

Araştırma Makalesi

## Depremde Meydana Gelebilecek Bina Hasarlarının Coğrafi Bilgi Sistemleri ile İncelenmesi

Sefa Sarı<sup>1</sup>, Tarık Türk<sup>\*1</sup>

<sup>1</sup> Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 58140, Sivas, Türkiye

### Anahtar Kelimeler:

Deprem  
Hasar Görebilme  
CBS  
Doğal Afet

### ÖZ

Ülkemiz, bulunduğu jeolojik, topoğrafik yapı ve iklim koşulları nedeniyle doğal afetlerle sürekli olarak karşı karşıya kalmaktadır. Jeolojik olarak dünyanın en aktif kuşaklarından birisi üzerinde yer alan ülkemiz, deprem başta olmak üzere birçok doğal afetin meydana gelebileceği uygun jeolojik ve jeomorfolojik özellikleri taşımaktadır. Gerek tarihsel gerekse aletsel dönem kayıtları geçmişte ülkemizin birçok kesiminde büyük depremler olduğunu göstermektedir. Bu depremlerden en yıkıcı olanları ise Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) üzerinde meydana gelmektedir.

Bu çalışmada; KAFZ' a yakın Sivas il merkezinin bina bazında olası bir depremden etkilenme potansiyeli ortaya konmuştur. Çalışma kapsamında Sivas Belediyesi Kent Bilgi Sistemi (KBS) içerisinde bulunan binaların taban alanı, kat sayıları, yapı nizamları, yapım tarihleri, yapı tipleri, yapı türü vb. özellikleri incelenmiş ve Federal Emergency Management Agency (FEMA) yaklaşımına uygun olarak bina verileri oluşturulmuştur. Ayrıca, nüfus, arazi kullanımı, su kaynakları, yol, topoğrafya, fay hatları, jeolojik formasyon, yerel zemin sınıfları verilerinin yanı sıra belediye bünyesinde bulunan jeolojik, jeofiziksel, mikrotremor ve yerleşime uygunluk verileri elde edilerek CBS ortamına aktarılmıştır. Daha sonra, belirlenen deprem senaryolarından yola çıkılarak olası bir depremden Sivas Belediyesi KBS'de kayıtlı bulunan 32023 adet binanın yapı nizamları (Bitişik, Ayrık) ve yapı tiplerine (Yığma, Betonarme Karkas) göre hasar görebilme potansiyelleri (Hasarsız, Hafif hasarlı, Hasarlı, Ağır Hasarlı, Çok Ağır Hasarlı) belirlenmeye çalışılmıştır.

## Investigation of Building Damages Caused by Earthquakes by Geographical Information Systems

### Keywords:

Earthquake  
Vulnerability  
GIS  
Natural Hazards

### ABSTRACT

Due to the geological, topographic and climatic conditions of our country, it is constantly facing natural disasters. Turkey which is geologically located on one of the most active fault zone in the world, has the appropriate geological and geomorphological features which can occur in many natural disasters, especially earthquakes. Both historical and instrumental period records show that there have been major earthquakes in many parts of our country in the past. The most destructive of these earthquakes is on the North Anatolian Fault Zone (NAFZ).

In this study; the building-based affected potential by a possible earthquake of the city center of Sivas close to the NAFZ was determined. In the scope of the study, the floor area, number of floors, construction orders, construction dates, building types, type of building, etc., which are registered in Sivas Municipality City Information System (CIS) are recorded. Building data was created in accordance with the Federal Emergency Management Agency (FEMA) approach. In addition to the data on population, land use, water resources, road, topography, fault lines, geological formation, local soil classes, geological, geophysical, microtremor and settlement conformity data were obtained from the municipality and transferred to GIS environment. Then, vulnerability of 32023 buildings registered in Sivas Municipality CIS in a possible earthquake based on a determined earthquake scenarios were detected as Heavy Damaged, Very Heavy Damaged according to the building regulations and building types (Masonry, Reinforced Concrete Carcass).

\* Sorumlu Yazar

{ tarikurturk@gmail.com } ORCID ID 0000-0002-2671-7590  
{ sefasari58@gmail.com } ORCID ID 0000-0002-4142-9845

## 1. GİRİŞ

İnsanlar çok eski çağlardan beri afetlerle karşı karşıya kalmış ve afetlerin meydana getirdiği sorunlarla uğraşmıştır. Yerleşim alanları büyüdükçe ve yoğunlaştıkça, afetlerin kentsel yerleşim alanlarına da etkisi buna paralel olarak artmıştır. Ülkemiz, bulunduğu jeolojik, topoğrafik yapı ve iklim koşulları nedeniyle doğal afetlerle sürekli olarak karşı karşıya kalmaktadır ve başta deprem olmak üzere heyelan, sel vb. doğal afetlerden dolayı can kaybının yanında ekonomik kayıplar da meydana gelmektedir (Türk, 2009). Bununla birlikte, ülkemizde doğal afetlerden dolayı yıkılan konut sayıları dikkate alındığında %76 ile deprem ilk sırada yer almakta ve onu %10 ile heyelan izlemektedir. Türkiye, ekonomik nedenlerden dolayı bu afetlere karşı yeterli teknik önlemleri almakta zorlanmaktadır (Özmen vd., 2005).

Belediyeler, yüksek deprem riskine sahip olan binaların saptanması için öncelikli alanları belirlemelidir. Öncelikli alanlar, aktif faylardan uzaklık ve yerel zemin koşulları unsurları ile belirlenir. Bu unsurlar deprem tehlikesini belirler. Belediyelerin kendi sorumluluk alanlarında deprem tehlikesini ortaya koyan jeolojik, jeofizik ve geoteknik çalışmalara öncelik vermesi ve sismik mikrobölgeleme çalışmalarını yapması gerekir. Bu çalışmalar, binaların depreme karşı dayanıklı olup olmadığına yönelik yapılacak çalışmaların temel altyapısını oluşturmaktadır. Yapılan bu çalışmalar sonucunda elde edilen bilgileri topluma uygun bir şekilde aktarmak, belediyelerin öncelikli görevlerinden biridir (Türk vd., 2012; Türk, 2009; BÜ vd., 2003).

Dünya'da, doğal afetlere karşı gerekli önlemlerin alınması sürecinde CBS' den etkin bir şekilde faydalanılmaktadır (FEMA, TABİS vb.). CBS ile afetlere yönelik yapılan en önemli çalışmalardan birisi de FEMA tarafından yapılan (HAZUS) çalışmalarıdır. HAZUS; deprem, su baskını ve fırtına gibi tehlikelerden kaynaklanan potansiyel kayıpların analizini CBS tabanlı bir yazılım (HAZUS-MH yazılımı) aracılığıyla ortaya koymaktadır (FEMA, 2008; Türk, 2009).

Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin içerisinde barındırdığı güçlü analiz ve modellemeler sayesinde, uygun altlıklar ile bütünleşik, değişik ölçeklerdeki afetler için; afetten etkilenen bölge, olası can ve mal kayıpları, geçici yerleşim bölgeleri, toplanma bölgeleri, yardım bölgeleri gibi önemli noktaların belirlenmesinde etkin rol oynamaktadır. Bununla birlikte kullanılabilir ulaşım güzergahları, en yakın

hastane, yardım nerelerde olduğu gibi amaca yönelik imkanlar sağlamaktadır. (Karaağaç,2019)

Afet yönetiminde, olası afetin etkilediği bölgenin tespit edilmesinde, bu bölgedeki kritik tesislerin durumlarının belirlenmesinde, hasarlarının raporlanmasında, etkin müdahalenin sağlanmasında personel ve ekipman bilgisinin elde edilmesinde, kaynakların verimli kullanılmasında, ulaşım ve altyapı bilgilerinin toplanmasında CBS'den yararlanılmaktadır. Bu bilgiler ışığında afet alanındaki yetkililer afetlerle etkin bir şekilde mücadele edebilmekte ve ortaya çıkan kayıplar azaltılabilmektedir (Gunes ve Kovel, 2000).

Cova ve Church (1997) tarafından ortaya koyulan bütünleşik afet yönetiminin; Hazırlıklı olma, iyileştirme, Zarar azaltma ve müdahale olmak üzere dört evresi bulunmakta olup bütün bu evreler CBS teknolojisi ile birleştirilerek afetlerin başarılı bir şekilde yönetilmesini sağlamaktadır.

Zarar Azaltma	Risk Analizi
	Risk Haritaları
	Araştırma ve Geliştirme
	Bina Yönetmelikleri
Hazırlıklı Olma	Afet Planlaması
	Personel Eğitimleri
	Uyarı Sistemleri
	Bilinçlendirme
Müdahale	Afet Planlarının Uygulanması
	Kaynak Yönetimi
	Arama Kurtarma
İyileştirme	Hasar Analizi
	Enkaz Kaldırma
	Afet Yardımlarının Planlanması

Şekil 1.1 Bütünleşik Afet Yönetimi (Cova ve Church, 1997).

Uygulama Açısından	Ulaşım
	Kaynak Yönetimi
	Çevresel Modelleme
	Sosyo-Ekonomik Modelleme
Yönetimsel Açısından	Organizasyonel
	Yasal
Teknik Açısından	Mekansal Karar Destek Sistemi
	Mekansal Veri Entegrasyonu
	CBS ve Uzaktan Algılama
	Doğruluk
	Anlık CBS
	CBS ve GPS
Veri Modelleme	

Şekil 1.2 Bütünleşik Afet Yönetiminde CBS (Cova ve Church, 1997).

Afet yöneticilerinin müdahale sürecinde ihtiyaç duyduğu anlık ve kritik bilgilere ulaşılmasında

CBS büyük bir fayda sağlamaktadır. Afet yöneticileri için, hızlı ve etkin müdahale etmek, kayıpları en aza indirmek ve iyileştirme faaliyetlerini süratle tamamlamak için afetin oluş yerinin ve afetin etki alanının doğru bir biçimde tespit edilmesi ilk gereksinimdir (Erden, 2009).

Anadolu plakası; güneyinde bulunan Arap-Afrika Levhalarının baskısına maruz kalmakta ve sınırı boyunca meydana gelen aktif tektonik aktivitelere sahne olmaktadır. Bu tektonizma sonucunda Anadolu coğrafyasında 1900-2017 yılları arasında 6.0 ve üzeri büyüklüğünde 210 büyük deprem meydana gelmiş olmakla birlikte jeolojik şekillenme günümüzde de etkin bir biçimde devam etmektedir (AFAD, 2017). Bununla birlikte, 117 yılda meydana gelen bu depremlerde 86 bin 802 kişi yaşamını yitirmiş, 597 bin 865 konut ağır hasar görmüştür (AFAD, 2017).

Sismik mikro bölgeleme, depremden kaynaklanan olumsuz etkenlerden farklı oranda etkileenecek yerlerin belirlenmesidir. Bu süreç, çok kapsamlı bir çalışmayı ve aşağıda belirtilen unsurların dikkate alınmasını gerektirir (AİGM, 2004).

- Deprem tehlikesinin belirlenmesi,
- Yer sarsıntı şiddeti,
- Sıvılaşma ve oturmalar,
- Toprak kayması, kaya düşmesi,
- Deprem ile ilişkili su baskınları,
- Yüzeysel faylanma ve tektonik hareketler.

Sismik mikro bölgelemede en önemli çalışmalardan biri de jeofiziksel çalışmalardır. Mühendislik sismolojisi çalışmalarında kullanılan mikrotremor yöntemi, dinamik zemin parametrelerinin ve değişimlerinin belirlenebilmesinde oldukça önemli bir yere sahiptir. Zemin hâkim periyodu ve zemin büyütmesi gibi parametrelerin, zemin esneklik özellikleri ile yer-yapı hâkim periyodunun belirlenmesinde mikrotremor yönteminin kullanımı hem arazi çalışmalarında kolaylık sağlamakta hem de güvenilir sonuçlar vermektedir. Bu nedenle son yıllarda oldukça yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Akgün, 2007; Büyüksaraç vd., 2007; Türk, 2009; Türk vd., 2012).

Bu çalışmada, daha önce Sivas ili Merkez ilçesi belediye sınırları içerisinde yapılan sismik mikro bölgeleme çalışmaları temel alınmış, deprem senaryosu üretilmiş ve olası bir depremde yıkılma potansiyeline sahip binaların analizi gerçekleştirilerek çeşitli değerlendirmelerde bulunulmuştur.

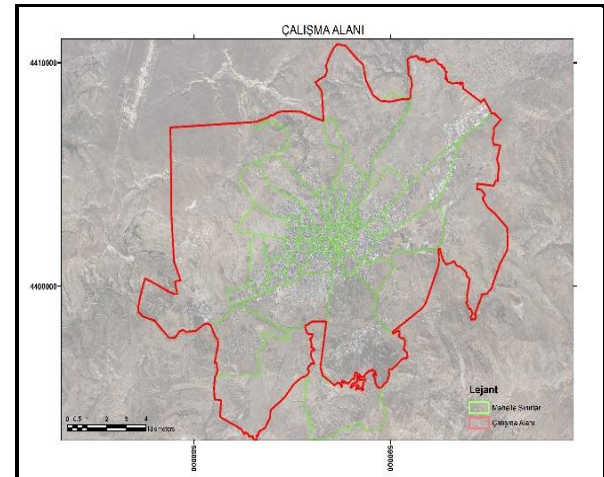
## 2. YÖNTEM

### 2.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı olarak Sivas ili Merkez ilçesi belediye sınırları seçilmiştir. (Şekil 2) Coğrafi olarak 36° 53' dakika ve 37° 06' doğu boylamlarıyla, 39° 40' ve 39° 49' kuzey enlemleri arasında kalan çalışma alanı; 191,53 km<sup>2</sup> lik yüzölçümüne sahiptir. Kızılırmak havzası kuzey kenarında bulunan şehir merkezinin ortalama rakımı 1200 metredir. Anadolu'nun en eski yerleşimlerinden olan Sivas birçok medeniyete ev sahipliği yapmıştır. Ayrıca Anadolu'daki tarihi İpek Yolu güzergahlarının keşiştiği bir yerde konumlanmış ve ünlü Kral Yolunun da geçiş güzergahında bulunmaktadır.

Şehir merkezinde birçok tarihi yapı bulunmaktadır. Tarihi kent meydanı içerisinde bulunan Çifte Minareli Medrese, Şifahiye Medresesi, Kale Cami, Buruciye Medresesi, Valilik Binası, Jandarma Binası, Kongre Binası günümüze ulaşmış önemli yapılar arasındadır. Bunun yanında şehrin muhtelif yerlerinde bulunan Ulu cami, Taşhan, Eğri Köprü, Kurşunlu Hamamı, Behram Paşa Hanı, Meydan Hamamı, Güdük Minare, Kangal Ağası Konağı, Ziya Bey Kütüphanesi, Kesik Köprü, Eski Paşa Hamamı, Susamışlar Konağı Sultan şehrin tarihine ışık tutan önemli yapılarıdır (Sivas Belediyesi, 2018).

Çalışma alanı içerisinde 65 adet mahalle bulunmakta olup TÜİK verilerine göre 2018 yıl sonu nüfusu 348.683 kişidir.



Şekil 2. Çalışma alanı: Sivas ili Merkez ilçesi belediye sınırları

Çalışma alanı yerleşimi, sismik tehlike bakımından düşük seviyede bulunan bir bölgedir. Ancak, Sivas Merkez'den uzakta meydana gelen depremler, özellikle alüvyon yapıları alanlarda yer büyütmesi etkisi göstermektedir. Bu durum binalar

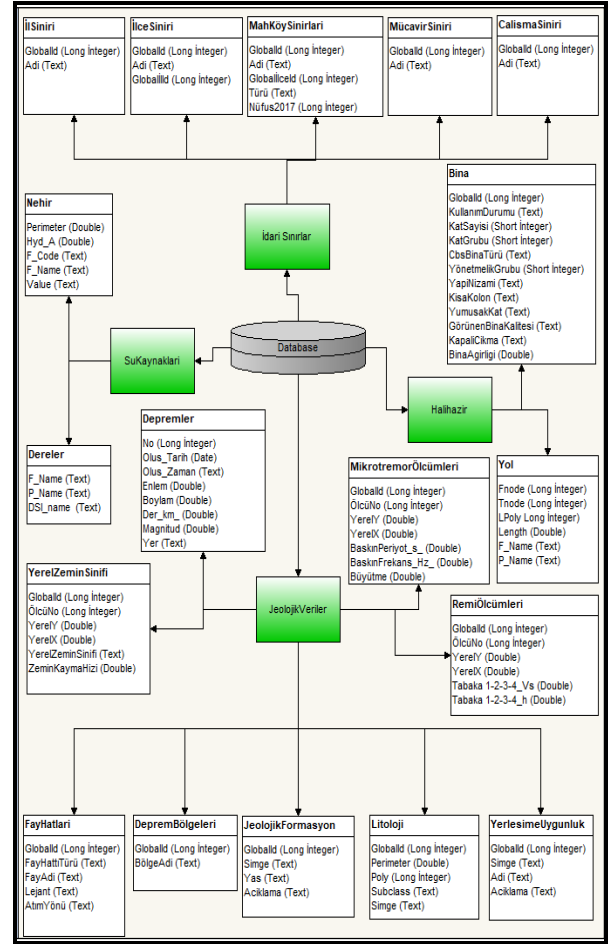
açısından potansiyel bir risk oluşturmaktadır. Yerleşim alanlarında sismik mikrobölgeleme çalışmalarının gerçekleştirilmesi zeminlerin depremlerden etkilenme duyarlılığını belirleyerek yapılacak risk analizinin temelini oluşturmaktadır (Büyüksaraç vd., 2007). “Sivas İli Deprem Duyarlık ve Mikrobölgeleme Projesi” (2007) kapsamında 117 noktada yapılan mikrotremor ölçülerinin değerlendirilmesi sonucunda zemin hâkim titreşim periyodu haritası ve sismik mikrobölgeleme haritası üretilmiştir. Söz konusu çalışmada; Sivas Merkez belediye sınırı yerleşiminde depreme en duyarlı alanların Kızılırmak nehri ile Kardeşler Mahallesi civarları olduğu vurgulanmaktadır. Mikro bölgeleme çalışması kapsamında üretilen veriler bu çalışmada altlık olarak kullanılmıştır.

## 2.2. Kullanılan veriler

Sivas Merkez’de 65 adet mahalle bulunmakta olup Mart 2019 itibarıyla 32023 adet bina envanteri veritabanında bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamında;

- Sivas Belediyesi Kent Bilgi Sistemi içerisinde bulunan; idari sınırlar, zemin etüd raporları, bina envanteri, yol verisi, halihazır harita verileri, yerleşime uygunluk verileri, nüfus verileri
- Sivas Tarım İl Müdürlüğü’nden elde edilen arazi kullanım haritası,
- MTA’dan elde edilen litoloji, jeolojik formasyonlar, deprem bölgeleri, meydana gelen depremlerin coğrafi konumları ve fay hattı verileri,
- DSİ 19. Bölge Müdürlüğü’nden elde edilen akarsu verileri,
- Sivas ili deprem duyarlık ve mikrobölgeleme projesi (Büyüksaraç vd., 2007) kapsamında üretilen mikrotremor ölçümleri, yerel zemin sınıfları, mikrobölgeleme haritası verileri kullanılmıştır.

Elde edilen tüm veriler hesaba katılarak veritabanı tasarımı gerçekleştirilmiş ve CBS ortamında bütünleştirilmiştir.



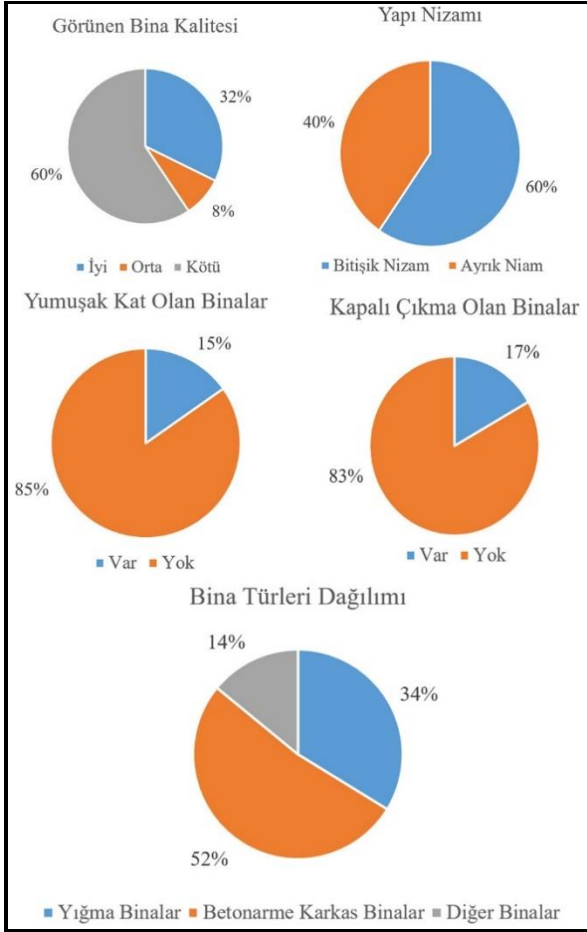
Şekil 3. Veritabanı tasarımı (UML Diyagramı)

## 2.3. Yöntem

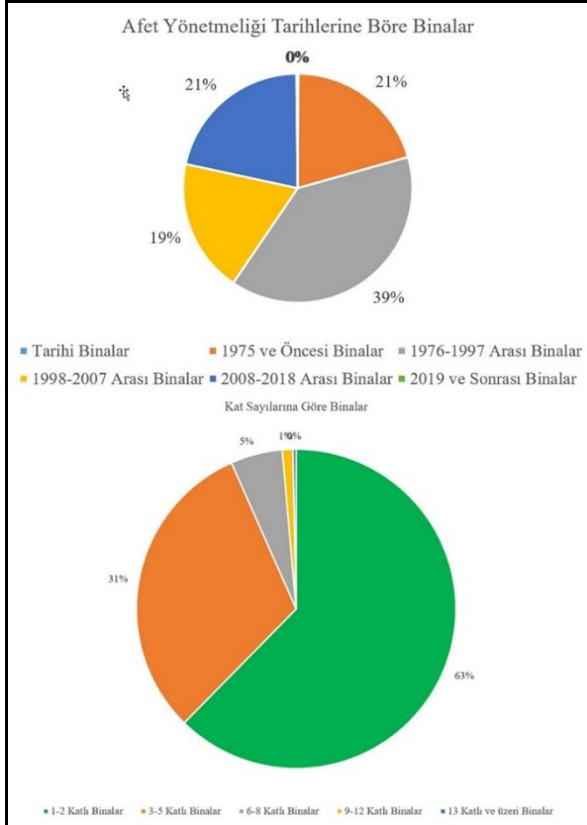
Sivas Belediyesi bünyesinde CBS ortamında bulunan mevcut veritabanında eksik olan ve aşağıda öznitelikleri belirtilen 32023 adet binaya ait öznitelik değeri Federal Emergency Management Agency (FEMA-HAZUS) yaklaşımına uygun olarak veri tabanına işlenmiştir (Şekil 3).

- Yapı Nizamları (Bitişik, Ayrık)
- Yumuşak Kat (Var, Yok)
- Görünen Bina Kalitesi (İyi, Orta, Kötü)
- Kapalı Çıkma (Var, Yok)
- Yapı Türü (Yığma, Betonarme Karkas, Diğer)

Bununla birlikte günümüze kadar afetlere ilişkin çıkarılan yönetmeliklere göre ve kat sayılarına göre binaların dağılımı Şekil 5’te gösterilmektedir.



Şekil 4. Çalışma alanındaki binaların çeşitli özelliklerine göre dağılımı



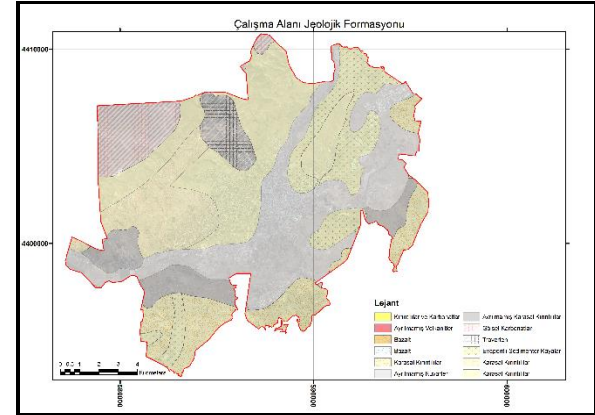
Şekil 5. Afet yönetmeliklerine ve kat sayılarına göre bina dağılımları

Bina ağırlığı hesabında Sivas Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğünden temin edilen bina yaklaşık ağırlık hesaplama tablosu kullanılmıştır. Bu tabloda, yapı türü, yapı taban alanı ve kat sayısı esas alınarak beton, demir, tuğla duvar, sıva, ahşap elemanlar, cam elemanlar vb. tüm yapı elemanlarının ayrı ayrı katsayı ve parametreleri ile çarpılıp toplanması sonucunda yaklaşık ağırlık hesap edilmektedir. Bu eşitlikler aşağıda sunulmuştur.

$$\text{Bina Ağırlığı} = (\text{Toplam Yapı Elemanları}/1000) * 1.15$$

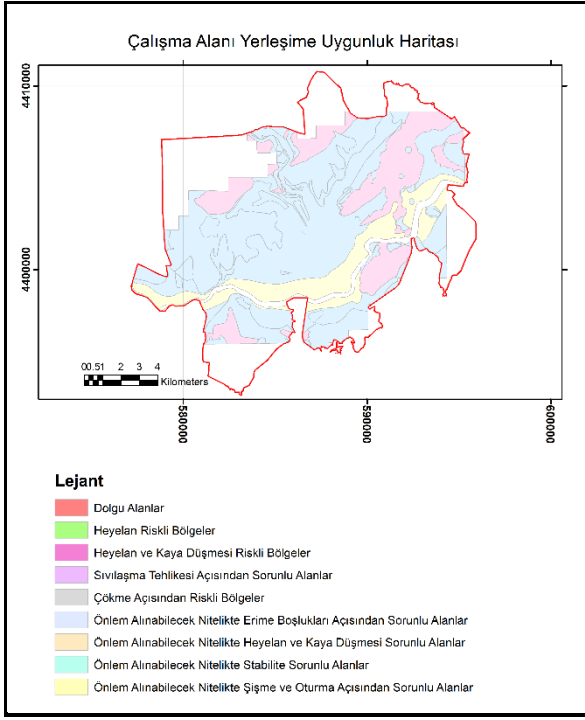
$$\text{Yapı Elemanı} = (\text{Bina Kat Sayısı} + \text{Parametre 1}) * \text{Bina Taban Alanı} * \text{Katsayı 1} * \text{Parametre 2} * \text{Katsayı 2}$$

Çalışma alanının jeolojik formasyonu incelendiğinde; yerleşim alanının güneyinde bulunan Kızılırmak havzasında ayrılmamış kuvaterner ve yer yer evaporitli sedimenter kayalar bulunmaktadır. Yerleşim alanının kuzey kesimleri ise karasal kırıntılardan oluşmakta olup kuzey-doğu kesiminde iki mahalleyi kapsayan alanda traverten bulunmaktadır. (Şekil-6)



Şekil 6. Jeolojik formasyon haritası

Sivas il merkezi yerleşim alanı içerisinde 117 noktada yapılan mikrotremor ölçümleri ve 109 noktada yapılan Refraction Microtremor (REMİ) ölçümleri neticesinde oluşturulan yerleşime uygunluk haritasında (Büyüksaraç vd., 2007) görüldüğü üzere Kızılırmak havzası ve yakın çevresi sivilaşma tehlikesi açısından sorunlu bölge olarak tespit edilmiş olup olası bir zemin hareketinden en çok etkilenecek bölgelerin başında gelmektedir (Şekil 7).



Şekil 7. Yerleşime Uygunluk haritası

Yerleşime uygunluk haritası;

- Sivas sismik mikro bölgeleme çalışmaları kapsamında yapılan mikrotremor, remi ve yerel zemin sınıfları belirleme ölçüleri (Kâğıt Pafta),
- Sivas Belediyesi arşivlerinde bulunan ruhsata esas kadastro parseli bazındaki 1255 adet zemin etüt raporları (Kâğıt ortamındaki veriler),
- Sivas-Merkez 1/1000 ölçekli Revizyon imar planına esas jeoloji-jeoteknik etüt raporu (Cad Verisi),

Yukarıdaki yapılan çalışmalar sayısallaştırılmış ve CBS ortamına aktarılmıştır.

Kuzey Anadolu Fay Hattı (KAFZ) Sivas ilinin Gölova-Akıncılar-Suşehri ve Koyulhisar ilçelerinden geçmektedir. Fay hattının çalışma alanına olan uzaklığı yaklaşık olarak 80 km dir. Sivas il sınırları içerisinde bulunan aktif fay zonları ve geçmişte meydana gelen depremler incelenerek veritabanına eklenmiştir. Çalışma alanı içerisindeki binalara ait yapı kalitesinin belirlenmesi sürecinde FEMA-154, FEMA-368, European Microseismic Scale (EMS)-98 ve Özcebe (2004) den faydalanılmıştır (Manav, 2007).

#### 2.4. Bina Yapı Kalite Değerlendirmeleri

Bina envanter çalışması yapılırken bazı parametrelerde genel kabuller yapılmıştır. CBS ortamında bulunan yapılar öncelikle üç ana gruba ayrılmış (Betonarme Karkas, Yığma ve Diğer), yapıların tamamı 100 taban puanına sahip kabul edilmiş, FEMA-154, FEMA-368, European

Microseismic Scale (EMS)-98 ve Özcebe (2004) yaklaşımlarına göre;

- Bina yaşı; yapım tarihi, yapım tarihindeki yürürlükte olan afet mevzuatı
- Kapalı çıkma; Proje harici binaya yük getirecek sündürmeler
- Yumuşak kat; zemin katı işyeri olan yapılarda daha fazla alan kazanmak için kesilen kolonlar, ara katlar, kısa kolon,
- Yapı nizamı; Bitişik-ayrık nizam ve kat yüksekliklerine göre binaların birbiri arasındaki çekiçleme etkisi,
- Görünen bina kalitesi; Binaya dışarıdan bakıldığında çıplak gözle görülebilen kalite oranı, Binanın bakımlılık durumu
- Bina ağırlığı; Binanın yapı türüne (Betonarme Karkas, Yığma ve Diğer) ve hacmine göre zemine getireceği yük, donatı ağırlıkları, binanın tonajı

Yukarıda tespit edilen parametrelerin sebep olacağı olumsuz etkilere karşılık gelen puan değerleri öznitelik bilgisi olarak eklenmiş, daha sonra CBS ortamında taban puanından çıkarılarak binanın kalite sınıfına esas genel puanı belirlenmiştir (Manav, 2007). Puanlama ölçütleri belirlenirken daha önce İstanbul, İzmir ve Denizli illerinde yapılan benzer çalışmalardan faydalanılarak edilen bilgiler ışığında Sivas Belediyesi bünyesindeki İnşaat, Jeoloji ve Jeofizik mühendisleri ile puan aralıkları belirlenmiştir.

**Diğer binalar için genel değerlendirme puanı:**

**BP=100-(BY+KÇ+ÇE+GBK+BA)** formülü ile hesaplanmıştır.

Bina Ağırlığı (BA)			
Parametre	Puan	Parametre	Puan
0-500 Ton Arası	-4	500-1000 Ton Arası	-6
1000-2500 Ton Arası	-8	2500-5000 Ton Arası	-10
5000-10000 Ton Arası	-12	10000 Ton ve Üzeri	-14

Çekiçleme (ÇE)		Görünen Bina Kalitesi (GBK)	
Parametre	Puan	Parametre	Puan
1-2 Katlı Binalar	-1	İyi	0
Bitişik Nizam	-1	Orta	-1
Ayrık Nizam	0	Kötü	-2

Bina Ağırlığı (BA)			
Parametre	Puan	Parametre	Puan
0-500 Ton Arası	-4	500-1000 Ton Arası	-6
1000-2500 Ton Arası	-8	2500-5000 Ton Arası	-10
5000-10000 Ton Arası	-12	10000 Ton ve Üzeri	-14

Kapalı Çıkma (KÇ)		
Parametre	Puan	
1-2 Katlı Binalar	-2	
Kapalı Çıkma Var	-2	
Kapalı Çıkma Yok	0	

Şekil 8. Diğer binalara ait genel değerlendirme puanlama

Betonarme binalar için genel değerlendirme puanı:

**BP=100-(BY+KÇ+YK+ÇE+GBK+BA)** formülü ile hesaplanmıştır.

Bina Yaşı (BY)			
Parametre	Puan	Parametre	Puan
Tarihi Binalar	-10	Tarihi Binalar	-15
1975 Öncesi Binalar	-10	1975 Öncesi Binalar	-15
1-2 Katlı Binalar	-8	3-5 Katlı Binalar	-10
1976-1997 Arası Binalar	-8	1976-1997 Arası Binalar	-10
1998-2007 Arası Binalar	-6	1998-2007 Arası Binalar	-8
2008-2018 Arası Binalar	-5	2008-2018 Arası Binalar	-6
2019 ve sonrası Binalar	0	2019 ve sonrası Binalar	0
6-8 Katlı Binalar			
Tarihi Binalar	-18	Tarihi Binalar	-20
1975 Öncesi Binalar	-18	1975 Öncesi Binalar	-20
1976-1997 Arası Binalar	-15	1976-1997 Arası Binalar	-18
1998-2007 Arası Binalar	-14	1998-2007 Arası Binalar	-17
2008-2018 Arası Binalar	-13	2008-2018 Arası Binalar	-16
2019 ve sonrası Binalar	0	2019 ve sonrası Binalar	0
13 Katlı ve üzeri Binalar			
Tarihi Binalar	-22	Tarihi Binalar	-22
1975 Öncesi Binalar	-22	1975 Öncesi Binalar	-22
1976-1997 Arası Binalar	-20	1976-1997 Arası Binalar	-20
1998-2007 Arası Binalar	-19	1998-2007 Arası Binalar	-19
2008-2018 Arası Binalar	-18	2008-2018 Arası Binalar	-18
2019 ve sonrası Binalar	0	2019 ve sonrası Binalar	0
Kapalı Çıkarmalar (KÇ)			
Parametre	Puan	Parametre	Puan
1-2 Katlı Binalar	-2	3-5 Katlı Binalar	-2
Kapalı Çıkma Var	-2	Kapalı Çıkma Var	-2
Kapalı Çıkma Yok	0	Kapalı Çıkma Yok	0
6-8 Katlı Binalar	-3	9-12 Katlı Binalar	-3
Kapalı Çıkma Var	-3	Kapalı Çıkma Var	-3
Kapalı Çıkma Yok	0	Kapalı Çıkma Yok	0
13 Katlı ve üzeri Binalar	-3	Kapalı Çıkma Var	-3
Kapalı Çıkma Var	-3	Kapalı Çıkma Yok	0
Kapalı Çıkma Yok	0	Kapalı Çıkma Yok	0
Yumuşak Kat (YK)			
Parametre	Puan	Parametre	Puan
1-2 Katlı Binalar	-4	3-5 Katlı Binalar	-5
Yumuşak Kat Var	-4	Yumuşak Kat Yok	0
Yumuşak Kat Yok	0	Yumuşak Kat Yok	0
6-8 Katlı Binalar	-6	9-12 Katlı Binalar	-7
Yumuşak Kat Var	-6	Yumuşak Kat Var	-7
Yumuşak Kat Yok	0	Yumuşak Kat Yok	0
13 Katlı ve üzeri Binalar	-8	Yumuşak Kat Var	-8
Yumuşak Kat Var	-8	Yumuşak Kat Yok	0
Yumuşak Kat Yok	0	Yumuşak Kat Yok	0
Çekilme (ÇE)			
Parametre	Puan	Parametre	Puan
1-2 Katlı Binalar	-8	3-5 Katlı Binalar	-9
Bitşik Nizam	-8	Bitşik Nizam	-9
Ayrık Nizam	0	Ayrık Nizam	0
6-8 Katlı Binalar	-10	9-12 Katlı Binalar	-11
Bitşik Nizam	-10	Bitşik Nizam	-11
Ayrık Nizam	0	Ayrık Nizam	0
13 Katlı ve üzeri Binalar	-12	Bitşik Nizam	-12
Bitşik Nizam	-12	Ayrık Nizam	0
Ayrık Nizam	0	Ayrık Nizam	0
Gözetilen Bina Kalitesi (GBK)			
Parametre	Puan	Parametre	Puan
1-2 Katlı Binalar	0	3-5 Katlı Binalar	0
İyi	0	İyi	0
Orta	-3	Orta	-3
Kötü	-5	Kötü	-5
6-8 Katlı Binalar	0	9-12 Katlı Binalar	0
İyi	0	İyi	0
Orta	-3	Orta	-3
Kötü	-5	Kötü	-5
13 Katlı ve üzeri Binalar	0	İyi	0
İyi	0	Orta	-3
Orta	-3	Kötü	-5
Kötü	-5	Kötü	-5
Bina Ağırlığı (BA)			
Parametre	Puan	Parametre	Puan
0-500 Ton Arası	-10	500-1000 Ton Arası	-12
1000-2500 Ton Arası	-15	2500-5000 Ton Arası	-18
5000-10000 Ton Arası	-20	10000 Ton ve Üzeri	-25

Şekil 9. Betonarme karkas binalara ait genel değerlendirme puanlama

Yığma binalar için genel değerlendirme puanı:

**BP = 100 - (BY + ÇE + GBK + BA)** formülü ile hesaplanmıştır.

Bina Yaşı (BY)			
Parametre	Puan	Parametre	Puan
Tarihi Binalar	-8	Tarihi Binalar	-8
1975 Öncesi Binalar	-8	1975 Öncesi Binalar	-8
1-2 Katlı Binalar	-7	3-5 Katlı Binalar	-7
1976-1997 Arası Binalar	-7	1976-1997 Arası Binalar	-7
1998-2007 Arası Binalar	-6	1998-2007 Arası Binalar	-6
2008-2018 Arası Binalar	-5	2008-2018 Arası Binalar	-5
2019 ve sonrası Binalar	0	2019 ve sonrası Binalar	0
Bina Ağırlığı (BA)			
Parametre	Puan	Parametre	Puan
0-500 Ton Arası	-8	500-1000 Ton Arası	-10
1000-2500 Ton Arası	-12	2500-5000 Ton Arası	-14
5000-10000 Ton Arası	-16	10000 Ton ve Üzeri	-18
Çekilme (ÇE)			
Parametre	Puan	Parametre	Puan
1-2 Katlı Binalar	-8	3-5 Katlı Binalar	-9
Bitşik Nizam	-8	Bitşik Nizam	-9
Ayrık Nizam	0	Ayrık Nizam	0

Şekil 10. Yığma binalara ait genel değerlendirme puanlama

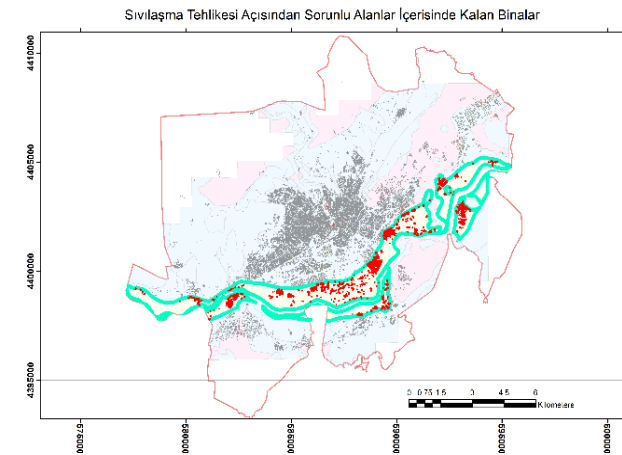
Son aşamada ise, binanın kalite sınıfına esas genel puanı 0-44 aralığında olan binalar "Kötü", 45-69 aralığında olan binalar "Orta", 70-100 aralığında olan binalar "İyi" olmak üzere 3 kalite sınıfına ayrılmıştır.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışma kapsamında bina kalitelerinin belirlenmesine yönelik yapılan analizler sonucunda bina envanterindeki 42 adet yapı "Kötü" 11053 adet yapı "Orta" 20928 adet yapı ise "İyi" olarak tespit edilmiştir. Diğer taraftan, yerleşime uygunluk haritası ile bina envanteri karşılaştırılarak aşağıdaki bulgular elde edilmiştir.

- Sıvılaşma tehlikesi açısından sorunlu alanlar olarak nitelendirilen bölgenin içerisinde 1394 adet bina yer almaktadır. Bu binalardan 1228 adedi kalite değerlendirme açısından "İyi", 166 tanesi ise orta kalitededir.

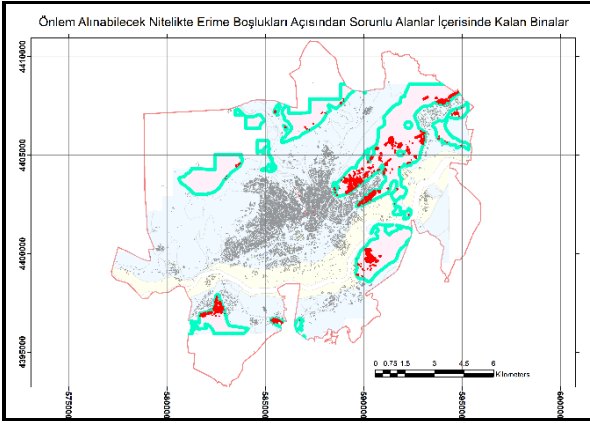
Merkez üssü KAFZ'ın Şuşehri ile Reşadiye arasında bulunan bir konumda (çalışma alanına en yakın konumda kuş uçuşu yaklaşık 75 km uzaklıkta) 5.0 büyüklüğünde sığ bir deprem meydana gelmesi durumunda sıvılaşma tehlikesi açısından sorunlu alanlar olarak nitelendirilen bölgedeki binalarda (1228+166=1294) "Orta" ya da "Ağır Hasar" oluşma potansiyelinin bulunduğu değerlendirilmektedir. Sıvılaşma tehlikesi açısından sorunlu olan bölgedeki binaların %89'u 1 ya da 2 katlı yapılardır.



Şekil 11. Sıvılaşma Açısından Riskli Binalar

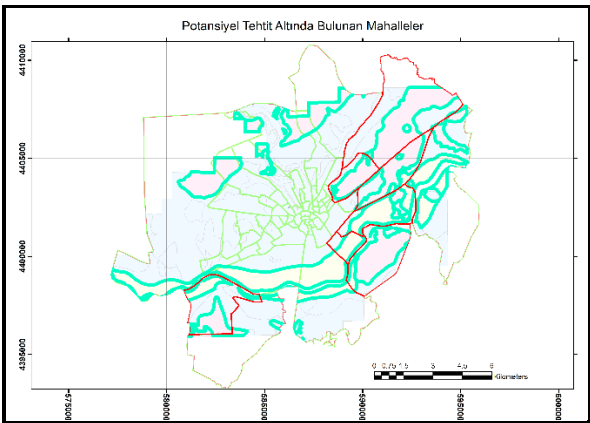
- Önlem alınabilecek nitelikte erime boşlukları açısından sorunlu alanlar olarak nitelendirilen bölgenin içerisinde 1526 adet bina bulunmaktadır. Bu binalardan 1134 adedi bina kalitesi açısından "İyi", 390 adedi "Orta", 2 adedi ise "Kötü" kalitededir.

Merkez üssü KAFZ'ın Şuşehri ile Reşadiye arasında bulunan bir konumda (çalışma alanına en yakın konumda kuş uçuşu yaklaşık 75 km uzaklıkta) 5.0 ve üzeri büyüklüğünde bir deprem meydana gelmesi durumunda önlem alınabilecek nitelikte erime boşlukları açısından sorunlu alanlardaki binalarda (1526 bina) "Hafif Hasar" veya "Orta Hasar" oluşabilme potansiyelinin bulunduğu değerlendirilmektedir. Aynı zamanda, bu bölgedeki binaların %58'i 1 ya da 2 katlı yapılardır.



Şekil 12. Erime Açısından Riskli Binalar

- Mahalle ölçeğinde yapılan inceleme sonucunda deprem tehlikesi açısından çalışma alanı içerisinde bulunan Yeşilyurt, Şeyh Şamil, Karşıyaka, Ahmet Turangazi, Kılavuz, Eğriköprü ve Kardeşler mahalleleri olmak üzere 7 mahalle tehdit altında bulunmaktadır. TÜİK verilerine göre bu mahallelerdeki 2018 yıl sonu nüfusu itibarıyla 48.523 kişi potansiyel tehdit altındadır.



Şekil 13. Potansiyel Tehdit Altındaki Mahalleler

Sonuç olarak Sivas Belediyesi'nin Kent Bilgi Sistemi kayıtları içerisinde yer alan 32023 adet binalardan 2920 tanesi öngörülen deprem senaryosu bakımından risk altında bulunmaktadır.

#### 4. SONUÇLAR

Depremden kaynaklanan zararların en aza indirilebilmesi için mevcut yapılara ait özellikler çok iyi bilinmelidir. Özellikle yerel yönetimler, CBS yardımıyla kaçak binaları tespit edebilmeli, imarlı alanlardaki binaların yapı durumlarını ortaya koyabilmeli, kenti oluşturan tüm elemanları etkin bir şekilde denetleyebilmelidir. Bu tür yapıların deprem risk analizinin yapılarak olası hasarlarda sonuçların ne olacağı önceden ortaya konmalıdır.

Belediyeler, deprem riski yüksek olan binaların saptanması için öncelikli alanları belirlemelidir. Öncelikli alanlar ise aktif faylardan uzaklık ve yerel zemin koşulları unsurları ile belirlenir. Bu unsurlar deprem tehlikesini belirler. Belediyeler jeolojik, jeofizik ve geoteknik çalışmalara öncelik vererek mikrobölge tehlike haritalarını hazırlatmalı ve çalışmalar sonucunda elde edilen bilgileri topluma uygun biçimde aktarmalıdır.

Meydana gelebilecek olası depremler için senaryolar üretilmelidir. Bir deprem senaryosunda hasar görebilecek binalar; bina tipi, kat adeti, merkez üssünden uzaklık, depremin büyüklüğü ve zemin yapısı gibi ölçütler doğrultusunda belirlenebilir. Bu verilerin tümü coğrafi konum ile ilgilidir. Dolayısıyla bu süreçte mutlaka CBS'nin sağladığı olanaklardan faydalanarak gerekli önlemler kısa sürede ve en az maliyetle alınabilir.

24 Ocak 2020 tarihinde yerel saat ile saat 20:55'de merkez üssü Elazığ Sivrice olan 6.8 (Mw) büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiştir (AFAD, 2020). Bu deprem sonucunda, Elazığ ile Malatya'da toplam 41 kişi hayatını kaybetmiş ve 1607 kişi ise yaralanmıştır. Elazığ ve Malatya'da 87 bina yıkılırken, 1287 binada ağır hasar, 56 binada orta ve 876 binada da az hasar tespit edilmiştir. Acil olarak yıkılması gereken bina sayısı da 12 olarak açıklanmıştır. Ülkemizin bulunduğu jeolojik koşullar nedeniyle bu depremler son olmayacaktır. Meydana gelen bu depremin merkez üssü Sivrice civarı olmasına rağmen yıkılan binaların ağırlıklı olarak Elazığ merkezde bulunması, yerel zemin koşullarının belirlenmesinin ve depreme karşı güvenli yapıların oluşturulması için gerekli çalışmaların ne kadar önemli olduğunu bir kez daha ön plana çıkarmıştır. Bu nedenle, bu çalışma kapsamında da vurgulandığı üzere depremden kaynaklanan zararların azaltılması ya da ortadan kaldırılmasında CBS tabanlı çalışmalar son derece önemlidir. Bu doğrultuda, deprem bakımından tehlike altında bulunan konumlardaki yerel yönetimler, deprem öncesi çeşitli senaryolar hazırlayarak CBS tabanlı bir



sistem ile mevcut riski ortaya koymalı ve güvenli yerleşim alanlarını belirlemelidir.

### BİLGİLENDİRME/TEŞEKKÜR

Bu çalışma kapsamında; Sivas Belediyesi başta olmak üzere verilerin temin edildiği tüm kurumlara teşekkür ederiz. Bu çalışma TUFUAB 2019 Sempozyumunda sunulmuştur.

### KAYNAKÇA

- AFAD. (2017). *Türkiye’de Afet Yönetimi ve Doğa Kaynaklı Afet İstatistikleri Raporu*.
- AFAD. (2020). 24 Ocak 2020 Elazığ Sivrice depremi ön değerlendirme raporu
- AİGM. (2004). *Belediyeler İçin Sismik Mikro Bölgeleme El Kitabı*.
- Akgün, S. B. (2007). Mikrotremor Yönteminin Zemin Problemlerindeki. *Ulusal Teknik Eğitim Mühendislik ve Eğitim*.
- Büyüksaraç, A., Bektaş., Ö. (2007). *Sivas İli Deprem Duyarlık Ve Mikrobölgelendirme Projesi*.
- Boğaziçi Üniversitesi, İ. T. (2003). İstanbul İçin Deprem Master Planı. *İBB Planlama ve İmar Dairesi Zemin ve Deprem İnceleme Müdürlüğü*. İstanbul.
- FEMA. (2008). Federal Emergency Management Agency Resmi İnternet Sitesi: <https://msc.fema.gov/portal/resources/hazus> adresinden alındı
- Manav, Y. (2007). Depremde Oluşacak Bina Hasarlarının Envanter Bilgilerine Dayalı Tahmini. *Yüksek Lisans Tezi*.
- Karaağaç, D. (2019). Kahramanmaraş Ve Yakın Çevresi İçin Deprem Senaryolarının Hazırlanması Ve Mekânsal (Spatial) Analiz Teknikleriyle Yerleşime Uygun Alanların Belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*.
- Gunes, E. and Kovel, J.P. 2000. Using GIS in Emergency Management Operations. *Journal of Urban Planning and Development*, Vol. 126, No. 3, ASCE.
- Cova, T.J, and Church, R.L. 1997. Modeling Community Evacuation Using GIS. *International Journal of Geographical Information Science* 11, pp. 763-84. ESRI, 2001. GIS for Homeland Security, An ESRI White Paper, USA.
- Özmen, B. N. (2005). *Afet Yönetimi ve Afet İşleri. Deprem Sempozyumu*. Kocaeli.

- Sivas Belediyesi. (2018). <http://www.sivas.bel.tr/icerik/38/12/sivasimiz.aspx> adresinden alındı
- Erden, T. 2009. Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Analitik Hiyerarşi Yöntemine Dayalı İtfaiye İstasyon Yer Seçimi: İstanbul Örneği, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Türk, T. (2009). Sürdürülebilir Afet Bilgi Sistemi Altyapısının Oluşturulması Ve Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) Üzerinde Uygulanması. Doktora Tezi.
- Türk, T., Gümüşay, M. Ü., & Tatar, O. (2012). Creating infrastructure for seismic microzonation by Geographical Information Systems (GIS): A case study in the North Anatolian Fault Zone (NAFZ). *Computers & Geosciences*, 43, 167–176.