BİGA İLÇESİ DEPREMSELLİĞİ

Prof. Dr. Nazile URAL
ORCID: 0000-0002-2268-842X
E-Posta: nazile.ural@bilecik.edu.tr
Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Geoteknik Anabilim Dalı, Bilecik, Türkiye

İnşaat Mühendisi Aykutalp AVŞAR
ORCID: 0000-0003-1161-2013
E-Posta: aykutalp.avsar@gmail.com
Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Programı, Bilecik, Türkiye

Özet

Meydana gelen depremler, günümüze kadar birçok insanın canını ve malını kaybetmesine sebep olmuştur. Deprem tehlikesi, bir bölgede belirli periyotlarda can ve mal kaybına sebep olabilecek büyüklükte bir sismik hareketin olasılığını ifade etmektedir. Bu olasılık, geçmiş deprem verilerinin istatistiksel yollarla değerlendirilmesini ve gelecek açısından yorumlanması sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Bu çalışmada Çanakkale Biga ilçesinin depremselliği incelenmiştir. Biga ilçesi, Sakarya ili güneyinde ikiye ayrılan Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun güneybatı yönünde uzanan kolunda oluşan sismik aktivitenin etkisinde kalmaktadır. İlçe merkezinin yakınında başlayıp Çan ilçesinin yerleşim alanına kadar uzanıp devam eden Biga-Çan Fayı ve Yenice-Gönen arasında oluşmuş sismik kırık ilçe merkezini doğrudan tehdit etmekte ve Marmara Denizi içerisinde ilerleyen ve Gelibolu Yarımadası üzerinden Ege'ye uzanan Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun diğer kolu üzerinde gerçekleşen yüksek magnitüdlü depremler de ilçe merkezini etkilemektedir. Bu kapsamda, ilçenin jeolojik durumu, sismik hareketliliği ve deprem geçmişi göz önüne alınarak deprem azalım ilişkileri belirlenmiştir. Sonuçta, ilçenin sismik aktiviteye maruz kaldığı, bu nedenle zemin açısından dikkat edilmesi gerektiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Biga ilçesi, Depremsellik, Olasılıksal yöntem

SEISMICITY OF BIGA DISTRICT

Abstract

Earthquakes that have occurred to date have caused the loss of lives and properties of many people. Earthquake hazard refers to the probability of a seismic event of a certain magnitude that can cause loss of life and property in a region within specific periods. This probability arises from the statistical evaluation of past earthquake data and its interpretation for the future. In this study, the seismicity of Çanakkale Biga district was investigated. The district is affected by seismic activity in the southwestward extension of the North Anatolian Fault Zone branch, which is divided into two parts south of Sakarya province. The seismic fault formed between Biga-Çan and Yenice-Gönen, which starts near the district center and extends to the settlement area of Çan district, directly threatens the district center. Furthermore, high-magnitude earthquakes occurring on the other branch of the North Anatolian Fault Zone, which progresses within the Marmara Sea and extends to the Aegean Sea via the Gallipoli Peninsula, also affect the district center. In this context, earthquake attenuation relationships were determined considering the social structure, geological situation, seismic activity, and earthquake history of the district. As a result, it was observed that the district is exposed to seismic activity, so attention should be paid to the ground conditions.

Keywords: Biga district, Seismicity, Probabilistic method

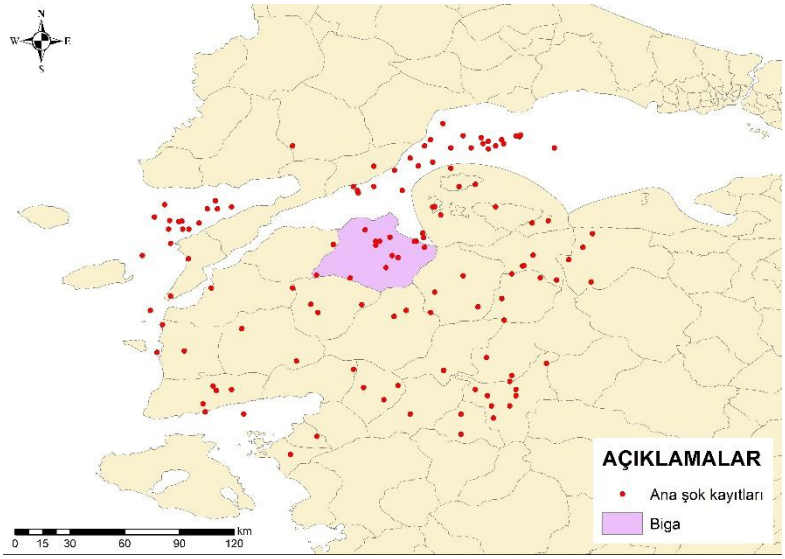
1. Giriş

Depremler, günümüze kadar birçok insanın canına mal olmuş, tarih boyu kurulan pek çok yaşam alanını yok etmiştir. Deprem tehlikesi, belirlenen çalışma alanında, belirli periyotlarda can ve mal kaybına sebep olabilecek büyüklükte bir sismik hareketin olasılığını ifade etmektedir. Bu olasılık, geçmiş deprem verilerinin istatistiksel yollarla değerlendirilmesini ve gelecek açısından yorumlanması sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Belirlenen olasılıkla şekillenen deprem tehlikesi, gelecekte yaşanması beklenen depremin büyüklüğünü, çalışma alanının merkez noktasına uzaklığını, etkileyeceği zeminin koşullarını, enerjisinin aktarılacağı yapının durumunu ve yaşatacağı hasarın boyutunu ele alır (Türkelli 2008). Bu çalışma incelenen Çanakkale'nin Biga ilçesi, Sakarya ili güneyinde ikiye ayrılan Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ)'nun güneybatı yönünde uzanan kolunda oluşan sismik aktivitenin etkisindedir. İlçe merkezinin yakınında başlayıp Çan ilçesinin yerleşim alanına kadar uzanıp devam eden Biga-Çan Fayı ve Yenice-Gönen arasında oluşmuş sismik kırık, ilçe merkezini doğrudan tehdit etmektedir. Bununla beraber Marmara Denizi içerisinde ilerleyen ve Gelibolu Yarımadası üzerinden Ege'ye uzanan KAFZ'ın diğer kolu üzerinde gerçekleşen yüksek magnitüdlü depremler de ilçe merkezini etkilemektedir. Biga Yarımadası'nda bulunan platoların güneyden kuzeye doğru gidildikçe yükseltilerinin azaldığı, Biga civarına gelindiğinde ovalık araziler ile bu yükseltilerin deniz seviyesine çok yakın bir kademeye indiği görülmektedir. Kazdağı bölgesinde zirve yapan yükseklik, derin vadiler ile Biga civarında neredeyse sönümlenmektedir. Doğal olarak, yüksek mevkilerden başlayan akarsu kaynakları Biga bölgesinde büyük bir hız kaybına uğrayarak malzeme çökelleri oluşturmuştur. Bu alüvyon birikimine hem günümüzün aktif akarsuları hem de tarih boyunca kuruyup vadilere dönüşmüş eski yataklar sebep olmuştur. Bu veri, Biga Yarımadası'nın kuzey kesimindeki yaklaşık 80 m kalınlıkta olan alüvyal alanları açıklamaktadır. Buna bağlı olarak, Biga ve kuzeyinin sismik aktiviteyle deprem dalgalarını şiddetle yansıtacağı ve zemin büyütme oranlarının oldukça yüksek olacağı görülmektedir (Efe 1993). Bu makale kapsamında, kullanılacak olan olasılıksal sismik tehlike analizi sayesinde bölgeye ait geçmiş deprem verilerine dayanarak elde edilen moment dağılımı ile deprem büyüklüklerinin periyotları belirlenmiş, oluşabilecek pik moment magnitüdleri hesaplanmıştır. Bu çalışmada ilçenin jeolojik durumu, sismik hareketliliği ve deprem geçmişi göz önüne alınarak olasılıksal sismik tehlike analizi kullanılarak ilçenin depremselliği belirlenmiştir.

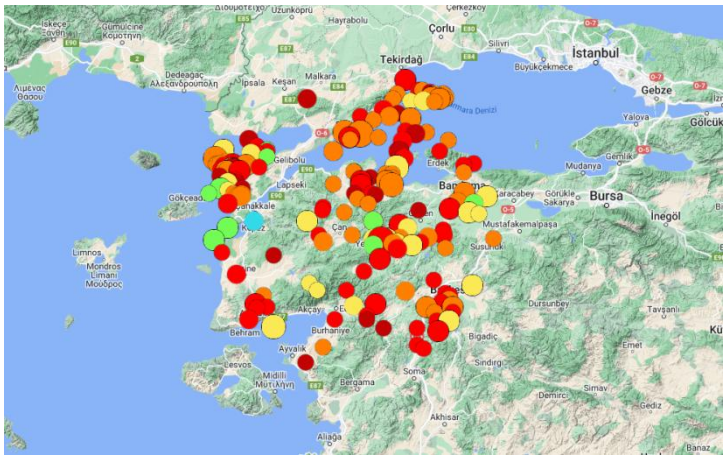
2. Materyal ve Metot

Çalışmada Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE)'nün Bölgesel Deprem-Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi (BDTİM)'nde deprem kataloğu sekmesinde 1900 yılı sonrasında gerçekleşen depremler belirlenmiştir. Biga merkezli, 100 km yarıçaplı dairesel çalışma alanı oluşturulmuş (Şekil 1) depremin gerçekleştiği azami derinlik 300 km, büyüklük aralığı 4 ila 10 arasında ve zaman aralığı da 1 Ocak 1900 ile 1 Ocak 2022 tarihleri olarak sınırlandırıldığında 192 adet deprem gerçekleştiği

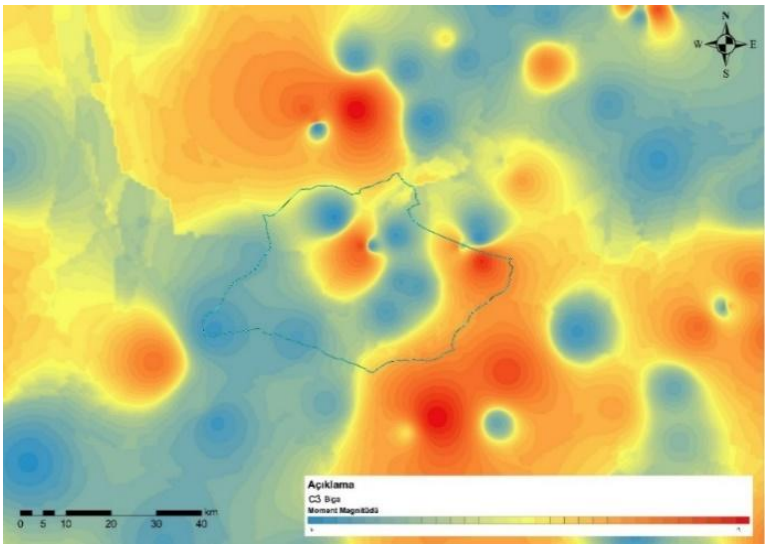
görülmüştür (Şekil 2). Tüm depremlerin büyüklükleri moment magnitüd türüne (M_w) göre listelenmiştir (Şahin vd. 2018). Depremler ArcGis adlı bilgisayar uygulaması üzerinden haritalandığında çalışma sahasındaki ana şokların dağılımı daha net görülmektedir (Şekil 3).



Şekil 1. Biga merkezli 100 km yarıçaplı alanda gerçekleşen ana şok depremleri ve yerbulduru haritası



Şekil 2. Kandilli Rasathanesi'nin veri tabanında çalışma alanında gerçekleşen 1900 yılı sonrası depremler



Şekil 3. Çalışma sahası içerisinde aletsel dönemde kaydedilmiş depremlerin ürettiği moment magnitüdlerinin arazide zeminden bağımsız dağılımı

2.1. Olasılıksal Deprem Tehlike Analizi

Poisson modelinin kullanıldığı (Kayabalı 1995) çalışmada, ilk olarak çalışma sahası içerisinde gerçekleşmiş olan depremlerin frekans ilişkilerinin tespiti (Tablo 1) ve ikinci olarak deprem sayılarına bağlı olarak magnitüd-frekans ilişkisine ait eğri denklemi ortaya çıkarılmıştır (Gutenberg ve Richter 1944). Depremsellik parametreleri ışığında (Işık 2013; Tabban ve Gencoğlu 1975) çalışma sahasının olasılık değerleri ve dönüşüm periyotları Tablo 2'te verilmiştir.

Tablo 1. Deprem magnitüd ortalama değerleri ile frekansları

ΣM	4.0≤M<4.5	4.5≤M<5.0	5.0≤M<5.5	5.5≤M<6.0	6.0≤M<6.5	6.5≤M<7.0
N	65	26	19	12	2	3
M_{ort}	4.2	4.7	5.2	5.6	6.2	6.7
ΣN	127	62	36	17	5	3
Log (ΣN)	2,1038	1,7924	1,5563	1,2304	0,6990	0,4771

Merkez noktası ve 100 km'lik yarıçapıyla belirlenen çalışma sahasında yer alan aktif fayların listesi, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) bünyesinde Yenilenmiş Diri Fay Haritaları'ndan yararlanılarak çıkarılmıştır. Fay uzunlukları ve orijin noktasına mesafesi incelenerek üretebileceği en yüksek deprem büyüklüğü belirlenmiş ve Tablo 3'te verilmiştir. Çalışma sahasında 25 adet farklı diri fay tespit edilmiştir (MTA 2023).

Tablo 2. Çalışma sahasının olasılık değerleri ve dönüşüm periyotları

M_w	n(M)	Yıllara Bağlı Sismik Risk					T_r
		R_1	R_{10}	R_{30}	R_{50}	R_{100}	
4.0	1,029	0,643	0,999	1	1	1	1,0
4.1	0,881	0,586	0,999	1	1	1	1,1
4.2	0,754	0,530	0,999	1	1	1	1,3
4.3	0,646	0,476	0,998	1	1	1	1,5
4.4	0,553	0,425	0,996	1	1	1	1,8
4.5	0,474	0,377	0,991	0,999	1	1	2,1
4.6	0,406	0,333	0,983	0,999	1	1	2,5
4.7	0,347	0,293	0,969	0,999	1	1	2,9
4.8	0,297	0,257	0,949	0,999	1	1	3,4
4.9	0,255	0,225	0,922	0,999	0,999	1	3,9
5.0	0,218	0,196	0,887	0,998	0,999	1	4,6
5.1	0,187	0,170	0,845	0,9963	0,999	1	5,4
5.2	0,160	0,148	0,798	0,992	0,999	1	6,3
5.3	0,137	0,128	0,745	0,983	0,998	0,999	7,3
5.4	0,117	0,111	0,690	0,970	0,997	0,999	8,5
5.5	0,100	0,095	0,633	0,951	0,993	0,999	10,0
5.6	0,086	0,082	0,576	0,924	0,986	0,999	11,6
5.7	0,074	0,071	0,521	0,889	0,975	0,999	13,6
5.8	0,063	0,061	0,467	0,848	0,957	0,998	15,9
5.9	0,054	0,052	0,417	0,802	0,933	0,995	18,5
6.0	0,046	0,045	0,369	0,749	0,901	0,990	21,7
6.1	0,039	0,039	0,327	0,695	0,862	0,981	25,3
6.2	0,034	0,033	0,287	0,638	0,816	0,966	29,5
6.3	0,029	0,029	0,252	0,581	0,765	0,945	34,5
6.4	0,025	0,024	0,220	0,525	0,711	0,916	40,3
6.5	0,021	0,021	0,191	0,472	0,655	0,881	47,0
6.6	0,018	0,018	0,166	0,421	0,598	0,838	54,9
6.7	0,016	0,015	0,144	0,373	0,541	0,789	64,2
6.8	0,013	0,013	0,125	0,329	0,487	0,737	74,9
6.9	0,011	0,011	0,108	0,290	0,435	0,681	87,5
7.0	0,009	0,009	0,093	0,254	0,387	0,624	102,2

Tablo 3. Biga ilçesi ve 100 km yarıçaplı dairesel dış alanı içerisindeki diri faylar (MTA 2023)

Fay No:	Fay Adı	R (km)	SRL (km)	K	$M_{w_{max}}$
1	KAFZ - Saros Segmenti	72,8	56	DA	7.1079
2	KAFZ - Ganos Segmenti	51,7	109	DA	7.4434
3	KAFZ - Tekirdağ Segmenti	67,7	42	DA	6.8711
4	Karabiga Fayı	18,1	18,2	NB	6.5417
5	Ortaburun Sırtı	15,2	5,6	NB	5.9479
6	Biga-Çan Fay Zonu	3,4	44,9	DA	6.9966
7	Yaykın Çizgiselliği	12,8	14,5	NB	6.4272
8	Sarıköy Fayı	14,7	65,5	DA	7.1868
9	Sinekçi Fayı	7,2	32,6	T	6.8353
10	Gündoğan Fayı	24,7	19,7	DA	6.5816
11	Edincik Fayı	43,1	29,9	DA	6.7918
12	Bandırma Fayı	69,2	32,1	NB	6.8275
13	Karacabey Fayı	91,1	25,9	NB	6.7194
14	Mustafakemalpaşa Fayı	92,8	35,8	DA	6.8825
15	Manyas Fay Zonu	50	32,7	DA	6.8369
16	Akçapınar Fayı	31,4	18,2	NB	6.5417
17	Yenice Gönen Fayı	31,7	86,5	DA	7.3269
18	Balıkesir Fayı	72,8	65,2	DA	7.1845
19	Havran – Balya Fay Zonu	65,6	90,7	DA	7.3508
20	Şamlı Fayı	58,8	9,5	NB	6.2142
21	Eybek Çizgiselliği	50,5	42,1	NB	6.9642
22	Pazarköy Fayı	41,9	35,2	DA	6.8740
23	Bekten Fayı	25,3	16,3	DA	6.4861
24	Evciler Fayı	36,3	46,3	DA	7.0121
25	Edremit Fay Zonu	55,5	74,6	N	7.2524

2.1.Azalım İlişkisi

Azalım ilişkisin, aletsel olarak deprem büyüklüğünün tespit edilebildiği dönemde oluşan ve ivme değerleri okunabilmiş sismik aktivitelerden elde edilen farklı araştırmacılar tarafından geliştirilmiş istatistiksel verilere dayanan yer hareketi tahminini sağlayan bağıntılardır (Koçyiğit vd. 2010). Fay hattından uzaklaştıkça yer ivme değerinin nasıl bir değişim gösterdiği bu bağıntılar sayesinde önceden anlaşılabilmektedir. Ulusay ve arkadaşlarının (2004) geliştirdiği azalım ilişkisi (Ulusay vd. 2004) Eşitlik 1'de verilmiştir (Tablo 4).

$$PGA = 2.18e^{0.0218(33.3M_w - R_e + 7.8427S_A + 18.9282S_B)} \quad (1)$$

Tablo 4. Biga ilçe merkezinde, çalışma sahasınca saptanan sismik kaynaklar sebebi ile oluşabilecek pik yer ivme değerleri (Ulusay, Tuncay, Sönmez ve Gökçeoğlu'nun 2004'te sunduğu azalım ilişkisi sonucu)

Fay No:	R_e (km)	SRL (km)	M_{max}	PGA (gal)		
				Kaya	Zemin	Yumuşak Zemin
1	72,8	56	7,1079	77,65	92,13	117,31
2	51,7	109	7,4434	156,92	186,18	237,07
3	67,7	35	6,8711	73,07	86,70	110,40
4	18,1	18,2	6,5417	169,63	201,26	256,27
5	15,2	5,6	5,9479	117,42	139,32	177,40
6	3,4	44,9	6,9966	325,16	385,79	491,25
7	12,8	14,5	6,4272	175,22	207,89	264,72
8	14,7	65,5	7,1868	291,80	346,21	440,85
9	7,2	32,6	6,8353	266,24	315,88	402,24
10	24,7	19,7	6,5816	151,21	179,41	228,45
11	43,1	29,9	6,7918	117,94	139,93	178,18
12	69,2	32,1	6,8275	68,52	81,30	103,52
13	91,1	25,9	6,7194	39,30	46,63	59,38
14	92,8	35,8	6,8825	42,63	50,58	64,41
15	50	32,7	6,8369	104,85	124,39	158,40
16	31,4	18,2	6,5417	126,93	150,60	191,77
17	31,7	86,5	7,3269	223,00	264,58	336,91
18	72,8	65,2	7,1845	82,09	97,40	124,02
19	65,6	90,7	7,3508	108,36	128,57	163,72
20	58,8	9,5	6,2142	55,07	65,34	83,20
21	50,5	42,1	6,9642	113,75	134,96	171,85
22	41,9	35,2	6,8740	128,51	152,47	194,15
23	25,3	16,3	6,4861	139,26	165,22	210,39
24	36,3	46,3	7,0121	160,51	190,43	242,49
25	55,5	74,6	7,2524	125,74	149,18	189,97

İnan ve arkadaşlarının (1996) geliştirdiği azalım ilişkisi (İnan vd. 1996) Eşitlik (2)'de, Aydan ve arkadaşlarının (1996) sunduğu, Aydan (2001)'ın geliştirdiği azalım ilişkisi (Aydan, Sedaki, ve Yarar 1996)

Eşitlik 3'te, Beyaz (2004)'ın geliştirdiği azalım ilişkisi (Beyaz 2004) Eşitlik 4'te, Yunatçı (2010)'nın geliştirdiği azalım ilişkisi (Yunatçı 2010) Eşitlik 5'te, Gülkan ve Kalkan (2002)'ın sunduğu, 2004'te geliştirdiği azalım ilişkisi (Gülkan ve Kalkan 2002) Eşitlik 6'da ve Boore ve arkadaşlarının (1997) sunduğu azalım ilişkisi (Boore, Joyner, ve Fumal 1997) Eşitlik 7'de verilmiştir.

$$\mathbf{PHA = 10^{(0.65M-0.9LogR-0.44)}} \quad \mathbf{(2)}$$

$$\mathbf{PHA = 2.8(e^{0.9M} - 1)e^{-0.025R}} \quad \mathbf{(3)}$$

$$\mathbf{\log(PHA) = 2.08 + 0.0254M_w^2 - 1.001\log(R+1)} \quad \mathbf{(4)}$$

$$\mathbf{\ln(PHA) = b_1 + b_2(M_w - 6,2) + b_3(M_w - 6,2)^2 + [b_4 + b_5(M_w - 6,2)]\ln\left(R^2 + b_6^2\right)^{\frac{1}{2}} + b_7 SOFT + \sigma_\varepsilon} \quad \mathbf{(5)}$$

$$\mathbf{\ln(PHA) = b_1 + b_2(M_w - 6) + b_3(M_w - 6)^2 + b_5\ln(r) + b_v\ln\left(\frac{V_s}{V_a}\right)} \quad \mathbf{(6)}$$

$$\mathbf{\ln(PHA) = b_1 + b_2(M_w - 6) + b_3(M_w - 6)^2 + b_5\ln(r) + b_v\ln\left(\frac{V_s}{V_A}\right)} \quad \mathbf{(7)}$$

Tablo 5. Azalım ilişkilerine göre pik ivme değerleri

Fay No	PHA					
	İnan vd.	Aydan vd.	Beyaz	Yunatçı	Gülkan, Kalkan	Boore vd.
1	319,31	271,8	31,14	81,48	72,33	100,91
2	717,92	623,26	58,04	143,9	108,39	156,83
3	239,16	249,4	27,57	71,67	70,78	94,22
4	478,83	640,25	76,67	184,08	187,95	213,96
5	230,4	402,62	58,6	138,93	156,68	176,78
6	4260,52	1393,71	477,86	446,79	485,32	622,91
7	551,04	659,19	97,32	216,53	227,98	255,37
8	1516,56	1247,28	156,61	319,33	281,79	347,46
9	1703,6	1095,85	224,91	370,44	373,12	441,62
10	384,24	562,77	58,74	146,88	149,62	174,31
11	318,88	429,45	40,33	103,44	102,05	127,91
12	219,69	230,96	26,05	67,64	68,23	90,54
13	145,9	121,18	18,22	46,94	51,09	69,12
14	183,16	134,54	20,37	53,32	53,69	74,26
15	298,47	376,41	36,14	93,14	91,26	116,89
16	291,65	459,14	45,18	115	120,26	142,64
17	936,61	925,19	84,63	199,85	160,28	214,21
18	358,12	291,24	33,2	86,79	74,19	105,07

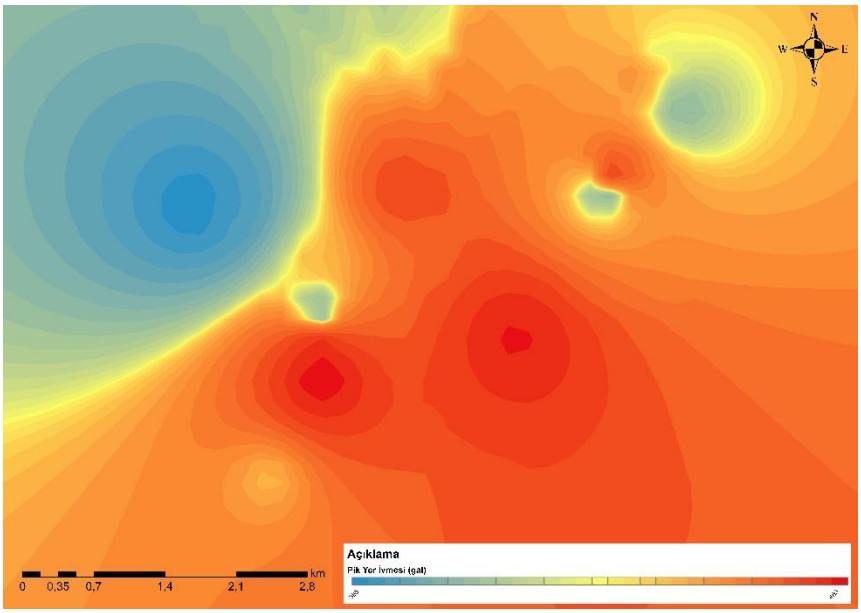
19	504,46	405,05	42,38	108,95	85,6	124,31
20	101,57	172,2	19,16	47,03	59,28	74,31
21	357,89	416,95	39,66	102,01	94,99	124,04
22	369,91	476,59	44,27	113,13	108,07	136,49
23	325,97	508,63	53,36	134,28	140,38	162,84
24	517,53	620,9	56,97	142,77	128,84	163,76
25	506,04	477,13	45,94	113,46	96,38	134,27

Elde edilen azalım ilişkilerinde 6 numara ile gösterilen Biga-Çan Fay Zonu'nun en büyük yer ivmesi üreteceği görülmektedir.

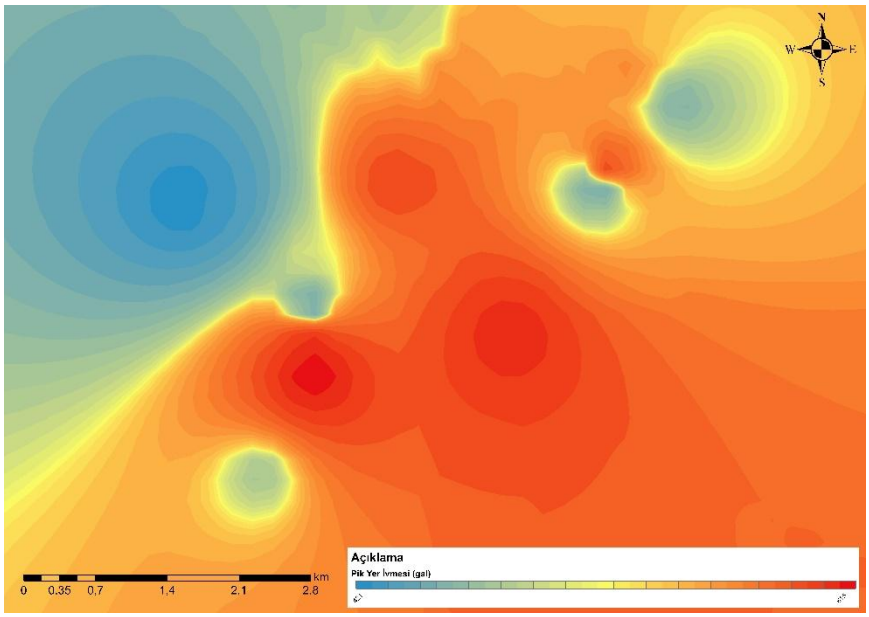
3. Bulgular ve Tartışma

Elde edilen azalım ilişkilerinden Ulusay ve arkadaşlarının (2004) önermesine göre ilçe merkezinde tüm yer tipleri için en yüksek pik ivme değeri 6 numara ile ifade edilen Biga-Çan Fay Zonu'nda görülmektedir. Bu zonun ilçe merkezinde yaratacağı ivmeler, kaya için 325,16 gal (0,33 g), zemin için 385,79 gal (0,39 g), yumuşak zemin için 491,25 gal (0,49 g) değerlerindedir. İnan ve arkadaşlarının (1996) önerdiği bağıntı kapsamında ise ivme değerleri, yer karakterine göre değil, tamamen fayın üretebileceği maksimum magnitüd değerine göre çalışmanın merkez noktası ile arasındaki mesafesine bağlıdır. En büyük ivme değerini 4260,52 gal büyüklüğü ile Biga-Çan Fayı oluştururken, 101,57 gal ile en düşük ivme değerini yaratan kırık ise Balıkesir il merkezinin kuzeyinde yer alan Karesi ilçesine bağlı Şamlı köyü yakınlarında bulunan Şamlı Fayı'dır. Aydan ve arkadaşlarının (1996) azalım ilişkisine göre 1393,71 gal (1,39 g) ivme değeri ile Biga-Çan Fay Zonu diğer bağıntı sonuçlarında olduğu gibi ilçe merkezini tehdit eden en önemli sismik kırıktır. Karacabey Fayı ise 121,18 gal (0,12 g) pik yer ivmesi ile ilçe merkezi açısından en az risk barındıran sismik kırıktır. Beyaz (2004)'ın sunduğu azalım ilişkisine göre Biga-Çan Fay Zonu 477,86 gal değerinde yer hareketine sebep olmaktadır. En düşük pik ivme değerini 18,22 gal ile Karacabey Fayı sağlamaktadır. Yunatçı (2010)'a göre Biga-Çan Fay Zonu 446,79 gal pik ivme değeri ile Biga ilçe merkezi için en tehlikeli fay konumundadır. 46,94 gal pik ivme değeri ile Karacabey Fayı'nın en az pik ivme değeri yaratan sismik kaynaktır. Gülkan ve Kalkan (2002)'ın azalım ilişkisi ile Biga ilçe merkezi için 485,32 gal değeriyle Biga-Çan Fay Zonu en büyük pik ivme değerini sağlamaktadır. 373,12 gal pik ivme değeri ile Sinekçi Fayı gelmektedir. Buna karşı en küçük pik ivme değerini ise 51,09 gal değeri ile Karacabey Fayı sağlamaktadır. Boore ve arkadaşlarının (1997) azalım ilişkisinde, diğer azalım ilişkisi sonuçlarında görüldüğü gibi en büyük pik yatay ivme büyüklüğünü 622,91 gal ile Biga-Çan Fay Zonu, en küçük yatay ivme büyüklüğünü ise 69,12 gal ile Karacabey Fayı sağlamaktadır. Diğer azalım ilişkileri ile kıyaslandığında tutarlı sonuçlar verdiği görülmektedir. Biga-Çan Fay Zonu'ndan hemen sonra en riskli

sismik kaynak olarak görülen Sinekçi Fayı 441,62 gal pik yer ivmesi ile Gülkan ve Kalkan'ın sunduğu azalım ilişkisine paralellik göstermektedir. Yapılan azalım ilişkileri sonucunda bulunan pik yer ivmesi değerlerinin tamamında Biga-Çan Fayı'nın ilçe merkezince en etkili sismik kırık olduğu görülmektedir. Azalım ilişkisi sonuçları kıyaslanırken Ulusay ve arkadaşlarının (2004) sunduğu ilişkide yumuşak zemin için verilen bağıntı göz önünde bulundurulmuştur. En yüksek değerler yumuşak zeminde görülse de diğer azalım ilişkilerine göre oldukça düşük pik ivme değerleri ile karşılaşılmıştır. Ancak fayın ilçe merkezine mesafesi ve üretebileceği maksimum moment büyüklüğü beraber göz önünde bulundurulduğunda, bu çalışma açısından en tutarlı sonucu Ulusay ve arkadaşlarının (2004) önerdiği azalım ilişkisinin verdiği anlaşılmaktadır. Elde edilen pik yer ivmesi değerleri ArcGis adlı bilgisayar uygulaması üzerinden haritalanarak ilçenin zemin karakterinden bağımsız deprem tehlikesi analiz edilmiştir (Şekil 4 ve Şekil 5).



Şekil 4. Gülkan ve Kalkan (2002)'ın azalım ilişkisine göre Biga ilçe merkezinde pik yer ivmesi haritası



Şekil 5. Boore ve arkadaşlarının (1997) azalım ilişkisine göre Biga ilçe merkezinde pik yer ivmesi haritası

4. Sonuçlar

Biga ilçe merkezi orijinli (40.1331 kuzey enlemi, 27.1437 doğu boylamı) ve 100 km yarıçaplı dairesel bir alan oluşturulmuş, sınırlar içerisinde kalan alanda 1900-2022 yılları arasında gerçekleşen depremler dikkate alınarak ilçenin depremselliği belirlenmiştir. Olasılıksal sismik tehlike analizi sonucunda gerçekleşmesi beklenen depremlerin 1, 10, 30, 50 ve 100 yıl içinde gerçekleşme olasılıkları belirlenmiş ve bu depremlerin ivmeleri hesap edilerek yerleşim alanlarındaki risk haritalanmıştır. Yalnızca ortalama kayma dalgası hızı göz önünde bulundurularak yapılan zemin değerlendirmesine göre Hamdibey Mahallesi'nin oldukça güvenli olduğu görülmektedir. Şirintepe ve Yeniceköy mahalleleri arasında hızın düştüğü dikkat çekmektedir. En düşük kayma dalgası hızı ise Sakarya Mahallesi'nde sağlanmaktadır. Sonuç olarak, ilçenin sismik aktiviteye maruz kaldığı, bu nedenle zemin açısından dikkat edilmesi gerektiği görülmüştür.

KAYNAKLAR

Aydan, Ö., M. Sedaki, ve R. Yarar. 1996. "The Seismic Characteristics of Turkish Earthquakes". *Eleventh World Conference on Earthquake Engineering* Mexico.

Beyaz, T. 2004. "Zemin Etkisinden Arındırılmış Deprem Kayıtlarına Göre Türkiye için Yeni Bir Deprem Enerjisi Azalım Bağıntısının Geliştirilmesi". Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Boore, David M., William B. Joyner, ve Thomas E. Fumal. 1997. "Equations for Estimating Horizontal Response Spectra and Peak Acceleration from Western North American Earthquakes: A Summary of Recent Work". *Seismological Research Letters* 68(1):128–53.

Efe, Recep. 1993. "Biga Yarımadası Kuzeydoğusunda Armutçuk Dağları ile Biga ve Gönen Çayları Arasındaki Çevrenin Jeomorfolojisi". İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü.

Gülkan, P., ve E. Kalkan. 2002. "Attenuation Modeling of Recent Earthquakes in Turkey". *Journal of Seismology* 6:397–409.

Gutenberg, B., ve C. F. Richter. 1944. "Frequency of Earthquakes in California". *Bulletin of the Seismological Society of America* 34:185–88.

İnan, E., Z. Çolakoğlu, N. Koç, N. Bayülke, ve E. Çoruh. 1996. "1976 – 1996 Yılları Arası İvme Kayıtları Olan Deprem Kataloğu". S. 98 içinde *Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı*. Ankara.

Işık, Ercan. 2013. "Bitlis İli'nin Depremselliği". *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* 29(3):267–73.

Kayabalı, Kamil. 1995. "Sismik Tehlike Analizi : Teori ve Uygulama". *Jeoloji Mühendisliği* 46:28–43.

Koçyiğit, A., M. S. Yücemen, R. Ulusay, A. Yakut, M. Erdik, Ö. Emre, C. Erkmen, ve N. Yılmaz. 2010. *Deprem Tehlike Analizleri ve Haritaları Çalışma Grubu Strateji Raporu*.

MTA. 2023. "Yenilenmiş Diri Fay Haritaları". *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü*. Tarihinde (https://www.mta.gov.tr/v3.0/hizmetler/yenilenmis-diri-fay-haritalari).

Şahin, Yunus Emre, Tahir Serkan Irmak, Hamdullah Livaoğlu, ve Evrim Yavuz. 2018. "Marmara Bölgesi Orta-Küçük Depremlerinin Mw-ML Dönüşüm Bağıntısı". *Uygulamalı Yerbilimleri Dergisi* 2018:127–35. doi: 10.30706/uybd.363235.

Tabban, A., ve S. Gencoğlu. 1975. "Deprem ve Parametreleri". *Deprem Araştırma Bülteni* 11:7–83.

Türkelli, Niyazi. 2008. "Sismik Ağların Deprem Tehlike Analizlerine Katkısı". *Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Jeofizik Bölümü*.

Ulusay, R., E. Tuncay, H. Sönmez, ve C. Gökçeoğlu. 2004. "An Attenuation Relationship Based on Turkish Strong Motion Data and Iso-Acceleration Map of Turkey". *Engineering Geology* 74(3–4):265–91.

Yunatçı, A. A. 2010. "GIS Based Seismic Hazard Mapping of Turkey". Middle East Technical University.