

Investigation of February 6, 2023, Pazarcık and Elbistan (Kahramanmaraş) Earthquakes in terms of Input Energy

Ibrahim Ozgur Dedeoglu ¹ 

¹ Batman University, Engineering Architecture Faculty, Department of Civil Engineering, 72100 Batman, Türkiye

Keywords

Kahramanmaraş earthquakes, Energy spectrum, Input energy

Highlights

- * General characteristics of Kahramanmaraş earthquakes
- * Investigation of Kahramanmaraş earthquakes in terms of input energy
- * Maps of the input energy density of the Kahramanmaraş earthquakes

Aim

This study evaluated the Kahramanmaraş earthquakes from an input energy perspective

Location

This study has been implemented at most affected area by the Kahramanmaraş earthquakes

Methods

The structural dynamics equation of motion and the energy equation obtained by integrating the equation have been used

Results

The intensity of structural damage in the Kahramanmaraş earthquakes was parallel to the input energy

Supporting Institutions

The author declared that no external institutional support was received for this study

Financial Disclosure:

The author declared that this study has received no financial support

Peer-review

Externally peer-reviewed

Conflict of Interest:

The author has no conflicts of interest to declare

Manuscript

Research Article

Received: 05.02.2025

Revised: 06.03.2025

Accepted: 06.03.2025

Printed: 30.08.2025

DOI

10.46464/tdad.1633655



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International Non-Commercial License

Corresponding Author

Ibrahim Ozgur Dedeoglu

Email: iozgur.dedeoglu@batman.edu.tr

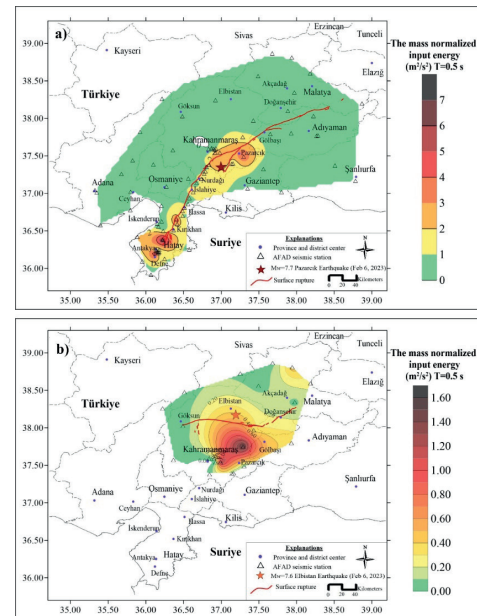


Figure
The input energy density map of the most affected region
Kahramanmaraş earthquakes for $T=0.5$ s a) Pazarcık earthquake b)
Elbistan earthquake

How to cite:

Dedeoglu İ.O., 2025. Investigation of February 6, 2023, Pazarcık and Elbistan (Kahramanmaraş) Earthquakes in terms of Input Energy, Turk Deprem Arastirma Dergisi 7(2), 253-267, DOI:10.46464/tdad.1633655.

6 Şubat 2023 Pazarcık ve Elbistan (Kahramanmaraş) Depremlerinin Giren Enerji Açısından İncelenmesi

İbrahim Özgür Dedeoğlu¹ 

¹ Batman Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 72100 Batman, Türkiye

ÖZET

Aktif deprem kuşakları üzerine yer alan Türkiye’de, 6 Şubat 2023 tarihinde $M_w = 7.7$ ve $M_w = 7.6$ büyüklüğünde iki büyük deprem meydana gelmiştir. Depremler ne yazık ki 50.000’den fazla can kaybına neden olmuş ve 11 farklı ilde önemli yapısal hasarlara yol açmıştır. Bu çalışma kapsamında Kahramanmaraş depremleri enerji esaslı değerlendirilmiştir. Öncelikle depremlerin en çok etkilediği bölgede bulunan sismik istasyonlarda kaydedilen ivme kayıtları ele alınmış ve her bir istasyona ait giren enerji spektrumları elde edilmiştir. Sonuç olarak farklı periyot değerleri için çalışılan bölgeye ait giren enerji yoğunluk haritaları sunulmuş ve değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler

6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremleri, Enerji spektrumu, Giren enerji

Öne Çıkanlar

- * Kahramanmaraş depremlerinin genel özellikleri
- * Kahramanmaraş depremlerinin giren enerji bakımından incelenmesi
- * Kahramanmaraş depremlerinin giren enerji yoğunluğu haritaları

Makale

Araştırma Makalesi

Geliş: 05.02.2025

Düzeltilme: 06.03.2025

Kabul: 06.03.2025

Basım: 30.08.2025

DOI

10.46464/tdad.1633655

Sorumlu yazar

İbrahim Özgür Dedeoğlu

E-posta:

iozgur.dedeoglu@batman.edu.tr

Investigation of February 6, 2023, Pazarcık and Elbistan (Kahramanmaraş) Earthquakes in terms of Input Energy

Ibrahim Ozgur Dedeoglu¹ 

¹ Batman Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 72100 Batman, Türkiye

ABSTRACT

Two major earthquakes with magnitudes of $M_w = 7.7$ and $M_w = 7.6$ occurred on 6 February 2023 Kahramanmaraş, Türkiye, which is located on active earthquake zones. Unfortunately, the earthquakes caused more than 50,000 casualties and significant structural damage in 11 different provinces. This study evaluated the Kahramanmaraş earthquakes from an energy perspective. First of all, the acceleration records from seismic stations in the region most affected by the earthquakes were analyzed and the input energy spectra of each station was obtained. Consequently, the input energy density maps of the studied region for different period values are presented and evaluated.

Keywords

Kahramanmaraş earthquakes, Energy spectrum, Input energy

Highlights

- * General characteristics of Kahramanmaraş earthquakes
- * Investigation of Kahramanmaraş earthquakes in terms of input energy
- * Maps of the input energy density of the Kahramanmaraş earthquakes

Manuscript

Research Article

Received: 05.02.2025

Revised: 06.03.2025

Accepted: 06.03.2025

Printed: 30.08.2025

DOI

10.46464/tdad.1633655

Corresponding Author

İbrahim Özgür Dedeoğlu

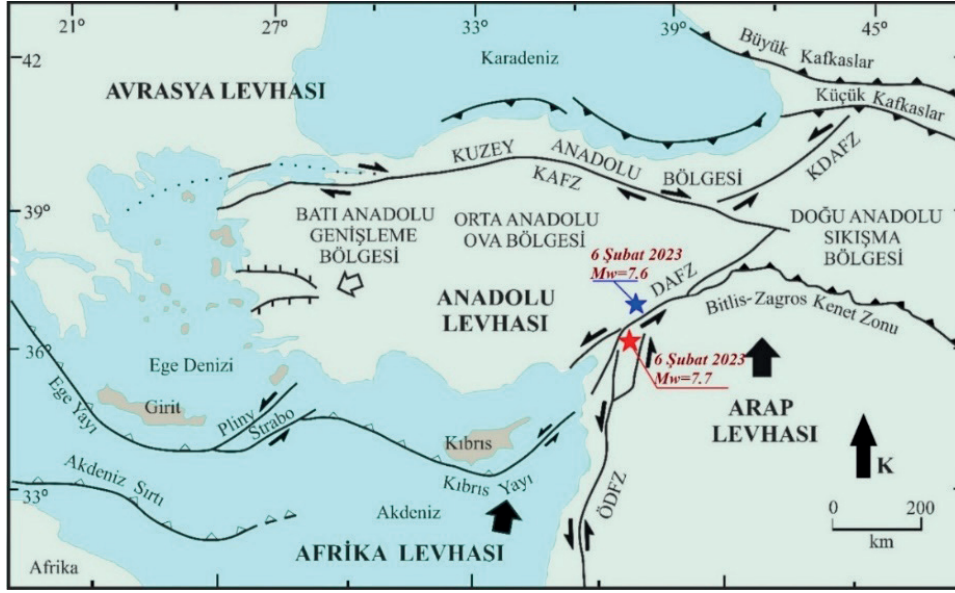
Email:

iozgur.dedeoglu@batman.edu.tr

1. GİRİŞ

Türkiye ve çevresi, dünyanın sismik açıdan en aktif bölgelerinden biri olması nedeniyle tarihi boyunca birçok yıkıcı depreme maruz kalmıştır. Bu sismik aktivite ve tehlike, Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ), Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) ve Batı Anadolu gerilme yapısı olmak üzere üç temel

oluşum tarafından kontrol edilmektedir (Şekil 1). İlk iki oluşum kıtalar arası yanal atılımlı fay zonları olup Arap ve Avrasya plakalarının çarpışmaları sonucu Anadolu plakasının batıya hareketlenmesi nedeniyle meydana gelmiştir. Batı Anadolu gerilme yapısı ise Anadolu plakasının yapısal oluşumu süresince batıya doğru çekmesinden dolayı meydana geldiği söylenebilir (Bozkurt 2001).



Şekil 1: Türkiye'nin başlıca neotektonik yapıları ile neotektonik bölgeleri ve yıkıcı Kahramanmaraş depremlerinin merkez üsleri (Bozkurt (2001)'den değiştirilerek alınmıştır.)

Figure 1: Major neotectonics structures and neotectonics regions of Turkey and epicenters of the devastating Kahramanmaraş earthquakes (Adapted from Bozkurt (2001).)

DAFZ tarihsel süreç içerisinde birçok büyük depremin kaynağı olmuştur. Özellikle 19'uncu yüzyılda sismik olarak aktif bir dönem geçirmiştir. 1789 Palu depremi ile başlayan 1822, 1866, 1872, 1874, 1875, 1893 depremleri ile devam eden ve geçen yüzyılın başında 1905 yılında meydana gelen Malatya depremi ile tamamlanan bir deprem serisi oluşturmuştur. 20'nci yüzyılda daha sakin bir döneme girmiş gibi gözükse de 22 Mayıs 1971 Bingöl ($M_s=6.8$), 5 Mayıs 1986 ($M_s=5.8$) ve 6 Mayıs 1986 ($M_s=5.6$) Doğanşehir depremleri son yüzyılda DAFZ'nin ürettiği orta büyüklükteki depremlerdir. 20'nci yüzyılda 7'den daha büyük deprem üretmemiş olan ve neredeyse kendini unutturan DAFZ, 19'uncu yüzyıla göre büyük deprem üretme açısından daha sakin geçirdiği bu dönemde dahi DAFZ üzerinde hasar yapmış toplam 13 deprem ($M_s > 5.0$) meydana gelmiştir. Ancak bunların hiçbiri $M_s=6.8$ 'den büyük olmamıştır (Erkmen ve diğ. 2009). 2020 Elazığ (Sivrice) depremi bu sessizliği bozmuş ve birçok yerleşim bölgesinde kuvvetlice hissedilmiştir. Bu deprem, can kaybı, yaralanma, yapısal hasar ve ekonomik kayıplara neden olmuştur. Son olarak 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş'ın Pazarcık ve Elbistan ilçelerinde meydana gelen depremler bu fay zonunun aktif olduğunu bir kez daha göstermiştir (AFAD 2023).

6 Şubat 2023 tarihinde birbirinden bağımsız olarak meydana gelen bu depremler geniş bir alanda yıkıma yol açmıştır. Bu depremlerden ilki yerel saatle 04:17'de DAFZ ile Ölü Deniz Fay Zonu'nun (ÖDFZ) birleştiği üçlü eklem noktasına yakın bir alanda Pazarcık (Kahramanmaraş)'ta meydana gelmiştir. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) tarafından ilk depremin moment büyüklüğü $M_w=7.7$ olarak açıklanmıştır. İlk depremden ($M_w=7.7$) yaklaşık 9 saat sonra, ikinci bir yıkıcı deprem meydana gelmiştir. İkinci deprem, DAFZ'nin kuzey kolunu oluşturan Çardak Fayı üzerinde meydana gelmiş ve bu depremin merkez üssü Elbistan (Kahramanmaraş) olarak açıklanmıştır. İkinci depremin moment büyüklüğü AFAD tarafından $M_w=7.6$ olarak belirlenmiştir. Şekil 1'de Türkiye'nin başlıca neotektonik yapılarını, neotektonik bölgeleri ve yıkıcı Kahramanmaraş depremlerinin merkez üsleri gösterilmektedir.

Depremlerin art arda meydana gelmesi hem can hem de mal kayıplarının artmasına neden olmuştur. 500.000'den fazla yapı, farklı seviyelerde yapısal hasara uğrarken maalesef 50.000'den fazla insan hayatını kaybetmiştir. Geniş bir coğrafyada güçlü bir şekilde hissedilen bu depremler, Hatay, Kahramanmaraş, Adıyaman, Malatya, Adana, Osmaniye, Kilis, Şanlıurfa, Gaziantep, Osmaniye ve Diyarbakır olmak üzere Türkiye'nin 11 ilini önemli ölçüde etkilemiştir (Şekil 2).



Şekil 2: 6 Şubat 2023 Pazarlık Mw=7.7 ve Elbistan Mw=7.6 depremlerinin merkez üsleri ve en çok etkilenen 11 il

Figure 2: 6 February 2023, the epicenters of the Pazarlık Mw=7.7 and Elbistan Mw=7.6 earthquakes and the 11 most affected provinces

Kahramanmaraş depremlerinden sonra depremleri ve depremlerin yapısal sistemler üzerindeki etkilerini neden-sonuç çerçevesinde inceleyen birçok vaka çalışması yapılmıştır. Erkek ve Yetkin (2023) tarafından yapılan araştırmada, Kahramanmaraş depremleri sırasında tarihi bir minarenin performansı değerlendirilmiştir. Sağbas ve diğ. (2023) Kahramanmaraş deprem çiftlerinin ardından sanayi tesislerinin sismik performansı ve işlevselliği üzerine saha çalışması gerçekleştirmişlerdir. Sen ve diğ. (2023) yaptıkları çalışmada taban izolasyonlu bir hastane binasının 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremleri altında sismik performansını değerlendirmiş ve farklı inşaat aşamaları dikkate alınarak sismik kırılma analizini incelemiştir. Avcil ve diğ. (2024) Kahramanmaraş depremlerinin Kahramanmaraş ilindeki tüm yapılar üzerindeki etkilerini incelemiştir. Ivanov ve Chow (2023) Adıyaman ilinde depremlerin betonarme yapılar üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. Işık ve diğ. (2023a,b) Adıyaman ilinde depremlerin yığma yapılar, camiler ve minareler üzerindeki etkilerini saha incelemeleri sonucunda ortaya koymuştur. Yıldız ve Kına (2023) Malatya ilinde deprem çiftinin neden olduğu geoteknik ve yapısal hasarları ayrıntılı olarak incelemiştir. Öztürk ve diğ. (2023a) depremlerin okullar üzerindeki etkilerini deprem ve inşaat mühendisliği kapsamında değerlendirmişlerdir. Öztürk ve diğ. (2023b) depremlerin betonarme yapılar üzerindeki etkilerini ortaya koymak için tüm deprem bölgesini ele almışlardır. Altunsu ve diğ. (2024) birbirinden bağımsız iki depremden en çok etkilenen illerden biri olan Hatay'daki yapılarda meydana gelen hasarı incelemiştir. Kahya ve diğ. (2024) Hatay ilindeki yığma binalardaki yapısal hasarları incelemiştir. Yetkin ve diğ. (2024) tarafından sunulan çalışmada Kahramanmaraş depremleri sonrası Elazığ ilinde gerçekleştirilen saha çalışmalarından elde edilen bulgular verilmiştir. Yön ve diğ. (2024) tarafından yapılan çalışmada, deprem çiftlerinden en çok etkilenen bölgede meydana gelen

yapısal hasarlar ele alınmış, sınıflandırılarak tartışılmıştır. Lashgari ve diğ. (2024) Kahramanmaraş deprem çifti sırasında Kahramanmaraş ilindeki yer hareketi analizini ve yerel saha etkilerini araştırmışlardır. Işık (2023) deprem bölgesinde yer alan kerpiç binalardaki yapısal hasarları neden-sonuç ilişkisi çerçevesinde incelemiştir. Atar ve diğ. (2024) tarafından yapılan çalışmada, 6 Şubat 2023 tarihinde Kahramanmaraş'ta meydana gelen depremler sonrasında Malatya ilinde yer alan betonarme ve çelik yapıların hasar durumları incelenmiştir. Yetkin (2024), Nurdağı ilçesinde kırsalda inşa edilen yığma yapıların performanslarını belirlemeye yönelik bir saha araştırması gerçekleştirmiş ve saha araştırmasında gözlediği hasar tipleri için değerlendirmeler yaparak hasarlı yapılar ve yeni inşa edilecek yığma yapılar için birtakım çözüm önerileri sunmuştur.

Diğer taraftan bazı araştırmacılar da deprem çiftinin kinematik ve dinamik kaynak yırtılma özelliklerini, sismik aktivite artçı şoklarının dağılımını ve deprem çiftinin yer hareketi özelliklerini incelemiştir. Wu ve diğ. (2023) yaptıkları araştırmada 6 Şubat 2023 Mw=7.8 Pazarlık Depremi sırasında atım özelliği gösteren yer hareketlerini incelemiştir. Cejka ve diğ. (2023) yaptıkları çalışmada Kahramanmaraş depremlerine ait kuvvetli yer hareketlerinin uzun periyotlu yönlülük darbelerini araştırmışlardır. Baltzopoulos ve diğ. (2023) tarafından yapılan çalışmada, Kahramanmaraş depremlerinin kuvvetli yer hareketleri yakın fay etkisi bakımından ele alınmıştır. Girmay ve diğ. (2023), 6 Şubat 2023 Türkiye Kahramanmaraş depremlerindeki (Mw 7.8 ve 7.5) doğrultu atımlı faylanmayı araştırmışlar ve doğrusal elastik titreşimlerin maksimum tepkisinin yönünü incelemiştir. Ayrıca çalışmalarında yönlülük miktarını ifade eden polarizasyon seviyesinin uzamsal dağılımı ve belirli yönlülükteki yoğunluklarını incelemiştir. Wang ve diğ.

(2023) gerçekleştirdikleri çalışmada Kahramanmaraş Pazarcık depreminin dinamik yırtılma sürecini incelemişlerdir. Uçar ve Merter (2024) Pazarcık (Kahramanmaraş) depreminin atım özelliği gösteren yer hareketlerini tek serbestlik dereceli sistemlerde analizler gerçekleştirerek elastik olmayan yer değiştirme oranlarını ve yer değiştirme süneklik taleplerini ele almışlardır. Çalın ve diğ. (2024) tarafından yapılan çalışmada, çeşitli sismik girdi enerji spektrumu denklemlerinin Kahramanmaraş depremlerinin yer hareketi kayıtlarının enerji içeriğini yakalamadaki başarısını araştırmışlardır.

Deprem sonrası çalışmalar, özellikle bölgedeki sismik aktivitenin ve dinamiklerinin anlaşılması açısından önemli bilgiler sağlamaktadır. Bununla birlikte deprem mühendisliği

ve depreme dayanıklı yapı tasarımı için değerli katkılar sunmaktadır. Yapılan bu çalışmada, Kahramanmaraş depremleri enerji bakımından ele alınmıştır. Depremin en çok etkilediği bölgelerde deprem sırasında yapılara giren enerji diğer bir deyişle depremin yapı sistemlerinden talep ettiği enerji incelenmiştir.

2. KAHRAMANMARAŞ DEPREMLERİNİN GENEL ÖZELLİKLERİ

6 Şubat 2023 depremleri, benzersiz coğrafi dağılımları, büyüklükleri ve yakın tarihte bu büyüklükte ardışık depremlerin olmaması nedeniyle tarihte öne çıkmaktadır. Tablo 1'de, bu yıkıcı depremlerin çeşitli ulusal ve uluslararası kuruluşlar tarafından belirlenen bazı özelliklerini sunulmaktadır.

Tablo 1: Çeşitli ulusal ve uluslararası kurumlara göre Kahramanmaraş deprem çiftinin bazı özellikleri
Table 1: Some characteristics of the Kahramanmaraş earthquake doublet, according to various national and international organizations

Enstitü	Pazarcık depremi				Elbistan depremi			
	Büyüklik (M _w)	Derinlik (km)	Boylam (°)	Enlem (°)	Büyüklik (M _w)	Derinlik (km)	Boylam (°)	Enlem (°)
AFAD	7.7	8.6	37.06	37.24	7.6	7.0	38.09	37.24
KRDAE	7.7	5	37.12	37.11	7.6	5.5	37.21	38.07
USGS	7.8	10	37.02	37.22	7.5	15.0	37.21	38.02
EMSC	7.8	20	37.08	37.17	7.5	10	37.24	38.11

AFAD: Türkiye Cumhuriyeti İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, KRDAE: Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, USGS: Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu, EMSC: Avrupa-Akdeniz Sismoloji Merkezi

Kahramanmaraş depremleri Türkiye'nin büyük bir bölümünde güçlü bir şekilde hissedilmiş ve AFAD tarafından işletilen birçok sismik istasyon tarafından kaydedilmiştir. Depremlerin bazı istasyonlarda ölçülen bilgileri sırasıyla Tablo 2 ve Tablo 3'te verilmiştir. Tablolarda yer alan R_{JB}, R_{rup} Re_{pi} sırasıyla istasyonun deprem yüzey kırığına olan dik uzaklığını, deprem

yüzey kırığına olan uzaklığını ve merkez üssüne olan uzaklığını tanımlamaktadır. Pazarcık depreminin merkez üssüne 31.42 km uzaklıkta bulunan Pazarcık (4614) istasyonunda depremin yatay ve düşey doğrultuda en büyük yer ivmeleri ölçülmüştür. Elbistan depreminin yatay ve düşey doğrultuda en büyük yer ivmeleri depremin merkez üssüne 66.68 km mesafede bulunan Göksun (4612) istasyonunda ölçülmüştür.

Tablo 2: Pazarcık depreminin bazı istasyonlarda ölçülen en büyük yer ivme değerleri (AFAD 2025)
Table 2: Peak ground acceleration values of the Pazarcık earthquake measured at some stations (AFAD 2025)

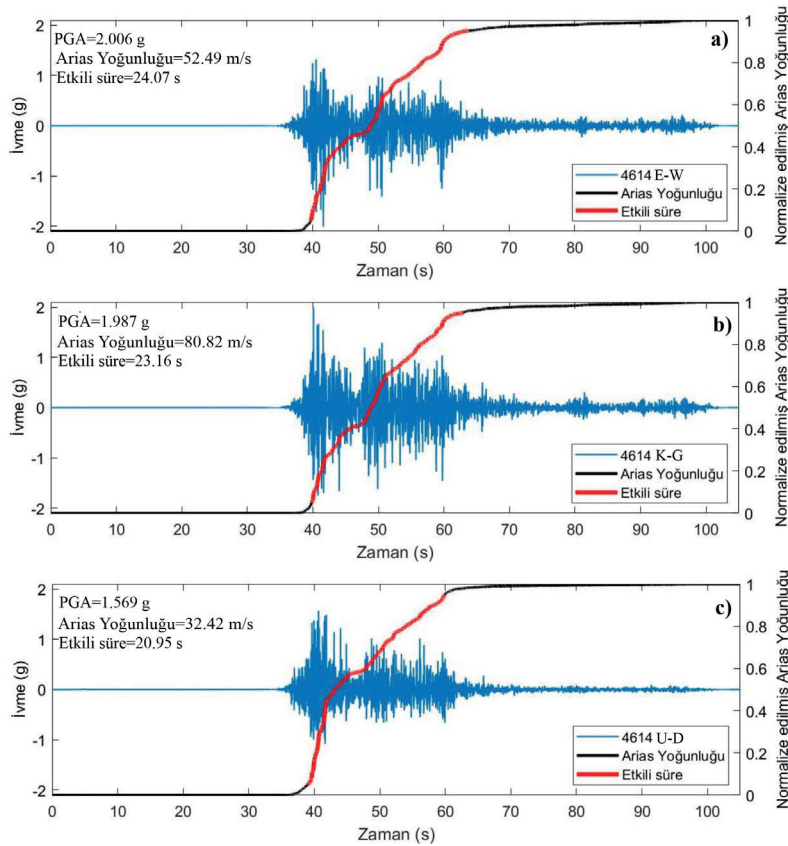
İstasyon	İl	İlçe	Boylam (°)	Enlem (°)	R _{JB}	R _{rup}	R _{epi}	PGA (g)		
								E-W	N-S	U-D
Nar	Kahramanmaraş	Narlı	37.1574	37.3919	0.00	7.47	15.35	0.638	0.692	0.229
4616	Kahramanmaraş	Türkoğlu	36.8384	37.3755	4.03	22.42	20.54	0.437	0.622	0.395
2712	Gaziantep	Nurdağı	36.7328	37.184	2.74	11.58	29.79	0.604	0.567	0.320
4614	Kahramanmaraş	Pazarcık	37.2978	37.4851	0.00	8.25	31.42	2.006	1.987	1.569
4621	Kahramanmaraş	Dulkadiroğlu	36.9291	37.5935	28.49	36.32	35.42	0.643	0.667	0.604
2718	Gaziantep	İslahiye	36.6266	37.0078	0.00	2.10	48.30	0.789	0.615	0.481
3144	Hatay	Hassa	36.4857	36.757	12.36	12.36	77.04	0.754	0.665	0.466
3142	Hatay	Kırıkhan	36.3661	36.498	38.09	38.09	106.49	1.222	1.378	0.731
4408	Malatya	Doğanşehir	37.8873	38.0962	43.66	48.34	116.59	0.139	0.102	0.100
0201	Adıyaman	Merkez	38.2674	37.7612	45.76	48.06	120.12	0.383	0.282	0.206
3141	Hatay	Antakya	36.2197	36.3726	54.20	54.20	125.42	0.852	1.011	0.681
3129	Hatay	Defne	36.1343	36.1912	75.71	75.71	146.39	1.222	1.378	0.731
8002	Osmaniye	Bahçe	36.562	37.1916	12.59	21.04	43.91	0.205	0.241	0.328

Tablo 3: Elbistan depreminin bazı istasyonlarda ölçülen en büyük yer ivme değerleri (AFAD 2025)
Table 3: Peak ground acceleration values of the Elbistan earthquake measured at some stations (AFAD 2025)

İstasyon	İl	İlçe	Boylam (°)	Enlem (°)	R_{JB}	R_{rup}	R_{epi}	PGA (g)		
								E-W	N-S	U-D
4631	Kahramanmaraş	Nurhak	37.4277	37.9663	11.60	19.69	21.43	0.400	0.324	0.559
4611	Kahramanmaraş	Çağlayancerit	37.2843	37.7472	0.00	6.85	38.21	0.136	0.196	0.073
4612	Kahramanmaraş	Göksun	36.4819	38.0234	62.18	62.18	66.68	0.531	0.640	0.439
0213	Adıyaman	Tut	37.9296	37.7967	55.16	61.35	68.73	0.129	0.123	0.072
4406	Malatya	Akçadağ	37.9738	38.3439	60.69	66.64	70.17	0.390	0.454	0.290
5807	Sivas	Gürün	37.2475	38.7269	4.52	8.65	70.94	0.075	0.095	0.056
3802	Kayseri	Sarız	36.5036	38.4781	58.12	58.12	77.41	0.222	0.197	0.122
2703	Gaziantep	Şahinbey	37.35	37.058	48.50	49.49	115.06	0.064	0.095	0.028
8002	Osmaniye	Bahçe	36.562	37.1916	66.70	33.24	116.24	0.046	0.067	0.029
0129	Adana	Tufanbeyli	35.9204	37.8162	112.56	112.56	119.52	0.153	0.175	0.085
3143	Hatay	Hassa	36.5571	36.8489	92.14	88.36	150.45	0.040	0.043	0.023

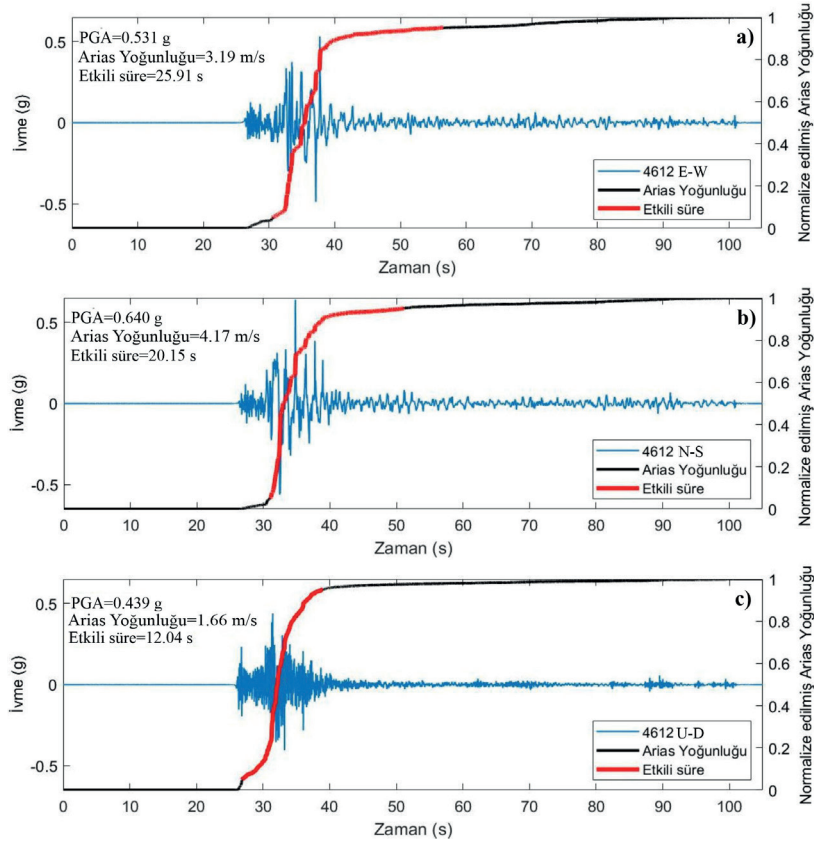
Deprem ivme kayıtları ve ivme kayıtlarından elde edilen en büyük yer ivmesi, en büyük yer hızı, Arias yoğunluğu, etkili süre ve benzeri parametreler/büyüklikler depremler hakkında değerli bilgiler sağlamaktadır. Şekil 3'te Pazarcık depreminin 4614 istasyonuna ait yatay ve düşey doğrultuda kaydedilen ivme kayıtlarının zaman geçmişi ve ivme kayıtlarının en büyük yer ivmesi, Arias yoğunluğu ile etkili süreleri verilmektedir. Şekil 4'te Elbistan depreminin 4612 istasyonuna ait yatay ve düşey doğrultuda kaydedilen ivme kayıtlarının zaman geçmişi ve ivme kayıtlarının en büyük yer ivmesi, Arias yoğunluğu ile

etkili süreleri verilmektedir. Şekil 3 ve Şekil 4'te verilen ivme kayıtları incelendiğinde, Pazarcık depreminin en büyük yer ivme değerlerinin oldukça yüksek olması dikkat çekicidir. Bununla birlikte Arias yoğunluklarına bakıldığında Pazarcık depremine ait ivme kaydında elde edilen değerler Elbistan depremine ait kayıttan elde edilen değerlere kıyasla oldukça yüksektir. Bu durum Pazarcık depreminin ivme genlikleri bakımından daha yüksek olduğunu işaret etmektedir. Etkili sürelerini incelediğimizde ise, sürelerin genellikle 20 s ile 25 s aralığındadır.



Şekil 3: Pazarcık depremi 4614 istasyonu ivme kaydı-zaman geçmişi a) Doğu-Batı b) Kuzey-Güney ve c) Düşey doğrultu

Figure 3: Acceleration record-time history of Pazarcık earthquake from station Code:4614 a) East-West b) North-South and c) Vertical direction



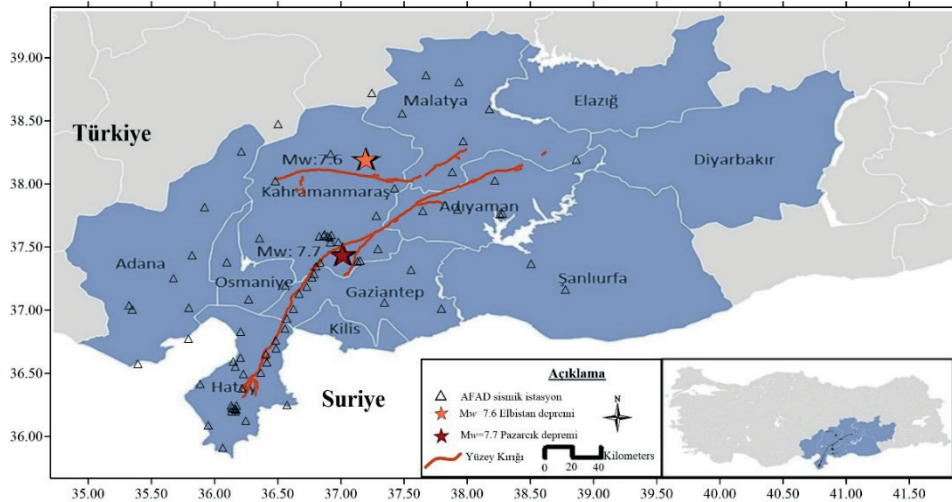
Şekil 4: Elbistan depremi 4612 istasyonu ivme kaydı-zaman geçmişi a) Doğu-Batı b) Kuzey-Güney ve c) Düşey doğrultu

Figure 4: Acceleration record-time history of Elbistan earthquake from station Code:4612 a) East-West b) North-South and c) Vertical direction

3. METODOLOJİ VE SAYISAL ÇALIŞMA

Deprem sırasında yapıya bir enerji girişi olmakta ve yapı sisteminin bu enerjiyi çeşitli mekanizmalarla kontrollü bir şekilde tüketme kapasitesine sahip olması beklenmektedir. Yapıya giren enerjinin depremin moment büyüklüğüne, fay mekanizmasına, odak derinliğine, bölgenin zemin yapısına ve birçok yapısal parametreye bağlı olduğu bilinmektedir (Uang ve Bertero 1988, Kuwamura ve Galambos 1989, Deccanini ve

Mollaioli 1998; 2001, Dindar ve diğ. 2015, Dedeoğlu ve Calayır 2024). Yapılan bu çalışmada, 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremlerinin en çok etkilediği bölgelerde, deprem sırasında yapı sistemlerine giren maksimum enerji değeri irdelenmiştir. Bu bağlamda, Pazarcık depremi için 78 AFAD sismik istasyonunda ve Elbistan depremi için 21 AFAD sismik istasyonunda kaydedilen ivme kayıtları ele alınmıştır. Çalışma sahası ve bölgede bulunan AFAD sismik istasyonların dağılımı Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5: Çalışma sahası ve bölgede bulunan AFAD sismik istasyonlarının dağılımı
Figure 5: Distribution of AFAD seismic stations in the study area and the region

Çalışma kapsamında, $\xi = 0.05$ sönüm oranına sahip ve periyot değeri $T=0.02$ s'den $T=2.0$ s'ye kadar 0.2 s aralıklarla değişen 100 adet doğrusal elastik tek serbestlik dereceli (TSD) yapı modelleri oluşturulmuştur. Oluşturulan TSD modellerin zamana dayalı doğrusal elastik analizleri depremlerin bölgedeki istasyonlarda kaydedilen deprem ivme kayıtları altında gerçekleştirilmiştir. Analizlerde Denklem 1'de verilen yapı dinamiği hareket denklemi ve Newmark-beta çözüm yöntemi kullanılmıştır.

$$m\ddot{u}(t) + c\dot{u}(t) + f_s(t) = -m\ddot{u}_g(t) \quad (1)$$

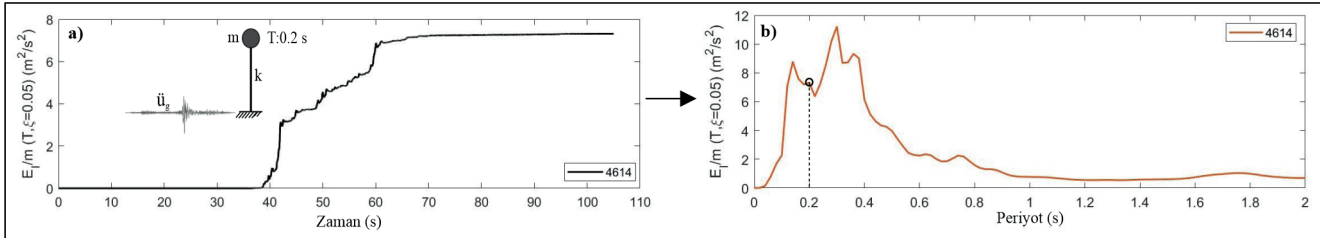
Enerji bağıntısı ise Denklem 1'de verilen temel yapı dinamiği denkleminin yer değiştirmeye bağlı olarak integrasyonuna dayanmaktadır (Chopra 1995). Doğrusal elastik bir yapı sisteminde deprem sırasında yapıya giren enerji; sistemin kinetik, sönüm, elastik şekil değiştirme enerjisi toplamı olarak tariflenmektedir (Denklem 2).

$$\int_0^u m \ddot{u}(t) du + \int_0^u c \dot{u}(t) du + \int_0^u f_s(t) du = - \int_0^u m \ddot{u}_g(t) du \quad (2)$$

Denklem 2'nin sağ tarafı, deprem yer hareketi boyunca yapı sistemine giren enerjiyi (E_I) temsil etmektedir. Bu giren enerji kütleyle bölünerek normalize edilebilir ve Denklem 3'te verildiği üzere birim kütle başına gelen enerji olarak gösterilebilir.

$$\frac{E_I}{m} = - \int_0^u \ddot{u}_g(t) du \quad (3)$$

Çalışma dahilinde öncelikle, TSD yapı modellerinin depremlere ait ivme kayıtlar altında analizleri gerçekleştirilmiş ve giren enerji-zaman geçmişi değerleri elde edilmiştir. Ardından her yapı modeline depremler etkisiyle giren maksimum enerji değeri belirlenmiştir. Böylece her bir ivme kaydına ait giren enerji spektrumu elde edilmiştir. Elde edilen giren enerji değerleri yapının kütlelerine bölünerek normalize edilmiştir. Çalışma metodolojisini özetleyen grafik Şekil 6'da verilmiştir. Şekil 6'da periyodu 0.2 s olan TSD bir sistemin ivme kaydı altındaki enerji-zaman geçmişi grafiği ve Şekil 6b'de o periyoda denk gelen giren enerji değerinin spektrumunda işaretlenmesi gösterilmektedir. Çalışma kapsamında analizler Matlab programlama dili aracılığıyla yapılmıştır. Çalışma kapsamında yukarıda sözü edilen tüm periyot değerleri için analizler yapılarak her bir istasyonda kaydedilen ivme kaydı için giren enerji spektrumları elde edilmiştir. Çalışmanın temel amacı Kahramanmaraş depremlerini giren enerji bakımından değerlendirmek ve giren enerji ile yapısal hasar arasındaki ilişkiyi incelemektir.



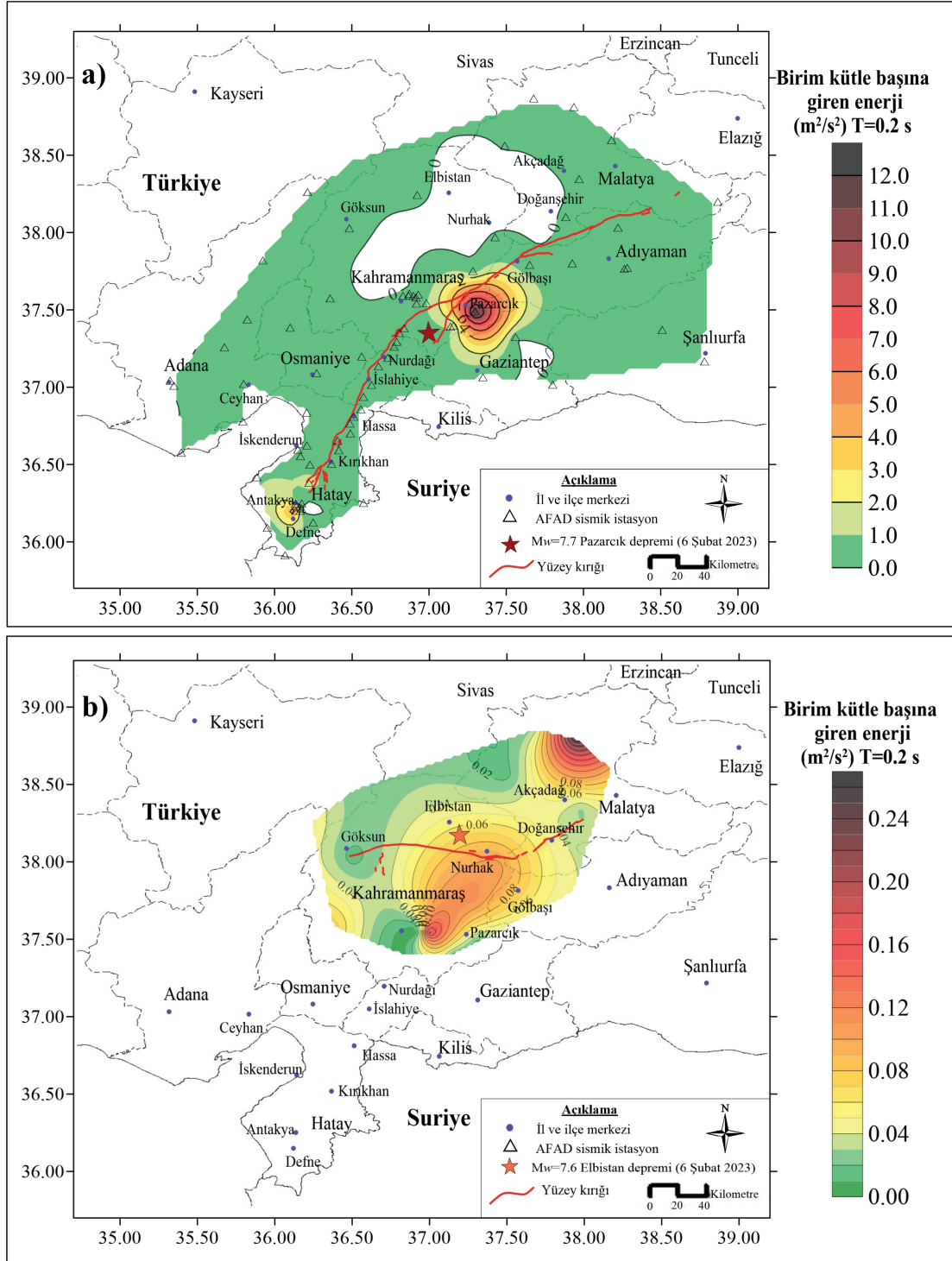
Şekil 6: Çalışma metodolojisi özetleyen grafik a) Bir TSD yapı sisteminin deprem süresince giren enerji-zaman geçmişi b) Giren enerji spektrumunun elde edilmesi

Figure 6: Graphic summarizing the study methodology a) Input energy-time history of a SDOF structural system during an earthquake b) Obtaining the input energy spectrum

4. BULGULAR

Kahramanmaraş deprem çiftinin geniş bir coğrafyada hissedilmesi, büyük bir alanda yıkıcı hasar yaratması büyük enerjilere sahip olduğunu kanıtlar niteliktedir. Bununla birlikte deprem sırasında yapı sistemine giren enerji, diğer bir deyişle depremin yapıdan talep ettiği enerji miktarı da önemli olmaktadır. Çalışma kapsamında depremlerden en çok

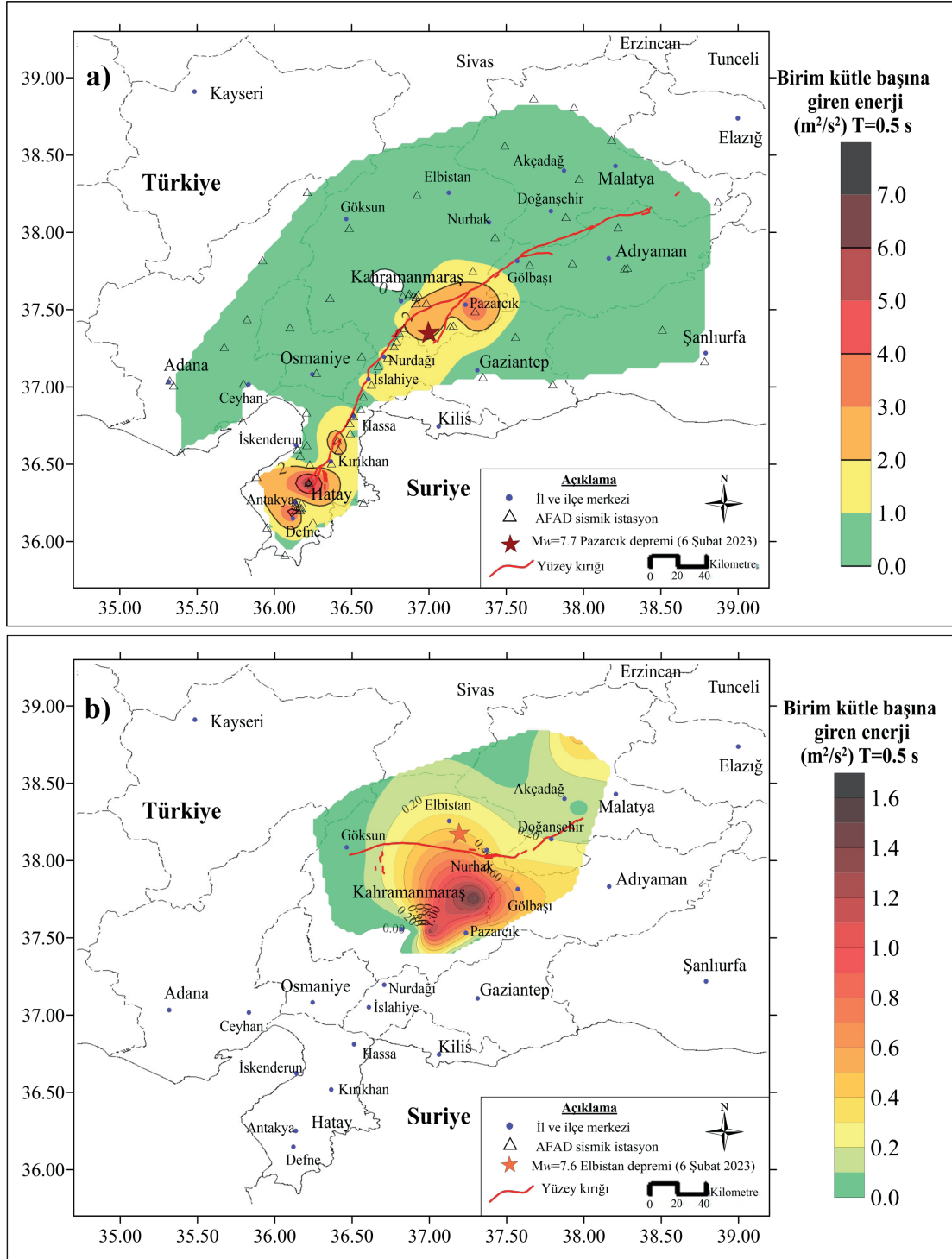
etkilen bölgede kaydedilen ivme kayıtlarının belirtilen her bir periyot değeri için maksimum giren enerji değeri hesaplanmış ve giren enerji spektrumları elde edilmiştir. Şekil 7'de $T=0.2$ s için seçilen bölgeye ait maksimum giren enerji yoğunluk haritası gösterilmektedir. Bu periyoda ait haritanın seçilerek sunulmasında, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2018)'de (TBDY 2018) belirtilen kısa periyot kavramı göz önünde bulundurulmuştur.



Şekil 7: $T=0.2$ s için seçilen bölgeye ait giren enerji yoğunluk haritası a) Pazarçık Depremi b) Elbistan Depremi
Figure 7: The input energy density map of the selected region for $T=0.2$ s a) Pazarçık Earthquake b) Elbistan Earthquake

Kısa periyot $T=0.2$ s değerinde (Şekil 7), Pazarçık depreminde yapı sistemlerine giren enerji depremin merkez üssünde ve yakınlarında yüksek değerlere ulaşmıştır. Ayrıca Antakya bölgesinde de bir miktar etkili olduğu söylenebilir. Bununla birlikte Elbistan depreminde Kahramanmaraş merkezi ile Malatya'nın Doğanşehir ve Akçadağ ilçelerinde giren enerji yüksek değerlerdedir.

Depremin meydana geldiği ve etkilediği bölgelerde orta katlı yapı stoğunun fazlaca olduğu bilinmektedir (SBB 2023). Bu durum depremler sırasında orta katlı yapılara giren enerji yoğunluk hartasının bilinmesini önemli kılmaktadır. Şekil 8'de $T=0.5$ s için bölgeye ait giren enerji yoğunluk haritası gösterilmektedir.

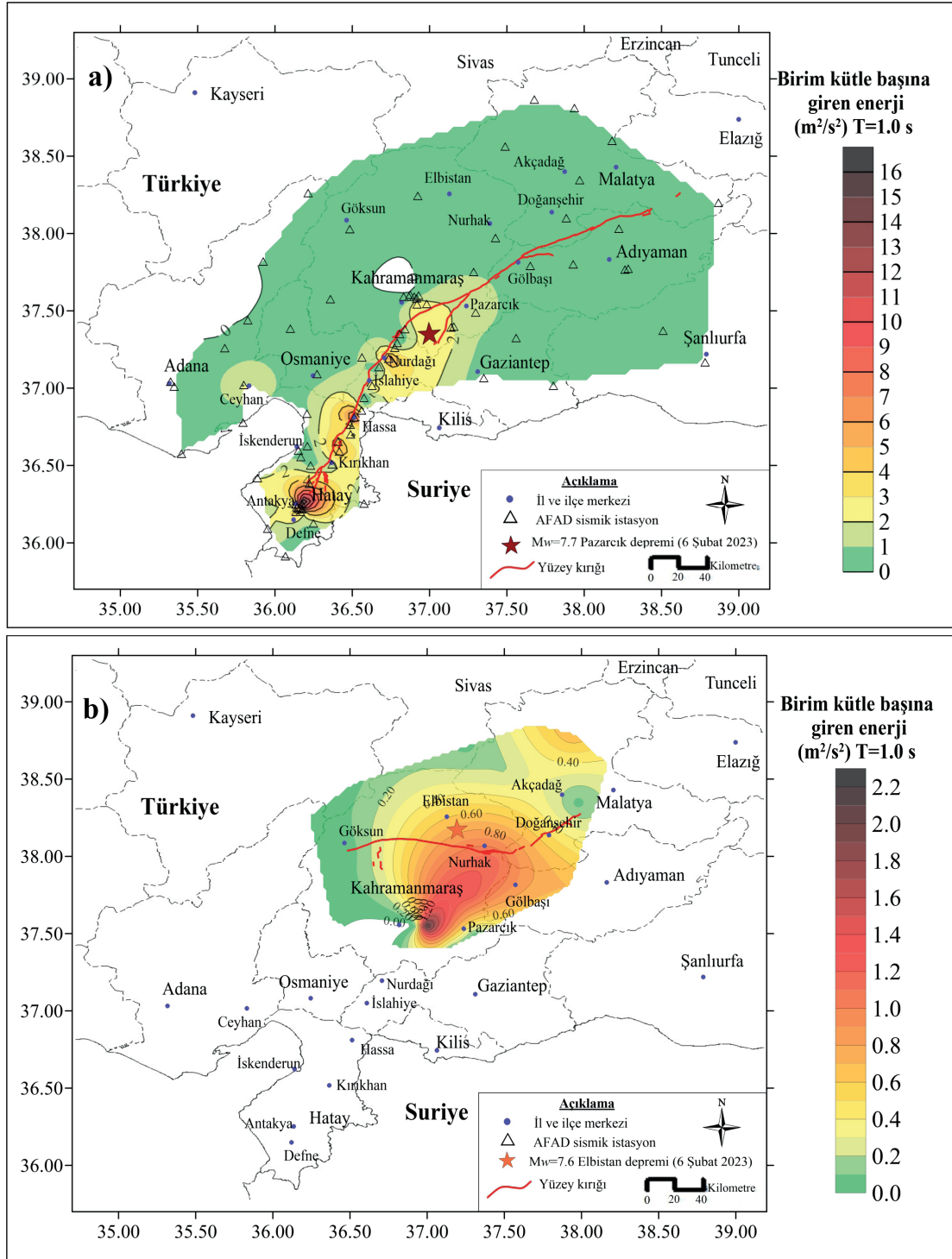


Şekil 8: $T=0.5$ s için seçilen bölgeye ait giren enerji yoğunluk haritası a) Pazarçık Depremi b) Elbistan Depremi
Figure 8: The input energy density map of the selected region for $T=0.5$ s a) Pazarçık Earthquake b) Elbistan Earthquake

$T=0.5$ s değerine ait giren enerji yoğunluk haritası incelendiğinde (Şekil 8), Pazarçık depremi merkez üssü civarında ve Pazarçık depreminin Nurdağı, İslahiye, Hassa, Kırıkhan, Antakya istikametindeki yüzey kırığı boyunca giren enerji miktarının yüksek olduğu görülmektedir. Özellikle Hatay'ın Antakya merkezi ve çevresinde diğer bölgelere kıyasla oldukça yüksek giren enerji değeri göze çarpmaktadır. Elbistan

depremini incelediğimizde ise özellikle Kahramanmaraş merkezi ile Pazarçık ve Gölbaşı çevresinde giren enerji yüksek değerlere ulaşmıştır.

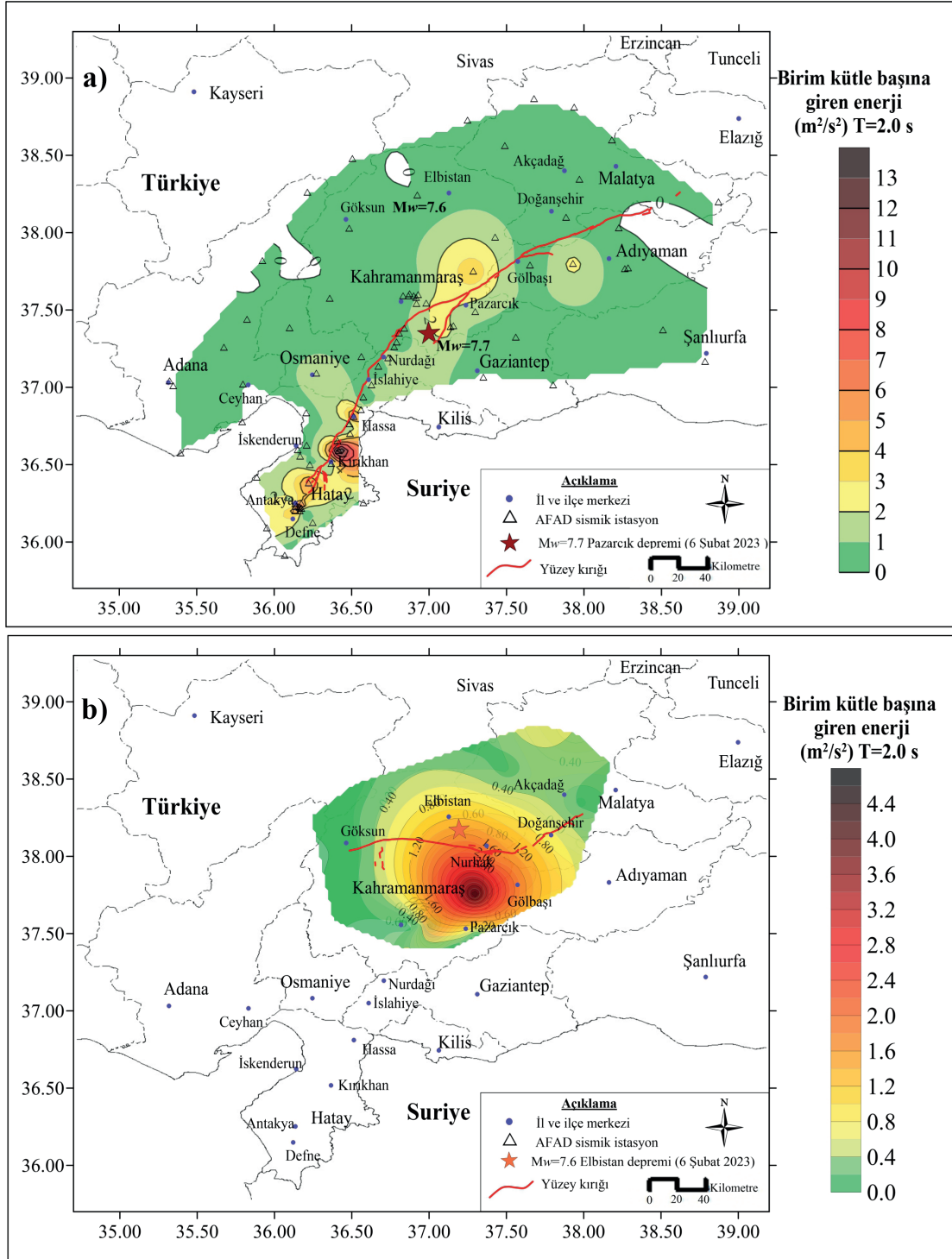
Şekil 9'da $T=1.0$ s için bölgeye ait giren enerji yoğunluk haritası gösterilmektedir. Bu periyodun seçilmesinde TBDY (2018)'de belirtilen uzun periyot kavramı göz önünde bulundurulmuştur.



Şekil 9: $T=1.0$ s için seçilen bölgeye ait giren enerji yoğunluk haritası a) Pazarlık Depremi b) Elbistan Depremi
Figure 9: The input energy density map of the selected region for $T=1.0$ s a) Pazarlık Earthquake b) Elbistan Earthquake

$T=1.0$ s değerine ait giren enerji yoğunluk haritası değerlendirildiğinde (Şekil 9), Pazarlık depremi merkez üssünün ve Pazarlık depreminin Nurdağı, İslahiye, Hassa, Kırıkhan, Antakya istikametindeki yüzey kırığı boyunca ve özellikle Antakya bölgesinde giren enerji değerinin yüksek olduğu görülmektedir. Elbistan depreminde ise özellikle Kahramanmaraş merkezi ile Pazarlık ve Gölbaşı çevresinde giren enerjinin yüksek değerlere ulaştığı görülmektedir.

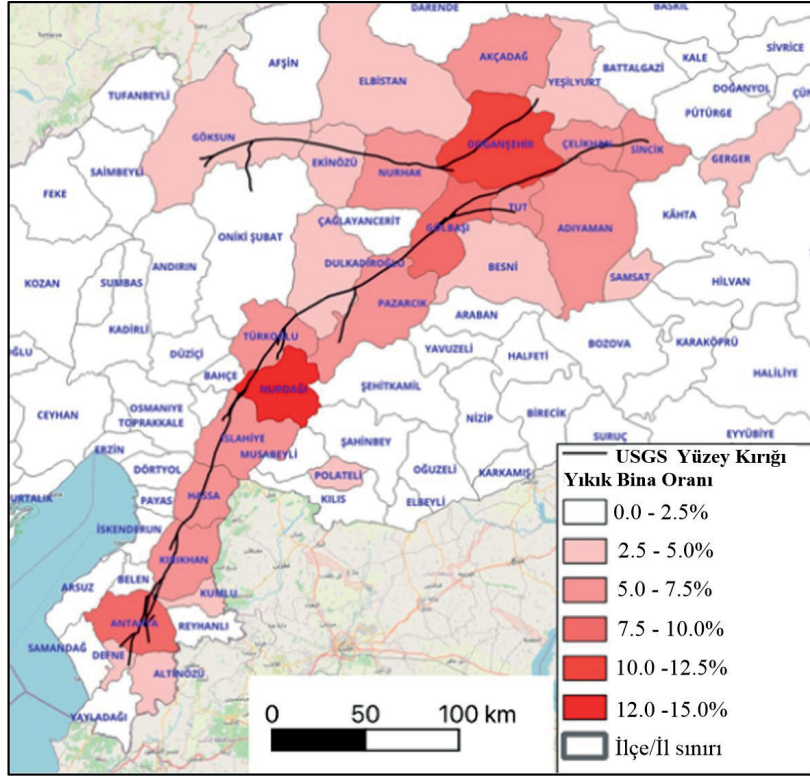
Depremin meydana geldiği ve etkilediği bölgelerin özellikle il merkezlerinde çok katlı yapı stoğu da bulunmaktadır. Depremler sırasında çok katlı ve nispeten yüksek katlı yapılarla giren enerji değerini gözlemlemek amacıyla Şekil 10'da $T=2.0$ s'ye ait giren enerji yoğunluk haritası verilmektedir.



Şekil 10: $T=2.0$ s için seçilen bölgeye ait giren enerji yoğunluk haritası a) Pazarlık Depremi b) Elbistan Depremi
Figure 10: The input energy density map of the selected region for $T=2.0$ s a) Pazarlık Earthquake b) Elbistan Earthquake

Şekil 10 için bir değerlendirme yapıldığında, $T=2.0$ s değerinde Hatay'ın Kırıkhan ilçesi bölgesinde yüksek giren enerji değerleri gözlenmiştir. Bunun yanında Antakya, Defne ve Kahramanmaraş'ın bazı ilçelerinde diğer bölgelere kıyasla daha yüksek enerji girişi meydana gelmiştir. Elbistan depremini incelediğimizde ise özellikle Kahramanmaraş merkezi ile Pazarlık ve Gölbaşı çevresinde giren enerji yüksek değerlere ulaşmıştır.

Giren enerji yoğunluk haritaları değerlendirildiğinde, Pazarlık ve Elbistan depremlerinin merkez üssü ile yüzey kırıklarının üzerinde ve yakınlarında yüksek giren enerji değerleri elde edilmiştir. Pazarlık ve Elbistan depremlerinde yüksek giren enerji değerleri elde edilen bölgeler ile Kahramanmaraş depremleri yapısal hasar durumu haritası (Şekil 11) genel olarak paralellik göstermiştir. Yapı sisteminin deprem sırasında giren enerjiyi karşılayacak kapasitesinin olmaması durumunda maalesef yapısal hasar kaçınılmaz olmaktadır.



Şekil 11: Kahramanmaraş depremlerinde meydana gelen yapısal hasar yoğunluk haritası (Vuran ve diğ. 2024)

Figure 11: Structural damage density map of Kahramanmaraş earthquakes (Vuran et al. 2024)

5. SONUÇLAR

6 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen ve asrın felaketi olarak adlandırılan depremler ülkemizde büyük bir yıkıma neden olmuştur. Pazarcık depremi, özellikle Hatay, Adıyaman, Kahramanmaraş ve Gaziantep illerinde ağır yıkıma yol açmıştır. Elbistan depremi ise Kahramanmaraş, Kayseri, Adıyaman ve Malatya illerini oldukça fazla etkilemiş ve hasar vermiştir. Her iki depremin de geniş bir coğrafyayı etkilemiş olması, depremlerin büyük bir enerjiye sahip olduğunu kanıtlamaktadır. Bu çalışmada depremlerden etkilenen bölgelerde depremler sırasında yapı sistemlerine giren enerji bakımından bir değerlendirme yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda listelenmiştir:

- Deprem sırasında yapıya gelen giriş enerjisinin yapının periyodu ile yakından ilişkili olduğu görülmüştür.
- Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2018) kısa periyot değeri $T=0.2$ s için; Pazarcık depreminde Pazarcık ve yakın çevresinde giren enerji yüksek değerlere ulaşırken, Elbistan depreminde Kahramanmaraş merkezi ile Malatya'nın Doğanşehir ve Akçadağ ilçelerinde yüksek değerlerde elde edilmiştir.
- Orta katlı yapılar için düşünebileceğimiz $T=0.5$ s değeri için; Pazarcık depremi merkez üssünün ve güney yönde ilerleyen yüzeysel kırığı boyunca (Nurdağı, İslahiye, Hassa, Kırıkhan, Antakya istikameti) giren enerji miktarı yüksek değerlere ulaşırken, Elbistan depreminde özellikle

Kahramanmaraş merkezi ile Pazarcık ve Gölbaşı çevresinde giren enerji yüksek değerlerde elde edilmiştir. Meydana gelen yapısal hasar seviyesi ile yüksek giren enerji değerleri oldukça paralellik göstermiştir.

- Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2018) uzun periyot değeri $T=1.0$ s değeri için Pazarcık ve Elbistan depreminin yüzeysel kırığı boyunca ve yakın çevresinde yüksek giren enerji değeri görülmüştür. Giren enerji yoğunluk seviyesi ile meydana gelen yapısal hasar seviyesi büyük ölçüde benzerlik göstermiştir.
- Yüksek katlı yapılara atfedebileceğimiz $T=2.0$ s periyot değeri için Pazarcık depreminde Hatay'ın Kırıkhan ilçesi bölgesinde yüksek giren enerji değerleri gözlenmiştir. Bunun yanında Antakya, Defne ve Kahramanmaraş'ın bazı ilçelerinde diğer bölgelere kıyasla daha yüksek enerji girişi meydana gelmiştir. Elbistan depreminde ise özellikle Kahramanmaraş merkezi ile Pazarcık ve Gölbaşı çevresinde giren enerji yüksek değerlere ulaşmıştır.
- Yapı sistemlerinin deprem süresi boyunca talep edilen enerjiyi karşılamasının son derece önemli olduğu bir kez daha ortaya çıkmıştır. Yapı sistemleri mekanizma durumuna geçmeden talep edilen bu enerji miktarını kontrollü bir şekilde tüketmelidir. Bu hususun da süreklilik ve donatı detaylandırılması ile sağlanması elzemdir.

Dünya genelinde, depreme dayanıklı yapı tasarımı felsefesi, daha sık aralıklarla meydana gelen depremlerde

yapı sistemlerin elastik davranış sergilemesi, daha seyrek meydana gelen ancak güçlü olan depremlerde ise can güvenliğini tehlikeye atmadan kontrollü bir elastik ötesi davranış sergilemesi esası benimsenmektedir. Çalışma kapsamında elastik davranış sergileyen yapı sistemleri Kahramanmaraş depremleri altında giren enerji açısından incelenmiştir. Kahramanmaraş depremlerinin büyüklükleri

düşünüldüğünde, yapı sistemlerinin bu depremler etkisinde elastik ötesi davranış sergilemesi beklenen bir durumdur. Bu husus, deprem sırasında yapıya giren enerji değerini de doğrudan etkilemektedir. Gelecek çalışmalarda, bu hususun dikkate alınarak Kahramanmaraş depremlerinde yapı sistemine giren enerji miktarının incelenmesi, bölgede meydana gelen yapısal hasarların daha iyi anlaşılmasına ve gelecek depremlere karşı tedbir alınmasına katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

AFAD, 2023. 06 ŞUBAT 2023 PAZARCIK-ELBİSTAN KAHRAMANMARAŞ (Mw: 7.7 – Mw: 7.6) DEPREMLERİ RAPORU, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem ve Risk Azaltma Genel Müdürlüğü Deprem Dairesi Başkanlığı 02 Haziran 2023. Erişim adresi: https://deprem.afad.gov.tr/assets/pdf/Kahramanmara%C5%9F%20Depremi%20%20Raporu_02.06.2023.pdf.

AFAD, 2025. Türkiye İvme Veritabanı ve Analiz Sistemi (TADAS), T.C. İçişleri Bakanlığı, Afet ve Durum Yönetimi Başkanlığı, Deprem Dairesi Başkanlığı, Ankara, Erişim adresi: <https://tadas.afad.gov.tr/>.

Altunsu E., Güneş O., Öztürk S., Sorosh S., Sarı A., Beeson S.T., 2024. Investigating the structural damage in Hatay province after Kahramanmaraş-Türkiye earthquake sequences, *Engineering Failure Analysis*, 157, 107857, <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2023.107857>.

Atar M., Ince O., Tas O.F., Ozmen A., Sayin E., 2024. Investigation of the Damage Conditions of Reinforced Concrete Buildings and Steel Structures in Malatya Province Following the February 6, 2023 Kahramanmaraş, *Türk Deprem Araştırma Dergisi*, 6(1), 60-80, <https://doi.org/10.46464/tdad.1394039>.

Avcil F., Işık E., İzol R., Büyüksaraç A., Arkan E., Arslan M.H., Aksoylu C., Eyişüren O., Harircihian E., 2024. Effects of the February 6, 2023, Kahramanmaraş earthquake on structures in Kahramanmaraş city, *Natural Hazards* 120(3), 2953-2991. <https://doi.org/10.1007/s11069-023-06314-1>.

Baltzopoulos G., Baraschino R., Chioccarelli E., Cito P., Vitale A., Iervolino I., 2023. Near-source ground motion in the Mw=7. 8 Gaziantep (Turkey) earthquake, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 52(12), 3903-3912, <https://doi.org/10.1002/eqe.3939>.

Bozkurt E., 2001. Neotectonics of Turkey—a synthesis, *Geodinamica Acta*, 14(1-3), 3-30, <https://doi.org/10.1080/09853111.2001.11432432>.

Cejka F., Zahradník J., Turhan F., Sokoz E., Gallovic F., 2023. Long-period directivity pulses of strong ground motion during the 2023 Mw7.8 Kahramanmaraş earthquake, *Communications Earth and Environment* 4(1), 413, <https://doi.org/10.1038/s43247-023-01076-x>.

Chopra A.K., 1995. *Dynamics of structures = Theory and applications to earthquake engineering*, New York, NY: Prentice-Hall, 1995.

Çalım F., Güllü A., Yüksel E., 2024. Comparison of Various Input Energy Spectra for the February 6th, 2023, Kahramanmaraş Earthquake Sequence, *Journal of Earthquake Engineering*, 1-20, <https://doi.org/10.1080/13632469.2024.2336202>.

Decanini L.D., Mollaioli F., 1998. Formulation of elastic earthquake input energy spectra, *Earthquake engineering & structural dynamics*, 27(12), 1503-1522, [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-9845\(199812\)27:12<1503::AID-EQE797>3.0.CO;2-A](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-9845(199812)27:12<1503::AID-EQE797>3.0.CO;2-A).

Decanini L.D., Mollaioli F., 2001. An energy-based methodology for the assessment of seismic demand, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 21(2), 113-137, [https://doi.org/10.1016/S0267-7261\(00\)00102-0](https://doi.org/10.1016/S0267-7261(00)00102-0).

Dedeoğlu İ.Ö., Calayır Y., 2024. Türkiye’de meydana gelmiş depremlere dayalı elastik giren enerji üzerine bir araştırma, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 39(3), 1439-1454, <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.1168898>.

Dindar A.A., Yalçın C., Yüksel E., Özkaynak H., Büyüköztürk O., 2015. Development of earthquake energy demand spectra, *Earthquake Spectra*, 31(3), 1667-1689, <https://doi.org/10.1193/011212EQS010M>.

Erkek H., Yetkin M., 2023. Assessment of the performance of a historic minaret during the Kahramanmaraş earthquakes (Mw 7.7 and Mw 7.6), *Structures* (58), 105620, <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2023.105620>.

Erkmen C., Özsaraç V., Eravcı B., Tekin B.M., Kuterdem N.K., Yaman M., Albayrak H., Aktan T., Tepeuğur E., 2009. Doğu Anadolu Fayının Paleosismolojisi Pilot Bölge: “Türkoğlu Gölbaşı Arası”. Türkiye Ulusal Jeodezi ve Jeofizik Birliği (TUJJB) Ulusal Deprem Programı Proje No: TUJJB-UDP-1-07 sonuç raporu, Ocak 2009.

Girmay N., Poulos A., Miranda E., 2024. Directionality and polarization of response spectral ordinates in the 2023 Kahramanmaraş, Türkiye earthquake doublet. *Earthquake Spectra*, 40(1), 486-504, <https://doi.org/10.1177/87552930231203989>.

- Isık E., 2023. Structural Failures of Adobe Buildings during the February 2023 Kahramanmaraş (Türkiye) Earthquakes, *Appl. Sci.*, 13(15), 8937, <https://doi.org/10.3390/app13158937>.
- Isık E., Avcil F., Arkan E., Büyüksaraç A., İzol R., Topalan M., 2023a. Structural damage evaluation of mosques and minarets in Adıyaman due to the 06 February 2023 Kahramanmaraş earthquakes, *Engineering Failure Analysis*, 151, 107345, <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2023.107345>.
- Isık E., Avcil F., Büyüksaraç A., İzol R., Arslan M.H., Aksoylu C., Harirchian E., Eysüren O., Arkan E., Güngür M.Ş., Günay M., Ulutaş H., 2023b. Structural damages in masonry buildings in Adıyaman during the Kahramanmaraş (Türkiye) earthquakes (Mw 7.7 and Mw 7.6) on 06 February 2023, *Engineering Failure Analysis*, 151, 107405, <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2023.107405>.
- Ivanov M.L., Chow W.K., 2023. Structural damage observed in reinforced concrete buildings in Adıyaman during the 2023 Türkiye Kahramanmaraş Earthquakes, In *Structures*, 58, 105578, <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2023.105578>.
- Kahya V., Genç A.F., Sunca F., Roudanr B., Altunişik A.C., Yılmaz S., Günaydin M., Dok G., Kirtel O., Demir A., Aykanat B., Arslan M.E., Saribiyik A., Aydın F., Aslan B., Sezdirmez T., Tatar T., Emiroğlu M., Atmaca B., Adanur S., Atmaca E.E., Güleş O., Demirkaya E., Öztürk H., Akgül T., 2024. Evaluation of earthquake-related damages on masonry structures due to the 6 February 2023 Kahramanmaraş-Türkiye earthquakes: A case study for Hatay Governorship Building, *Engineering Failure Analysis*, 156, 107855, <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2023.107855>.
- Kuwamura H., Galambos T.V., 1989. Earthquake load for structural reliability, *Journal of Structural Engineering*, 115(6), 1446-1462, [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9445\(1989\)115:6\(1446\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9445(1989)115:6(1446)).
- Lashgari A., Soghraat M.R., Jafarian Y., Zafarani H., 2024. The 2023 Turkey-Syria Earthquake Sequence: Ground-Motion and Local Site-Effect Analyses for Kahramanmaraş City, *International Journal of Civil Engineering*, 22(5), 877-899, <https://doi.org/10.1007/s40999-023-00917-2>.
- Ozturk M., Arslan M.H., Dogan G., Ecemis A.S., Arslan H.D., 2023a. School buildings performance in 7.7 Mw and 7.6 Mw catastrophic earthquakes in southeast of Turkey, *Journal of Building Engineering*, 79, 107810, <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.107810>.
- Ozturk M., Arslan M.H., Korkmaz H.H., 2023b. Effect on RC buildings of 6 February 2023 Turkey earthquake doublets and new doctrines for seismic design, *Engineering Failure Analysis*, 153, 107521, <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2023.107521>.
- Sagbas G., Sheikhi Garjan R., Sarikaya K., Deniz D., 2024. Field reconnaissance on seismic performance and functionality of Turkish industrial facilities affected by the 2023 Kahramanmaraş earthquake sequence, *Bulletin Earthquake Engineering*, 22, 227-254, <https://doi.org/10.1007/s10518-023-01741-8>.
- Sen F., Sunca F., Altunişik A.C., 2024. Seismic performance assessment of a base-isolated hospital building subjected to February 6, 2023, Kahramanmaraş, Türkiye earthquakes (Mw 7.7 Pazarcık and Mw 7.6 Elbistan) and seismic fragility analysis considering different construction stages, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 185, 108876, <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2024.108876>.
- TBDY, 2018. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara, Türkiye.
- SBB, 2023 Kahramanmaraş ve Hatay Depremleri Raporu, Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, Erişim adresi: <https://www.sbb.gov.tr/2023-kahramanmaraş-ve-hatay-depremleri-raporu/>.
- Uang C.M., Bertero V.V., 1988. Use of energy as a design criterion in earthquake-resistant design (Vol. 88), Berkeley, California: Earthquake Engineering Research Center, University of California.
- Ucar T., Merter O., 2024. Ductility demands for stiffness-degrading SDOF systems under pulse-like ground motions of the 2023 Pazarcık (Kahramanmaraş) earthquake, *Bulletin of Earthquake Engineering*, 22(6), 3243-3260, <https://doi.org/10.1007/s10518-024-01882-4>.
- Vuran E., Serhatoğlu C., Timurağaoğlu M.Ö., Smyrou E., Bal İ.E., Livaoglu R., 2024. Damage observations of RC buildings from 2023 Kahramanmaraş earthquake sequence and discussion on the seismic code regulations, *Bulletin of Earthquake Engineering*, <https://doi.org/10.1007/s10518-023-01843-3>.
- Wang Z., Zhang W., Taymaz T., He Z., Xu T., Zhang Z., 2023. Dynamic rupture process of the 2023 Mw 7.8 Kahramanmaraş earthquake (SE Türkiye): Variable rupture speed and implications for seismic hazard, *Geophysical Research Letters*, 50(15), e2023GL104787, <https://doi.org/10.1029/2023GL104787>.
- Wu F., Xie J., An Z., Lyu C., Taymaz T., Irmak T.S., Li X., Wen Z., Zhou B., 2023. Pulse-like ground motion observed during the 6 February 2023 MW7. 8 Pazarcık Earthquake (Kahramanmaraş, SE Türkiye), *Earthquake Science*, 36(4), 328-339, <https://doi.org/10.1016/j.eqs.2023.05.005>.
- Yetkin M., 2024. 6 Şubat 2023 depremleri için kırsaldaki yapıların performansları üzerine bir saha araştırması: Nurdağı/Gaziantep örneği, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 27(3), 821-837, <https://doi.org/10.17780/ksujes.1430177>.

Yetkin M., Dedeoğlu İ.Ö., Tunç G., 2024. February 6, 2023, Kahramanmaraş twin earthquakes: Evaluation of ground motions and seismic performance of buildings for Elazığ, southeast of Türkiye, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 181, 108678. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2024.108678>.

Yıldız Ö., Kına C., 2023. Geotechnical and structural investigations in Malatya Province after Kahramanmaraş Earthquake on February 6, 2023, *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 12(3), 686-703, <https://doi.org/10.17798/bitlisfen.1282555>.

Yön B., Dedeoğlu İ.Ö., Yetkin M., Erkek H., Calayır Y., 2024. Evaluation of the seismic response of reinforced concrete buildings in the light of lessons learned from the February 6, 2023, Kahramanmaraş, Türkiye earthquake sequences, *Nat Hazards*, <https://doi.org/10.1007/s11069-024-06859-9>.

ARAŞTIRMA VERİSİ (Research Data)

Çalışma kapsamında kullanılan ivme verileri AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı'ndan (Türkiye İvme Veritabanı ve Analiz Sistemi-TADAS) temin edilmiştir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI / İLİŞKİSİ (Conflict of Interest / Relationship)

Araştırma kapsamında yer alan bilgilerin; herhangi bir kişi, kurum, kuruluş ile herhangi bir çıkar çatışması/ilişkisi bulunmamaktadır.

YAZARLARIN KATKI ORANI BEYANI (Author Contributions)

- Çalışmanın tasarlanması (Designing of the study): İ.Ö.D.
- Literatür araştırması (Literature research): İ.Ö.D.
- Saha çalışması, veri temini/derleme (Fieldwork, collection/ compilation of data): İ.Ö.D.
- Verilerin işlenmesi/analiz edilmesi (Processing/analysis of data): İ.Ö.D.
- Şekil/Tablo/Yazılım hazırlanması (Preparation of figures/ tables/software): İ.Ö.D.
- Bulguların yorumlanması (Interpretation of findings): İ.Ö.D.
- Makale yazımı, düzenleme, kontrol (Writing, editing and checking of manuscript): İ.Ö.D.