

PAPER DETAILS

TITLE: 06 Subat 2023 Kahramanmaras Depremlerinde (Mw 7.7-Mw 7.6) Meydana Gelen Gerçek Can Kayiplari Ve Yapisal Hasar Degerlerinin Tahmin Edilen Degerler Ile Karsilastirilmesi

AUTHORS: Ömer Faruk Nemutlu, Ali Sari, Bilal Balun

PAGES: 1222-1234

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/3164354>

AKÜ FEMÜBİD 23 (2023) 055602 (1222-1234)

AKU J. Sci. Eng. 23 (2023) 055602 (1222-1234)

DOI: 10.35414/akufemubid.1302254

Araştırma Makalesi / Research Article

06 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremlerinde (Mw 7.7-Mw 7.6) Meydana Gelen Gerçek Can Kayıpları Ve Yapısal Hasar Değerlerinin Tahmin Edilen Değerler İle Karşılaştırılması

Ömer Faruk NEMUTLU^{1*}, Ali SARI², Bilal BALUN³¹Bingöl Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bingöl, Türkiye.²İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye.³Bingöl Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Bingöl, Türkiye.

Sorumlu yazar e-posta*: ofnemutlu@bingol.edu.tr ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7841-3911>
asari@itu.edu.tr ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6888-1276>
bbalun@bingol.edu.tr ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0906-4484>

Geliş Tarihi: 25.05.2023

Kabul Tarihi: 02.10.2023

Öz

Türkiye’de, aktif fay zonlarını sınırları içerisinde bulundurma sebebiyle geçmişten günümüze kadar, birçok deprem meydana gelmiştir. Bu depremler önemli can ve mal kayıplarına neden olmuştur. Bu kayıplar maddi ve manevi olarak ülkede yaşayan insanları derinden etkilemiştir. Bunlara son olarak 06 Şubat 2023 tarihinde yaklaşık 9 saat arayla meydana gelen Kahramanmaraş merkezli iki büyük deprem eklenmiştir. Doğu Anadolu Fay Zonunun Ölü Deniz Fay Zonu ile birleştiği bölümde 04.17’de meydana gelen deprem sonrasında, yerel saatle 13.24’te Doğu Anadolu Fay Zonunun başka bir kolu olan Çardak Fayında diğer deprem meydana gelmiştir. Çok büyük bir alanda hissedilen depremlerden 11 il etkilenmiş, 14 milyonun üzerinde insan depremden zarar görmüştür. Meydana gelen zararlar yapısal hasar kaynaklı can kayıpları ve ekonomik kayıplardır. Depremden etkilenen bölgede birçok yapı tamamen göçmüş, bir bölümü ise ağır hasarlı bir şekilde kullanılamaz hale gelmiştir. Bu çalışma ise deprem kaynaklı kayıpları önceden tahmin edebilen kayıp değerlendirilmesi metodolojisi kullanarak gerçekte meydana gelmiş kayıpların değerlendirilmesi amaçlamıştır. 11 ildeki gerçek kayıplar ile tahmin edilen kayıplar karşılaştırılmıştır. Can kaybı tahminlerinde kullanılan modifiye edilmiş can kaybı katsayıları ile gerçek sonuçlar benzer değerler almıştır. Yıkımın büyük olduğu şehirlerde ağır hasarlı ve yıkık bina sayıları tam olarak örtüşmese dahi, genel olarak kayıp tahmin aşamaları uygulandığında benzer sonuçlar verdiği görülmüştür. Çalışma sonuçları incelenmiş, sonuçlar gerekçeleri ile irdelenmiştir.

Anahtar kelimeler

Deprem; Maraş
Depremleri; Kayıp
Değerlendirmesi;
Yapısal Hasarlar; Can
Kayıpları

Comparison of Actual Loss of Life and Structural Damage in 06 February 2023 Kahramanmaraş Earthquakes (Mw 7.7-Mw 7.6) with Estimated Values

Abstract

Many earthquakes have occurred in Turkey from past to present due to the fact that it contains active fault zones within its borders. These earthquakes caused significant loss of life and property. These losses have deeply affected the people living in the country, both materially and spiritually. Finally, two major earthquakes centered in Kahramanmaraş, which occurred on 06 February 2023 with an interval of 7 hours, were added. After the earthquake that occurred at 04.17 in the section where the Eastern Anatolian Fault Zone meets the Dead Sea Fault Zone, another earthquake occurred on the Çardak Fault, another branch of the Eastern Anatolian Fault Zone, at 13:24 local time. 11 provinces were affected by the earthquakes felt in a very large area, and more than 14 million people were harmed by the earthquake. The damages that occur are loss of life and economic losses due to structural damage. In the region affected by the earthquake, many buildings collapsed completely, and some of them became unusable with heavy damage. This study, on the other hand, aims to evaluate the actual losses by using

Keywords

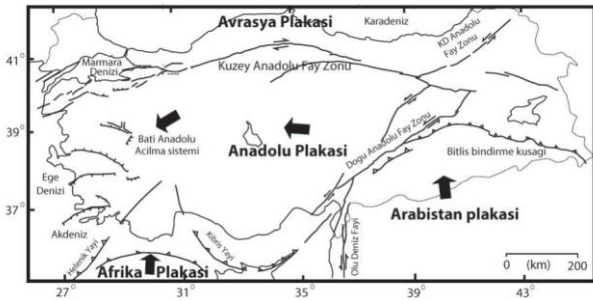
Earthquake; Maraş
Earthquakes; Loss
Assessment; Structural
Damages; Loss of Life

the methodology used in the loss assessment study, which can predict losses due to earthquakes. Actual losses and estimated losses in 11 provinces were compared. The modified death coefficients used in the loss of life estimates and the actual results have taken similar values. Even though the heavily damaged and destroyed numbers do not exactly match in the cities where the destruction is great, it has been observed that the loss estimation stages are applied in general, giving similar results. The results of the study were examined and the results were analyzed with their justifications.

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

Geçmişte meydana gelen depremler, aktif deprem kuşakları üzerinde bulunan Türkiye’de yaşayan insanların hayatlarının bir parçası olduğunu göstermiştir. Buna göre yaşamalı ve bu gerçeğe uygun şekilde barınma ihtiyacını karşılamalıdır. Çünkü Türkiye, sınırları içerisinde birçok aktif fay zonunu içermektedir. Bunlardan en önemlileri Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu Fay zonlarıdır. Tarih boyunca bu faylar üzerinde meydana gelen depremler çok önemli can ve mal kayıplarına neden olmuştur (Bikçe, 2015). Bu faylar Şekil 1’de gösterilmiştir (Sünbül ve Sünbül, 2018). 1939 Erzincan, 1971 Bingöl, 1992 Erzincan, 1999 Gölçük, 2003 Bingöl, 2010 Karakoçan, 2011 Van, 2020 Elazığ, 2020 İzmir, 2023 Maraş depremleri ülkemizde ciddi can ve mal kayıplarına neden olan depremlere örnek olarak verilebilir.



Şekil.1 Türkiye’deki önemli aktif fay zonları

Türkiye’de sismik boşluk olarak araştırmacılar tarafından belirlenen fay segmentleri mevcuttur. Marmara bölgesindeki İstanbul’u da etkileyecek bir sismik boşluk, Kuzey Anadolu Fayı üzerinde Bingöl’ün Yedisu ilçesi yakınlarındaki Yedisu sismik boşluğu, Doğu Anadolu fayının Palu ile Bingöl arasında kalan kısmındaki Bingöl sismik boşluğu önemli sismik boşlukların başında gelmektedir (Akbayram vd., 2022). Bu sismik boşluklar gibi literatürde Kahramanmaraş’ın Pazarcık ilçesinde de bir sismik boşluğun bulunduğu ve bu sismik boşlukta

bir deprem meydana gelmesi beklenen bir durumdur. Nitekim 06 Şubat 2023 tarihinde yerel saatle 04.17’de ve 13.24’te iki farklı fay zonunda büyük yıkıcı depremler meydana gelmiştir (AFAD 2023). Bu depremler ile ağırlıklı olarak Güney Doğu ve Doğu Anadolu bölgesindeki illeri kapsayan 11 il depremden etkilenmiştir. Bu depremlerden ilki, Doğu Anadolu Fay zonu ve Ölü Deniz Fay zonu birliktte kırılmasıyla meydana gelmiştir. İkinci deprem ise Doğu Anadolu Fay zonu Elbistan ilçesine doğru uzanan bir kolu olan Çardak Fayı üzerinde meydana gelmiştir (Afet ve Acil Durum Başkanlığı, 2023).

Depremlerin yıkıcı etkileri ve yapısal hasar kaynaklı meydana gelen can kayıplarının tahmini gelecekte olması muhtemel depremlere alınması gereken önlemler açısından önem kazanmaktadır. Ayrıca, bu kayıp tahminleri, deprem sonrası arama-kurtarma faaliyetlerine de yön verme açısından kritik bir öneme sahiptir. Bu çalışmalar genel olarak kayıp değerlendirmesi çalışmaları olarak literatürde isimlendirilmektedir ve meydana gelmiş depremler üzerinden elde edilen veriler, mevcut bina durumlarının bir arada değerlendirilmesi ile gelecekte olması muhtemel depremlerden kaynaklı kayıpları tahmin etmek üzerine olasılıksal değerlendirmelerdir (Askan vd., 2011; Coşkun, 2021; Işık vd., 2019; Uğurhan vd., 2011). Bu kayıp çalışmaları literatürde birçok farklı açıdan değerlendirilmekte fakat genel olarak 3 ana başlıkta dikkate alınmaktadır. Bu 3 başlık şu şekildedir:

- Yapısal hasar kaynaklı kayıplar
- Can ve mal kayıpları, ekonomik kayıplar
- Ulaşım ve iletim hatlarında meydana gelebilecek kayıplar

Bu kayıp değerlendirmesi çalışmaları, çeşitli yazılımlar ile bölgesel olarak yapılmaktadır. Bu

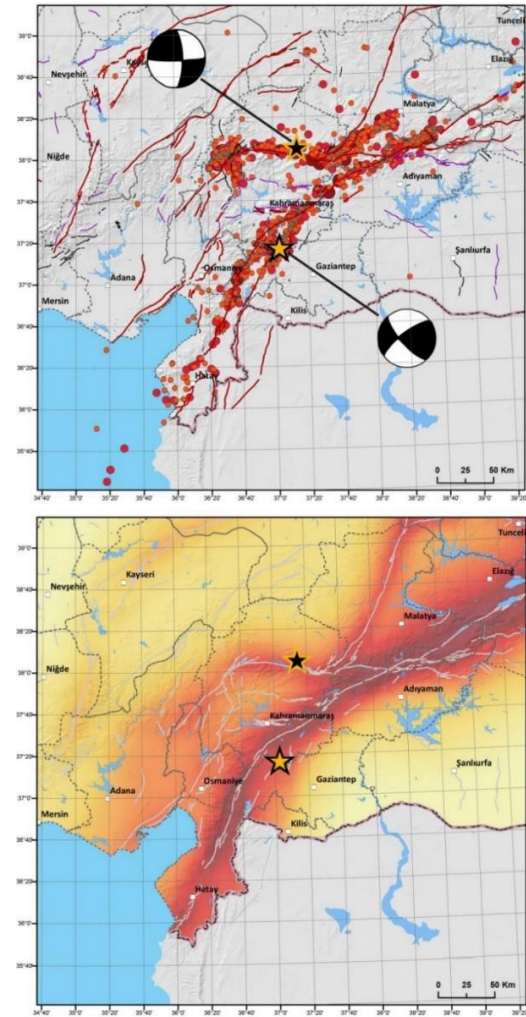
alandı üniversiteler ve kurumların birçok hasar kaynaklı kayıp tahmin yazılımları mevcuttur. Bunlara örnek olarak aşağıdaki yazılımlar verilebilir (HANCILAR vd. 2019; Işık vd. 2019; Ercan Işık, 2010):

- DBELA
- MAEVIZ
- ELER
- HAZUS
- HAZTURK
- AFAD-RED

Bu çalışmada da 06 Şubat 2023 tarihli Kahramanmaraş depremlerinde meydana gelen can ve mal kayıpları, yapısal hasar kaynaklı gerçek kayıp sonuçları, kayıp değerlendirmesi metodolojisi kullanılarak tahmin edilen kayıplar ile karşılaştırılmıştır. Deprem sonrası istasyonlardan elde edilen PGA değerleri üzerinden kırılma eğrileri ile yapıların hasar görülebilirlikleri elde edilmiş, bu yapısal hasarlar üzerinden can kayıplarının tahmini yapılmıştır. Gerçek ve tahmin edilen değerlerin birbiri ile uyumu incelenmiş, sonuçlar gerekçeleri ile irdelenmiştir.

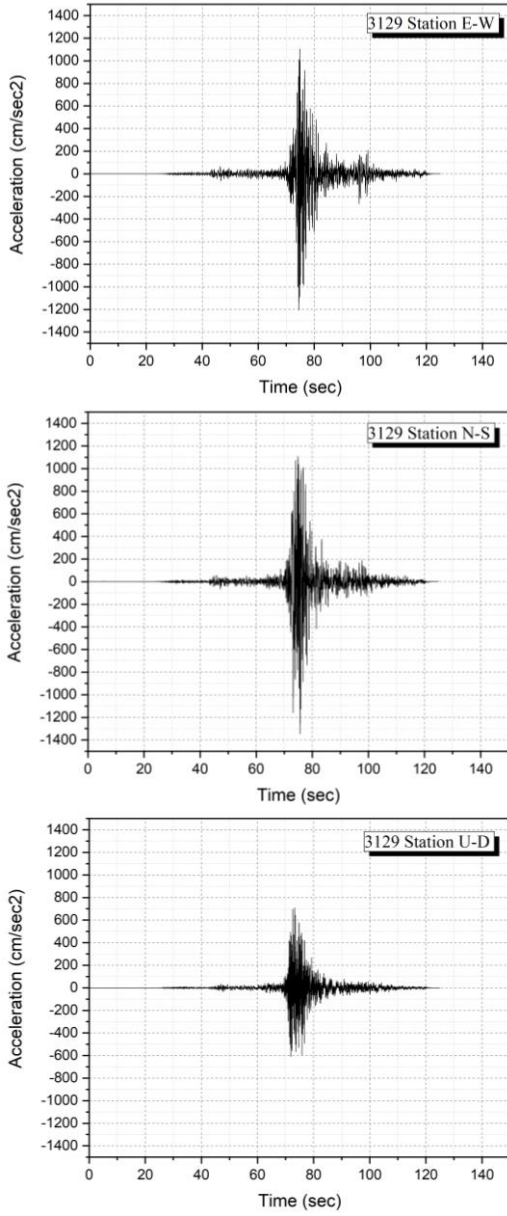
2. 06 Şubat Kahramanmaraş Depremleri

6 Şubat 2023 günü, Türkiye'nin güneyinde yerel saat ile 4.17 ve 13.24'te Kahramanmaraş merkezli Pazarcık ve Elbistan merkezli 2 deprem meydana gelmiştir. AFAD'ın açıkladığı verilere göre büyüklükleri sırasıyla Mw 7.7 ve Mw 7.6'dır. Pazarcık merkezli deprem Ölüdeniz Fay Zonu ile Doğu Anadolu Fay Zonu üzerinde meydana gelirken, Elbistan depremi ise Doğu Anadolu Fay Zonunun bir kolu olan Çardak Fayında meydana gelmiştir. AFAD'ın yayınladığı deprem ön raporuna göre meydana gelen depremlerin konumları ve artçı şok aktiviteleri aşağıdaki Şekil 2'de verilmiştir (Afet ve Acil Durum Başkanlığı, 2023). Ayrıca Türkiye Deprem Tehlike Haritasından elde edilen bölgeye ait tehlike haritası Şekil 2'de verilmiştir.

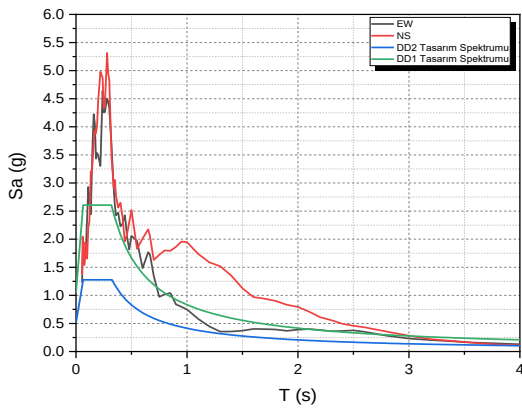


Şekil.2 Depremin artçı şok aktiviteleri ve merkez üssü (Afet ve Acil Durum Başkanlığı, 2023).

Bölgenin deprem tehlike haritasından elde edilen deprem tehlikesi, deprem sonrası ölçülen ivme değerleri ile örtüşmemektedir. Depremi meydana getirdiği ivme değerleri yönetmelik koşullarını bazı bölgelerde sağlamamakta ve beklenenden daha yüksek değerlerde kaldığı görülmektedir. Şekil 3'te AFAD veri tabanından (Afet ve Acil Durum Başkanlığı, 2023) elde edilen 3129 istasyonuna ait ivme, hız ve deplasman grafikleri verilmiştir. 3129 Hatay istasyonuna ait ivme kayıtlarından elde edilen ivme spektrumları ile deprem yönetmeliğindeki tasarım spektrumları DD1 ve DD2 deprem yer hareket düzeyleri için karşılaştırılmıştır (Şekil 4). Bu karşılaştırmada depremin etkisinin yönetmelikteki yer hareket düzeylerinin çok üstünde kaldığı görülmektedir.



Şekil.3 3129 İstasyonuna ait ivme, hız ve deplasman grafikleri



Şekil.4 3129 istasyon verileri kullanılarak davranış ve tasarım spektrumlarının karşılaştırılması

Pazarcık ve Elbistan depremleri neticesinde ülkemizin 11 şehri doğrudan etkilenmiştir. Bu

şehirlerde birçok bina hasar görmüş ve ülke nüfusunun yaklaşık %15'i depremten etkilenmiştir. Adrese dayalı nüfus kayıt sistemi verilerine göre depremten etkilenen şehirlerde 14.013.196 kişi ikamet etmektedir (İstanbul Teknik Üniversitesi 2023). Depremden etkilenen iller ve bu illere ait nüfus verileri aşağıdaki Çizelge 1'de verilmiştir.

Tablo.1 Depremden etkilenen iller ve nüfusları.

Depremden Etkilenen İller	Nüfus
Adana	2274106
Adıyaman	635169
Diyarbakır	1804880
Elazığ	591497
Gaziantep	2154051
Hatay	1686043
Malatya	812580
Kahramanmaraş	1177436
Şanlıurfa	2170110
Kilis	147919
Osmaniye	559405
Bölge Toplamı	14013196
Erkek	7049219
Kadın	6963977
Türkiye	85279553
Erkek	42704112
Kadın	42575441

İllerde meydana gelen yapısal hasarlara bakıldığında birçok neden ortaya çıkmaktadır. Bunlar genel olarak; binaların yaşı, yönetmelik koşullarına uyulmaması, mühendislik hizmeti almayan binalar, malzeme ve işçilik kalitesinin düşük olması, farklı kat seviyelerinde bitişik nizam binaların bulunması, giriş katlarda bulunan ticari alanlar nedeniyle yapının taşıyıcı sisteminin sonradan değiştirilmesi, en kesit boyutlarının ve donatı miktarlarının yetersizliği ve kötü zemin koşullarıdır. Hasar oluşturan durumlara daha birçok neden eklenebilir. Bu hata ve eksikliklerden dolayı depremten etkilenen bölgelerde yapı stokuna ait binaların büyük bir bölümü ya ağır hasar almış ya da tamamen göçmüştür. Göçme mekanizmalarına bakıldığında yana yatma, sandviç şeklinde göçme, dönerek göçme, sıvılaşma kaynaklı batma veya yana doğru eğilme şeklinde yapıların hasar gördüğü binalar

mevcuttur. Depremden etkilenen bölgeler incelendiğinde doğru taşıyıcı sistem seçimleri, doğru zemin tespitleri ile sağlam zeminlere inşa edilen yapıların hasar almadığı da görülmüştür. Bu yapılara sismik izolatör kullanılan kamu hastaneleri ve devlet destekli inşa edilen toplu konutlar örnek verilebilir. Bu yapılarda hasarlar çok sınırlı kalmıştır. Bu derece büyük bir depremde bile yönetmelik koşullarına uyulmasının, taşıyıcı sistemin doğru seçilmesinin, sağlam zemine doğru yapılar inşa edilmesinin deprem risklerini en aza indirdiği görülmektedir. Aşağıda verilen Şekil 5'te deprem bölgesinde hasar gören yapı örnekleri verilmiştir.

Deprem kaynaklı etkilenen şehirler nüfus ve yüz ölçümü olarak önemli bir alan kaplamaktadır. Depremi etkilediği alan, Avrupa'daki birçok ülkenin toplamından daha büyüktür. Bunu anlayabilmek için aşağıdaki Şekil 6'da verilen görsel incelenebilir. Etkilenen alan yaklaşık olarak Belçika ve Hollanda'nın toplamı kadardır.



Şekil.5 Hasarlı yapı örnekleri

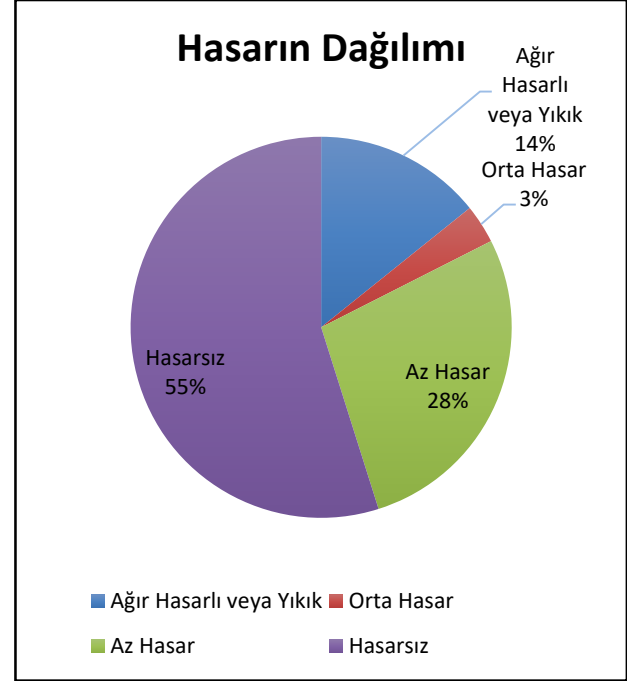


Şekil.6: Depremin etkilediği bölgenin büyüklük karşılaştırması

3. Depremler Nedeniyle Meydana Gelen Kayıplar

Depremler sonrası meydana gelen hasarlar, devlet kurumlarının yaptığı hasar tespit çalışmaları ile daha net bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı koordinasyonunda devam eden hasar tespit çalışmaları ile bölgedeki acil yıkılması gereken, yıkık, ağır hasarlı, orta hasarlı, az hasarlı ve hasarsız binalar tespit edilmektedir. 3 Mart 2023 tarihli Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı verilerine göre 830806 bina 3273628

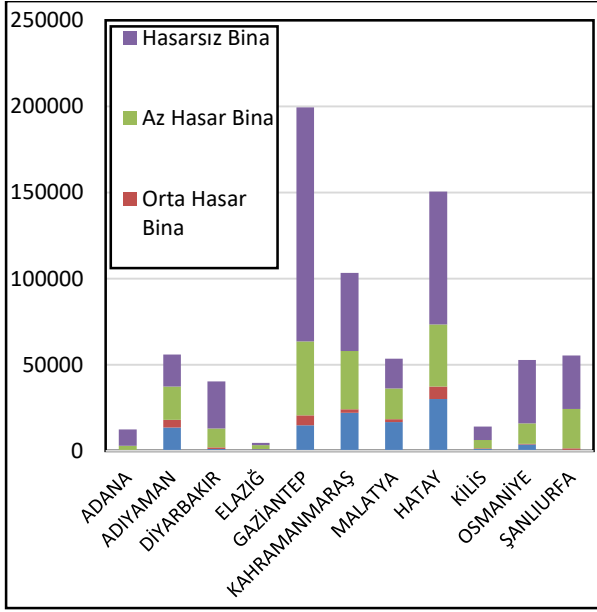
bağımsız bölümde hasar tespiti yapılmış ve bu binaların 105794'ü ağır hasarlı, yıkık veya acil yıkılması gereken binalar olarak değerlendirilmiştir (Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2023). Deprem kaynaklı hasarların dağılımı ve illere göre hasar sınıflarının dağılımı 7 ve 8'de ve Çizelge 2'de verilmiştir. Şekil 9'da illere göre hasarlı yapı dağılımları ve yapım yılları verilmiştir. Şekil 10'da ise hasarlı yapıların dağılımı harita üzerinde gösterilmiştir.



Şekil.7 Deprem kaynaklı hasar dağılımı

Çizelge.2 Kahramanmaraş depremlerinde etkilenen illerdeki hasarlı yapı dağılımı.

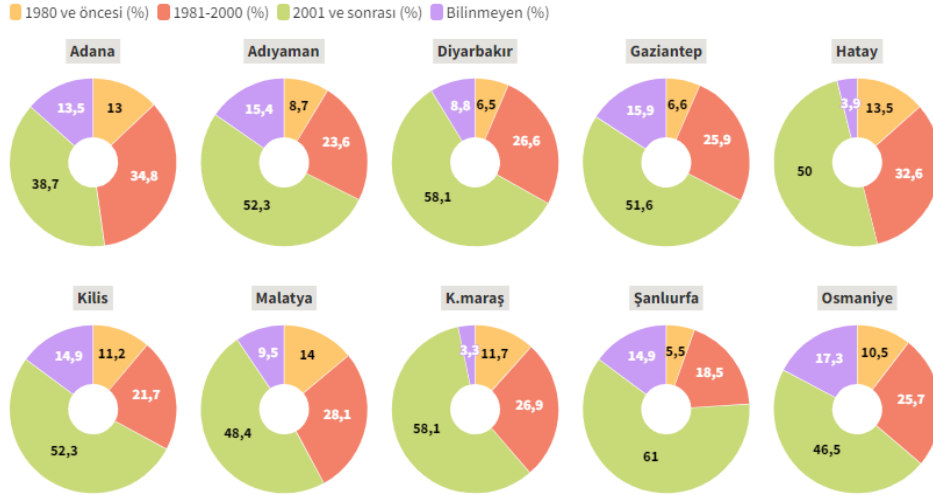
Şehirler	İncelenen Bina Sayısı	Ağır Hasarlı veya Yıkık	Orta Hasar	Az Hasar	Hasarsız
Adana	13141	97	462	2568	9396
Adıyaman	63452	13730	4338	19410	18598
Diyarbakır	45149	1110	1044	10977	27334
Elazığ	4810	1036	174	2176	1266
Gaziantep	228272	15008	5662	42945	135809
Kahramanmaraş	117801	22113	2208	33664	45395
Malatya	64883	16870	1694	17745	17333
Hatay	158112	30112	7281	36112	77107
Kilis	15387	1261	307	4746	7918
Osmaniye	56371	3794	465	11830	36666
Şanlıurfa	63428	663	829	22913	30964
Toplam	830806	105794	24464	205086	407786



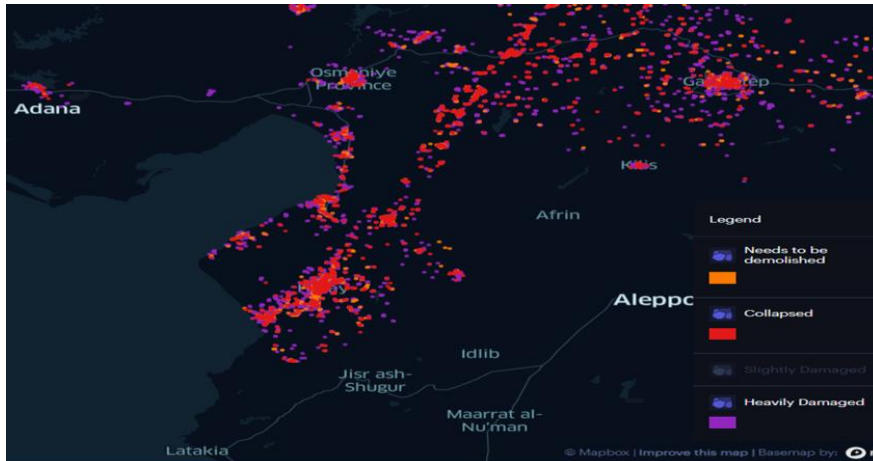
Şekil.8 İllere göre deprem kaynaklı hasar sınıflarının dağılımı

Yapısal hasar kaynaklı can kayıpları deprem sonrasında ne yazık ki çok yüksek olmuştur. 5

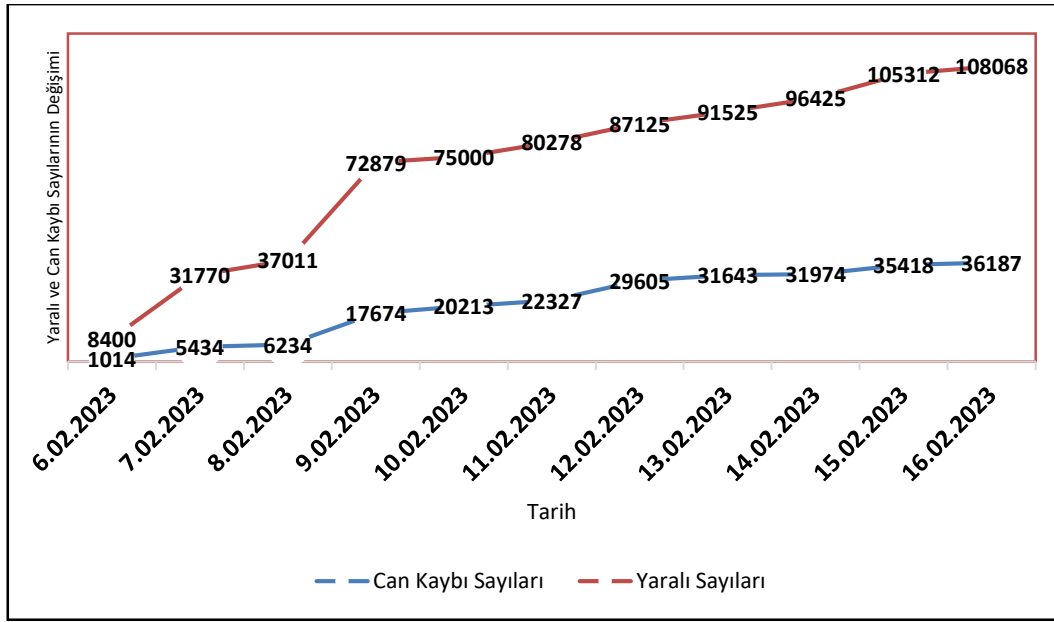
Nisan 2023'te AFAD verilerine göre 50399 vatandaşımız hayatını kaybetmiştir. Can kayıpları arama kurtarma faaliyetlerinin hızı ile doğrudan ilişkilidir. Arama kurtarma faaliyetlerinin yavaş ilerlemesi veya geç başlanması durumunda enkazlar ve hasarlı yapılardan canlı kurtarma olasılığı düşmektedir. Bu depremlerin etkilediği alanın büyük olması ve bu alana yayılı bir yıkımın olması arama kurtarma faaliyetlerinin hızını yavaşlatmıştır. Aşağıdaki iki şekilde (Şekil 11 ve 12) tarihlere göre can kaybı ve yaralı sayılarının değişimini göstermektedir. Depremin ilk aşamalarında yaralı sayıları çok hızlı artarken sonuna doğru yavaşlamıştır. Can kaybı sayılarında ise depremin üzerinden yaklaşık 10 gün geçmesinin ardından can kaybı sayılarındaki artış yavaşlamıştır. Bu değişime bakılarak enkaz kaldırma çalışmalarının tamamlanmasından sonra toplam can kaybı sayısının 50000'in biraz daha üzerine çıkacağı beklenmektedir.



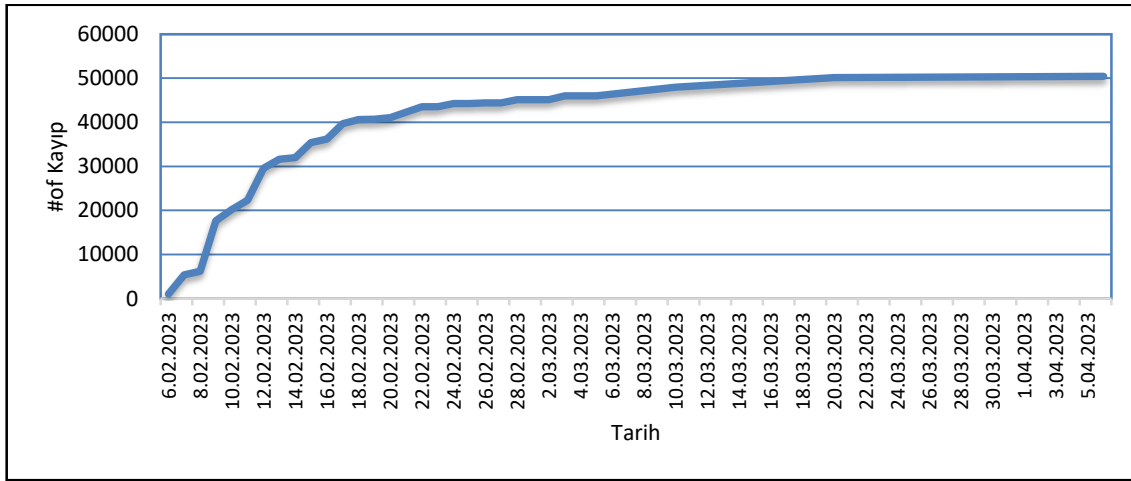
Şekil.9 Hasarlı yapıların illere ve yapım yılına göre dağılımı



Şekil.10 Depremdeki hasar dağılımının harita üzerinde gösterimi (İTÜ-UHUZAM)



Şekil.11 Deprem kaynaklı can kaybı ve yaralı sayısının değişimi



Şekil.12 Can kaybı sayılarının 5 Nisan 2023'e kadar değişimi

4. Kayıp Değerlendirmesinde İzlenen Yöntem

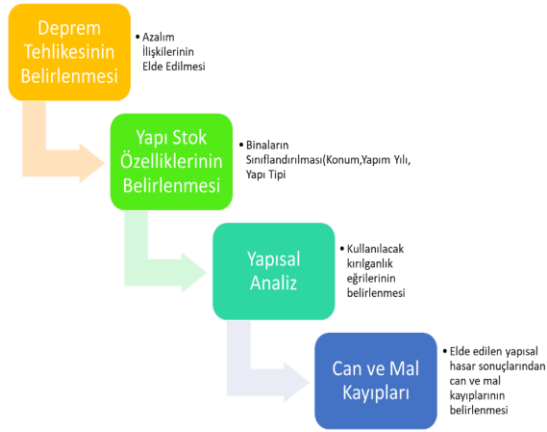
Kayıp değerlendirme çalışmaları genel olarak 4 ana aşamadan meydana gelir. Bu aşamalar; deprem tehlikesinin belirlenmesi, yapı stok özelliklerinin belirlenmesi, yapısal analiz ve can ve mal kayıplarının belirlenmesidir (Ay ve Erberik, 2008; M. Erdik vd., 2003; M. Erdik ve Durukal, 2006; Mustafa Erdik, 2017). Deprem tehlikesinin tespiti aşamasında, öncelikle bölgede bulunan sismik kaynaklar belirlenir ve bu sismik kaynakların jeolojik özellikleri ortaya çıkarılır. Sonrasında bu sismik kaynakların meydana getireceği olası depremlerin ortaya koyacağı etki azalım ilişkileri ile belirlenir. Azalım ilişkilerinden elde edilen deprem parametreleri yapı stok özelliklerinin belirlenmesi ile analizler sonucunda elde edilen

kırılganlık eğrilerine giriş parametresi olarak kullanılır. Sonrasında bu kırılganlık eğrilerinden alınan sonuçlar yapısal hasarların hasar seviyelerine dağılımı hakkında bilgiler verir. Bu bilgiler neticesinde mevcut yapı stokundaki hasarlı yapılar belirlenir ve ardından yapısal hasar kaynaklı can ve mal kayıplarına bu değerler ile geçiş yapılabilir. Kayıp değerlendirmesi ile ilgili izlenecek yol haritası aşağıdaki bölümde detaylı olarak açıklanmıştır.

Burada azalım ilişkileri devreye girer ve talep deprem parametresinin tahmininde kullanılır. Sonrasında yapı stok özelliklerinin, yapıların karşılaşılabilecek hasar durumunun tahmini için belirlenmesi gerekmektedir. Kayıp değerlendirme çalışmaları için yapı stoku ile ilgili

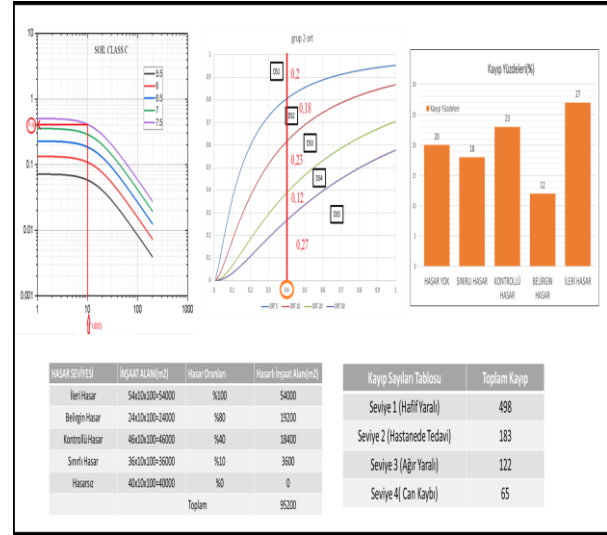
geometrik konumlar, yapım yılları ve yapıların tipleri ile ilgili bilgilerin toplanması gerekmektedir. Bu bilgiler toplandıktan sonra yapısal analiz adımına geçilerek bina kapasiteleri ve yapıların hasar görebilme olasılıklarını veren kırılmalık eğrileri belirlenir. Kırılmalık eğrileri belirlendikten sonra yapısal hasarlar tahmin edilebilir. Yapısal hasarların tahmin edilmesinden sonra bu veriler üzerinden can ve mal kayıplarının tahmini gerçekleştirilir. Kayıp tahmin analiz aşamaları aşağıdaki Şekil 13'te verilmiştir.

Kayıp tahmin analizlerinde bu aşamalar; teorik olarak azalım ilişkilerinin elde edilmesi, senaryo depremlerinin belirlenmesi ve kırılmalık eğrilerinin ortaya çıkarılması ve yapısal hasarların tahmin edilmesini içerir.



Şekil.13 Kayıp tahmin analiz aşamaları

Sonrasında bu veriler kullanılarak can ve mal kayıplarının tahminine geçilir. Deprem tehlikesi belirlenirken gerekli olan veri bölgedeki fayların özellikleridir. Bu bilgiler kullanılarak azalım ilişkileri elde edilip, senaryo depremler üretilerek meydana gelecek deprem talebi belirlenir. Bu deprem talebi kırılmalık eğrilerine giriş için kullanılır ve kırılmalık eğrisinin yansıttığı bina grubu için hasar görebilme olasılıklarını elde etmemizi sağlar. Bu olasılıklar yapı stoku üzerinde değerlendirilerek hangi yapıların hangi hasar sınırları içerisinde kaldığı belirlenir. Yapısal hasar sonuçlarına göre, literatürdeki katsayı çizelgeleri kullanılarak can kayıpları ve ekonomik kayıplar tahmin edilir. Örnek işlem adımları aşağıdaki Şekil 14'te verilmiştir.



Şekil.14 Kayıp değerlendirme işlem adımları

5. Bulgular ve Değerlendirmeler

Bu çalışmada uygulanan kayıp değerlendirme yöntemi Mw 7,7 6 Şubat Kahramanmaraş depremi verileri kullanılarak değerlendirilmiş ve gerçek veriler ile tahmin verileri karşılaştırılmıştır. 3 Mart 2023 verileri kullanılarak yapılan incelemede o güne kadar olan hasarlı yapı ve can kaybı sayısı üzerinden değerlendirmeler gerçekleştirilmiştir. Her şehir merkezine en yakın istasyondan ölçülen ivme değerleri alınmış (Çizelge 3) ve bu değerler yazarlardan Ömer Faruk Nemutlu'nun doktora tez çalışmasındaki (Nemutlu 2023) kırılmalık eğrilerinde kullanılmıştır. Bu kırılmalık eğrilerinden en genel yapı özelliğini yansıtan 4'lü gruplandırmanın 2 nolu sınıflandırmasına ait kırılmalık eğrisi kullanılarak (Şekil 15) bölgedeki yapıların hasar görebilme olasılıkları belirlenmiştir. Belirlenen hasar görebilme olasılıkları ile yapısal hasar durumları belirlenmiş bu sonuçlar kullanılarak can kaybı tahmini gerçekleştirilmiştir. 3 Mart 2023 verilerine göre o güne kadar olan can kaybı sayısı 45089 olarak açıklanmıştır. Tez çalışmasındaki yapmış olduğumuz can kaybı tahminine göre 47920 olarak can kaybı tahmin edilmiştir. Yazarın tez çalışmasında önerdiği modifiye can kaybı katsayıları Erdik' in (Erdik 2017) çalışmasında önerilen can kaybı katsayıları üzerinden hazırlanmıştır. Bu katsayılar günümüzde gelişen arama-kurtarma faaliyetlerinin can kaybı değişimlerine olumlu şekilde yansıtılması ile elde edilmiştir. Çizelge 4 ve

Çizelge 5 can kaybı katsayılarını göstermektedir. Tez çalışmasındaki (Nemutlu 2023) tahminimizin yüksek çıkması hasar tespit ve enkaz kaldırma çalışmalarının göz ardı edilmesidir. Ayrıca bu can kaybı tahminlerinde önerilen modifiye can kaybı kat sayıları kullanılmıştır. Bu katsayılar modifiye (Çizelge 5) edilmeden değerlendirilseydi can kaybı sayıları gerçek değerlerin çok altında kalacaktı. Hasar tahminlerinde ise değerlendirilen 11 ilin 7 sinde ağır hasarlı ve yıkık yapılar çok yakın şekilde tahmin edilmiştir. Yıkımın çok yüksek olduğu Adıyaman, Hatay, Malatya ve Kahramanmaraş'ta ağır hasarlı yapılar üzerinden elde edilen gerçek kayıp değerleri ile tahmin edilen kayıp değerler arasında farklar bulunmaktadır. Tahmin edilen değerler gerçek değerlerin üzerinde kalmaktadır. Genel olarak orta hasarlı yapıların da tahminleri ile gerçek sonuçları örtüşmemektedir.

Çizelge.3 Kayıp değerlendirmesi için şehir merkezlerine yakın istasyonlardaki ölçülen PGA değerleri

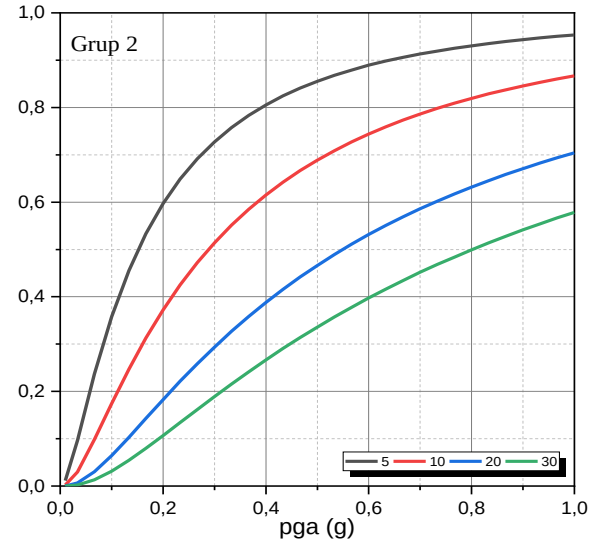
İller	İstasyon	PGA-NS (g)
Adana	0118	0.04
Adıyaman	0201	0.48
Diyarbakır	2101	0.08
Elazığ	2308	0.19
Gaziantep	2708	1.13
Kahramanmaraş	4616	0.66
Malatya	4404	0.14
Hatay	3129	1.37
Kilis	7901	0.05
Osmaniye	8002	0.14
Şanlıurfa	6304	0.21

Çizelge.4 Can Kaybı Katsayıları

Katsayılar Tablosu	Sınırlı Hasar	Kontrollü Hasar	Belirgin Hasar	İleri Hasar(Göçme)
Seviye 1 (Hafif Yaralı)	0,05	0,2	1	30
Seviye 2 (Hastanede Tedavi)	0,005	0,02	0,5	11
Seviye 3 (Ağır Yaralı)	0	0	0,02	7,5
Seviye 4 (Can Kaybı)	0	0	0,01	4

Çizelge.5 Modifiye Can Kaybı Katsayıları

Katsayılar Tablosu	Sınırlı Hasar	Kontrollü Hasar	Belirgin Hasar	İleri Hasar(Göçme)
Seviye 1 (Hafif Yaralı)	0,075	0,3	1,5	45
Seviye 2 (Hastanede Tedavi)	0,0075	0,03	0,75	16,5
Seviye 3 (Ağır Yaralı)	0	0	0,01	3,75
Seviye 4 (Can Kaybı)	0	0	0,005	2

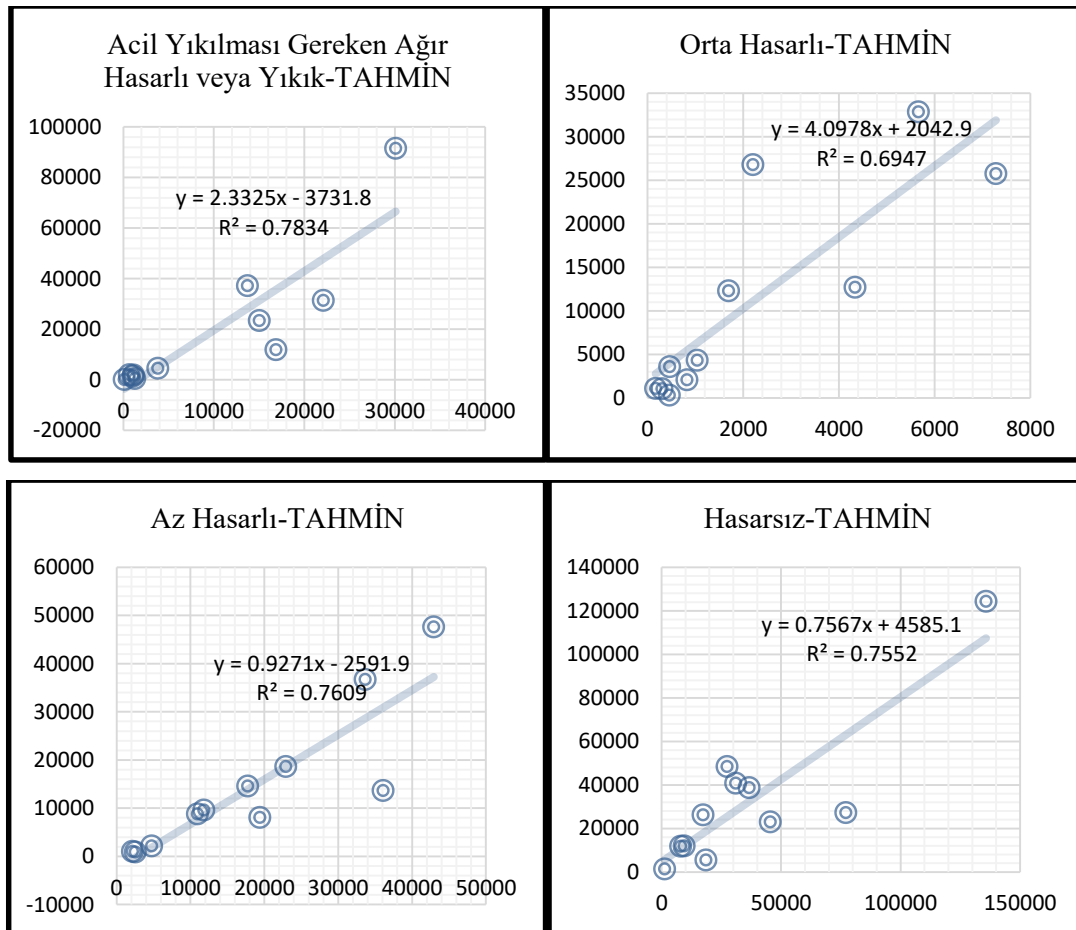


Şekil.15 Kullanılan Kırılgenlik Eğrisi

Gerçek veriler ile tahmin edilen veriler arasındaki korelasyon Şekil 16'da verilmiştir. Orta hasarlı yapılar için verilen ilişkide R2 değerleri 0.69 çıkmaktadır. Diğer hasar gruplarında bu değerler 0.70'in üzerindedir. Bunun nedeni hasar tespit sonuçlarının tamamlanmamış olması ve bu durumun gerçek sonuçları etkilemesidir. Ayrıca orta hasarlı ve ağır hasarlı yapı kavramı çok fazla yoruma dayalı kavramlardır. Hasar tespiti yapan uzmanın bilgi birikimi ve tecrübesiyle doğrudan ilgilidir. Böylesine büyük bir depremde ağır hasarlı ve yıkık binaların saha tecrübelerine dayanarak daha yüksek olması beklenen bir durumdur. Bu nedenle tahminlerin gerçek verilerle bazı kısımlarda örtüşmemesi durumunda dahi genel anlamda bir uyum gösterdiği görülmektedir. Aşağıda verilen Çizelge 6'da gerçek veriler ile tahmin edilen hasarlı yapı sayılarının illere göre dağılımı verilmiştir.

Çizelge.6 Gerçek veriler ile tahmin edilen hasarlı yapı sayılarının illere göre dağılımı

İller	Acil Yıkılması Gereken Ağır Hasarlı veya Yıkık- GERÇEK	Acil Yıkılması Gereken Ağır Hasarlı veya Yıkık- TAHMİN	Orta Hasarlı- GERÇEK	Orta Hasarlı- TAHMİN	Az Hasarlı- GERÇEK	Az Hasarlı- TAHMİN	Hasarsız- GERÇEK	Hasarsız- TAHMİN
Adana	97	86	462	302	2568	874	9396	11878
Adıyaman	13730	37178	4338	12708	19410	8050	18598	5516
Diyarbakır	1110	1920	1044	4309	10977	8815	27334	48408
Elazığ	1036	1413	174	1060	2176	1025	1266	1311
Gaziantep	15008	23461	5662	32853	42945	47603	135809	124355
Kahramanmaraş	22113	31389	2208	26762	33664	36701	45395	22928
Malatya	16870	11856	1694	12303	17745	14565	17333	26160
Hatay	30112	91459	7281	25737	36112	13647	77107	27269
Kilis	1261	466	307	1045	4746	2138	7918	11739
Osmaniye	3794	4493	465	3561	11830	9588	36666	38730
Şanlıurfa	663	1990	829	2081	22913	18625	30964	40731

**Şekil.16** Gerçek veriler ile tahmin edilen verilerin hasar seviyelerine göre uyumu

6. Sonuçlar

Çalışmada elde edilen bulgular değerlendirildiğinde aşağıda maddeler halinde verilen sonuçlar elde edilmiştir:

- Can kayıplarının tahmini ile gerçek sonuçlar örtüşmektedir. Bu durum can kaybı katsayılarının olumlu yönde modifiye edilmesinin doğruluğunu göstermektedir.
- Hasar tahminlerinde ise değerlendirilen 11 ilin 7 sinde ağır hasarlı ve yıkık yapılar çok yakın şekilde tahmin edilmiştir. Yıkımın çok yüksek olduğu Adıyaman, Hatay, Malatya ve Kahramanmaraş'ta gerçek değerler ile tahmin edilen değerler arasında ağır hasarlı yapı sayısında farklar bulunmaktadır. Tahmin edilen değerler gerçek değerlerin üzerinde kalmaktadır.
- Genel olarak orta hasarlı yapıların tahmininde de tahminler ile gerçek sonuçlar örtüşmemektedir. Bunun nedeni hasar tespit sonuçlarının tamamlanmamış olmasıdır. Ayrıca orta hasarlı ve ağır hasarlı yapı kavramı çok fazla yoruma dayalı kavramlardır. Hasar tespiti yapan uzmanın bilgi birikimi ve tecrübesiyle doğrudan ilgilidir.
- Böylesine büyük bir depremde ağır hasarlı ve yıkık bina sayılarının saha tecrübelerine dayanarak daha yüksek olması gerektiği beklenen bir durumdur. Bu nedenle tahminlerin gerçek verilerle bazı kısımlarda örtüşmemesine rağmen genel anlamda bir uyum gösterdiği görülmektedir.

7. Kaynaklar

- AFAD, 2021. <https://www.afad.gov.tr/>. Tarihinde 05 Ocak 2021, adresinden erişildi <https://www.afad.gov.tr/>
- Afet ve Acil Durum Başkanlığı, 2023. 06 Şubat 2023 Pazarcık (Kahramanmaraş) Mw 7.7 Elibistan (Kahramanmaraş) Mw 7.6 Depremlerine İlişkin Ön Değerlendirme Raporu".
- Akbayram, K., Bayrak, E., Pamuk, E., Özer, Ç., Kıranşan, K., Varolgüneş, S., 2022. Dynamic sub-surface characteristic and the active faults of the Genç District locating over the

Bingöl Seismic Gap of the East Anatolian Fault Zone, Eastern Turkey. *Natural Hazards*, **114**(1), 825–847.

- Askan, A., Uğurhan, B., Ün, E. M., Erberik, M. A. 2011. Batı Marmara Bölgesi için Alternatif Yöntemlerle Deprem Hasar ve Kayıp Tahmini Çalışmaları. 1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, Ankara, 1-9.
- Ay, B. Ö., Erberik, M. A., 2008. Vulnerability of Turkish low-rise and mid-rise reinforced concrete frame structures. *Journal of Earthquake Engineering*, **12**(2), 2–11.
- Bikçe, M., 2015. Türkiye’de Hasara Ve Can Kaybına Neden Olan Deprem Listesi (1900-2014). İçinde 3. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, İzmir, Türkiye, 1-10.
- Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. 2023. csb.gov.tr.
- Çoşkun, A. M., 2021. Afet Yönetimi ve Karar Destek Sistemi (AYDES) Üzerine Bir Çalışma. *Kamu Yönetimi ve Teknoloji Dergisi*, **3**(1), 61–80.
- Erdik, M., Aydınoglu, N., Fahjan, Y., Sesetyan, K., Demircioglu, M., Siyahi, B., Durukal, E., Özbey, C., Biro, Y., Akman, H., Yuzugullu, O., 2003. Earthquake risk assessment for Istanbul metropolitan area. *Earthquake Engineering and Engineering Vibration*, **2**(1), 1–23.
- Erdik, M., Durukal, E., 2006. Earthquake loss assessment for Istanbul metropolitan area. *8th US National Conference on Earthquake Engineering 2006*, **8**(1), 4447–4456.
- Erdik, M., 2017., Earthquake risk assessment. *Bulletin of Earthquake Engineering*, **15**(12), 5055–5092.
- Hancılar, U., Şeşetyan, K., Çaktı, E., 2019. İstanbul’daki 2000 Yılı Sonrası Binalar İçin Tasarım Depremi Altında Karşılaştırmalı Yapısal Hasar ve Mali Kayıp Tahminleri. *Teknik Dergi*, **30**(3), 9107-9123.
- Işık, Ecan, Sağır, C., Tozlu, Z., Ustaoglu, Ü. S., 2019. Farklı Deprem Senaryolarına Göre Kırşehir İli Kayıp Tahmin Analizleri. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, **5**(1), 80–93.
- Işık, E., 2010. Bitliş şehri deprem performans analizi, Doktora Tezi, Fen Bilimler Enstitüsü,

Sakarya Üniversitesi.

Nemutlu, Ö. F., 2023. Bingöl ili şehir merkezindeki binalarda deprem performansı, yapısal riskler ve kayıpların incelenmesi, Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.

Sünbül, F., Sünbül, A. B., 2018. Deprem etkileşimlerinde Coulomb gerilme kriteri değerlendirmesi; Doğu Anadolu fay hattı. *Karaelmas Science and Engineering Journal*, **8**(2), 523–535.

Ugurhan, B., Askan, A., Erberik, M. A., 2011. A methodology for seismic loss estimation in urban regions based on ground-motion simulations. *Bulletin of the Seismological Society of America*, **101**(2), 710–725.

İstanbul Teknik Üniversitesi, 2023. 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremleri İTÜ Deprem Raporu. İstanbul.