasıtasıyla geldiği belirtilmektedir (Yılmaz ve Açıkgöz, 1990).

3.5. Yapı stoğu

İnceleme alanında 2463 adet yapı yer almaktadır (Şekil 7). Bu yapıların 1737 adedi tek katlı, 491 adedi iki katlı, 162 adedi 3 katlı, 68 adedi 4 katlı, 4 adedi 5 katlı ve 1 adedi ise 6 katlı yapılardan oluşmaktadır. Yapı kat adedi ile ilgili yapılan değerlendirmede 5 ve 6 katlı yapılar yüksek risk grubu içerisinde değerlendirilmiştir (Şekil 7). 3 ve 4 katlı yapılar orta risk ve 2 ve tek katlı yapılar ise düşük risk grubu içerisinde değerlendirilmiştir (Şekil 7). Yapı kalitesine bakıldığında ise Çaldıran Belediyesi'nden alınan veriler sayısallaştırılmış ve iyi ve kötü kalitedeki yapılar belirlenmiştir. İlçe merkezinde 1463 adet yapı yer almasına rağmen yapı kalitesi bakımından sadece 934 adet yapının kalite öznitelik verisi bulunmaktadır. İyi ve kötü yapı kalitesine sahip öznitelik verileri CBS platformuna işlenerek analiz edilmiştir (Şekil 8). Çaldıran ilçesinde yer alan yapıların fay uzaklığı parametresi ise Emre ve ark. (2012) haritasında yer alan Çaldıran Fayı baz alınarak hesaplanmıştır. Faya yakın olan binalar yüksek risk grubu içerisinde değerlendirilirken faya uzak olan binalar düşük risk grubu içerisine dahil edilmiştir (Şekil 8). İlçe merkezinde yer alan Yavuz Selim ve Şehit Jandarma Binbaşı Kıvanç Cesur Mahalleleri içerisinde yer alan yapılar Çaldıran Fayı'ndan direkt etkilenecekleri için yüksek risk grubu içerisinde yer almaktadır (Şekil 8).



Şekil 7. Çaldıran ilçesinde yer alan yapıların kat sayısına göre dağılımı.



Şekil 8. Çaldıran ilçesi yapı kalitesi ve merkez mahallelerinin fay olan uzaklığı haritası.

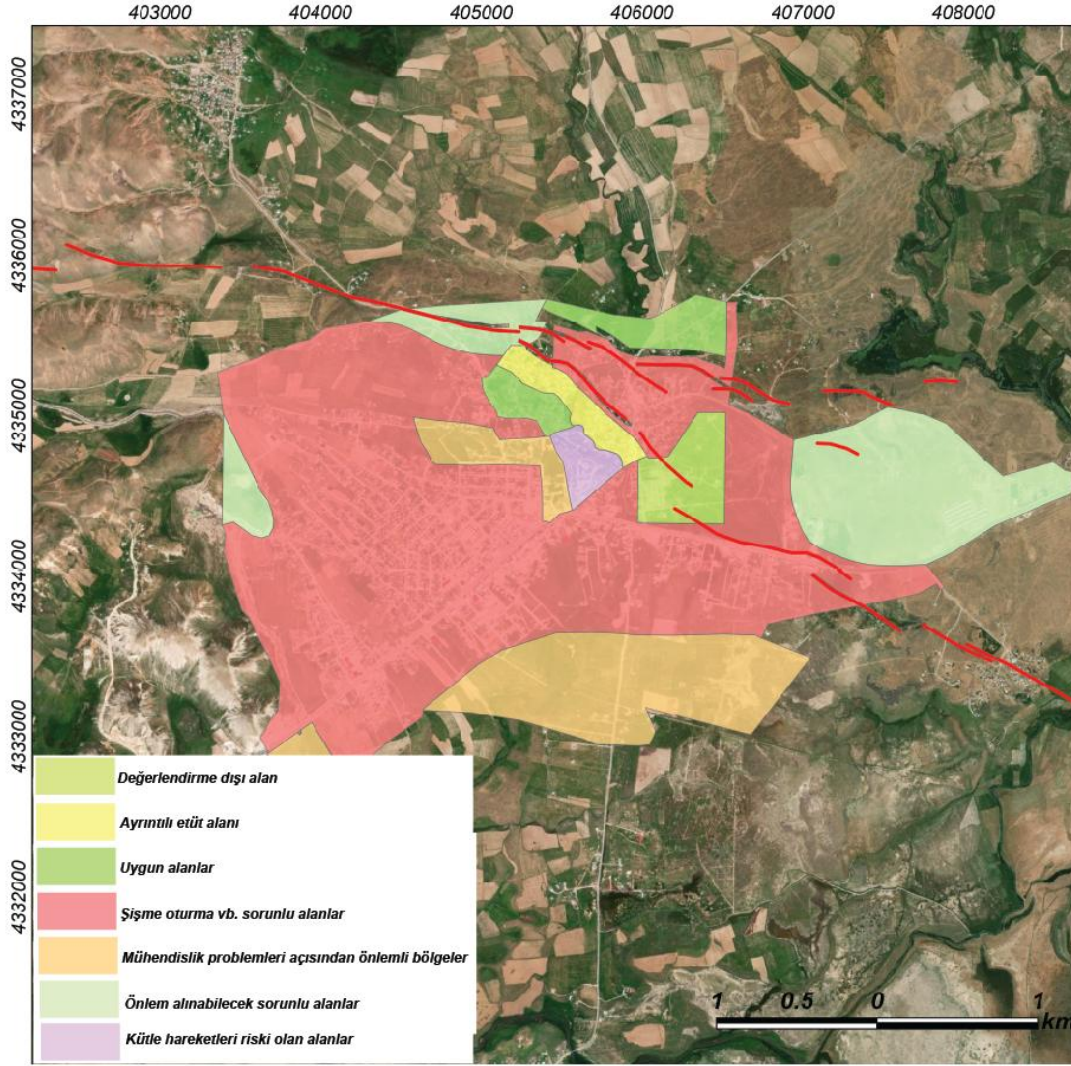
3.6. Zemin özellikleri parametresi

Çaldıran Fayı'nın yakın çevresinde yer alan eski jeolojik unsurlar; Karbonifer öncesi metamorfikler, Jura dönemi platform karbonatları, Üst Kretase ofiyolitleri ve Eosen kalkerleri olmak üzere 4 grup altında sıralanabilir. Bölgenin jeolojik ve morfolojik evrimi, Geç Miyosen'den itibaren geniş çaplı volkanizmanın etkisi altında kalmıştır. Bu volkanlar, bölgenin neredeyse tamamını kaplayan ve çeşitli volkanik ürünlerle (bazalt, riyolit ve trakit) temsil edilmektedir (Foley, 1938; Innocenti ve ark., 1976; Pearce ve ark., 1990; Ercan ve ark., 1990; Lebedev ve ark., 2016; Sağlam Selçuk ve ark., 2016).

Çaldıran ilçesinin büyük bir çoğunluğunu Kuvaterner yaşlı alüvyon birimler oluşturmaktadır (Foley, 1938; Ercan ve ark., 1990; Alkan ve Akkaya, 2021) (Şekil 9). Kuvaterner yaşlı bu alüvyal birimler, yüksek volkanlardan taşınan volkanik kökenli silt, kum, çakıl ve killerden oluşmuştur (Lebedev ve ark., 2016; Sağlam Selçuk ve ark., 2016). İlçe merkezinin doğu ve kuzey doğusunda ise tuf, andezit ve bazaltların oluşturduğu volkanik birimler yer alır (Sağlam Selçuk ve ark., 2016). Tersiyer ve Kuvaterner görsel ortamında yöredeki Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik faaliyet ignimbirit püskürmeleri ile başlamış, bunu kül lapilli, tuf ve bazaltlar izlemiştir (Foley, 1938; Innocenti ve ark., 1976; Pearce ve ark., 1990; Ercan ve ark., 1990; Lebedev ve ark., 2016; Sağlam Selçuk ve ark., 2016). Bu evrede karasal ortam koşullarında gelişmiş, küçük ölçekli göller içinde tüfler ile ara katkılı yer yer kumtaşı, marn, kiltası ve kireçtaşı düzeyleri de oluşmuştur (Lebedev ve ark., 2016; Sağlam Selçuk ve ark., 2016). Çaldıran Belediyesi'nden alınan ilçe merkezinin zemin özelliğine bakıldığında ise uygun alanlar, mühendislik problemleri açısından önemli bölgeler, kütle hareketleri riski olan alanlar ve ayrıntılı etüt raporu istenilen alanlar şeklinde bir bölümlenmeye sahip olduğu görülmektedir (Şekil 9). İlçe merkezini tehdit eden en önemli zemin problemleri şişme, oturma vb. alanlardır. Zemin açısından problemlen alanlar en fazla Fatih, Beyazıt ve Recep Tayyip Erdoğan mahallelerinde görülmektedir.

3.7. Tüm verilerin AHS yöntemi ile değerlendirilmesi

Çalışma süresince elde edilen her bir veri türü coğrafi bilgi sistemlerine entegre edilerek bir veri seti oluşturulmuştur. Elde edilen tüm veriler 1970'lerde Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen ve çok kriterli karar problemlerini çözmek için kullanılan AHS yöntemi ile analize tabi tutulmuştur. Çalışmada deprem risk analizinde kullanılacak verilerin önem derecesi inşaat, jeofizik ve jeoloji alanında uzman görüşleri sonucunda belirlenmiştir. AHS sürecinde altı adet veri grubu oluşturulmuştur (Çizelge 3). Tarihsel ve aletsel deprem (Şekil 2, 3) verileri AFAD-DDB (2024), Step'anian (1964), Ibn al-Athir (1982), Kondorskaya ve Shebalin (1982), Al-Suyuti (1974; 1984), Guidoboni ve ark. (1994), Guidoboni ve Traina (1995), Ambraseys (2009) kayıtlarından derlenmiştir. Fayın uzaklığı verisi Emre ve ark. (2012; 2013) kaynağından alınarak hesaplanmıştır (Şekil 4). Zemin sınıflaması, yapı kat adedi ve yapı kalitesi verileri ise Çaldıran Belediyesi'nden temin edilmiştir. AHS yönteminde her bir veri setinin satır ve sütun önem derecesine göre puanlama yapılarak ağırlık dereceleri hesaplanmıştır (Çizelge 3, 4). Daha sonra her bir veri seti CBS ortamında hesaplanmış ve risk haritası oluşturulmuştur.



Şekil 9. Çaldıran ilçe merkezi zemin özellikleri haritası.

Çizelge 3. AHS sürecinde kullanılan kriter ağırlıkları

Deprem riski	Tarihsel deprem	Aletsel deprem	Fay uzaklığı	Zemin sınıfı	Yapı kat adedi	Yapı kalitesi
Tarihsel deprem	1	3.00	0.50	0.13	0.25	0.14
Aletsel deprem	0.33	1	0.33	0.25	0.50	0.13
Fay uzaklığı	2.00	3.00	1	0.17	0.20	0.25
Zemin sınıfı	8.00	4.00	6.00	1.00	8.00	0.33
Yapı kat adedi	4.00	5.00	5.00	0.13	1.00	0.50
Yapı kalitesi	7.00	8.00	4.00	3.00	2.00	1.00
Toplam	22.33	24.00	16.83	4.67	11.95	2.35

Çizelge 4. AHS sürecinde kullanılan kriter ağırlıklarının normalize edilmiş çizelgesi

Normalleştirme	Tarihsel deprem	Aletsel deprem	Fay uzaklığı	Zemin sınıfı	Yapı kat adedi	Yapı kalitesi	Ortalama
Tarihsel deprem	0.04	0.13	0.03	0.03	0.02	0.06	0.05
Aletsel deprem	0.01	0.04	0.02	0.05	0.04	0.05	0.04
Fay uzaklığı	0.09	0.13	0.06	0.04	0.02	0.11	0.07
Zemin sınıfı	0.36	0.17	0.36	0.21	0.67	0.14	0.32
Yapı kat adedi	0.18	0.21	0.30	0.03	0.08	0.21	0.17
Yapı kalitesi	0.31	0.33	0.24	0.64	0.17	0.43	0.35
Toplam	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

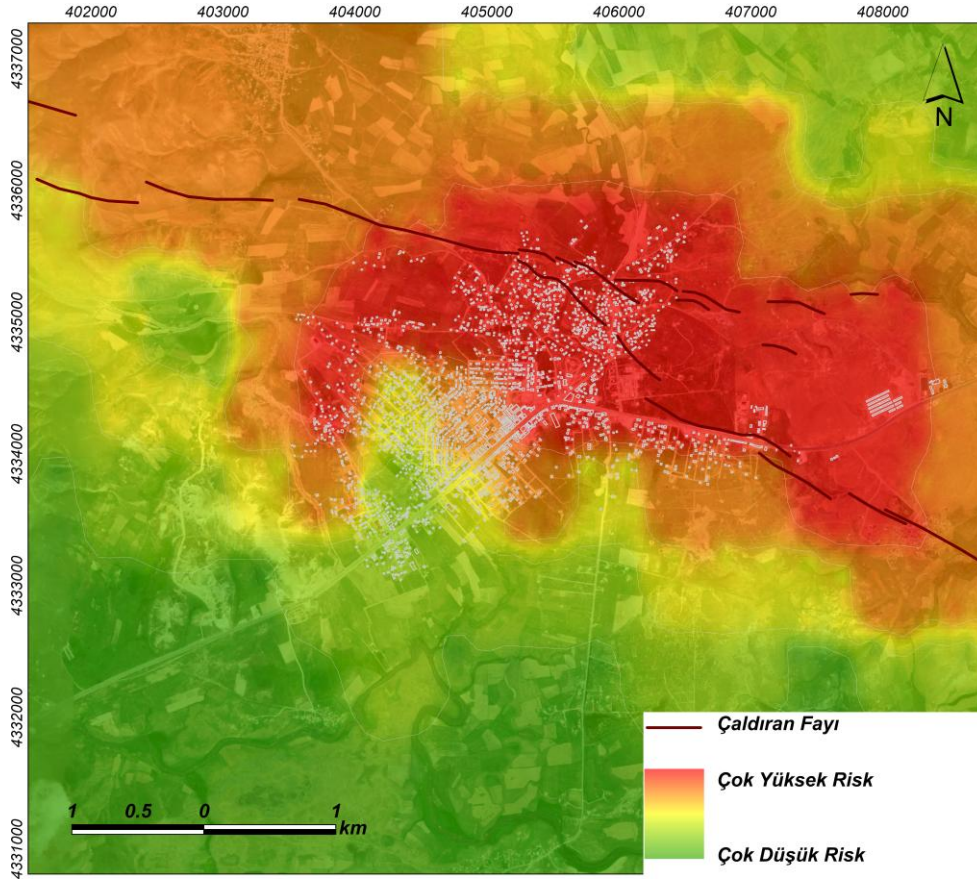
4. Tartışma ve Sonuç

Çaldıran ilçesi aktif tektonik açıdan son derece riskli bir bölgede yer almaktadır. Tarihsel ve aletsel dönem depremlerin varlığı, Çaldıran Fayı'nın Çaldıran ilçesi içerisinde geçmesi ve 1976 yılı Çaldıran Depremi'nin hem yıkıcı etkisi hem de yüzey kırığı üretmesi sismik riskin ne derece önemli olduğunu göstermektedir. Sismik tehlikeye ek olarak Çaldıran ilçesi merkezinin zayıf zemin özelliği ve yapı stoku özellikleri de Çaldıran ilçesinin deprem riskini yükseltmektedir. 1976 yılı Çaldıran Depremi sonrasında bölgede birçok farklı disiplinde çalışmalar yapılmıştır (Utkucu ve ark., 2002; Güneylü ve ark., 2020; Parin, 2020; Alkan ve Akkaya, 2021). Yapılan çalışmalar tehlike unsuru veya risk unsurlarını ayrı ayrı içermektedir. Bu çalışma önceki çalışmaların aksine bölgede yer alan tehlike ve risk unsuru parametrelerini tek bir başlık altında toplayarak bütüncül bir bakış açısı sunmaktadır. Tarihsel deprem verileri (1900 yılı ve öncesi depremler), aletsel dönem depremleri (1900 yılı ve sonrası depremler), fayın yapı stokuna olan uzaklığı, ilçe merkezinin zemin özellikleri, yapı kat sayısı ve yapı kalitesi parametreleri tek bir risk derecelendirmesine tabi tutulmuş ve risk sınıflamaları hesaplanmıştır.

Bu çalışma kapsamında Çaldıran ilçesi ile ilgili önceki çalışmalar derlenmiş ve hem Van İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü hem de ilçe belediyesi ile görüşülerek ilçe merkezine ait tüm arşiv bilgileri alınarak CBS'de sayısallaştırılmış ve öznetelik verileri oluşturulmuştur. Deprem risk ve tehlike parametrelerinin ağırlık değerleri konu ile ilgili çalışan akademisyenlere danışılarak AHS yöntemi ile puanlama oluşturulmuştur. Tüm veri seti CBS veri tabanında işlenerek Çaldıran ilçesi deprem risk haritası oluşturulmuştur. İnceleme alanı yüksek derecede deprem riski altındadır. Özellikle ilçe merkezinde yer alan hem mühendislik hizmeti alamayan hem de ekonomik ömrünü tamamlayan birçok yapı mevcuttur (Şekil 10). Özellikle bu yapılar ilçe deprem riskini arttırmaktadır. Çalışma alanında yer alan 2463 adet yapı stoğu ve yer bilimleri verileri temelli analize tabi tutulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre (Şekil 11) 1279 adet yapı yüksek risk grubu içerisinde kalmıştır. 626 adet yapı ise riskli yapı olarak değerlendirilmiştir. Çaldıran ilçesi içerisinde yer alan yapıların yaklaşık %77'si uygun olmayan alan, yapı kalitesi, yapı kat adedi, aletsel ve tarihsel deprem verileri ve faya uzaklık kriterlerine bağlı olarak risk içermektedir. İlçe merkezini etkileyen bir diğer tehlike ise özellikle kış aylarında konut, müstemilat ve tandır evi olarak kullanılan yapıların tabanından çıkan CO₂ gazı çıkışıdır. 1976 yılında meydana gelen deprem sonrası ortaya çıkan gaz çıkışı için geçmiş yıllarda her ne kadar önlemler alınmış olsa bile arındırma sondajlarının ağzlarının kapanması sonucu bu tehlike halen devam etmektedir. Ayrıca ovada Çaldıran Fayı boyunca sıralanan başta Çaldıran ilçe merkezi olmak üzere birçok yerleşim yeri bulunmaktadır. Çaldıran ilçesine ait bazı yerleşim birimlerinin alüvyon gibi sağlam olmayan zeminler üzerinde bulunması bölgede meydana gelebilecek yıkıcı bir depremin etkisini daha fazla arttıracaktır. Çaldıran ilçe merkezinin depremselliği, manto kökenli olduğu tespit edilen gaz çıkışı, yapı stoğunun durumu ve zemin özellikleri ilçe merkezinin riskini arttıran etmenler arasındadır. İlçede yapılacak alt ve üst yapıların bu faktörlere göre yapılması ve bu çalışma kapsamında oluşturulan risk haritasının (Şekil 11) altlık olarak kullanılması karar vericilere yön göstermesi açısından oldukça önemlidir.



Şekil 10. Çaldıran ilçesinde yer alan kötü yapı kalitesine sahip binaların genel görünümü.



Şekil 11. Çaldıran ilçesinin deprem risk haritası.

Teşekkür

2209-A projesi kapsamında Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenen bu çalışma sismik hareketlerin fazlaca olduğu ve 1976 yılında büyük bir yıkıcı depreme maruz kalan Van ilinin Çaldıran ilçe merkezi üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde verdikleri desteklerden dolayı TÜBİTAK'a öncelikle teşekkür ederiz. Ayrıca araştırma süresince gösterdikleri iş birliği ve saha çalışmaları ve yerel bilgilere erişim konusunda vermiş oldukları destek için Çaldıran Belediye'sine minnettarız. Son olarak, Van İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü'ne minnettarlığımızı ifade etmek isteriz. Sağladıkları veri ve bilgi paylaşımları, araştırmamızın kapsamını genişletmiş ve sonuçların daha anlamlı olmasını sağlamıştır.

Kaynakça

- AFAD-DDB. (2024). *Van depremi hakkında*. AFAD. Erişim tarihi: 19.08.2024. <https://www.afad.gov.tr/van-depremi-hakkinda>
- Albini, P., Demircioglu, M. B., Locati, M., Rovida, A., Sesetyan, K., Stucchi, M., & Vigano, D. (2012). In search of the predecessors of the 2011 Van (Turkey) earthquake. *Seismological Research Letters*, 83(5), 855–862. <https://doi.org/10.1785/0220110146>
- Alkan, A., & Akkaya, İ. (2021). Aktif tektonizma etkisi altındaki Çaldıran (Van) yerleşim alanının yüzey dalgası yöntemleriyle incelenmesi. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 10(4), 1435–1447. <https://doi.org/10.17798/bitlisfen.959503>
- Alkan, A., & Akkaya, İ. (2023). Investigation of site properties of the Çaldıran (Van, Eastern Turkey) settlement area using surface wave and microtremor methods. *Journal of African Earth Sciences*, 197, 104737. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2022.104737>
- AL-Suyuti (1974). Jalal Ed-Din, Kashf Al-Salsala an Wasf Al-Zalzala, F Cahiers du Centre Universitaire de la Recherche Scientifique, Rabat.
- AL-Suyuti (1984). Jalal Ed-Din, Kashf Al-Salsala an Wasf Al-Zalzala (Al-Dar Library). F Cahiers du Centre Universitaire de la Recherche Scientifique, Rabat.
- Ambraseys, N. (2009). *Earthquakes in the Mediterranean and Middle East: A multidisciplinary study of seismicity up to 1900*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/cbo9781139195430>
- Arpat, E., Şaroğlu, F., & Iz, H. B. (1977). 1976 Çaldıran depremi. *Yeryuvarı ve İnsan*, 2(1), 29-41.
- Barka, A. A., & Kadinsky-Cade, K. (1988). Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity. *Tectonics*, 7(3), 663–684. <https://doi.org/10.1029/tc007i003p00663>
- Djamour, Y., Vernant, P., Nankali, H. R., & Tavakoli, F. (2011). NW Iran-eastern Turkey present-day kinematics: Results from the Iranian permanent GPS network. *Earth and Planetary Science Letters*, 307(1–2), 27–34. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2011.04.029>
- Emre, Ö., Duman, T. Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, S., & Şaroğlu, F. (2013). *Active fault map of Turkey with an explanatory Text 1: 1.250.000 scale* (Special Publication Series, 30). General Directorate of Mineral Research and Exploration.
- Emre, Ö., Duman, T. Y., Özalp, S., Elmacı, H., & Olgun, S. (2012). *1:250.000 ölçekli Türkiye diri fay haritası serisi Ağrı (NJ 38-1) paftası, Seri No: 51*. MTA Yayınları. Ankara.
- Ercan, T., Fujitani, T., Matsuda, J.-I., Notsu, K., Tokel, S., & Ui, T. (1990). Dogu ve Guneydogu Anadolu Neojen-Kuvaterner volkanitlerine iliskin yeni jeokimyasal, radyometrik ve izotopik verilerin yorumu. *MTA Dergisi*, 110, 143–164.
- Foley, E. J. (1938). *Geology of the Van area* (Rapor no: 719). MTA.
- Forman, E. H., & Selly, M. A. (2002). *Decision by objectives: How to convince others that you are right*. World Scientific Publishing Company.
- Guidoboni, E., Comastri, A., Traina, G., Rom Istituto Nazionale di Geofisica. (1994). *Catalogue of ancient earthquakes in the Mediterranean area up to the 10th century*. Rome: Istituto Nazionale di Geofisica.
- Guidoboni, N. E., & Traina, N. G. (1995). A new catalogue of earthquakes in the historical Armenian area from antiquity to the 12th century. *Annals of Geophysics*, 38(1). <https://doi.org/10.4401/ag-4134>

- Gülkan, P., Gürpınar, A., Celebi, M., Arpat, E., & Gencoglu, S. (1978). *Engineering report on the Muradiye-Caldıran, Turkey, earthquake of 24 November 1976*. National Research Council. Washington, DC: The National Academies Press.
- Güneyli, H., Yaman, M., & Yildirim, V. (2020). Çaldıran Fayı'nın Çaldıran ilçesi dolayında paleosismolojik ve neotektonik özellikleri. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 35(2), 279–294. <https://doi.org/10.21605/cukurovaummfd.792413>
- Ibn Al-Athır, *Ezz Ad-Din, Al-Kamil fi Al-Tarikh* (Dar Sader), voll. 8, 9, 10, 11, 12, Beirut 1982.
- Innocenti, F., Mazzuoli, R., Pasquare, G., Di Brozolo, F. R., & Villari, L. (1976). Evolution of the volcanism in the area of interaction between the arabian, anatolian and iranian plates (Lake van, Eastern Turkey). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 1(2), 103–112. [https://doi.org/10.1016/0377-0273\(76\)90001-9](https://doi.org/10.1016/0377-0273(76)90001-9)
- Karakhanyan, A., Vernant, P., Doerflinger, E., Avagyan, A., Philip, H., Aslanyan, R., Champollion, C., Arakelyan, S., Collard, P., Baghdasaryan, H., Peyret, M., Davtyan, V., Calais, E., & Masson, F. (2013). GPS constraints on continental deformation in the Armenian region and Lesser Caucasus. *Tectonophysics*, 592, 39–45. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2013.02.002>
- King, G., & Nábělek, J. (1985). Role of fault bends in the initiation and termination of earthquake rupture. *Science*, 228(4702), 984–987. <https://doi.org/10.1126/science.228.4702.984>
- Kondorskaya, N. V., & Shebalin, N. V. (1982). *New Catalogue of the Strong Earthquakes of the USSR from Ancient Times through 1977*. World Data Center A for Solid Earth Geophysics, Report SE-31. 2nd edition, Boulder, Colorado. <https://www.emidius.eu/AHEAD/study/KOSH982>
- KRDAE. (2024). Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE). Erişim tarihi: 19.08.2024. <http://koeri.boun.edu.tr>.
- Lebedev, V. A., Chugaev, A. V., Ünal, E., Sharkov, E. V., & Keskin, M. (2016). Late pleistocene Tendürek volcano (Eastern Anatolia, Turkey). II. Geochemistry and petrogenesis of the rocks. *Petrology*, 24(3), 234–270. <https://doi.org/10.1134/s0869591116030048>
- Mutlu, S. (2022). *Balık gölü fay zonu'nun paleosismolojik özellikleri ve segmentasyonu*. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Parin, S. (2020). *Sosyal bilimler perspektifinden deprem fragmanları Van'dan örnekler*. Hiperlink Eğit. İlet. Yay.
- Pearce, J., Bender, J., De Long, S., Kidd, W., Low, P., Güner, Y., Saroglu, F., Yilmaz, Y., Moor bath, S., & Mitchell, J. (1990). Genesis of collision volcanism in Eastern Anatolia, Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 44(1–2), 189–229. [https://doi.org/10.1016/0377-0273\(90\)90018-b](https://doi.org/10.1016/0377-0273(90)90018-b)
- 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., . . . Karam, G. (2006). 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 Atmospheres*, 111(B5). <https://doi.org/10.1029/2005jb004051>
- Saaty, T. L. (1979). Applications of analytical hierarchies. *Mathematics and Computers in Simulation*, 21(1), 1–20. [https://doi.org/10.1016/0378-4754\(79\)90101-0](https://doi.org/10.1016/0378-4754(79)90101-0)
- Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 48(1), 9–26. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90057-i](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-i)
- Saaty, T. L. (2004). Decision making — the analytic hierarchy and network processes (AHP/ANP). *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 13(1), 1–35. <https://doi.org/10.1007/s11518-006-0151-5>
- Saglam-Selçuk, A., Erturaç, M. K., & Nomade, S. (2016). Geology of the Çaldıran Fault, Eastern Turkey: Age, slip rate and implications on the characteristic slip behaviour. *Tectonophysics*, 680, 155–173. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2016.05.019>
- Step'anian, V. (1964). *Earthquakes in the Armenian upland and adjacent areas*. Publishing House Hayastan: Yerevan, Armenia.
- Şaroğlu, F. (1985). *Doğu Anadolu'nun neotektonik dönemde jeolojik ve yapısal evrimi*. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul
- Şaroğlu, F., & Erdoğan, R. (1983). Çaldıran Fayı'nın deprem sonrası hareketi ile ilgili gözlemler. *Yeryuvarı ve İnsan*, 8, 10-11.

- Şaroğlu, F., Güner, Y. (1979). Tutak diri fayı, özellikleri ve Çaldıran fayı ile ilişkisi. *Yeryuvarı ve İnsan*, 4(1), 11–14.
- Şengör, A. M. C., & Yazıcı, M. (2020). The aetiology of the neotectonic evolution of Turkey. *Mediterranean Geoscience Reviews*, 2(3), 327–339. <https://doi.org/10.1007/s42990-020-00039-0>
- Şengör, A. M. C., & Zabcı, C. (2019). The North Anatolian fault and the North Anatolian shear zone. In *World geomorphological landscapes* (pp. 481–494). https://doi.org/10.1007/978-3-030-03515-0_27
- Toksöz, M. N., Arpat, E., & Şaroğlu, F. (1977). East Anatolian earthquake of 24 November 1976. *Nature*, 270(5636), 423–425. <https://doi.org/10.1038/270423b0>
- Utkucu, M., Pınar, A., Alptekin, Ö. (2002). 24 Kasım 1976 Çaldıran depremi ($M_s=7.3$) için telesismik P dalga şekillerinin ters çözümünden elde edilen kırılma modeli. *İstanbul Yerbilimleri Dergisi*, 15(2), 25-36.
- Yılmaz, H., & Açıkgöz, S. (1990). Van ili Çaldıran ilçesinde çıkan karbondioksit gazının arındırılması projesinin değerlendirme raporu. MTA Genel Müd./Enerji Hammadde Etüt Ve Arama Dairesi Başkanlığı.