SAKARYA ÜNİVERSİTESİ DEPREM KAYIT İSTASYONUNUNA AİT SÜREYE BAĞLI BÜYÜKLÜK HESABI

E. Yavuz[1], G. Altun[2], G. Horasan[3]

[1] *Araştırma Görevlisi, Jeofizik Müh. Bölümü, Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Sakarya*
[2] *Öğrenci, Jeofizik Müh. Bölümü, Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Sakarya*
[3] *Profesör, Jeofizik Müh. Bölümü, Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Sakarya*
Email: eyavuz@sakarya.edu.tr

ÖZET:

Bu çalışmada Sakarya Üniversitesi Deprem Kayıt İstasyonu'na (SAUV) ait düşey bileşen kayıtlarından yararlanılarak süreye bağlı magnitüd bağıntısı elde edilmiştir. Yerel ve mikro depremlerin büyüklük hesabında yaygın olarak kullanılan süreye bağlı magnitüd için kaydedilen depremlerin kayıt üzerindeki zamana bağlı olarak azalan süresinden yararlanılmaktadır. Süreye bağlı magnitüd bağıntısındaki "a, b, c" katsayıları En Küçük Kareler yöntemi ile hesaplanmıştır. Bu katsayılar istasyonun bulunduğu bölgenin jeolojik yapısına, episantır uzaklığına, odak derinliğine ve aletin özelliğine bağlı olarak istasyondan istasyona farklılıklar göstermektedir. Çalışmada 21 Mart 2012 – 24 Şubat 2013 tarihleri arasında kaydedilen büyüklüğü 4.2'den küçük ve uzaklığı 337 km'den az olan 81 adet deprem verisi kullanılmıştır. Bu veri grubundan bulunacak olan a, b, c parametreleri bir paket program yardımı ile hesaplanmış ve SAUV'ye ait süreye bağlı magnitüd formülü, $Md = (1{,}06278 \pm 0{,}26791) + (0{,}62659 \pm 0{,}12214).(\log T)^2 + (0{,}00014 \pm 0{,}00131).D$ şeklinde bulunmuştur.

ANAHTAR KELİMELER: Magnitüd, kayıt süresi, uzaklık

1. GİRİŞ

Depremi kaydeden aygıtların (sismograf) yapılmaya başlanmasıyla birlikte aletsel kayıtlara bağlı olarak depremin ölçüsünü belirleyen ölçeklerin kullanılması gündeme gelmiştir. 1935'de Charles Richter Ml ile belirtilen ve sismograflarda izlenen deprem kayıtlarının genliklerinden hesaplanan Richter büyüklüğü adı verilen bir ölçek geliştirmiştir. Bu ölçek yakın depremler için kullanılmaktadır. Daha sonra Gutenberg ve Richter (1956), mb cisim ve Ms yüzey dalgası magnitüdlerini geliştirmiştir. Farklı magnitüd ölçekleri farklı sismik fazların genlik ölçümleri veya toplam sinyal süresinin esas alınması ile belirlenmektedir.

Yerel ve mikro depremlerin büyüklük hesabında yaygın olarak kullanılan süreye bağlı magnitüd için ise kaydedilen depremlerin kayıt üzerindeki zamana bağlı olarak azalan süresinden yararlanılmaktadır. Bisztriscany (1958)'de deprem süresinin magnitüdle ilişkili olduğunu göstermiştir. Süreye bağlı magnitüd ölçeği için genel formülde süre gözlemleri ve episantır uzaklığı bilinmelidir. Real ve Teng (1973), Bakun (1984), Michaelson (1990), Eaton (1992), Mouayn vd. (2004) gibi araştırmacılar hiposantır uzaklığı, kayıtçı yerin düzeltmesi ve alet düzeltmesini içeren süreye bağlı farklı magnitüd modelleri önermişlerdir.

Bu çalışmada, 7 Şubat 2012 yılında kurulan SAUV istasyonunda 24 Şubat 2013 tarihine kadar kaydedilen deprem verileri kullanılarak SAUV deprem istasyonuna ait süreye bağlı magnitüd bağıntısını elde edilmektedir.

2. YÖNTEM

Depremler moment magnitüdü, lokal magnitüd, yüzey dalgası magnitüdü, cisim dalgası magnitüdü, enerji magnitüdü ve süreye bağlı magnitüd hesapları yapılarak büyüklüklerine göre sınıflandırılmaktadırlar. Bu çalışmada ise, bahsi geçen büyüklüklerden süreye bağlı magnitüd (Md) hesaplaması yapılmıştır. Kullanılan büyüklük hesabı, deprem dalgasının kayıt üzerindeki devam süresi kullanılarak hesaplanmaktadır. Sismogram üzerindeki depremin kayıt süresi gerçekleşen sismik olayın büyüklüğü ile kuvvetli bir şekilde ilişkilidir (Bisztricsany, 1958, 1959). Bu metod büyüklüğü 4.0'dan küçük ve 400 km'den daha yakın depremler için sağlıklı olarak kullanılmaktadır. Buna bağlı olarak kullanılan formül;

$$Md = a + b.\log T + c.D \quad (1)$$

şeklinde verilmektedir. Bu formülde T, kayıt üzerindeki süre (sn), D, episantır mesafesi, a, istasyona bağlı bir katsayı, b, azalım (attenüasyon) ile ilgili katsayı, c ise uzaklığa ait bir parametredir. İstasyonun bulunduğu bölgenin jeolojik yapısına, aletsel özelliğine, depremin uzaklığına ve derinliğine bağlı olarak bu katsayılar farklılık gösterirler. Ele alınan depremlerin kayıt süresi – büyüklük grafiği çıkarıldığında bazen büyük magnitüdlerde doğru bir eğrisellik görülebilir. Bu durumda (1) no'lu formüldeki logT değeri yerine (2) nolu formüldeki $\log(T)^2$ ifadesi kullanılmaktadır.

$$Md = a + b.\log(T)^2 + c.D \quad (2)$$

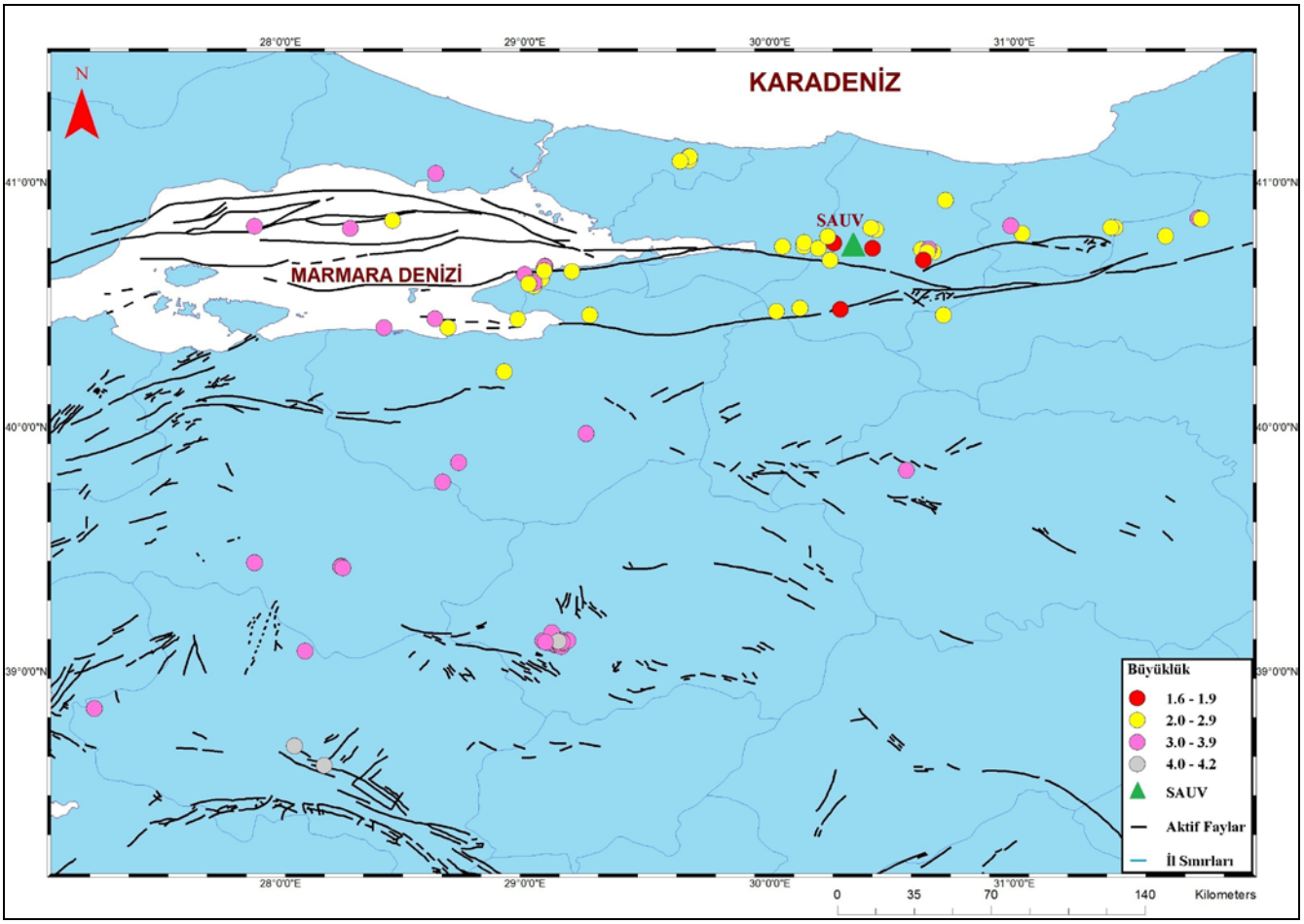
Herman (1975)'de mb – logT bağıntısının doğrusallıktan sapmasını, alet tepkisi ve kaynak spektrumundaki köşe frekansının büyüyen olay boyutuyla kayması ile açıklamıştır.

3. BULGULAR

SAUV istasyonunun kaydetmiş olduğu depremler arasından büyüklüğü 4.2'den küçük, uzaklığı 400 km'den yakın olan ve sinyal/gürültü oranı büyük olan 81 adet deprem verisi seçilmiştir. Md hesabına ilişkin geliştirilen çözümler aşağıda ele alınmıştır.

3.1. Depremlerin Dağılımı

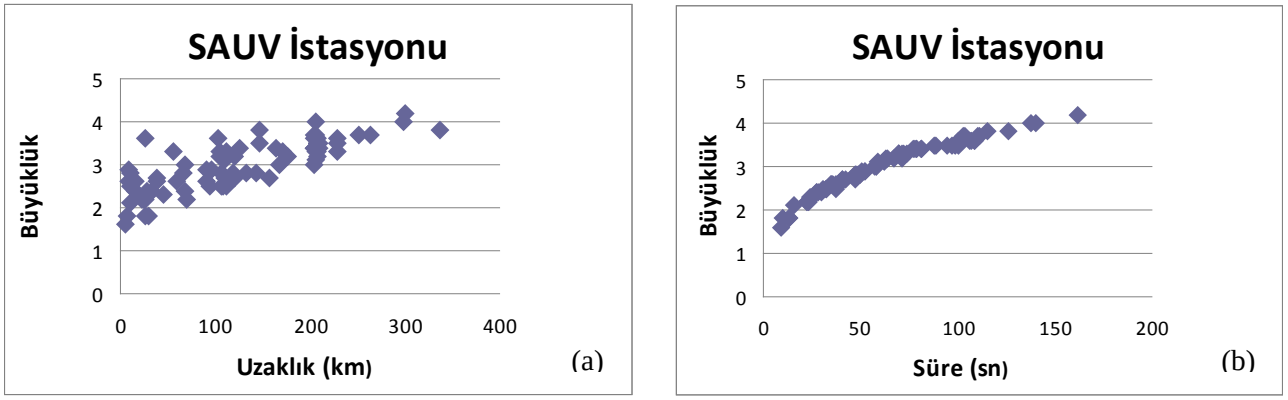
Bu çalışmada Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE) Ulusal Deprem İzleme Merkezi (UDİM)'nin katkılarıyla kurulan ve Sakarya Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü'ne ait olan SAUV deprem istasyonuna ait sayısal deprem veriler kullanılmıştır. Depremler ise International Seismological Center (ISC) kataloğundan seçilmiştir. SAUV istasyonu GURALP CMG-3TD tipinde, geniş bantlı bir sismometreye sahip olup örnekleme aralığı 100 sps'dir ve üç bileşenli kayıt alınmaktadır. Çalışmada kullanılan depremlerin bu istasyona uzaklığı en fazla 337 km ve büyüklüğü ise en büyük 4.2'dir. Tablo 1'de çalışmada kullanılan deprem verilerine ait parametreler verilmiştir. Depremlerin dağılımı ise ArcGIS 10.0 programında çizilmiştir ve Şekil 1.'de gösterilmiştir.



Şekil 1. 21 Mart 2012 – 24 Şubat 2013 tarihleri arasında çalışmada kullanılan depremlerin dağılımı. Depremler büyüklüklerine göre farklı renkli daireler ile, istasyonun konumu ise üçgen şeklinde verilmiştir.

3.2. Kayıt Sürelerinin Belirlenmesi

Çalışmada kullanılan zaman aralığı içerisindeki kaydedilen depremlerin SAUV istasyonunda kaydedilip kaydedilmediğine bakılmıştır. Kayıt Süreleri Güralp'in Scream 4.5 programı yardımıyla okunmuştur. İncelenen zaman zarfı içerisinde bulunan depremlerin kayıtları bulunmuş ve daha yakın ölçekte incelenerek en doğru kayıt süresi okunmuştur. Bu ölçüm yapılırken, sinyalin başlangıcından önceki sinyal/gürültü oranı ile depremin bittiği andaki sinyal/gürültü oranı eşitlendiği ana kadar okuma yapılmıştır. Süresi tam okunmayan depremler hata miktarını arttıracağı düşünülerek hesaba katılmamıştır. Çalışmada patlatma verilerine ait kayıtlar kullanılmamıştır. Böylece 81 adet deprem verisi için süre okuması yapılmıştır. Her bir depremin SAUV istasyonuna olan uzaklığı hesaplanmıştır. Bu depremlere ait uzaklık – büyüklük grafiği (Şekil 2a) ve süre – büyüklük grafiği (Şekil 2b) çizilmiştir.



Şekil 2. SAUV İstasyonu'na ait (a) uzaklık – büyüklük ve (b) süre – büyüklük grafikleri

3.3. "a, b, c" Parametrelerinin Belirlemesi

Her bir kayıt süresi hesaplanan depremin SAUV istasyonuna olan uzaklığı hesaplanmıştır. Sırasıyla uzaklık – süre ve magnitüd olacak şekilde 81 adet deprem verisi bilgilerinin yazıldığı bir input dosya hazırlanmıştır. Süre – büyüklük dağılımını en iyi temsil eden doğru En Küçük Kareler yöntemi ile belirlenmiştir. Sonuçta a, b, c parametreleri ve standart sapmaları program çıktı dosyasından elde edilmiştir. Elde edilen bu parametreler Tablo 2.'de verilmiştir. Büyüklük, süre dağılımından elde edilen korelasyon katsayısı ise 0.99557 olarak bulunmuştur.

Tablo 2. SAUV istasyonuna ait programdan elde edilen a, b, c parametreleri

	Değer	Standart Sapma
a	1.06278	0.26791
b	0.62659	0.12214
c	0.00014	0.00131

4. SONUÇLAR

SAUV istasyonuna ait süreye bağlı magnitüd formülü, 21 Mart 2012 – 24 Şubat 2013 tarihleri arasında kaydedilen büyüklüğü 4.2'den küçük ve uzaklığı 337 km'den az olan 81 adet deprem verisinden elde edilmiştir. Elde edilen süreye bağlı magnitüd, formül (3)'de verildiği gibidir.

$$Md = (1{,}06278 \pm 0{,}26791) + (0{,}62659 \pm 0{,}12214).(\log T)^2 + (0{,}00014 \pm 0{,}00131).D \quad (3)$$

Böylece, SAUV istasyonunda kaydedilen bir depremin sinyal süresi ölçülerek, depremin büyüklüğü kolayca belirlenecektir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan deprem verilerine ait parametreler

Sayı	Tarih	Oluş Zamanı	Enlem (K^O)	Boylam (D^O)	Derinlik (km)	Uzaklık (km)	Azimut	Süre (sn)	Magnitüd
1	21/03/2012	22:37:03.40	40.6573	29.0792	3.1	105	84.6	67,00	3,2
2	22/03/2012	20:25:50.80	40.6560	29.0778	5.4	105	84.5	72,00	3,3
3	28/03/2012	20:22:30.10	40.4063	28.6833	5.3	143	74.5	49,00	2,8
4	29/03/2012	19:45:52.90	40.6067	29.0647	5.4	107	81.7	50,00	2,8
5	13/04/2013	21:39:10.50	39.8555	28.7258	5.9	167	53.6	57,00	3,0
6	14/04/2012	23:37:55.90	40.7903	31.0293	11.1	59	264.8	39,00	2,6
7	20/04/2012	02:43:18.50	39.1092	29.1217	2.3	208	29.2	100,00	3,5
8	20/04/2012	02:48:08.20	39.1243	29.1250	5.8	206	29.3	106,00	3,6
9	20/04/2012	02:54:04.30	39.1117	29.1177	5.2	208	29.3	99,00	3,5
10	26/04/2012	23:46:53.40	39.1018	29.1457	5.0	208	28.6	70,00	3,3
11	27/04/2012	02:54:00.10	39.1157	29.1537	5.0	206	28.6	81,00	3,4
12	27/04/2012	22:56:34.20	39.1322	29.1302	8.0	205	29.3	79,00	3,4
13	08/05/2012	02:31:13.60	39.1190	29.0928	3.6	208	29.9	95,00	3,5
14	10/05/2012	02:14:25.40	39.1297	29.0915	7.7	207	30.1	109,00	3,6
15	10/05/2012	16:40:19.60	40.7378	30.0512	13.0	23	89.3	22,00	2,2
16	18/05/2012	01:47:52.90	39.4453	27.8912	3.7	252	54.4	110,00	3,7
17	20/05/2012	01:41:50.30	40.7390	30.1377	5.1	16	89.5	37,00	2,6
18	21/05/2012	22:43:37.30	39.1218	29.1363	6.9	206	29.1	59,00	3,1
19	25/05/2012	20:44:13.40	39.1243	29.0708	8.8	209	30.4	77,00	3,4
20	31/05/2012	02:35:02.40	40.8448	28.4563	8.1	157	93.6	47,00	2,7
21	05/06/2012	19:42:26.20	39.1228	29.1315	6.4	206	29.2	70,00	3,3
22	12/06/2012	04:53:50.10	40.8083	30.4325	10.2	11	229.5	47,00	2,8
23	12/06/2012	12:22:49.00	40.8150	30.4115	6.6	11	220.5	31,00	2,5
24	22/06/2012	21:34:04.20	39.1140	29.1403	7.7	207	28.9	63,00	3,2
25	24/06/2012	10:52:17.20	40.8205	27.8922	15.7	205	91.7	78,00	3,4
26	25/06/2012	03:08:13.70	39.1275	29.1720	5.3	204	28.4	81,00	3,4
27	27/06/2012	03:43:07.20	39.0830	28.0985	5.4	264	45.2	103,00	3,7
28	28/06/2012	00:26:22.90	38.8482	27.2375	12.4	337	50.5	126,00	3,8
29	28/06/2012	17:46:06.70	40.4853	30.1215	9.4	33	31.4	27,00	2,4
30	30/06/2012	03:11:56.80	39.1273	29.1452	9.6	205	29	107,00	3,6

31	09/07/2012	13:15:45.60	40.8167	31.4093	5.1	91	265	35,00	2,6
32	10/07/2012	09:13:42.70	40.4722	30.0253	5.5	39	40.4	36,00	2,6
33	11/07/2012	21:32:49.70	40.8163	31.3940	5.3	90	265	52,00	2,9
34	20/07/2012	04:29:46.00	40.8543	31.7490	7.1	120	264.4	64,00	3,2
35	31/07/2012	01:23:33.10	40.8502	31.7613	5.2	121	264.7	42,00	2,7
36	02/08/2012	17:55:44.70	40.5760	29.0320	6.2	110	80.1	41,00	2,7
37	03/08/2012	14:54:08.50	40.6355	29.1885	5.3	96	82.7	52,00	2,9
38	04/08/2012	02:23:51.60	38.7030	28.0628	11.0	300	39.6	162,00	4,2
39	07/08/2012	23:17:37.80	38.6957	28.0553	9.7	298	39.8	140,00	4,0
40	08/08/2012	13:02:29.10	40.4428	28.6293	5.9	147	76.5	97,00	3,5
41	26/08/2012	14:04:08.50	40.4415	28.9673	5.1	119	73.4	48,00	2,8
42	03/09/2012	23:46:14.20	39.7755	28.6615	5.0	177	52.3	71,00	3,2
43	16/09/2012	10:35:22.90	39.1318	29.1337	6.8	205	29.3	104,00	3,7
44	04/10/2012	01:07:58.90	39.1577	29.1083	5.0	204	30.2	58,00	3,0
45	05/10/2012	12:58:09.90	39.1200	29.1495	2.7	206	28.8	111,00	3,7
46	14/10/2012	08:36:39.30	40.6825	30.2453	7.1	9	47.1	51,00	2,9
47	14/10/2012	15:47:25.60	40.7305	30.4187	7.5	7	277.9	10,00	1,8
48	19/10/2012	08:17:24.90	41.0370	28.6335	14.2	146	102.5	115,00	3,8
49	20/10/2012	23:42:19.70	40.8133	28.2838	11.0	172	92	70,00	3,3
50	21/10/2012	00:48:09.40	40.6250	28.9965	10.6	112	83.1	70,00	3,3
51	24/10/2012	01:03:59.10	40.7165	30.6677	11.8	28	275.3	30,00	2,4
52	30/10/2012	00:12:35.30	39.1240	29.1338	13.0	206	29.1	138,00	4,0
53	03/11/2012	17:27:22.00	40.5887	29.0348	5.1	110	80.8	62,00	3,1
54	03/11/2012	17:48:29.80	40.5858	29.0127	4.8	112	80.8	32,00	2,5
55	06/11/2012	03:21:21.90	39.1202	29.0810	8.3	209	30.1	88,00	3,5
56	08/11/2012	03:54:35.40	40.2268	28.9133	5.2	132	64	47,00	2,8
57	09/11/2012	20:03:52.70	40.7262	30.6188	8.5	24	273.7	22,00	2,2
58	13/11/2012	00:02:06.20	40.6388	29.0753	5.4	106	83.5	37,00	2,5
59	13/11/2012	18:17:29.80	40.7537	30.1397	7.1	15	95.4	28,00	2,4
60	16/11/2012	01:54:57.20	39.8227	30.5572	5.0	103	349.2	109,00	3,6
61	18/11/2012	21:51:47.40	40.4578	29.2633	4.4	95	70.4	32,00	2,5

62	05/12/2012	23:59:08.40	40.4572	30.7082	5.7	45	314.5	24,00	2,3
63	06/12/2012	21:23:09.00	40.7803	31.6163	4.9	108	268.1	32,00	2,5
64	08/12/2012	22:10:20.30	40.4055	28.4215	5.7	165	76.4	79,00	3,4
65	09/12/2012	04:45:35.80	40.7280	30.6478	2.8	27	273	102,00	3,6
66	16/12/2012	22:59:32.10	40.8225	30.9837	6.1	56	260.8	74,00	3,3
67	22/12/2012	19:43:54.30	39.4313	28.2462	13.8	229	49.9	89,00	3,5
68	23/12/2012	02:31:49.60	39.4282	28.2447	14.3	229	49.9	100,00	3,6
69	23/12/2012	23:08:26.80	39.4233	28.2533	13.2	229	49.6	71,00	3,3
70	15/01/2013	01:48:16.70	41.0913	29.6698	8.4	67	125	50,00	2,8
71	15/01/2013	18:41:16.70	41.1060	29.6667	7.3	68	126	58,00	3,0
72	15/01/2013	19:51:33.20	41.1060	29.6700	8.2	68	126.2	27,00	2,4
73	15/01/2013	21:43:07.90	41.0873	29.6322	7.0	70	123.2	23,00	2,2
74	18/01/2013	03:04:19.80	40.7140	30.6438	11.6	26	276.3	23,00	2,2
75	19/01/2013	10:45:18.00	40.7312	30.1967	5.8	11	84.8	16,00	2,1
76	26/01/2013	14:14:42.40	40.4813	30.2867	4.5	29	6.7	13,00	1,8
77	31/01/2013	22:25:53.70	40.6823	30.6262	16.2	26	284.4	13,00	1,8
78	11/02/2013	00:02:39.70	40.7530	30.2600	8.9	5	104.2	9,00	1,6
79	14/02/2013	17:54:36.50	40.9272	30.7172	12.1	38	237.8	41,00	2,7
80	22/02/2013	03:07:58.30	39.9727	29.2482	8.9	125	46.6	81,00	3,4
81	24/02/2013	05:09:06.50	40.7788	30.2357	5.1	8	119.2	35,00	2,6

KAYNAKLAR

Bakun, W. H. (1984). Magnitudes and moments of duration, *Bull. Seism. Soc. Am.* 74, no. 6, 2335–2356.

Bisztricsany, E. (1958). A new method for the determination of the magnitude of earthquakes. *Geofiz. Köl.* 7, 2.

Bisztricsany, E. (1959). On a new method of determining earthquake magnitudes. *UGGI Serie A, Travaux Sci., Fasc.* 20, 9-15.

Eaton, J. P. (1992). Determination of amplitude and duration magnitudes and site residuals from short-period seismographs in Northern California, *Bull. Seism. Soc. Am.* 82, 533–579.

Gutenberg, B., Richter, C. F. (1956). Earthquake magnitude, intensity, energy and acceleration, *Bull. Seism. Soc. Am.* 46, 105 – 145.

Herman, R.B. (1975). The use of duration as a measure of seismic moment and magnitude, *Bull. Seism. Soc. Am. 65***,** no. 4, 899 – 913.

International Seismological Center kataloglarından (www.isc.ac.uk), Erişim Tarihi: Şubat 2013.

Michaelson, C. A. (1990). Coda duration magnitudes in Central California: an empirical approach, *Bull. Seism. Soc. Am.* 80, no. 5, 1190 – 1204.

Mouayn, I., B. A. Tadili, l. A. Brahim, M. Ramdani, M. Limouri, and N. Jabour (2004). Duration Magnitude Scale and Site Residuals for Northern Morocco, *Pure Appl. Geophys.* 161, 1061 – 1080.

Real, C. R., and T. Teng (1973). Local Richter magnitude and total signal duration in Southern California, *Bull. Seism. Soc. Am.* 63, no. 5, 1809 – 1827.