



T.C.
NİĞDE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TÜRKİYE' DE MEVCUT ŞARTNAMELERE GÖRE TASARLANMIŞ PREFABRİK
YAPILARIN KAPASİTE SPEKTRUMU METODU KULLANILARAK
DEPREMLERDEKİ HASAR RİSKLERİNİN İNCELENMESİ

MUZAFFER MELİH SADAK

Ağustos 2009

T.C.
NİĞDE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TÜRKİYE’ DE MEVCUT ŞARTNAMELERE GÖRE TASARLANMIŞ PREFABRİK
YAPILARIN KAPASİTE SPEKTRUMU METODU KULLANILARAK
DEPREMLERDEKİ HASAR RİSKLERİNİN İNCELENMESİ

MUZAFFER MELİH SADAK

Yüksek Lisans Tezi

Danışman
Yrd. Doç. Dr. Baki ÖZTÜRK

Ağustos 2009

Baki ÖZTÜRK danışmanlığında **Muzaffer Melih SADAK** tarafından hazırlanan “Türkiye’de Mevcut Şartnamelere göre Tasarlanmış Prefabrik Yapıların Kapasite Spektrumu Metodu Kullanılarak Depremlerdeki Hasar Risklerinin İncelenmesi” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **İnşaat** Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Yrd. Doç. Dr. Baki ÖZTÜRK (Danışman, Niğde Üniversitesi)

(Ünvan, Adı ve Soyadı) (Üniversite)

Üye : Doç. Dr. Safa Bozkurt COŞKUN (Niğde Üniversitesi)

(Ünvan, Adı ve Soyadı) (Üniversite)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Yunus DERE (Selçuk Üniversitesi)

(Ünvan, Adı ve Soyadı) (Üniversite)

ONAY:

Bu tez, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenmiş olan yukarıdaki jüri üyeleri tarafından/...../20.... tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu’nun/...../20.... tarih ve sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

...../...../200..

Doç. Dr. Nurettin ACIR

Enstitü Müdürü

ÖZET

TÜRKİYE’ DE MEVCUT ŞARTNAMELERE GÖRE TASARLANMIŞ PREFABRİK YAPILARIN KAPASİTE SPEKTRUMU METODU KULLANILARAK DEPREMLERDEKİ HASAR RİSKLERİNİN İNCELENMESİ

SADAK, Muzaffer Melih

Niğde Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman

: Yrd. Doç. Dr. Baki ÖZTÜRK

Ağustos 2009, 148 sayfa

Depreme dayanıklı yapı tasarımında kullanılan yöntemler: “Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi”, “Mod Birleştirme Yöntemi”, “Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi” dir. Bu çalışmadaki prefabrik yapılar ise inelastik “Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi” ne göre incelenmiş olup, “Kapasite Spektrumu Metodu” kullanılarak yapısal analizleri SAP2000 ile yapılmıştır. Yapılan analizlerde 20 adet deprem ivme kaydı kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre spektral ivme grafikleri de değerlendirmelere alınmıştır.

Anahtar sözcükler: Eşdeğer Deprem Yüğü, Mod Birleştirme, Zaman Tanım Alanında Hesap, Kapasite Spektrumu, SAP2000.

SUMMARY

INVESTIGATION OF DAMAGE RISKS DURING EARTHQUAKES BY USING CAPACITY SPECTRUM METHOD FOR PREFABRICATED BUILDINGS DESIGNED ACCORDING TO CURRENT STANDARDS IN TURKEY

SADAK, Muzaffer Melih

Nigde University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Civil Engineering

Supervisor : Assistant Professor Dr. Baki ÖZTÜRK

August 2009, 148 pages

Methodologies used in earthquake-resistant structural design are: “Equivalent earthquake load method”, “Mode superposition method” and “Time history analysis method”. In this study, five prefabricated buildings located at highly seismic zones, which are subjected to inelastic time history analyses, are investigated. The structural analyses are conducted using “Capacity spectrum approach”. 20 earthquake ground motions are used for analyses using SAP2000 analysis program. In addition, spectral acceleration graphs are evaluated considering the analyses results obtained.

Keywords: Equivalent earthquake load method, Mode superposition method, Time history analysis method, Capacity spectrum approach, SAP2000 analysis program.

ÖNSÖZ

Bu çalışma, değerli danışmanım Yrd. Doç. Dr. Baki ÖZTÜRK' ün katkılarıyla gerçekleştirilmiştir. Ülkemizde sanayi bölgelerindeki yapılarda prefabrik yapılar tercih edilmektedir. Bu çalışmada projelendirilmesi yapılmış beş adet prefabrik yapının çeşitli deprem ivme kayıtlarına göre yapısal analizleri SAP2000 programıyla yapılmış ve sonuçlar incelenmiştir. Sonuçların incelenmesinde “Kapasite Spektrumu Metodu” ndan faydalanılmıştır. Bu çalışmanın sanayimiz ve üniversitelerde yapılan akademik çalışmalara katkı sağlamasını temenni ediyorum.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu çalışmayı yürüten, engin bilgilerinden faydalandığım ve bana her konuda desteğini esirgemeyen Sayın Yrd. Doç. Dr. Baki ÖZTÜRK'e,

Lisans ve Yüksek Lisans hayatım boyunca bana liderlik yapan ve ufkumu genişleten Sayın Doç. Dr. Safa Bozkurt COŞKUN'a,

Hayatım boyunca yanımda olan ve bana mesleğim hakkında kıymetli bilgiler veren babam Mimar Engin SADAK'a,

Her zaman varlıklarından onur duyduğum tüm aile fertlerime,

Yüksek Lisans hayatımda beni yalnız bırakmayan dostlarım Orhan DOLĞUN ve Halil KAYMAK'a teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET	iii
SUMMARY	iv
ÖNSÖZ	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
FOTOĞRAFLAR DİZİNİ	xxxiii
KISALTMA VE SİMGELER	xxiv
BÖLÜM I. GİRİŞ	1
1.1 Deprem Mühendisliği	1
BÖLÜM II. BİR SİSTEMİN SERBESTLİK DERECEŚİNİN BELİRLENMESİ ..	3
2.1 Tek Serbestlik Dereceli Sistemler	3
2.1.1 Rayleigh yöntemi	4
2.2 Çok Serbestlik Dereceli Sistemler	5
BÖLÜM III. YAPILARA ETKİYEN DEPREM KUVVETLERİNİN HESAP	
YÖNTEMLERİ	7
3.1 Statik Hesap Yöntemleri	7
3.1.1 Eşdeğer deprem yükü yöntemi	7
3.2 Dinamik Hesap Yöntemleri	9
3.2.1 Mod birleştirme yöntemi	9
3.3 ZamanTanım Alanında Hesap Yöntemi	11
BÖLÜM IV. PREFABRİK YAPILAR	12
4.1 Prefabrik Elemanlar	13
4.1.1 Kiriş elemanlar	13
4.1.1.1 Aşık kirişi	13
4.1.1.2 Oluk kirişi	14
4.1.1.3 Çatı kirişi	14
4.1.1.4 Döşeme kirişi	15
4.1.1.5 Kreyn kirişi	15

4.1.1.6 Köprü kirişi	16
4.1.1.7 Fener kirişi	16
4.1.2 Kolon elemanlar	16
4.1.3 Çerçeve elemanlar	17
4.1.4 Pano elemanlar	18
4.1.4.1 Döşeme panoları	18
4.1.4.2 Duvar panoları	18
4.1.5 Kabuk elemanlar	19
4.1.6 Kompozit elemanlar	19
4.1.7 Anolu elemanlar	19
BÖLÜM V. PERFORMANSA DAYALI TASARIM	20
5.1 Yapının Servis Ömrü	20
5.2 Bir Yapının Belirlenen Performans Seviyeleri	21
5.2.1 Taşıyıcı elemanlar için performans seviyeleri	21
5.2.1.1 Hemen kullanım performans seviyesi (S-1)	21
5.2.1.2 Hasar kontrol performans aralığı (S-2)	21
5.2.1.3 Can güvenliği performans seviyesi (S-3)	22
5.2.1.4 Sınırlı güvenlik performans aralığı (S-4)	22
5.2.1.5 Göçmenin önlenmesi (stabilitenin korunması) performans seviyesi(S-1)	22
5.2.2 Taşıyıcı olmayan elemanlar için performans seviyeleri	23
5.2.2.1 Kullanıma devam performans seviyesi (N-A)	23
5.2.2.2 Hemen kullanım performans seviyesi (N-B)	23
5.2.2.3 Can güvenliği performans seviyesi (N-C)	23
5.2.2.4 Azaltılmış hasar performans seviyesi (N-D)	24
5.2.2.5 Performansın dikkate alınmadığı seviye (N-E)	24
5.2.3 Bina yapısal performans seviyeleri	24
5.2.3.1 (1-A): Kullanıma devam yapısal performans seviyesi (S1+NA).....	24
5.2.3.2 (1-B): Hemen kullanım performans seviyesi (S1+NB).....	25
5.2.3.3 (3-C): Can güvenliği performans seviyesi (S3+NC).....	25
5.2.3.4 (5-E): Göçmenin önlenmesi-yapısal stabilitenin korunması performans seviyesi (S5+NE)	25
5.3 Kapasite Spektrumu Metodu ile Performans Noktasının Belirlenmesi	26
BÖLÜM VI. BİNALARIN PROJELENDİRİLMESİ	31

6.1 İncelenecek Binaların Karakteristik Özellikleri	31
6.1.1 Bina 1 için karakteristik özellikler	31
6.1.2 Bina 2 için karakteristik özellikler	32
6.1.3 Bina 3 için karakteristik özellikler	33
6.1.4 Bina 4 için karakteristik özellikler	33
6.1.5 Bina 5 için karakteristik özellikler	34
6.2 Binalara Uygulanan Deprem İvme Kayıt Grafikleri	35
6.3 Binaların Analiz Sonuçları ve Değerlendirilmesi	46
6.3.1 Binalar için kapasite spektrum grafikleri	49
6.3.1.1 Bina 1 için kapasite spektrum grafikleri	49
6.3.1.2 Bina 2 için kapasite spektrum grafikleri	52
6.3.1.3 Bina 3 için kapasite spektrum grafikleri	54
6.3.1.4 Bina 4 için kapasite spektrum grafikleri	57
6.3.1.5 Bina 5 için kapasite spektrum grafikleri	59
6.3.2 Binalar için spektral ivme grafikleri	64
6.3.2.1 Bina 1 için spektral ivme grafikleri	64
6.3.2.1.1 +7.00 kotu için spektral ivme grafikleri	64
6.3.2.2 Bina 2 için spektral ivme grafikleri	74
6.3.2.2.1 +3.50 kotu için spektral ivme grafikleri	74
6.3.2.2.2 +5.60 kotu için spektral ivme grafikleri	84
6.3.2.2.3 +6.50 kotu için spektral ivme grafikleri	94
6.3.2.3 Bina 3 için spektral ivme grafikleri	104
6.3.2.3.1 +4.00 kotu için spektral ivme grafikleri	104
6.3.2.3.2 +7.00 kotu için spektral ivme grafikleri	114
6.3.2.4 Bina 4 için spektral ivme grafikleri	124
6.3.2.4.1 +4.50 kotu için spektral ivme grafikleri	124
6.3.2.5 Bina 5 için spektral ivme grafikleri	134
6.3.2.5.1 +7.50 kotu için spektral ivme grafikleri	134
BÖLÜM VII. SONUÇLAR	146
KAYNAKLAR	147

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 5.1	Taşıyıcı elemanlar için performans seviyeleri.....	21
Çizelge 5.2	Taşıyıcı olmayan elemanlar için performans seviyeleri.....	23
Çizelge 5.3	Bina yapısal performans seviyeleri.....	24
Çizelge 6.1	Binalara uygulanan deprem kayıtlarının maksimum yer ivmesi değerleri.....	35
Çizelge 6.2	Binaların yapısal periyot değerleri	46
Çizelge 6.3	Binaların kapasite spektrum grafiklerinin maksimum değerleri.....	62
Çizelge 6.4	Binaların performans noktaları.....	62
Çizelge 6.5	Binalar için maksimum spektral ivme [$S_a(g)$] değerleri.....	144
Çizelge 6.6	Binaların performans seviyeleri.....	145

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1	Katlara etkiyen eşdeğer deprem kuvvetleri.....	8
Şekil 5.1	Yapının servis ömrü.....	20
Şekil 5.2	Kapasite eğrisinde performans seviyeleri ve aralıkları.....	22
Şekil 5.3	Kapasite spektrumu metodu ile performans noktasının belirlenmesi	26
Şekil 5.4	Doğrusal olmayan teori ile kapasite eğrisinin elde edilmesi.....	27
Şekil 5.5	Kapasite eğrisinin kapasite spektrumuna dönüştürülmesi.....	28
Şekil 5.6	Elastik istem spektrumunun ivme-yerdeğiştirme formatına dönüştürülmesi.....	29
Şekil 5.7	Histeretik sönüme eşdeğer viskoz sönümün belirlenmesi.....	30
Şekil 5.8	İndirgenmiş istem spektrumunun elde edilmesi.....	30
Şekil 6.1	Bina 1'in sistem geometrisi.....	31
Şekil 6.2	Bina 2'nin sistem geometrisi (Ön Cephe Görünüşü).....	32
Şekil 6.3	Bina 2'nin sistem geometrisi (Arka Cephe Görünüşü).....	32
Şekil 6.4	Bina 3'ün sistem geometrisi.....	33
Şekil 6.5	Bina 4'ün sistem geometrisi.....	34
Şekil 6.6	Bina 5'in sistem geometrisi.....	34
Şekil 6.7	Adana-Ceyhan doğu-batı yönü ivme kayıt grafiği (Adana 1998).....	36
Şekil 6.8	Adana-Ceyhan kuzey-güney yönü ivme kayıt grafiği (Adana 1998)	36
Şekil 6.9	Bingöl doğu-batı yönü ivme kayıt grafiği (Bingöl 2003).....	37
Şekil 6.10	Bingöl kuzey-güney yönü ivme kayıt grafiği (Bingöl 2003).....	37
Şekil 6.11	Bolu doğu-batı yönü ivme kayıt grafiği (Düzce 1999).....	38
Şekil 6.12	Bolu kuzey-güney yönü ivme kayıt grafiği (Düzce 1999).....	38
Şekil 6.13	Denizli doğu-batı yönü ivme kayıt grafiği (Denizli 1976).....	39
Şekil 6.14	Denizli kuzey-güney yönü ivme kayıt grafiği (Denizli 1976).....	39
Şekil 6.15	Dinar doğu-batı yönü ivme kayıt grafiği (Dinar 1995).....	40
Şekil 6.16	Dinar kuzey-güney yönü ivme kayıt grafiği (Dinar 1995).....	40
Şekil 6.17	Düzce doğu-batı yönü ivme kayıt grafiği (Düzce 1999).....	41
Şekil 6.18	Düzce kuzey-güney yönü ivme kayıt grafiği (Düzce 1999).....	41
Şekil 6.19	Erzincan doğu-batı yönü ivme kayıt grafiği (Erzincan 1992).....	42
Şekil 6.20	Erzincan kuzey-güney yönü ivme kayıt grafiği (Erzincan 1992).....	42
Şekil 6.21	İzmir doğu-batı yönü ivme kayıt grafiği (İzmir 1977).....	43

Şekil 6.22	İzmir kuzey-güney yönü ivme kayıt grafiği (İzmir 1977).....	43
Şekil 6.23	İzmit doğu-batı yönü ivme kayıt grafiği (Marmara 1999).....	44
Şekil 6.24	İzmit kuzey-güney yönü ivme kayıt grafiği (Marmara 1999).....	44
Şekil 6.25	Sakarya doğu-batı yönü ivme kayıt grafiği (Marmara 1999).....	45
Şekil 6.26	Sakarya kuzey-güney yönü ivme kayıt grafiği (Marmara 1999).....	45
Şekil 6.27	Bina 1' in İtme Analizine göre sistem deformasyonu.....	46
Şekil 6.28	Bina 2' nin İtme Analizine göre sistem deformasyonu (Ön Cephe Gönünüşü)	47
Şekil 6.29	Bina 2' nin İtme Analizine göre sistem deformasyonu (Arka Cephe Gönünüşü).....	47
Şekil 6.30	Bina 3' ün İtme Analizine göre sistem deformasyonu	48
Şekil 6.31	Bina 4' ün İtme Analizine göre sistem deformasyonu.....	48
Şekil 6.32	Bina 5' in İtme Analizine göre sistem deformasyonu.....	49
Şekil 6.33	Bina 1 için β_{eff} - t_{eff} ilişkisi.....	49
Şekil 6.34	Bina 1 için $S_{a,capacity}$ - t_{eff} ilişkisi.....	50
Şekil 6.35	Bina 1 için $S_{d,capacity}$ - t_{eff} ilişkisi.....	50
Şekil 6.36	Bina 1 için $S_{a,capacity}$ - $S_{a,demand}$ ilişkisi.....	51
Şekil 6.37	Bina 1 için $S_{d,capacity}$ - $S_{d,demand}$ ilişkisi.....	51
Şekil 6.38	Bina 2 için β_{eff} - t_{eff} ilişkisi.....	52
Şekil 6.39	Bina 2 için $S_{a,capacity}$ - t_{eff} ilişkisi.....	52
Şekil 6.40	Bina 2 için $S_{d,capacity}$ - t_{eff} ilişkisi.....	53
Şekil 6.41	Bina 2 için $S_{a,capacity}$ - $S_{a,demand}$ ilişkisi.....	53
Şekil 6.42	Bina 2 için $S_{d,capacity}$ - $S_{d,demand}$ ilişkisi.....	54
Şekil 6.43	Bina 3 için β_{eff} - t_{eff} ilişkisi.....	54
Şekil 6.44	Bina 3 için $S_{a,capacity}$ - t_{eff} ilişkisi.....	55
Şekil 6.45	Bina 3 için $S_{d,capacity}$ - t_{eff} ilişkisi.....	55
Şekil 6.46	Bina 3 için $S_{a,capacity}$ - $S_{a,demand}$ ilişkisi.....	56
Şekil 6.47	Bina 3 için $S_{d,capacity}$ - $S_{d,demand}$ ilişkisi.....	56
Şekil 6.48	Bina 4 için β_{eff} - t_{eff} ilişkisi.....	57
Şekil 6.49	Bina 4 için $S_{a,capacity}$ - t_{eff} ilişkisi.....	57
Şekil 6.50	Bina 4 için $S_{d,capacity}$ - t_{eff} ilişkisi.....	58
Şekil 6.51	Bina 4 için $S_{a,capacity}$ - $S_{a,demand}$ ilişkisi.....	58
Şekil 6.52	Bina 4 için $S_{d,capacity}$ - $S_{d,demand}$ ilişkisi.....	59

Şekil 6.53	Bina 5 için β_{eff} - t_{eff} ilişkisi.....	59
Şekil 6.54	Bina 5 için $S_{a,capacity}$ - t_{eff} ilişkisi.....	60
Şekil 6.55	Bina 5 için $S_{d,capacity}$ - t_{eff} ilişkisi.....	60
Şekil 6.56	Bina 5 için $S_{a,capacity}$ - $S_{a,demand}$ ilişkisi.....	61
Şekil 6.57	Bina 5 için $S_{d,capacity}$ - $S_{d,demand}$ ilişkisi.....	61
Şekil 6.58	Spektral ivme grafiği (Adana-Ceyhan doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	64
Şekil 6.59	Spektral ivme grafiği (Adana-Ceyhan kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	64
Şekil 6.60	Spektral ivme grafiği (Bingöl doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	65
Şekil 6.61	Spektral ivme grafiği (Bingöl kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	65
Şekil 6.62	Spektral ivme grafiği (Bolu doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	66
Şekil 6.63	Spektral ivme grafiği (Bolu kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	66
Şekil 6.64	Spektral ivme grafiği (Denizli doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	67
Şekil 6.65	Spektral ivme grafiği (Denizli kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	67
Şekil 6.66	Spektral ivme grafiği (Dinar doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	68
Şekil 6.67	Spektral ivme grafiği (Dinar kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	68
Şekil 6.68	Spektral ivme grafiği (Düzce doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	69
Şekil 6.69	Spektral ivme grafiği (Düzce kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	69
Şekil 6.70	Spektral ivme grafiği (Erzincan doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	70
Şekil 6.71	Spektral ivme grafiği (Erzincan kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	70

Şekil 6.72	Spektral ivme grafiği (İzmir doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	71
Şekil 6.73	Spektral ivme grafiği (İzmir kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	71
Şekil 6.74	Spektral ivme grafiği (İzmit doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	72
Şekil 6.75	Spektral ivme grafiği (İzmit kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	72
Şekil 6.76	Spektral ivme grafiği (Sakarya doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	73
Şekil 6.77	Spektral ivme grafiği (Sakarya kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	73
Şekil 6.78	Spektral ivme grafiği (Adana-Ceyhan doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	74
Şekil 6.79	Spektral ivme grafiği (Adana-Ceyhan kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	74
Şekil 6.80	Spektral ivme grafiği (Bingöl doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	75
Şekil 6.81	Spektral ivme grafiği (Bingöl kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	75
Şekil 6.82	Spektral ivme grafiği (Bolu doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	76
Şekil 6.83	Spektral ivme grafiği (Bolu kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	76
Şekil 6.84	Spektral ivme grafiği (Denizli doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	77
Şekil 6.85	Spektral ivme grafiği (Denizli kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	77
Şekil 6.86	Spektral ivme grafiği (Dinar doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	78
Şekil 6.87	Spektral ivme grafiği (Dinar kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	78
Şekil 6.88	Spektral ivme grafiği (Düzce doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	

	için).....	79
Şekil 6.89	Spektral ivme grafiği (Düzce kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	79
Şekil 6.90	Spektral ivme grafiği (Erzincan doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	80
Şekil 6.91	Spektral ivme grafiği (Erzincan kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	80
Şekil 6.92	Spektral ivme grafiği (İzmir doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	81
Şekil 6.93	Spektral ivme grafiği (İzmir kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	81
Şekil 6.94	Spektral ivme grafiği (İzmit doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	82
Şekil 6.95	Spektral ivme grafiği (İzmit kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	82
Şekil 6.96	Spektral ivme grafiği (Sakarya doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	83
Şekil 6.97	Spektral ivme grafiği (Sakarya kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	83
Şekil 6.98	Spektral ivme grafiği (Adana-Ceyhan doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	84
Şekil 6.99	Spektral ivme grafiği (Adana-Ceyhan kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	84
Şekil 6.100	Spektral ivme grafiği (Bingöl doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	85
Şekil 6.101	Spektral ivme grafiği (Bingöl kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	85
Şekil 6.102	Spektral ivme grafiği (Bolu doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	86
Şekil 6.103	Spektral ivme grafiği (Bolu kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	86
Şekil 6.104	Spektral ivme grafiği (Denizli doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	87

Şekil 6.105	Spektral ivme grafiği (Denizli kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	87
Şekil 6.106	Spektral ivme grafiği (Dinar doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	88
Şekil 6.107	Spektral ivme grafiği (Dinar kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	88
Şekil 6.108	Spektral ivme grafiği (Düzce doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	89
Şekil 6.109	Spektral ivme grafiği (Düzce kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	89
Şekil 6.110	Spektral ivme grafiği (Erzincan doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	90
Şekil 6.111	Spektral ivme grafiği (Erzincan kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	90
Şekil 6.112	Spektral ivme grafiği (İzmir doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	91
Şekil 6.113	Spektral ivme grafiği (İzmir kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	91
Şekil 6.114	Spektral ivme grafiği (İzmit doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	92
Şekil 6.115	Spektral ivme grafiği (İzmit kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	92
Şekil 6.116	Spektral ivme grafiği (Sakarya doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	93
Şekil 6.117	Spektral ivme grafiği (Sakarya kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	93
Şekil 6.118	Spektral ivme grafiği (Adana-Ceyhan doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	94
Şekil 6.119	Spektral ivme grafiği (Adana-Ceyhan kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	94
Şekil 6.120	Spektral ivme grafiği (Bingöl doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	95
Şekil 6.121	Spektral ivme grafiği (Bingöl kuzey-güney yönü deprem ivme	

	kaydı için).....	95
Şekil 6.122	Spektral ivme grafiği (Bolu doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	96
Şekil 6.123	Spektral ivme grafiği (Bolu kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	96
Şekil 6.124	Spektral ivme grafiği (Denizli doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	97
Şekil 6.125	Spektral ivme grafiği (Denizli kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	97
Şekil 6.126	Spektral ivme grafiği (Dinar doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	98
Şekil 6.127	Spektral ivme grafiği (Dinar kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	98
Şekil 6.128	Spektral ivme grafiği (Düzce doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	99
Şekil 6.129	Spektral ivme grafiği (Düzce kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	99
Şekil 6.130	Spektral ivme grafiği (Erzincan doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	100
Şekil 6.131	Spektral ivme grafiği (Erzincan kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	100
Şekil 6.132	Spektral ivme grafiği (İzmir doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	101
Şekil 6.133	Spektral ivme grafiği (İzmir kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	101
Şekil 6.134	Spektral ivme grafiği (İzmit doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	102
Şekil 6.135	Spektral ivme grafiği (İzmit kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	102
Şekil 6.136	Spektral ivme grafiği (Sakarya doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	103
Şekil 6.137	Spektral ivme grafiği (Sakarya kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	103

Şekil 6.138	Spektral ivme grafiği (Adana-Ceyhan doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	104
Şekil 6.139	Spektral ivme grafiği (Adana-Ceyhan kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	104
Şekil 6.140	Spektral ivme grafiği (Bingöl doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	105
Şekil 6.141	Spektral ivme grafiği (Bingöl kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	105
Şekil 6.142	Spektral ivme grafiği (Bolu doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	106
Şekil 6.143	Spektral ivme grafiği (Bolu kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	106
Şekil 6.144	Spektral ivme grafiği (Denizli doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	107
Şekil 6.145	Spektral ivme grafiği (Denizli kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	107
Şekil 6.146	Spektral ivme grafiği (Dinar doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	108
Şekil 6.147	Spektral ivme grafiği (Dinar kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	108
Şekil 6.148	Spektral ivme grafiği (Düzce doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	109
Şekil 6.149	Spektral ivme grafiği (Düzce kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	109
Şekil 6.150	Spektral ivme grafiği (Erzincan doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	110
Şekil 6.151	Spektral ivme grafiği (Erzincan kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	110
Şekil 6.152	Spektral ivme grafiği (İzmir doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	111
Şekil 6.153	Spektral ivme grafiği (İzmir kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	111
Şekil 6.154	Spektral ivme grafiği (İzmit doğu-batı yönü deprem ivme kaydı	

	için).....	112
Şekil 6.155	Spektral ivme grafiği (İzmit kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	112
Şekil 6.156	Spektral ivme grafiği (Sakarya doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	113
Şekil 6.157	Spektral ivme grafiği (Sakarya kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	113
Şekil 6.158	Spektral ivme grafiği (Adana-Ceyhan doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	114
Şekil 6.159	Spektral ivme grafiği (Adana-Ceyhan kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	114
Şekil 6.160	Spektral ivme grafiği (Bingöl doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	115
Şekil 6.161	Spektral ivme grafiği (Bingöl kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	115
Şekil 6.162	Spektral ivme grafiği (Bolu doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	116
Şekil 6.163	Spektral ivme grafiği (Bolu kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	116
Şekil 6.164	Spektral ivme grafiği (Denizli doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	117
Şekil 6.165	Spektral ivme grafiği (Denizli kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	117
Şekil 6.166	Spektral ivme grafiği (Dinar doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	118
Şekil 6.167	Spektral ivme grafiği (Dinar kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	118
Şekil 6.168	Spektral ivme grafiği (Düzce doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	119
Şekil 6.169	Spektral ivme grafiği (Düzce kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	119
Şekil 6.170	Spektral ivme grafiği (Erzincan doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	120

Şekil 6.171	Spektral ivme grafiği (Erzincan kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	120
Şekil 6.172	Spektral ivme grafiği (İzmir doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	121
Şekil 6.173	Spektral ivme grafiği (İzmir kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	121
Şekil 6.174	Spektral ivme grafiği (İzmit doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	122
Şekil 6.175	Spektral ivme grafiği (İzmit kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	122
Şekil 6.176	Spektral ivme grafiği (Sakarya doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	123
Şekil 6.177	Spektral ivme grafiği (Sakarya kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	123
Şekil 6.178	Spektral ivme grafiği (Adana-Ceyhan doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	124
Şekil 6.179	Spektral ivme grafiği (Adana-Ceyhan kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	124
Şekil 6.180	Spektral ivme grafiği (Bingöl doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	125
Şekil 6.181	Spektral ivme grafiği (Bingöl kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	125
Şekil 6.182	Spektral ivme grafiği (Bolu doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	126
Şekil 6.183	Spektral ivme grafiği (Bolu kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	126
Şekil 6.184	Spektral ivme grafiği (Denizli doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	127
Şekil 6.185	Spektral ivme grafiği (Denizli kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	127
Şekil 6.186	Spektral ivme grafiği (Dinar doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	128
Şekil 6.187	Spektral ivme grafiği (Dinar kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	

	için).....	128
Şekil 6.188	Spektral ivme grafiği (Düzce doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	129
Şekil 6.189	Spektral ivme grafiği (Düzce kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	129
Şekil 6.190	Spektral ivme grafiği (Erzincan doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	130
Şekil 6.191	Spektral ivme grafiği (Erzincan kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	130
Şekil 6.192	Spektral ivme grafiği (İzmir doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	131
Şekil 6.193	Spektral ivme grafiği (İzmir kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	131
Şekil 6.194	Spektral ivme grafiği (İzmit doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	132
Şekil 6.195	Spektral ivme grafiği (İzmit kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	132
Şekil 6.196	Spektral ivme grafiği (Sakarya doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	133
Şekil 6.197	Spektral ivme grafiği (Sakarya kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	133
Şekil 6.198	Spektral ivme grafiği (Adana-Ceyhan doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	134
Şekil 6.199	Spektral ivme grafiği (Adana-Ceyhan kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	134
Şekil 6.200	Spektral ivme grafiği (Bingöl doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	135
Şekil 6.201	Spektral ivme grafiği (Bingöl kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	135
Şekil 6.202	Spektral ivme grafiği (Bolu doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	136
Şekil 6.203	Spektral ivme grafiği (Bolu kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	136

Şekil 6.204	Spektral ivme grafiği (Denizli doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	137
Şekil 6.205	Spektral ivme grafiği (Denizli kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	137
Şekil 6.206	Spektral ivme grafiği (Dinar doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	138
Şekil 6.207	Spektral ivme grafiği (Dinar kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	138
Şekil 6.208	Spektral ivme grafiği (Düzce doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	139
Şekil 6.209	Spektral ivme grafiği (Düzce kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	139
Şekil 6.210	Spektral ivme grafiği (Erzincan doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	140
Şekil 6.211	Spektral ivme grafiği (Erzincan kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	140
Şekil 6.212	Spektral ivme grafiği (İzmir doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	141
Şekil 6.213	Spektral ivme grafiği (İzmir kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	141
Şekil 6.214	Spektral ivme grafiği (İzmit doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	142
Şekil 6.215	Spektral ivme grafiği (İzmit kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	142
Şekil 6.216	Spektral ivme grafiği (Sakarya doğu-batı yönü deprem ivme kaydı için).....	143
Şekil 6.217	Spektral ivme grafiği (Sakarya kuzey-güney yönü deprem ivme kaydı için).....	143

FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

Fotoğraf 4.1	Aşık kirişi.....	13
Fotoğraf 4.2	Oluk kirişi.....	14
Fotoğraf 4.3	Çatı kirişi.....	14
Fotoğraf 4.4	Döşeme kirişi.....	15
Fotoğraf 4.5	Kreyn kirişi.....	15
Fotoğraf 4.6	Köprü kirişi.....	16
Fotoğraf 4.7	Fener kirişi.....	16
Fotoğraf 4.8	Kolon elemanlar.....	17
Fotoğraf 4.9	Döşeme panoları.....	18
Fotoğraf 4.10	Duvar panoları.....	18

KISALTMA VE SİMGELER

KISALTMA/SİMGE

A_0	Etkin yer ivme katsayısı
$A(T_1)$	Spektral ivme katsayısı
ATC	Applied Technology Council
B	Mod Birleştirme Yöntemi ile hesaplanan büyüklüklerin alt sınırlarının belirlenmesi için kullanılan katsayı
B_B	Mod Birleştirme Yöntemi'nde mod katkılarının birleştirilmesi ile bulunan herhangi bir büyüklük
B_D	B_B büyüklüğüne ait büyütülmüş değer
c	Sönüm
c_{ij}	Sönüm katsayısı
DB	Doğu-Batı
f	Frekans
f_D	Sönüm kuvveti
f_I	Atalet kuvveti
F_i	Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde i. kata etkiyen eşdeğer deprem yükü
f_s	Yay kuvveti
H_i	Binanın i'inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliği
I	Yapı önem katsayısı
k	Rijitlik
k_{ij}	Rijitlik katsayısı
K	Yapının taşıyıcı sisteminin davranışı ile depremin süresine bağlı olarak belirlenen bir katsayı
KG	Kuzey-Güney
m	Kütle
m_i	Binanın i'inci katının kütlesi
m_{ij}	Kütle katsayısı
M_n	n'inci doğal titreşim moduna ait modal kütle

$m_{\theta i}$	Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalışması durumunda, binanın i'inci katının kaydırılmamış kütle merkezinden geçen düşey eksene göre kütle eylemsizlik momenti
n	Sistemin serbestlik derecesi
N	Binanın kat sayısı
PF_1	Modal kütle çarpanı
$P(t)$	Zamana bağlı dış kuvvet
$P_i(t)$	j noktasına etkiyen dış kuvvet
R_a	Deprem yükü azaltma katsayısı
S	Spektrum katsayısı
S_a	Spektral ivme
S_d	Spektral yerdeğiştirme
$S_{a, capacity}$	Spektral ivme kapasitesi
$S_{a, demand}$	Spektral ivme tepkisi
$S_{d, capacity}$	Spektral yerdeğiştirme kapasitesi
$S_{d, demand}$	Spektral yerdeğiştirme tepkisi
S_{Ra}	İndirgenmiş spektral ivme
S_{Rv}	İndirgenmiş spektral hız
T	Periyot
t_{eff}	Periyot
T_i	Hesap yapılan doğrultudaki elastik doğal periyot
T_0	Etkin doğal periyot
T_1	Yapının birinci doğal titreşim periyodu
$T(t)$	Kinetik enerji
$V(t)$	Potansiyel enerji
v_j	j noktasındaki yerdeğiştirme
V_t	Binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü
V_{tB}	Mod Birleştirme Yöntemi'nde, gözönüne alınan deprem doğrultusunda modlara ait katkıların birleştirilmesi ile bulunan bina toplam deprem yükü
V_T	Taban kesme kuvveti
W	Yapı toplam ağırlığı
w_i	Binanın i'inci katının, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığı

w_i/g	(i) numaralı katın kütlesi
α_1	Birinci moda ait modal kütle katsayısı
β_{eff}	Binaya etkiyen maksimum kesme kuvvetinin, bina toplam ağırlığına oranı
β_{eq}	Yüzde olarak ifade edilen etkili sönüm oranı
β_0	Eşdeğer vizkoz sönüm cinsinden ifade edilen histeretik sönüm
δ_{max}	Yapının tepe noktasındaki maksimum yerdeğiştirme
ΔF_N	Yapının en üst katına uygulanan ek eşdeğer deprem yükü
$\Phi_{i,1}$	Birinci moda ait (i) numaralı kattaki maksimum yer değiştirme
$\Phi_{tepe,1}$	Birinci moda ait en üst kattaki maksimum yer değiştirme

BÖLÜM I

GİRİŞ

Ülkemizde son yıllarda meydana gelen şiddetli depremler [Marmara (1999) ve Düzce (1999)] çok büyük mal ve can kayıplarına neden olmuştur. 6 Mart 2007’ de yürürlüğe giren “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik”[1] ile birlikte yapıların daha güvenilir biçimde projelendirilmesi ve inşa edilmesi amaçlanmıştır. Ülkemizin henüz uygulamasına tam manası ile geçmediği “Performansa Dayalı Tasarım” ile elde edilen sonuçların daha gerçekçi olduğu gözlemlenmiştir.

Bu çalışmada beş adet prefabrik yapı özellikle sanayi bölgelerine uygulanan ve projelendirilmesinde geniş açıklıkların yer aldığı prefabrik yapıların güvenliğinin sağlanması açısından bu yöntem kullanılmıştır. Analizler SAP2000[2] yapısal analiz programı ile gerçekleştirilmiş olup, analiz sonuçları “Kapasite Spektrumu Metodu” na göre değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirmelere ek olarak incelemelerde her kata ait spektral ivme grafiklerinden de yararlanılmıştır.

1.1 Deprem Mühendisliği

Deprem Mühendisliği yapılarda hasar meydana getirebilecek kuvvetli yer hareketlerini ve bu hareketler sırasında yapının göstereceği reaksiyonları inceleyen bilim dalıdır.

Deprem, önceden bir uyarı olmadan meydana gelmesi nedeni ile doğal afetler sırasında kendine has bir özelliğe sahiptir. Doğal afetlerin en önemlilerinden biri olan deprem yer kabuğunun bir titreşimi olduğu için yapıların mesnetlerinde zamana bağlı bir yer değiştirme hareketi doğurarak dinamik bir etki oluşturur. Özellikle depremin sık ve şiddetli olduğu ülkeler için bu titreşim hareketinin incelenmesi **Yapı Dinamiği**’nin ana problemlerinden biridir.

Dünyanın deprem kuşağı adı verilen bölgeleri içinde bulunan ülkemizde, her gün aletlerin kaydettiğı ve insanlar tarafından farkına varılmayan çok sayıda yer hareketi meydana gelmektedir. Yer hareketini inceleyen **Sismoloji Bilimi** açısından bu kayıtlar önemli olmakla beraber deprem mühendisliğı bakımından, kuvvetli yer hareketi meydana getiren şiddetli depremler önem taşır [3].

BÖLÜM II

BİR SİSTEMİN SERBESTLİK DERECEİNİN BELİRLENMESİ

2.1 Tek Serbestlik Dereceli Sistemler

Bir sistemin hareket halinde bulunduğu konum, tek bir parametrenin verilmesi ile belirlenebiliyorsa; bu tür sistem tek serbestlik dereceli olarak isimlendirilir. Çok serbest dereceli bir sistemin davranışı da belirli ölçülerde, tek serbestlik dereceli sistemlere benzetilebilir. Bu nedenle tek serbest dereceli sistemlerin pek çok uygulaması mevcuttur. Böyle bir sistemin dinamik davranışının belirlenebilmesi için sistemin hareket denkleminin yazılmasına ihtiyaç vardır. Hareket denklemi sisteme etkiyen kuvvetlere, atalet kuvvetlerinin de eklenmesiyle kuvvet dengesi olarak da görülebilir. Tek serbestlik dereceli sistemin dinamik davranışını belirlemek için tek bir denklem yeterlidir [4].

$$m\ddot{v} + c\dot{v} + kv = P(t) \quad (2.1)$$

Burada;

m : Kütle

c : Sönüm

k : Rijitlik

$P(t)$: Zamana bağlı olan dış kuvvet

v : Yerdeğiştirme vektörüdür.

Sönümsüz ve dış etkilerin olmadığı durumlarda sistem, statik denge konumundan uzaklaştırılmaya bırakıldığında bir titreşim hareketi yapar. Titreşim hareketlerinde, hareketin kendini bir kere tekrarı için geçen zaman **periyot** olarak ve birim zamanda yapılan periyodik hareket sayısı **frekans** olarak tarif edilir. Periyot ve frekans için zaman birimi sn (saniye), rad/sn (radyan/saniye) kullanılır ve bir saniyede yapılan periyodik hareket sayısı Hz (Hertz) olarak isimlendirilir. Gözönüne alınan titreşim hareketi $T = 2\pi / \omega$ periyodu ve $f = 1 / T$ frekansıyla meydana gelir. Dış zorlanma ve sönümün olmadığı hareket **Sönümsüz Serbest Titreşim hareketi** olarak tanımlanır.

$$\ddot{v} + w^2 v = 0 \quad (2.2)$$

Eğer sönüm mevcutsa ve zorlama kuvveti yoksa; bu durumda **Sönümlü Serbest Titreşim Hareketi** meydana gelir.

2.1.1 Rayleigh yöntemi

Dinamik bir sistemde titreşim sırasında sönümden dolayı sürekli enerji kaybı olur. Ancak sönüm mevcut değilse, serbest titreşim sırasında enerjinin toplamı zamandan bağımsız olarak sabit kalır. Sistem enerjisinin $V(t)$, potansiyel ve $T(t)$, kinetik enerjiden ibaret olduğu düşünülürse;

$$\text{Toplam Enerji} = V(t) + T(t) = \text{sabit} \quad (2.3)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} [v(t) + T(t)] = 0 \quad (2.4)$$

yazılabilir. Böyle bir sistemde, yerdeğiştirme maksimum olduğunda kinetik enerji sıfır olurken, statik denge konumunda potansiyel enerji maksimum değere erişir. Toplam enerjinin sabit olduğu düşünülürse, potansiyel enerjinin, kinetik enerjinin sıfır olduğu zaman maksimum ve kinetik enerjinin maksimum olduğu zaman ise sıfır olduğu görülür. Bu sonuç;

$$\text{Toplam Enerji} = V_{\max} = T_{\max} \quad (2.5)$$

şeklinde yazılır.

$$V(t) = \frac{k v^2}{2} \quad (2.6)$$

$$T(t) = \frac{m \dot{v}^2}{2} \quad (2.7)$$

Sönümsüz serbest titreşim için aşağıdaki ifadeler elde edilir.

$$v(t) = \rho \cos(\omega t - \theta) \quad (2.8)$$

$$V_{\max} = \frac{k\rho^2}{2} \quad (2.9)$$

$$T_{\max} = \frac{m\rho^2\omega^2}{2} \quad (2.10)$$

$$\omega = \sqrt{\frac{T_{\max}}{V_{\max}}} = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (2.11)$$

2.2 Çok Serbestlik Dereceli Sistemler

Bir sistemin hareket halinde bulunduğu konum, eğer birden fazla bağımsız parametrenin verilmesi ile belirlenebiliyorsa, bu tür sistem çok serbestlik dereceli olarak adlandırılır. Sistemin serbestlik derecesi, hareket halindeki konumu tam olarak belirlemek için gerekli ve yeterli bağımsız parametre sayısına eşittir. Böyle bir sistem, serbestlik derecesi sayısı kadar bağımsız hareket türüne sahiptir. Tek serbestlik dereceli sistemin dinamik davranışı tek bir differansiyel denklemle ifade edilebilir. Ancak çok serbestlik dereceli sistemde birden fazla serbest yerdeğiştirme parametresinin bulunması hareketi temsil eden differansiyel denklem sayısının da bu ölçüde artmasını beraberinde getirir. Hareket denklemi; sisteme etkiyen atalet kuvvetleri, sönüm etkileri ve şekil değiştirme sonucu meydana gelen elastik kuvvetlerle beraber dış kuvvetlerin dengesinden ibarettir [4].

$$f_I + f_D + f_S = p(t) \quad (2.12)$$

$$f_{Ii} = \sum_{j=1}^N M_{ij} \ddot{v}_j \quad (2.13)$$

$$f_{Di} = \sum_{j=1}^N c_{ij} \dot{v}_j \quad (2.14)$$

$$f_{Si} = \sum_{j=1}^N k_{ij} v_j \quad (2.15)$$

Burada;

f_I : Atalet kuvveti

f_D : Sönüm kuvveti

f_S : Yay kuvveti

N : Sistemin serbestlik derecesi

v_j : j noktasındaki yerdeğiştirme

m_{ij} : Kütle katsayısı

c_{ij} : Sönüm katsayısı

k_{ij} : Rijitlik katsayısı

$P_j(t)$: j noktasına etkiyen dış kuvvettir.

BÖLÜM III

YAPILARA ETKİYEN DEPREM KUVVETLERİNİN HESAP YÖNTEMLERİ

3.1 Statik Hesap Yöntemleri

3.1.1 Eşdeğer deprem yükü yöntemi

Bu yöntemde deprem doğrultusunda, binanın tümüne etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü , denklem (3.1) ile belirlenir [1].

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.10 A_0 I W \quad (3.1)$$

Burada,

W : Yapı toplam ağırlığı

R_a : Deprem yükü azaltma katsayısı

A_0 : Etkin yer ivme katsayısı

T_1 : Yapının birinci titreşim periyodu

I : Yapı önem katsayısı

$A(T_1)$: Spektral ivme katsayısı olup denklem (3.2) ile belirlenir.

$$A(T_1) = A_0 I S(T_1) \quad (3.2)$$

S : Spektrum katsayısıdır.

Doğrusal bir dağılım esas alınırsa yapının kat seviyelerine uygulanacak F_i yatay yükleri;

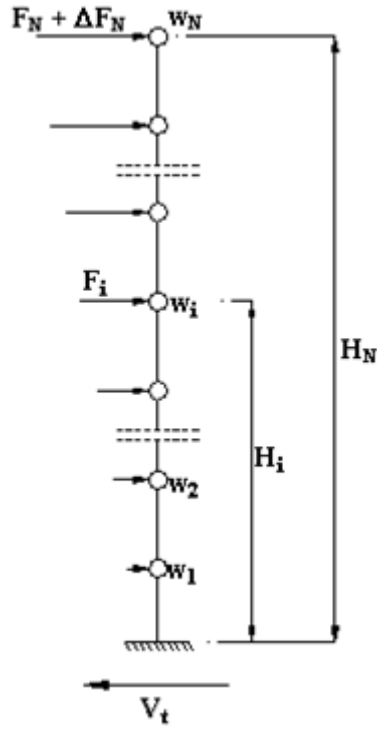
$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^N w_j H_j} \quad (3.3)$$

$$\Delta F_N = 0.0075 N V_t \quad (3.4)$$

ΔF_N : Yapının en üst katına uygulanacak olan ek eşdeğer deprem yüküdür.

Eğer binanın en üst katının temel seviyesinden yüksekliği $H_N \leq 25$ m ise $\Delta F_N = 0$ kabul edilir. Birinci serbest titreşim modunun ötesinde ortaya çıkacak diğer titreşim modlarının etkisini göz önüne almak üzere öngörülen bu kuvvet, yüksekliği büyük olan narin yapılarda da önem teşkil etmektedir. Buna göre; eşdeğer deprem yükü katlara etkiyen yük ile ek eşdeğer yükün toplamından oluşmaktadır.

$$V_t = \Delta F_N + \sum_{i=1}^N F_i \quad (3.5)$$



Şekil 3.1 Katlara etkiyen eşdeğer deprem kuvvetleri

Eşdeğer deprem yükü yönteminde; yapının birinci doğal titreşim periyodu T_1 ve binanın deprem sırasındaki toplam ağırlığı olarak gözönüne alınarak, deprem anında yapıya etkiyen eşdeğer maksimum taban kesme kuvveti bulunur. Ardından kat rijitliklerine göre oranlanarak bu yatay kesme kuvvetleri, birer statik yük gibi yapıya her katta etkililir ve elde edilen statik sonuçlara göre de projelendirilir.

Eşdeğer deprem yükü yöntemi; binanın 1. periyodunu gözönüne aldığından, düşey deprem yüklerini göz önüne almadığından ve en önemlisi de dinamik bir davranışı statik yüke çevirdiğinden diğer iki yöntemle göre hata oranı daha yüksektir. İşte bu nedenle Toplam Eşdeğer Deprem Yükü hesaplanırken güvenlikte kalmak amacıyla **2007 Türk Deprem Yönetmeliği** [1] katsayıları yüksek tutmuştur. Özellikle düzenli ve sürekli yapılarda, yapıya etkiyen deprem yükleri, diğer yöntemlere göre daha fazla çıkacaktır.

Eşdeğer deprem yükü yönteminin avantajı, hesabının kolay olmasıdır. Ancak teknoloji ve paket programlar ile artık bu hesap kolaylığının da özel bir avantajı yoktur. Bu nedenle dinamik analiz yöntemleri kullanılmakta ve daha gerçekçi sonuçlar elde edilmektedir.

3.2 Dinamik Hesap Yöntemleri

3.2.1 Mod birleştirme yöntemi

Bu yöntemde maksimum iç kuvvetler ve yer değiştirmeler, binada yeterli sayıda doğal titreşim modunun her biri için hesaplanan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi ile elde edilir.

Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her bir katta, birbirine dik doğrultularda iki yatay serbestlik derecesi ile kütle merkezinden geçen düşey eksen etrafındaki dönme serbestlik derecesi göz önüne alınacaktır. Her katta modal deprem yükleri bu serbestlik dereceleri için hesaplanacak, ancak ek dışmerkezlik etkisi'nin hesaba katılabilmesi amacı ile, deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun +%5'i ve -%5'i kadar kaydırılması ile belirlenen noktalara ve ek bir yükleme olarak kat kütle merkezine uygulanacaktır [1].

Hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı, Y göz önüne alınan birbirine dik x ve y yatay deprem doğrultularının her birinde, her bir mod için hesaplanan etkin kütlelerin toplamının hiçbir zaman bina toplam kütlelerinin %90'ından daha az olmaması kuralına göre belirlenecektir:

$$\sum_{n=1}^Y M_{xn} = \sum_{n=1}^Y \frac{L_{xn}^2}{M_n} \geq 0.90 \sum_{i=1}^N m_i \quad (3.6)$$

$$\sum_{n=1}^Y M_{yn} = \sum_{n=1}^Y \frac{L_{yn}^2}{M_n} \geq 0.90 \sum_{i=1}^N m_i$$

Denk.(3.7)'te yer alan L_{xn} ve L_{yn} ile modal kütle M_n 'nin ifadeleri, kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalar için aşağıda verilmiştir:

$$L_{xn} = \sum_{i=1}^N m_i \Phi_{xin} \quad ; \quad L_{yn} = \sum_{i=1}^N m_i \Phi_{yin} \quad (3.7)$$

$$M_n = \sum_{i=1}^N (m_i \Phi_{xin}^2 + m_i \Phi_{yin}^2 + m_{\theta i} \Phi_{\theta in}^2)$$

Binaya etkiyen toplam deprem yükü, kat kesme kuvveti, iç kuvvet bileşenleri, yerdeğiştirme ve görelî kat ötelemesi gibi büyüklüklerin her biri için ayrı ayrı uygulanmak üzere, her titreşim modu için hesaplanan ve eşzamanlı olmayan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi için uygulanacak kurallar aşağıda verilmiştir:

- $T_m < T_n$ olmak üzere, gözönüne alınan herhangi iki titreşim moduna ait doğal periyotların daima $T_m / T_n < 0.80$ koşulunu sağlaması durumunda, maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için Karelerin Toplamının Kare Kökü Kuralı uygulanabilir.
- Yukarıda belirtilen koşulun sağlanamaması durumunda, maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için Tam Karesel Birleştirme Kuralı uygulanacaktır. Bu kuralın uygulanmasında kullanılacak çapraz korelasyon katsayılarının hesabında, modal sönüm oranları bütün titreşim modları için %5 olarak alınacaktır.

Gözönüne alınan deprem doğrultusunda, birleştirilerek elde edilen bina toplam deprem yükü V_{IB} 'nin, Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nde bina toplam deprem yükü

V_t 'ye oranının aşağıda tanımlanan β değerinden küçük olması durumunda ($V_{tB} < \beta V_t$), Mod Birleştirme Yöntemi'ne göre bulunan tüm iç kuvvet ve yerdeğiştirme büyüklükleri, Denk. (3.8)' e göre büyütülecektir.

$$B_D = \left(\frac{\beta V_t}{V_{tB}} \right) B_B \quad (3.8)$$

* A1, B2 veya B3 türü düzensizliklerden en az birinin binada bulunması durumunda Denk.(3.8)'de $\beta=0.90$, bu düzensizliklerden hiçbirinin bulunmaması durumunda ise $\beta=0.80$ alınacaktır.

3.3 Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi

Zaman tanım alanında yapılacak deprem hesabı için kaydedilmiş depremler veya kaynak ve dalga yayılımı özellikleri fiziksel olarak benzeştirilmiş yer hareketleri kullanılabilir. Bu tür yer hareketleri üretilirken yerel zemin koşulları da uygun biçimde gözönüne alınmalıdır [1].

Yapay yer hareketlerinin kullanılması durumunda, aşağıdaki özellikleri taşıyan en az üç deprem yer hareketi üretilecektir.

- Kuvvetli yer hareketi kısmının süresi, binanın birinci doğal titreşim periyodunun 5 katından ve 15 saniyeden daha kısa olmayacaktır.
- Üretilen deprem yer hareketinin sıfır periyoda karşı gelen spektral ivme değerlerinin ortalaması A_0g 'den daha küçük olmayacaktır.
- Yapay olarak üretilen her bir ivme kaydına göre %5 sönüm oranı için yeniden bulunacak spektral ivme değerlerinin ortalaması, gözönüne alınan deprem doğrultusundaki birinci (hakim) periyod T_1 'e göre $0.2T_1$ ile $2T_1$ arasındaki periyodlar için, $S_{ae}(T)$ elastik spektral ivmelerinin %90'ından daha az olmayacaktır.

BÖLÜM IV

PREFABRİK YAPILAR

Gelişmekte olan teknoloji sayesinde sanayi yapılarının yaklaşık % 90'ı betonarme prefabrik yapım sistemleri ile inşa edilmektedir. Prefabrik yapı sistemleri; yatırımlarında ekonomi ve kalite arayan işletmeler için birçok avantaj sağlamaktadır. Sanayi tesislerine yapılan yatırımlardan hızlı geri dönüş alınmak istenmesi ve bu yapıların maliyetlerini üretime geçerek kısa sürelerde amorti edebilmeleri için ekonomik, kaliteli ve pratik çözümler aranır. Prefabrik sistemlerin tercih edilme sebepleri aşağıda belirtilmiştir. Prefabrik sistemler;

1. Hızlı uygulanabilen
2. Ekonomik
3. Endüstrileşmiş yapım tekniklerine sahip
4. Yangına dayanıklı
5. Uzun ömürlü
6. Kimyasal maddelere dayanıklı
7. Çevreye duyarlı
8. Düşük bakım maliyetlerine sahip
9. Estetik
10. Verimli
11. Hızlı ve kolay montaj yapılabilen
12. Kaliteli sistemlerdir.

Prefabrik yapıların hesap ve tasarım aşamalarında ilgili şartnamelerden faydalanılır [4,5,6,7].

4.1 Prefabrik Elemanlar

Birleştirildiklerinde bir taşıyıcı sistemi meydana getiren ve atölyelerde önceden imal edilmiş olan betonarme veya öngerilmeli beton kısımlara **prefabrik eleman** denir.

4.1.1 Kiriş elemanlar

Kiriş elemanlar, bir mütemadi kirişi veya bir çerçeve kirişini temsil etmek için kullanılan elemanlardır.

4.1.1.1 Aşık kirişi



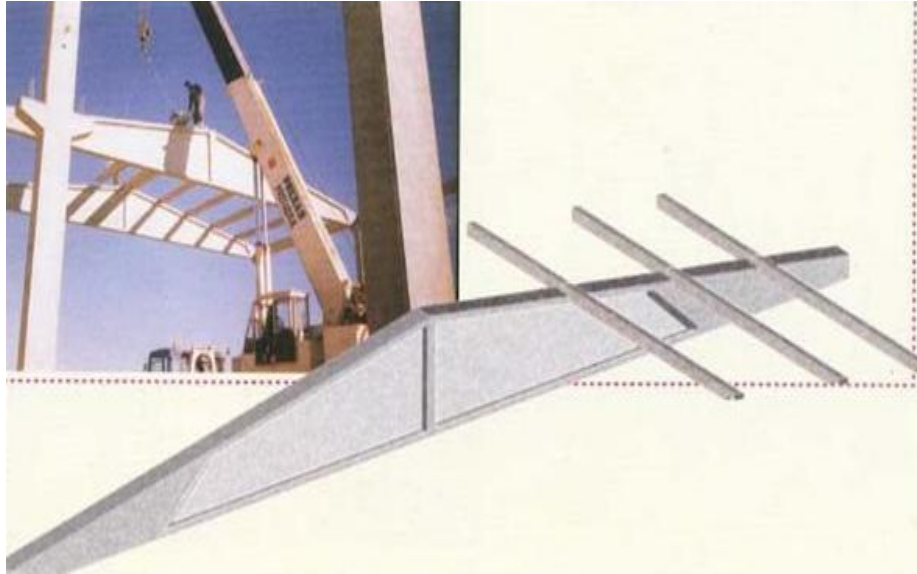
Fotoğraf 4.1 Aşık kirişi

4.1.1.2 Oluk kirişi



Fotoğraf 4.2 Oluk kirişi

4.1.1.3 Çatı kirişi



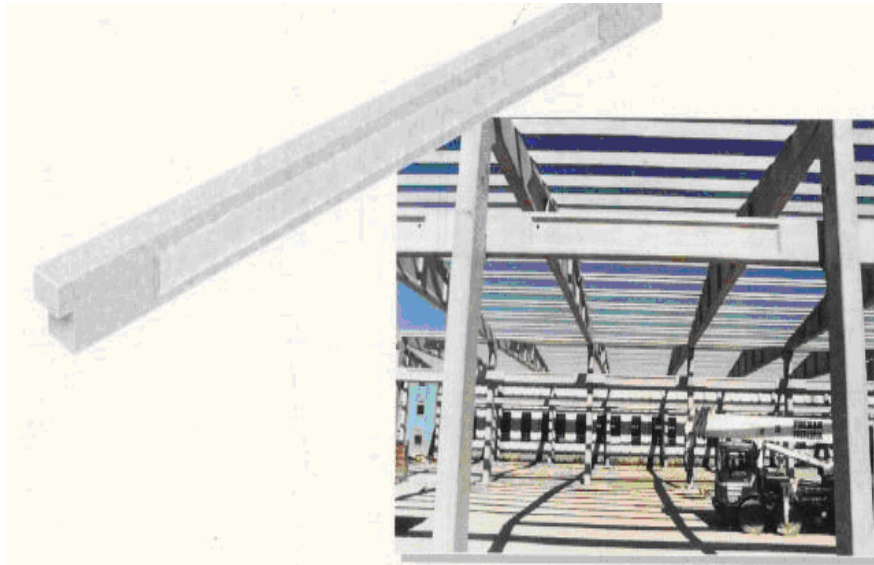
Fotoğraf 4.3 Çatı kirişi

4.1.1.4 Döşeme kirişi



Fotoğraf 4.4 Döşeme kirişi

4.1.1.5 Kreyn kirişi



Fotoğraf 4.5 Kreyn kirişi

4.1.1.6 Köprü kirişi



Fotoğraf 4.6 Köprü kirişi

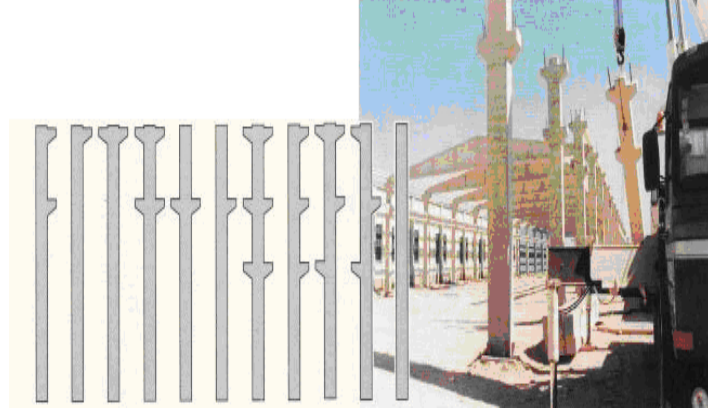
4.1.1.7 Fener kirişi



Fotoğraf 4.7 Fener kirişi

4.1.2 Kolon elemanlar

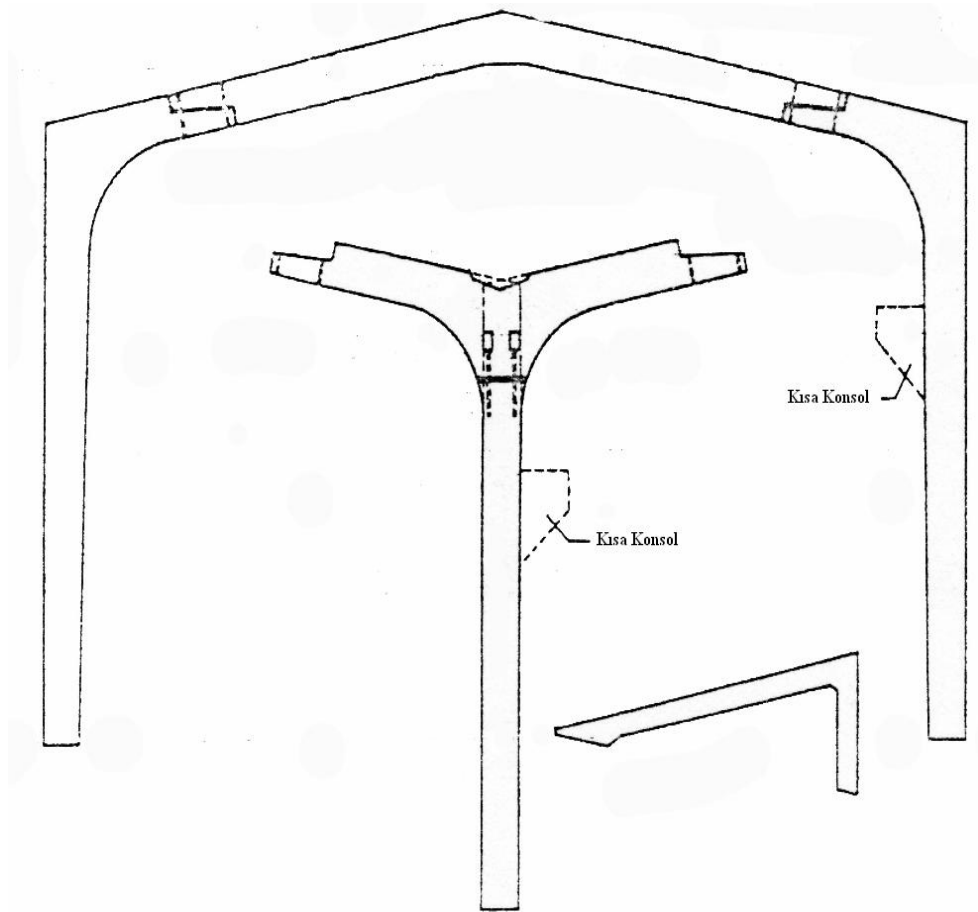
Kolon elemanlar, bir, iki veya üç kat yüksekliğinde olabilirler. Kendileri ve kirişlerle birleşimleri mafsallı veya rijit olabilir. Kolonlar kirişlerin oturmaları için inceltilmiş uçlu konsollar veya kısa konsollar ihtiva edebilirler.



Fotoğraf 4.8 Kolon elemanlar

4.1.3 Çerçeve elemanlar

Çerçeve elemanlar, genel olarak T ve H harfleri ile $\alpha \geq 90^\circ$ şeklinde olabilirler. Birbirleri ile ve kirişlerle ekleri mafsallı veya rijit olabilir.



Şekil 4.1 Çerçeve elemanlar

4.1.4 Pano elemanlar

Pano elemanlar genel olarak bir hacmin plan alanında olan veya bir yan yüzünü yekpare olarak örten dolu kesitli düzlemsel elemanlardır.

4.1.4.1 Döşeme panoları



Fotoğraf 4.9 Döşeme panoları

4.1.4.2 Duvar panoları



Fotoğraf 4.10 Duvar panoları

4.1.5 Kabuk elemanlar

Kabuk elemanlar düşünölen kabuk örtüyü meydana getirmek üzere teşkil edilmiş kabuk parçalarıdır.

4.1.6 Kompozit elemanlar

Kompozit elemanlar bir kısmı prefabrik olarak yapılmış ve bir kısmı yerinde dökme betonla oluşturulmuş elemanlardır.

4.1.7 Anolu elemanlar

Anolu (parçalı) eleman prefabrik birkaç anodan oluşmaktadır. Anolar öngerilme ile birleştirilerek yekpare bir eleman elde edilmektedir.

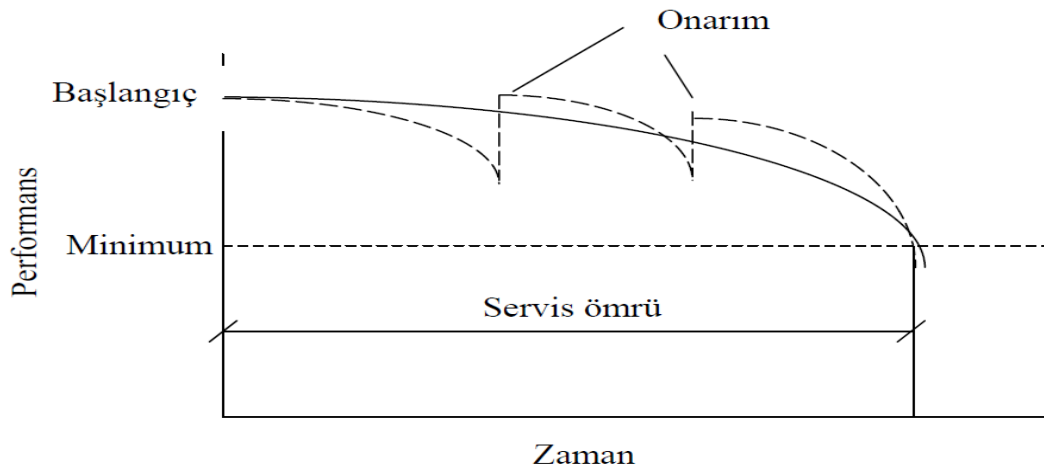
BÖLÜM V

PERFORMANSA DAYALI TASARIM

5.1 Yapının Servis Ömrü

Bir yapının servis ömrü, yapının performansının yerine getirilmesi için gerekli süredir. Performans ise yapı sahibinin, tüm yetkililerin ve kullanıcıların gereksinimlerini karşılayabilme yeteneğidir. Performansa dayalı tasarım ile ilgili yakın zamanlarda kapsamlı araştırmalar yapılmış ve yayınlanmıştır [9-12]. Betonun uzun servis ömrü genel olarak büyük yatırım gerektirir. Bundan dolayı tasarım, malzeme, hasar ve gelecekteki bakım arasındaki ilişkilerin iyi anlaşılması gerekir. Yapı tipine bağlı olarak farklı servis ömrü tanımları aşağıdaki gibi verilmiştir.

- Teknik servis ömrü, hasarın kabul edilemeyen bir durumuna kadar serviste geçen süredir.
- Fonksiyonel servis ömrü, yapının fonksiyonel performansının tüm ilgili taraflar veya yapı sahibinden gelen gereksinimlere yanıt verebilen bir servis ömrüdür.
- Ekonomik servis ömrü, betonarme yapıyı mevcut durumuyla kullanmak yerine başka amaç için değiştirme yapılncaya kadar serviste geçen süredir.



Şekil 5.1 Yapının servis ömrü

5.2 Bir Yapının Belirlenen Performans Seviyeleri

Performans seviyeleri verilen bir yapı için, verilen bir deprem etkisi altında öngörülen hasar miktarının sınır durumlarıdır. Bu sınır durumlar, binadaki taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanlardaki hasarın miktarına, bu hasarın can güvenliği bakımından bir tehlike oluşturup oluşturumamasına, deprem sonrasında binanın kullanılıp kullanılmamasına ve hasarın neden olduğu ekonomik kayıplara bağlı olarak belirlenir. Yapısal performans seviyesi, taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanların performans seviyelerinin birleşiminden oluşmaktadır. Dolayısıyla her yapısal performans seviyesi, taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanların performans seviyelerinin bir kombinezonu olarak belirlenir [13].

5.2.1 Taşıyıcı elemanlar için performans seviyeleri

Çizelge 5.1 Taşıyıcı elemanlar için performans seviyeleri [13]

Performans Seviyesi	Performans Aralığı	KOD
Hemen Kullanım		S - 1
	Hasar Kontrol	S - 2
Can Güvenliği		S - 3
	Sınırlı Güvenlik	S - 4
Göçmenin Önlenmesi		S - 5

5.2.1.1 Hemen kullanım performans seviyesi (S-1)

Taşıyıcı sistem hasarı çok azdır. Mevcut yapının deprem öncesindeki dayanım, rijitlik ve sünekliği deprem sonrasında da aynen korunmaktadır.

5.2.1.2 Hasar kontrol performans aralığı (S-2)

Deprem sonrasında yapıda oluşan hasarın, hemen kullanım ile can güvenliği performans seviyeleri arasında bulunduğu performans aralığıdır.

5.2.1.3 Can güvenliği performans seviyesi (S-3)

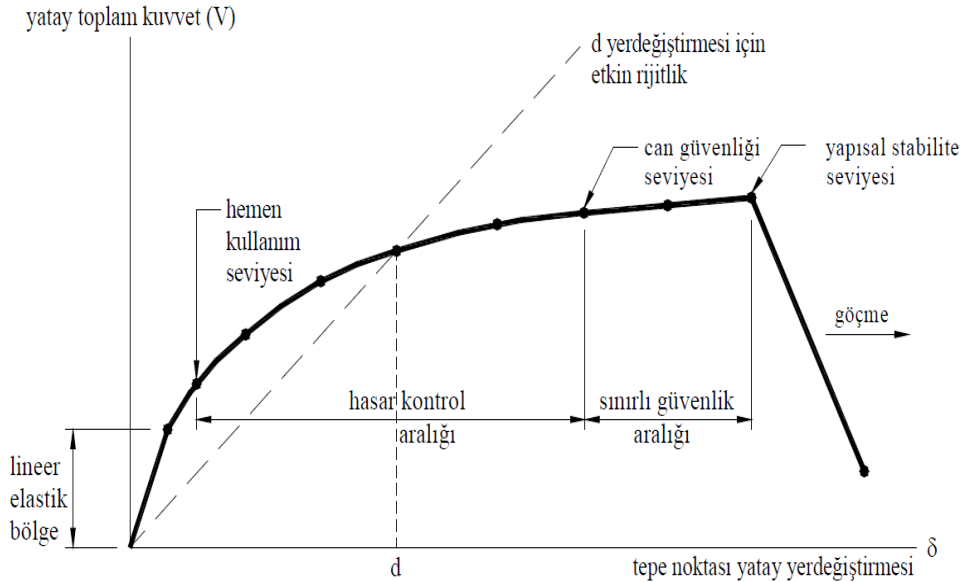
Taşıyıcı sistemde önemli hasar oluşabilir. Buna karşılık, bölgesel veya toptan göçme söz konusu değildir. Deprem sırasında yaralanmalar olabilir. Ancak, bu yaralanmalar yapısal hasarlar ile ilgili değildir. Yapısal hasar kaynaklı ölüm riski çok düşüktür.

5.2.1.4 Sınırlı güvenlik performans aralığı (S-4)

Bu aralıkta taşıyıcı elemanların performansları tamamen can güvenliği koşullarını sağlamayabilir, ancak göçmenin önlenmesi performans seviyesinden daha yüksektir.

5.2.1.5 Göçmenin önlenmesi (stabilitenin korunması) performans seviyesi (S-5)

Yapıyı bölgesel veya toptan göçme sınırına getiren ağır hasar durumunu temsil eder. Taşıyıcı elemanlarda büyük hasar oluşmuş, dayanım ve rijitliklerde önemli azalmalar meydana gelmiştir. Bununla beraber, yapının taşıma kapasitesi düşey yükleri taşımaya devam etmek için yeterlidir. Yapı stabilitesini korumakla birlikte, önemli oranda can güvenliği riski bulunmaktadır.



Şekil 5.2 Kapasite eğrisinde performans seviyeleri ve aralıkları

5.2.2 Taşıyıcı olmayan elemanlar için performans seviyeleri

Çizelge 5.2 Taşıyıcı olmayan elemanlar için performans seviyeleri [13]

Performans Seviyesi	KOD
Kullanıma Devam	N –A
Hemen Kullanım	N –B
Can Güvenliği	N –C
Azaltılmış Hasar	N –D
Performansın Dikkate Alınmadığı Seviye	N –E

5.2.2.1 Kullanıma devam performans seviyesi (N-A)

Taşıyıcı olmayan elemanlar ile tesisatta ve diğer ekipmanda hasar oluşmaz veya ihmal edilebilecek kadar az hasar meydana gelir. Bu hasar yapının ve ekipmanın kullanımını engellemez.

5.2.2.2 Hemen kullanım performans seviyesi (N-B)

Taşıyıcı olmayan elemanlarda ekipman ve tesisatta hasar oluşabilir. Bazı eleman ve ekipmanın onarılması veya değiştirilmesi gerekebilir. Kullanım bakımından ortaya çıkabilecek kısıtlamalar kısa zamanda giderilerek yapı kullanılmaya devam eder.

5.2.2.3 Can güvenliği performans seviyesi (N-C)

Taşıyıcı olmayan elemanlarda, ekipman ve tesisatta hasar oluşabilir. Ancak, binanın içinde veya dışındaki ağır elemanlarda, yaralanmalara neden olabilecek makine devrilmesi, kopmalar, düşmeler söz konusu değildir. Tesisat ve ekipmanda onarım ihtiyacı doğar.

5.2.2.4 Azaltılmış hasar performans seviyesi (N-D)

Taşıyıcı olmayan elemanlarda, ekipman ve tesisatta ciddi hasar meydana gelebilir. Ancak, dış cephe kaplamalarının dökülmesi, asma tavanların düşmesi gibi insanların gruplar halinde yaralanmalarına neden olabilecek hasar oluşmaz.

5.2.2.5 Performansın dikkate alınmadığı seviye (N-E)

Bazı hallerde, yapının davranışını ve kullanımını etkilemeyen bazı ikincil elemanlar için performansın dikkate alınmasına gerek olmayabilir.

5.2.3 Bina yapısal performans seviyeleri

Çizelge 5.3 Bina yapısal performans seviyeleri [13]

Taşıyıcı Eleman Performans Seviyeleri	Taşıyıcı Eleman Performans Seviyeleri				
	S - 1	S - 2	S - 3	S - 4	S - 5
N - A	1 - A	2 - A	K.Ö.	K.Ö.	K.Ö.
N - B	1 - B	2 - B	3 - B	K.Ö.	K.Ö.
N - C	1 - C	2 - C	3 - C	4 - C	5 - C
N - D	K.Ö.	2 - D	3 - D	4 - D	5 - D
N - E	K.Ö.	K.Ö.	3 - E	4 - E	5 - E

K.Ö. : Kullanılması önerilmeyen performans seviyeleridir.

5.2.3.1 (1-A): Kullanıma devam yapısal performans seviyesi (S1 + NA)

Binada hasar yoktur veya kolaylıkla onarılabilecek düzeyde sınırlı hasar mevcuttur. Yapı sistemi deprem öncesi dayanım, rijitlik ve sünekliğini aynen korumaktadır. Bina kullanıma devam edilebilecek durumdadır.

5.2.3.2 (1-B): Hemen kullanım performans seviyesi (S1 + NB)

Oldukça az yapısal hasar vardır. Yapı orjinal dayanım ve rijitliğini önemli ölçüde korumaktadır. Yapısal olmayan elemanlar güvenlidir ve genellikle çalışabilir durumdadır. Deprem sırasında yaralanma riski oldukça düşüktür.

5.2.3.3 (3-C): Can güvenliği performans seviyesi (S3 + NC)

Yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda belirli ölçülerde hasar mevcuttur. Yapı deprem öncesi dayanım ve rijitliğinin bir bölümünü kaybetmiş durumdadır. Ancak yapısal ve yapısal olmayan elemanların can güvenliğini tehdit etmesi söz konusu değildir. Yapı onarılmaya muhtaçtır ve onarılmadan kullanılması uygun değildir.

5.2.3.4 (5-E): Göçmenin önlenmesi-yapısal stabilitenin korunması performans seviyesi (S5 + NE)

Yapı taşıyıcı sistemi ancak düşey yükler altında stabilitesini korumaktadır. Binanın artçı depremlere karşı dayanımı kalmamıştır ve kullanılmaması gerekir. Onarılması da çok defa pratik veya ekonomik bakımdan uygun değildir.

Performansa dayalı değerlendirme ve tasarımda gözönüne alınmak üzere, farklı düzeylerde deprem hareketleri tanımlanmıştır. Bu deprem hareketleri genel olarak, 50 yıllık bir süreç içindeki aşılma olasılıkları ve benzer depremlerin oluşumu arasındaki zaman aralığı ile ifade edilirler.

1. Servis (kullanım) depremi (SE)

50 yılda aşılma olasılığı % 50 olan yer hareketidir. Yaklaşık dönüş periyodu 72 yıldır. Bu depremin etkisi, tasarım depreminin yarısı kadardır.

2. Tasarım depremi (DE)

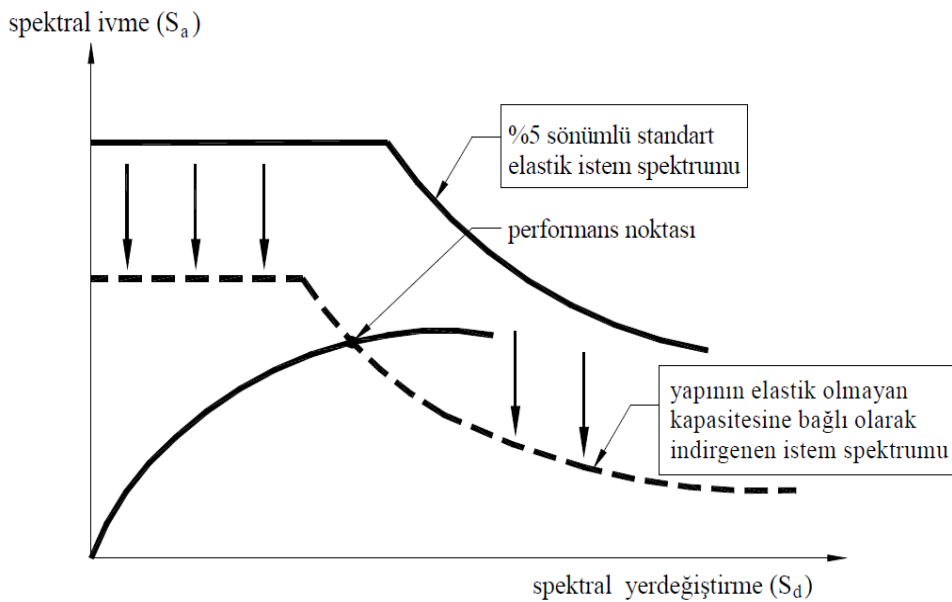
50 yılda aşılma olasılığı % 10 olan yer hareketidir. Yaklaşık dönüş periyodu 475 yıldır.

3. En büyük deprem (ME)

ATC-40 [14]'a göre, belirli bir bölgede jeolojik veriler çerçevesinde meydana gelebilecek en büyük deprem hareketidir. 50 yılda aşılma olasılığı % 5, dönüş periyodu yaklaşık 1000 yıldır. Bu depremin etkisi tasarım depreminin 1.25 - 1.50 katı civarındadır.

5.3 Kapasite Spektrumu Metodu ile Performans Noktasının Belirlenmesi

Artan deprem yükleri altındaki bir yapıda doğrusal olmayan şekildeğişiklikler meydana gelir. Bu şekildeğişiklikler yapının sönümünü artırır ve dolayısıyla deprem talebini azaltır. Kapasite spektrumu metodunda, yapıda meydana gelen doğrusal olmayan şekildeğişikliklere bağlı olarak, elastik istem spektrumu indirgenerek kapasite ve istemin eşit olduğu nokta belirlenir. Performans noktası adı verilen bu noktada, yapıdan istenen performans hedefinin gerçekleşip gerçekleşmediği kontrol edilir. Bu yöntemde üç temel büyüklüğün belirlenmesi gerekmektedir. Bunlar kapasite, yerdeğiştirme istemi ve performans noktasıdır.



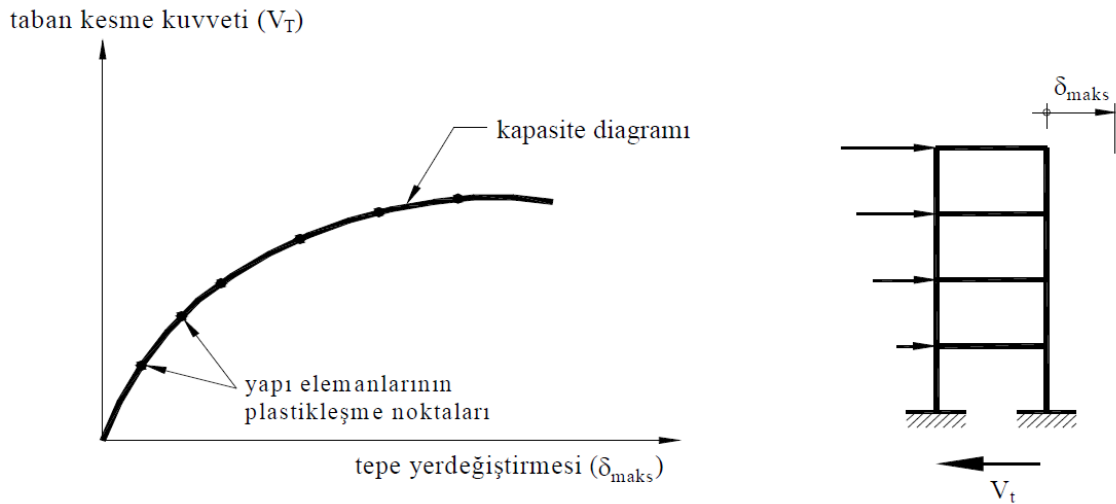
Şekil 5.3 Kapasite spektrumu metodu ile performans noktasının belirlenmesi

Kapasite eğrisinin istem spektrumu ile karşılaştırılabilmesi için; spektral formata (S_a-S_d) dönüştürülür. Ancak, istem spektrumu tek serbestlik dereceli sisteme ait olduğu için, çok serbestlik dereceli sisteme ait kapasite eğrisinin de eşdeğer tek serbestlik dereceli sisteme dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu işlem, birinci doğal moda ait modal kütle katsayısı (α_1) ve modal katılım çarpanı (PF_1) kullanılarak aşağıdaki bağıntılar ile yapılabilmektedir.

$$\alpha_1 = \frac{\left[\sum_{i=1}^N \frac{w_i \phi_{i,1}}{g} \right]^2}{\left[\sum_{i=1}^N \frac{w_i}{g} \right] \left[\sum_{i=1}^N \frac{w_i \phi_{i,1}^2}{g} \right]} \quad (5.1)$$

$$S_a = \frac{V_T}{W \alpha_1}, \quad S_d = \frac{\delta_{\max}}{PF_1 \phi_{tepe,1}} \quad (5.2)$$

$$PF_1 = \frac{\left[\sum_{i=1}^N \frac{w_i \phi_{i,1}}{g} \right]}{\left[\sum_{i=1}^N \frac{w_i \phi_{i,1}^2}{g} \right]} \quad (5.3)$$



Şekil 5.4 Doğrusal olmayan teori ile kapasite eğrisinin elde edilmesi

Yukarıda verilen bağıntılarda;

S_a : Spektral ivme

S_d : Spektral yerdeğiştirme

V_T : Toplam taban kesme kuvveti

$\delta_{\max}$: Yapının tepe noktasındaki maksimum yer değiştirmesi

W : Yapının toplam ağırlığı

$\phi_{\text{tepe},1}$: Birinci moda ait en üst kattaki maksimum yerdeğiştirme

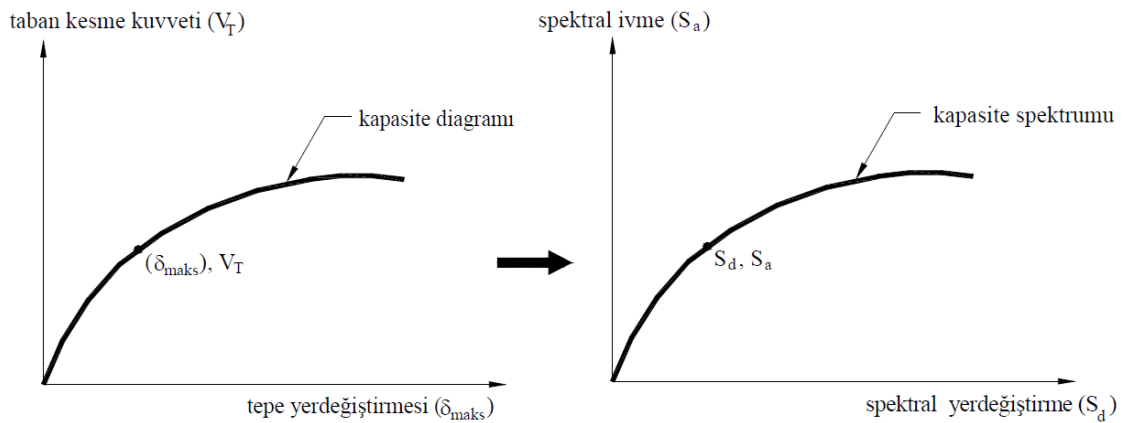
$\phi_{i,1}$: Birinci moda ait (i) numaralı kattaki maksimum yerdeğiştirme

N : Binanın kat sayısı

w_i / g : (i) numaralı katın kütlesi

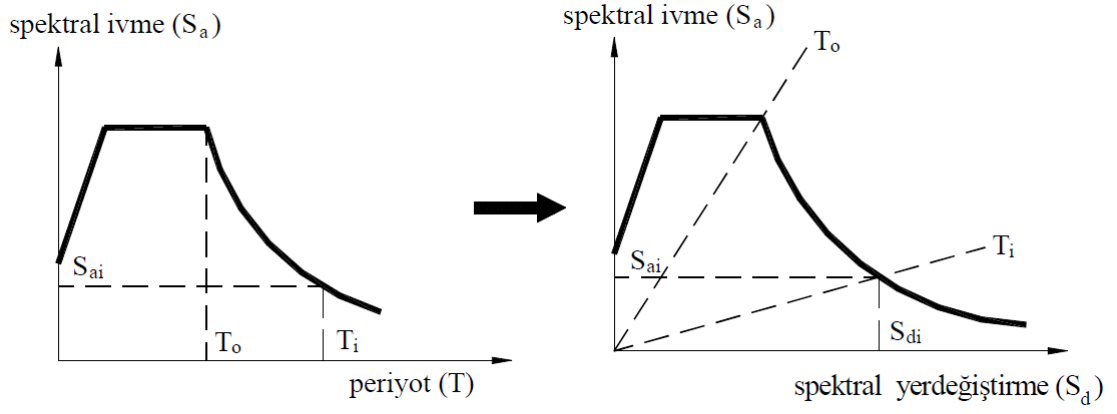
α_1 : Birinci moda ait modal kütle katsayısı

PF_1 : Modal kütle çarpanı' dır.



Şekil 5.5 Kapasite eğrisinin kapasite spektrumuna dönüştürülmesi

$$S_d = S_a \frac{T^2}{4 \pi^2} \quad (5.4)$$

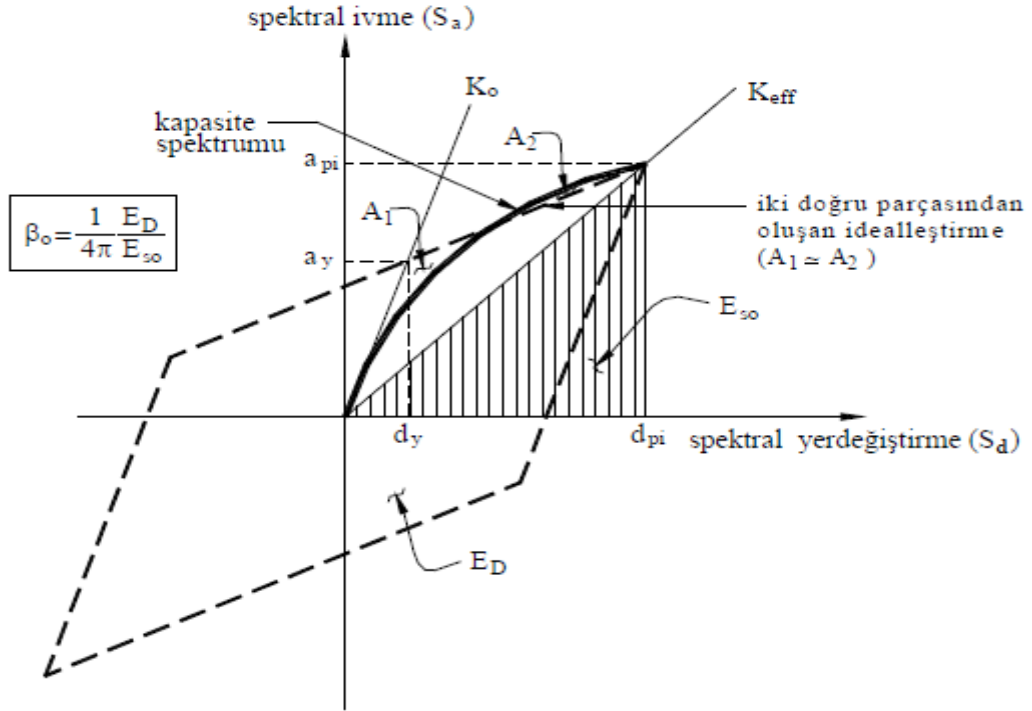


Şekil 5.6 Elastik istem spektrumunun ivme – yerdeğiştirme formatına dönüştürülmesi

$$\beta_{eq} = K \beta_0 + 5 = \frac{63.7 K (a_y d_{pi} - d_y a_{pi})}{a_{pi} d_{pi}} + 5 \quad (5.5)$$

$$S_{Ra} \approx \frac{3.21 - 0.68 \ln(\beta_{eq})}{2.12} \quad (5.6)$$

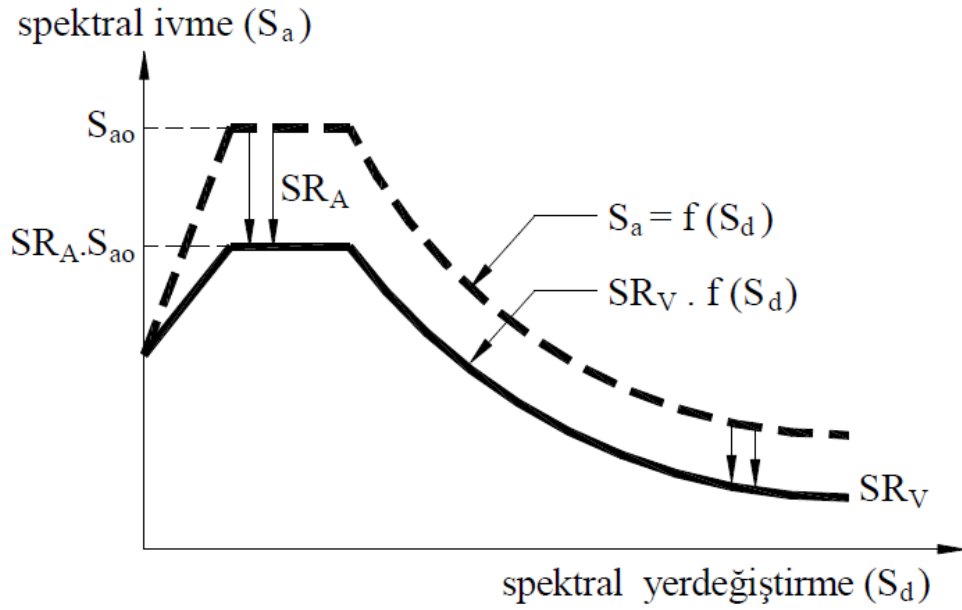
$$S_{Rv} \approx \frac{2.31 - 0.41 \ln(\beta_{eq})}{1.65} \quad (5.7)$$



Şekil 5.7 Histeretik sönüme eşdeğer viskoz sönümün belirlenmesi

T_0 : Etkin doğal periyot

T_i : Hesap yapılan doğrultudaki elastik doğal periyot



Şekil 5.8 İndirgenmiş istem spektrumunun elde edilmesi

BÖLÜM VI

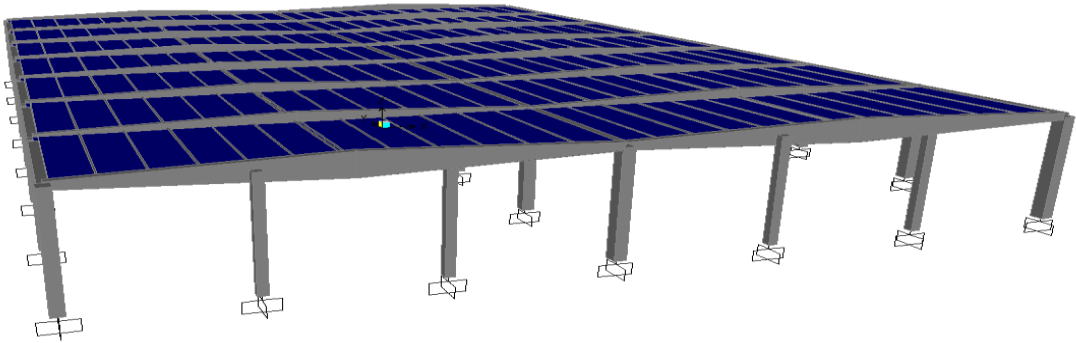
BİNALARIN PROJELENDİRİLMESİ

6.1 İncelenecek Binaların Karakteristik Özellikleri

Bu çalışmada birinci derece deprem bölgelerinde inşa edilmek üzere tasarlanmış prefabrik sanayi yapısı incelenecektir. Yapıların projelendirilmesinde Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik[1], TS 500[5], TS 9967[6], TS 498[7] ve kullanılmıştır. Binalara uygulanan analizlerde inelastik ‘Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi’ esas alınmış ve inelastik histeretik model olarak ‘Takeda Modeli’[15] kullanılmıştır. Yapılara uygulanan analizlerde %5 sönüm oranı kabul edilmiştir. Bu çalışmada kullanılan prefabrik yapılar ile ilgili ayrıntılı proje bilgileri ve farklı analiz sonuçları daha önceki çalışmalarda sunulmuştur [16-19].

6.1.1 Bina 1 için karakteristik özellikler

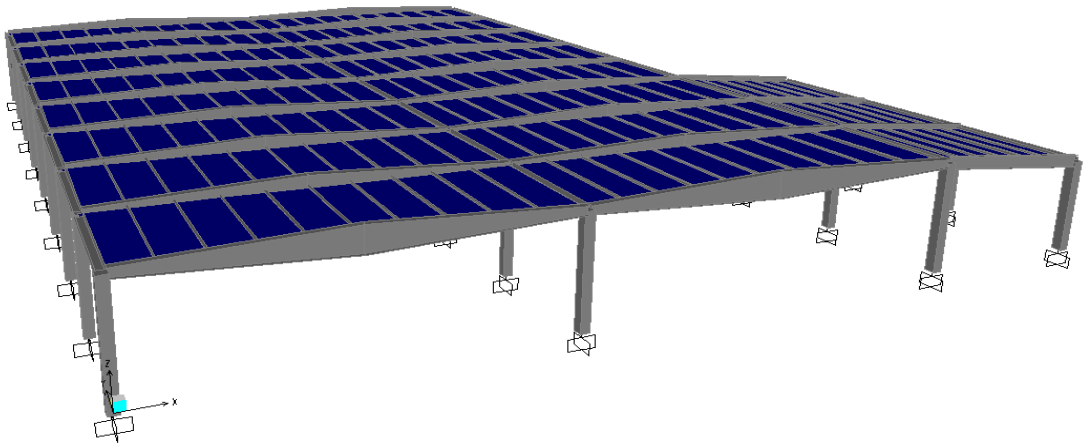
İncelenecek olan bina X yönünde 40 m, Y yönünde 56 m uzunluğunda ve kolon aksları eşit aralıklarla X yönünde 6.65 m, Y yönünde 8 m’dir. Binanın kotu +7.00 m olup; ağırlığı yaklaşık 530 ton’ dur. Kolon kesitleri 50 x 60 cm’dir. Kirişler ise; I-50 ve I-150 olarak tasarlanmıştır.



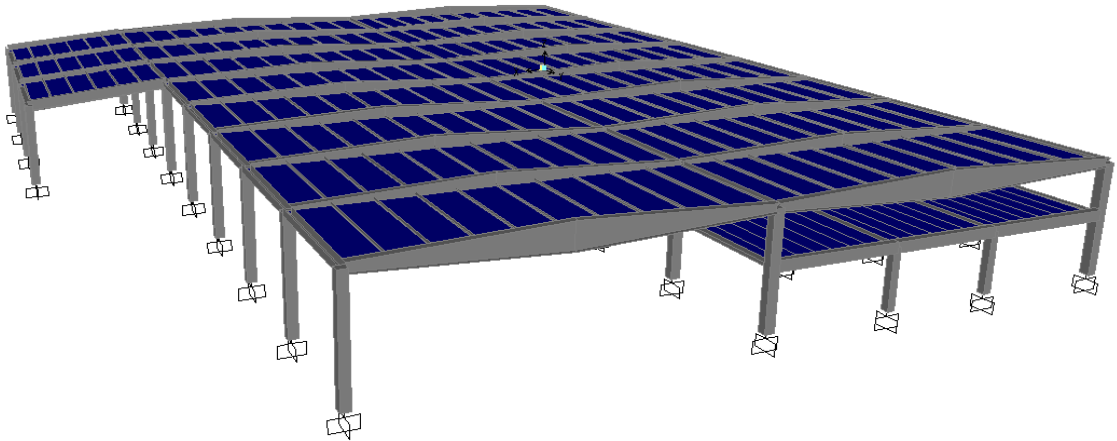
Şekil 6.1 Bina 1’in sistem geometrisi

6.1.2 Bina 2 için karakteristik özellikler

İncelenecek olan bina X yönünde 48.70 m, Y yönünde 60 m uzunluğunda ve kolon aksları X yönünde sırasıyla 7 m, 6 m, 7 m, 20 m, 8.70 m; Y yönünde eşit aralıklarla 7.50 m'dir. Binanın kotları sırasıyla +3.50 m, +5.60 m, +6.50 m olup; ağırlığı yaklaşık 720 ton'dur. Kolon kesitleri 40 x 40 cm, 45 x 45 cm ve 50 x 50 cm' dir. Kiriş kesitleri ise; 40 x 60 cm standart, 30 x 70 cm I tipi kiriş, I2-50 ve I1-150' den oluşmaktadır.



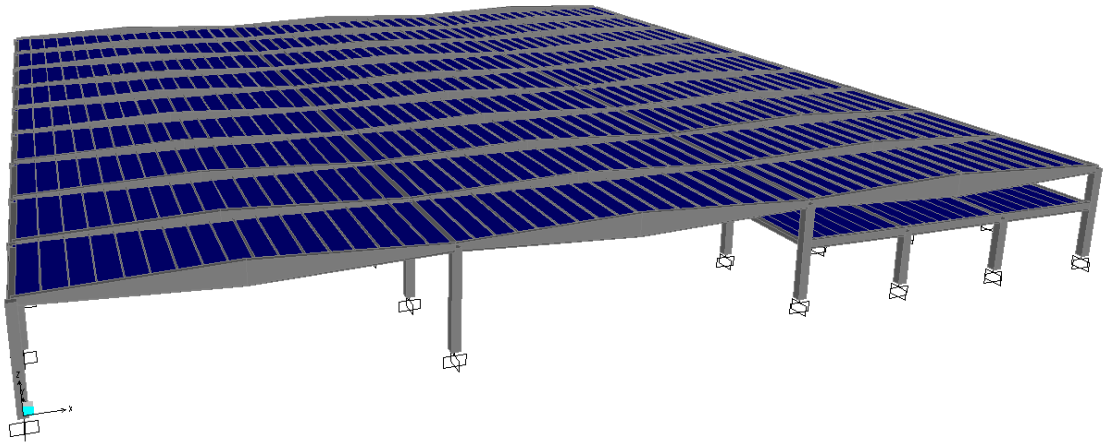
Şekil 6.2 Bina 2'nin sistem geometrisi (Ön Cephe Görünüşü)



Şekil 6.3 Bina 2'nin sistem geometrisi (Arka Cephe Görünüşü)

6.1.3 Bina 3 için karakteristik özellikler

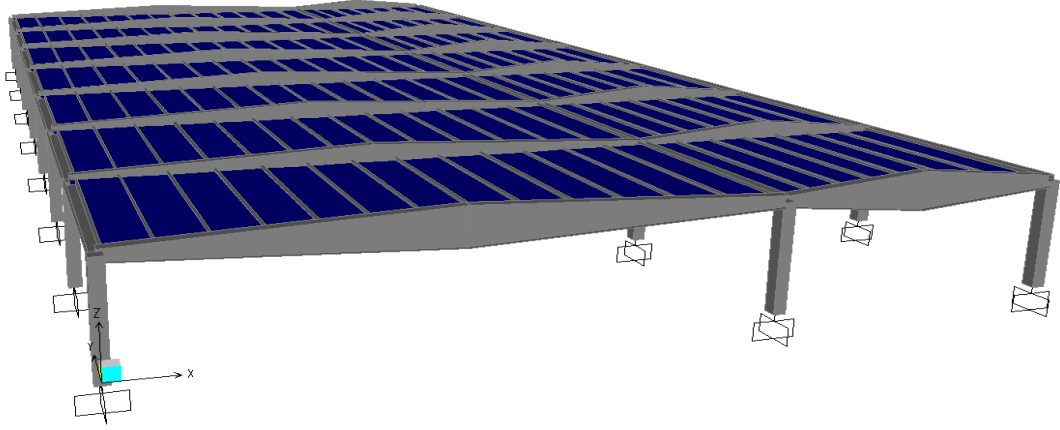
İncelenecek olan bina X yönünde 75 m, Y yönünde 81 m uzunluğunda ve kolon aksları X yönünde sırasıyla 25 m, 25 m, 8.30 m, 8.40 m, 8.30 m; Y yönünde eşit aralıklarla 9 m'dir. Binanın kotları sırasıyla +4.00 m, +7.00 m olup; ağırlığı yaklaşık 1300 ton'dur. Kolon kesitleri 40 x 40 cm ve 45 x 45 cm' dir. Kiriş kesitleri ise; 40 x 60 cm I tipi kiriş, I2-50 ve I1-160' tan oluşmaktadır.



Şekil 6.4 Bina 3'ün sistem geometrisi

6.1.4 Bina 4 için karakteristik özellikler

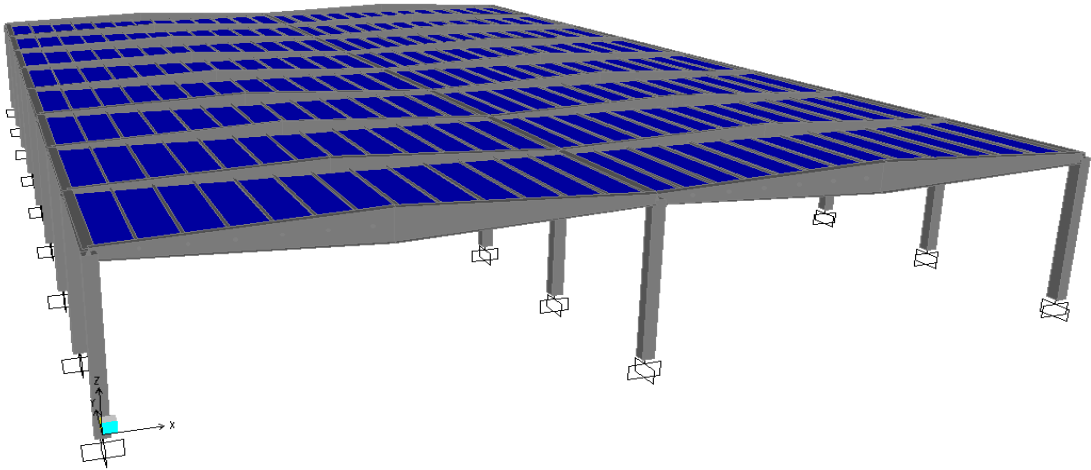
İncelenecek olan bina X yönünde 31 m, Y yönünde 62 m uzunluğunda ve kolon aksları X yönünde sırasıyla 21 m, 10 m; Y yönünde eşit aralıklarla 8.85 m, 8.90 m'dir. Binanın kotu +4.50 m olup; ağırlığı yaklaşık 500 ton'dur. Kolon kesitleri 40 x 40 cm' dir. Kiriş kesitleri ise; I2-50 ve I1-150' den oluşmaktadır.



Şekil 6.5 Bina 4'ün sistem geometrisi

6.1.5 Bina 5 için karakteristik özellikler

İncelenecek olan bina X yönünde 40 m, Y yönünde 60 m uzunluğunda ve kolon aksları eşit aralıklarla X yönünde 20 m, Y yönünde 7.50 m'dir. Binanın kotu +7.50 m olup; ağırlığı yaklaşık 725 ton'dur. Kolon kesitleri 50 x 50 cm' dir. Kiriş kesitleri ise; I2-50 ve I1-150' den oluşmaktadır.



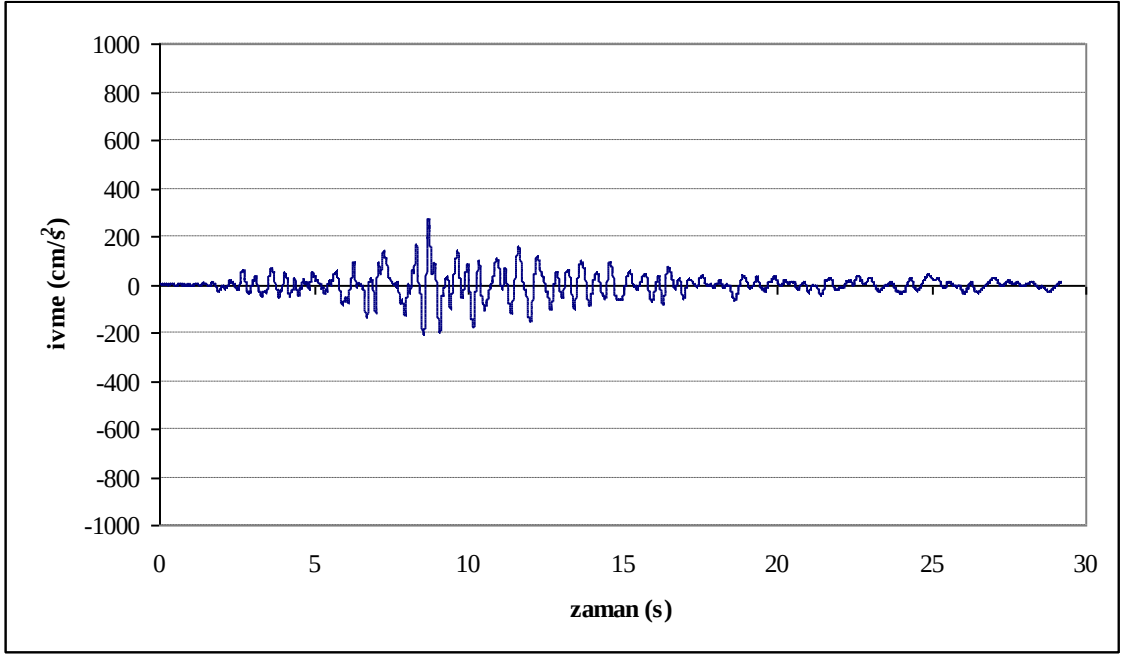
Şekil 6.6 Bina 5'in sistem geometrisi

6.2 Binalara Uygulanan Deprem İvme Kayıt Grafikleri

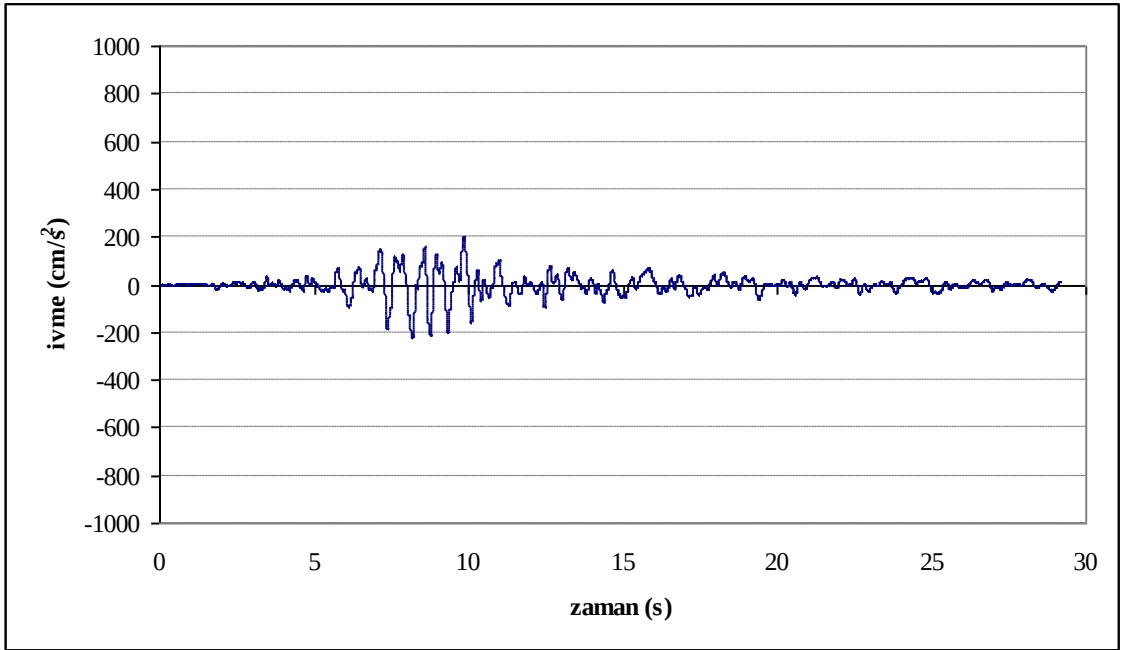
Çizelge 6.1 Binalara uygulanan deprem kayıtlarının maksimum yer ivmesi değerleri

Deprem Yer Hareketi	Maksimum Yer İvmesi (PGA)
Adana-Ceyhan-DB (Adana 1998)	0.28g
Adana-Ceyhan-KG (Adana 1998)	0.23g
Bingöl-DB (Bingöl 2003)	0.28g
Bingöl-KG (Bingöl 2003)	0.55g
Bolu-DB (Düzce 1999)	0.82g
Bolu-KG (Düzce 1999)	0.73g
Denizli-DB (Denizli 1976)	0.29g
Denizli-KG (Denizli 1976)	0.35g
Dinar-DB (Dinar-1995)	0.33g
Dinar-KG (Dinar-1995)	0.28g
Düzce-DB (Düzce 1999)	0.41g
Düzce-KG (Düzce 1999)	0.52g
Erzincan-DB (Erzincan 1992)	0.48g
Erzincan-KG (Erzincan 1992)	0.41g
İzmir-DB (İzmir 1977)	0.12g
İzmir-KG (İzmir 1977)	0.39g
İzmit-DB (Marmara 1999)	0.23g
İzmit-KG (Marmara 1999)	0.17g
Sakarya-DB (Marmara 1999)	0.35g
Sakarya-KG (Marmara 1999)	0.21g

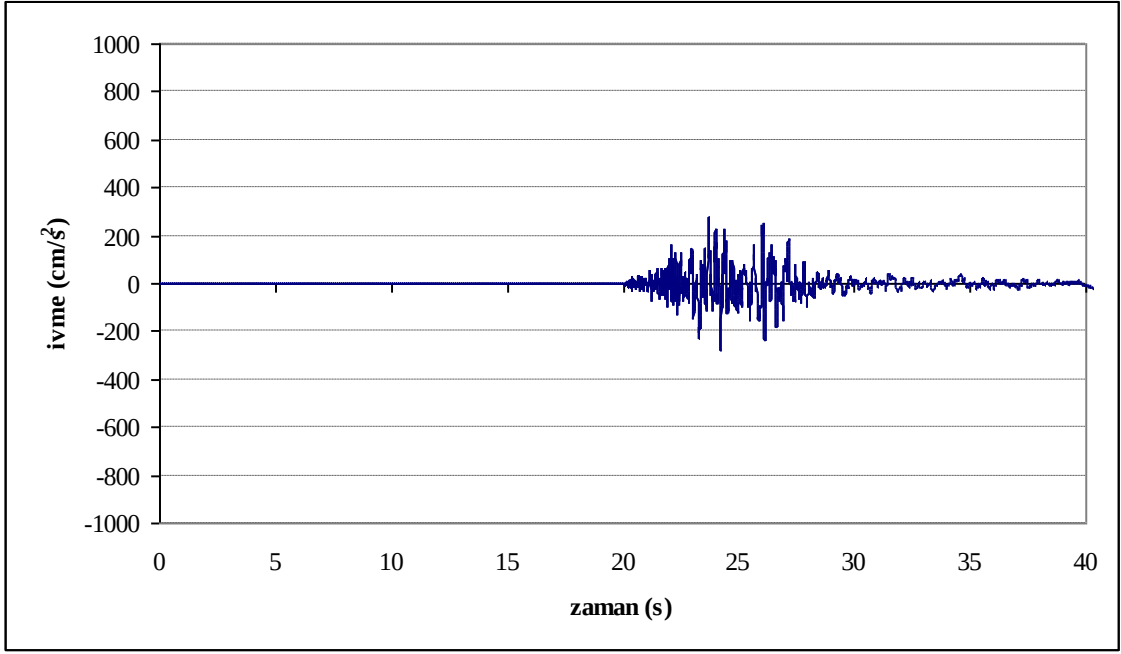
Çizelgede gösterilen deprem ivme dataları ‘Deprem Araştırma Dairesi[20]’ den alınmıştır. Bu çalışma için 20 adet deprem ivme kaydı seçilmiş olup, bunların seçiminde 1g’ ye kadar olan ve doğrusal olarak artan maksimum yer ivmesi değerleri kullanılmıştır. Böylece uygulanacak olan depremlerle birlikte binaların dayanımı tespit edilecek ve yorumlanacaktır.



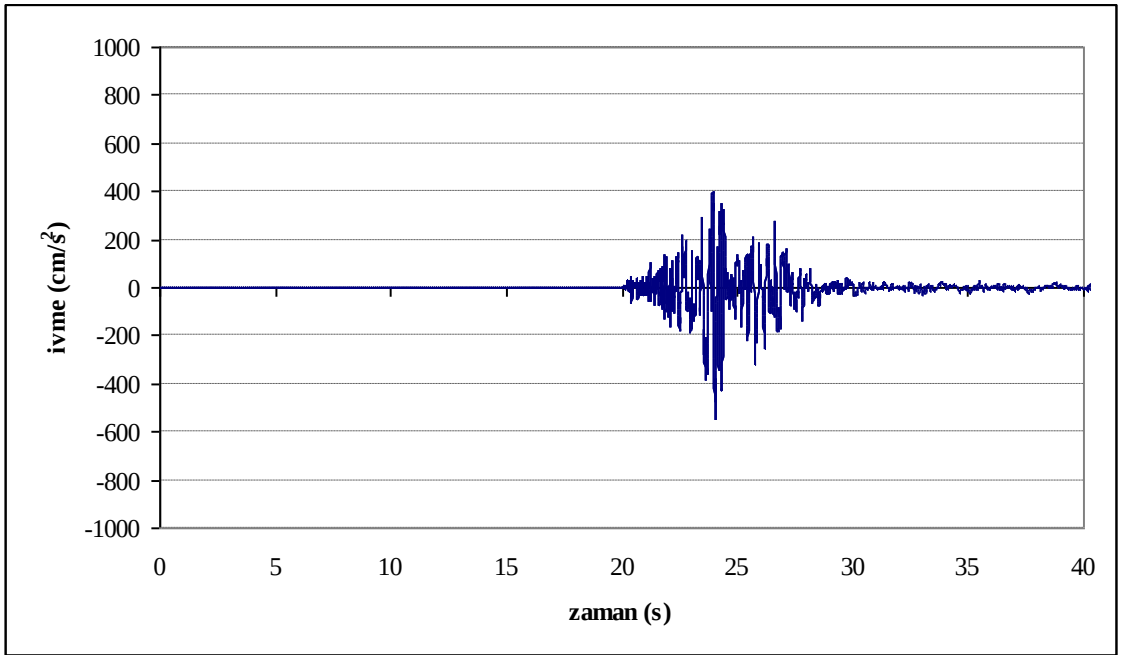
Şekil 6.7 Adana-Ceyhan Doğu-Batı yönü ivme kayıt grafiği (Adana 1998)



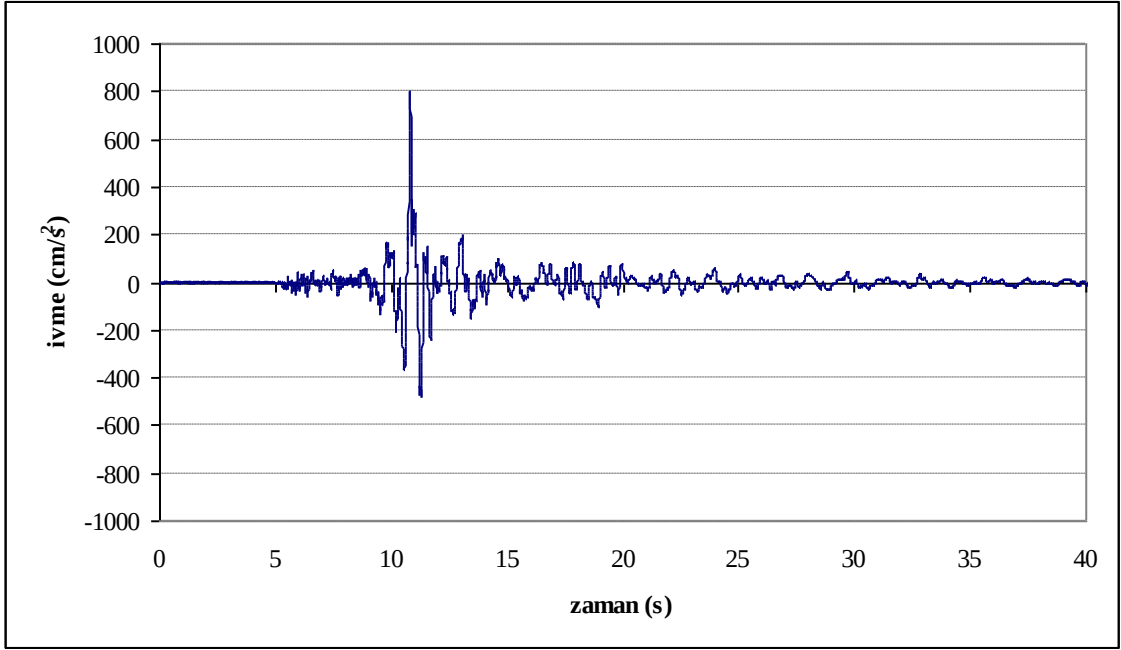
Şekil 6.8 Adana-Ceyhan Kuzey-Güney yönü ivme kayıt grafiği (Adana 1998)



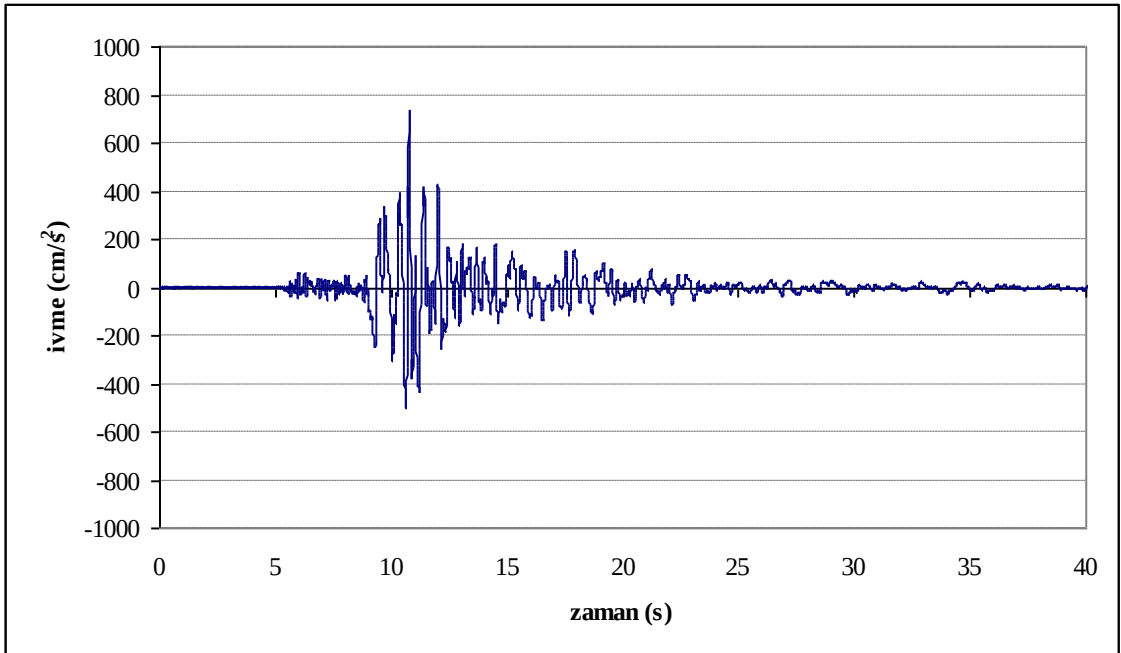
Şekil 6.9 Bingöl Doğu-Batı yönü ivme kayıt grafiği (Bingöl 2003)



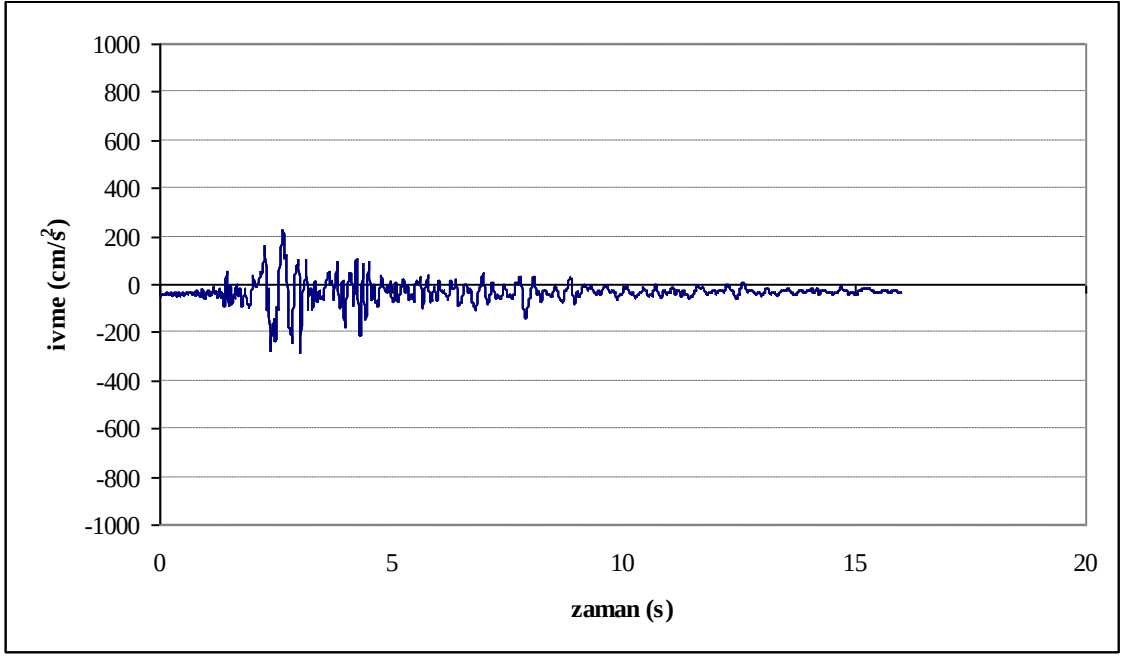
Şekil 6.10 Bingöl Kuzey-Güney yönü ivme kayıt grafiği (Bingöl 2003)



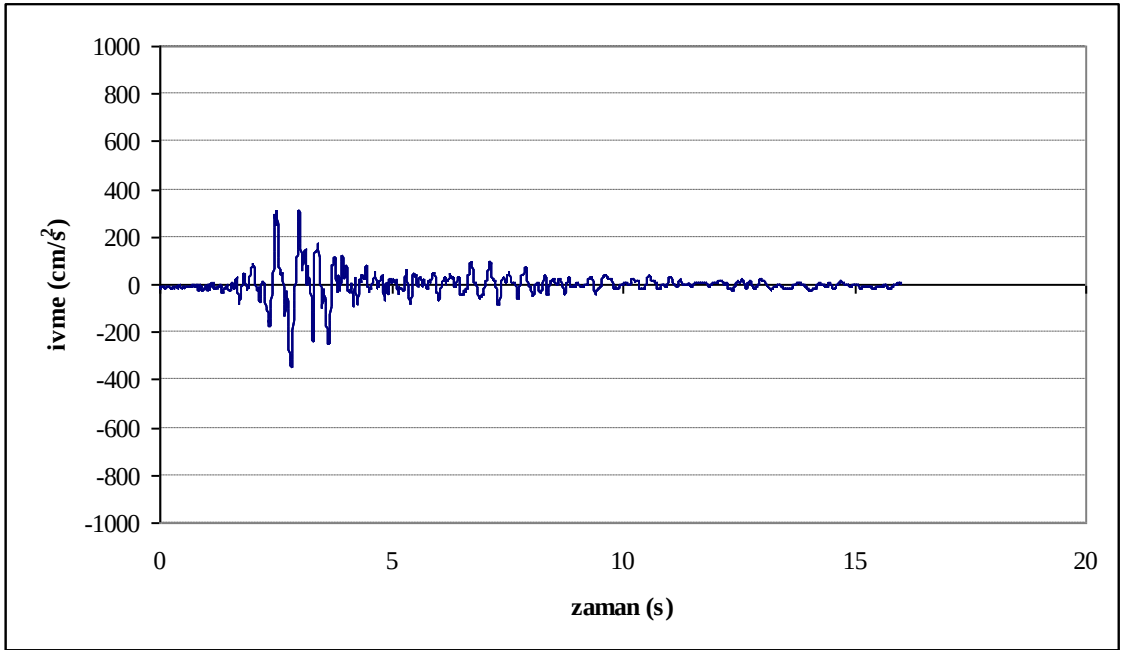
Şekil 6.11 Bolu Doğu-Batı yönü ivme kayıt grafiği (Düzce 1999)



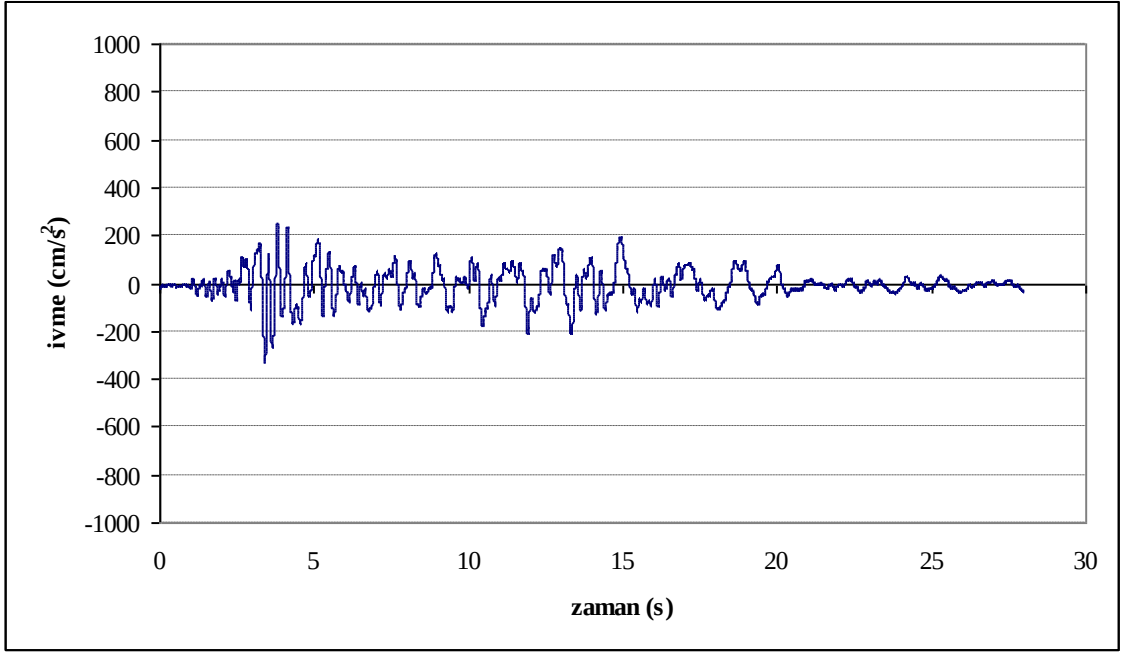
Şekil 6.12 Bolu Kuzey-Güney yönü ivme kayıt grafiği (Düzce 1999)



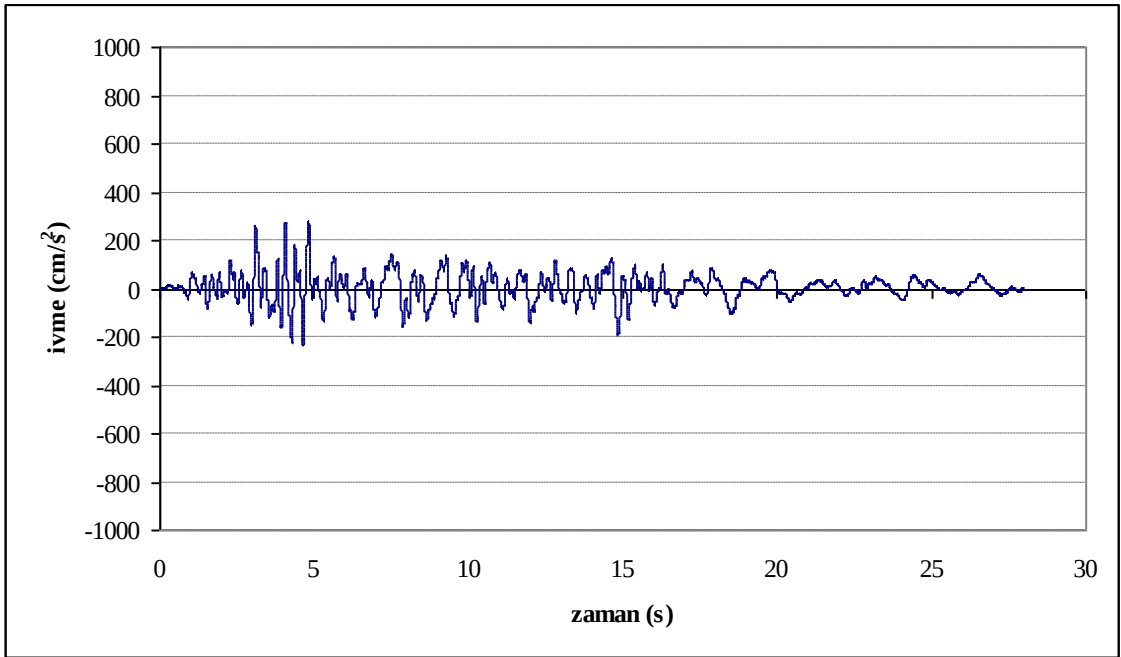
Şekil 6.13 Denizli Doğu-Batı yönü ivme kayıt grafiği (Denizli 1976)



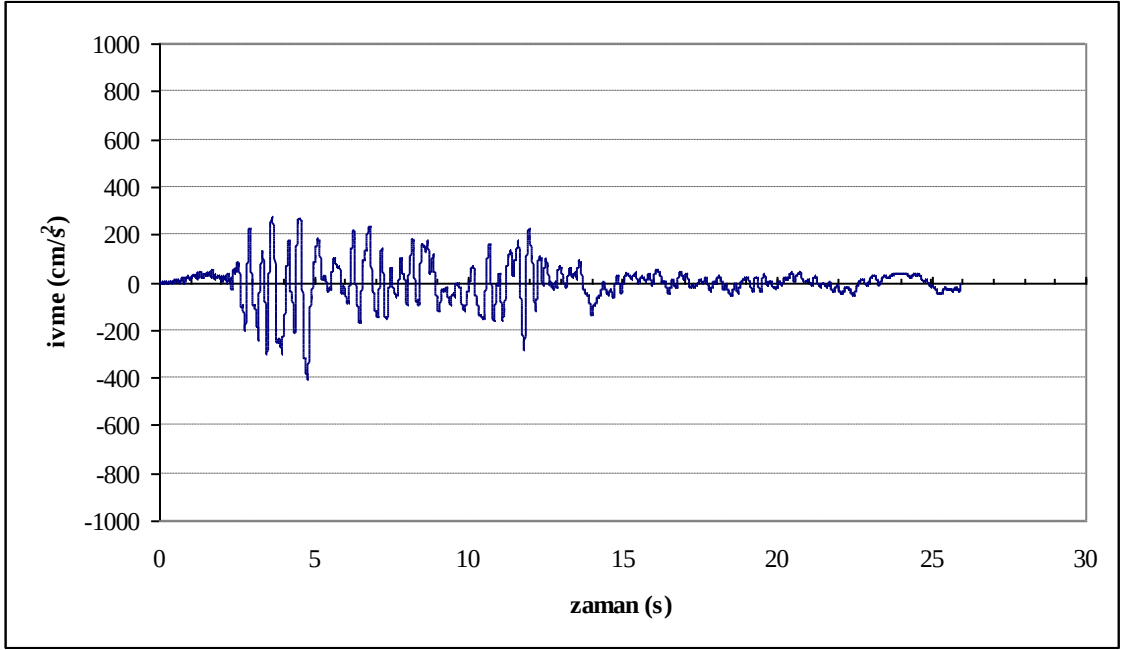
Şekil 6.14 Denizli Kuzey-Güney yönü ivme kayıt grafiği (Denizli 1976)



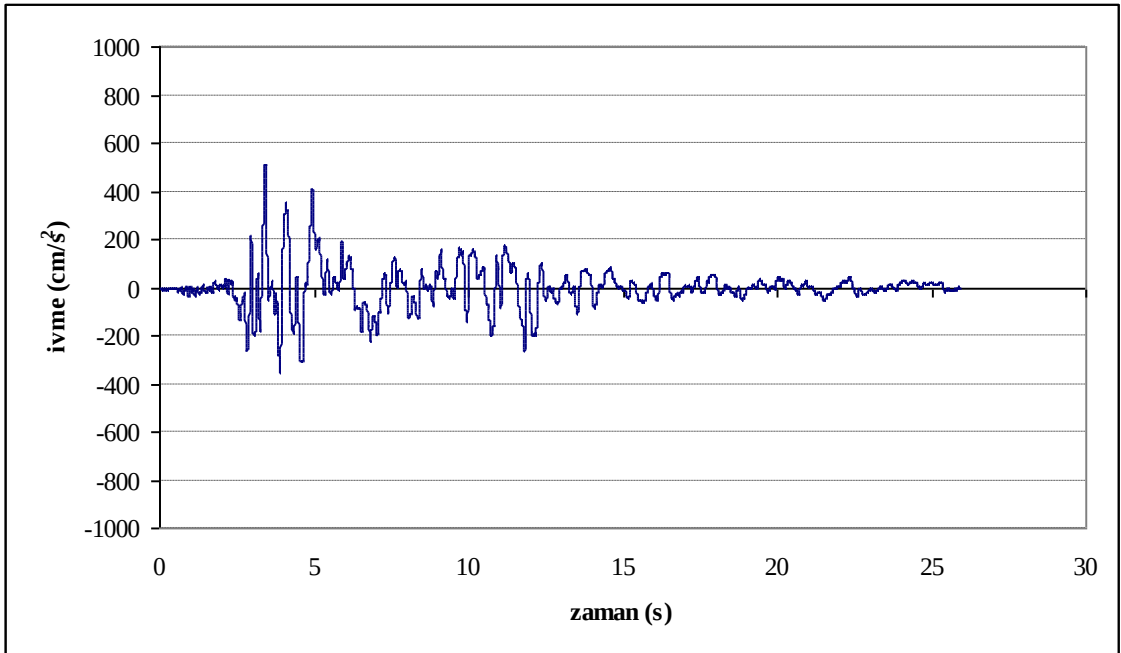
Şekil 6.15 Dinar Doğu-Batı yönü ivme kayıt grafiği (Dinar 1995)



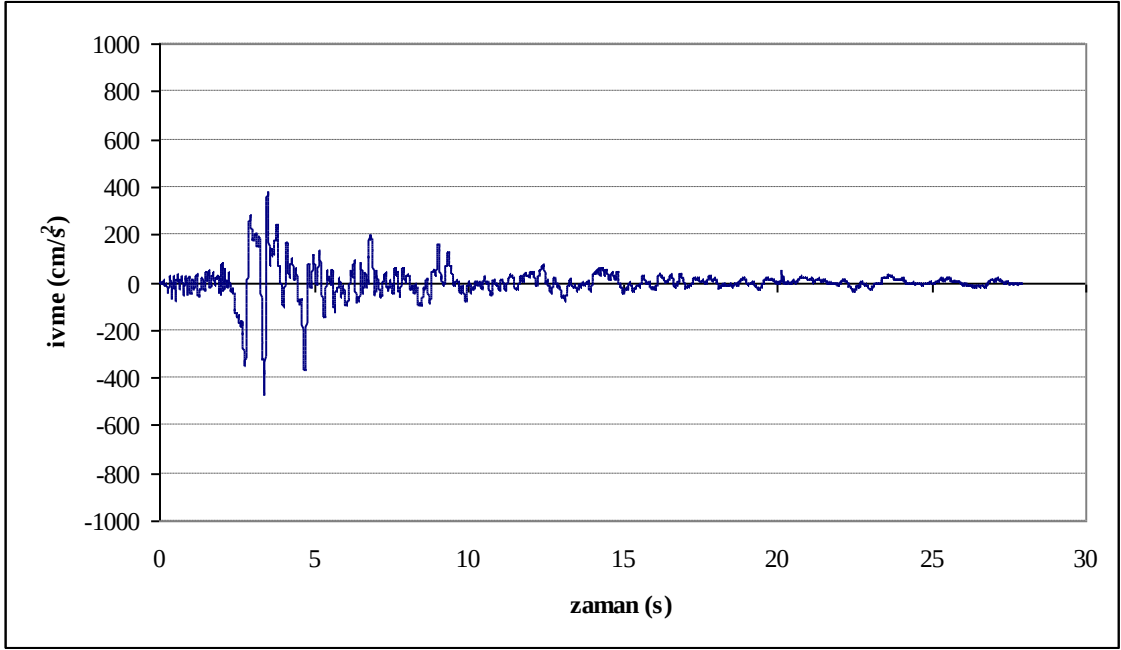
Şekil 6.16 Dinar Kuzey-Güney yönü ivme kayıt grafiği (Dinar 1995)



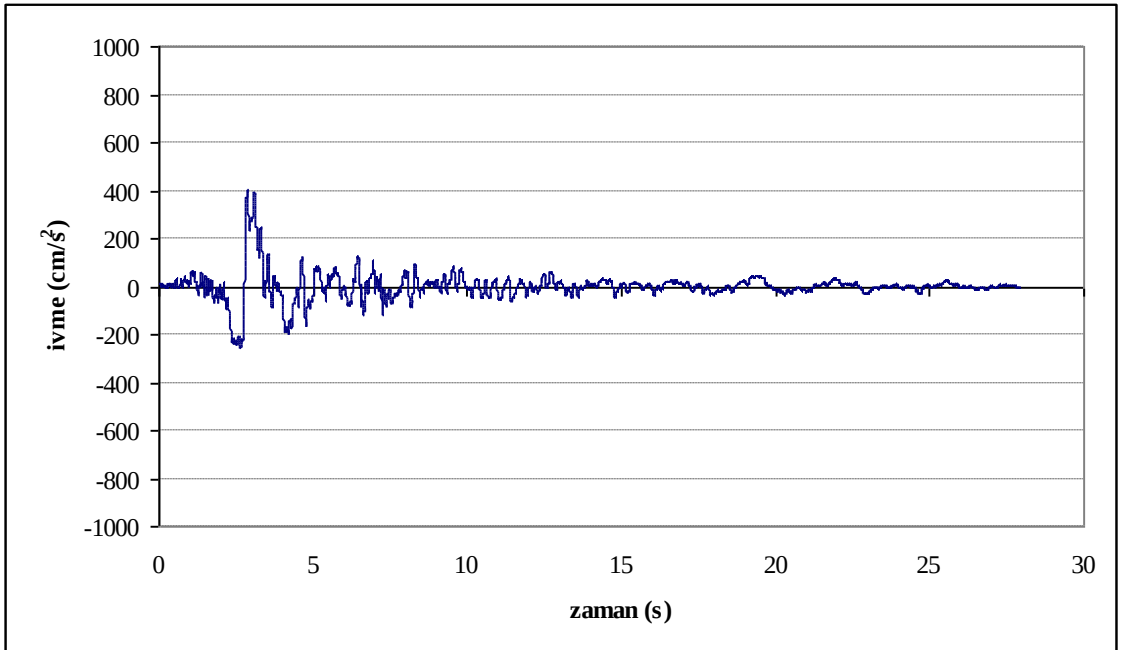
Şekil 6.17 Düzce Doğu-Batı yönü ivme kayıt grafiği (Düzce 1999)



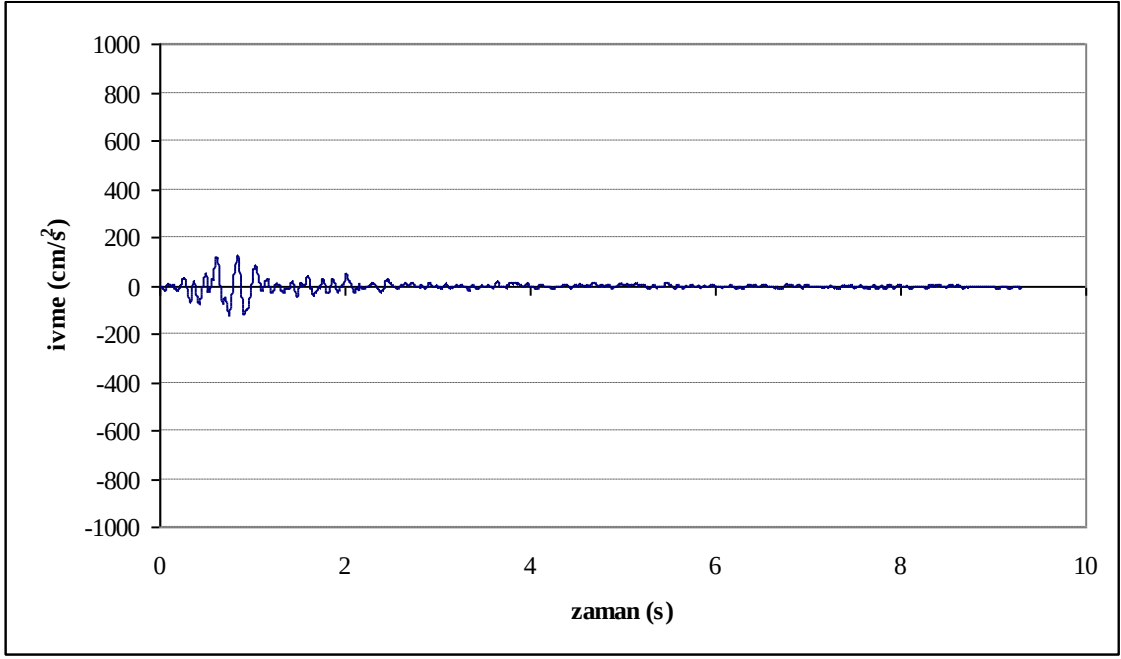
Şekil 6.18 Düzce Kuzey-Güney yönü ivme kayıt grafiği (Düzce 1999)



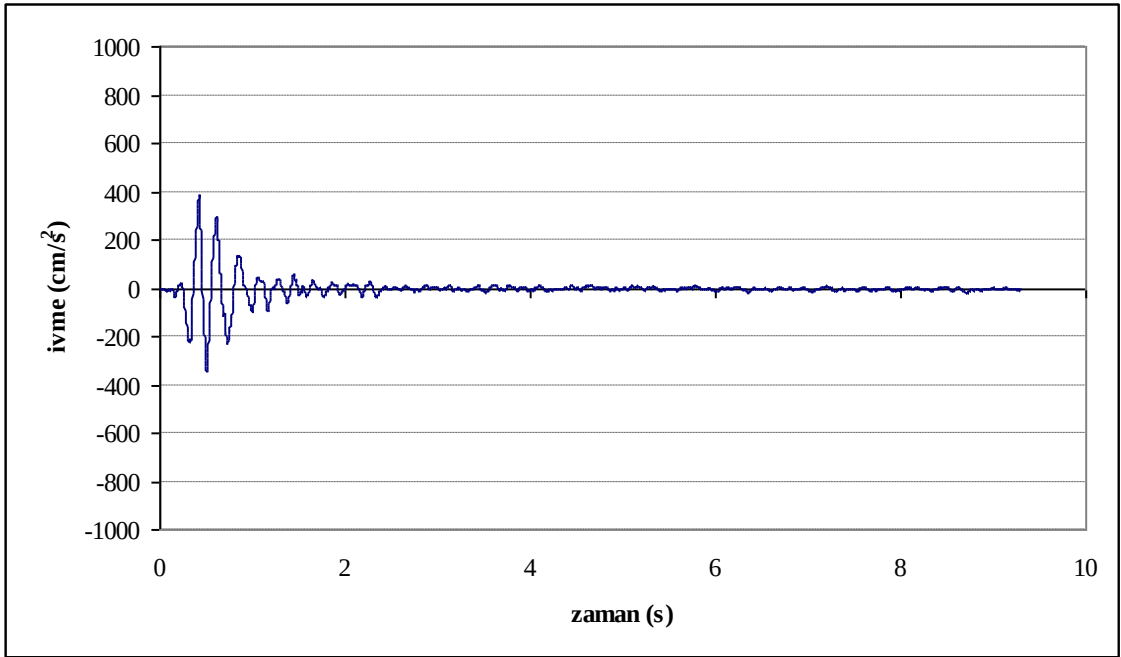
Şekil 6.19 Erzincan Doğu-Batı yönü ivme kayıt grafiği (Erzincan 1992)



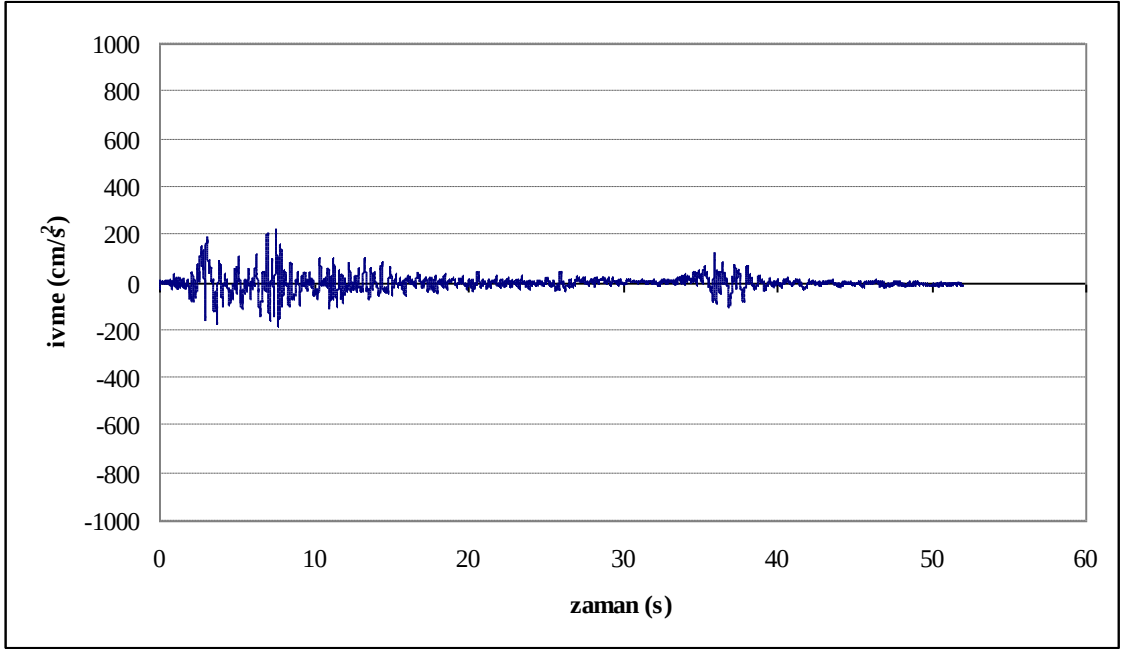
Şekil 6.20 Erzincan Kuzey-Güney yönü ivme kayıt grafiği (Erzincan 1992)



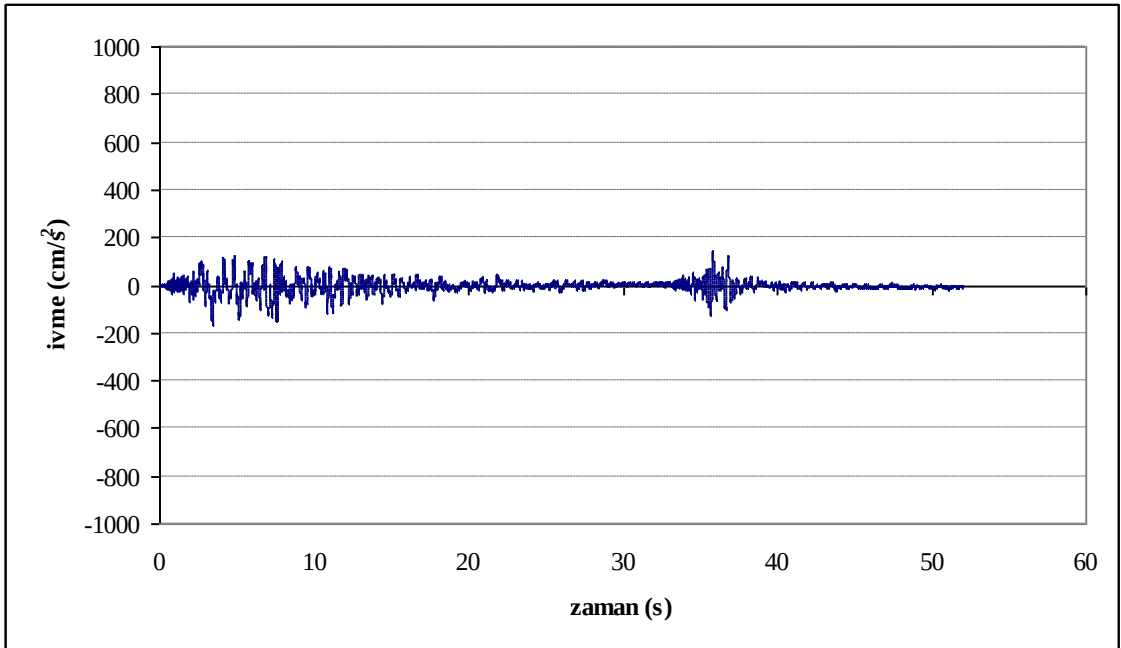
Şekil 6.21 İzmir Doğu-Batı yönü ivme kayıt grafiği (İzmir 1977)



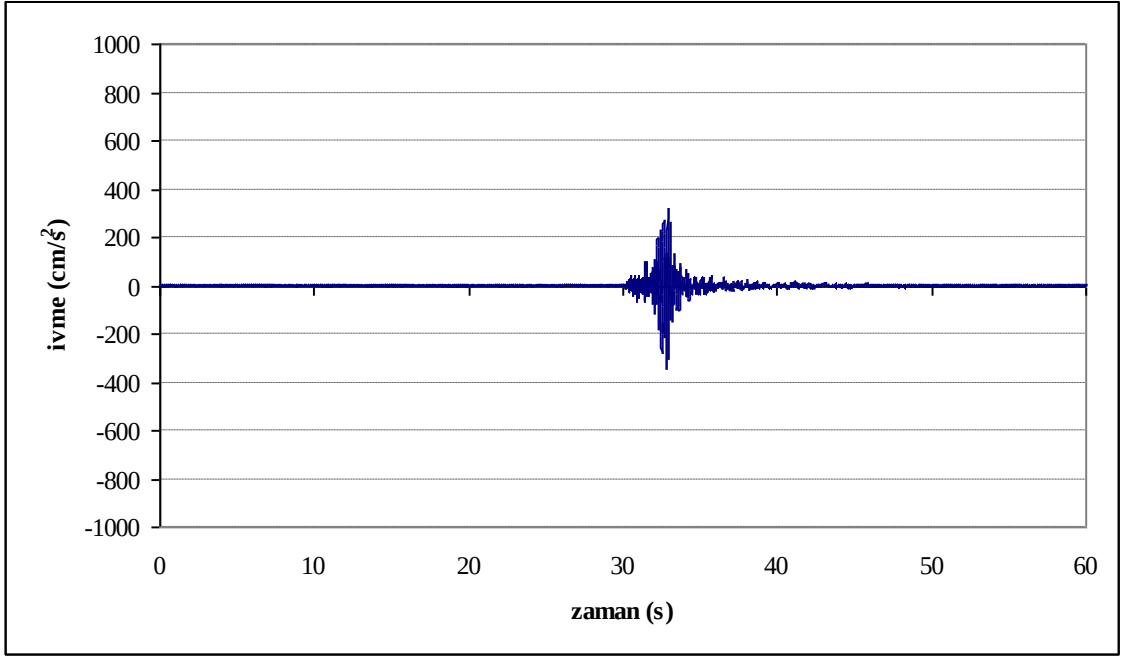
Şekil 6.22 İzmir Kuzey-Güney yönü ivme kayıt grafiği (İzmir 1977)



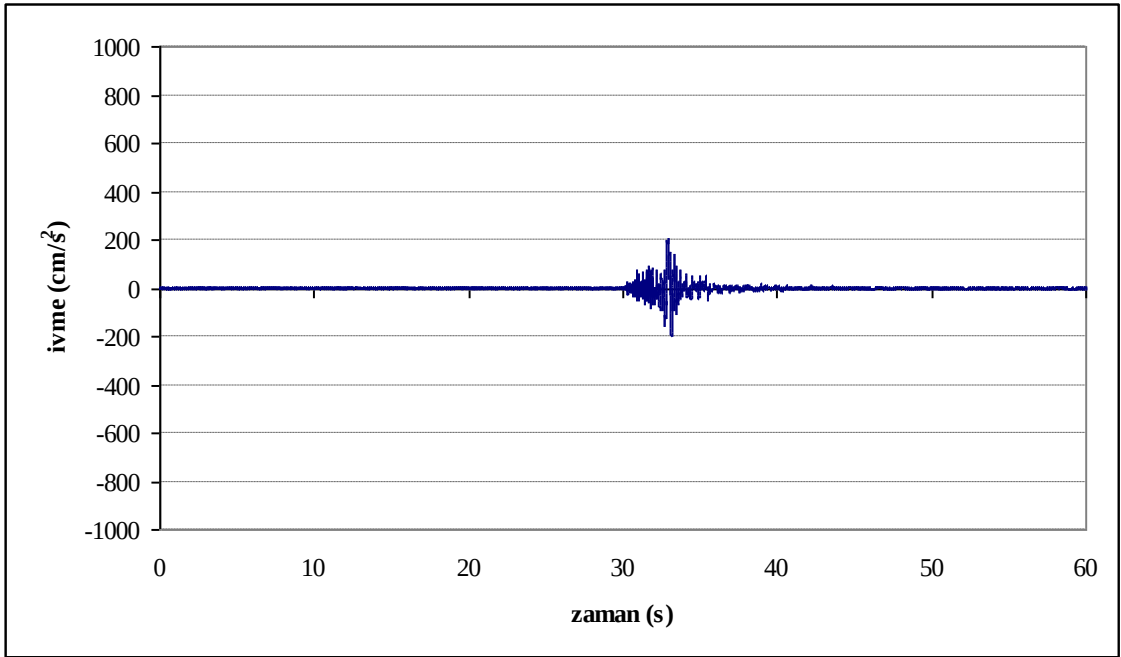
Şekil 6.23 İzmit Doğu-Batı yönü ivme kayıt grafiği (Marmara 1999)



Şekil 6.24 İzmit Kuzey-Güney yönü ivme kayıt grafiği (Marmara 1999)



Şekil 6.25 Sakarya Doğu-Batı yönü ivme kayıt grafiği (Marmara 1999)



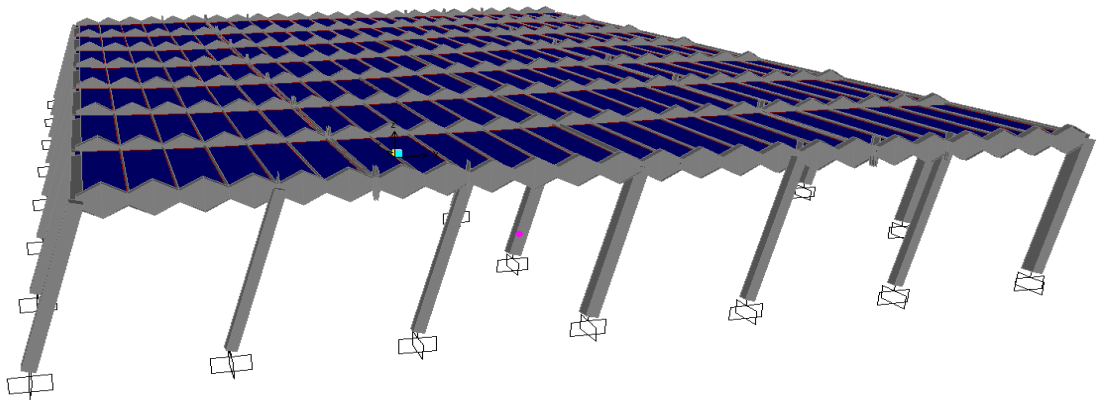
Şekil 6.26 Sakarya Kuzey-Güney yönü ivme kayıt grafiği (Marmara 1999)

6.3 Binaların Analiz Sonuçları ve Değerlendirilmesi

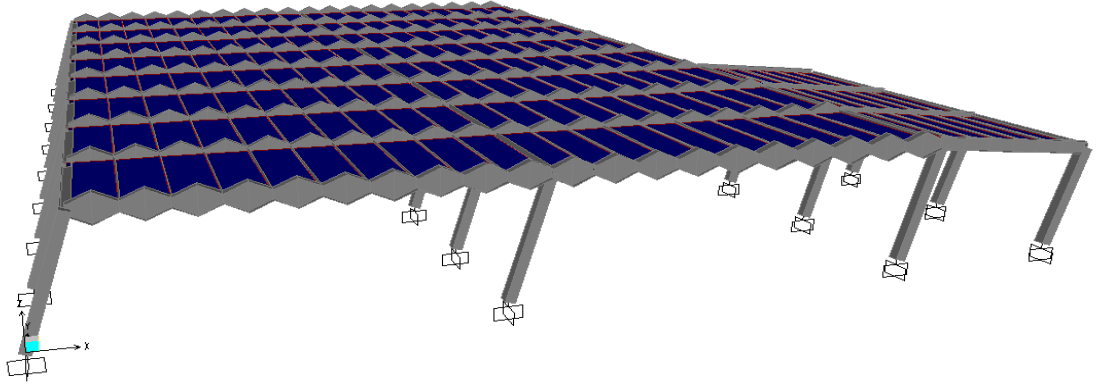
Yapılan inelastik ‘Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi’ analizleri 20 adet deprem datası kullanılarak yapılmış olup, Statik İtme (Pushover) analizi sonuçları ATC-40'[11] a göre değerlendirilmiştir. Binalara ait periyotlar aşağıdaki çizelgede verilmiştir. Ayrıca binaların sistem deformasyonları ile kapasite spektrum grafikleri de değerlendirmeye alınmıştır.

Çizelge 6.2 Binaların yapısal periyot değerleri

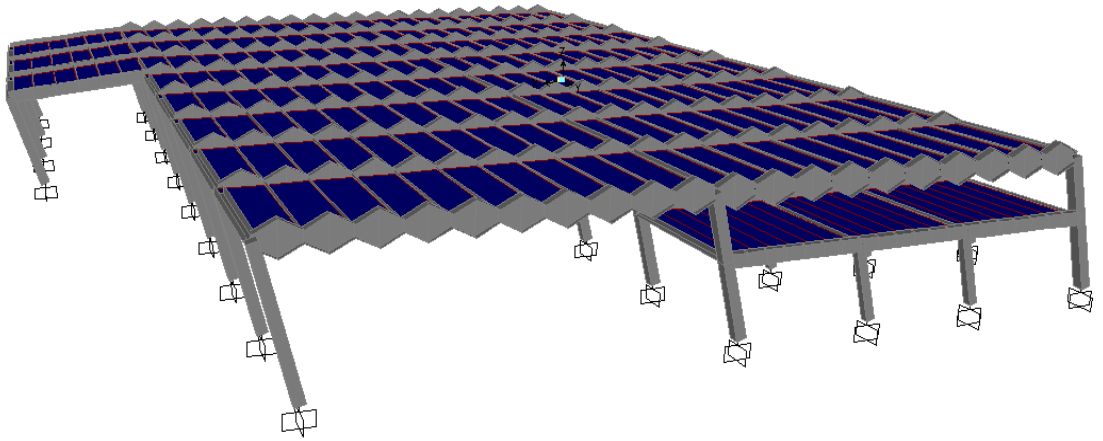
Mod	Periyot				
	Bina 1	Bina 2	Bina 3	Bina 4	Bina 5
1	1.04072	0.7124	0.79569	0.53062	0.96779
2	0.87334	0.65852	0.76311	0.52507	0.9667
3	0.76333	0.52076	0.62832	0.46988	0.85759
4	0.52955	0.28777	0.46356	0.32642	0.31411
5	0.50911	0.28777	0.46356	0.32621	0.31411
6	0.47003	0.28777	0.46356	0.32621	0.3141
7	0.45662	0.28777	0.46356	0.32621	0.3141
8	0.44653	0.28776	0.46356	0.32621	0.3141
9	0.42424	0.28776	0.46355	0.32621	0.3141
10	0.41597	0.28776	0.46355	0.28608	0.3141
11	0.38778	0.28702	0.46355	0.28583	0.31329
12	0.35977	0.28702	0.46317	0.11679	0.31329



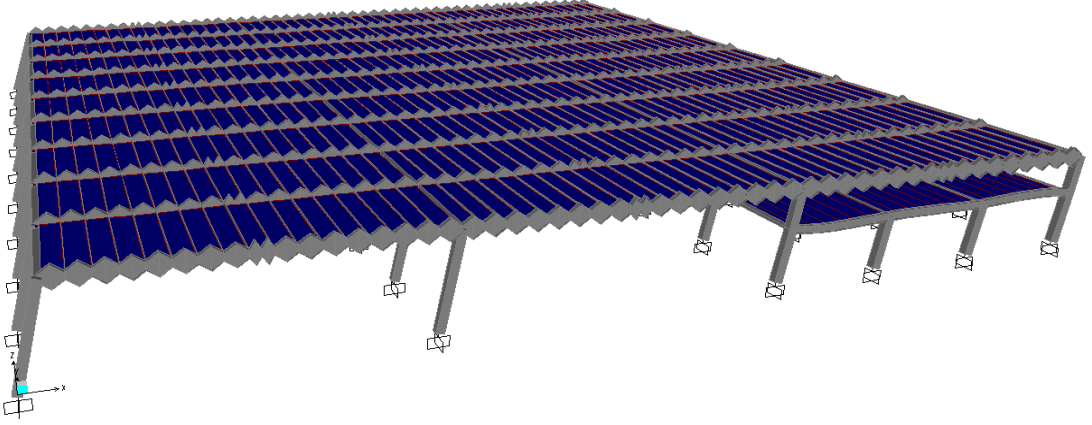
Şekil 6.27 Bina 1'in İtme Analizi sonuçlarına göre sistem deformasyonu



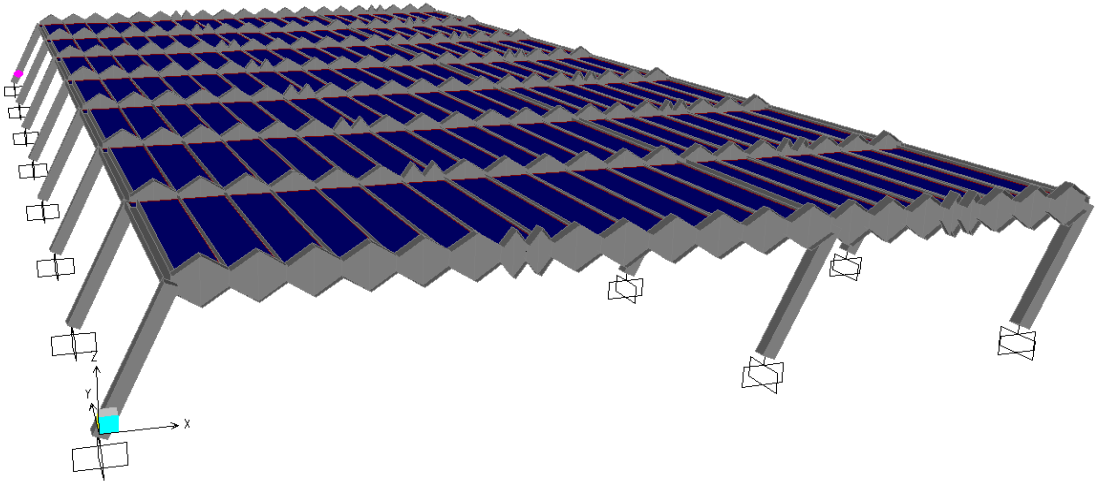
Şekil 6.28 Bina 2'nin İtme Analizi sonuçlarına göre sistem deformasyonu (Ön Cephe Görünüşü)



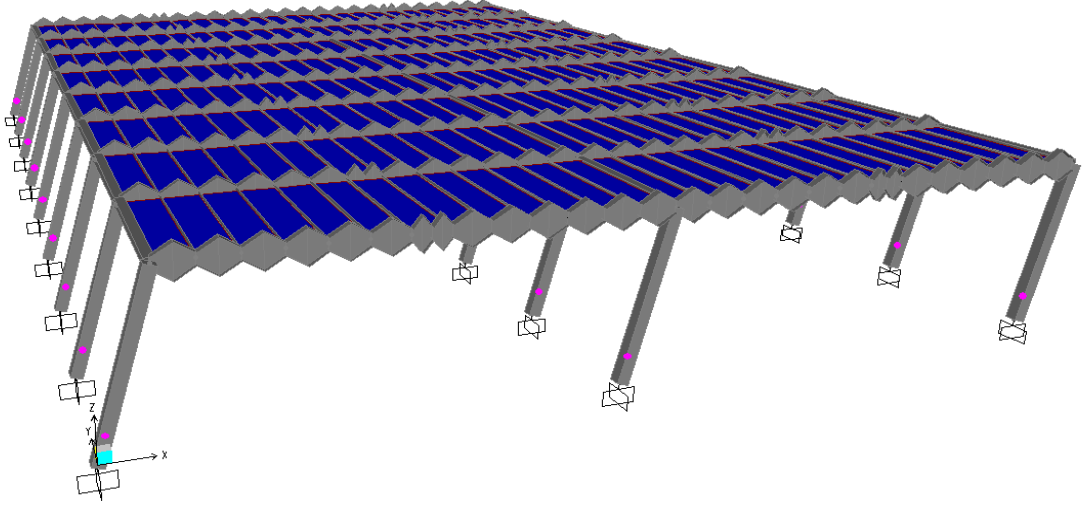
Şekil 6.29 Bina 2'nin İtme Analizi sonuçlarına göre sistem deformasyonu (Arka Cephe Görünüşü)



Şekil 6.30 Bina 3'ün İtme Analizi sonuçlarına göre sistem deformasyonu



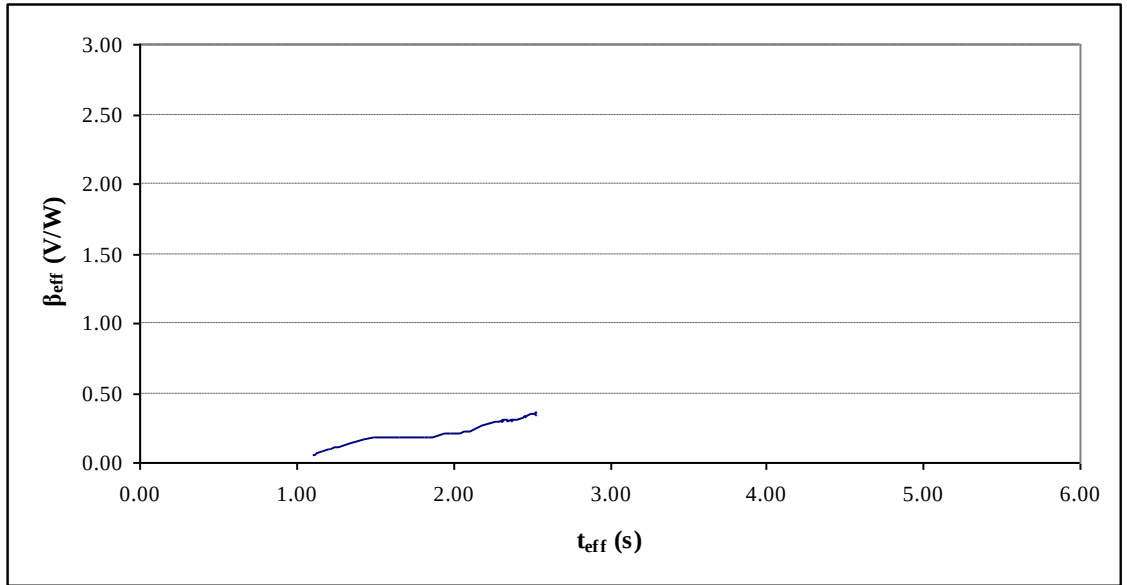
Şekil 6.31 Bina 4'ün İtme Analizi sonuçlarına göre sistem deformasyonu



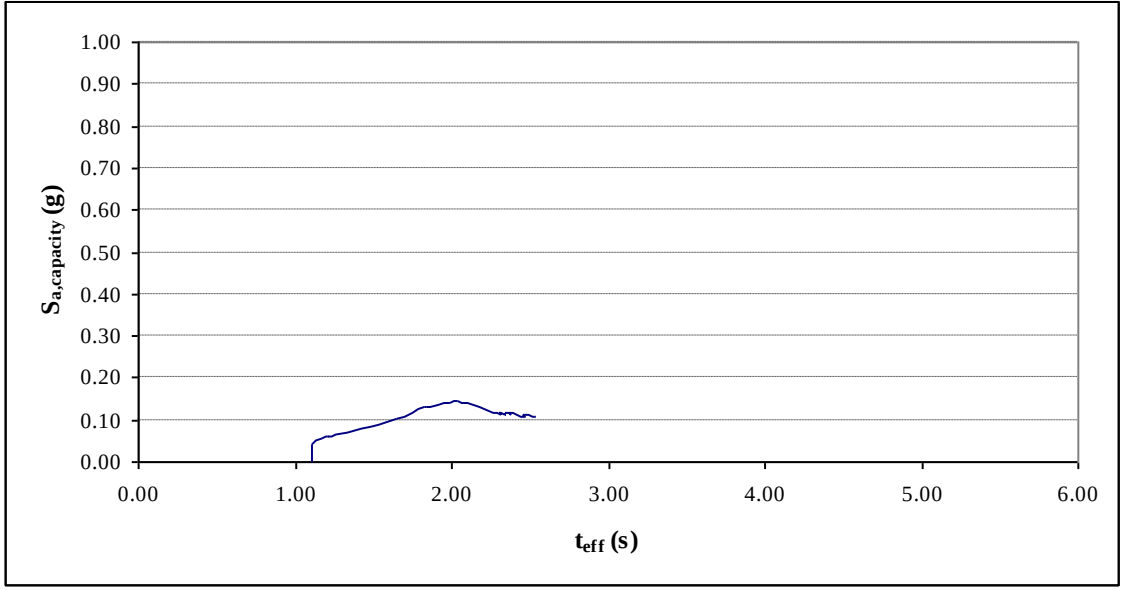
Şekil 6.32 Bina 5'in İtme Analizi sonuçlarına göre sistem deformasyonu

6.3.1 Binalar için kapasite spektrum grafikleri

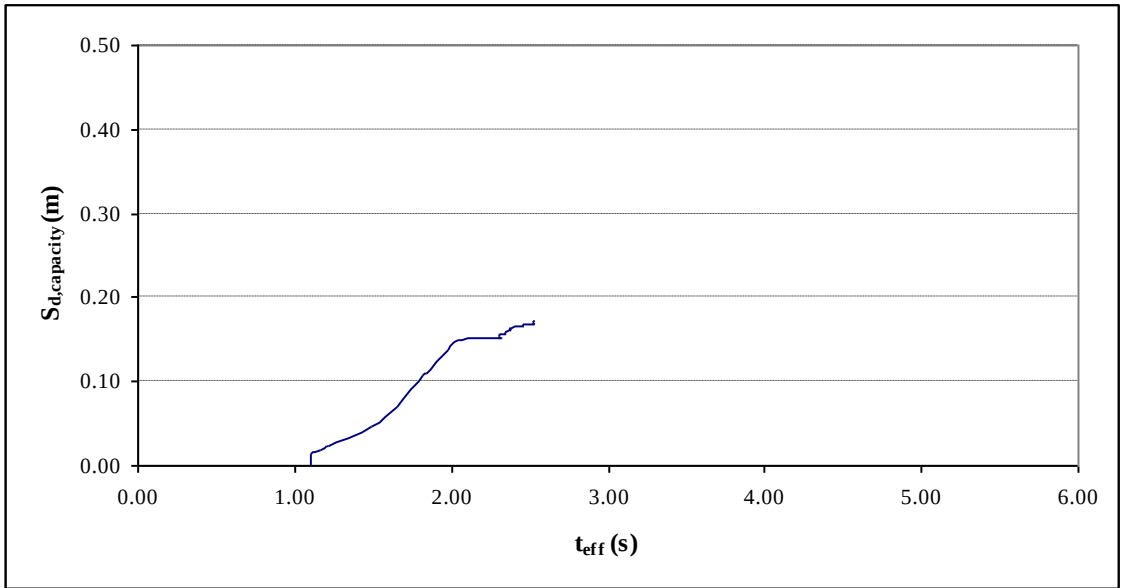
6.3.1.1 Bina 1 için kapasite spektrum grafikleri



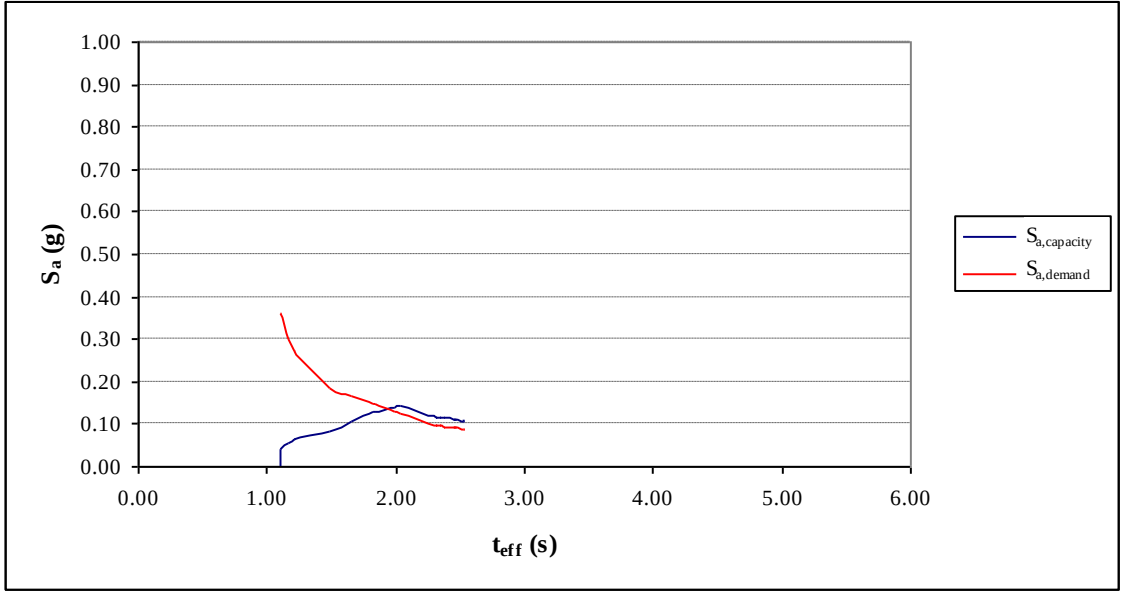
Şekil 6.33 Bina 1 için β_{eff} - t_{eff} ilişkisi



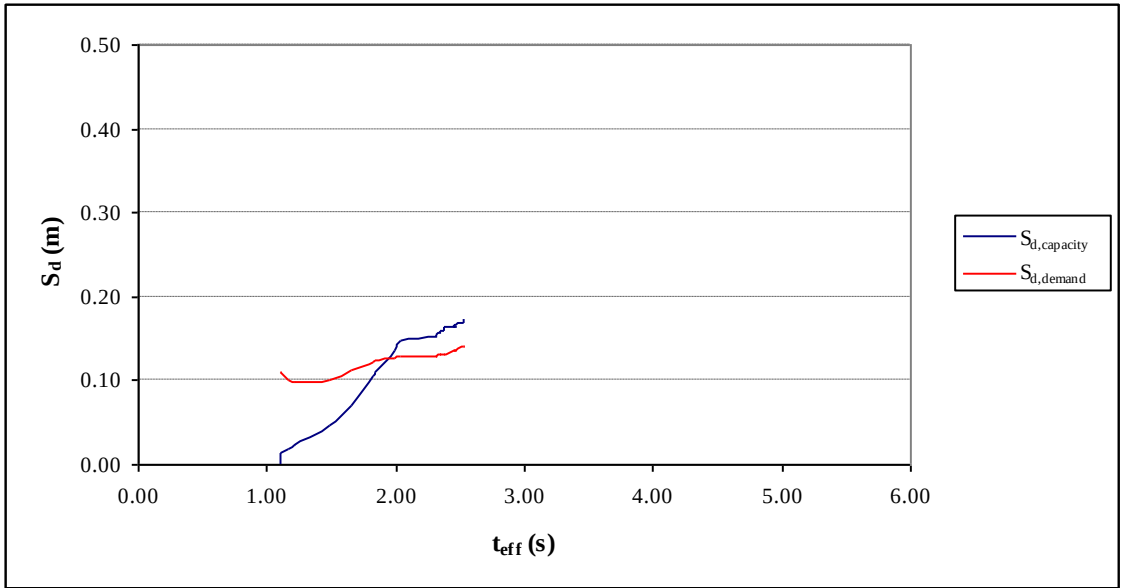
Şekil 6.34 Bina 1 için $S_{a, \text{capacity}}-t_{\text{eff}}$ ilişkisi



Şekil 6.35 Bina 1 için $S_{d, \text{capacity}}-t_{\text{eff}}$ ilişkisi

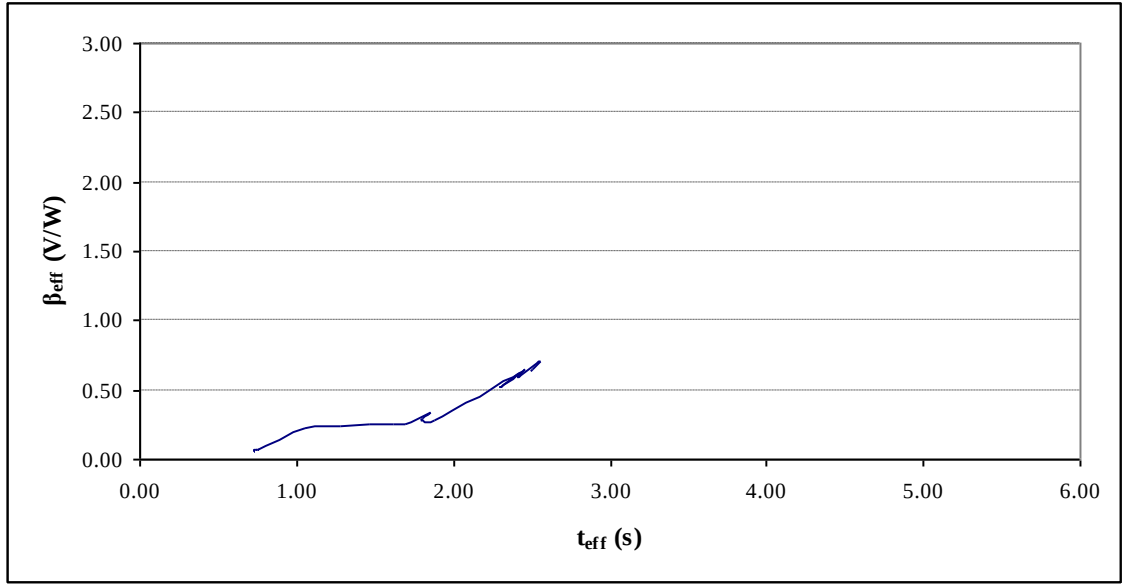


Şekil 6.36 Bina 1 için $S_{a, \text{capacity}}$ - $S_{a, \text{demand}}$ ilişkisi

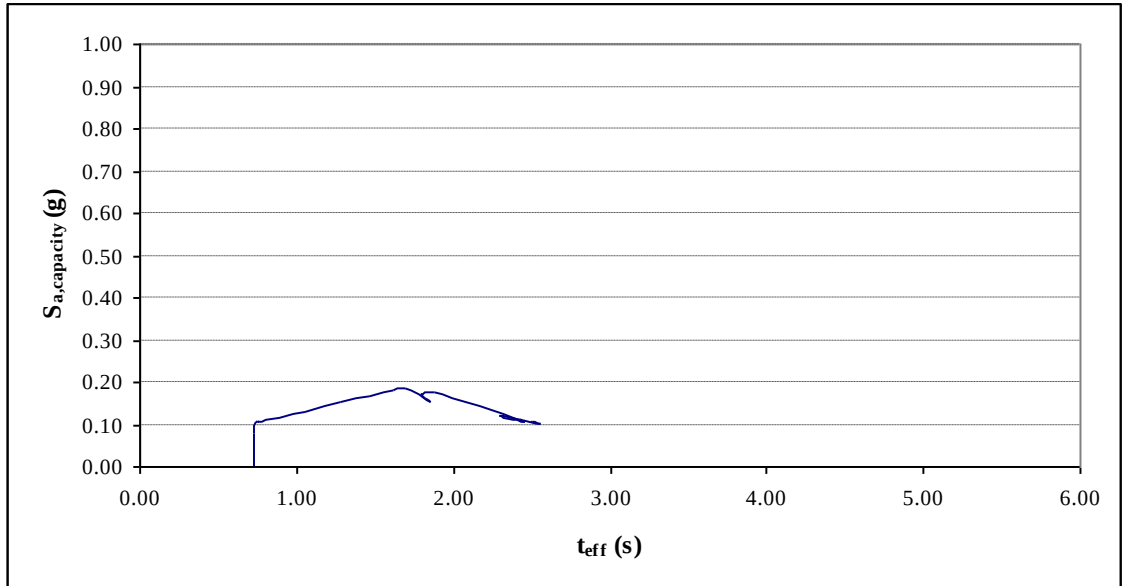


Şekil 6.37 Bina 1 için $S_{d, \text{capacity}}$ - $S_{d, \text{demand}}$ ilişkisi

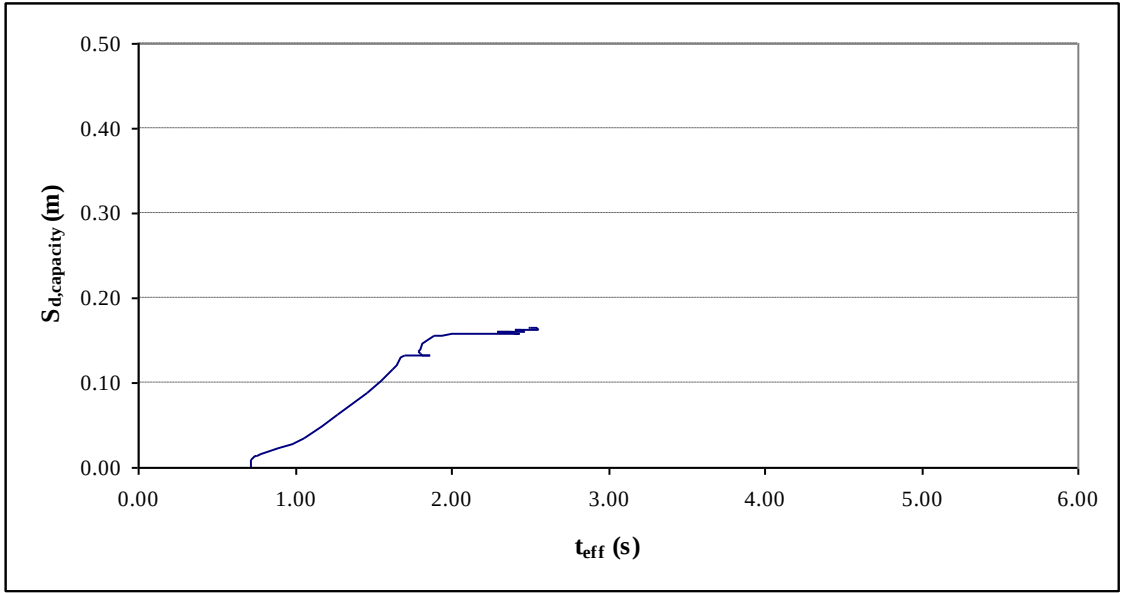
6.3.1.2 Bina 2 için kapasite spektrum grafikleri



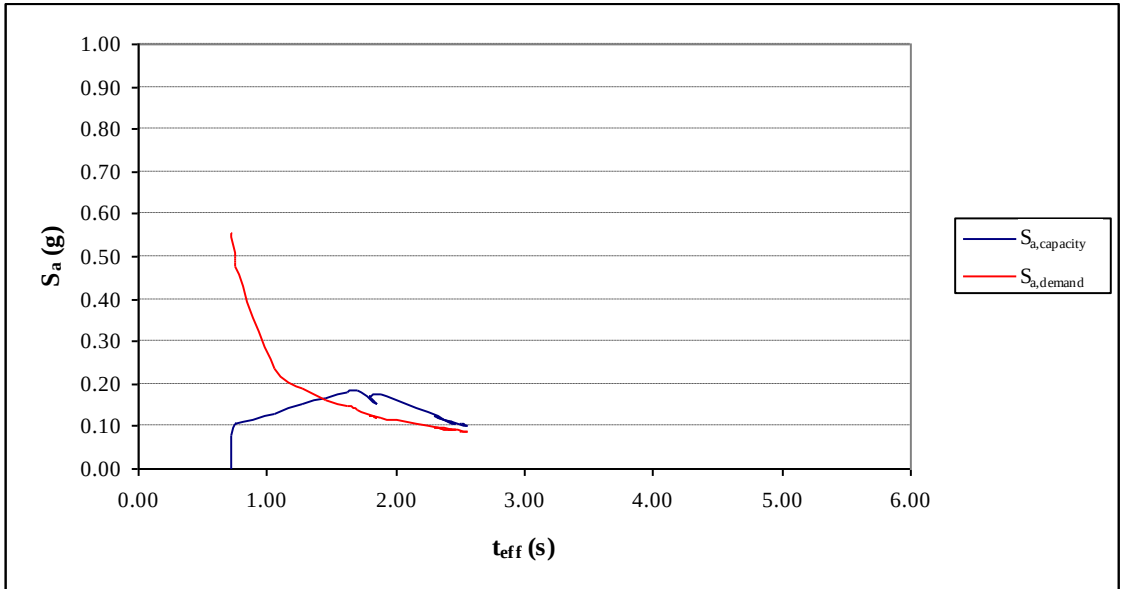
Şekil 6.38 Bina 2 için β_{eff} - t_{eff} ilişkisi



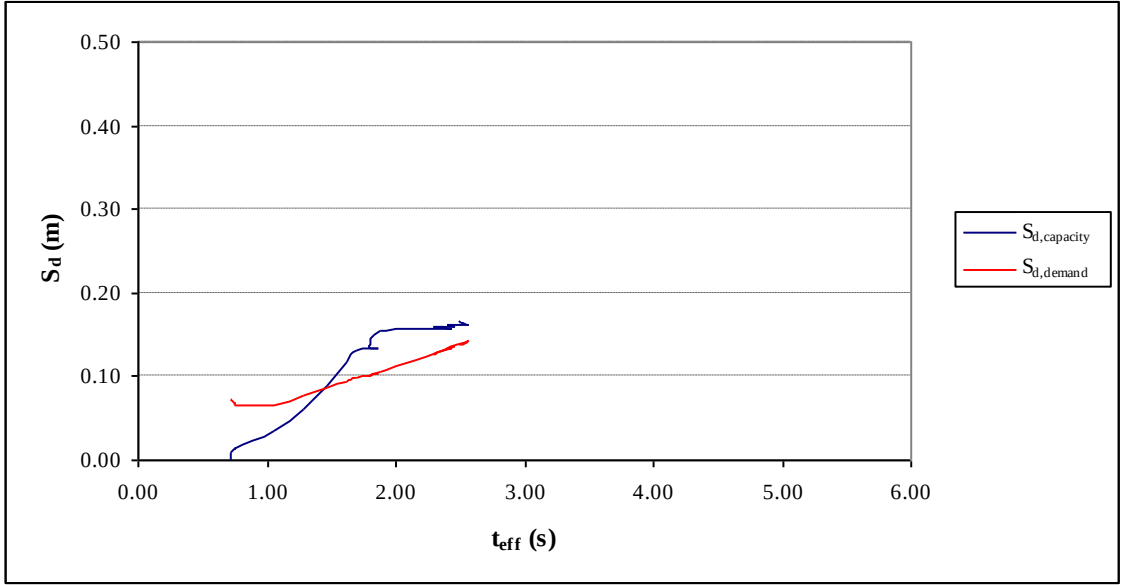
Şekil 6.39 Bina 2 için $S_{a, capacity}$ - t_{eff} ilişkisi



Şekil 6.40 Bina 2 için $S_{d, capacity}$ - t_{eff} ilişkisi

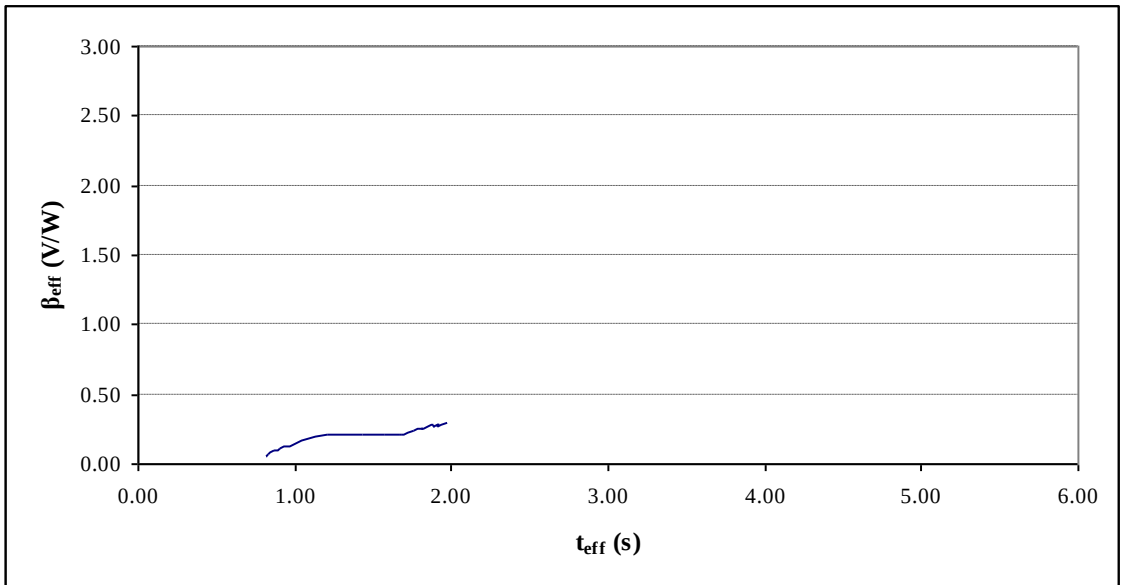


Şekil 6.41 Bina 2 için $S_{a, capacity}$ - $S_{a, demand}$ ilişkisi

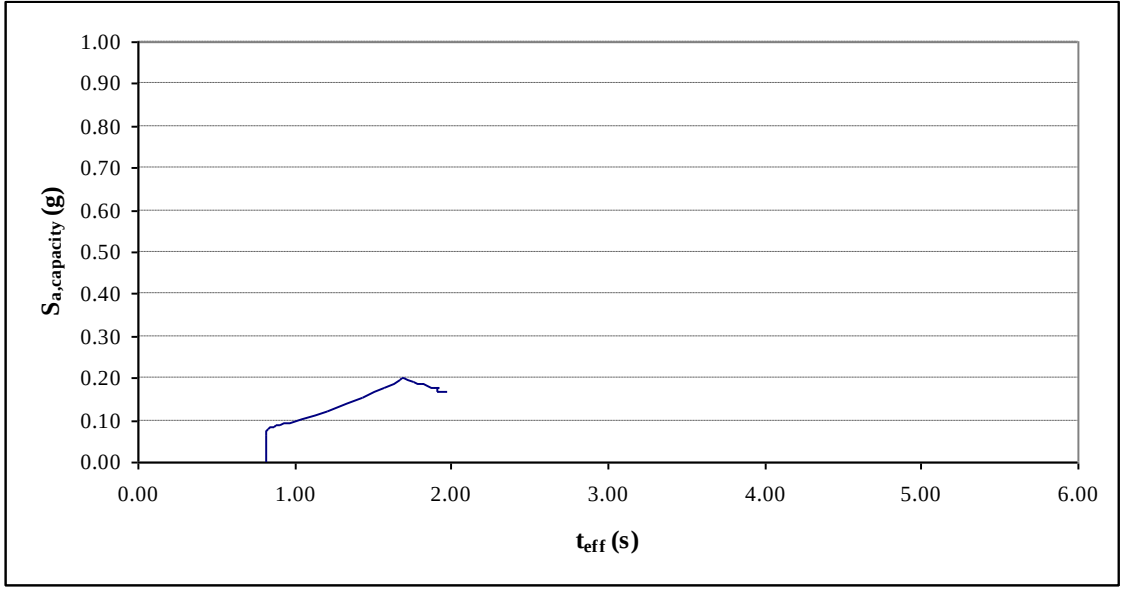


Şekil 6.42 Bina 2 için $S_{d, capacity}$ - $S_{d, demand}$ ilişkisi

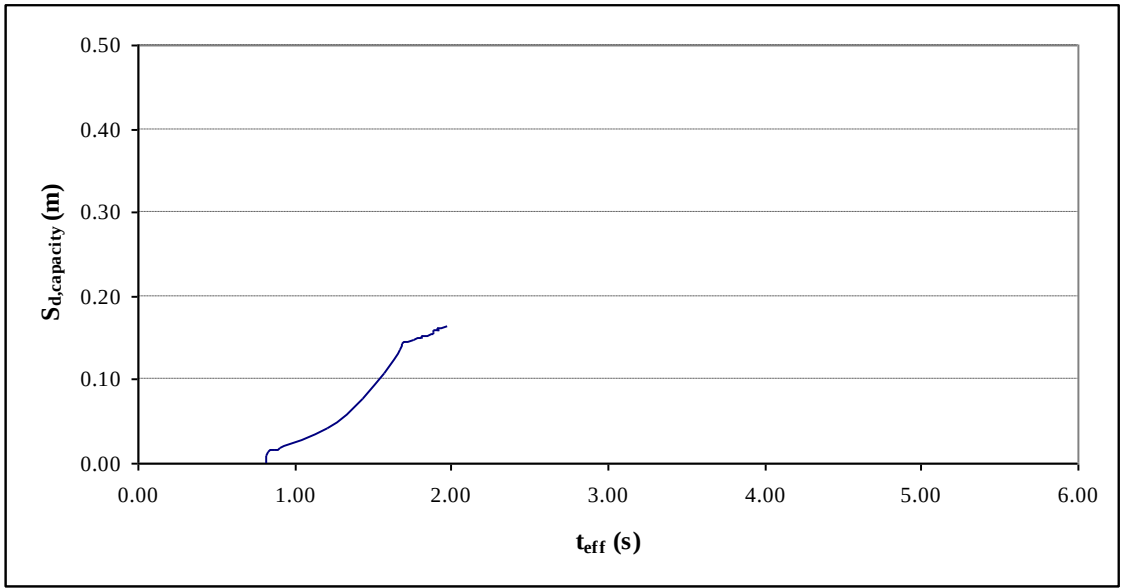
6.3.1.3 Bina 3 için kapasite spektrum grafikleri



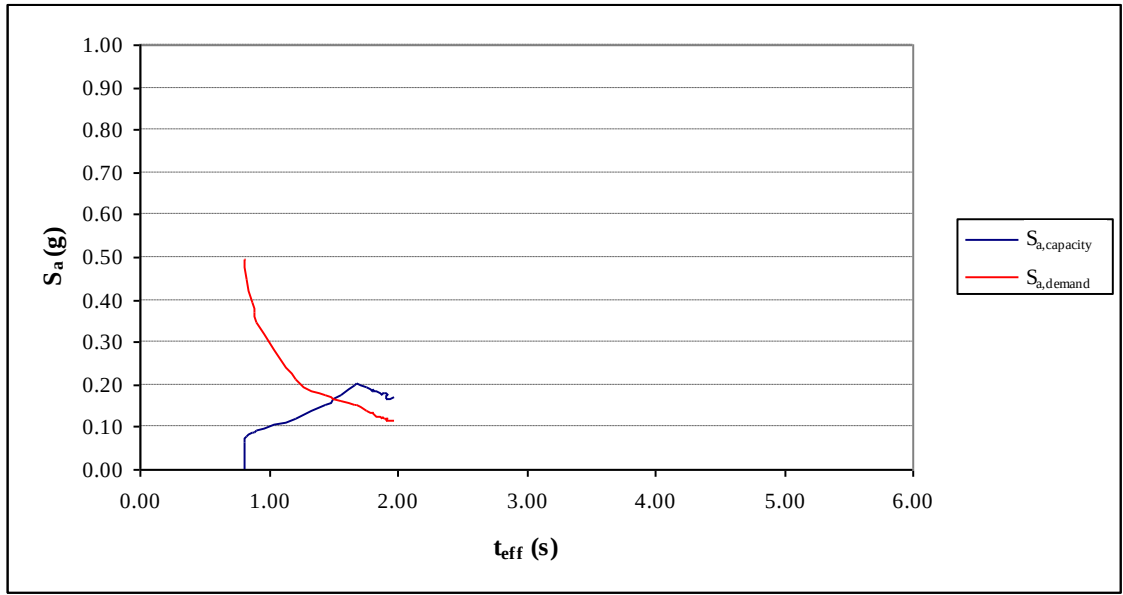
Şekil 6.43 Bina 3 için β_{eff} - t_{eff} ilişkisi



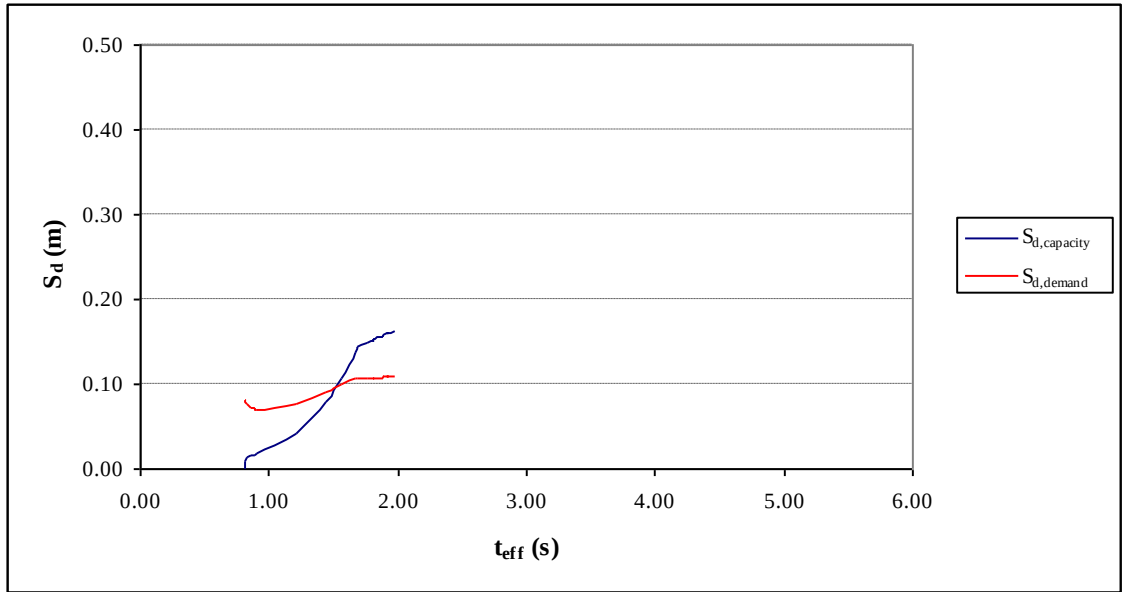
Şekil 6.44 Bina 3 için $S_{a, capacity}$ - t_{eff} ilişkisi



Şekil 6.45 Bina 3 için $S_{d, capacity}$ - t_{eff} ilişkisi

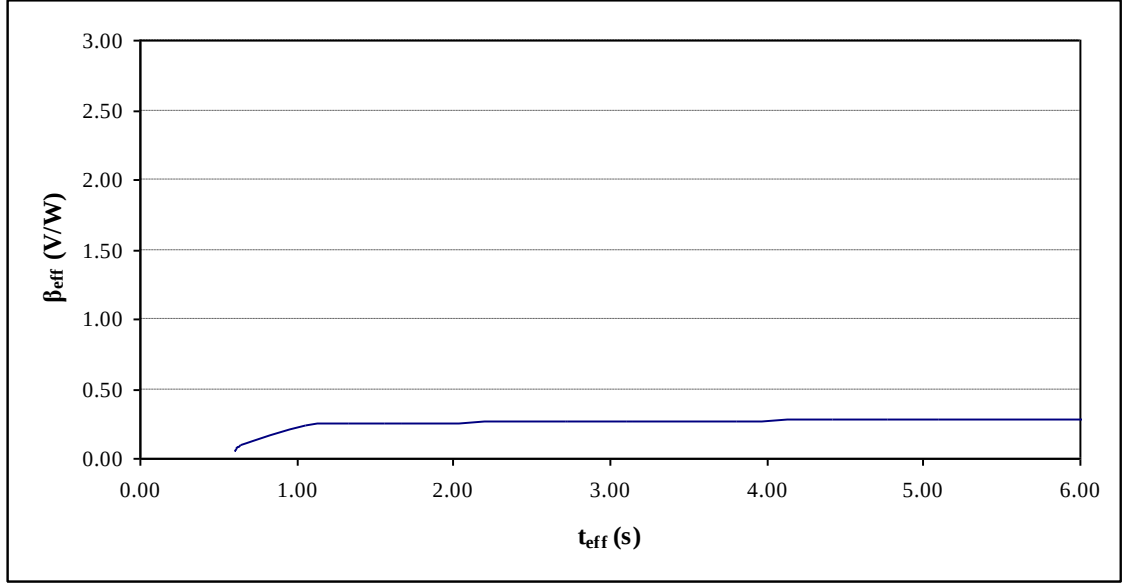


Şekil 6.46 Bina 3 için $S_{a, \text{capacity}}$ - $S_{a, \text{demand}}$ ilişkisi

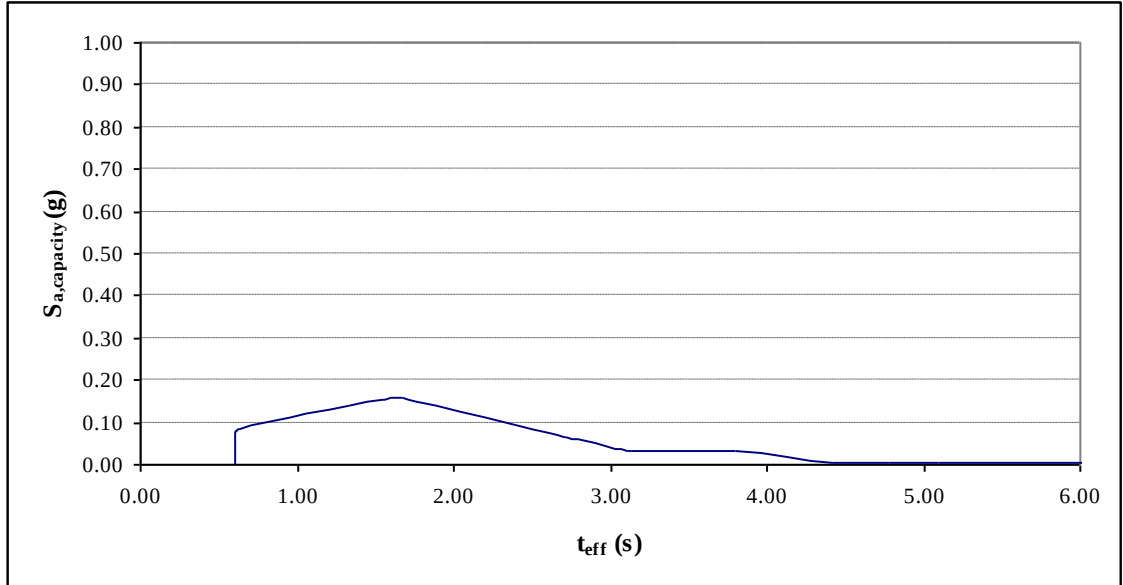


Şekil 6.47 Bina 3 için $S_{d, \text{capacity}}$ - $S_{d, \text{demand}}$ ilişkisi

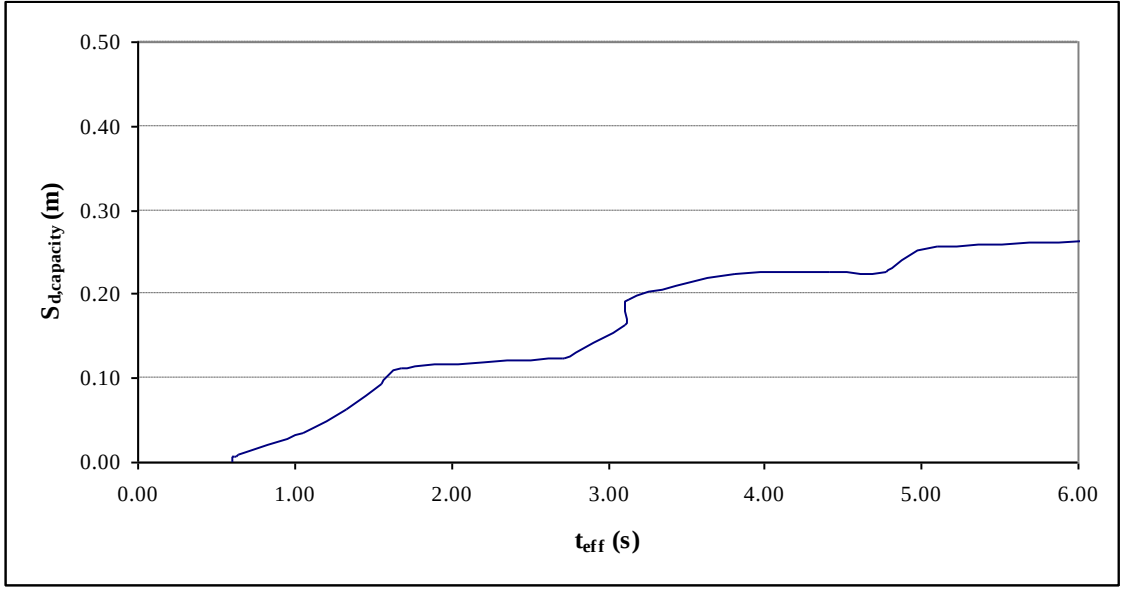
6.3.1.4 Bina 4 için kapasite spektrum grafikleri



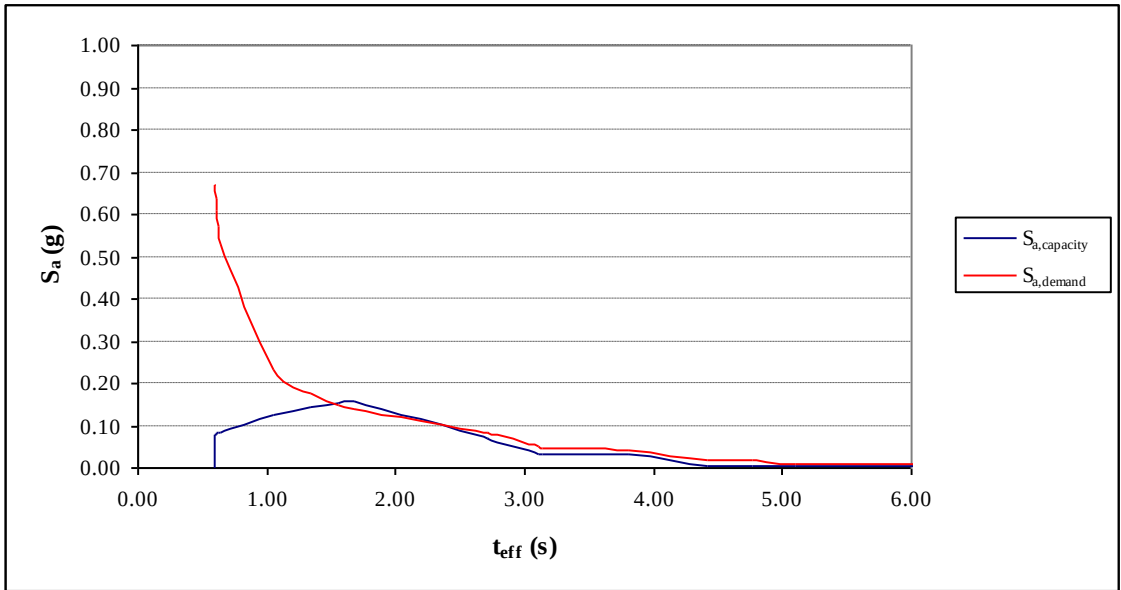
Şekil 6.48 Bina 4 için β_{eff} - t_{eff} ilişkisi



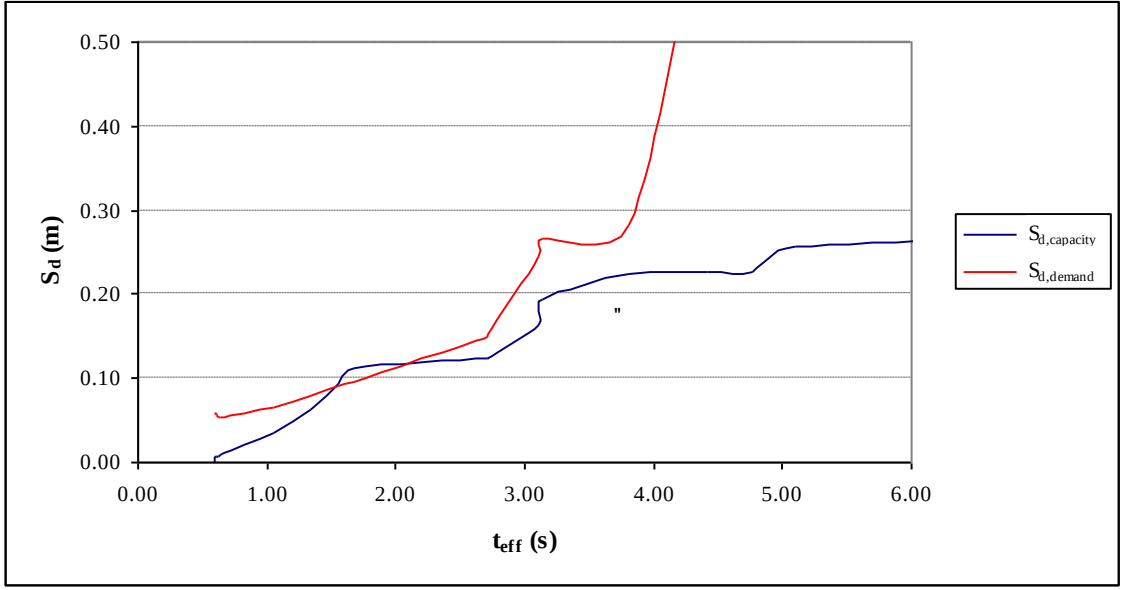
Şekil 6.49 Bina 4 için $S_{a, capacity}$ - t_{eff} ilişkisi



Şekil 6.50 Bina 4 için $S_{d, \text{capacity}}-t_{\text{eff}}$ ilişkisi

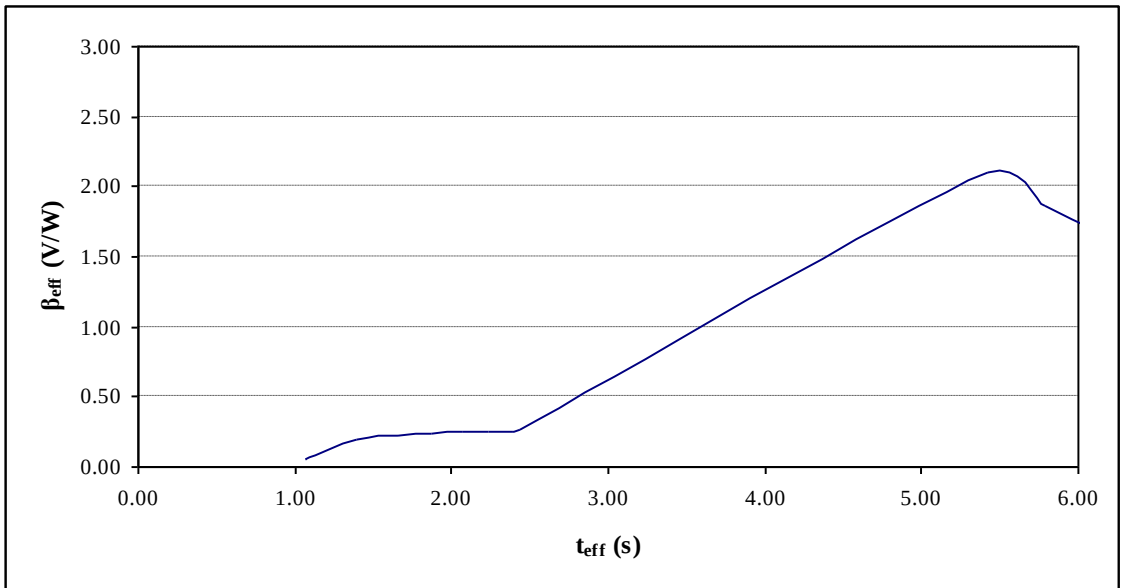


Şekil 6.51 Bina 4 için $S_{a, \text{capacity}}- S_{a, \text{demand}}$ ilişkisi

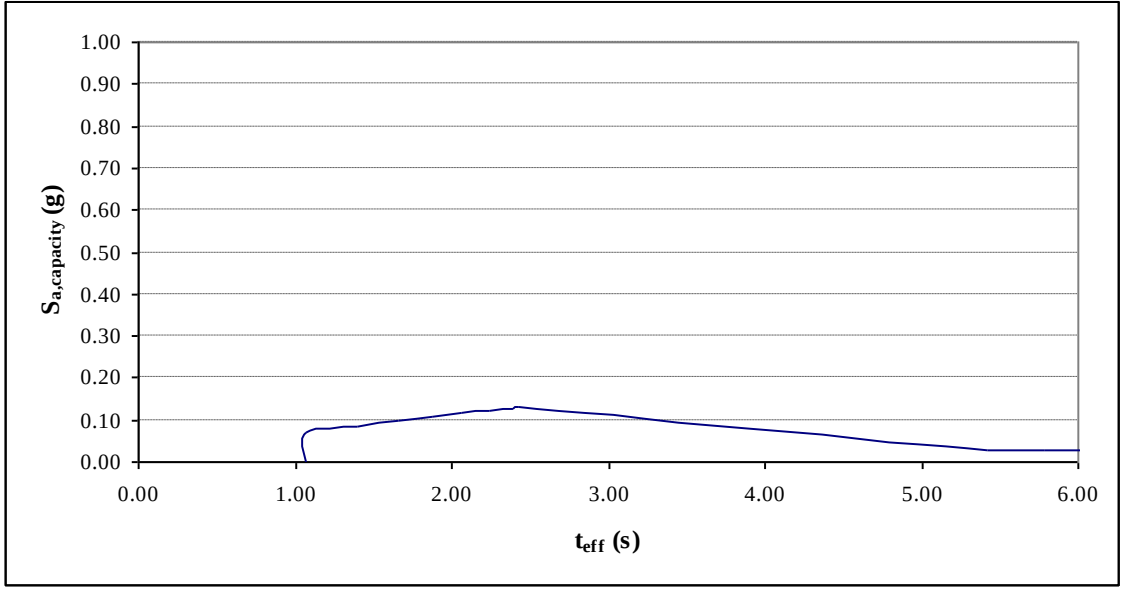


Şekil 6.52 Bina 4 için $S_{d,capacity}$ - $S_{d,demand}$ ilişkisi

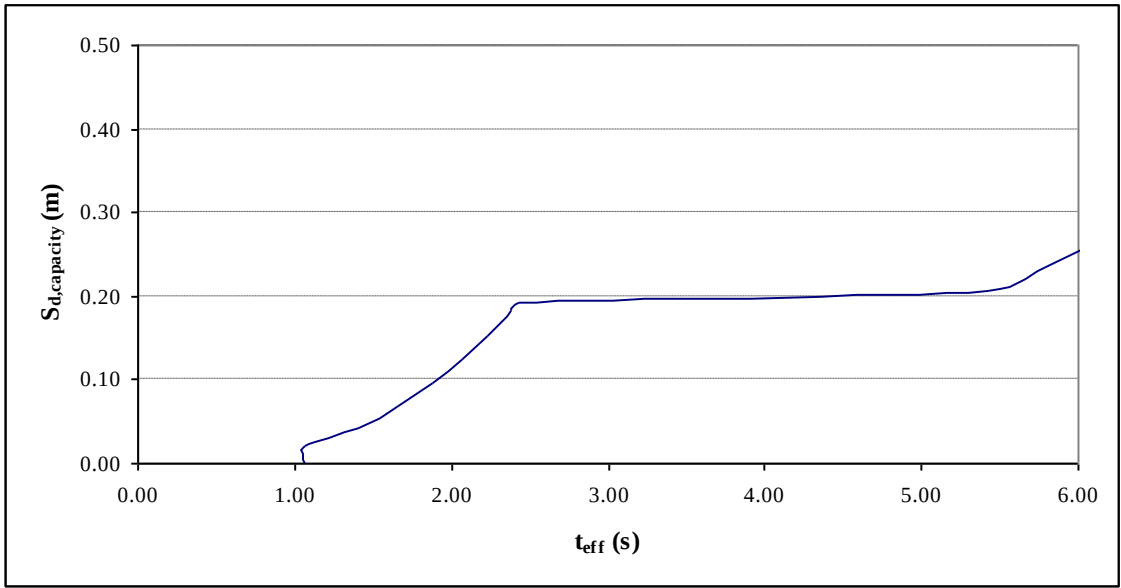
6.3.1.5 Bina 5 için kapasite spektrum grafikleri



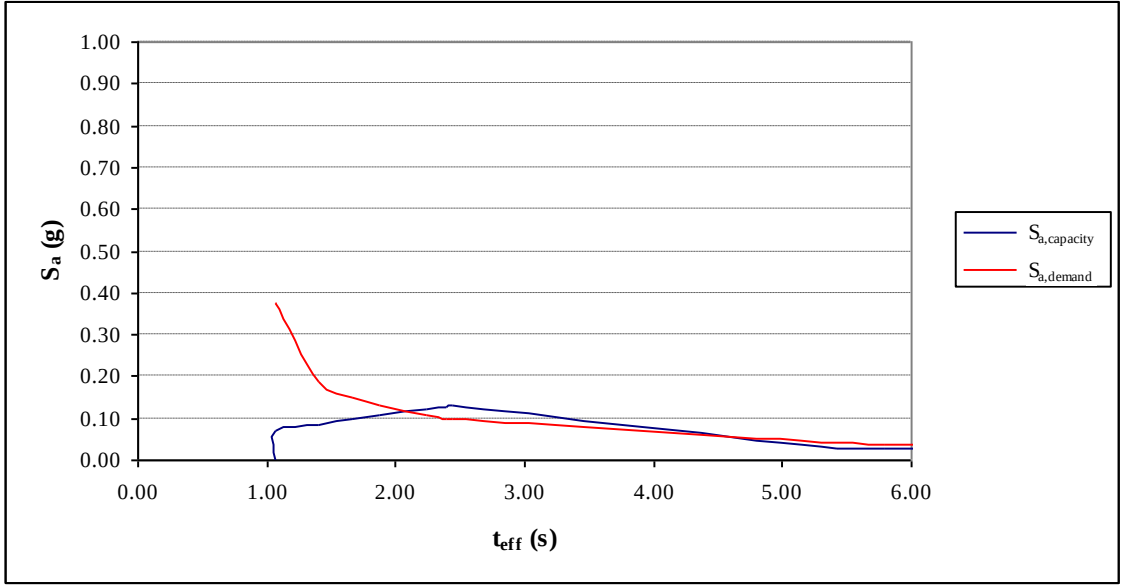
Şekil 6.53 Bina 5 için β_{eff} - t_{eff} ilişkisi



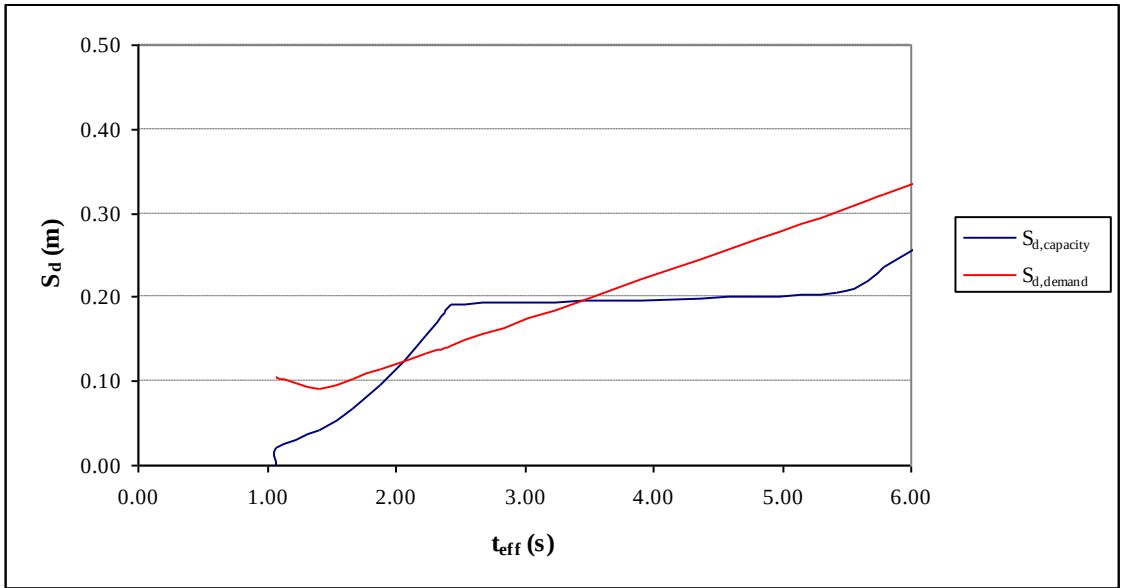
Şekil 6.54 Bina 5 için $S_{a, \text{capacity}}$ - t_{eff} ilişkisi



Şekil 6.55 Bina 5 için $S_{d, \text{capacity}}$ - t_{eff} ilişkisi



Şekil 6.56 Bina 5 için $S_{a, \text{capacity}}$ - $S_{a, \text{demand}}$ ilişkisi



Şekil 6.57 Bina 5 için $S_{d, \text{capacity}}$ - $S_{d, \text{demand}}$ ilişkisi

Çizelge 6.3 Binaların kapasite spektrum grafiklerinin maksimum değerleri

	Bina 1	Bina 2	Bina 3	Bina 4	Bina 5
β_{eff} (V/W)	0.360	0.702	0.297	0.290	2.103
$S_{a,capacity}$ (g)	0.143	0.184	0.203	0.160	0.130
$S_{a,demand}$ (g)	0.360	0.554	0.493	0.668	0.375
$S_{d,capacity}$ (m)	0.172	0.165	0.163	0.299	0.295
$S_{d,demand}$ (m)	0.140	0.142	0.110	0.695	0.358

Çizelge 6.4 Binaların performans noktaları

BİNALAR	BİNA 1	BİNA 2	BİNA 3	BİNA 4	BİNA 5
S_a (g)	0.136	0.166	0.167	0.153	0.117
S_d (m)	0.126	0.085	0.095	0.089	0.123

Yapılan kapasite spektrumu analiz sonuçlarına göre bina 1, 2 ve 3 için benzer davranış gösteren sonuçlar elde edilmektedir(Çizelge 6.3).

Bina 1, Bina 2 ve Bina 3 için;

1) Binanın spektral ivme kapasitesi, spektral ivme tepkisinden küçüktür.

$$(S_{a,capacity} < S_{a,demand})$$

2) Binanın spektral yerdeğiştirme kapasitesi, spektral yerdeğiştirme tepkisinden büyüktür. ($S_{d,demand} < S_{d,capacity}$)

Binalar için yapılan değerlendirmeye göre binalar sadece spektral ivme değerleri yönünden güvensizlik oluşturmaktadır.

Bina 4 için;

1) Binanın spektral ivme kapasitesi, spektral ivme tepkisinden küçüktür.

$$(S_{a,capacity} < S_{a,demand})$$

2) Binanın spektral yerdeğiştirme kapasitesi, spektral yerdeğiştirme tepkisinden küçüktür. ($S_{d,demand} > S_{d,capacity}$)

Bina 4 için yapılan değerlendirmeye göre bina hem spektral ivme hem de spektral yerdeğiştirme değerleri yönünden güvensizlik oluşturmaktadır.

Bina 5 için;

1) Binanın spektral ivme kapasitesi, spektral ivme tepkisinden küçüktür.

$$(S_{a, \text{capacity}} < S_{a, \text{demand}})$$

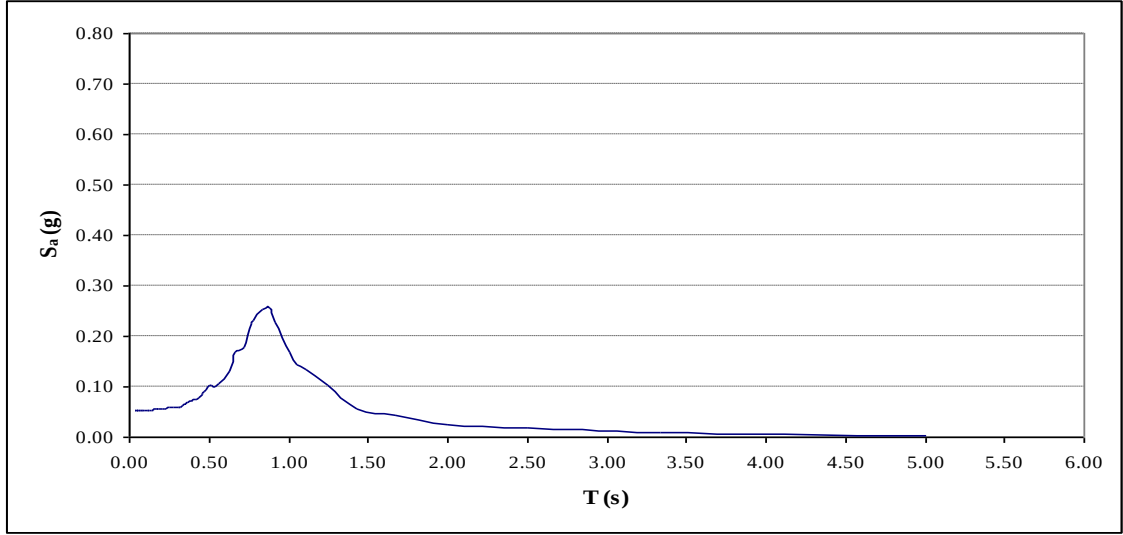
2) Binanın spektral yerdeğiştirme kapasitesi, spektral yerdeğiştirme tepkisinden küçüktür. ($S_{d, \text{demand}} > S_{d, \text{capacity}}$)

Bina 5 için yapılan değerlendirmeye göre bina hem spektral ivme hem de spektral yerdeğiştirme değerleri yönünden güvensizlik oluşturmaktadır.

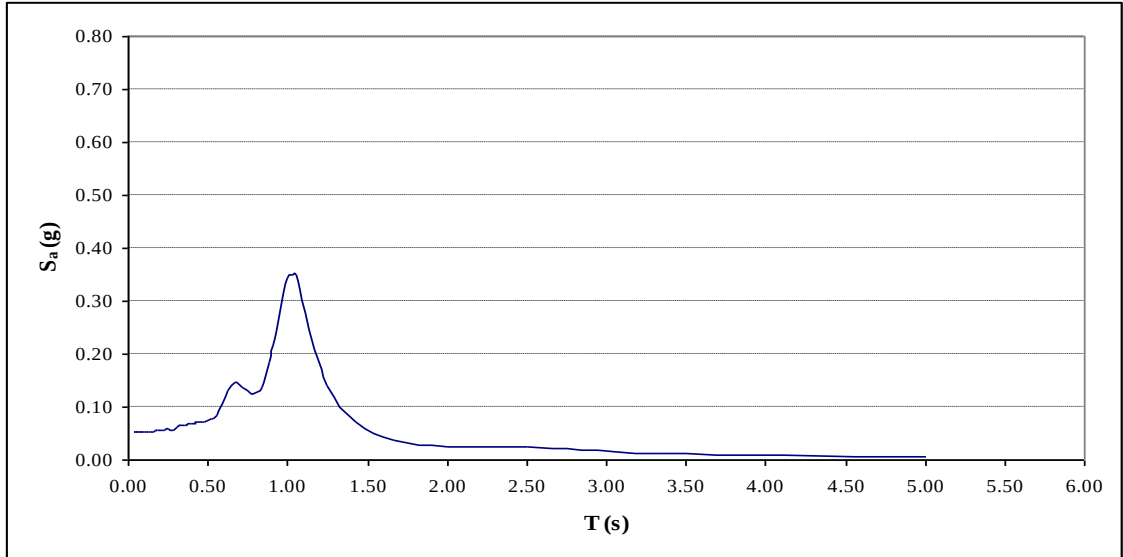
6.3.2 Binalar için spektral ivme grafikleri

6.3.2.1 Bina 1 için spektral ivme grafikleri

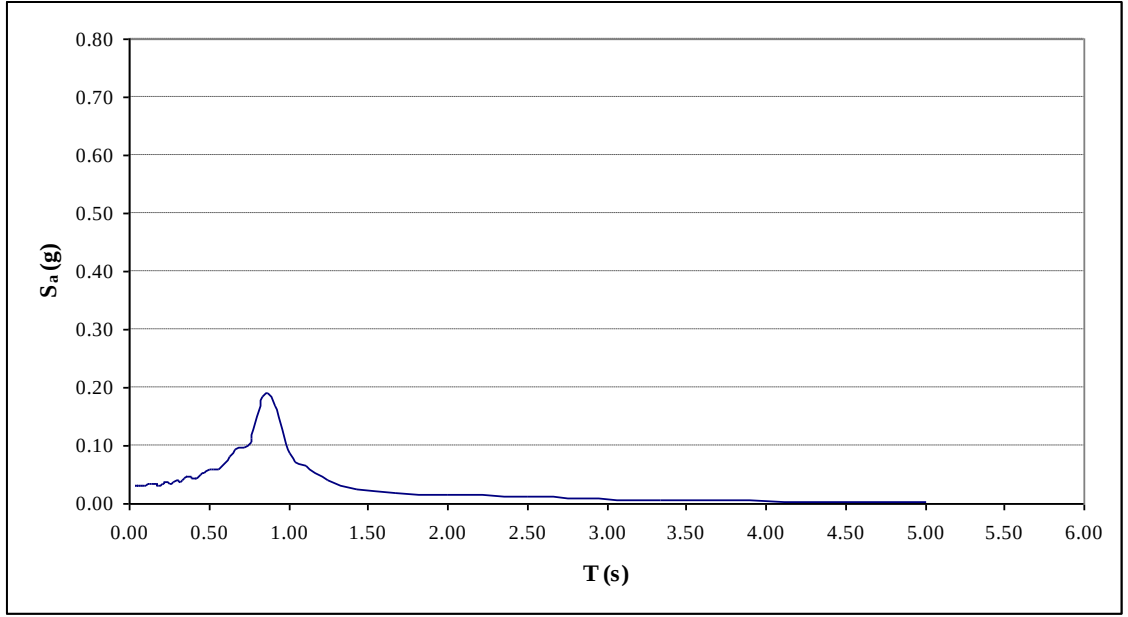
6.3.2.1.1 +7.00 kotu için spektral ivme grafikleri



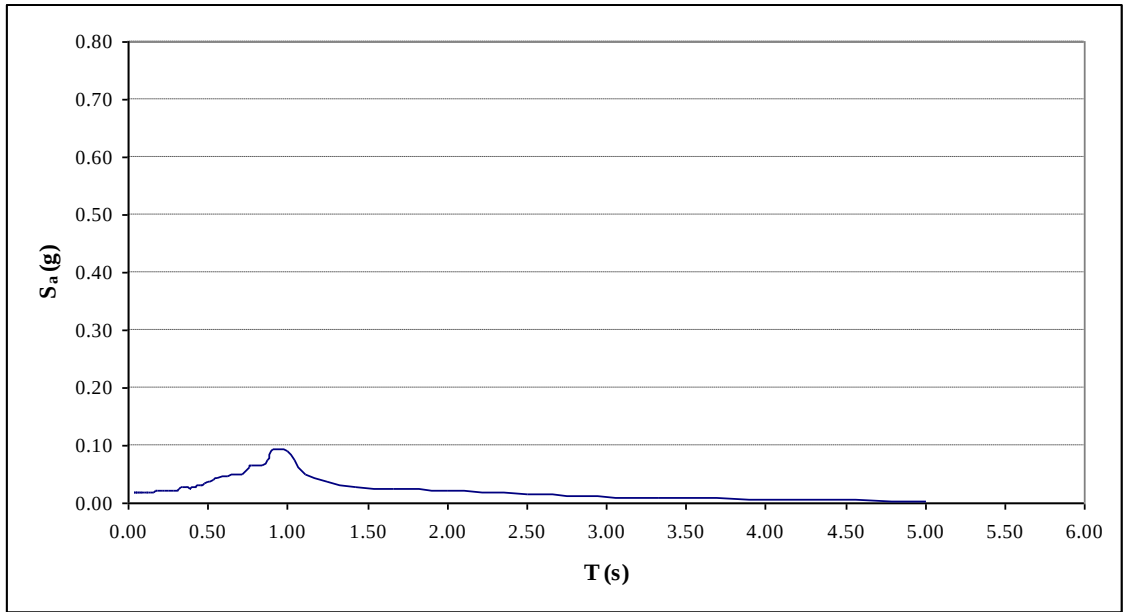
Şekil 6.58 Spektral ivme grafiği (Adana-Ceyhan Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



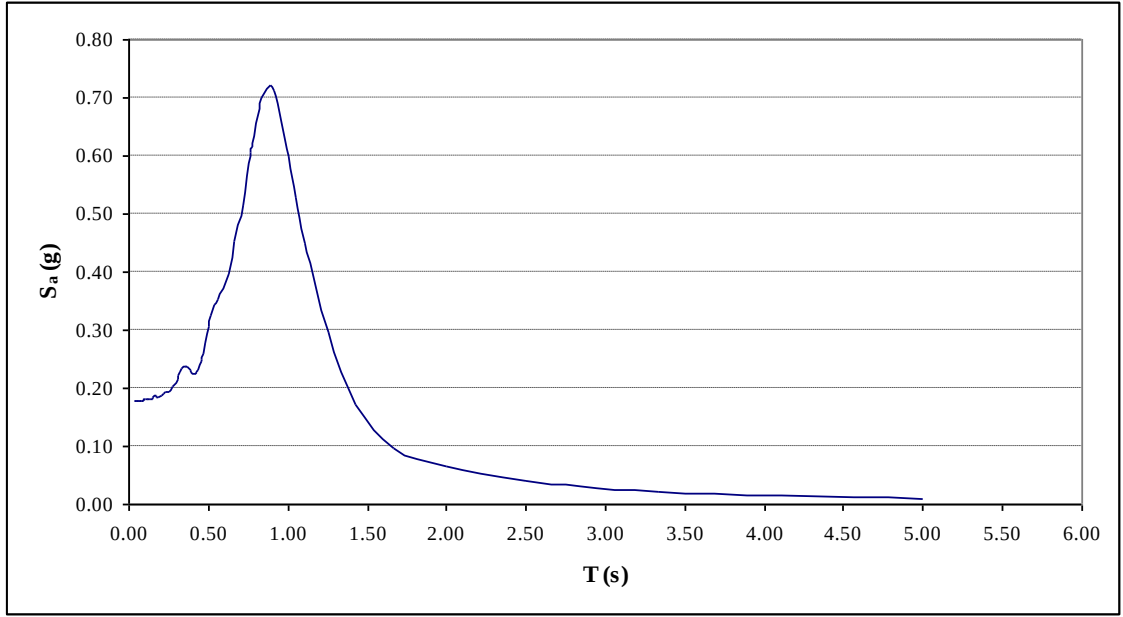
Şekil 6.59 Spektral ivme grafiği (Adana-Ceyhan Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



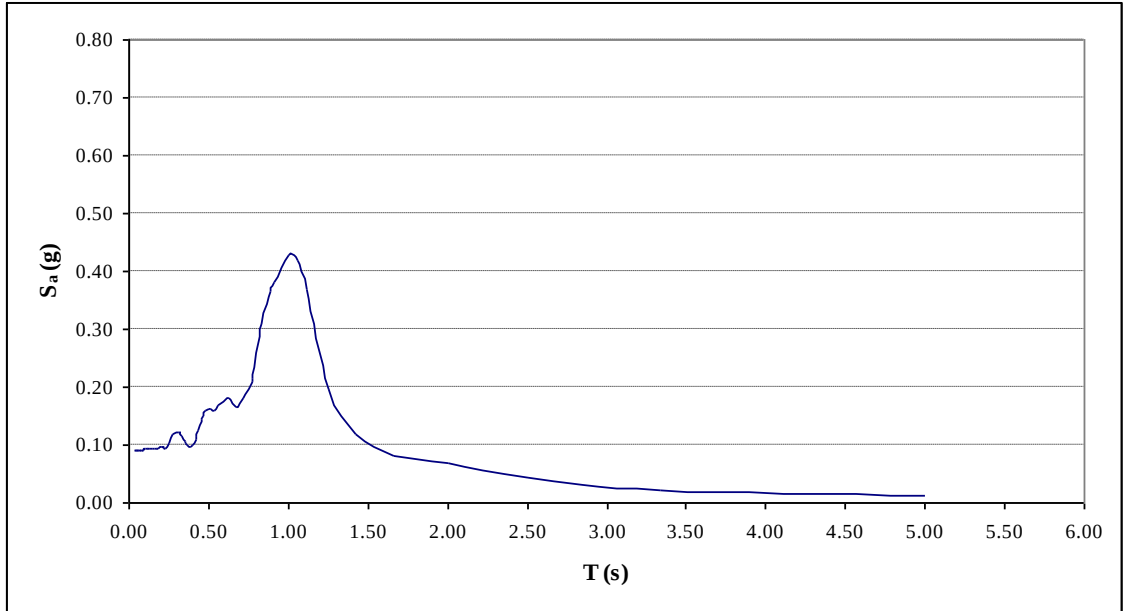
Şekil 6.60 Spektral ivme grafiği (Bingöl Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



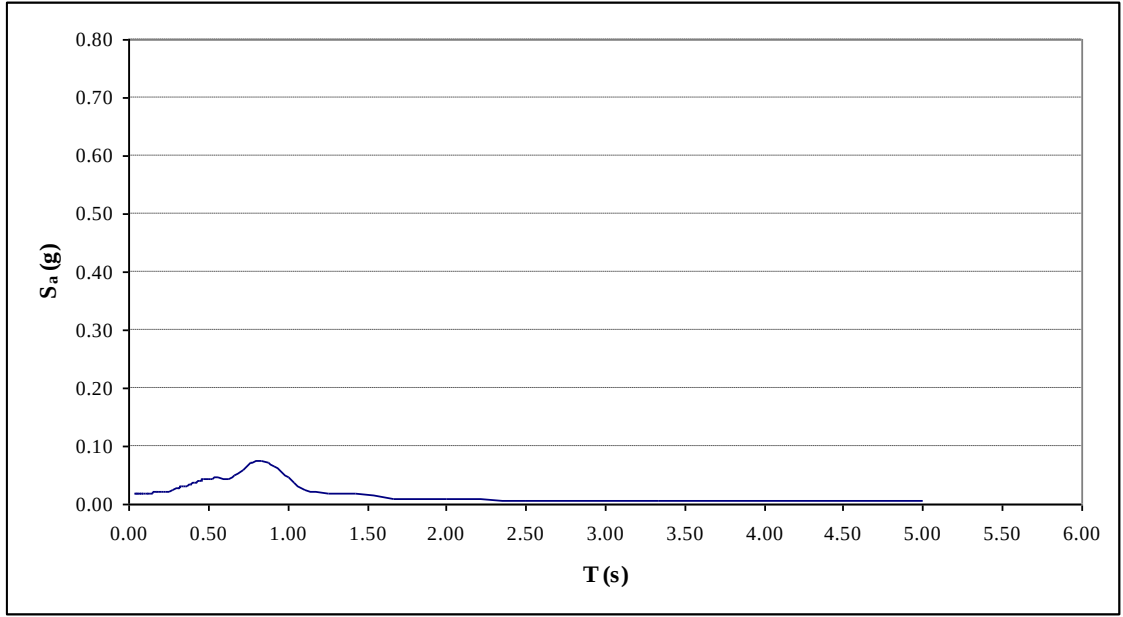
Şekil 6.61 Spektral ivme grafiği (Bingöl Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



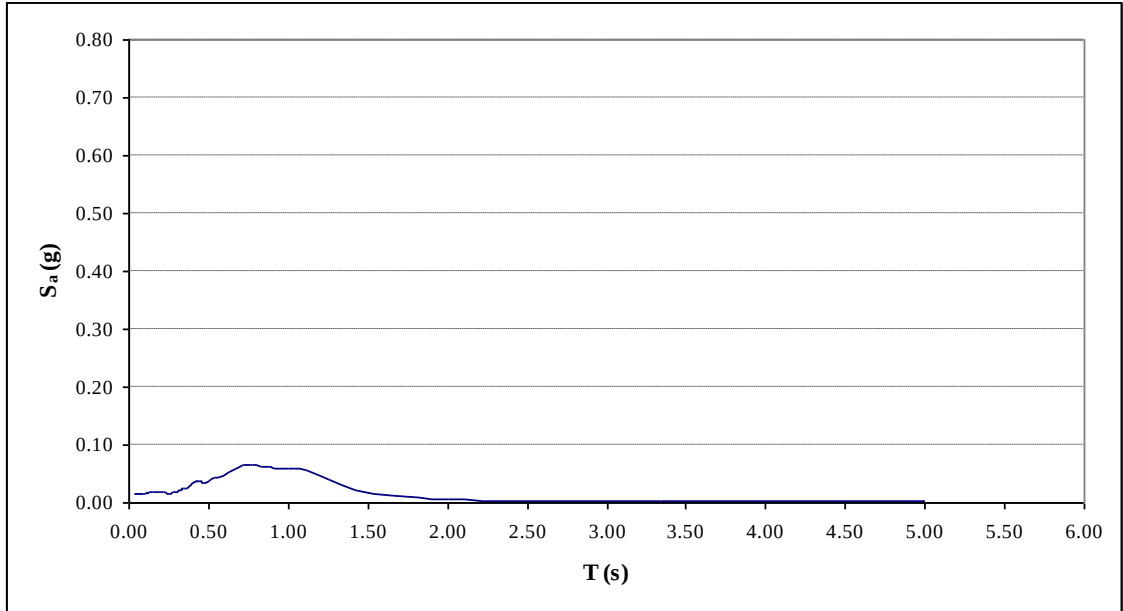
Şekil 6.62 Spektral ivme grafiği (Bolu Doğu-Batı deprem yönü ivme kaydı için)



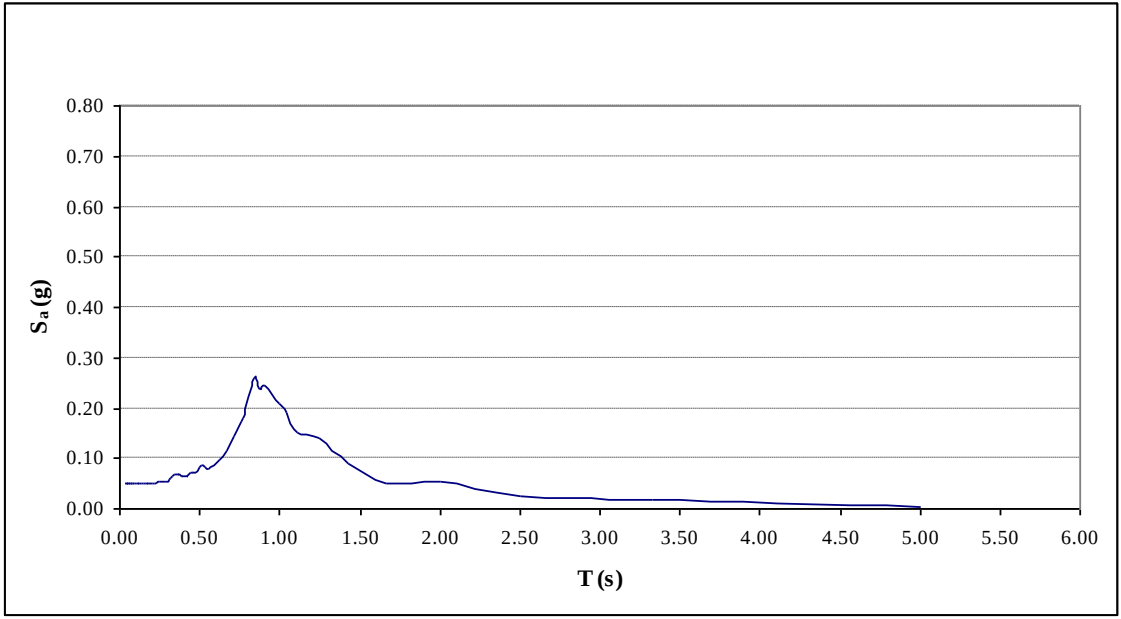
Şekil 6.63 Spektral ivme grafiği (Bolu Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



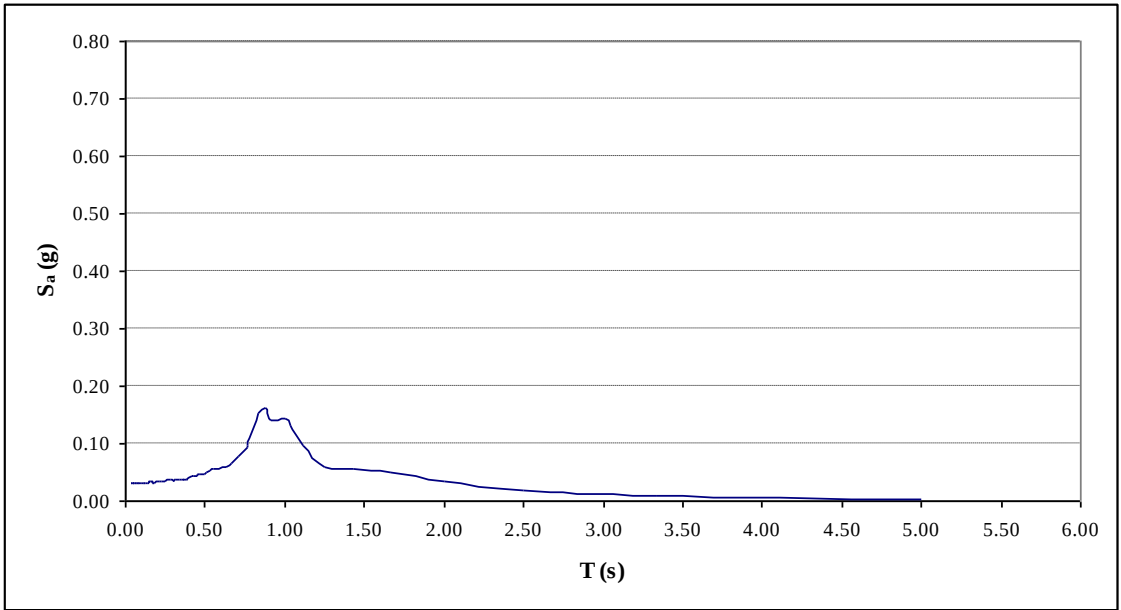
Şekil 6.64 Spektral ivme grafiği (Denizli Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



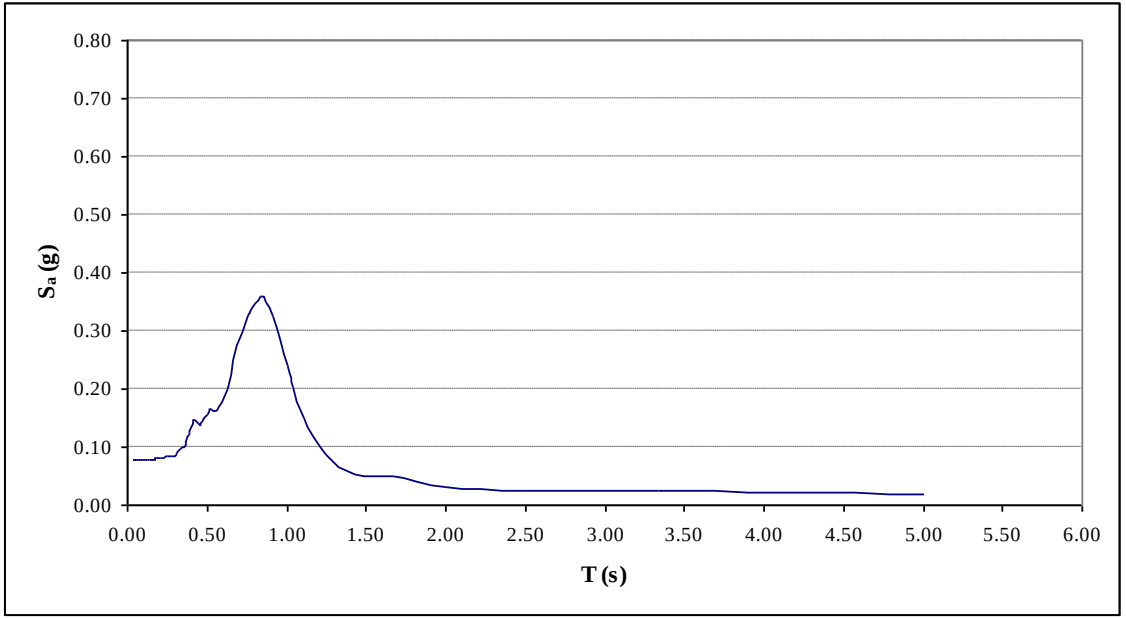
Şekil 6.65 Spektral ivme grafiği (Denizli Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



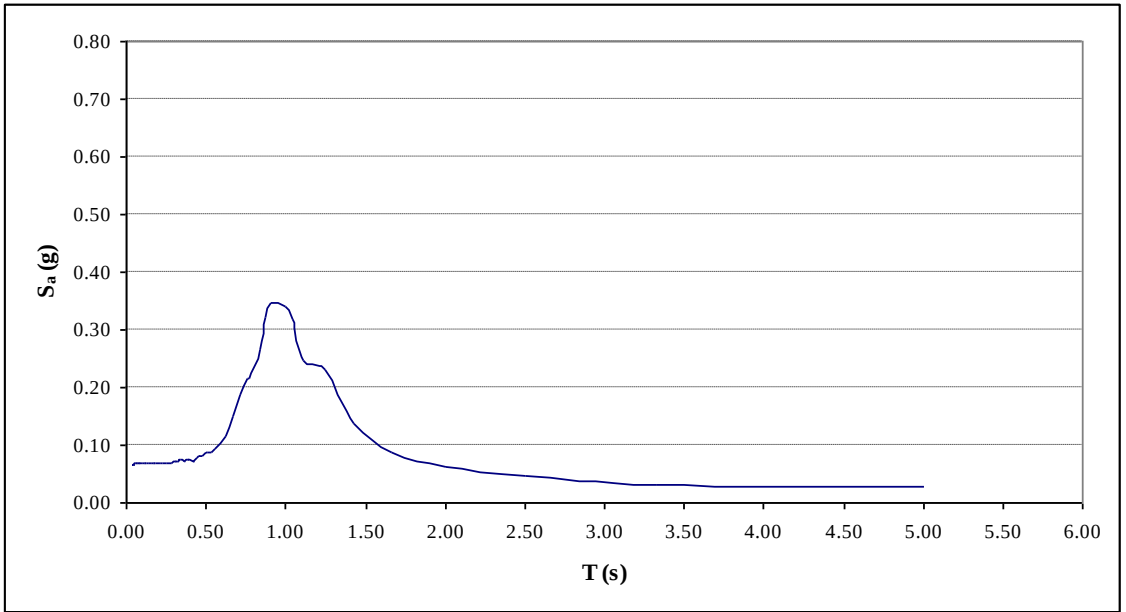
Şekil 6.66 Spektral ivme grafiği (Dinar Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



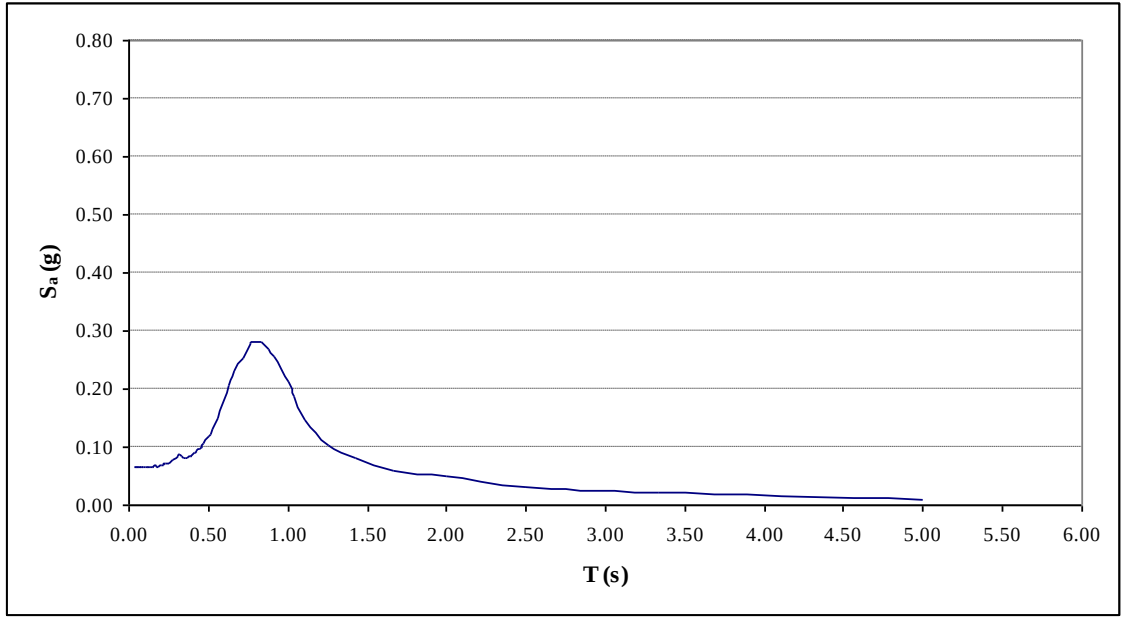
Şekil 6.67 Spektral ivme grafiği (Dinar Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



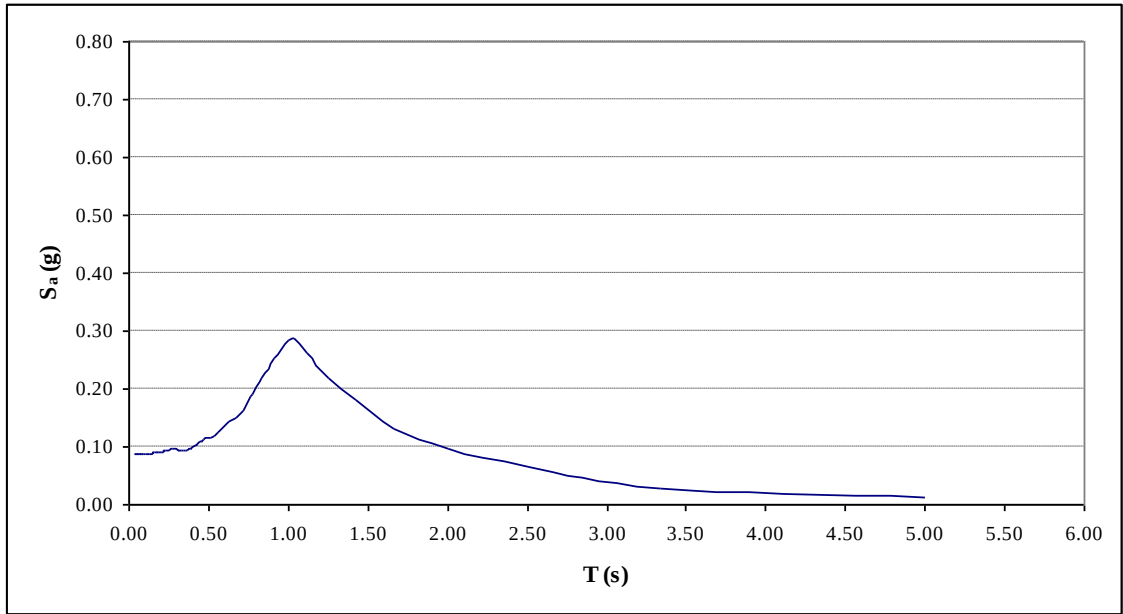
Şekil 6.68 Spektral ivme grafiği (Düzce Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



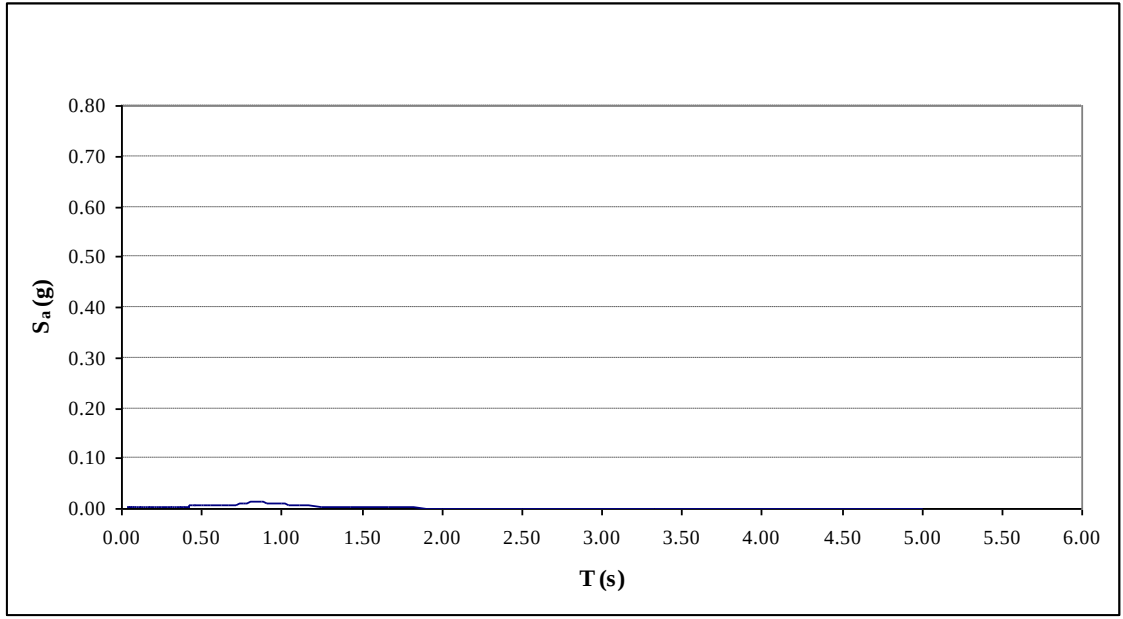
Şekil 6.69 Spektral ivme grafiği (Düzce Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



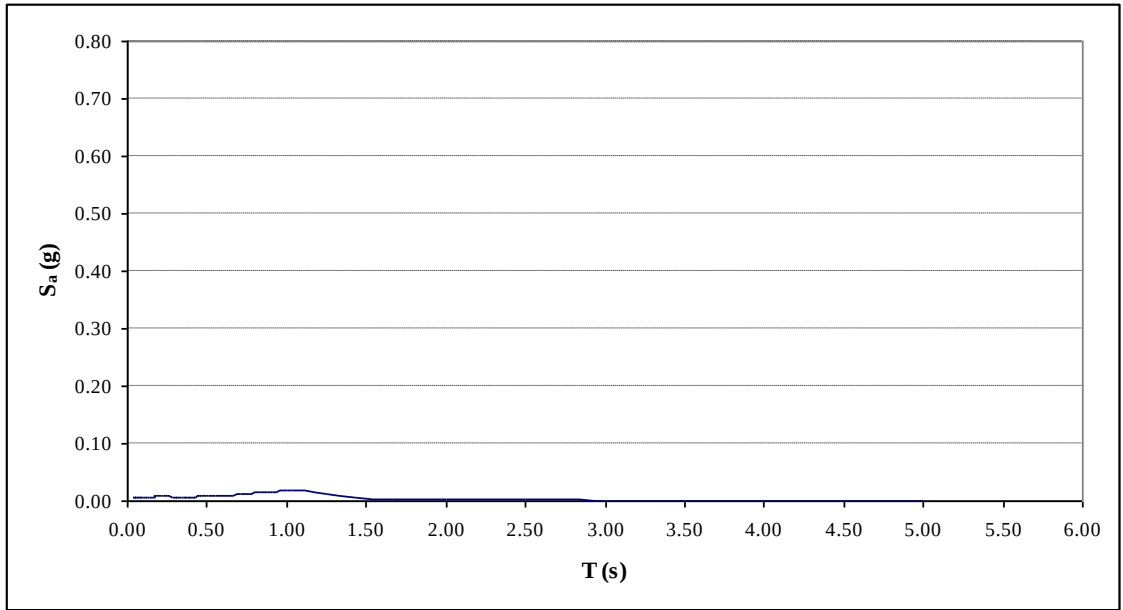
Şekil 6.70 Spektral ivme grafiği (Erzincan Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



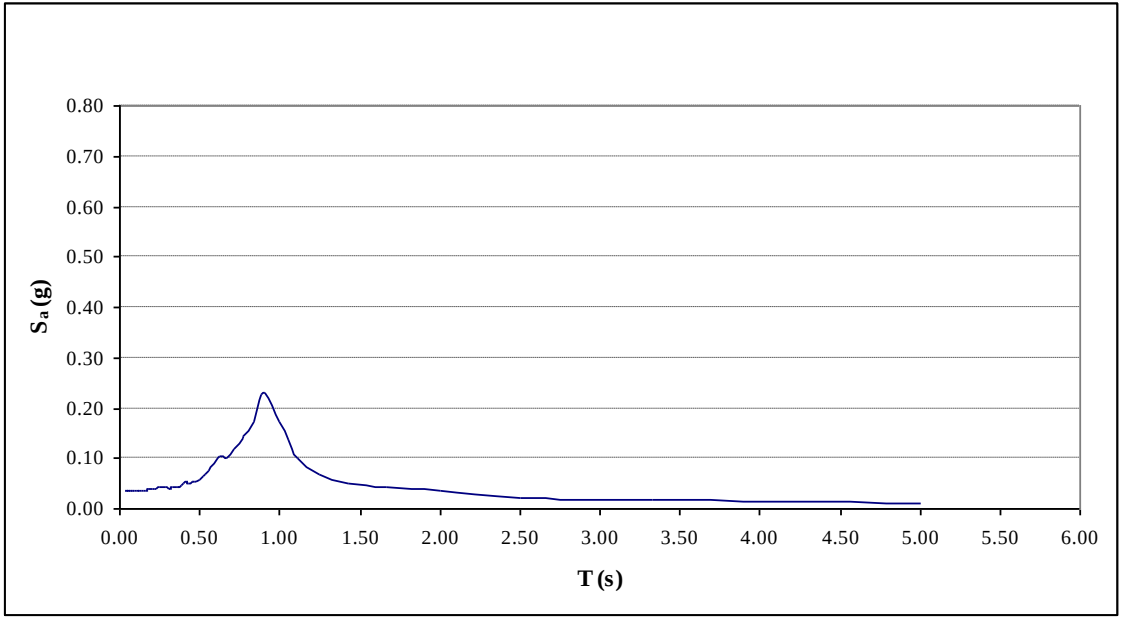
Şekil 6.71 Spektral ivme grafiği (Erzincan Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



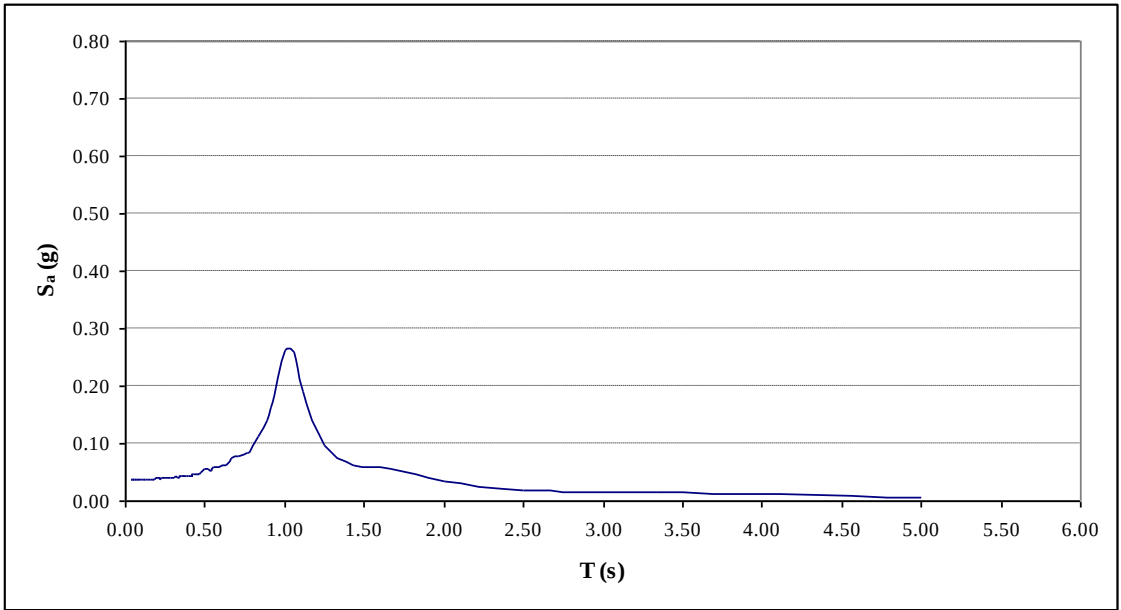
Şekil 6.72 Spektral ivme grafiği (İzmir Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



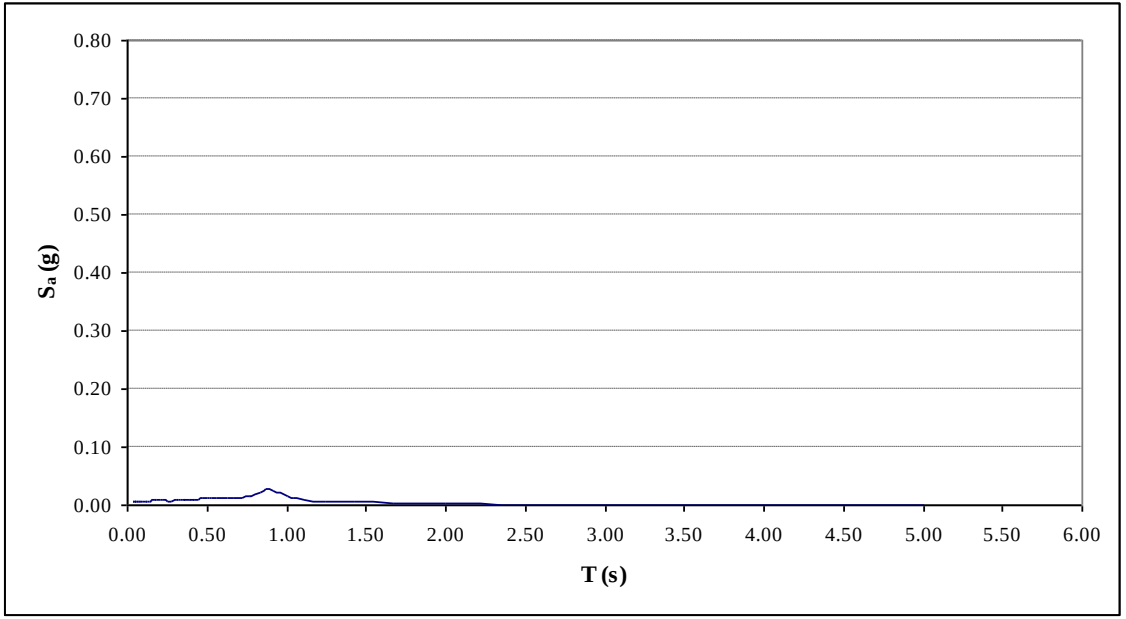
Şekil 6.73 Spektral ivme grafiği (İzmir Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



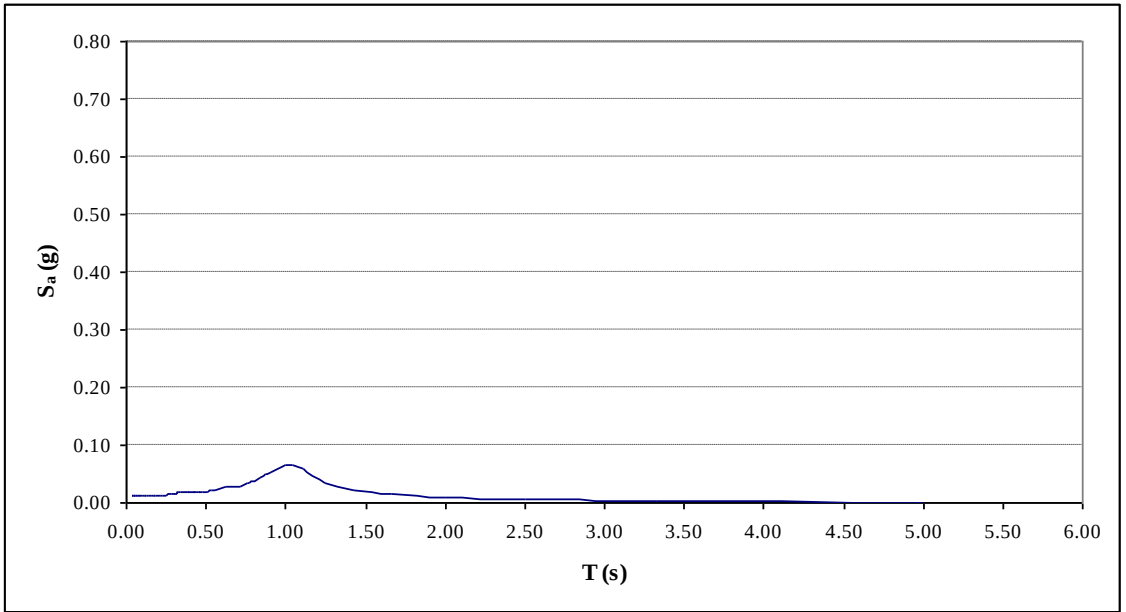
Şekil 6.74 Spektral ivme grafiği (İzmit Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



Şekil 6.75 Spektral ivme grafiği (İzmit Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



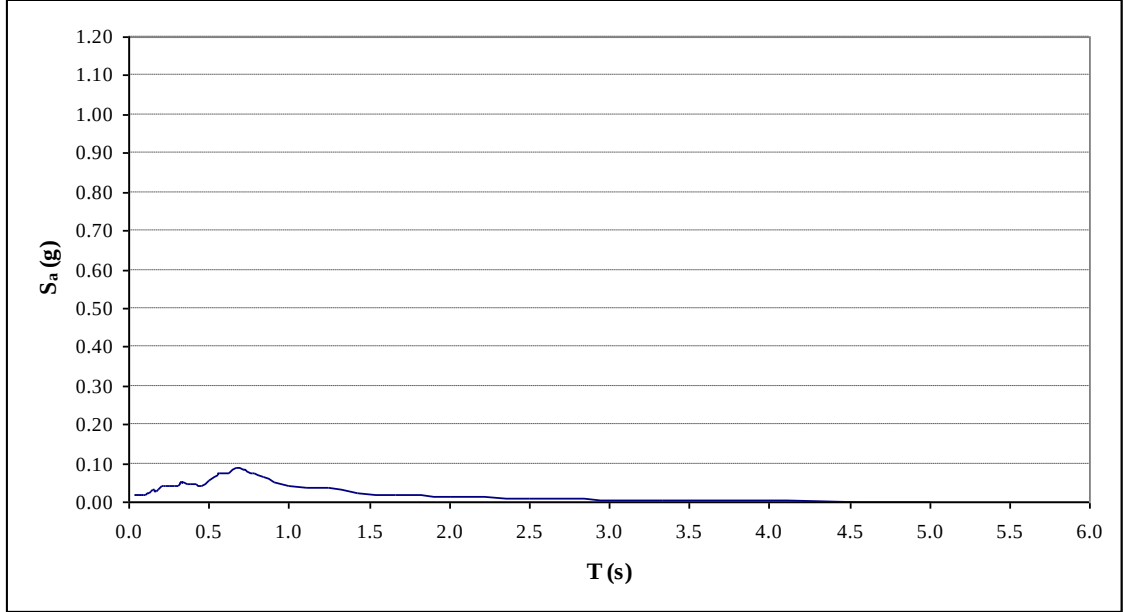
Şekil 6.76 Spektral ivme grafiği (Sakarya Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



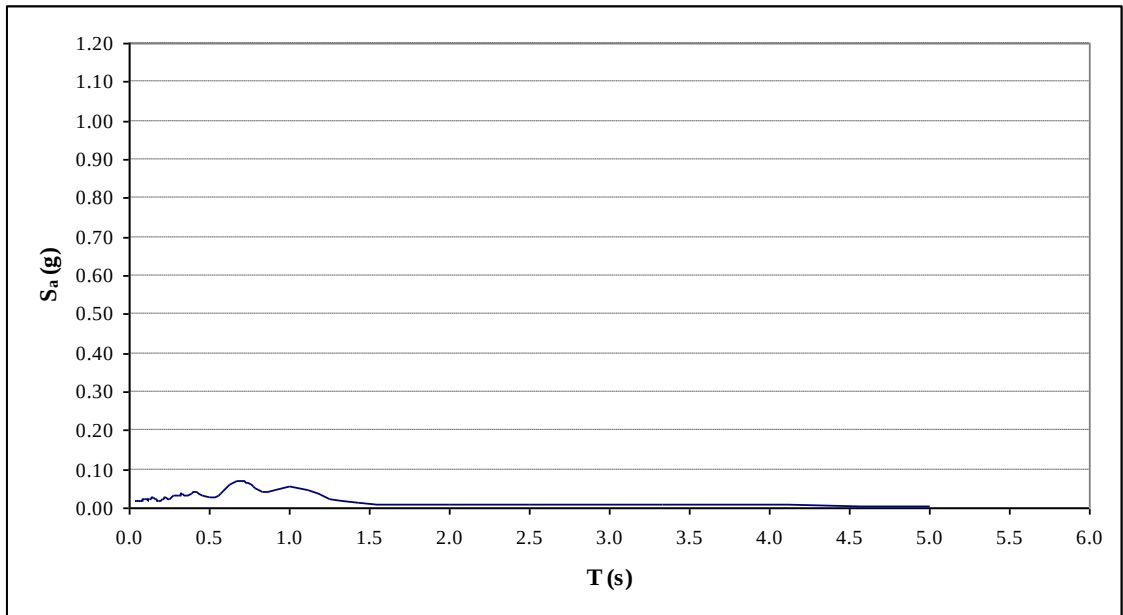
Şekil 6.77 Spektral ivme grafiği (Sakarya Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)

6.3.2.2 Bina 2 için spektral ivme grafikleri

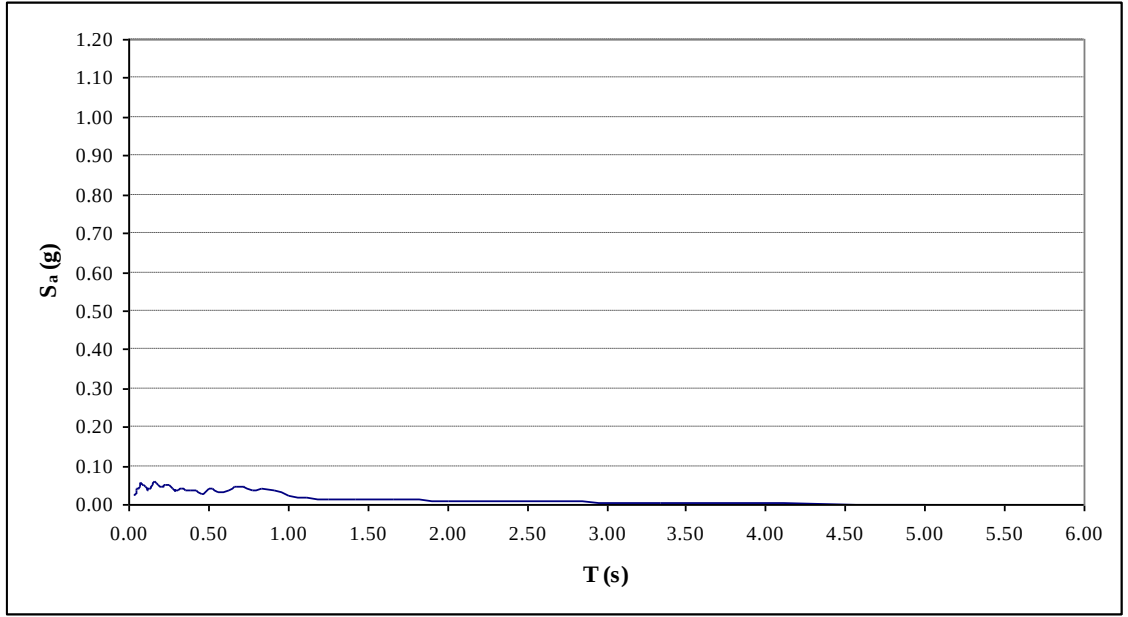
6.3.2.2.1 +3.50 kotu için spektral ivme grafikleri



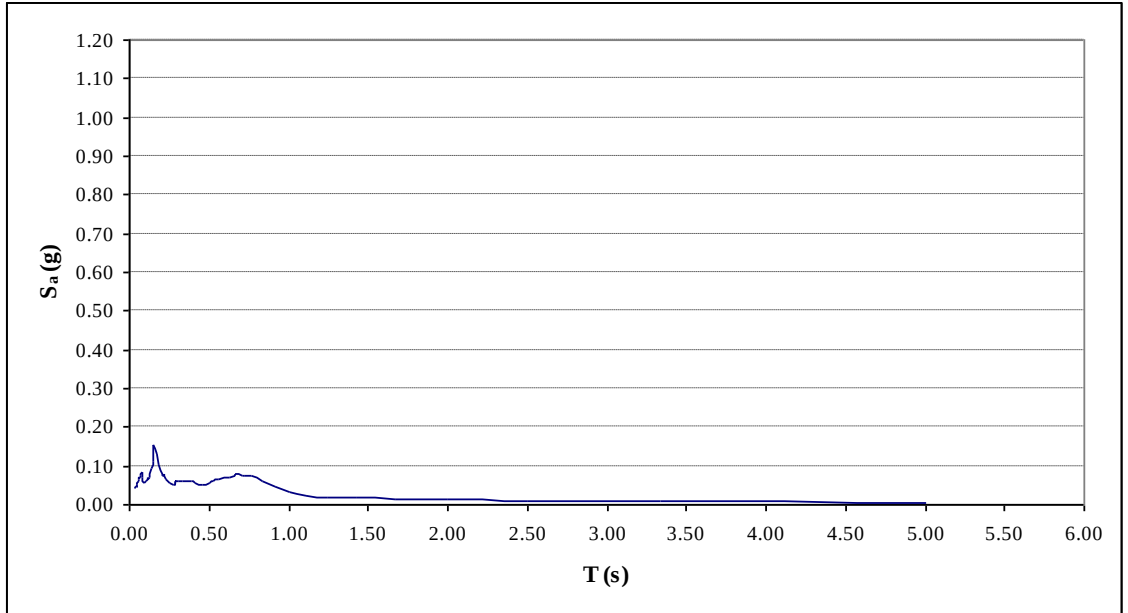
Şekil 6.78 Spektral ivme grafiği (Adana-Ceyhan Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



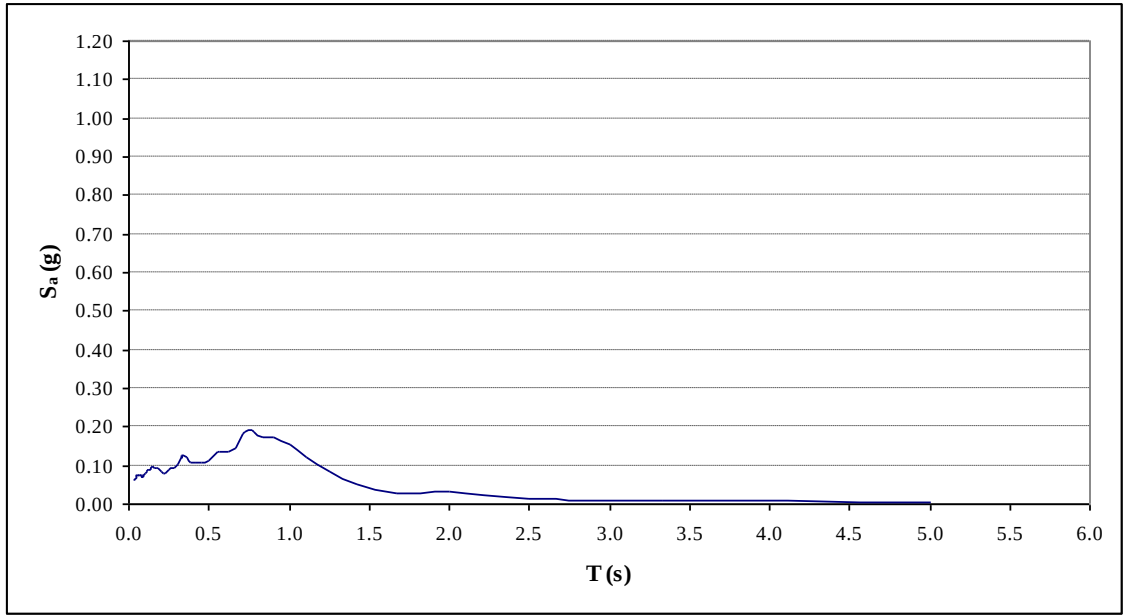
Şekil 6.79 Spektral ivme grafiği (Adana-Ceyhan Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



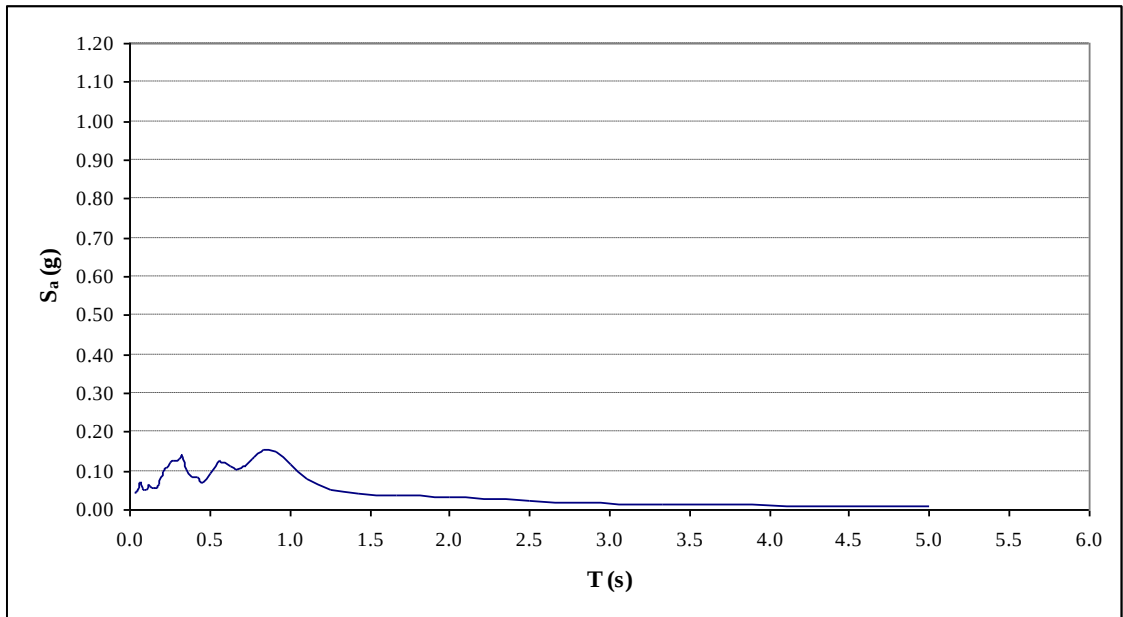
Şekil 6.80 Spektral ivme grafiği (Bingöl Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



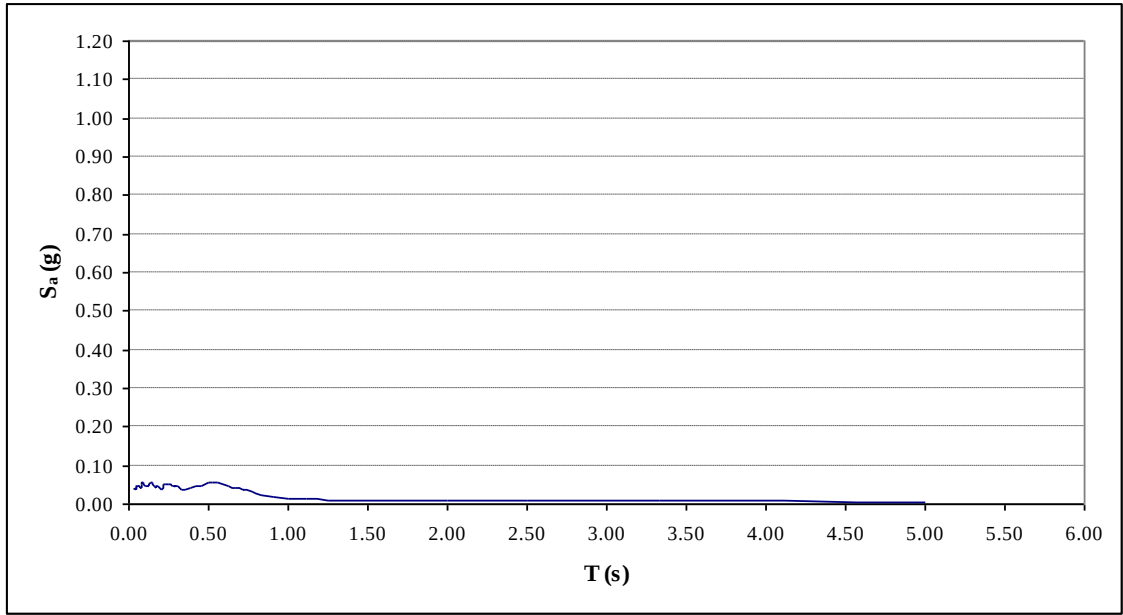
Şekil 6.81 Spektral ivme grafiği (Bingöl Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



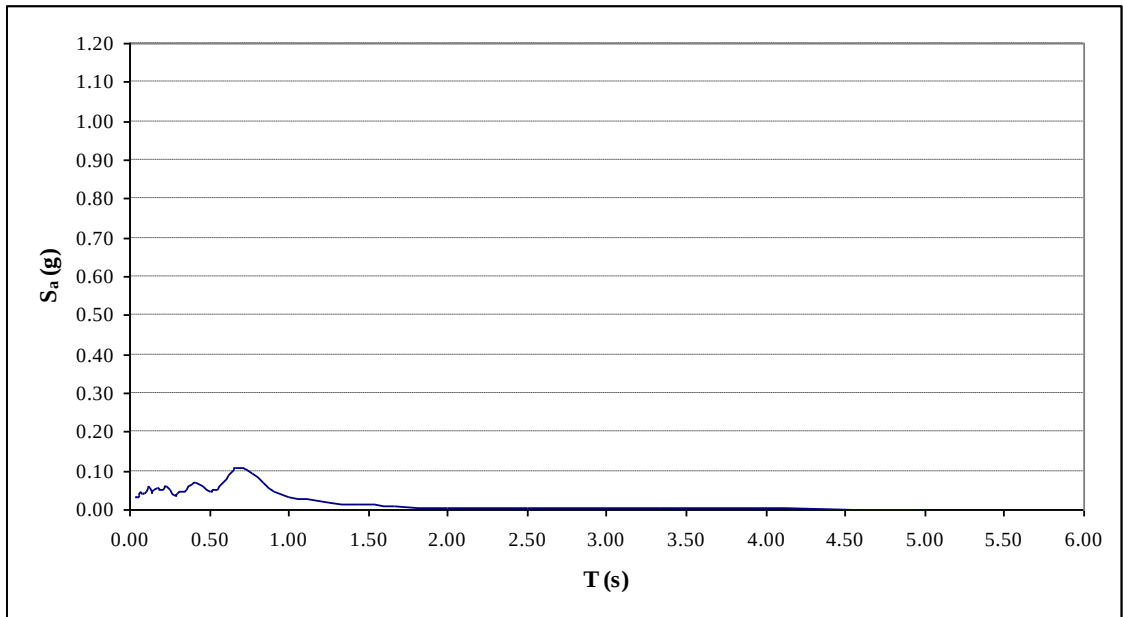
Şekil 6.82 Spektral ivme grafiği (Bolu Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



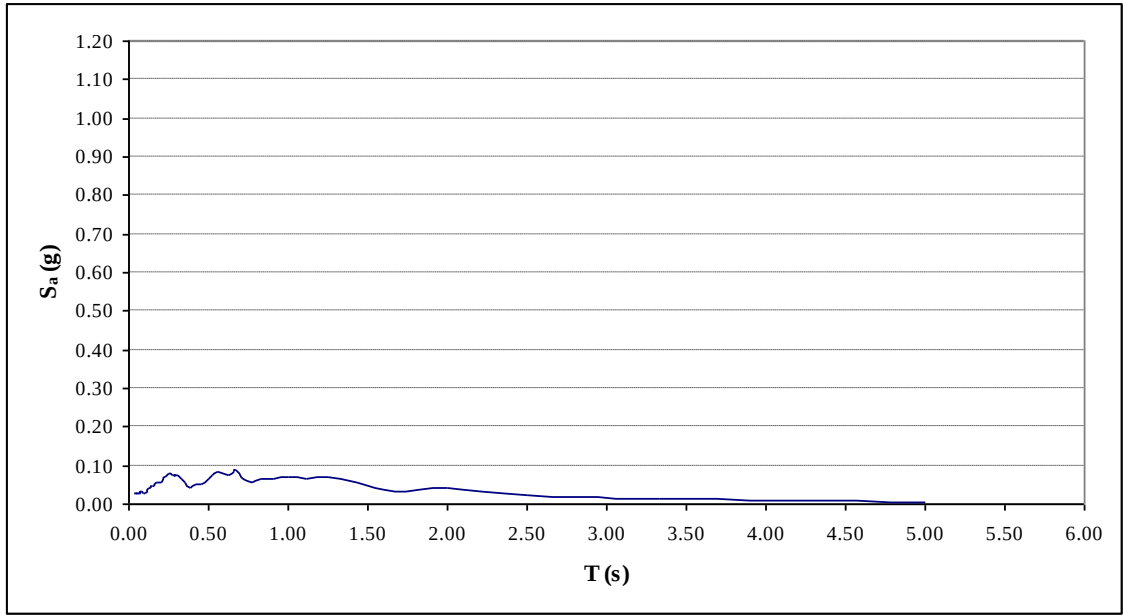
Şekil 6.83 Spektral ivme grafiği (Bolu Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



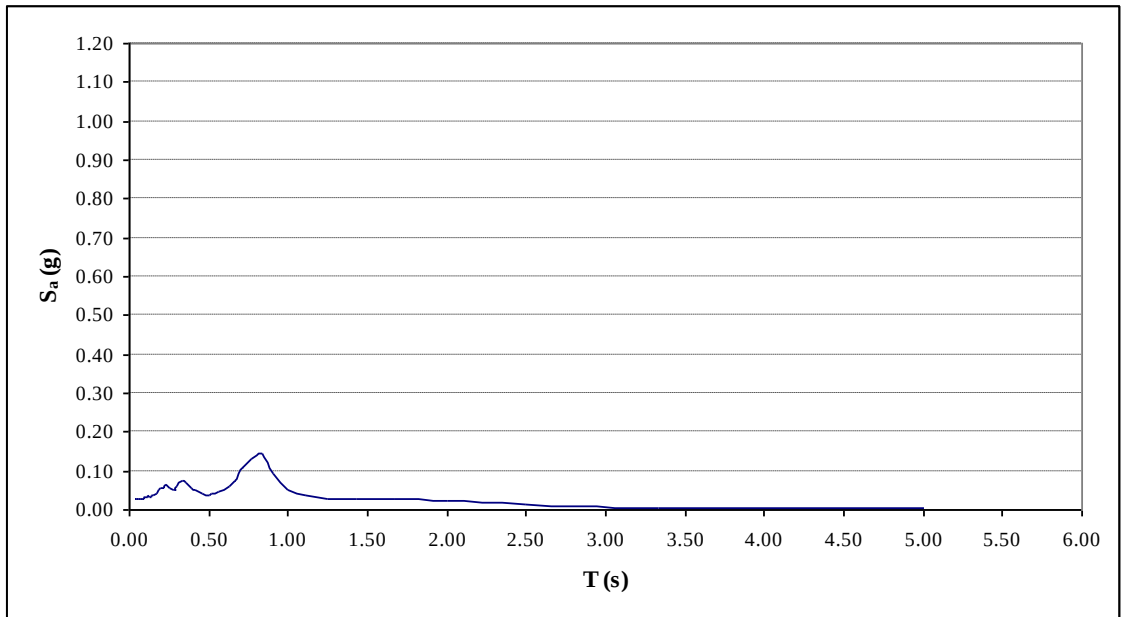
Şekil 6.84 Spektral ivme grafiği (Denizli Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



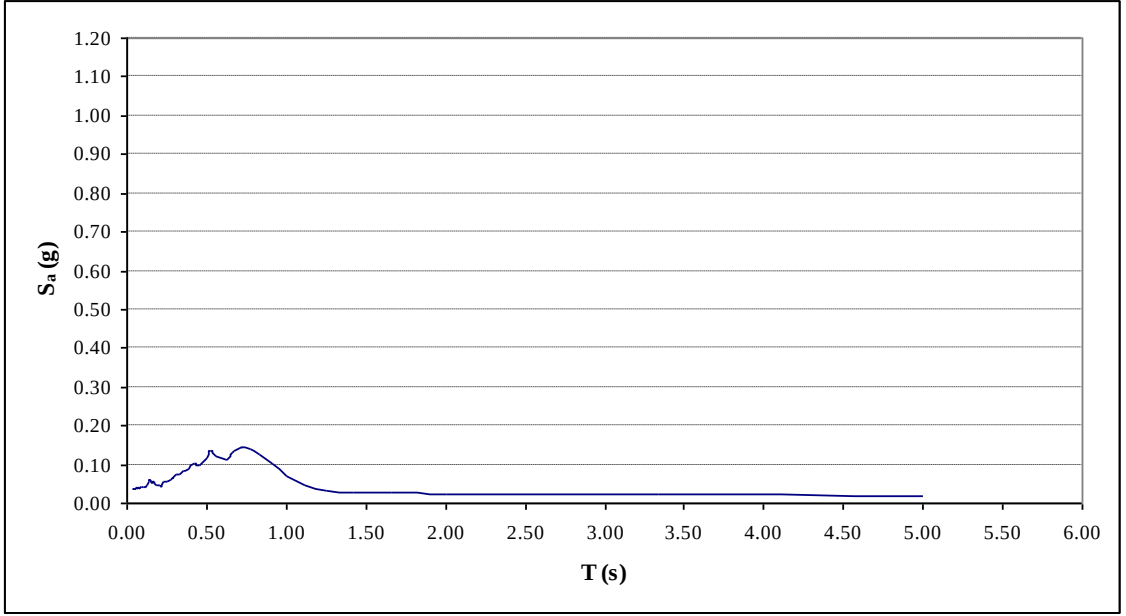
Şekil 6.85 Spektral ivme grafiği (Denizli Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



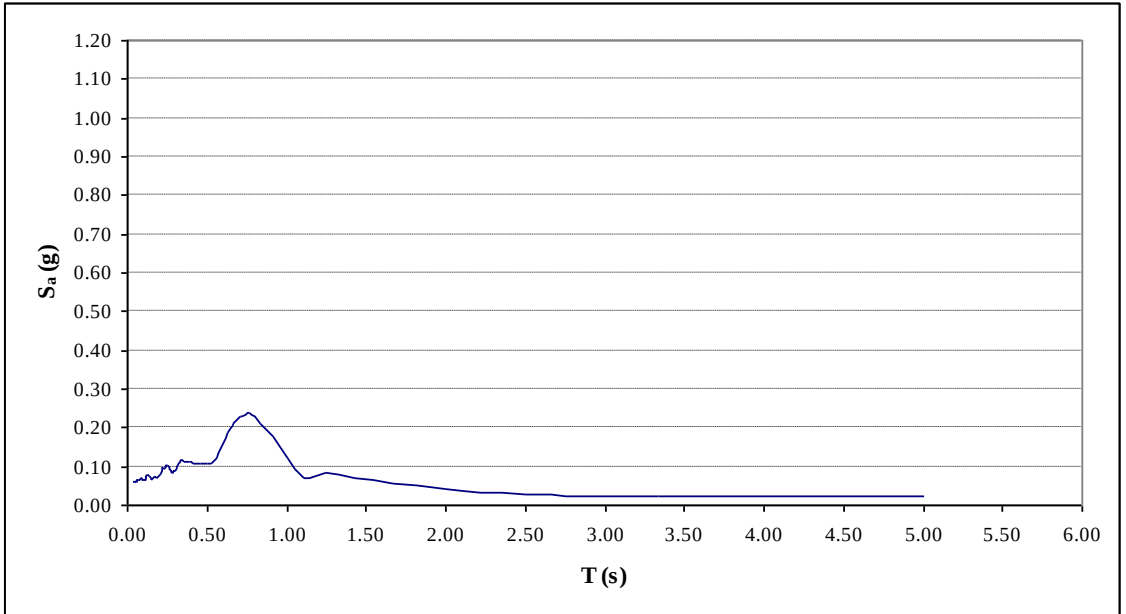
Şekil 6.86 Spektral ivme grafiği (Dinar Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



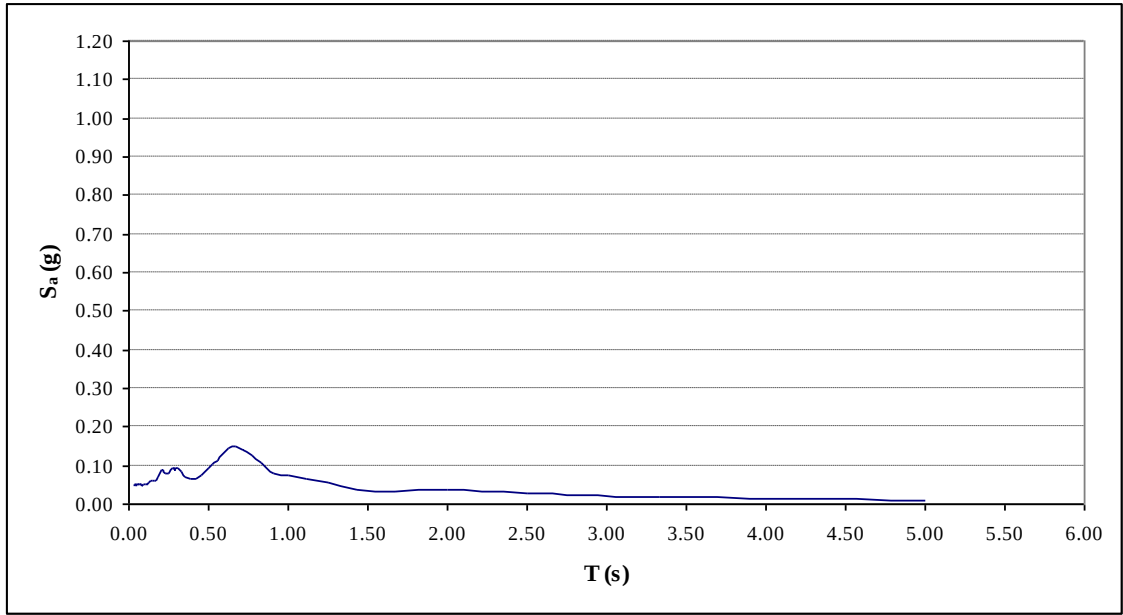
Şekil 6.87 Spektral ivme grafiği (Dinar Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



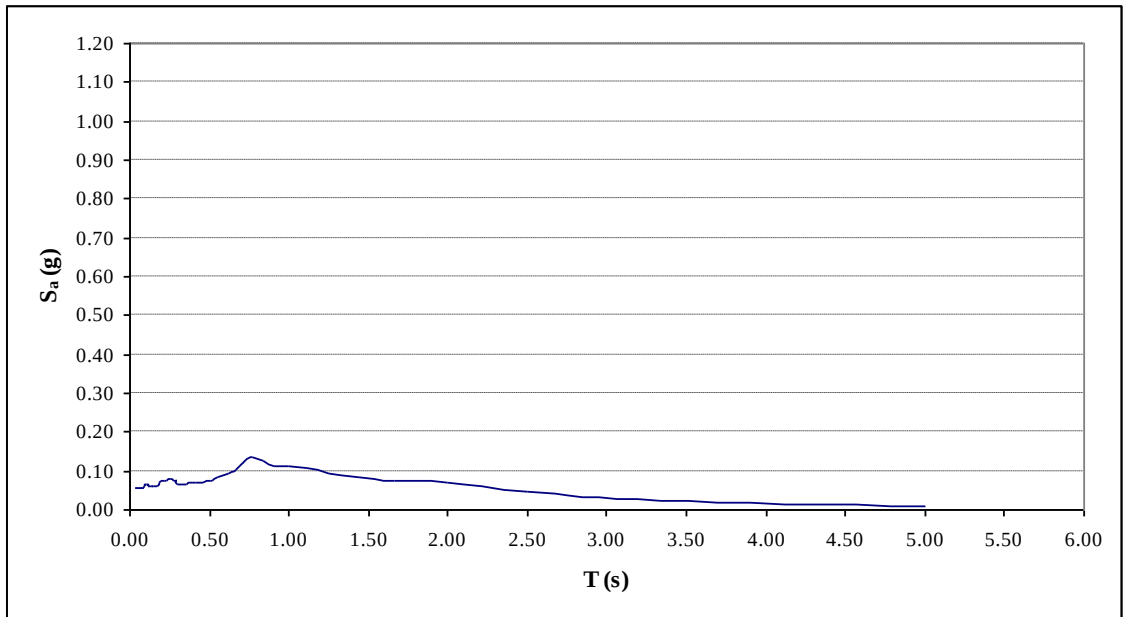
Şekil 6.88 Spektral ivme grafiği (Düzce Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



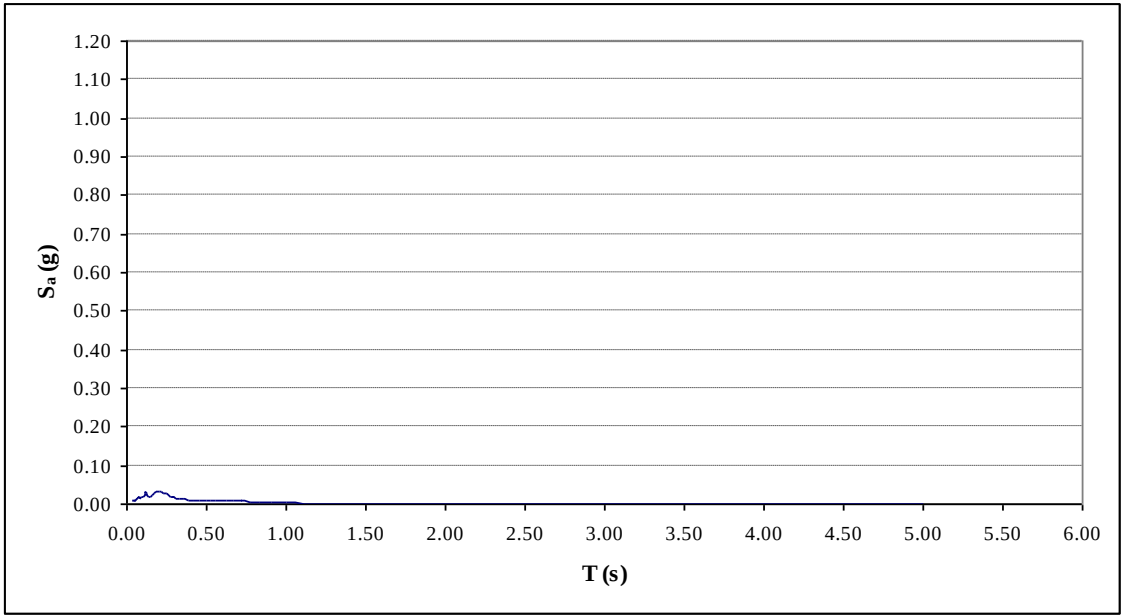
Şekil 6.89 Spektral ivme grafiği (Düzce Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



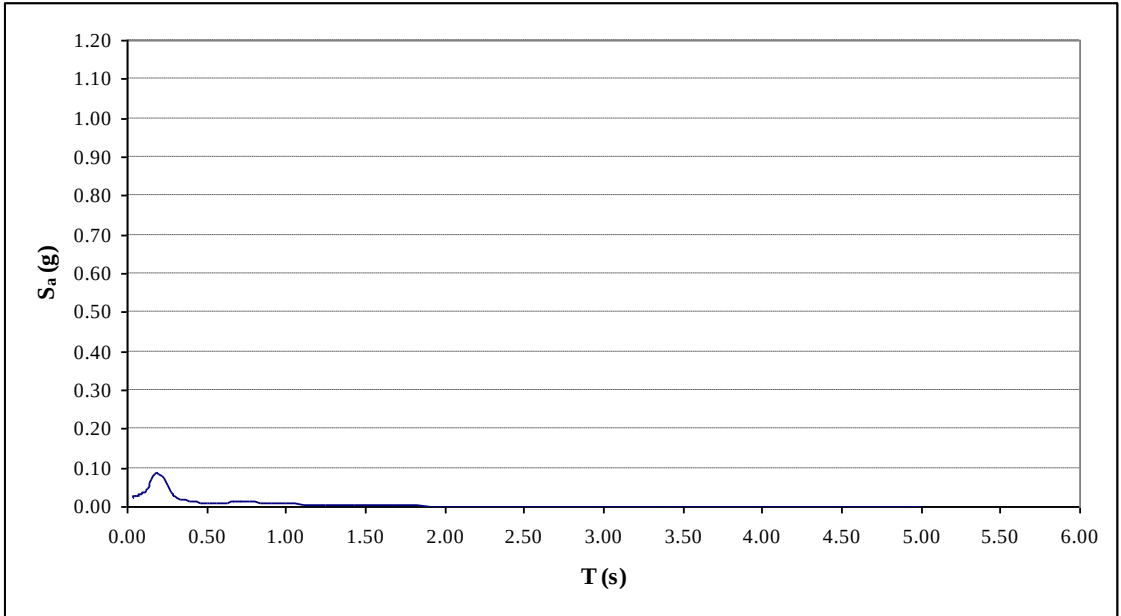
Şekil 6.90 Spektral ivme grafiği (Erzincan Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



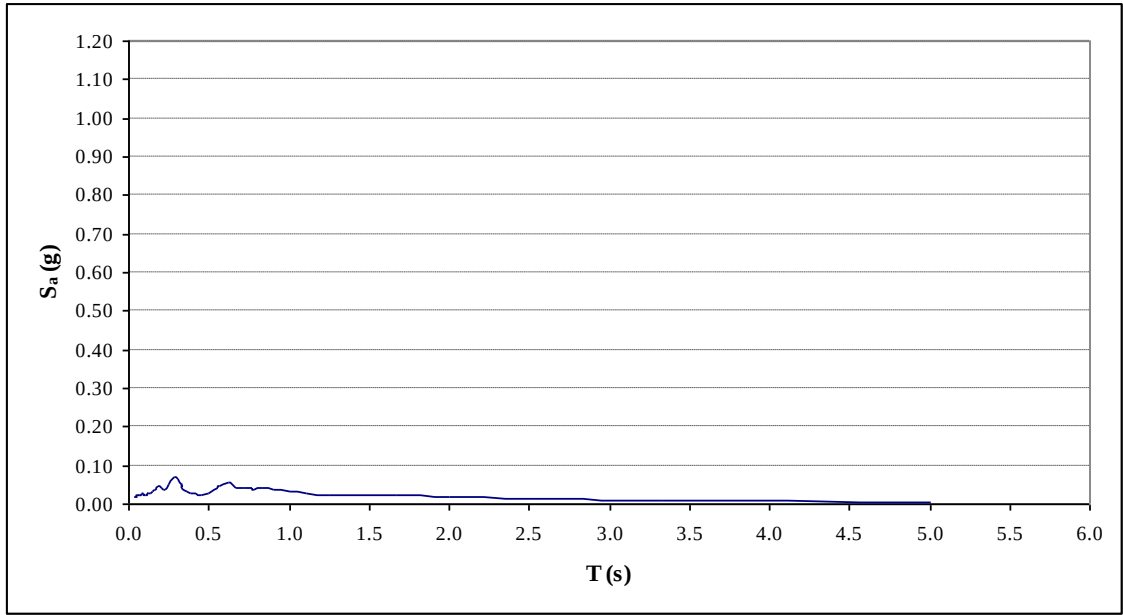
Şekil 6.91 Spektral ivme grafiği (Erzincan Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



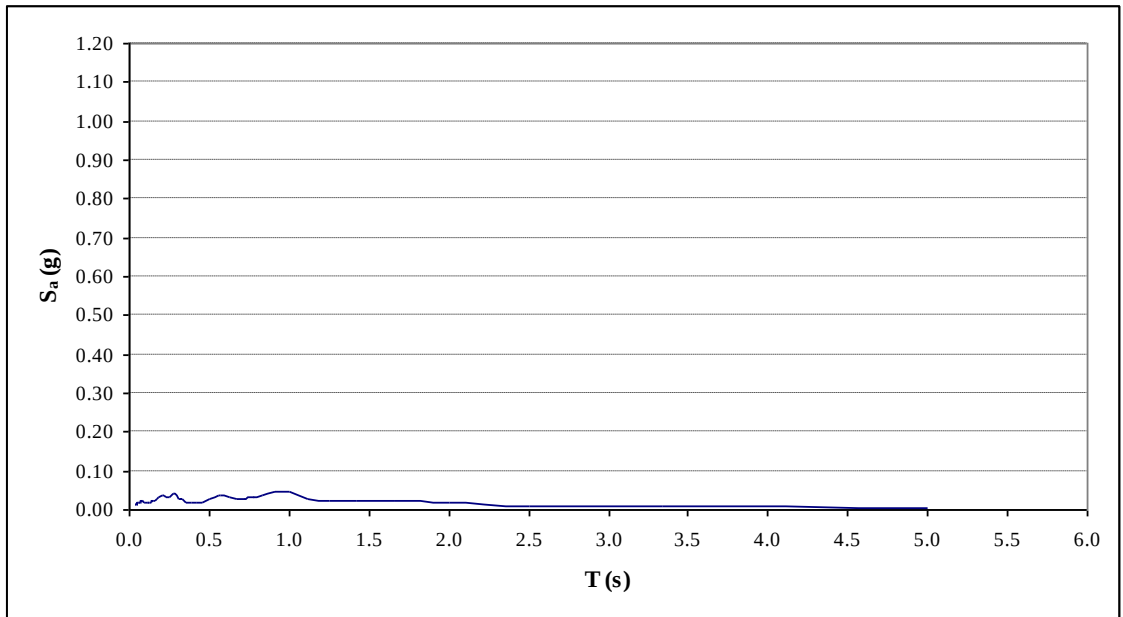
Şekil 6.92 Spektral ivme grafiği (İzmir Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



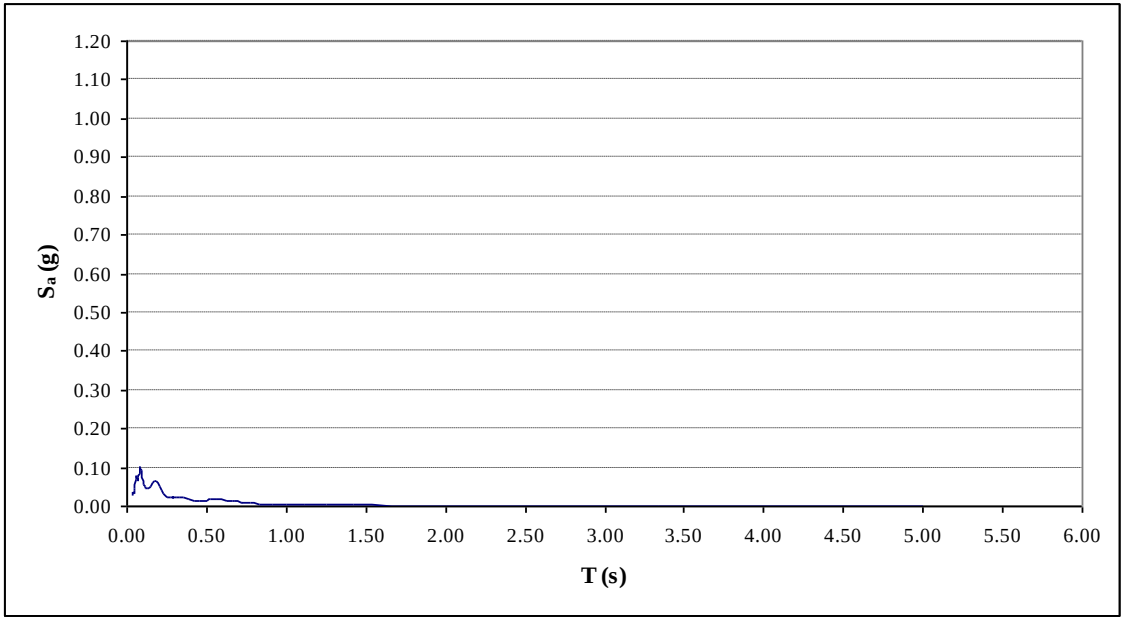
Şekil 6.93 Spektral ivme grafiği (İzmir Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



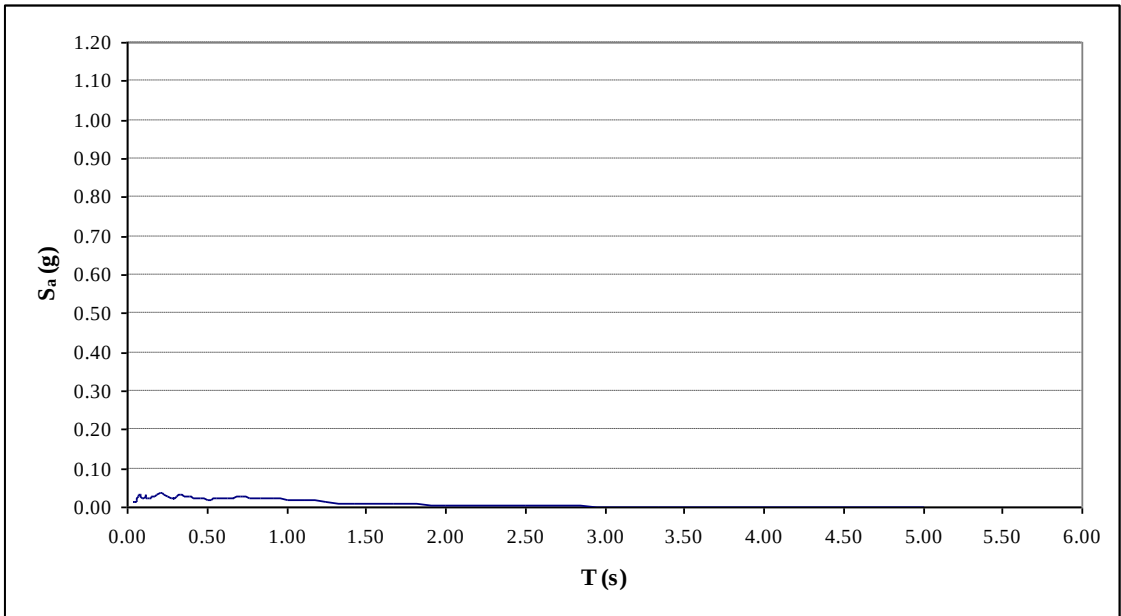
Şekil 6.94 Spektral ivme grafiği (İzmit Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



Şekil 6.95 Spektral ivme grafiği (İzmit Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)

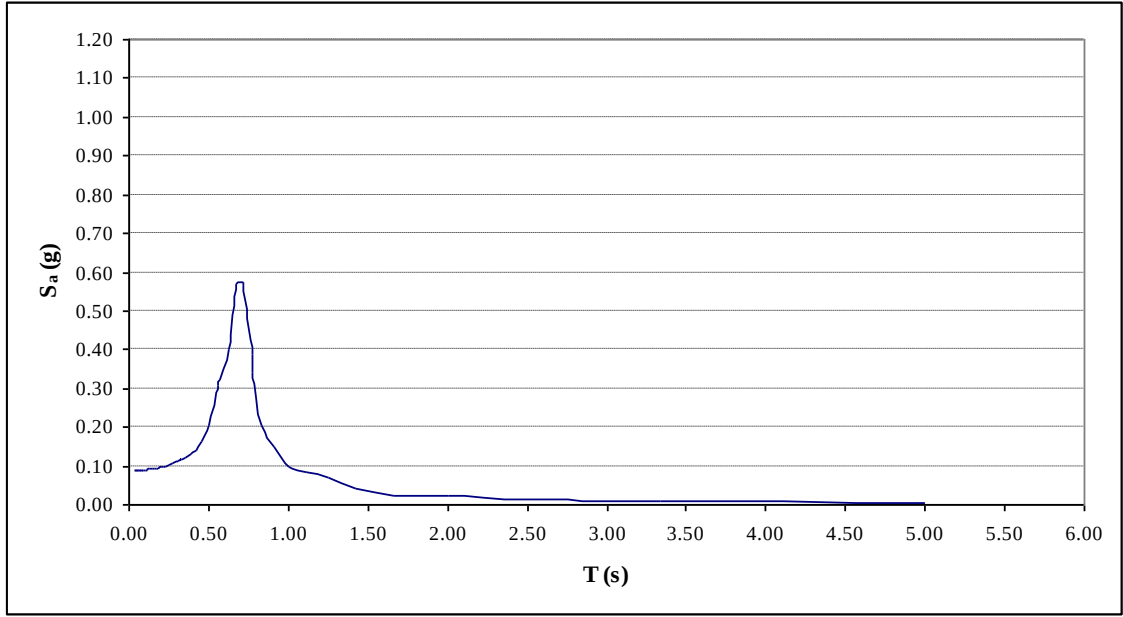


Şekil 6.96 Spektral ivme grafiği (Sakarya Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)

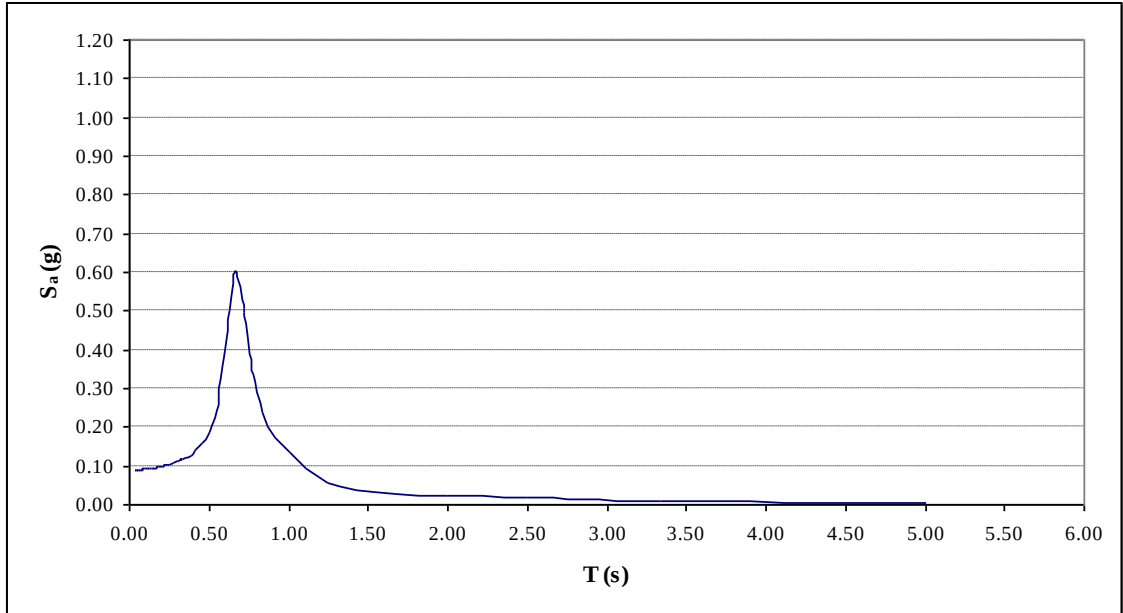


Şekil 6.97 Spektral ivme grafiği (Sakarya Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)

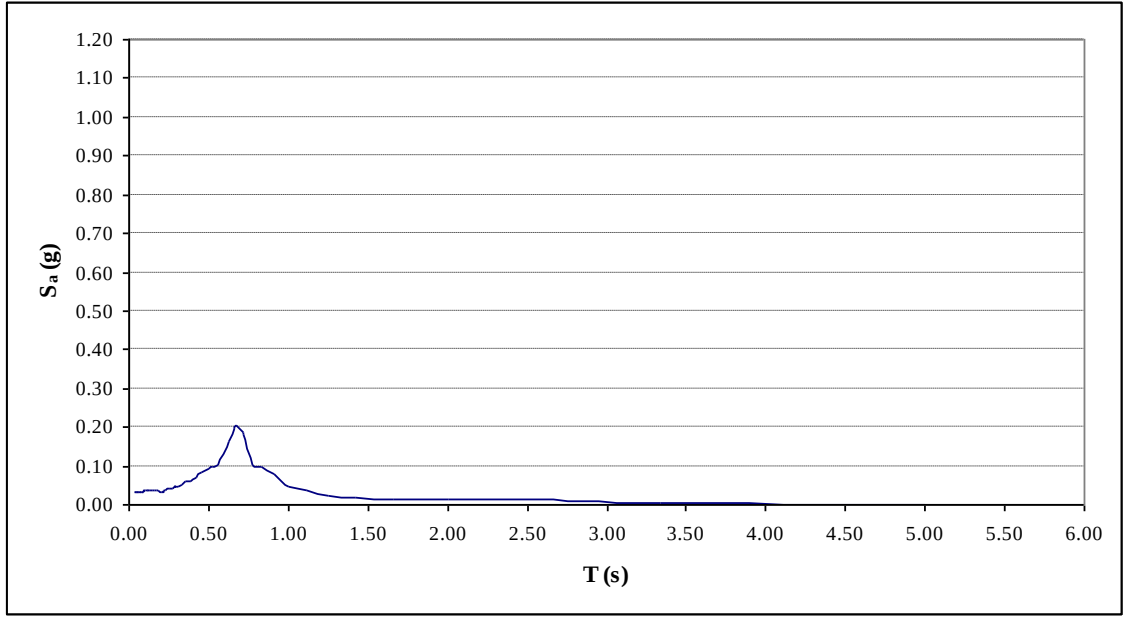
6.3.2.2.2 +5.60 kotu için spektral ivme grafikleri



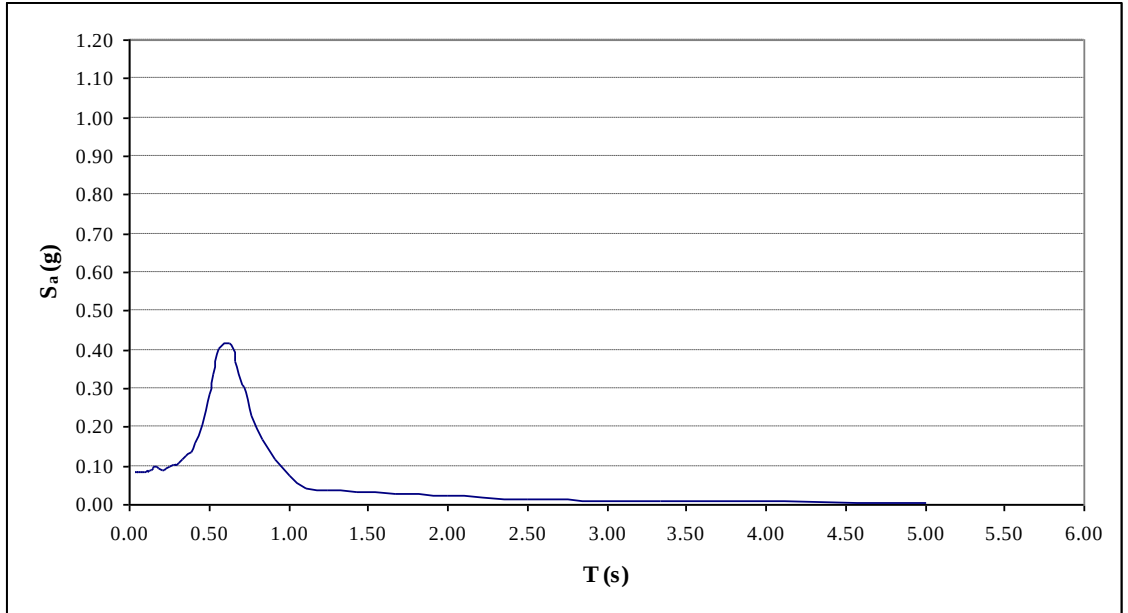
Şekil 6.98 Spektral ivme grafiği (Adana-Ceyhan Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



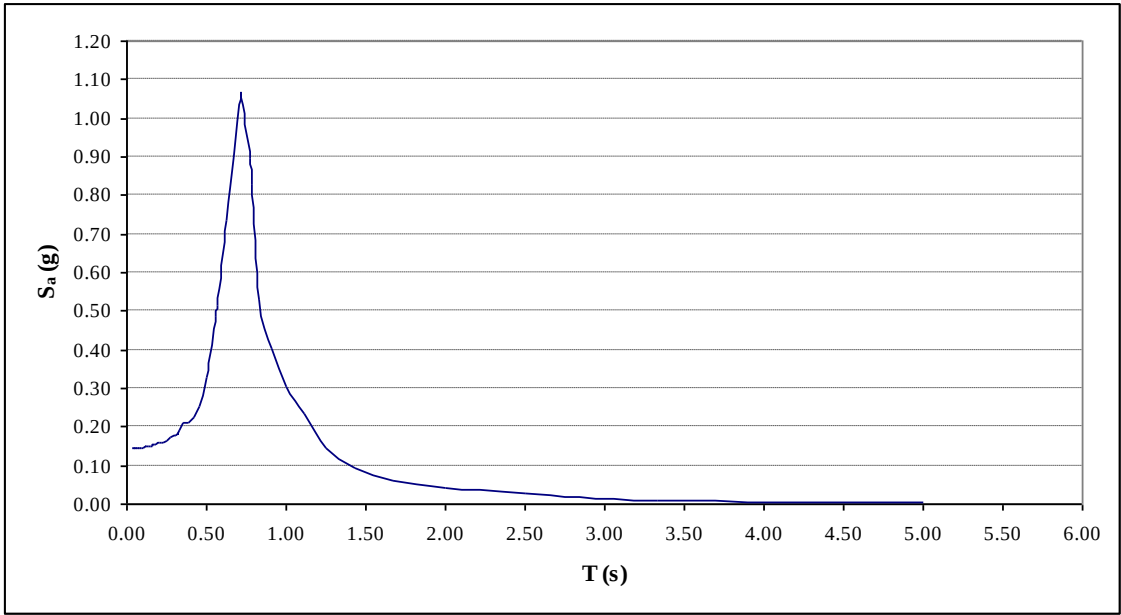
Şekil 6.99 Spektral ivme grafiği (Adana-Ceyhan Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



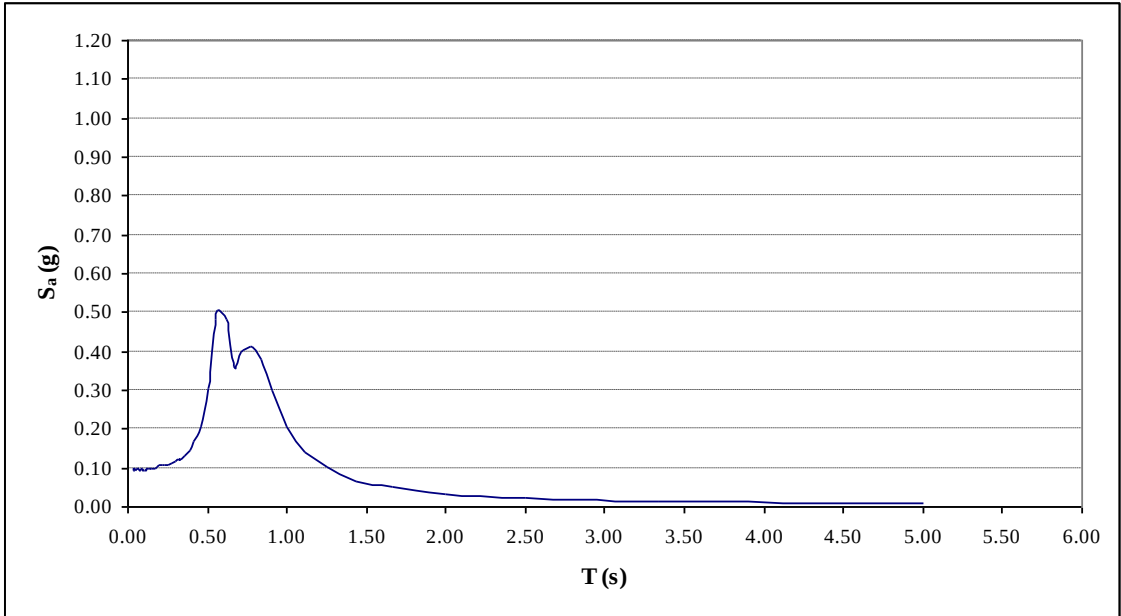
Şekil 6.100 Spektral ivme grafiği (Bingöl Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



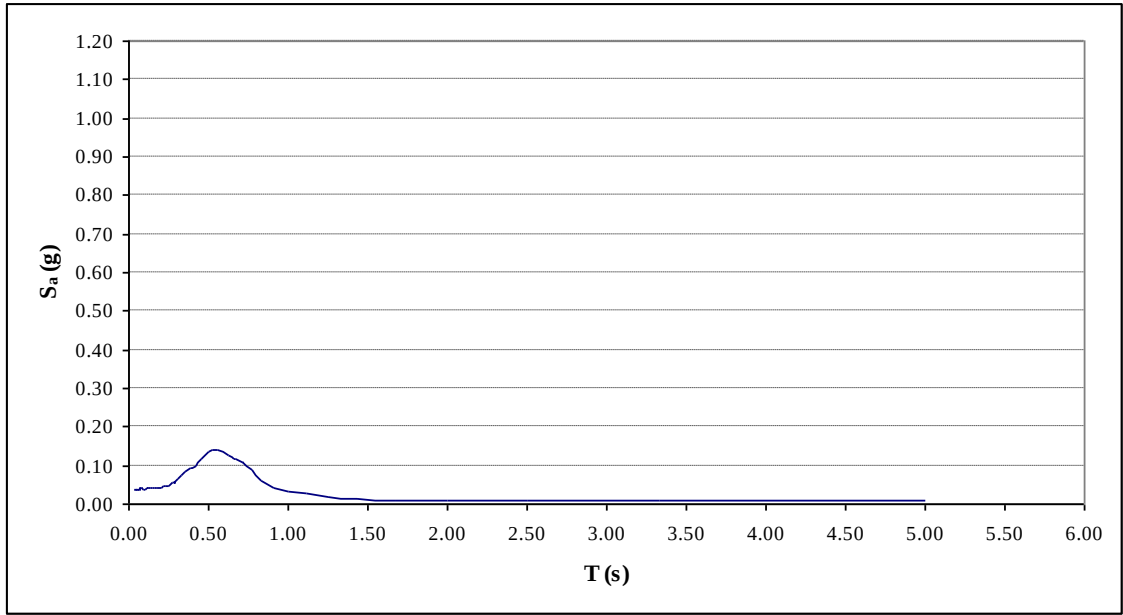
Şekil 6.101 Spektral ivme grafiği (Bingöl Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



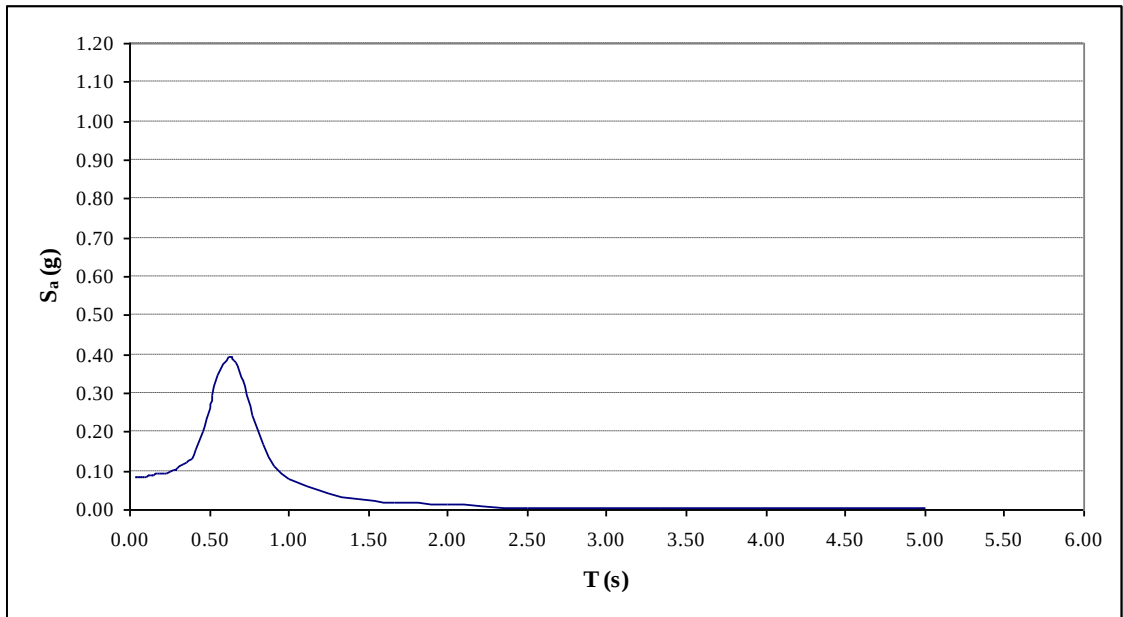
Şekil 6.102 Spektral ivme grafiği (Bolu Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



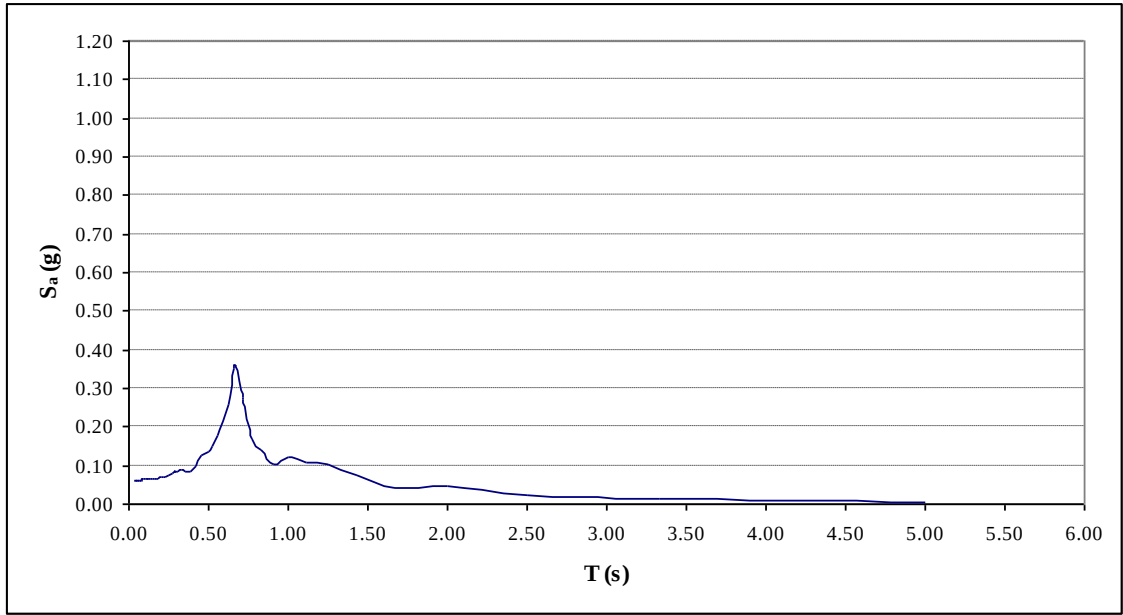
Şekil 6.103 Spektral ivme grafiği (Bolu Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



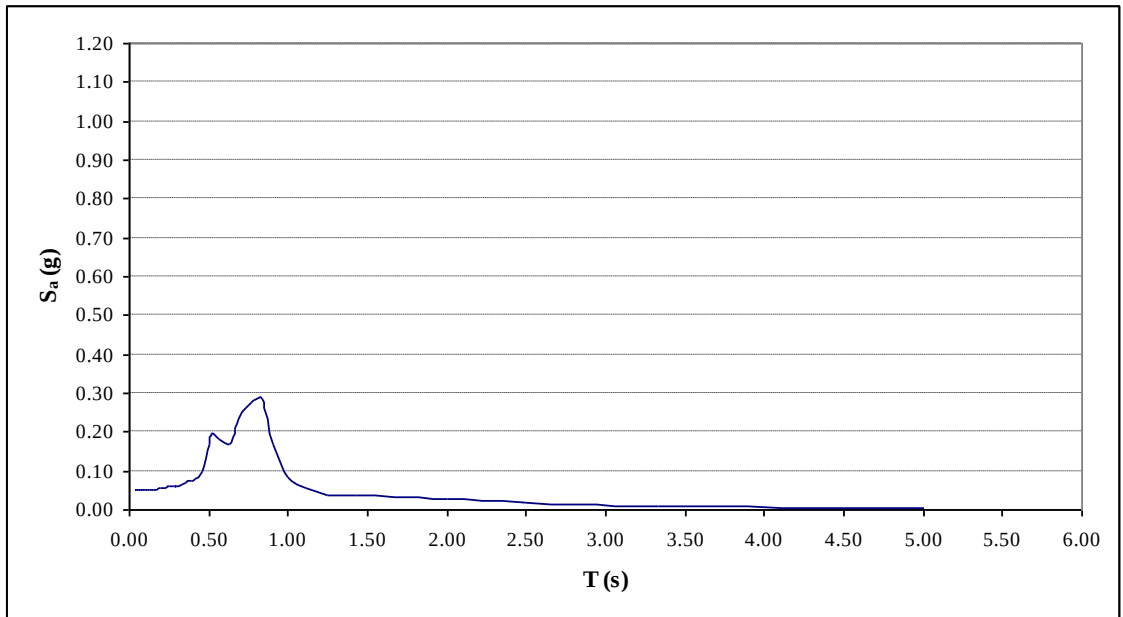
Şekil 6.104 Spektral ivme grafiği (Denizli Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



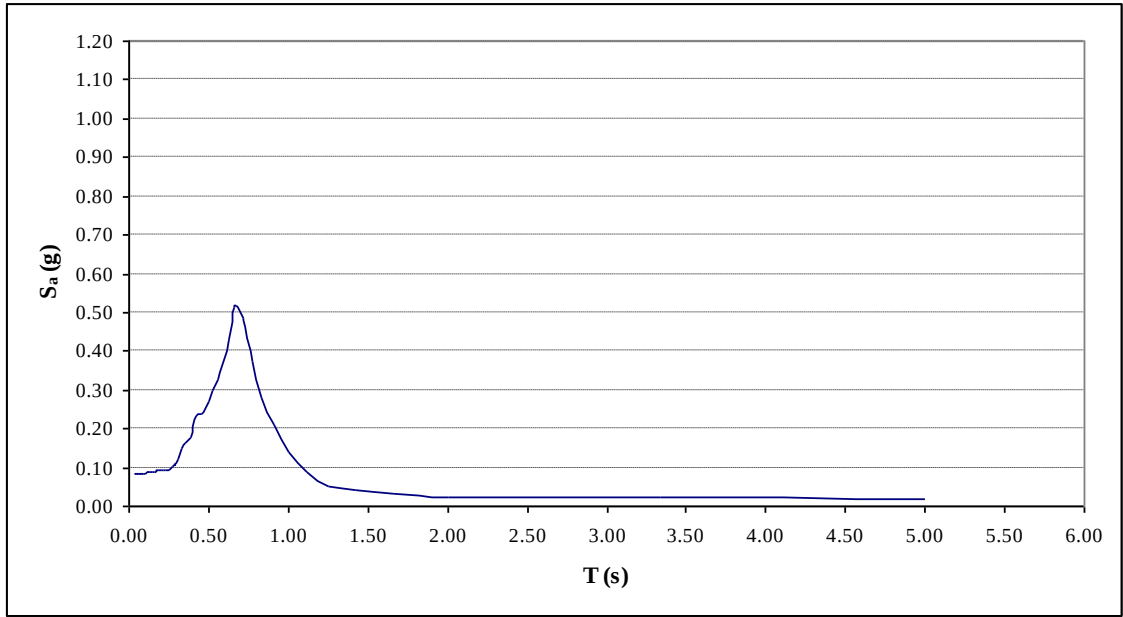
Şekil 6.105 Spektral ivme grafiği (Denizli Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



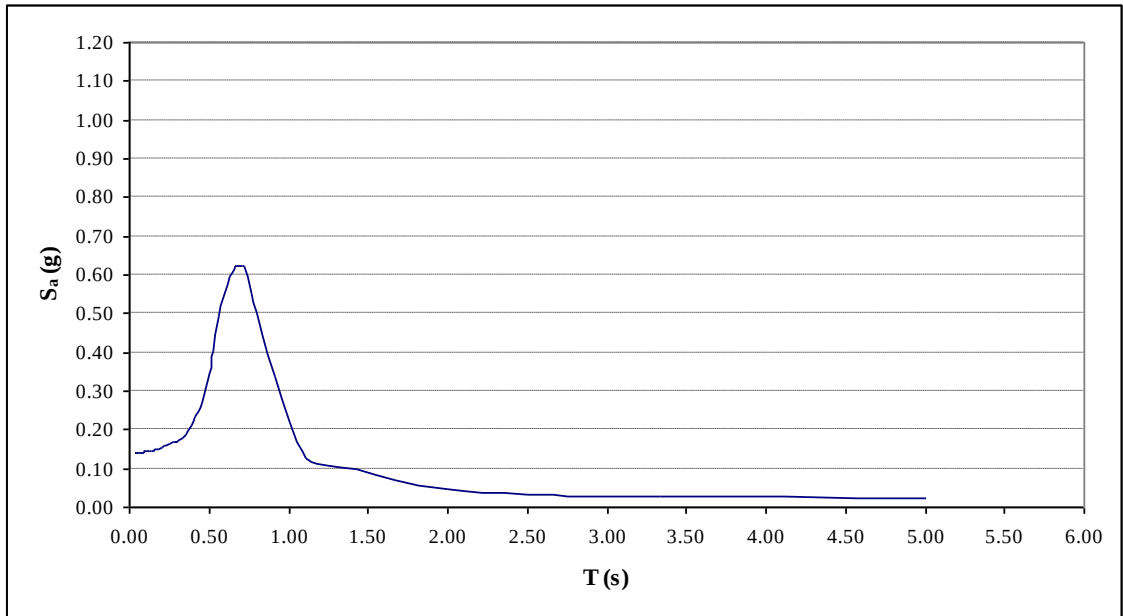
Şekil 6.106 Spektral ivme grafiği (Dinar Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



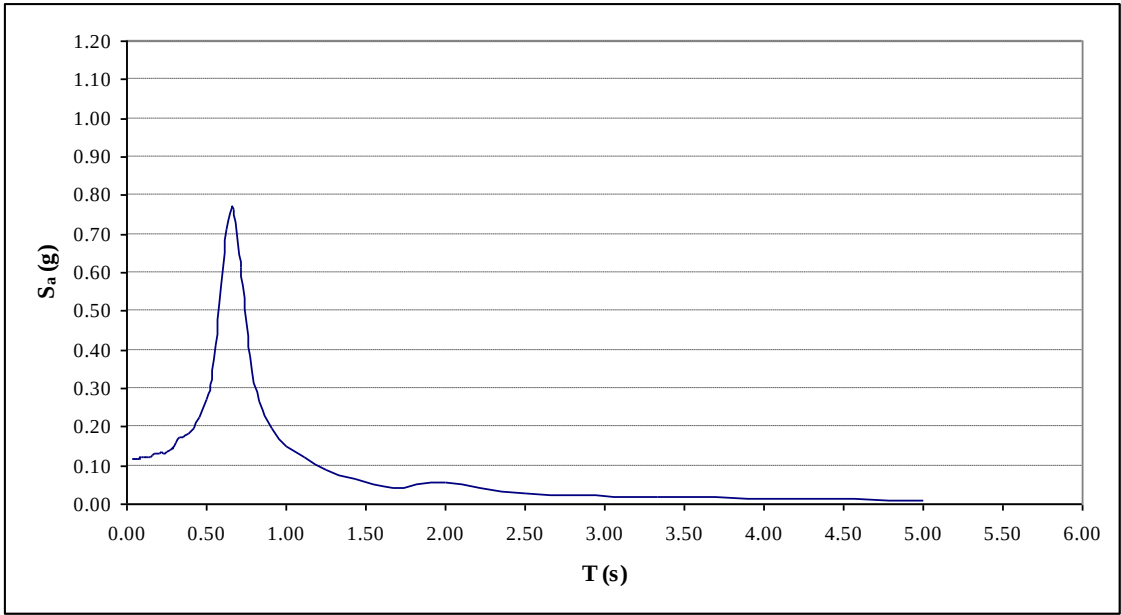
Şekil 6.107 Spektral ivme grafiği (Dinar Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



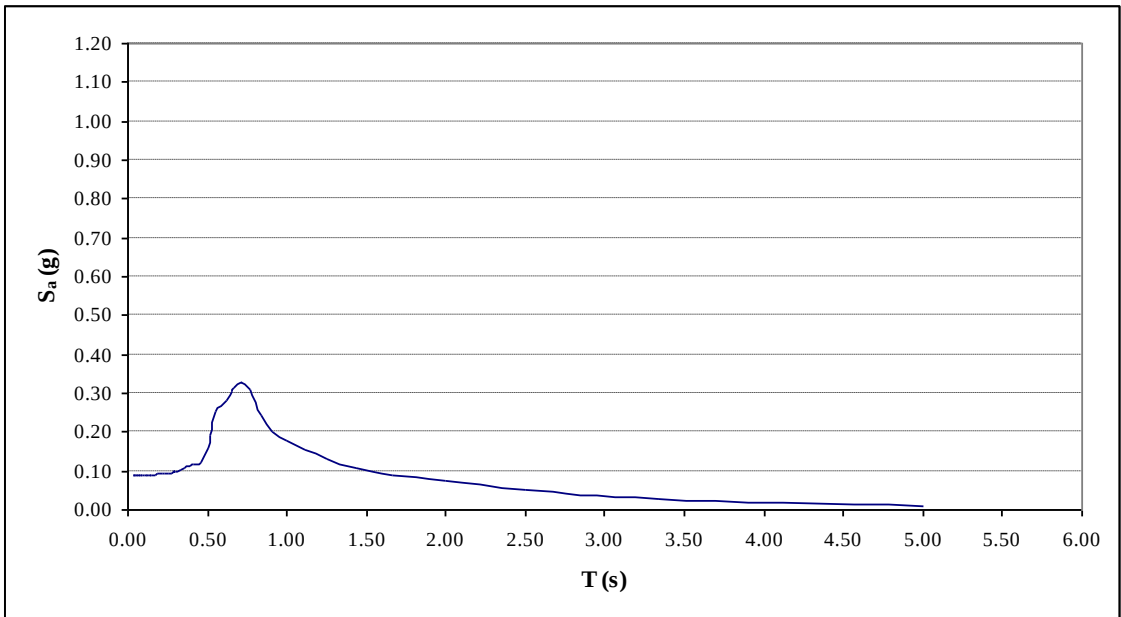
Şekil 6.108 Spektral ivme grafiği (Düzce Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



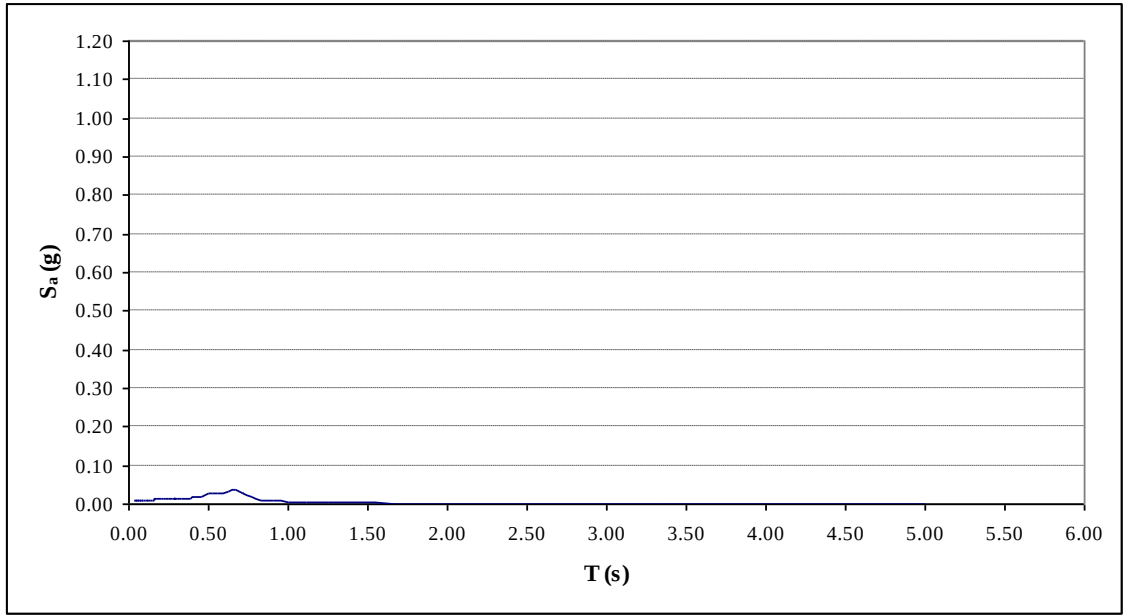
Şekil 6.109 Spektral ivme grafiği (Düzce Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



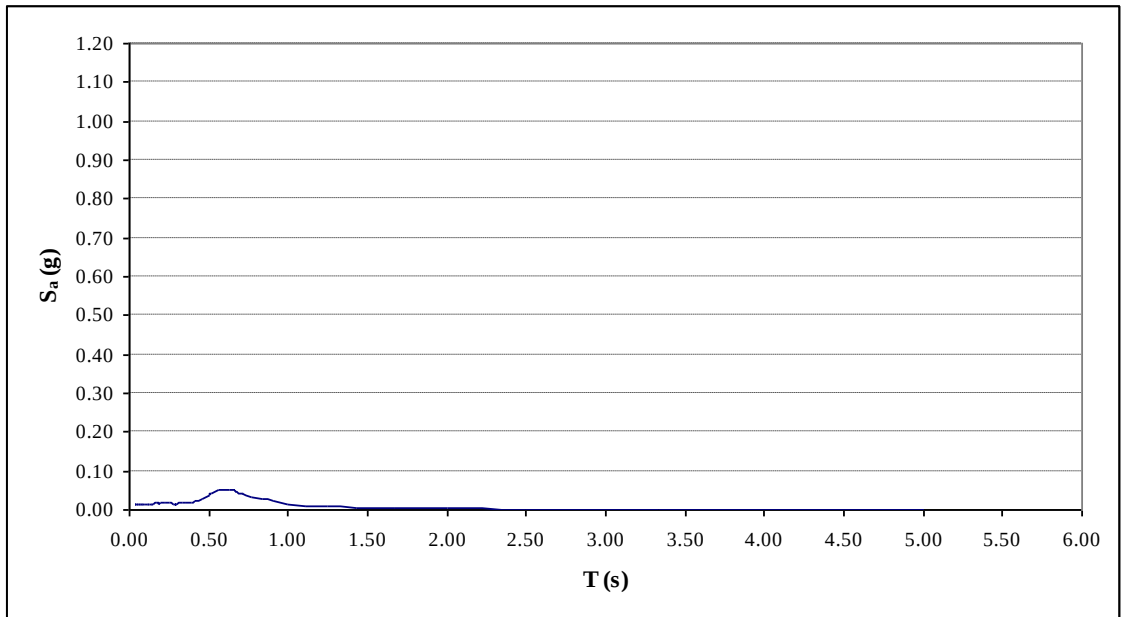
Şekil 6.110 Spektral ivme grafiği (Erzincan Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



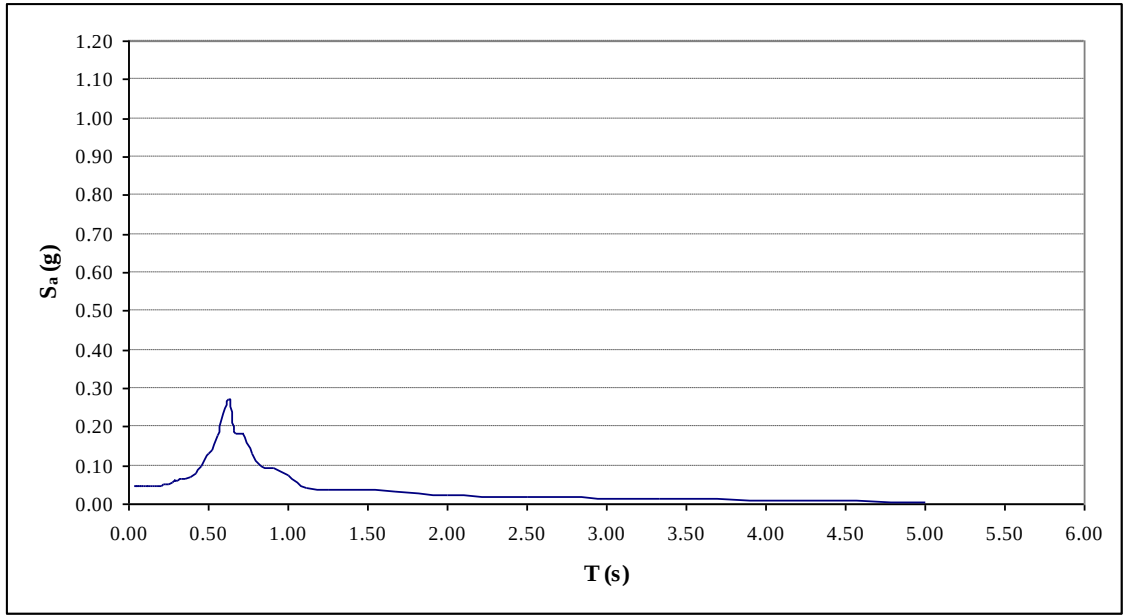
Şekil 6.111 Spektral ivme grafiği (Erzincan Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



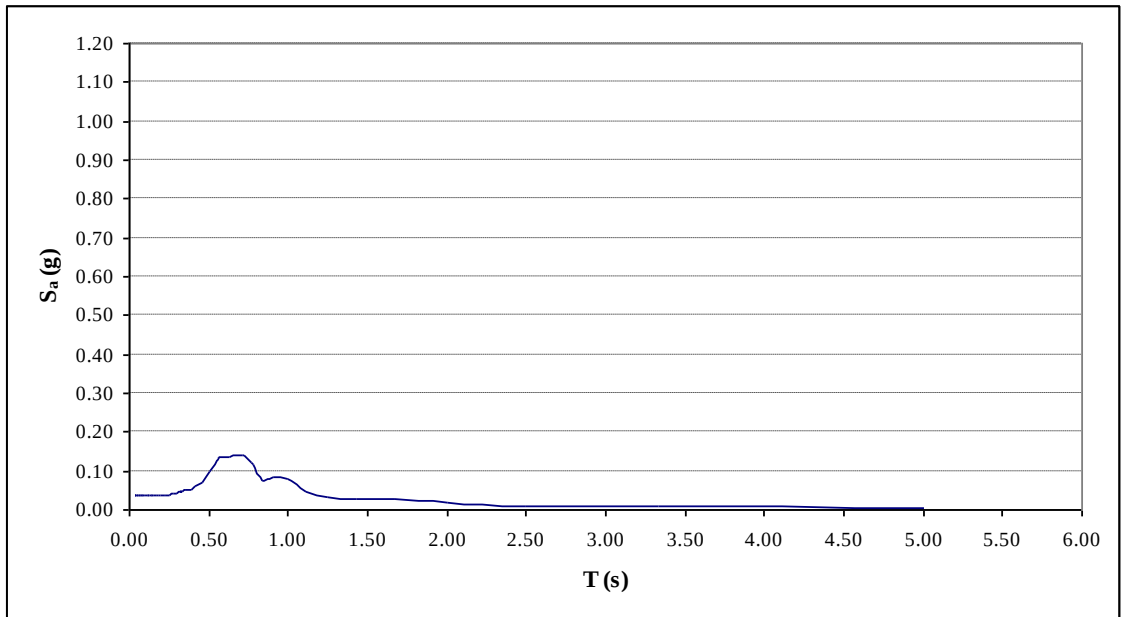
Şekil 6.112 Spektral ivme grafiği (İzmir Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



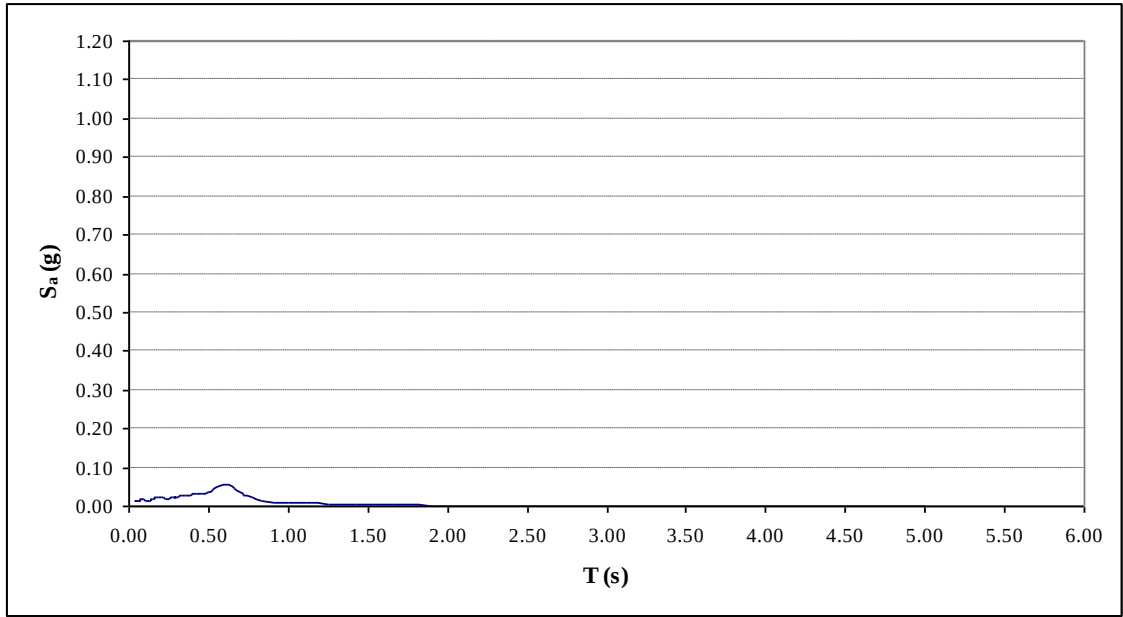
Şekil 6.113 Spektral ivme grafiği (İzmir Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



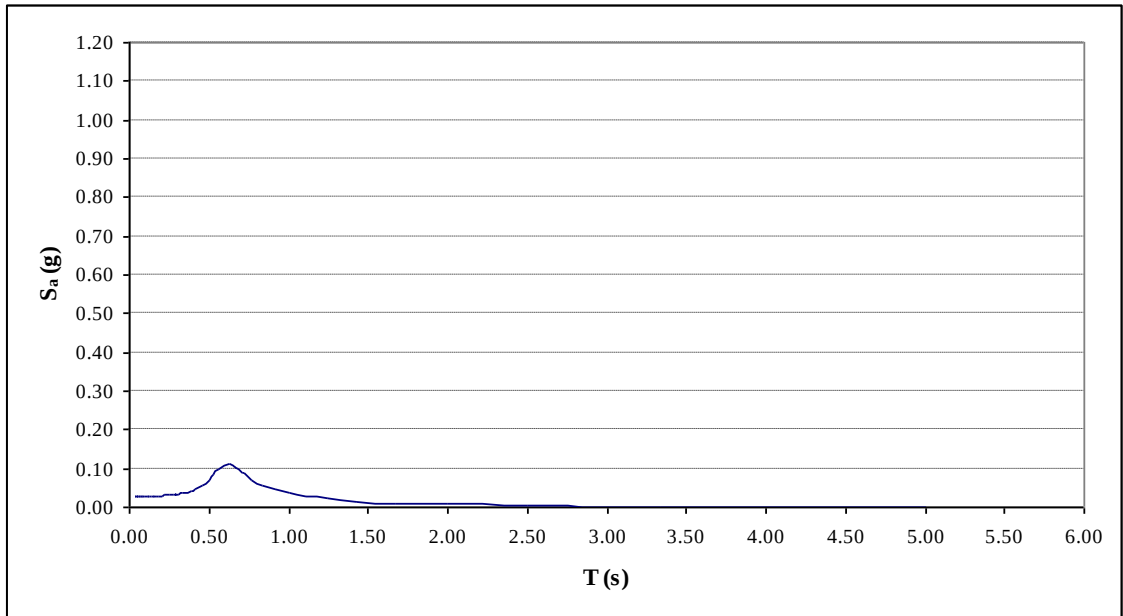
Şekil 6.114 Spektral ivme grafiği (İzmit Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



Şekil 6.115 Spektral ivme grafiği (İzmit Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)

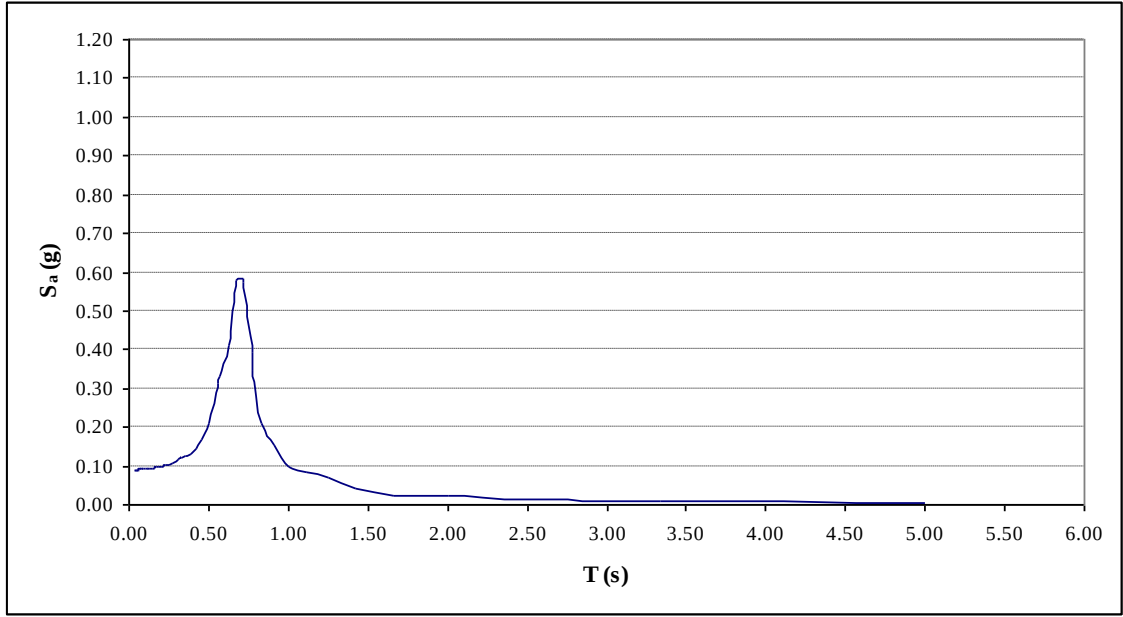


Şekil 6.116 Spektral ivme grafiği (Sakarya Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)

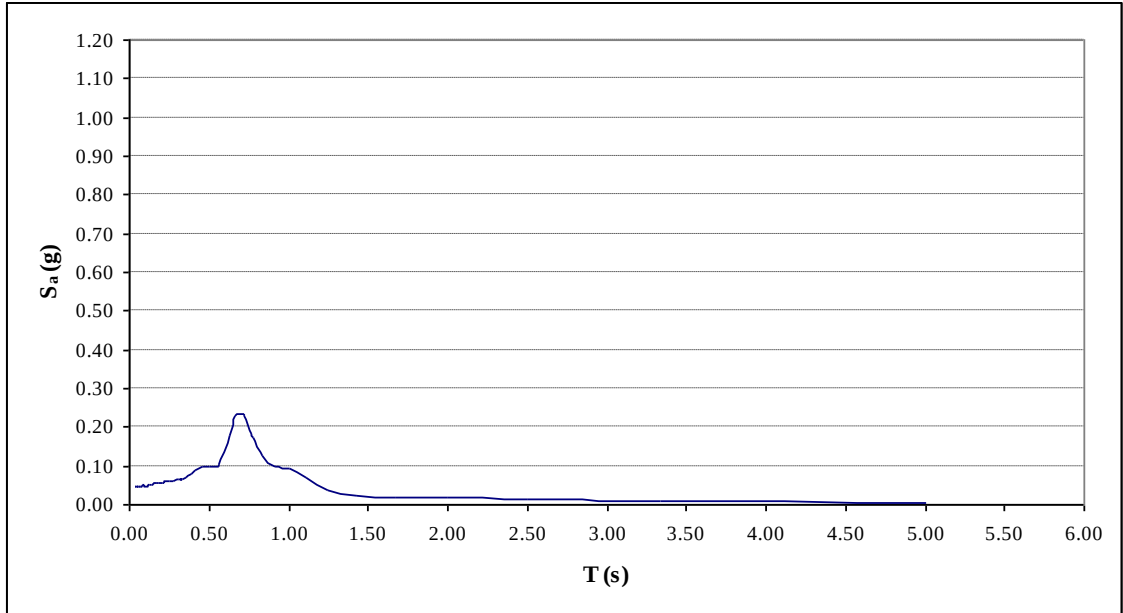


Şekil 6.117 Spektral ivme grafiği (Sakarya Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)

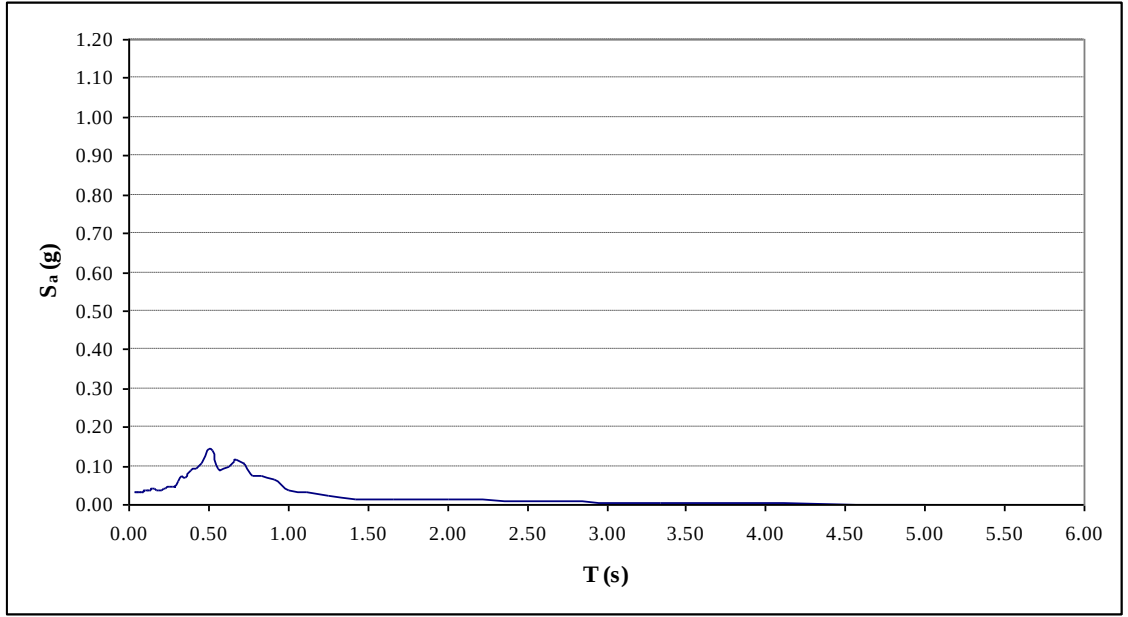
6.3.2.2.3 +6.50 kotu için spektral ivme grafikleri



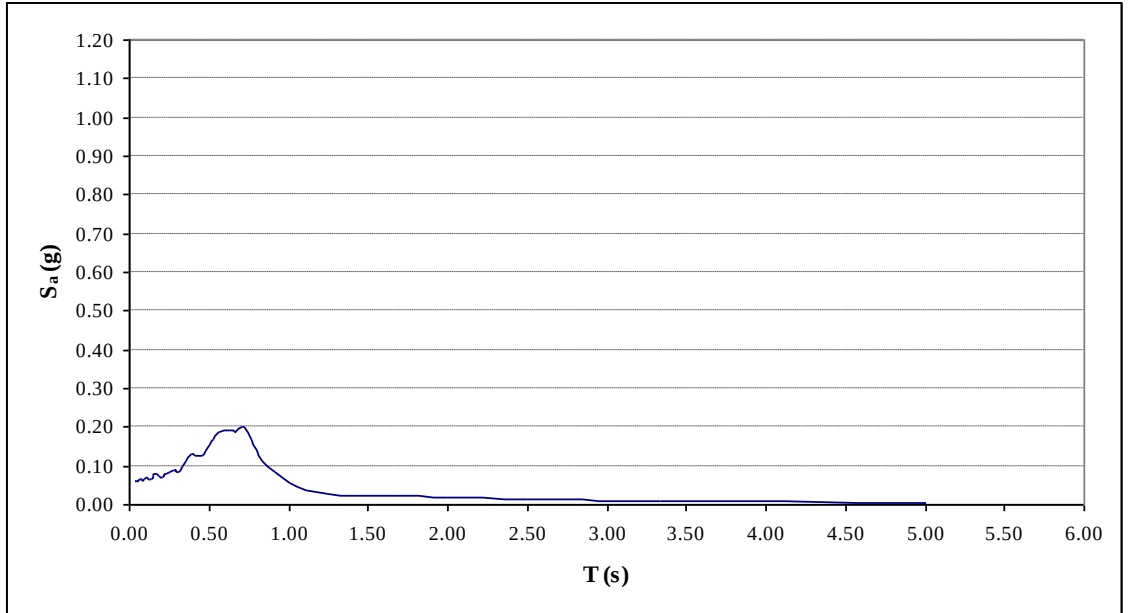
Şekil 6.118 Spektral ivme grafiği (Adana-Ceyhan Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



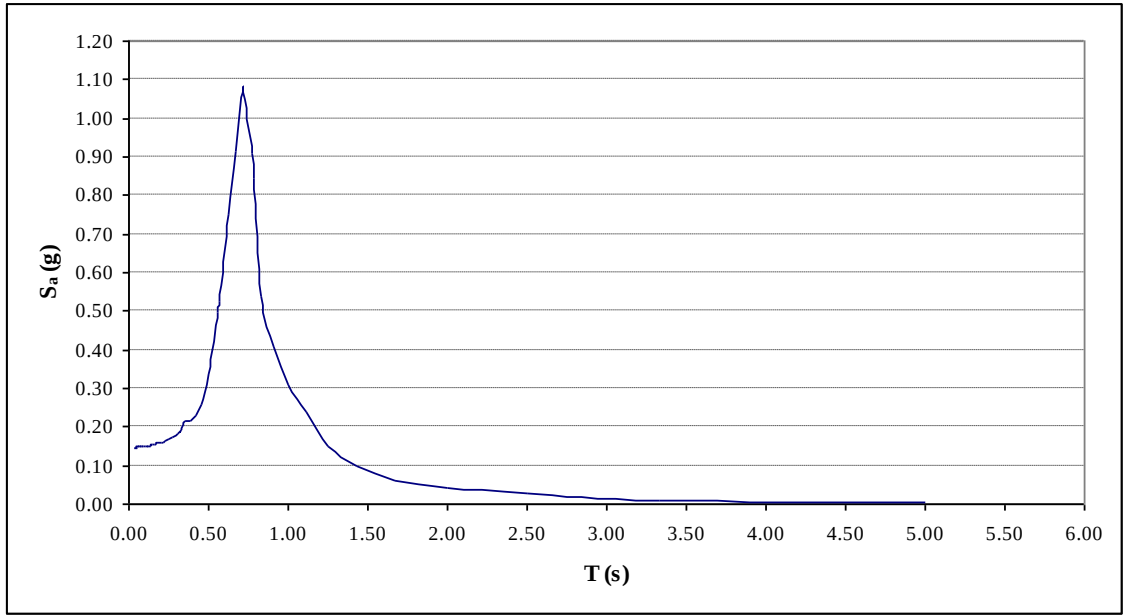
Şekil 6.119 Spektral ivme grafiği (Adana-Ceyhan Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



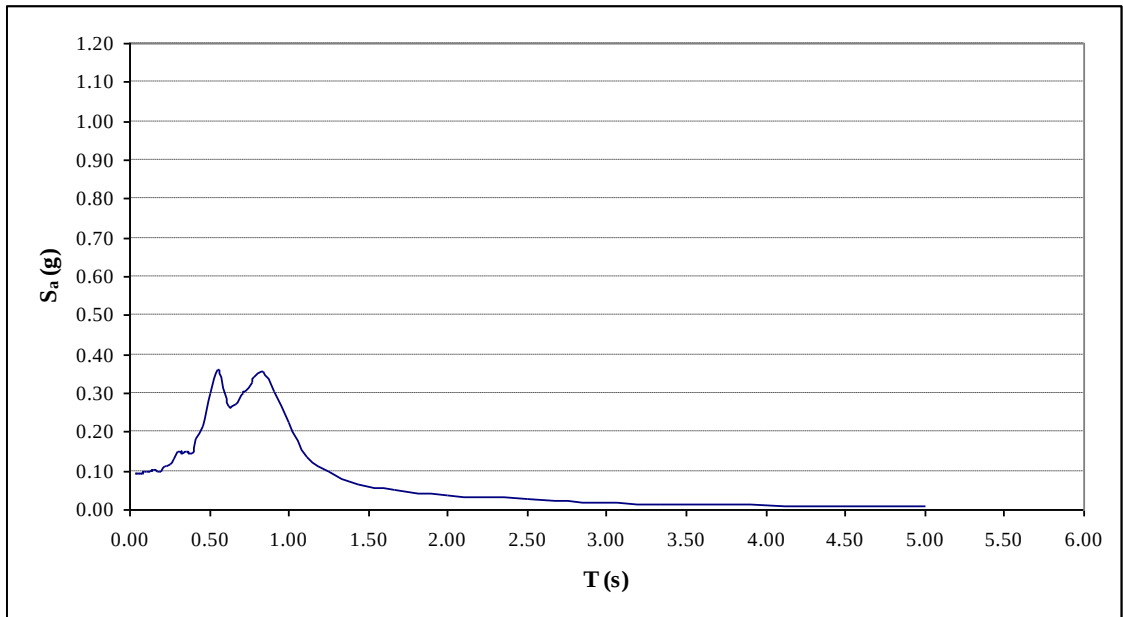
Şekil 6.120 Spektral ivme grafiği (Bingöl Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



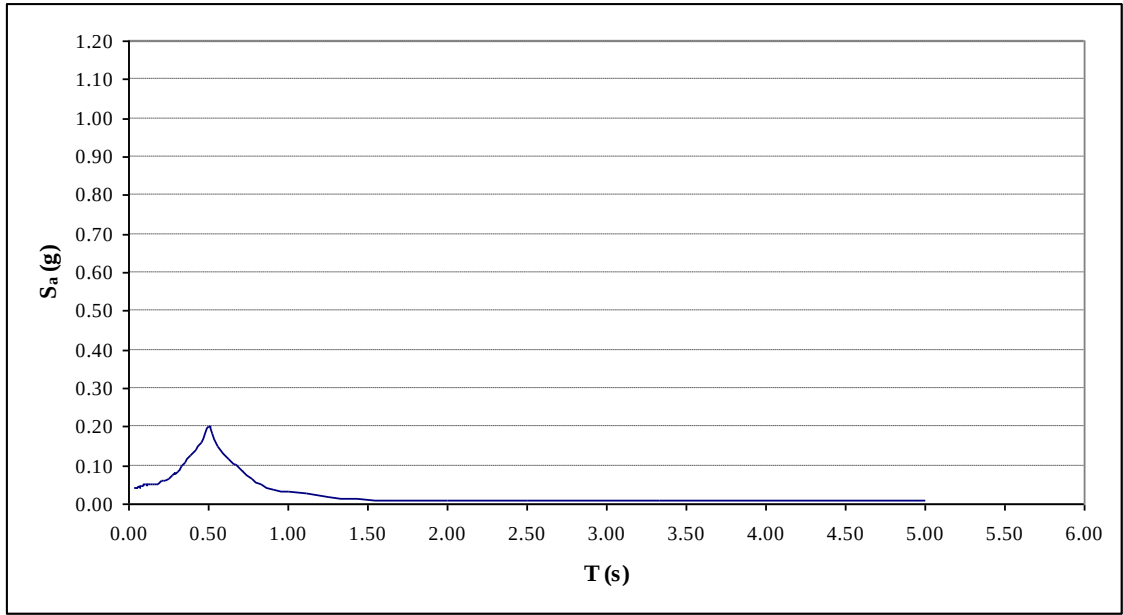
Şekil 6.121 Spektral ivme grafiği (Bingöl Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



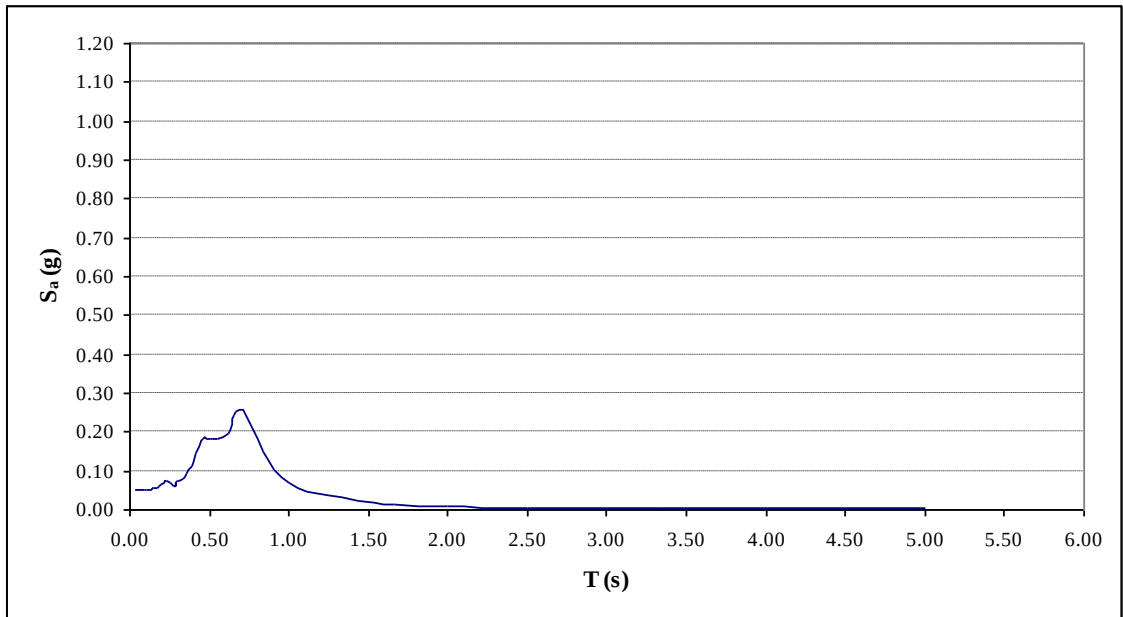
Şekil 6.122 Spektral ivme grafiği (Bolu Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



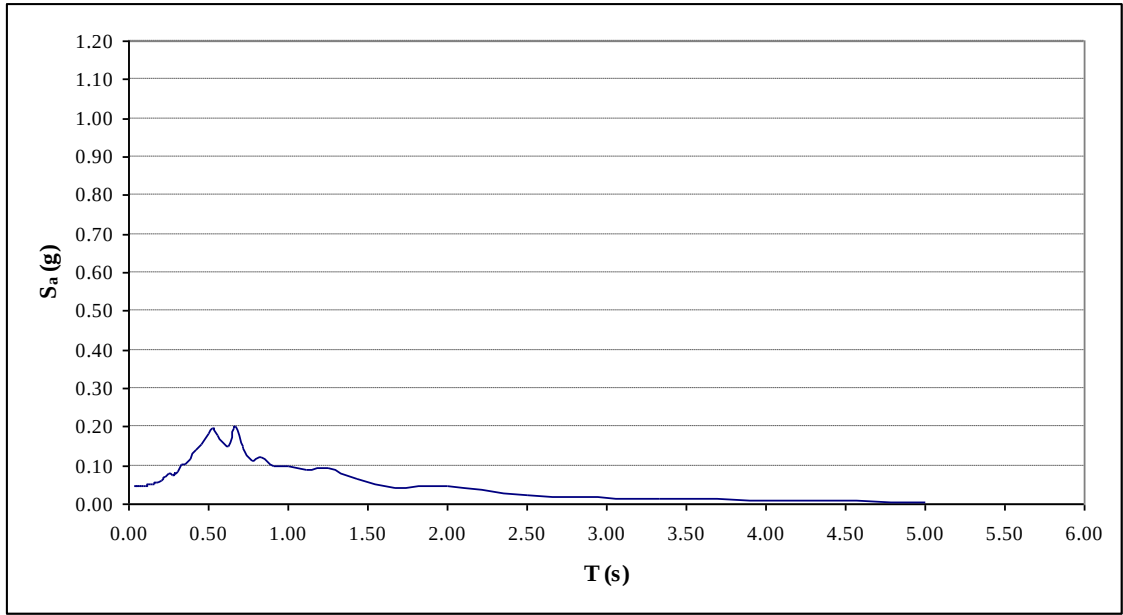
Şekil 6.123 Spektral ivme grafiği (Bolu Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



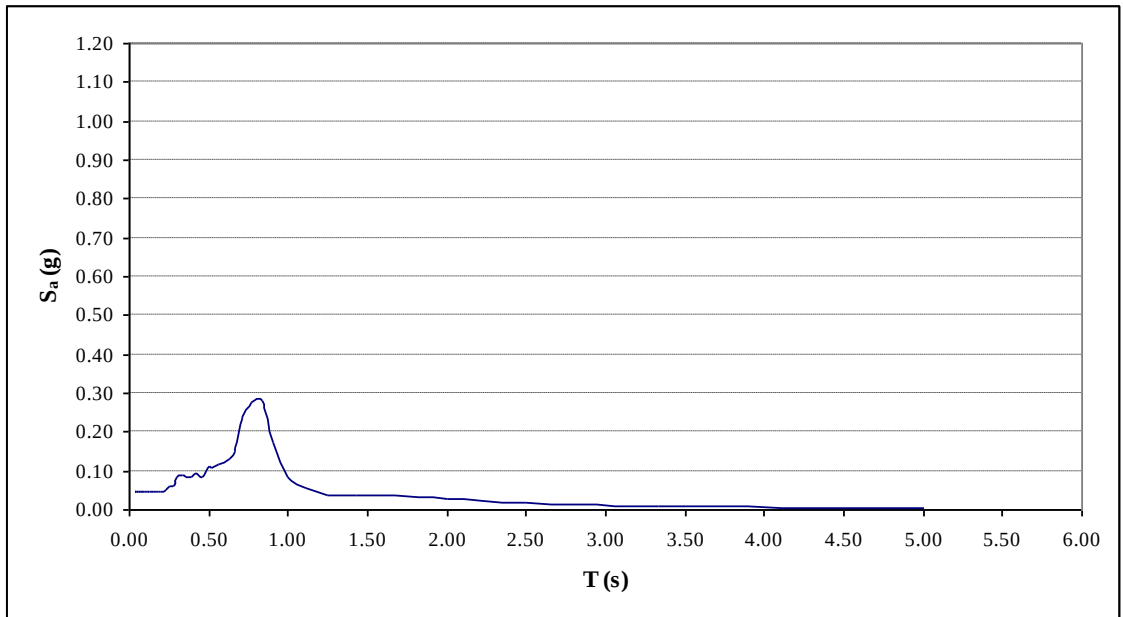
Şekil 6.124 Spektral ivme grafiği (Denizli Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



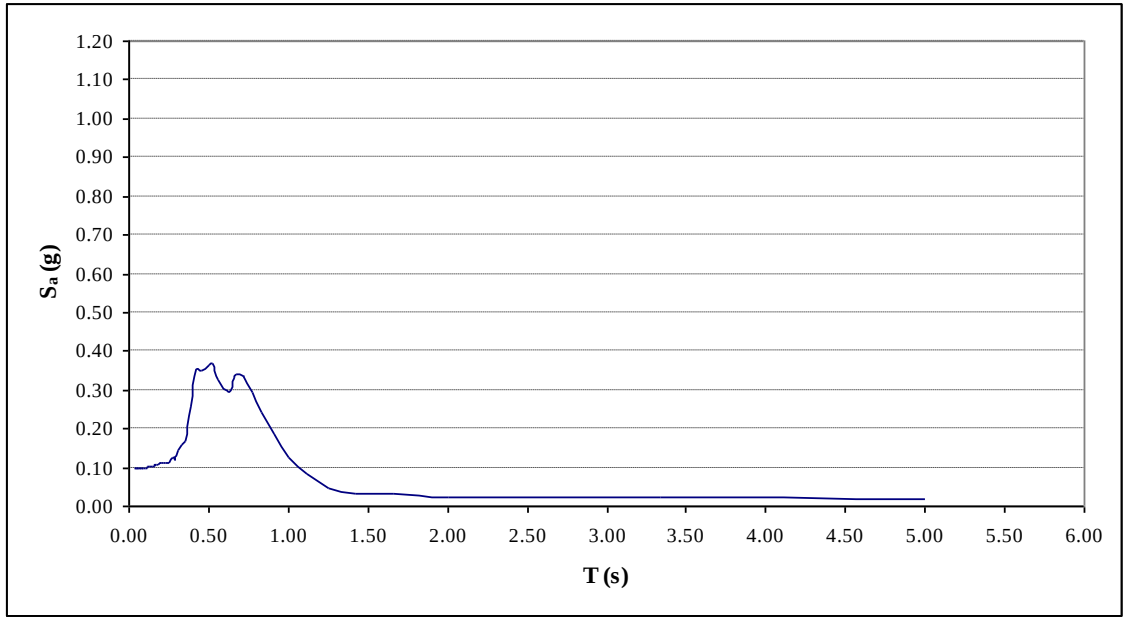
Şekil 6.125 Spektral ivme grafiği (Denizli Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



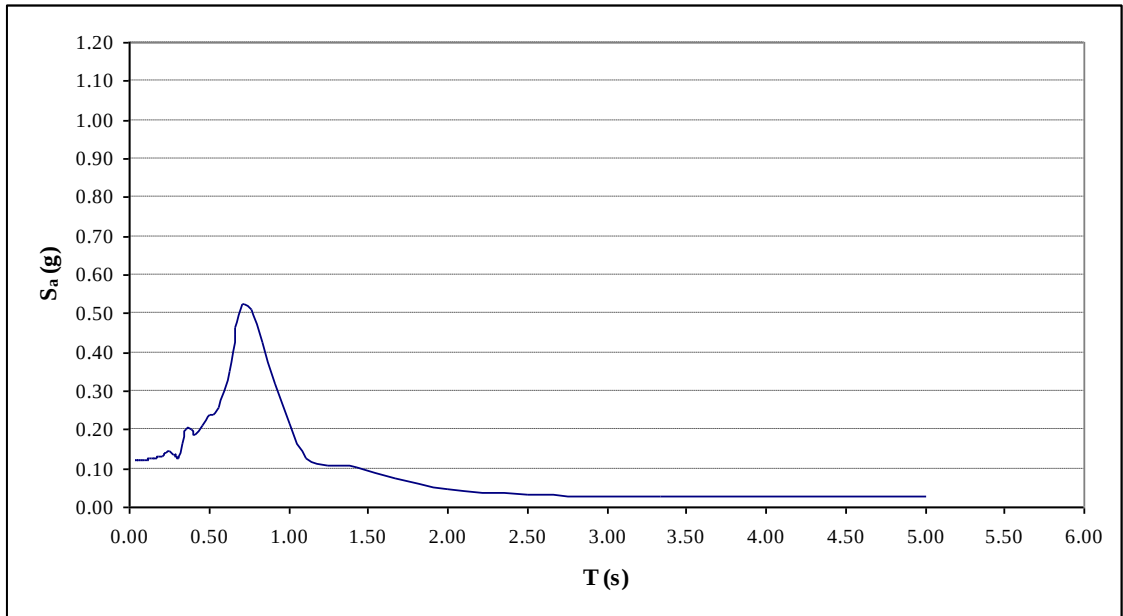
Şekil 6.126 Spektral ivme grafiği (Dinar Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



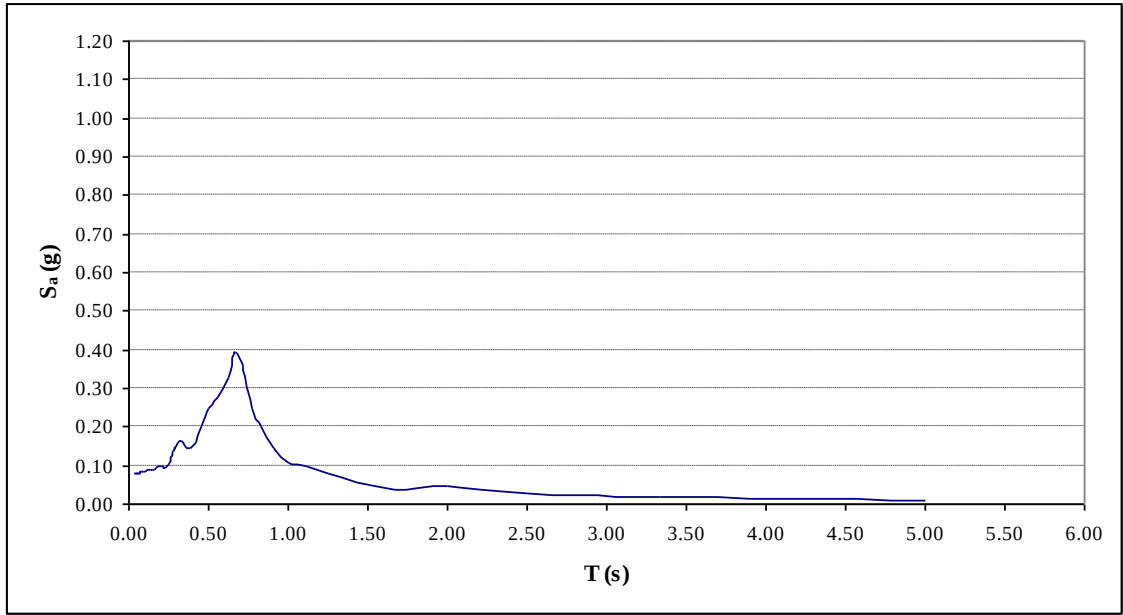
Şekil 6.127 Spektral ivme grafiği (Dinar Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



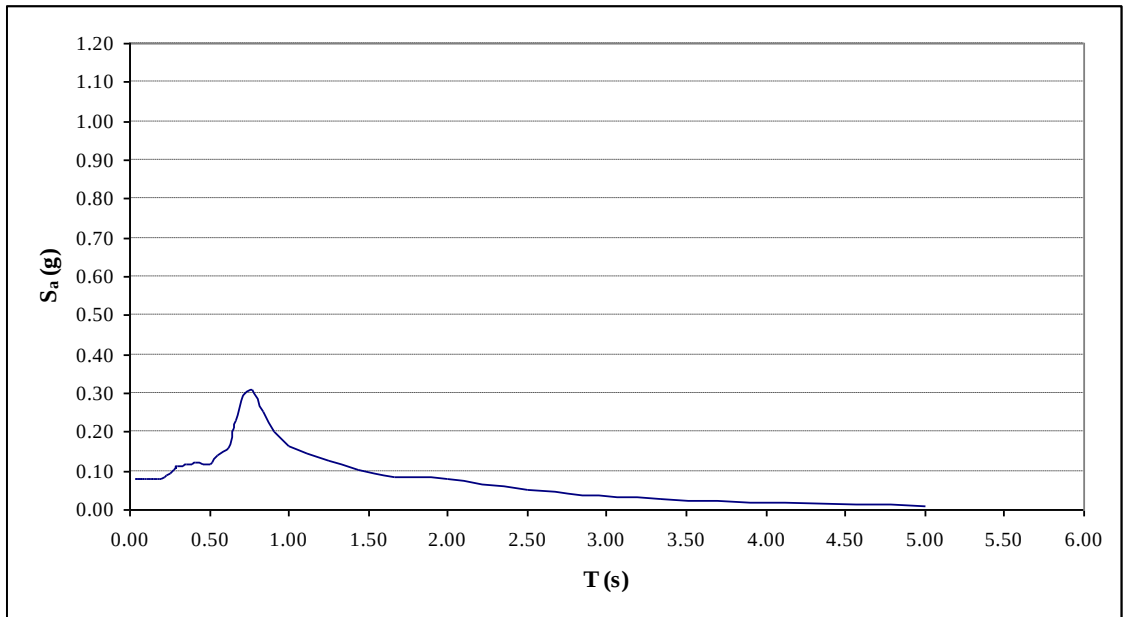
Şekil 6.128 Spektral ivme grafiği (Düzce Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



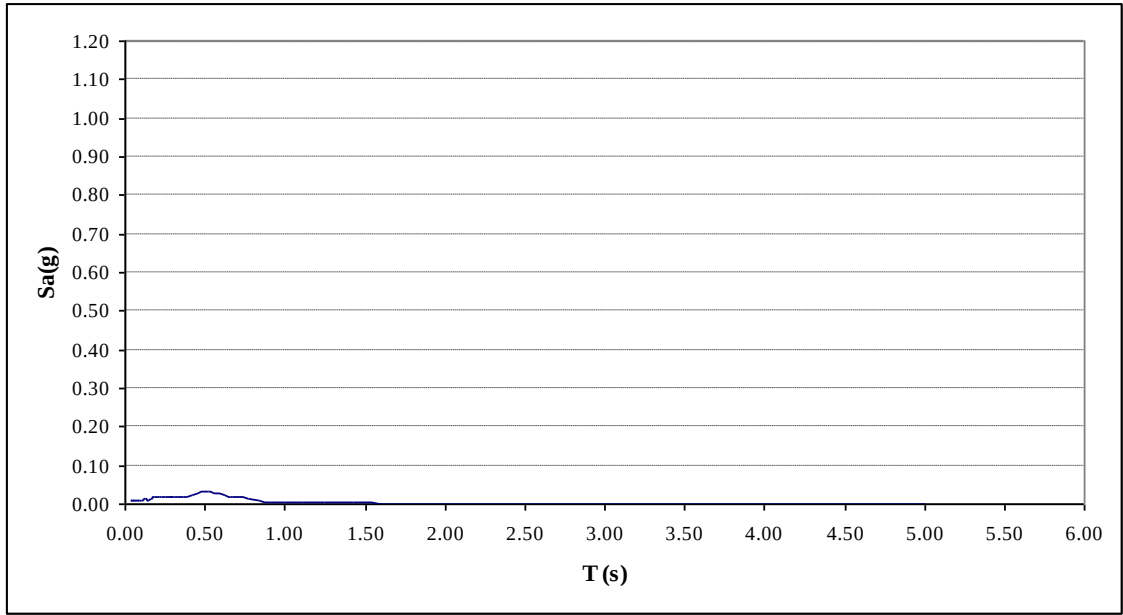
Şekil 6.129 Spektral ivme grafiği (Düzce Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



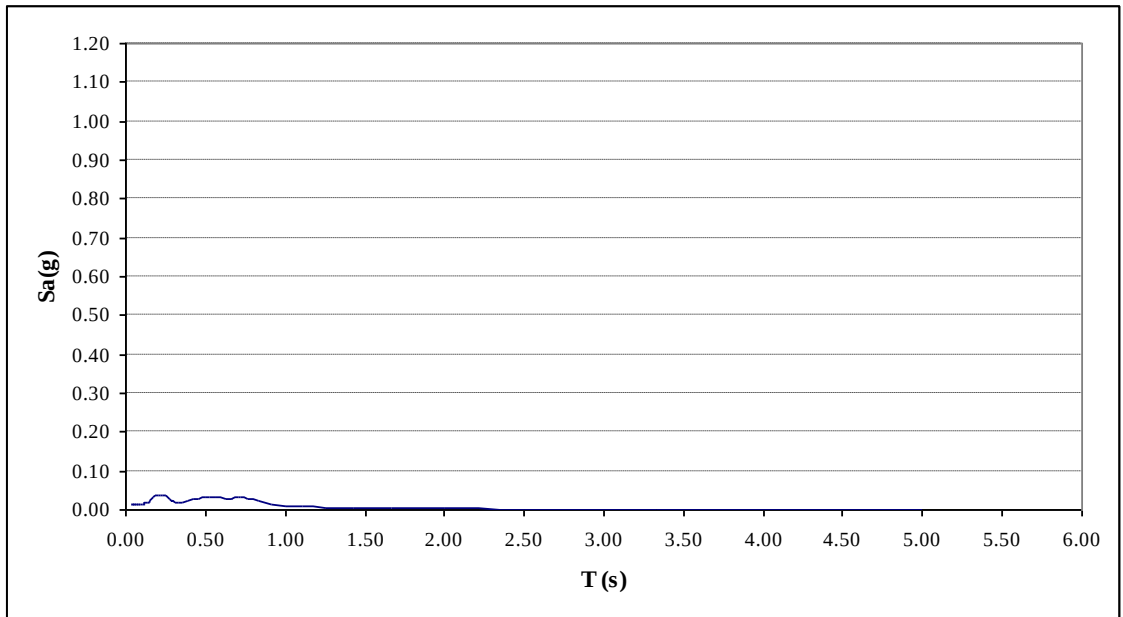
Şekil 6.130 Spektral ivme grafiği (Erzincan Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



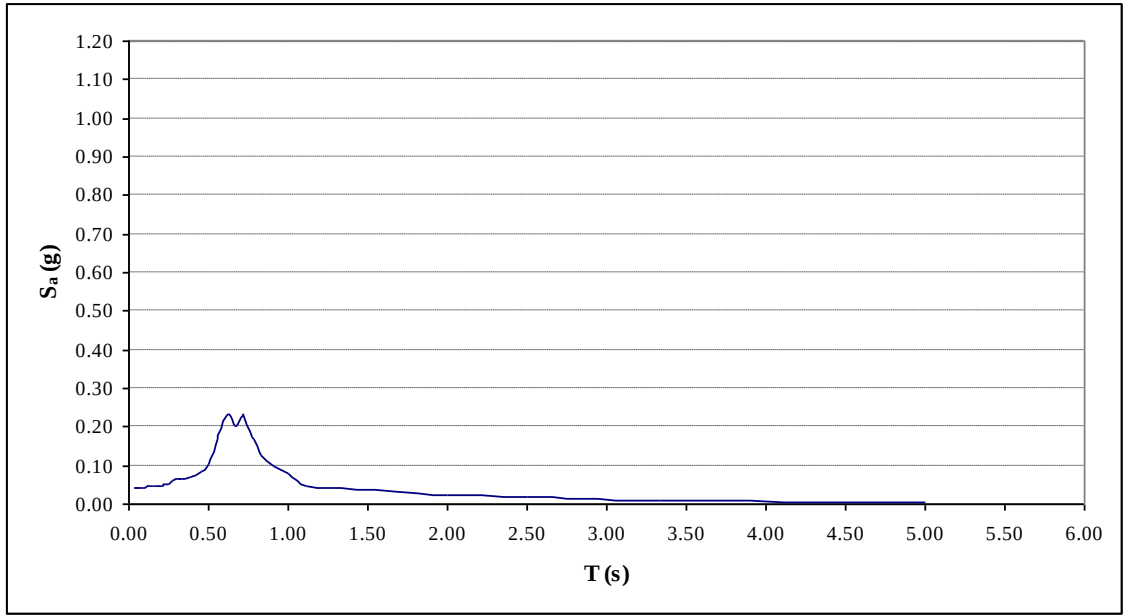
Şekil 6.131 Spektral ivme grafiği (Erzincan Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



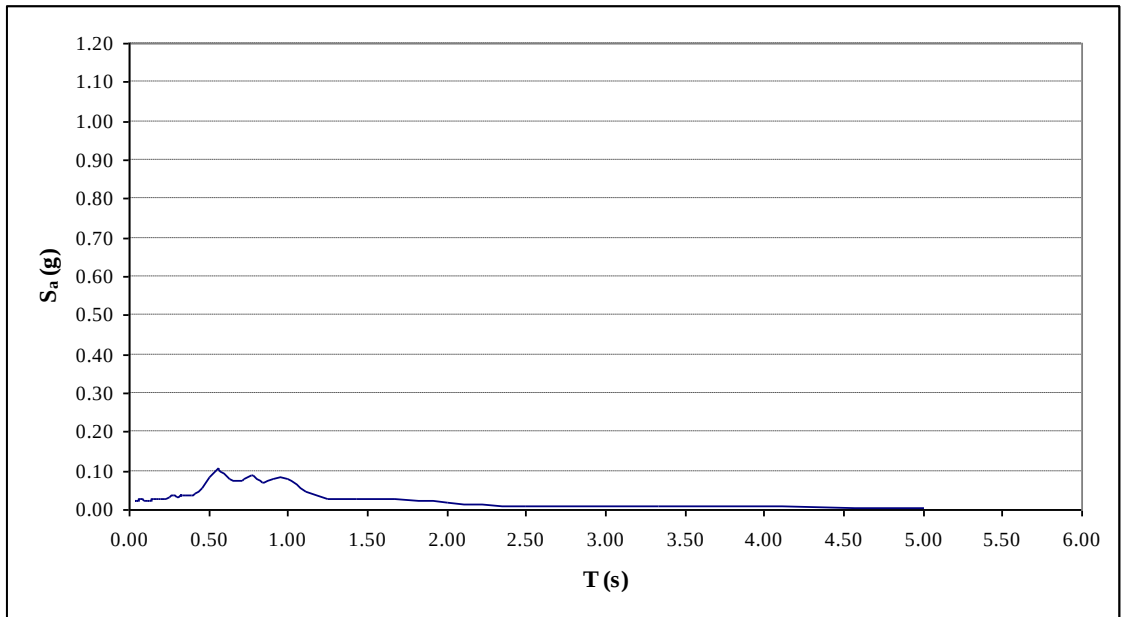
Şekil 6.132 Spektral ivme grafiği (İzmir Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



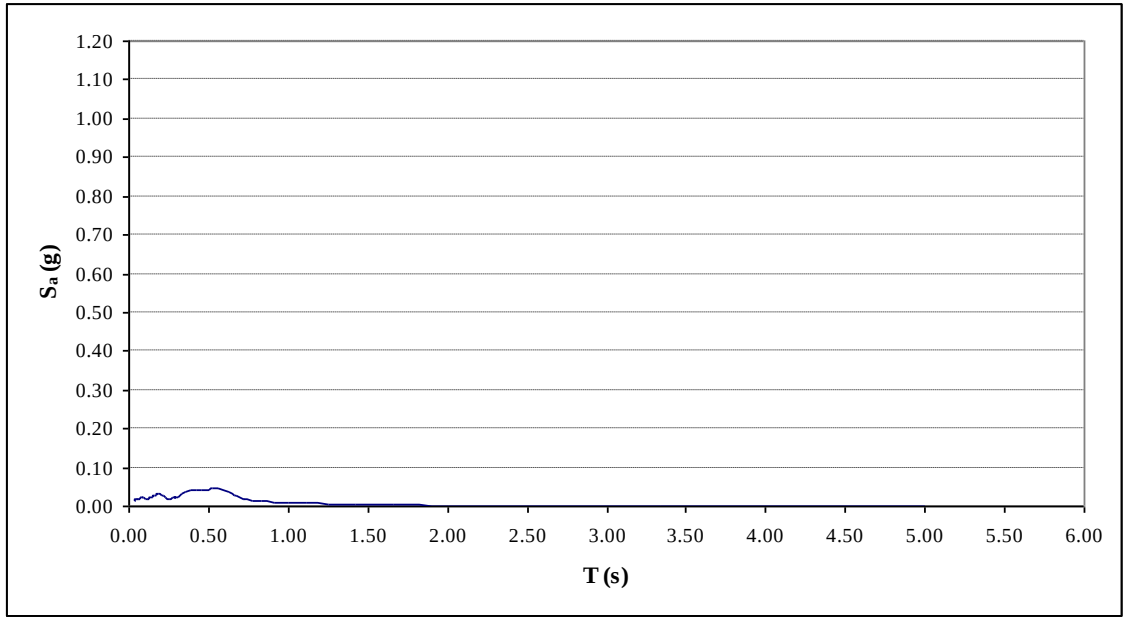
Şekil 6.133 Spektral ivme grafiği (İzmir Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



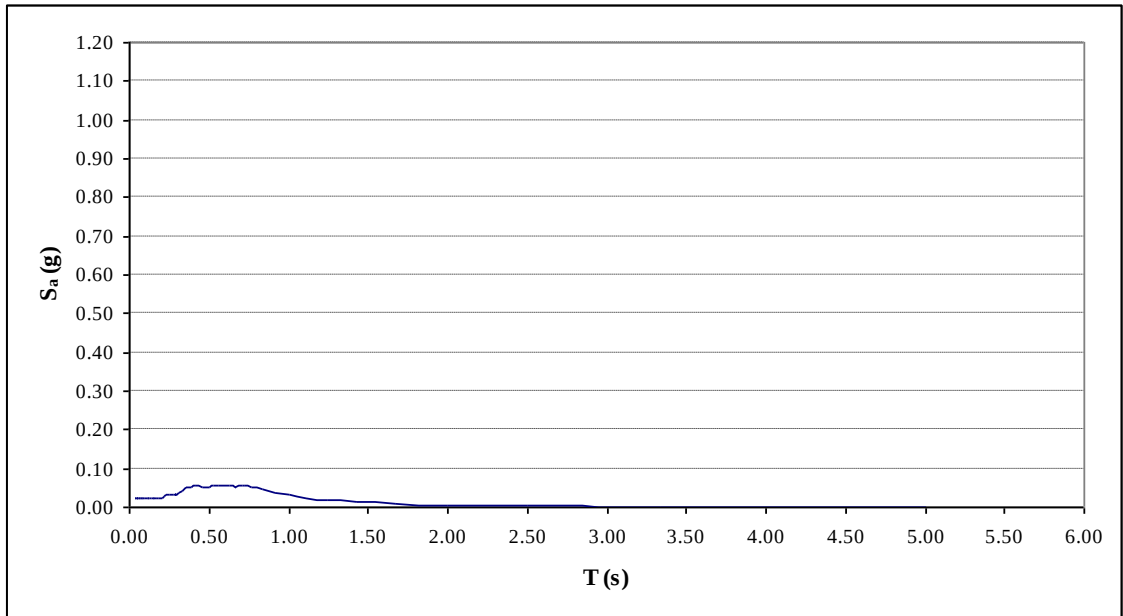
Şekil 6.134 Spektral ivme grafiği (İzmit Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



Şekil 6.135 Spektral ivme grafiği (İzmit Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



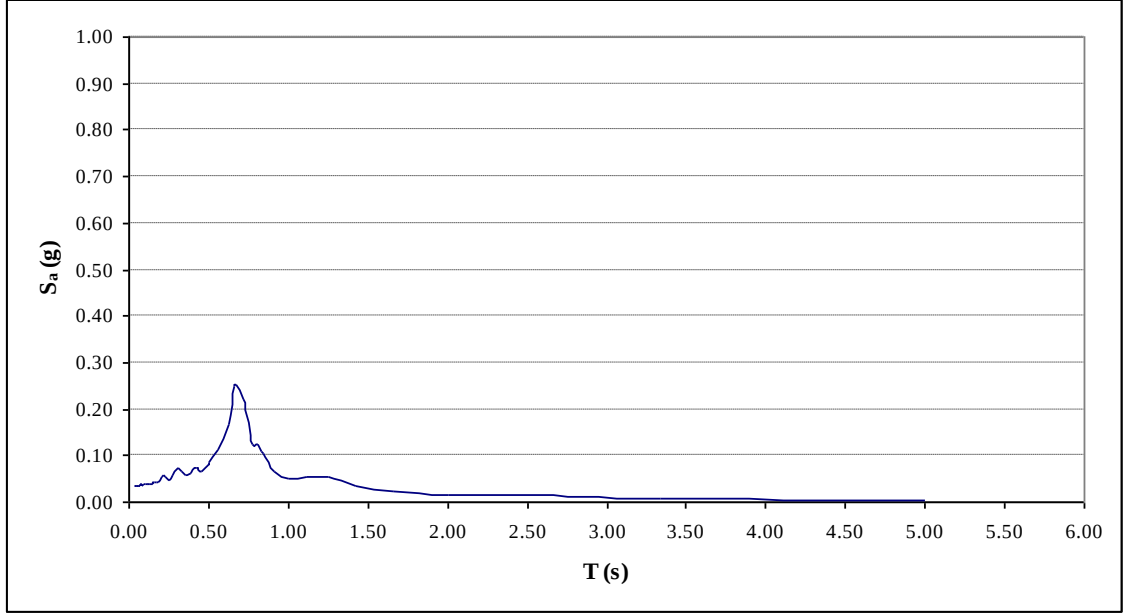
Şekil 6.136 Spektral ivme grafiği (Sakarya Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



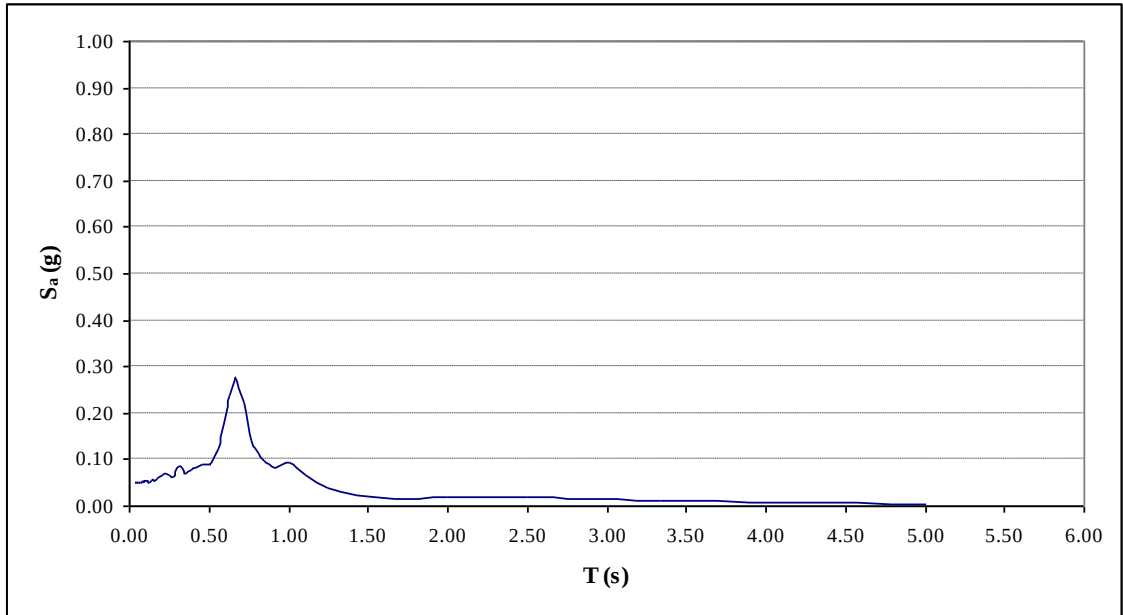
Şekil 6.137 Spektral ivme grafiği (Sakarya Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)

6.3.2.3 Bina 3 için spektral ivme grafikleri

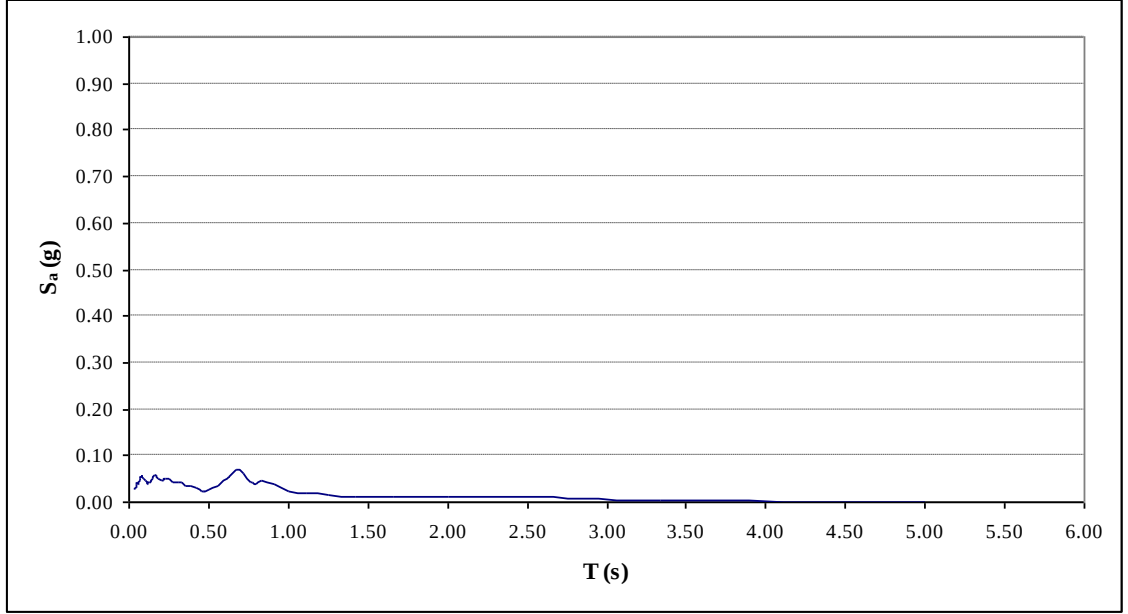
6.3.2.3.1 +4.00 kotu için spektral ivme grafikleri



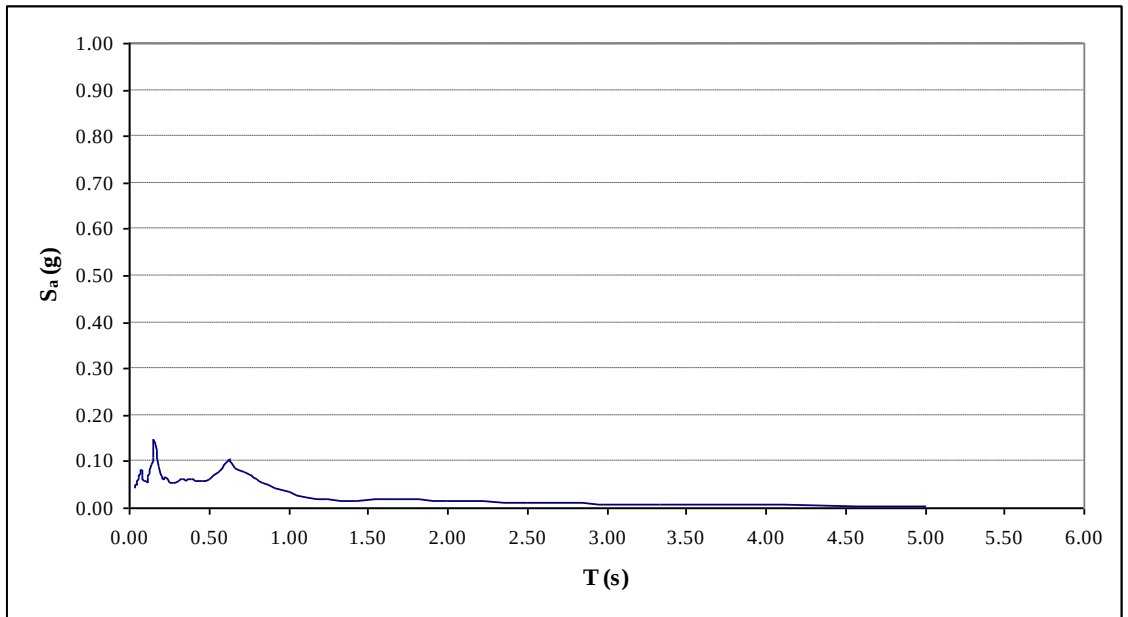
Şekil 6.138 Spektral ivme grafiği (Adana-Ceyhan Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



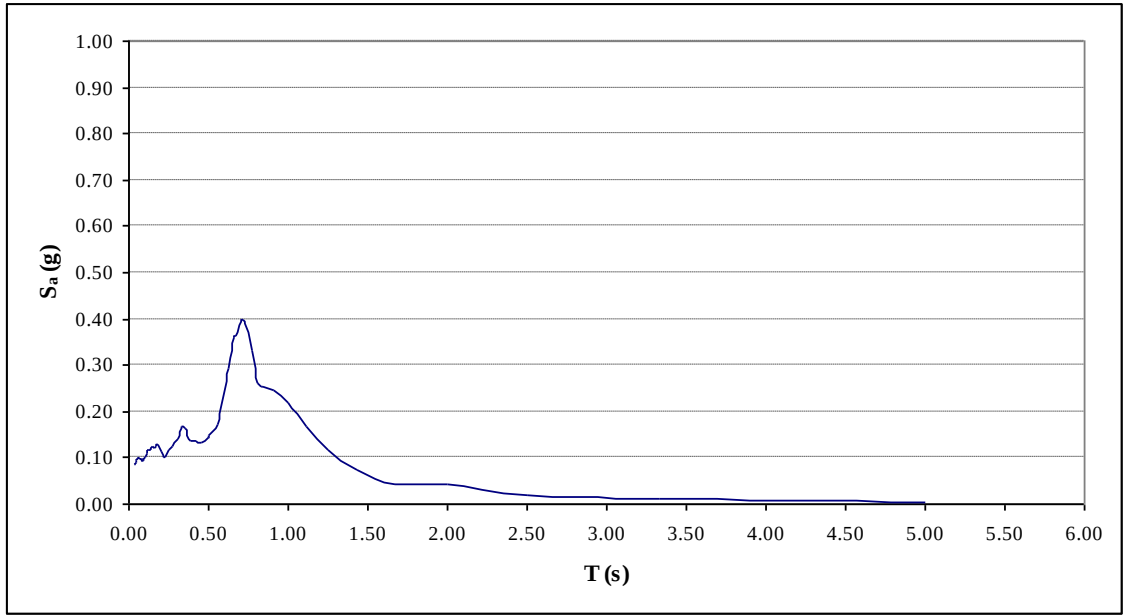
Şekil 6.139 Spektral ivme grafiği (Adana-Ceyhan Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



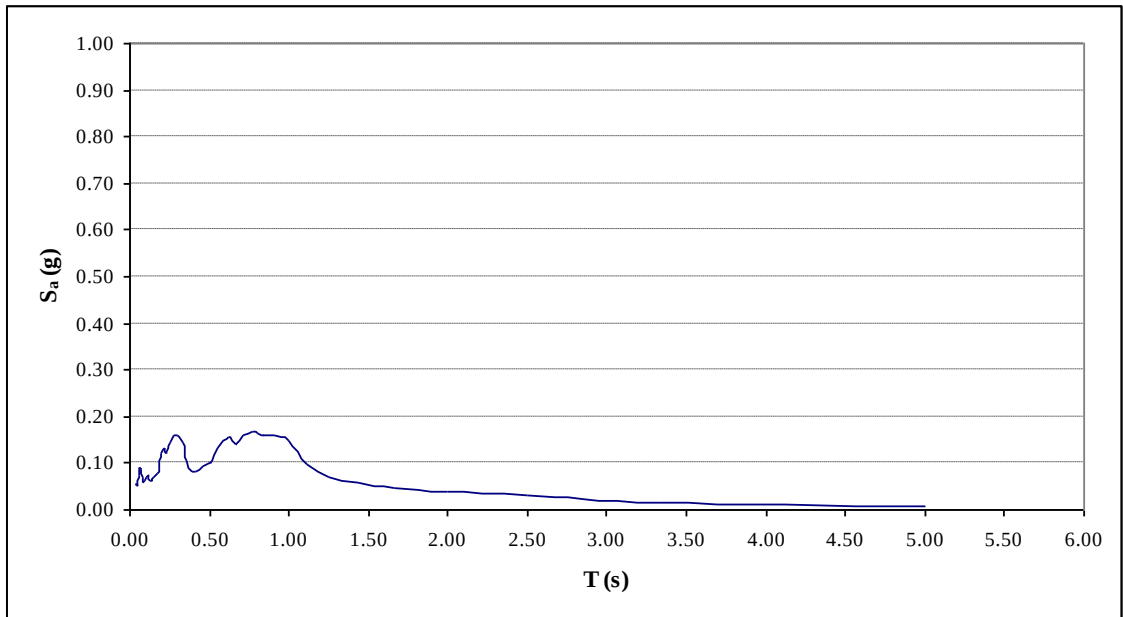
Şekil 6.140 Spektral ivme grafiği (Bingöl Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



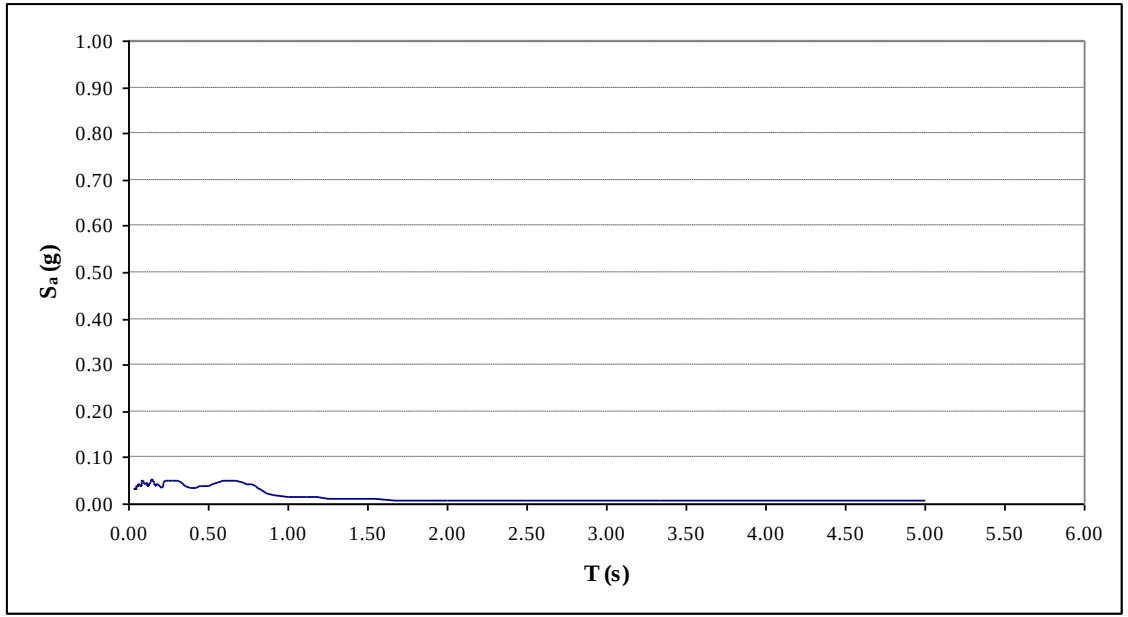
Şekil 6.141 Spektral ivme grafiği (Bingöl Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



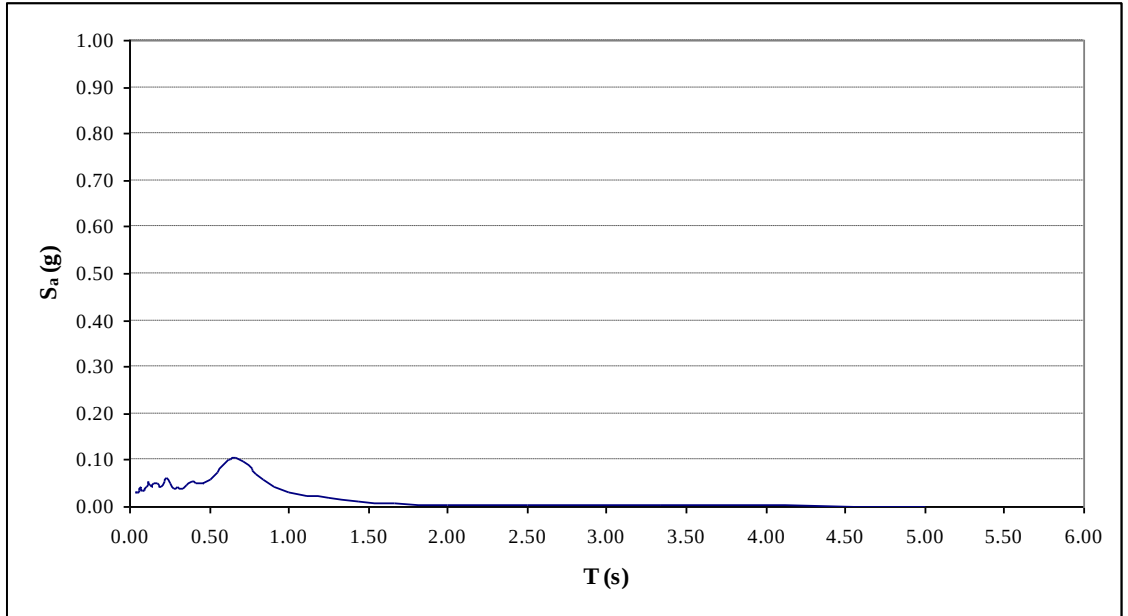
Şekil 6.142 Spektral ivme grafiği (Bolu Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



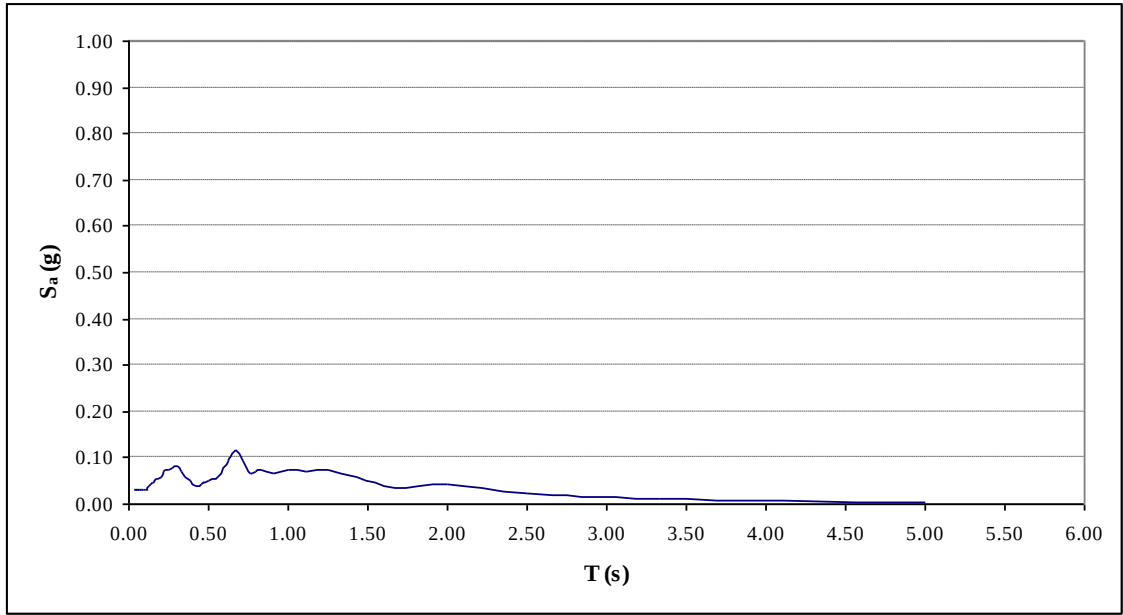
Şekil 6.143 Spektral ivme grafiği (Bolu Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



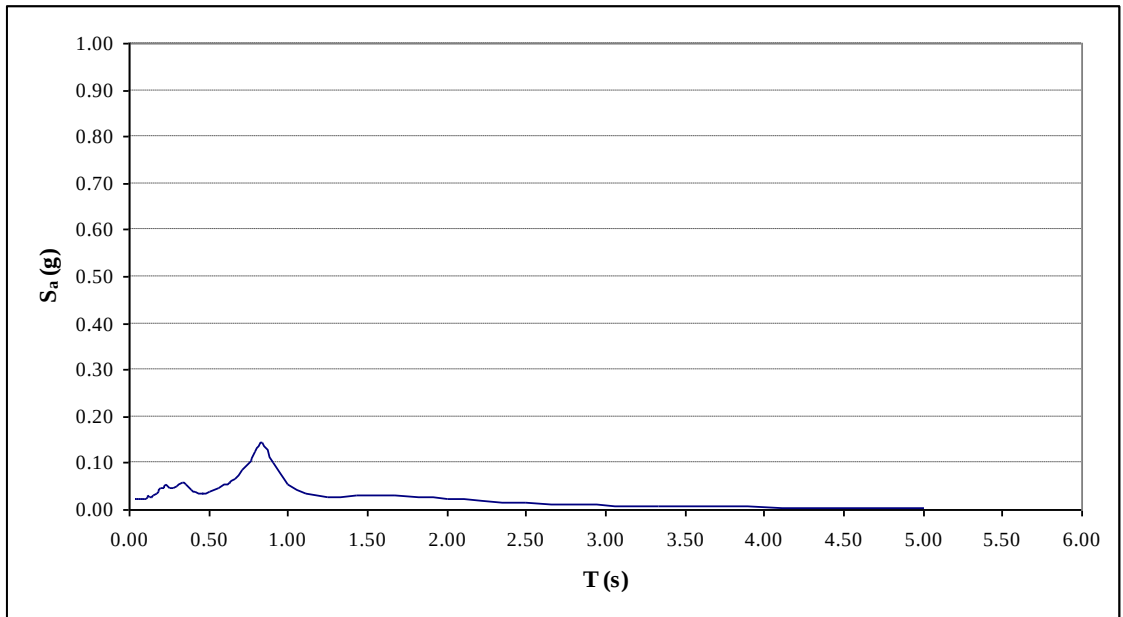
Şekil 6.144 Spektral ivme grafiği (Denizli Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



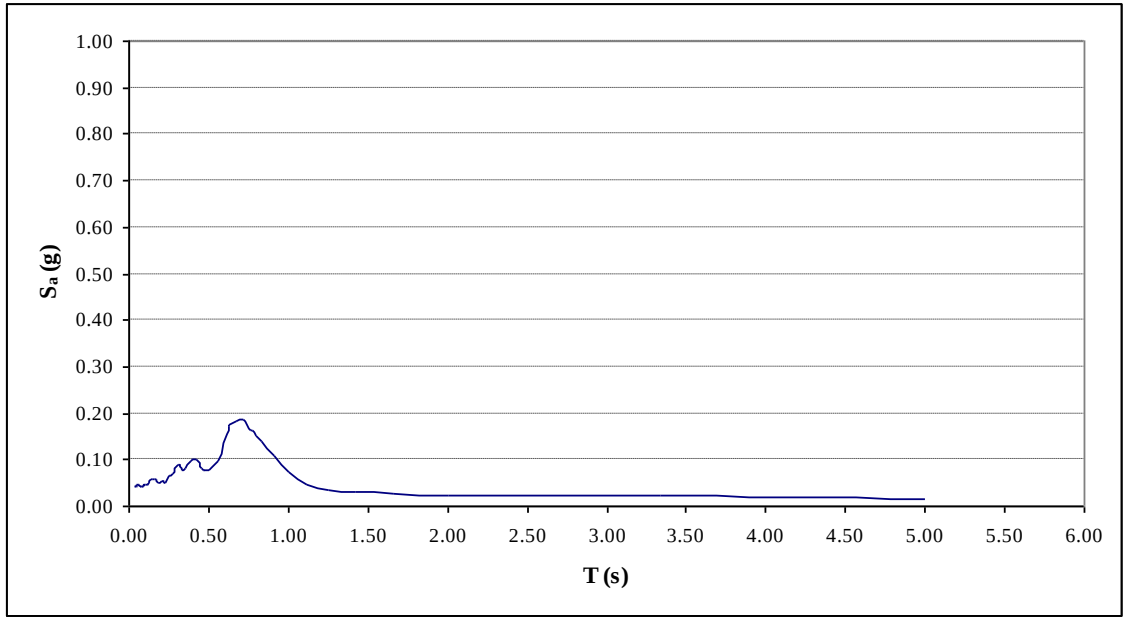
Şekil 6.145 Spektral ivme grafiği (Denizli Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



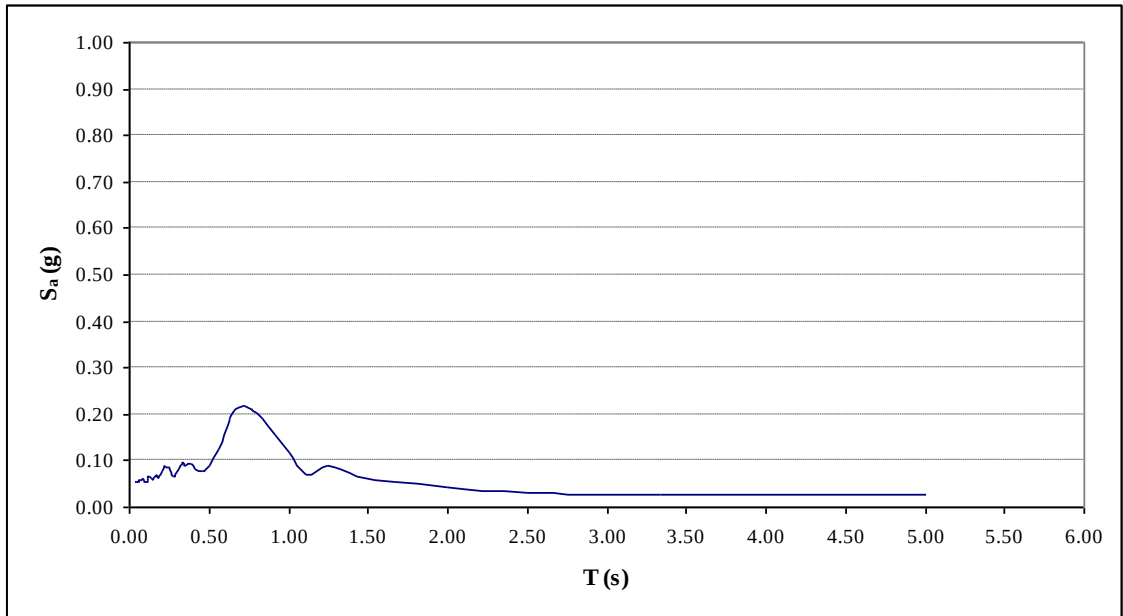
Şekil 6.146 Spektral ivme grafiği (Dinar Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



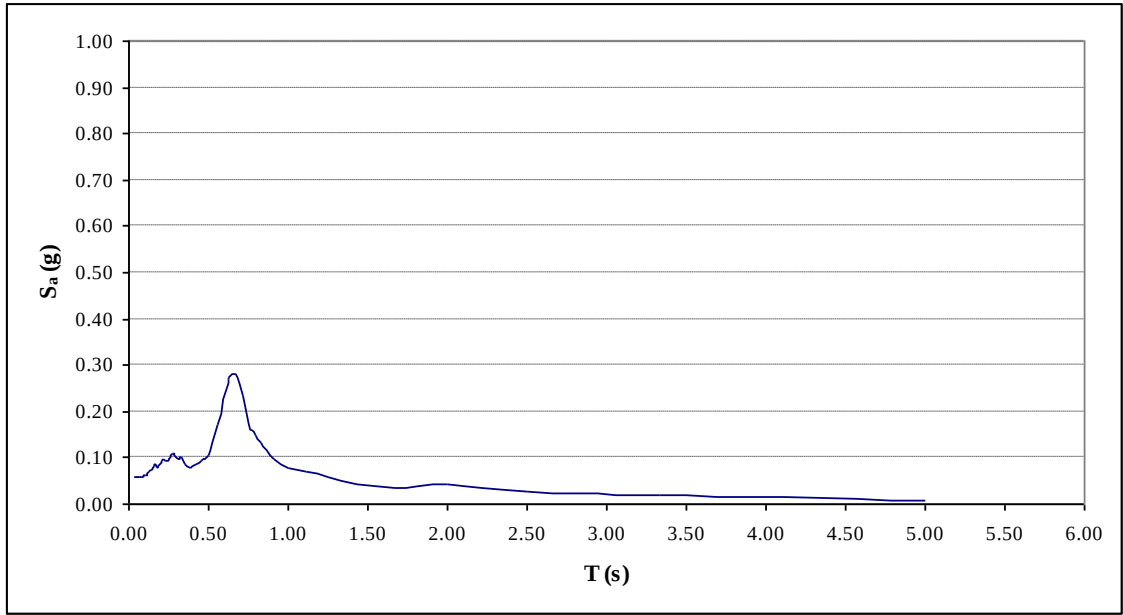
Şekil 6.147 Spektral ivme grafiği (Dinar Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



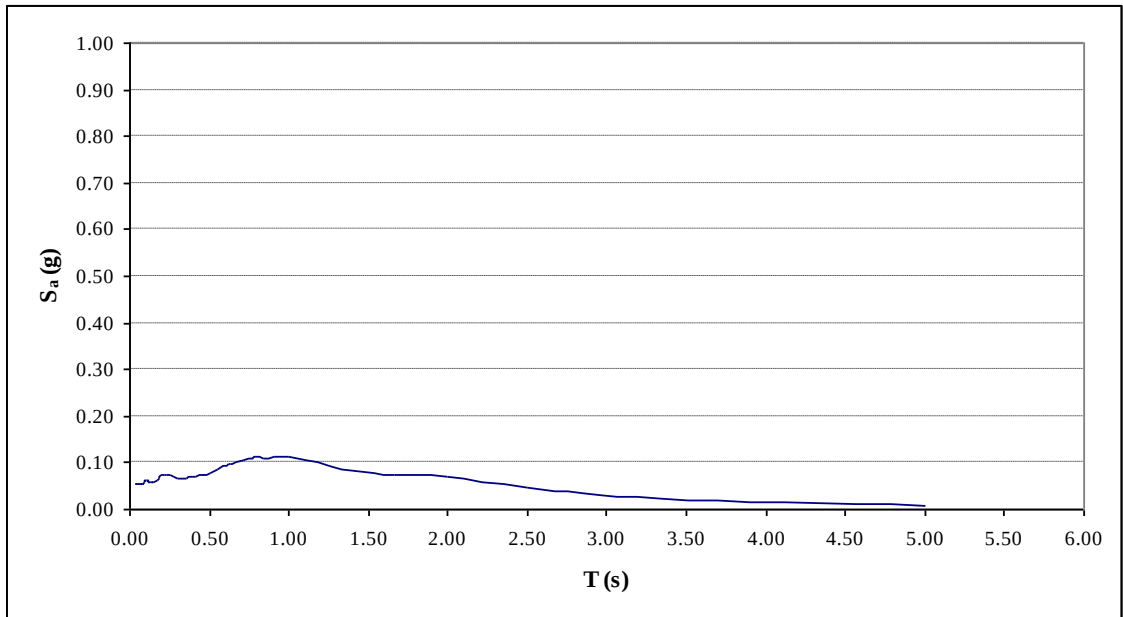
Şekil 6.148 Spektral ivme grafiği (Düzce Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



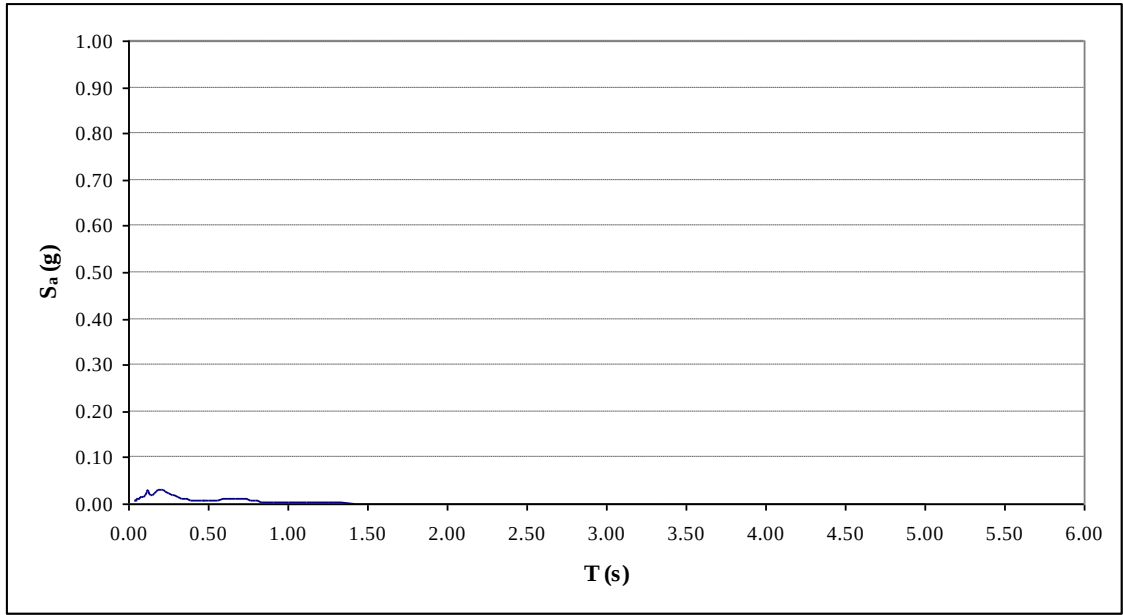
Şekil 6.149 Spektral ivme grafiği (Düzce Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



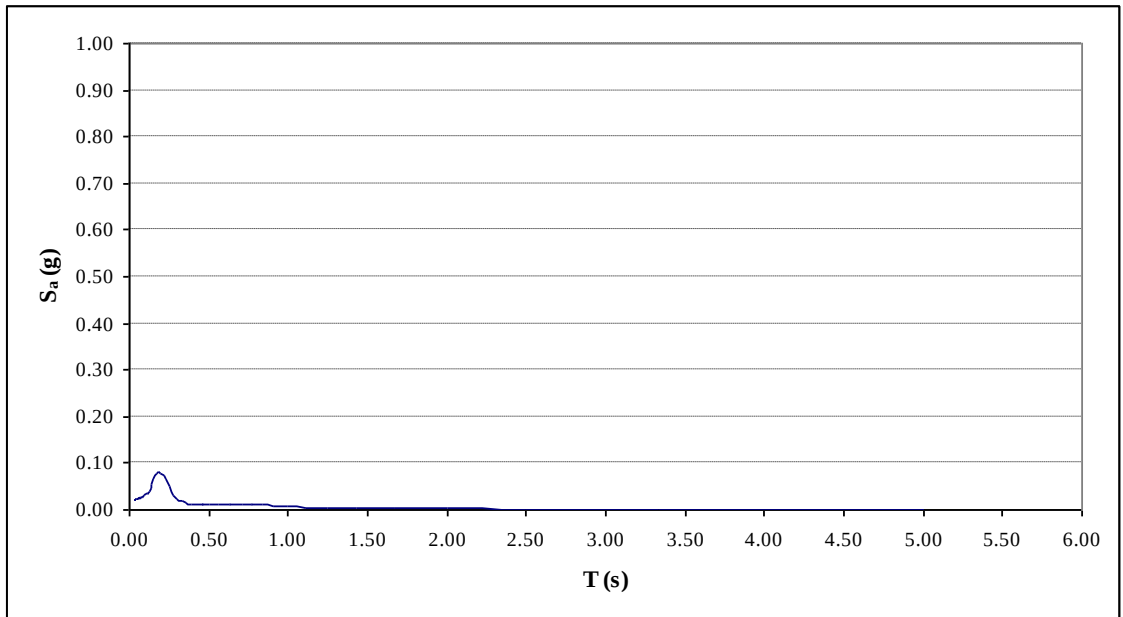
Şekil 6.150 Spektral ivme grafiği (Erzincan Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



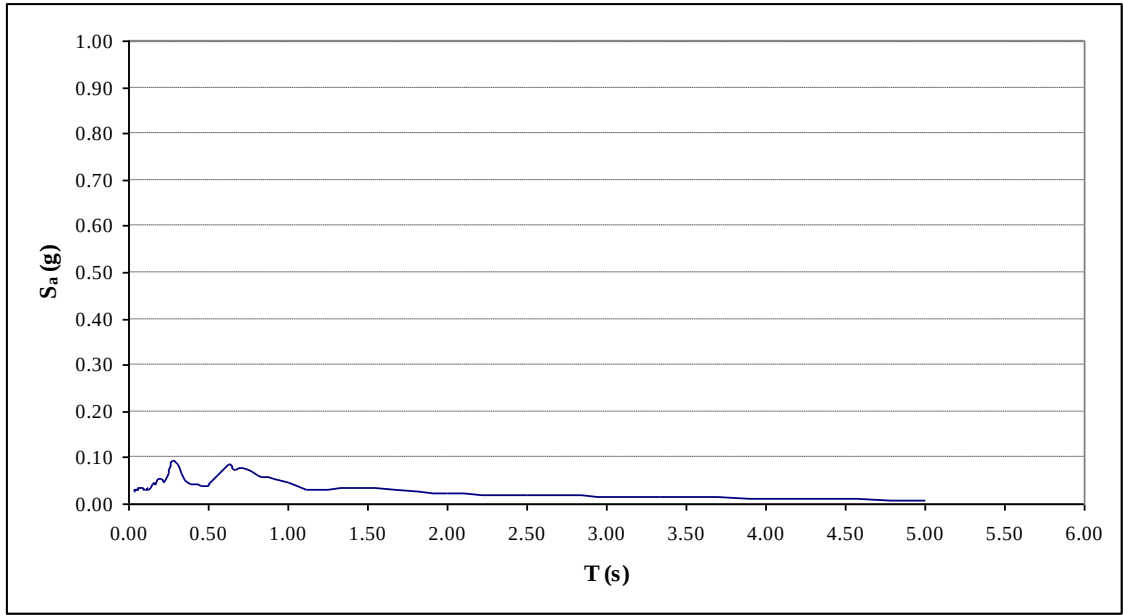
Şekil 6.151 Spektral ivme grafiği (Erzincan Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



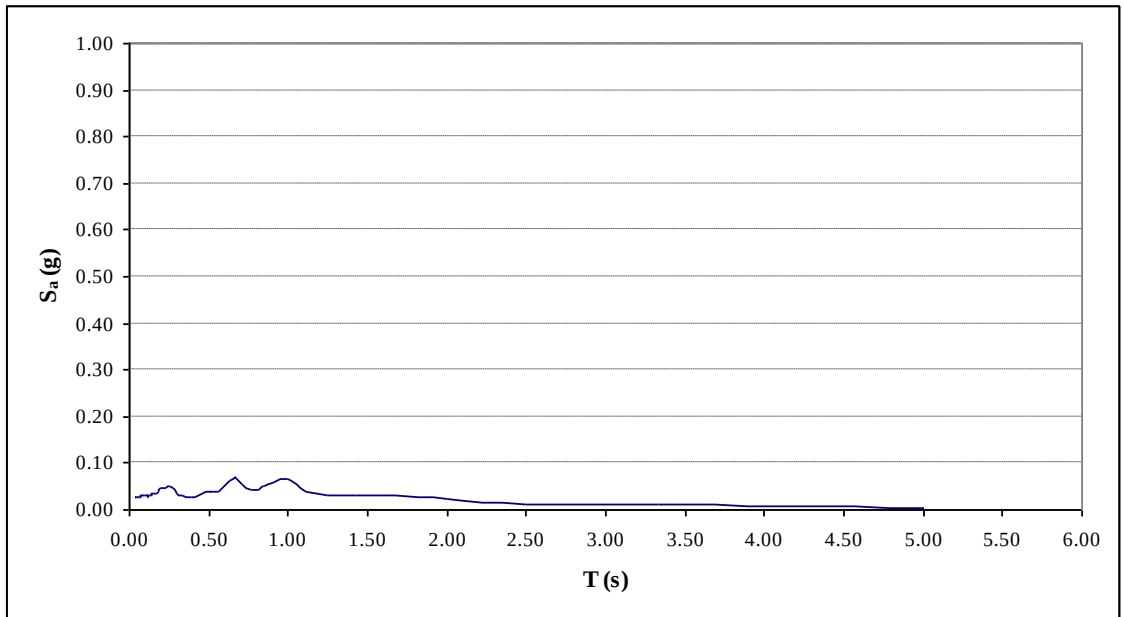
Şekil 6.152 Spektral ivme grafiği (İzmir Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



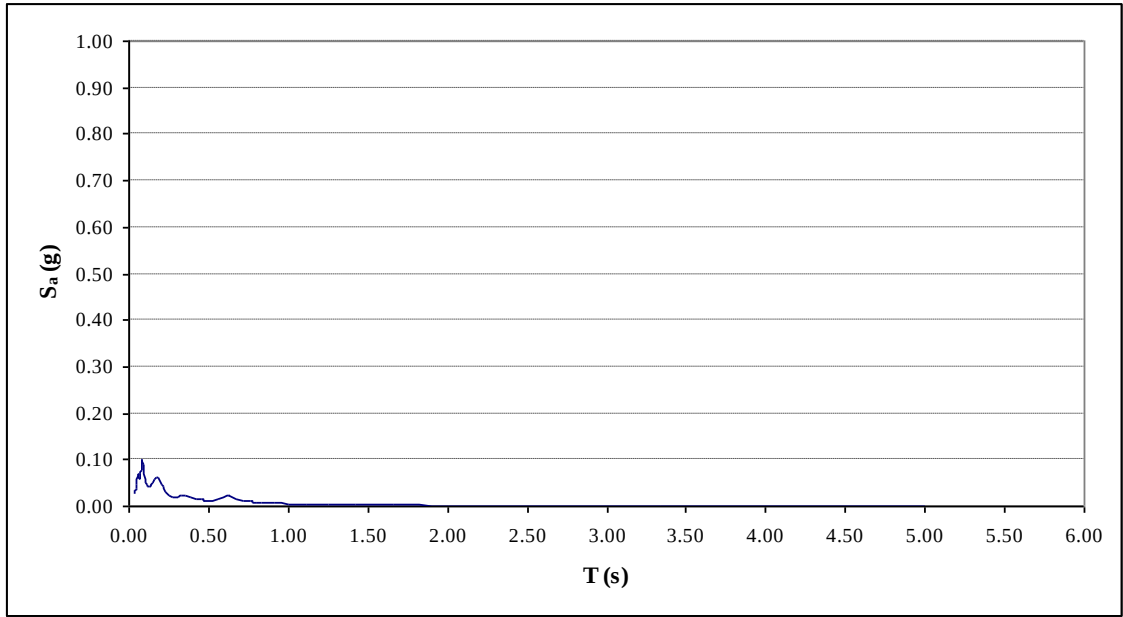
Şekil 6.153 Spektral ivme grafiği (İzmir Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



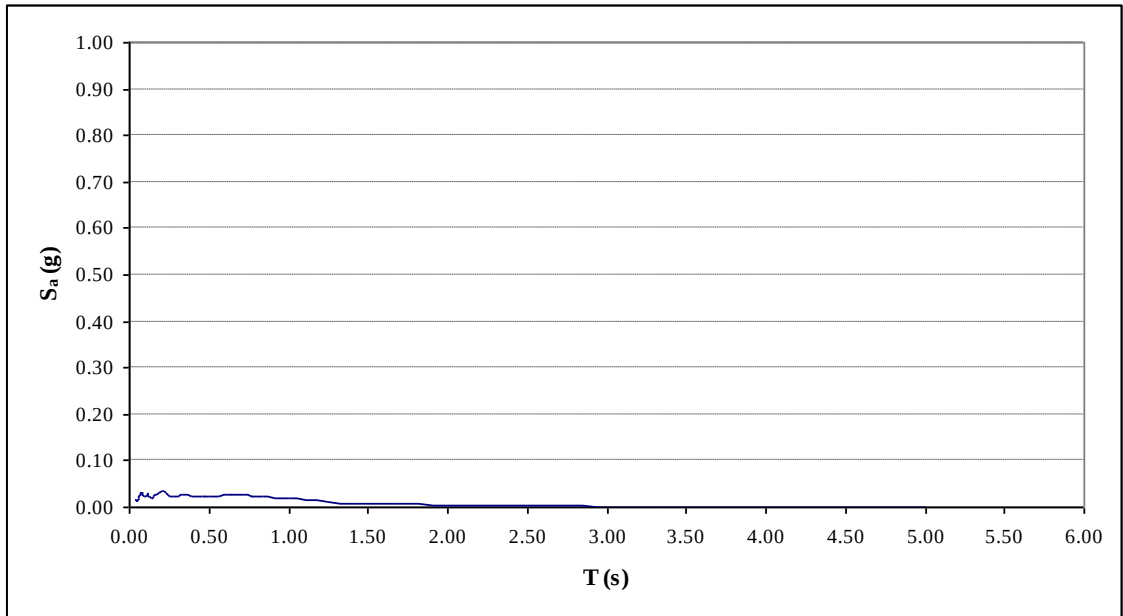
Şekil 6.154 Spektral ivme grafiği (İzmit Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



Şekil 6.155 Spektral ivme grafiği (İzmit Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)

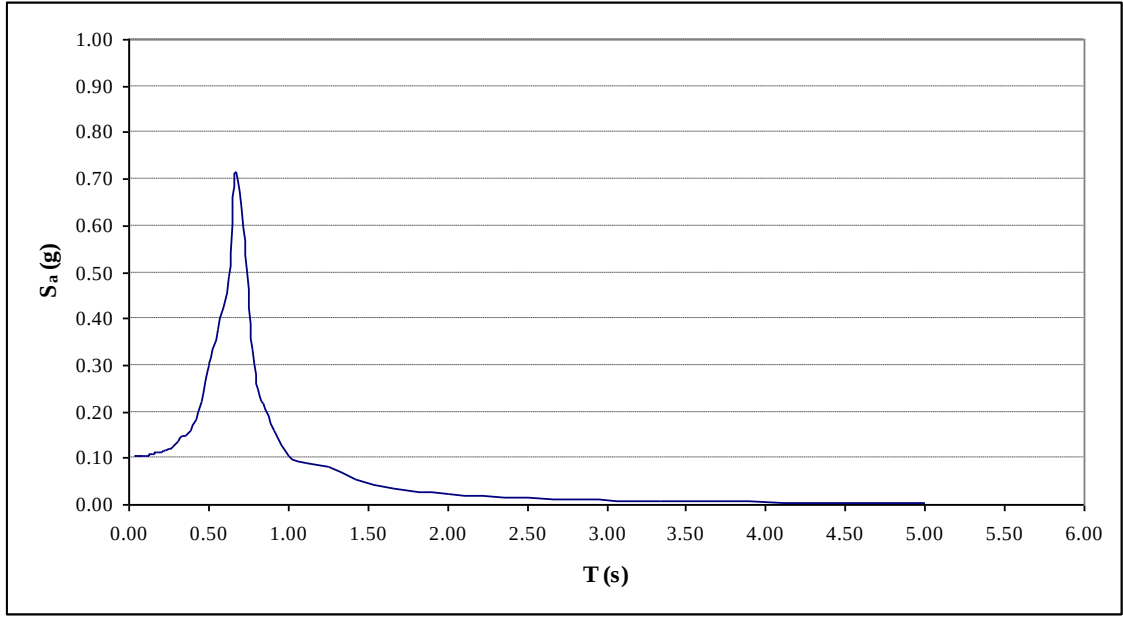


Şekil 6.156 Spektral ivme grafiği (Sakarya Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)

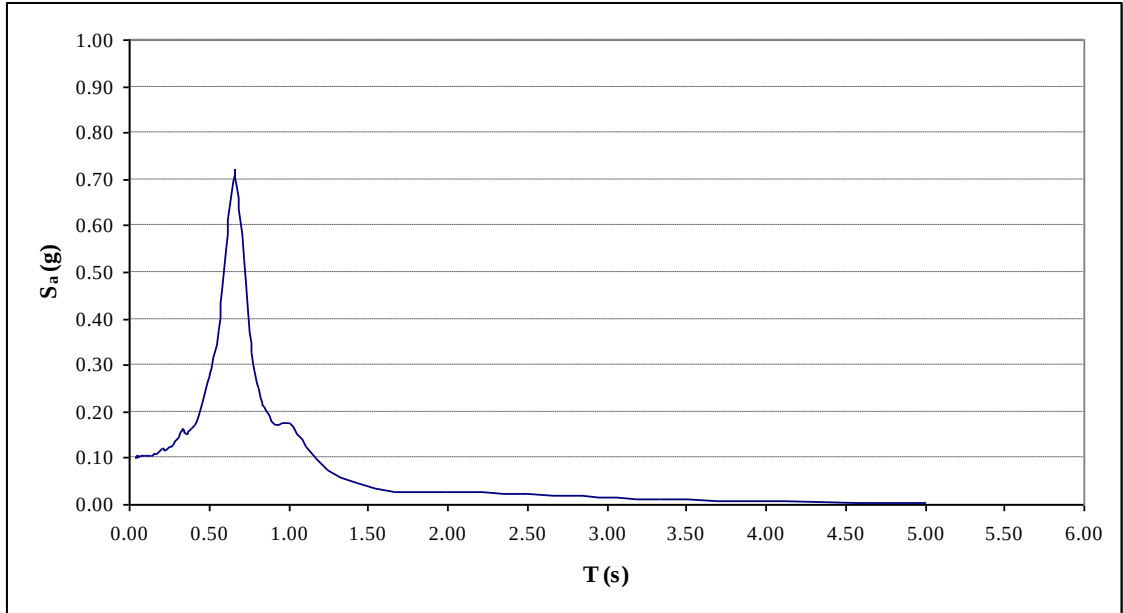


Şekil 6.157 Spektral ivme grafiği (Sakarya Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)

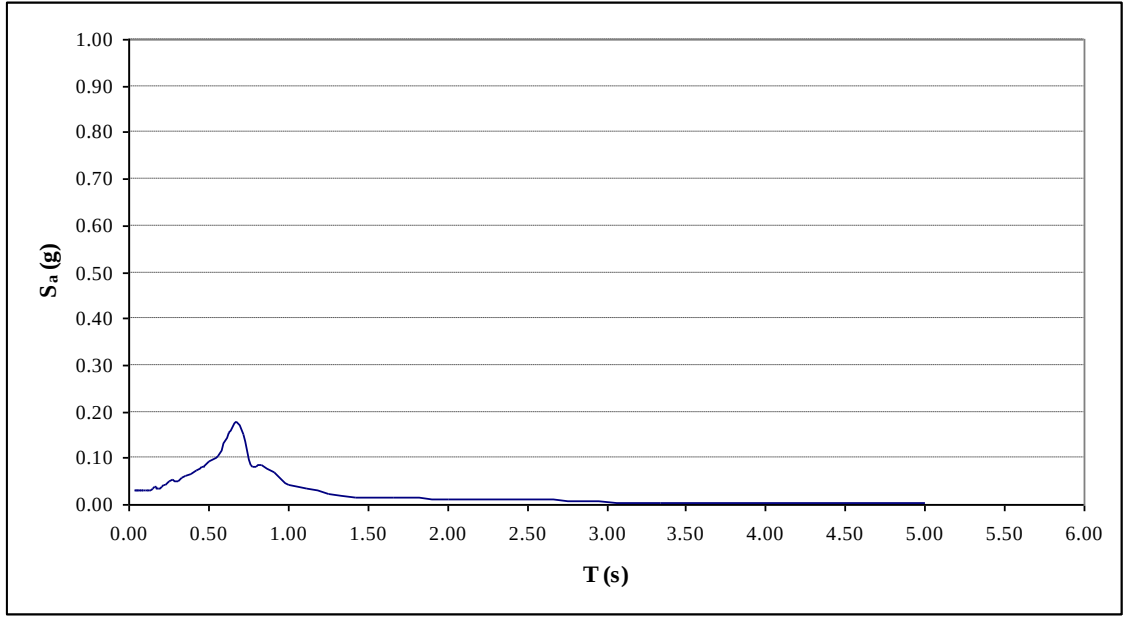
6.3.2.3.2 +7.00 kotu için spektral ivme grafikleri



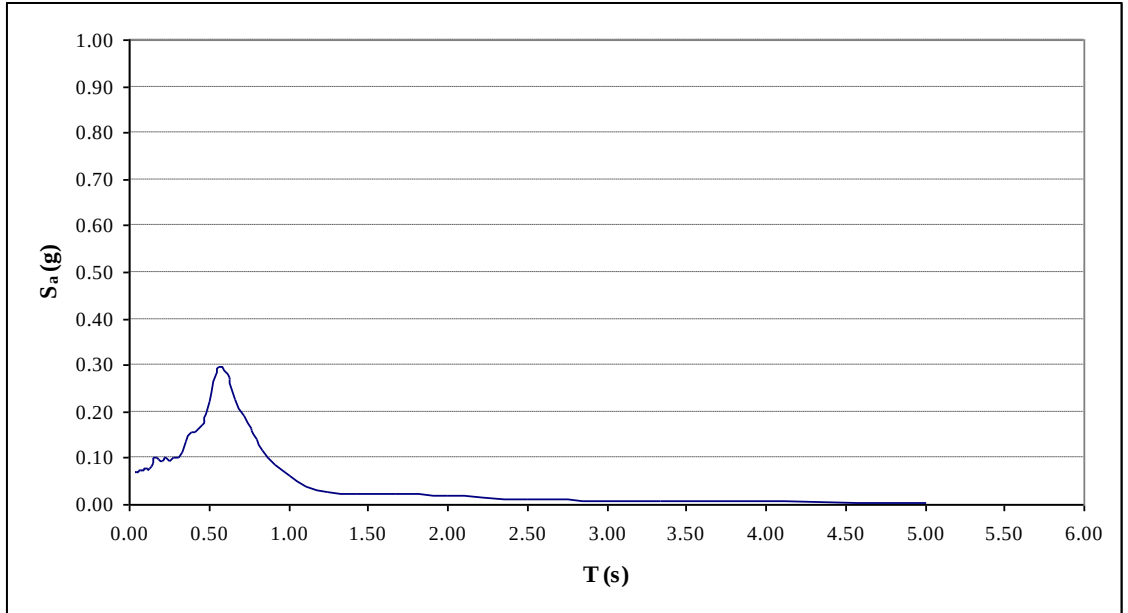
Şekil 6.158 Spektral ivme grafiği (Adana-Ceyhan Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



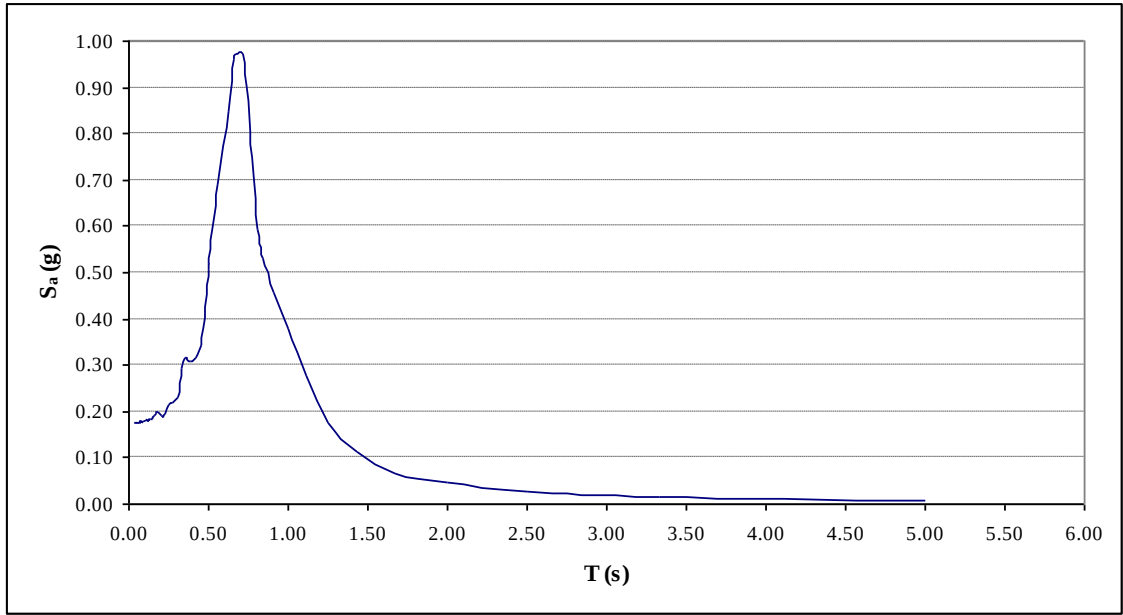
Şekil 6.159 Spektral ivme grafiği (Adana-Ceyhan Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



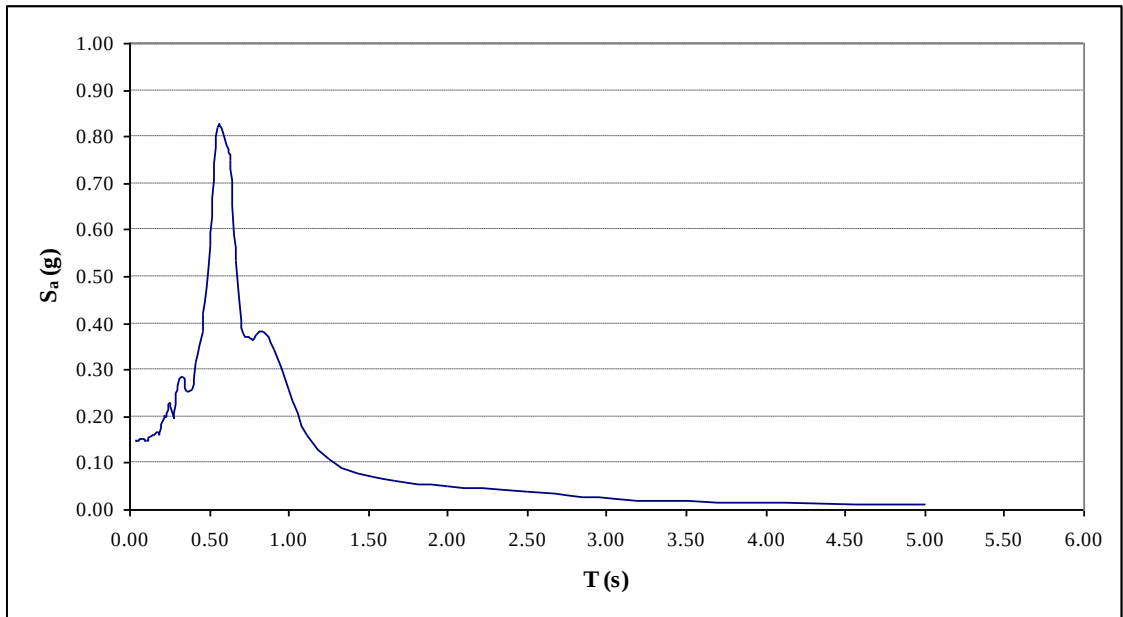
Şekil 6.160 Spektral ivme grafiği (Bingöl Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



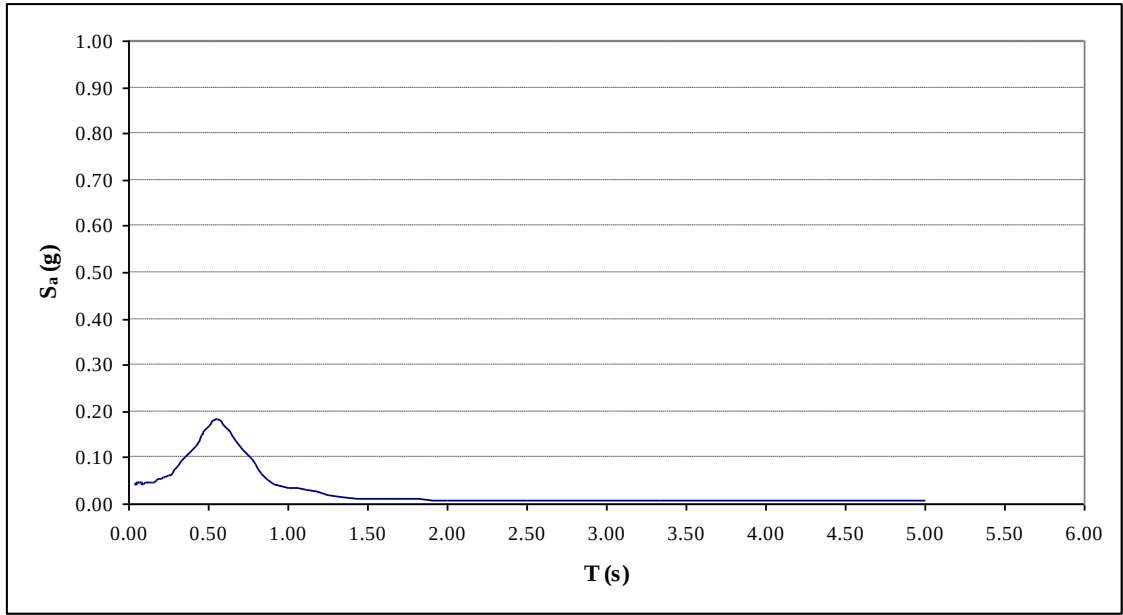
Şekil 6.161 Spektral ivme grafiği (Bingöl Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



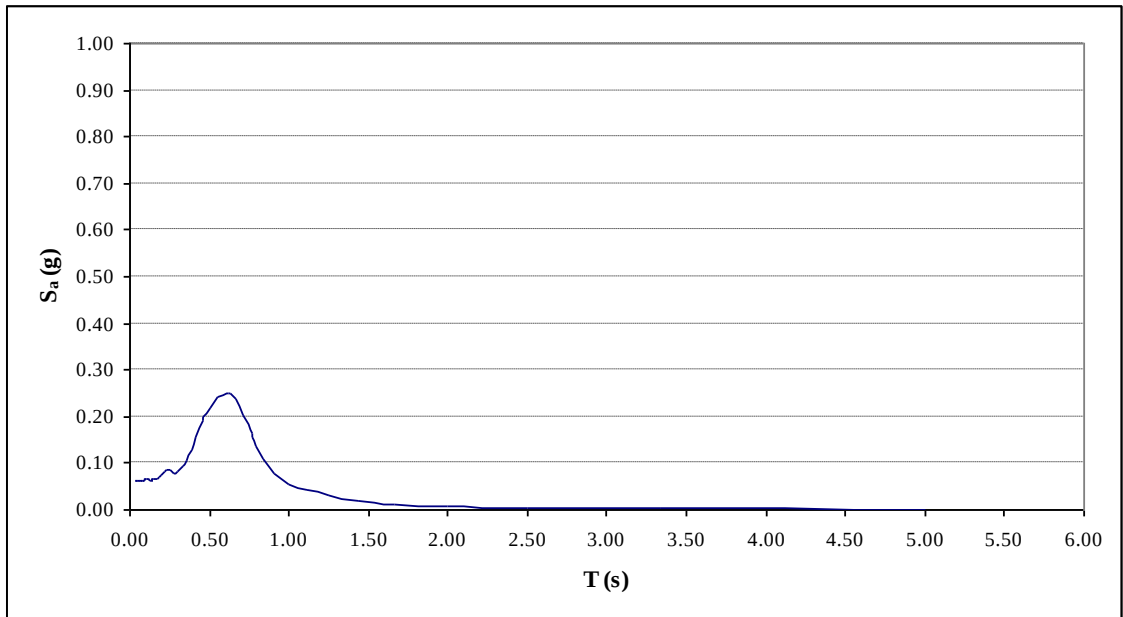
Şekil 6.162 Spektral ivme grafiği (Bolu Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



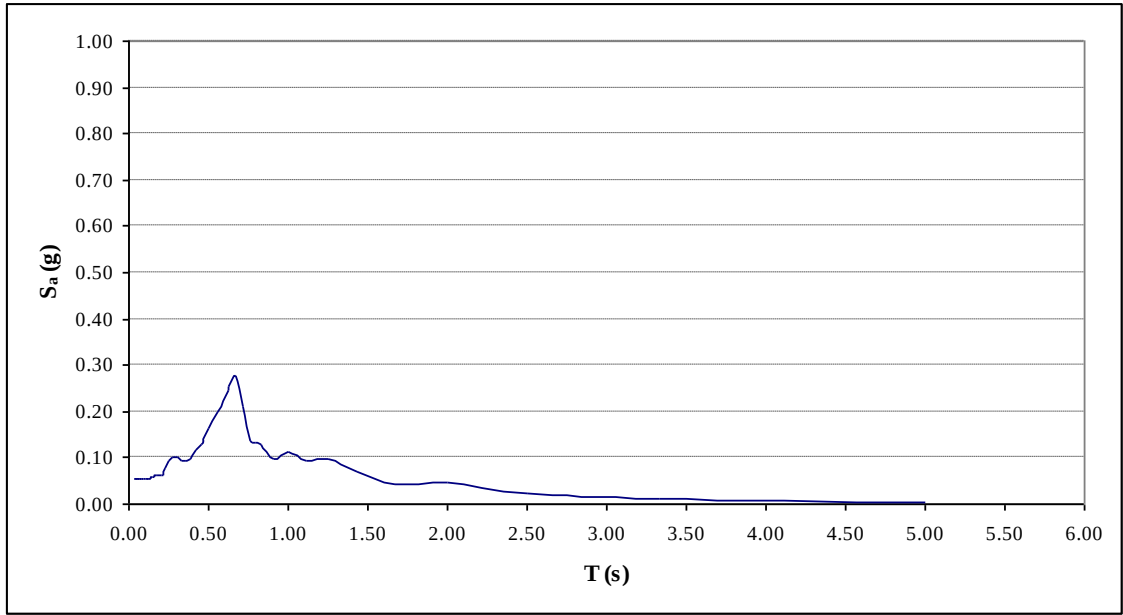
Şekil 6.163 Spektral ivme grafiği (Bolu Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



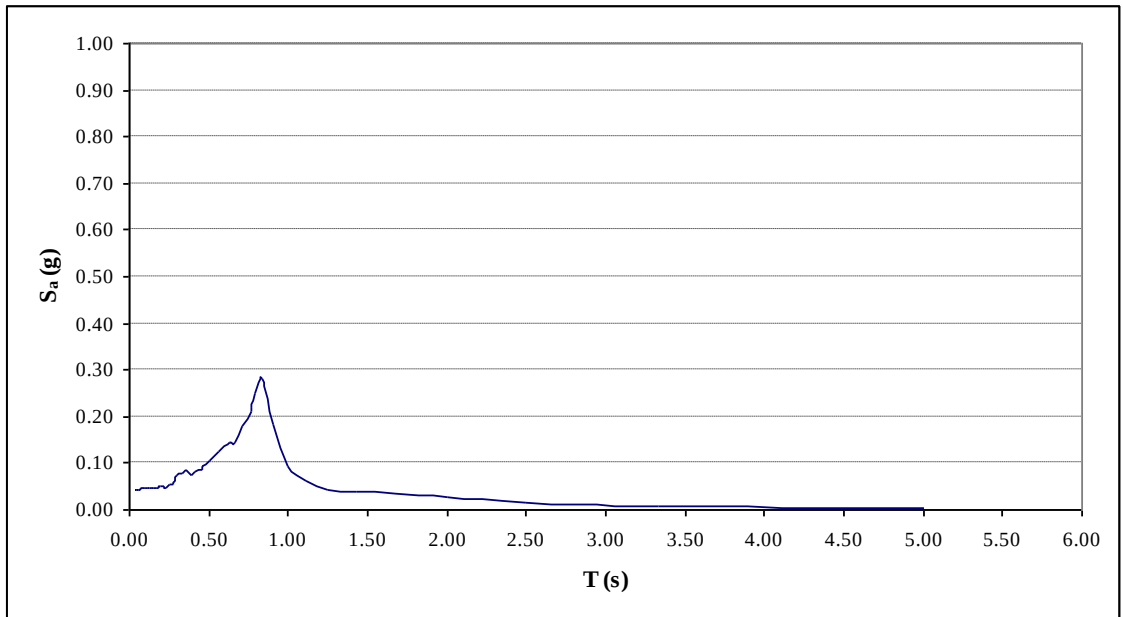
Şekil 6.164 Spektral ivme grafiği (Denizli Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



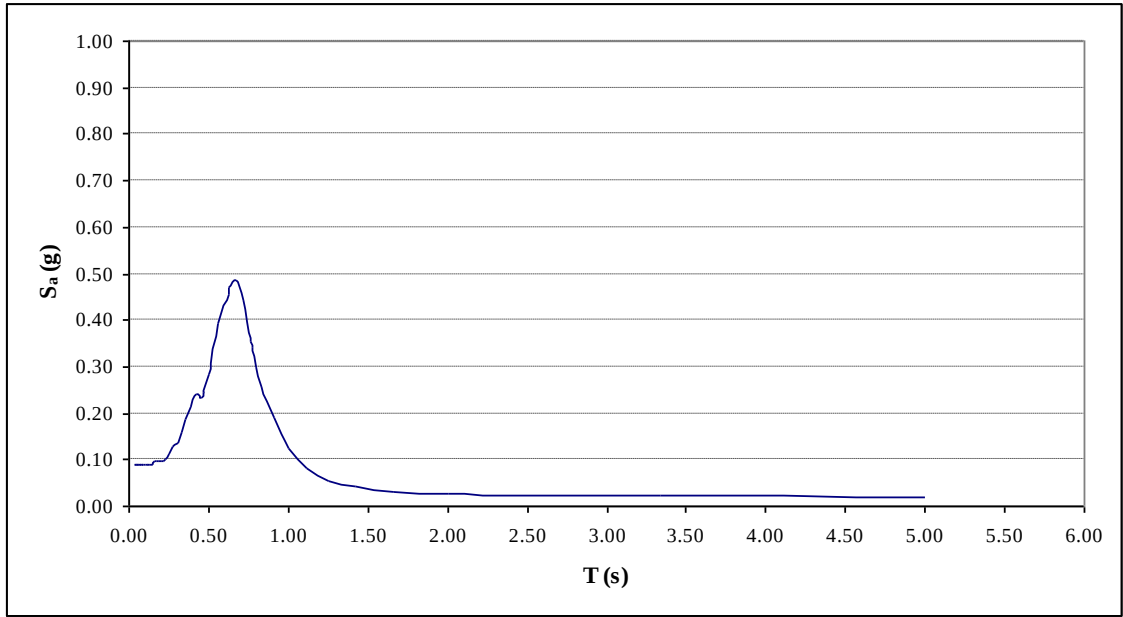
Şekil 6.165 Spektral ivme grafiği (Denizli Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



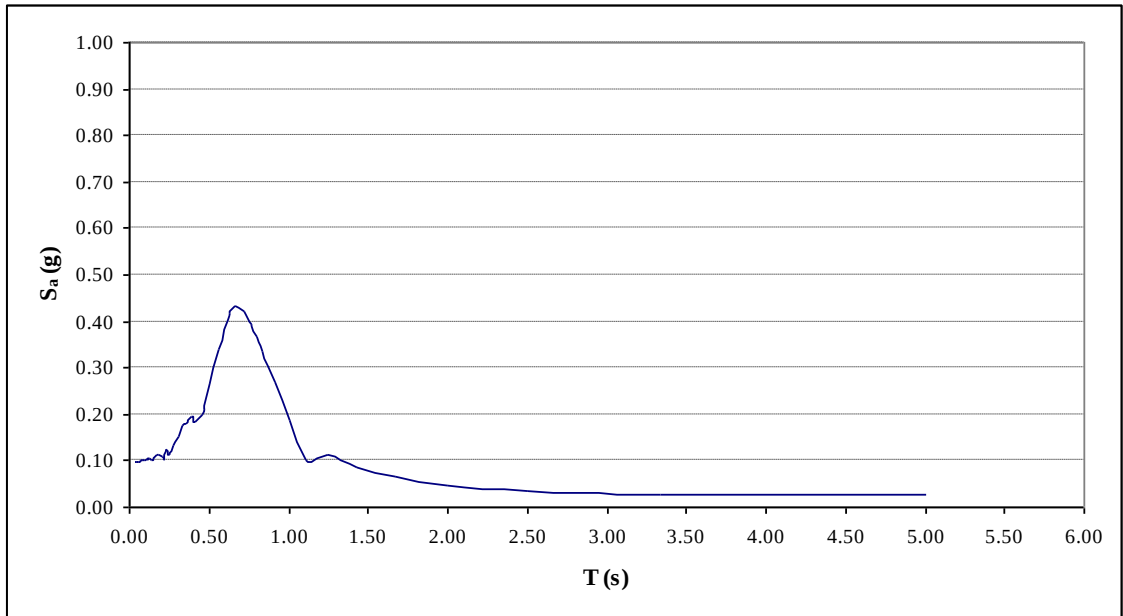
Şekil 6.166 Spektral ivme grafiği (Dinar Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



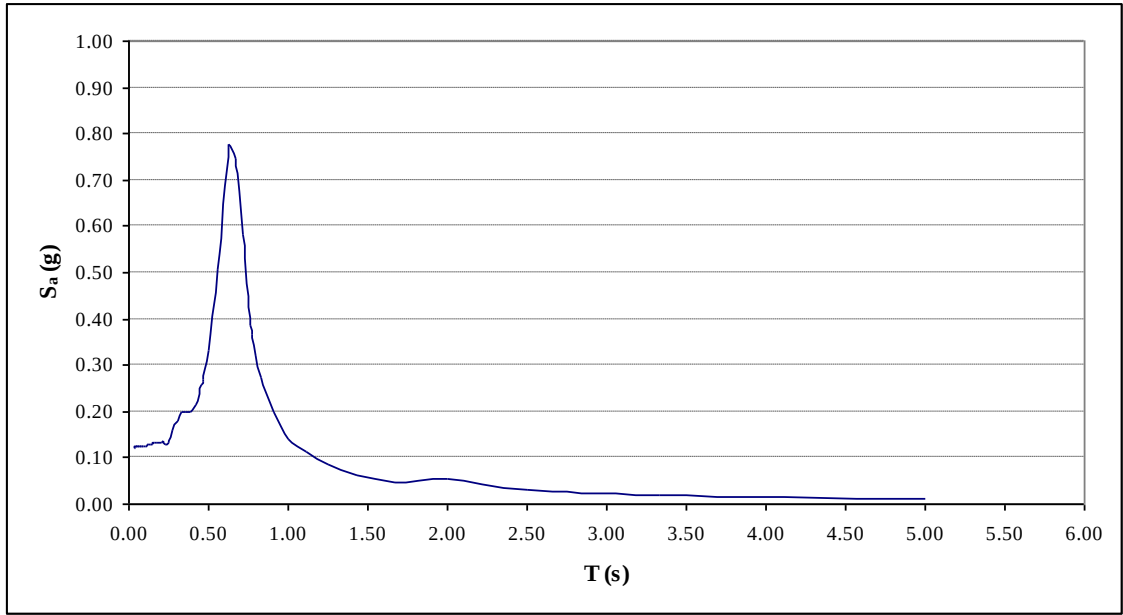
Şekil 6.167 Spektral ivme grafiği (Dinar Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



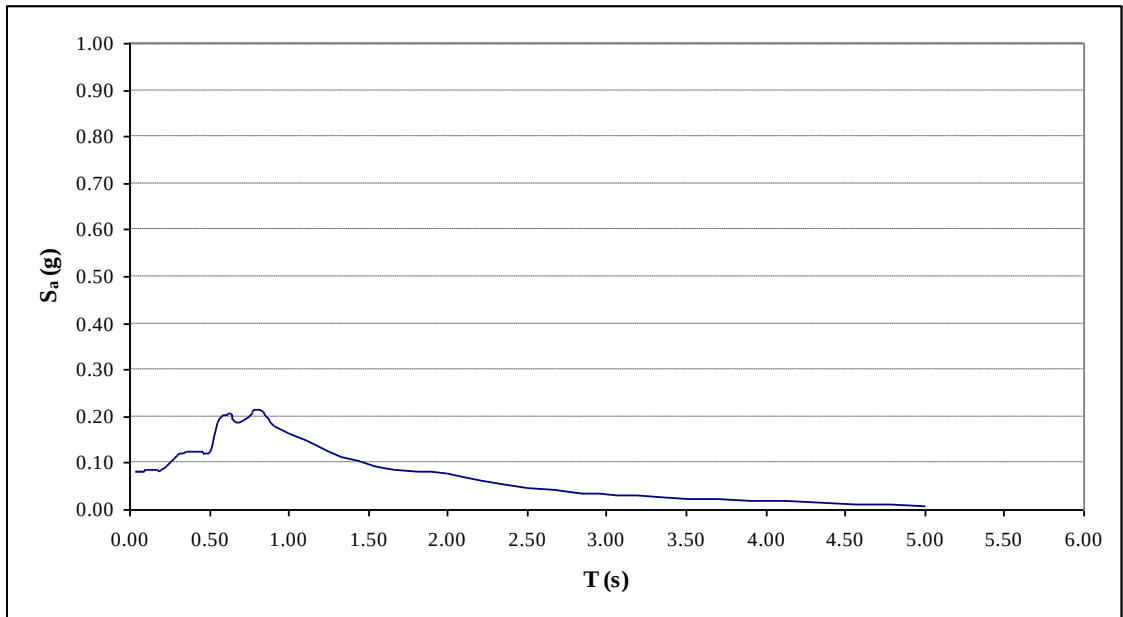
Şekil 6.168 Spektral ivme grafiği (Düzce Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



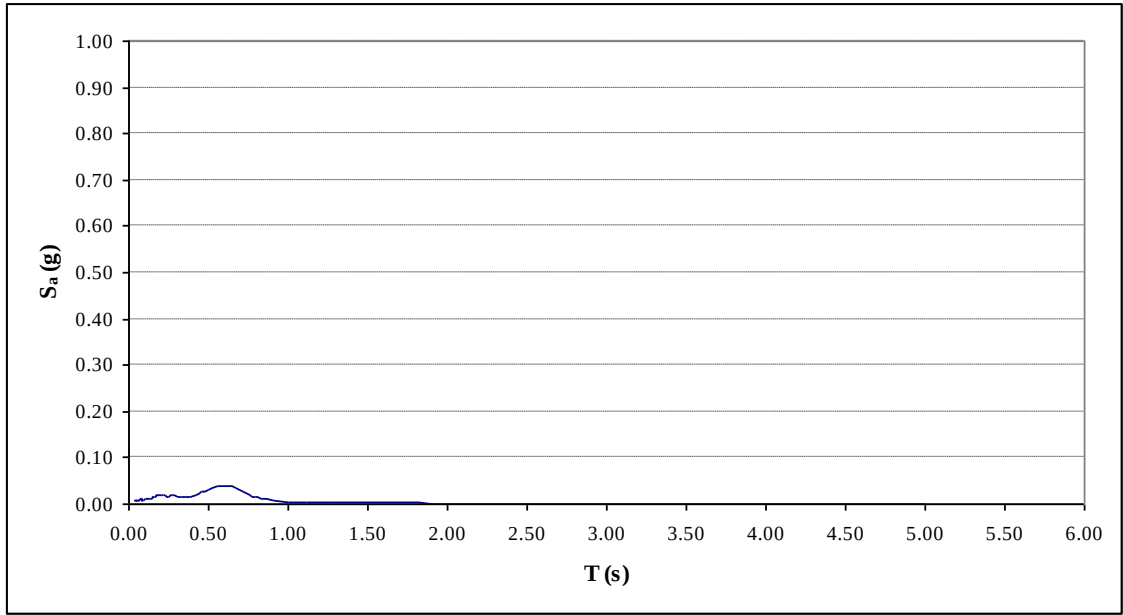
Şekil 6.169 Spektral ivme grafiği (Düzce Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



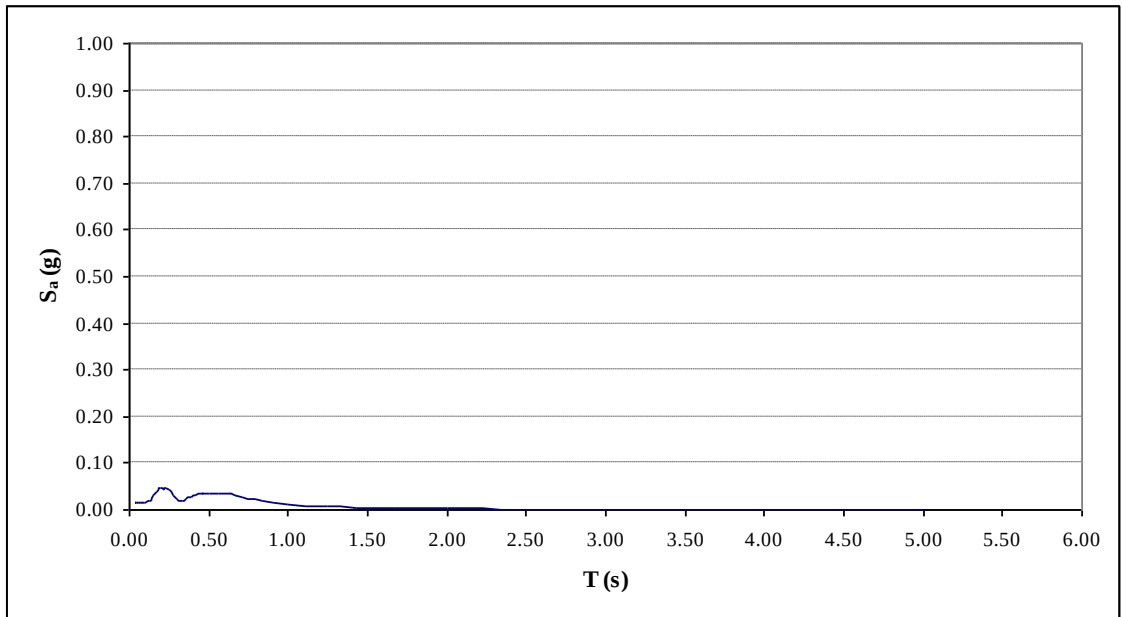
Şekil 6.170 Spektral ivme grafiği (Erzincan Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



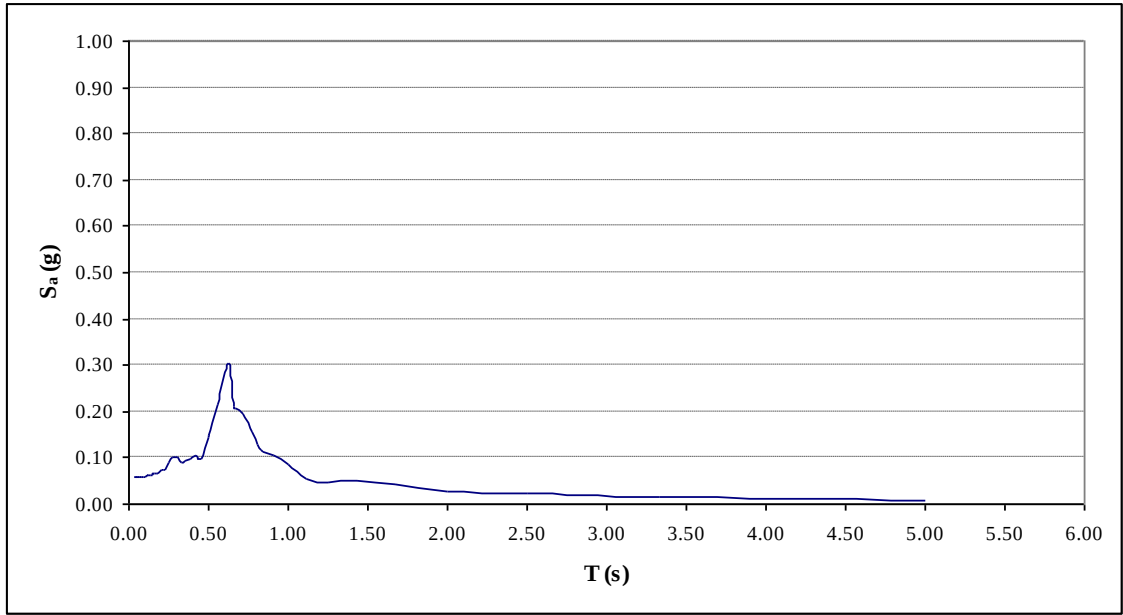
Şekil 6.171 Spektral ivme grafiği (Erzincan Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



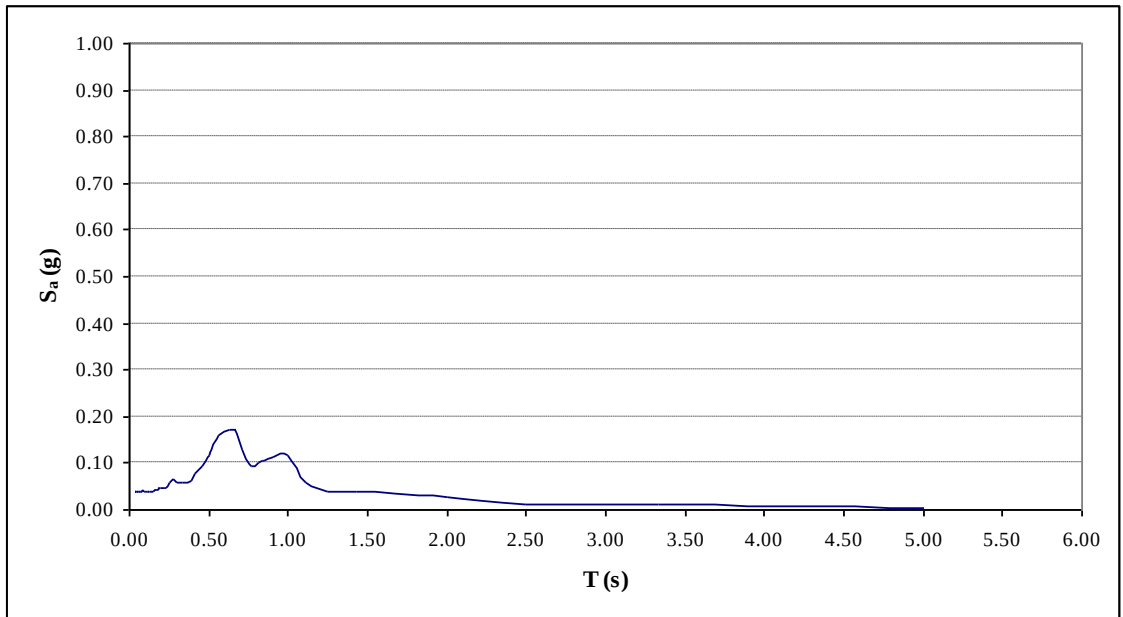
Şekil 6.172 Spektral ivme grafiği (İzmir Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



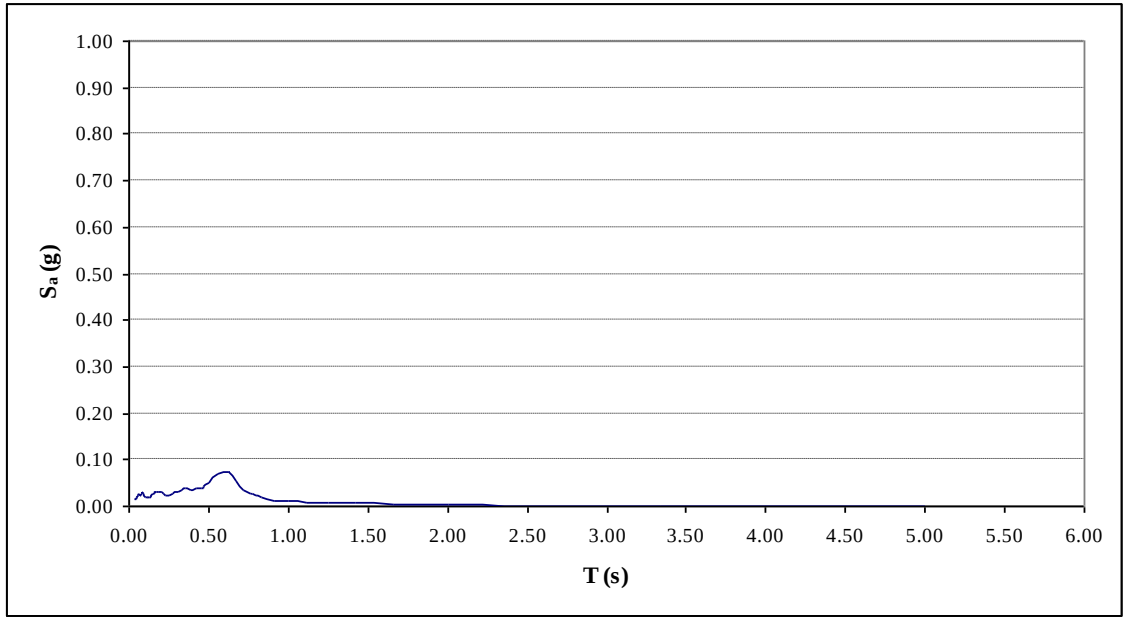
Şekil 6.173 Spektral ivme grafiği (İzmir Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



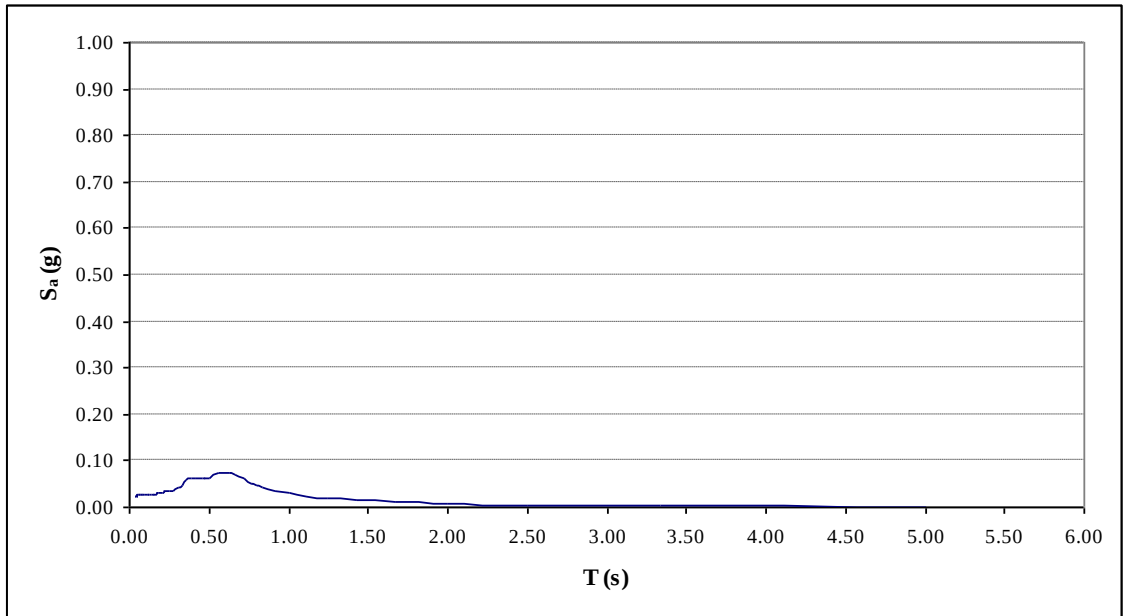
Şekil 6.174 Spektral ivme grafiği (İzmit Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



Şekil 6.175 Spektral ivme grafiği (İzmit Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



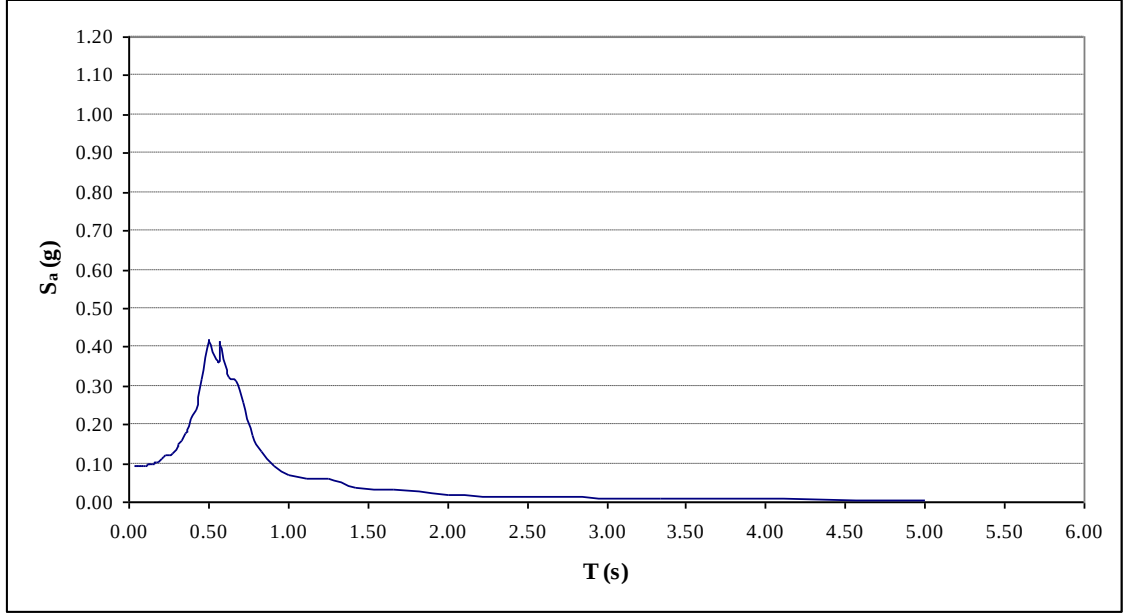
Şekil 6.176 Spektral ivme grafiği (Sakarya Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



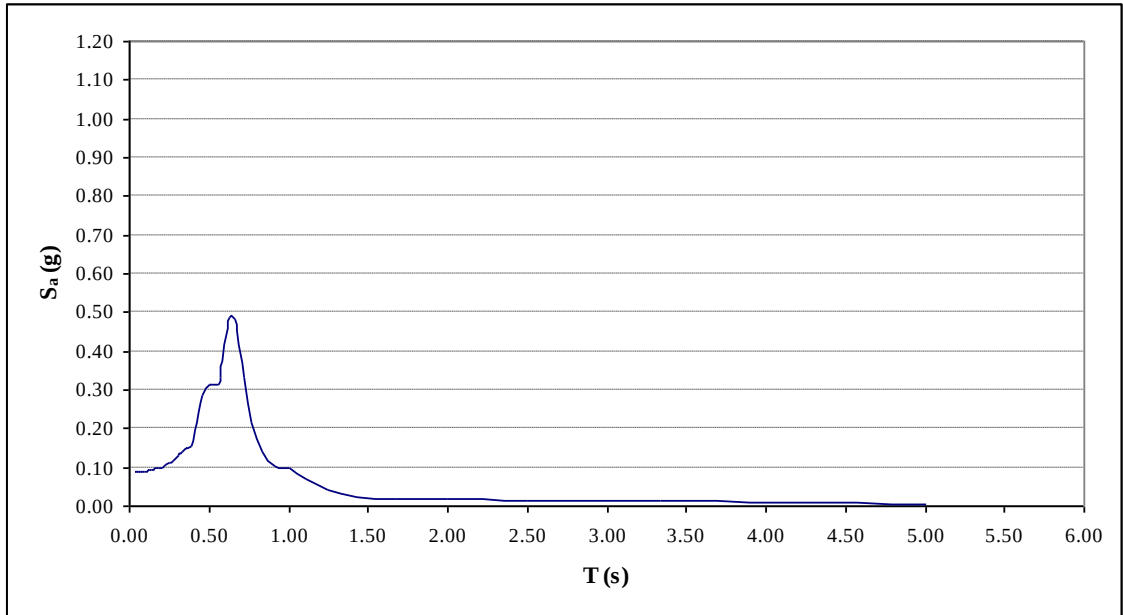
Şekil 6.177 Spektral ivme grafiği (Sakarya Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)

6.3.2.4 Bina 4 için spektral ivme grafikleri

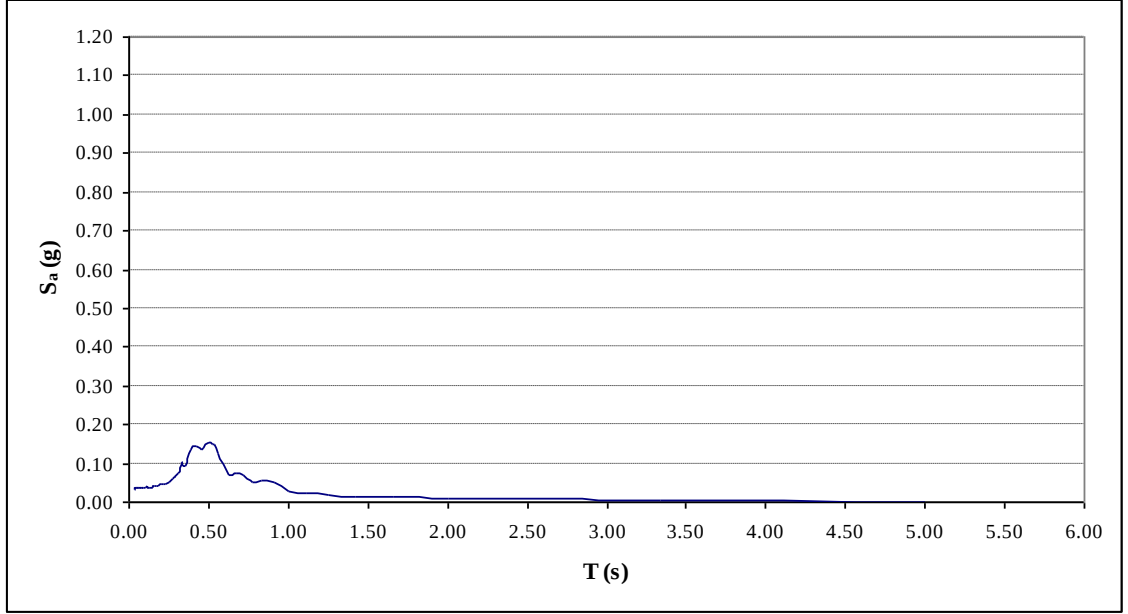
6.3.2.4.1 +4.50 kotu için spektral ivme grafikleri



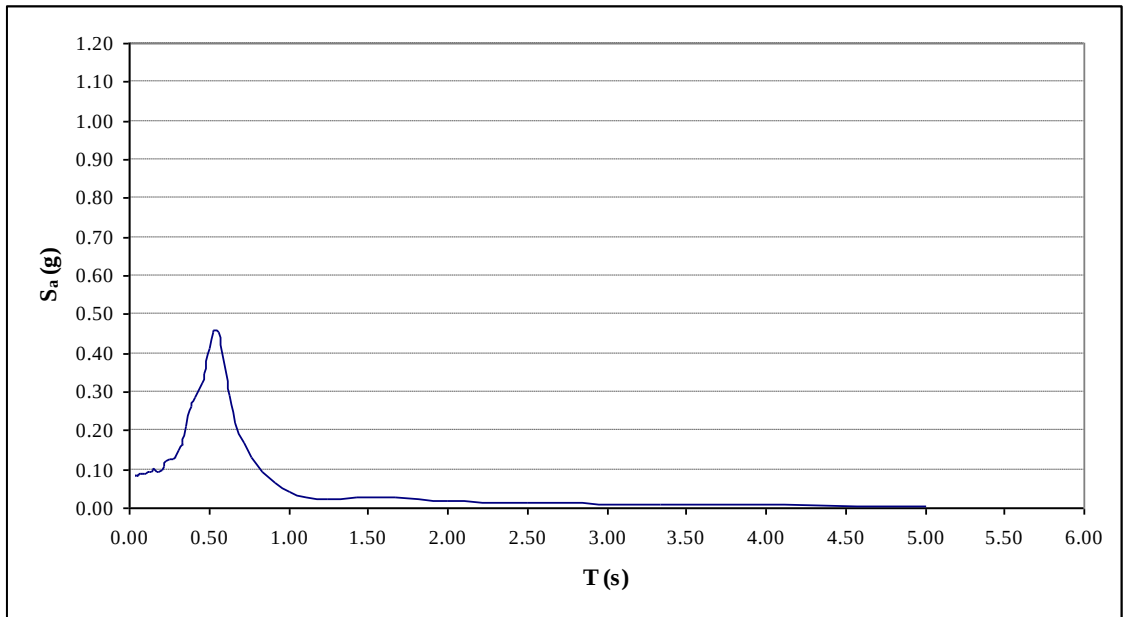
Şekil 6.178 Spektral ivme grafiği (Adana-Ceyhan Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



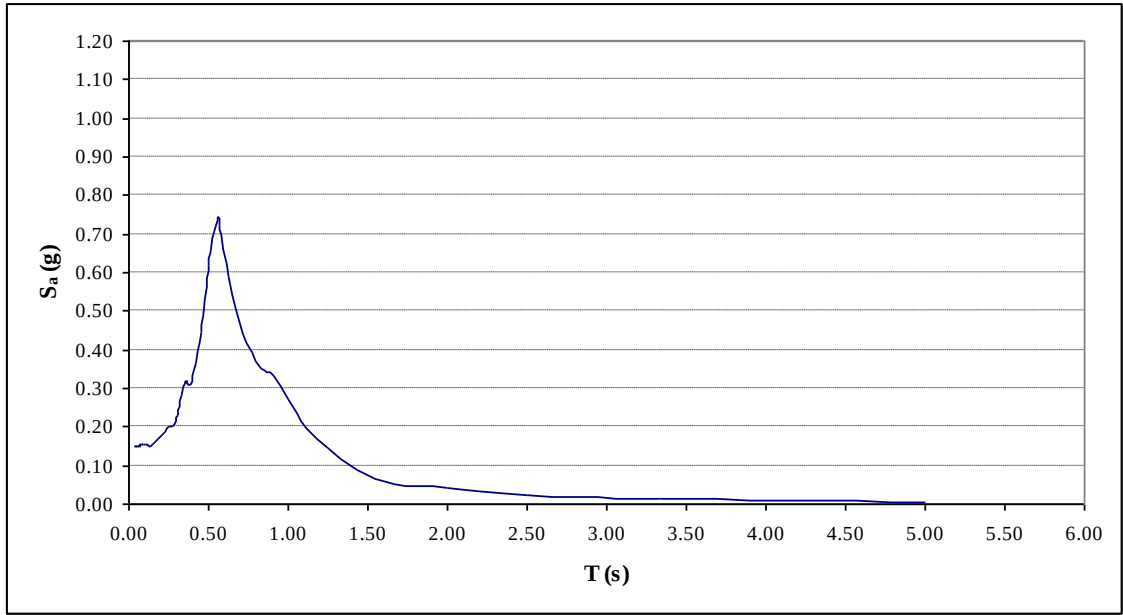
Şekil 6.179 Spektral ivme grafiği (Adana-Ceyhan Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



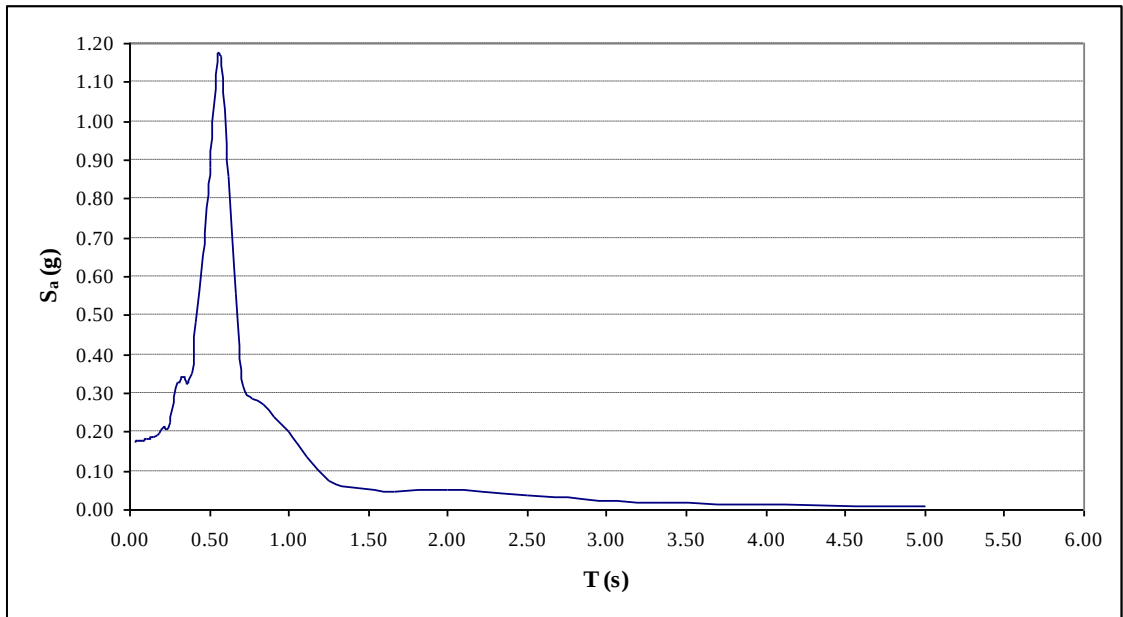
Şekil 6.180 Spektral ivme grafiği (Bingöl Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



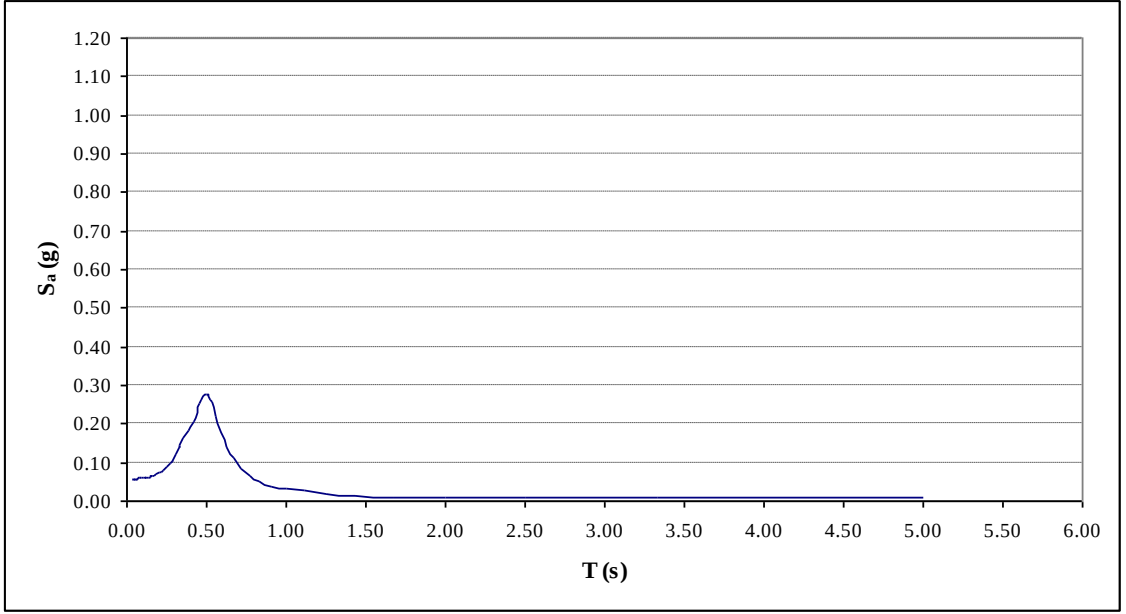
Şekil 6.181 Spektral ivme grafiği (Bingöl Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



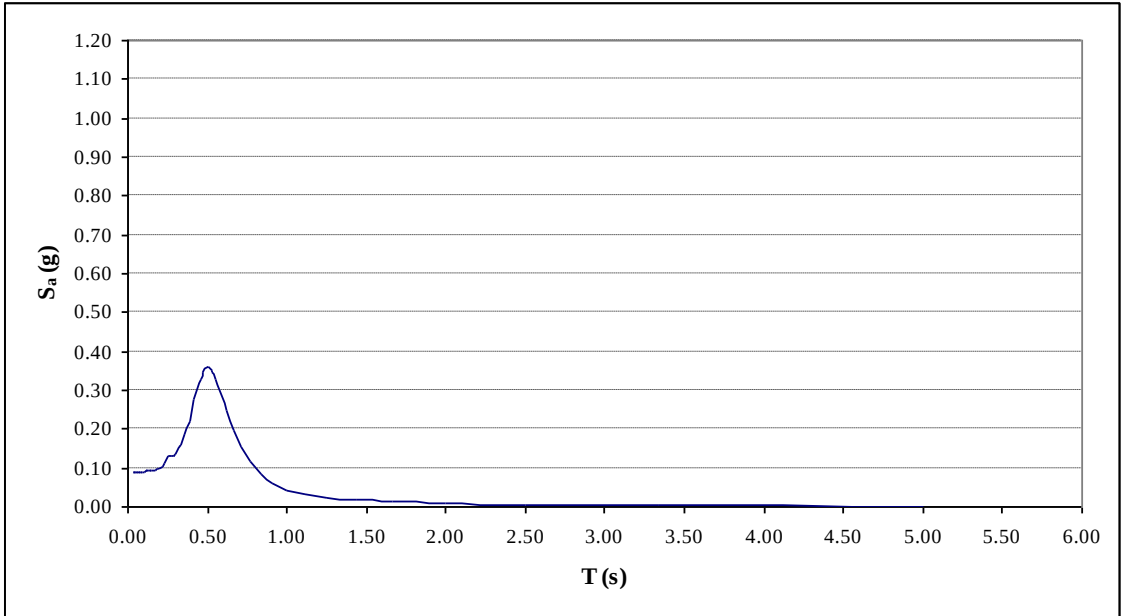
Şekil 6.182 Spektral ivme grafiği (Bolu Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



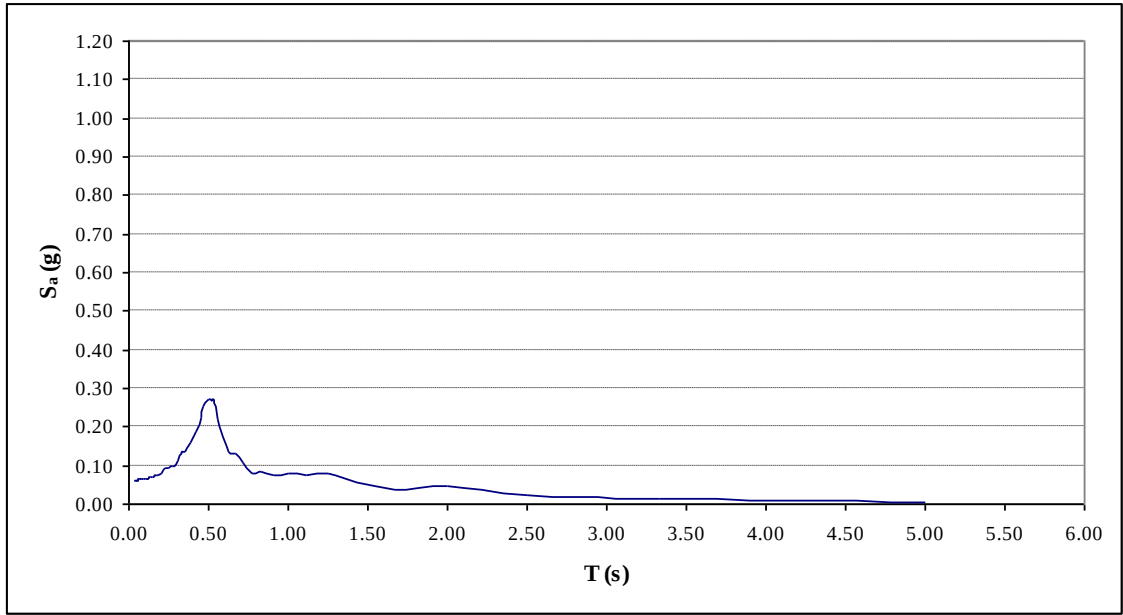
Şekil 6.183 Spektral ivme grafiği (Bolu Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



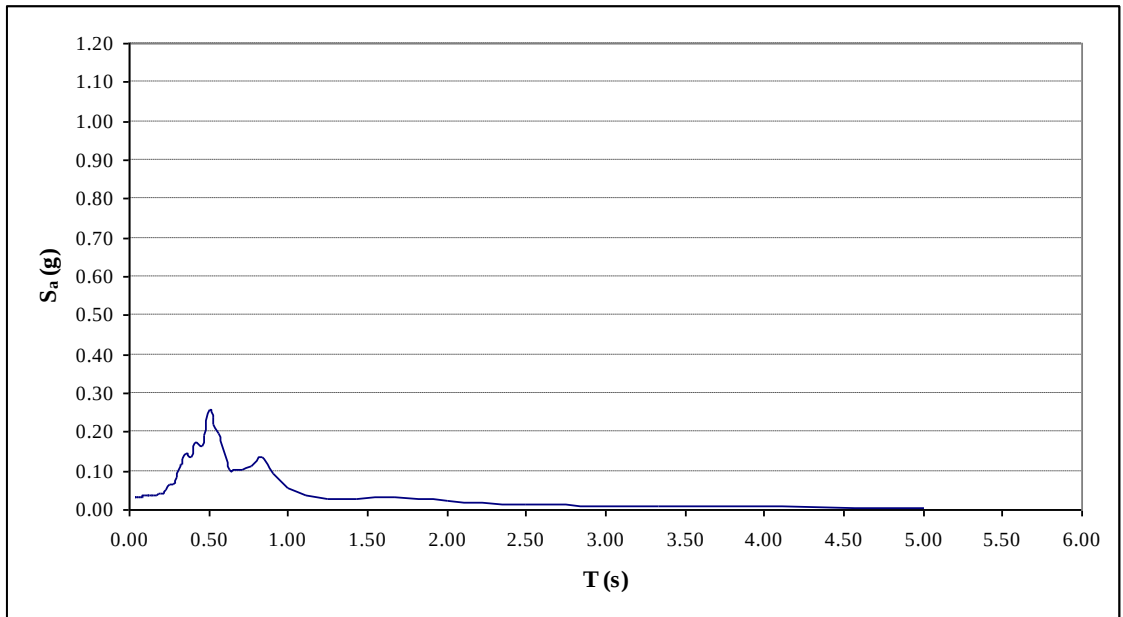
Şekil 6.184 Spektral ivme grafiği (Denizli Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



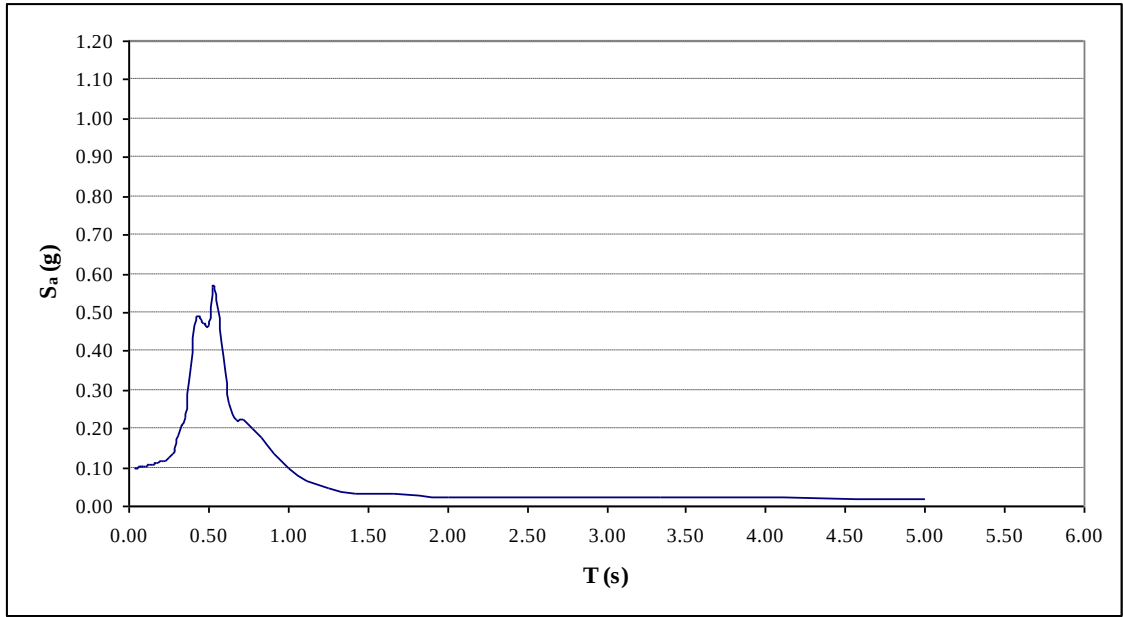
Şekil 6.185 Spektral ivme grafiği (Denizli Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



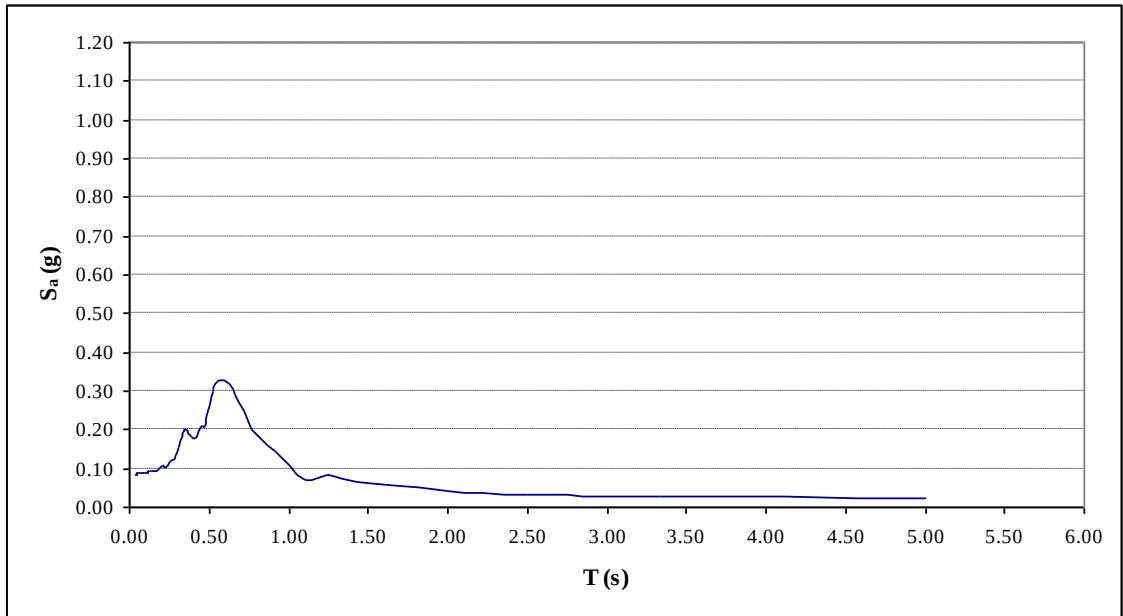
Şekil 6.186 Spektral ivme grafiği (Dinar Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



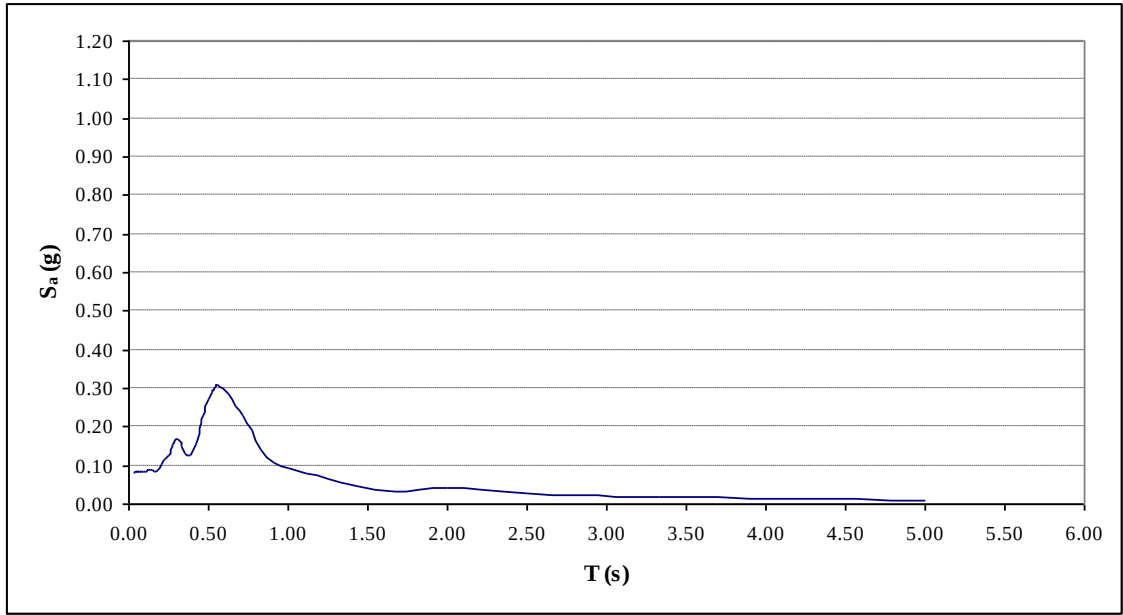
Şekil 6.187 Spektral ivme grafiği (Dinar Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



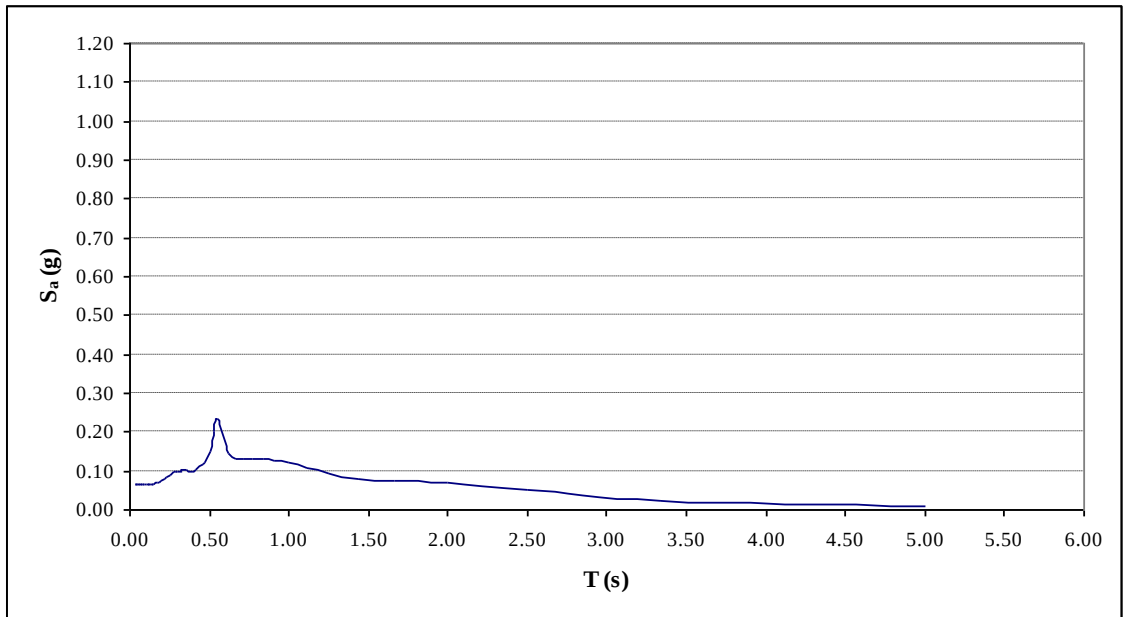
Şekil 6.188 Spektral ivme grafiği (Düzce Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



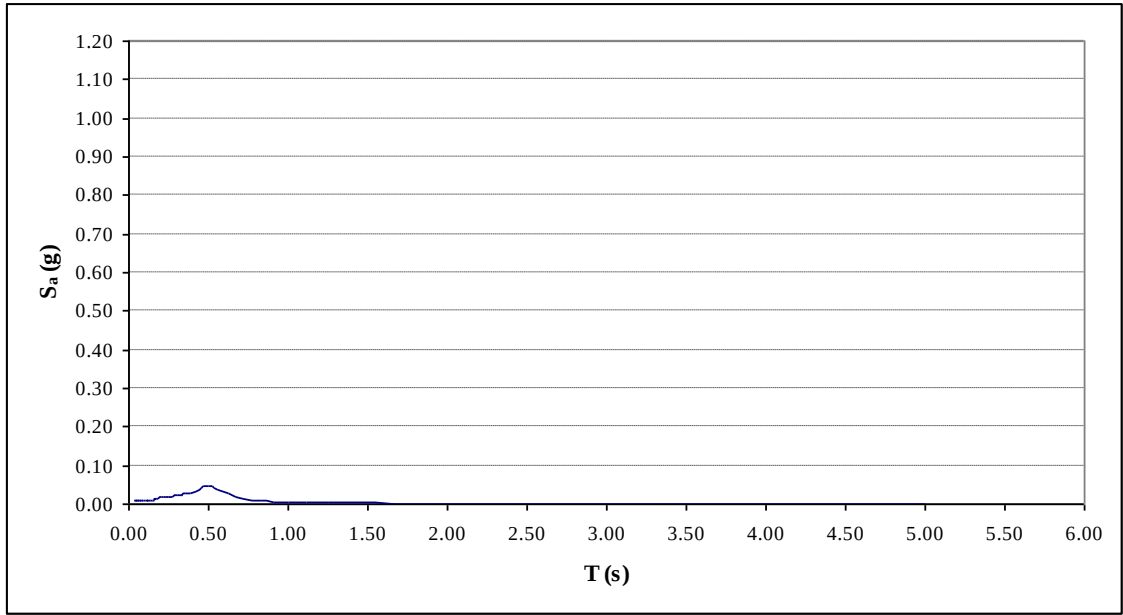
Şekil 6.189 Spektral ivme grafiği (Düzce Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



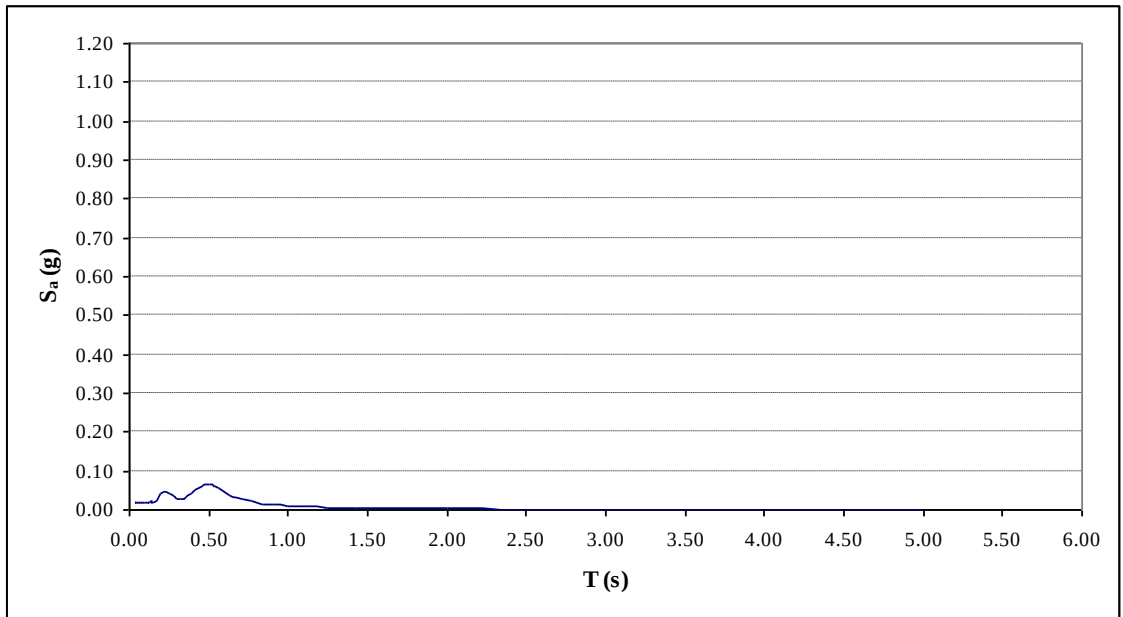
Şekil 6.190 Spektral ivme grafiği (Erzincan Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



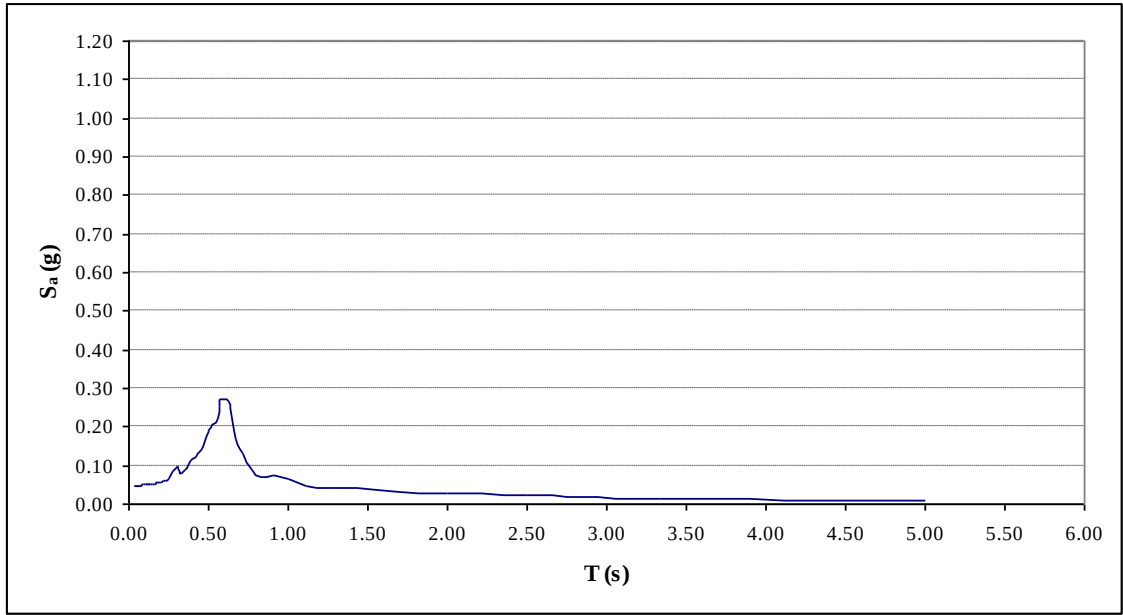
Şekil 6.191 Spektral ivme grafiği (Erzincan Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



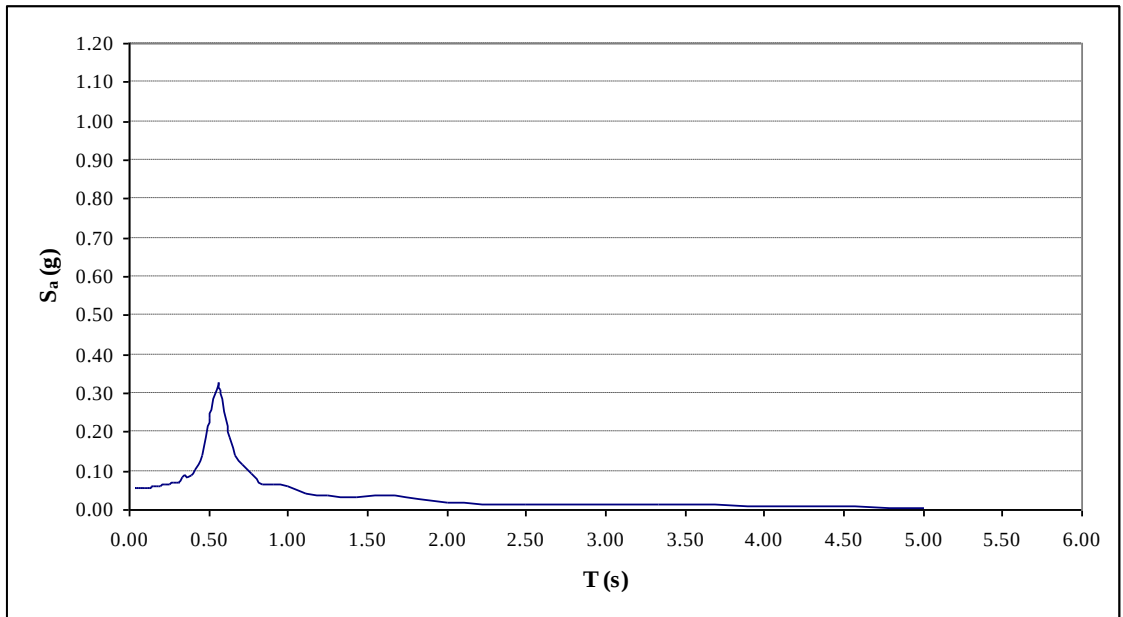
Şekil 6.192 Spektral ivme grafiği (İzmir Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



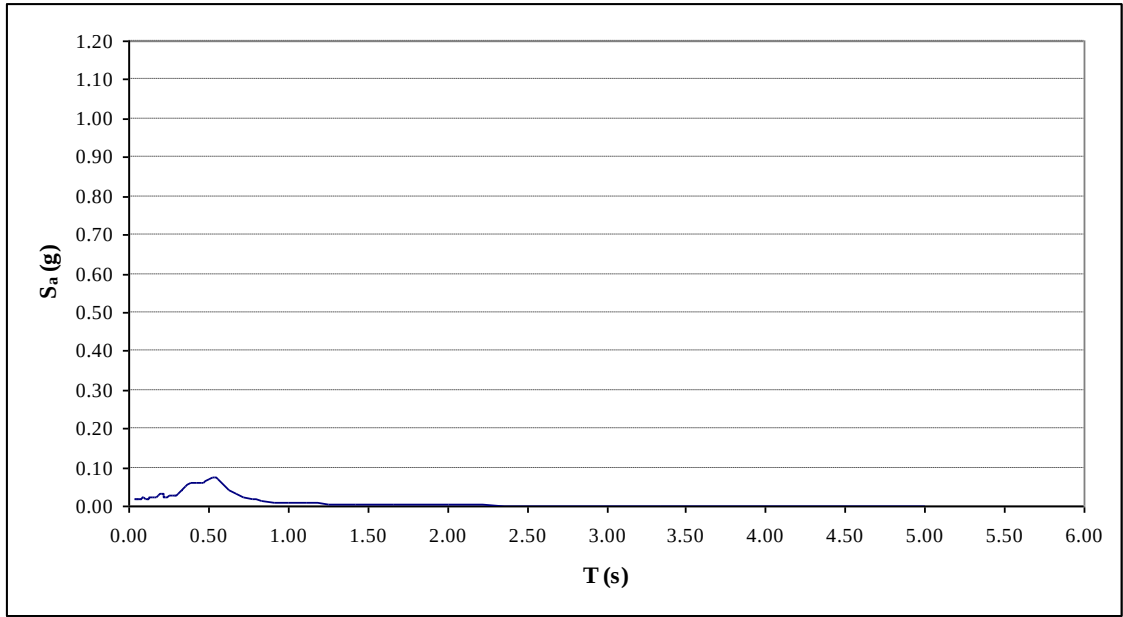
Şekil 6.193 Spektral ivme grafiği (İzmir Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



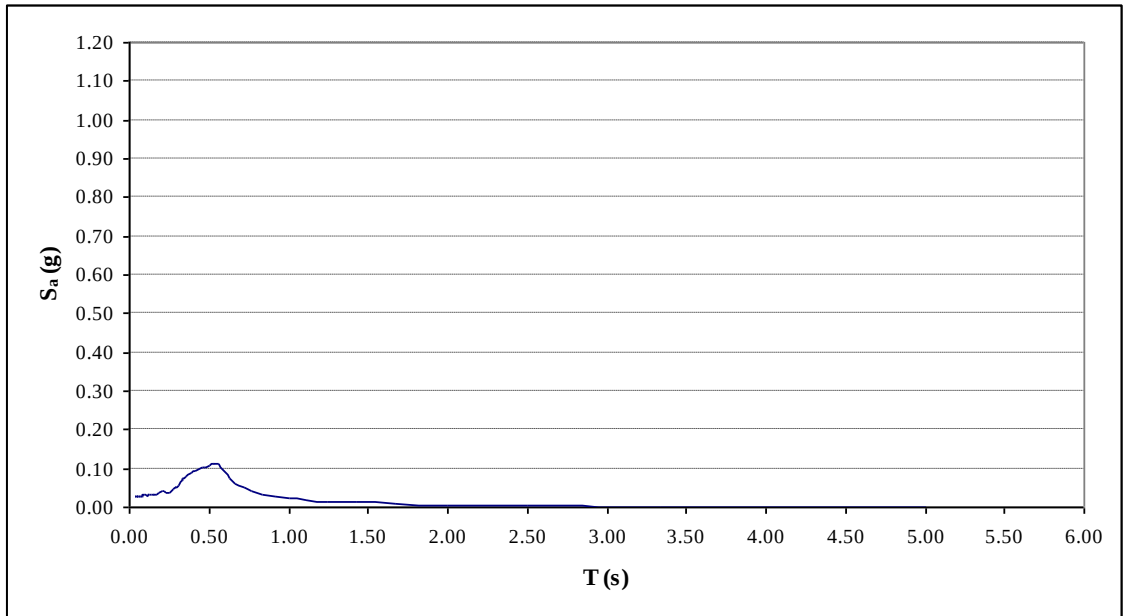
Şekil 6.194 Spektral ivme grafiği (İzmit Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



Şekil 6.195 Spektral ivme grafiği (İzmit Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



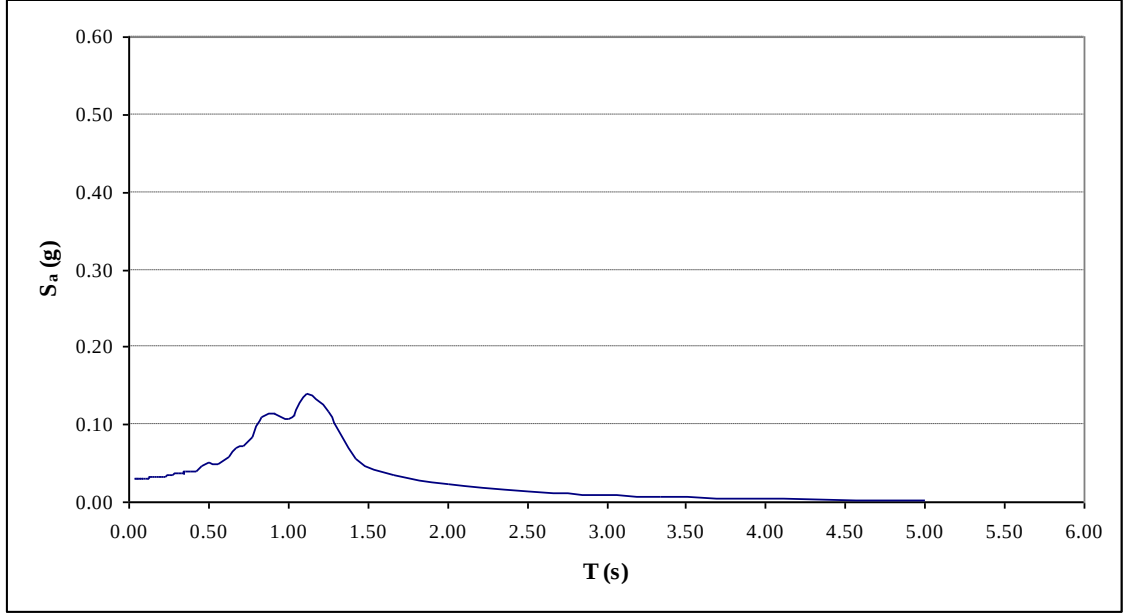
Şekil 6.196 Spektral ivme grafiği (Sakarya Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



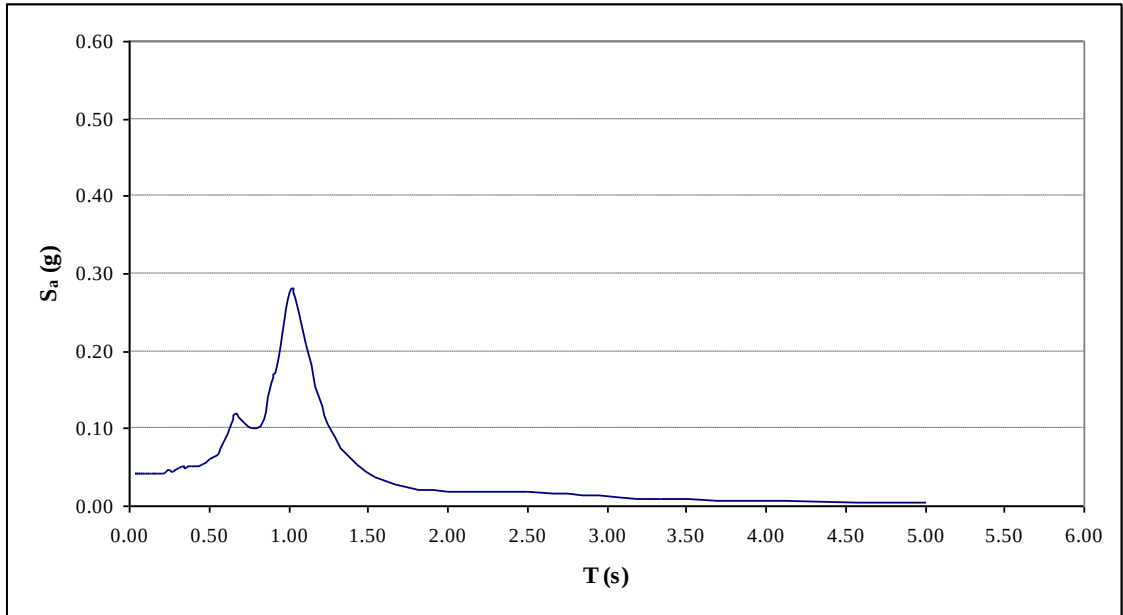
Şekil 6.197 Spektral ivme grafiği (Sakarya Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)

6.3.2.5 Bina 5 için spektral ivme grafikleri

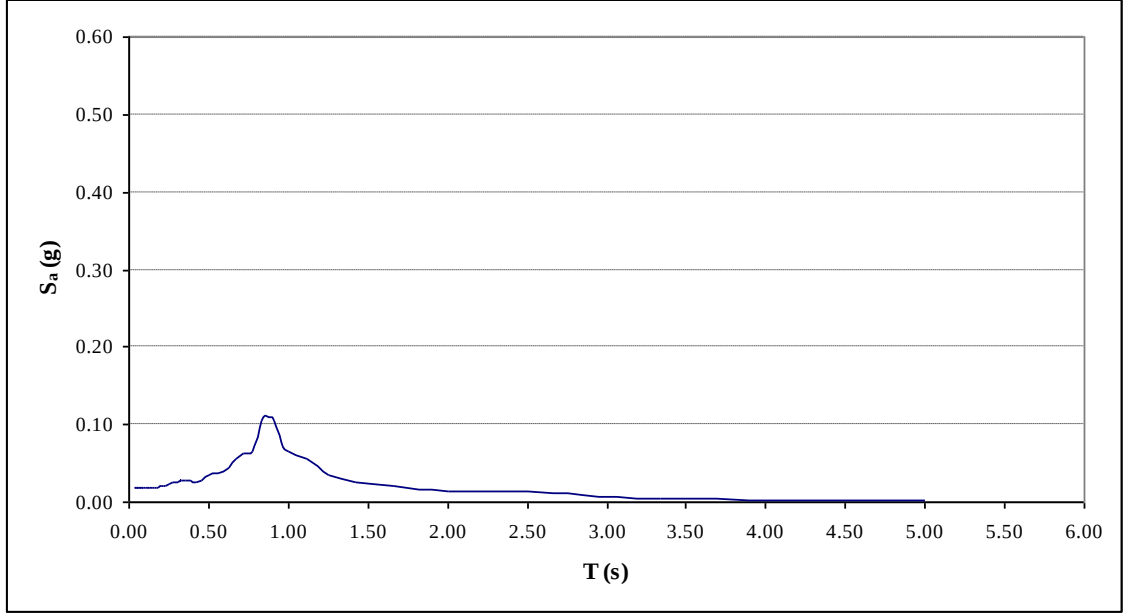
6.3.2.5.1 +7.50 kotu için spektral ivme grafikleri



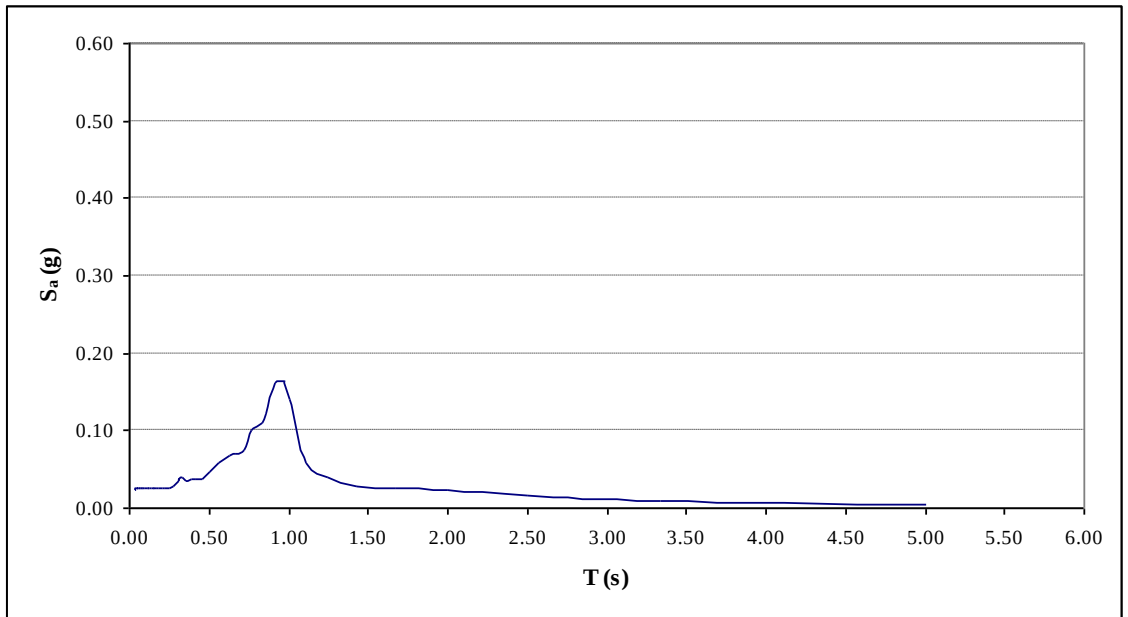
Şekil 6.198 Spektral ivme grafiği (Adana-Ceyhan Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



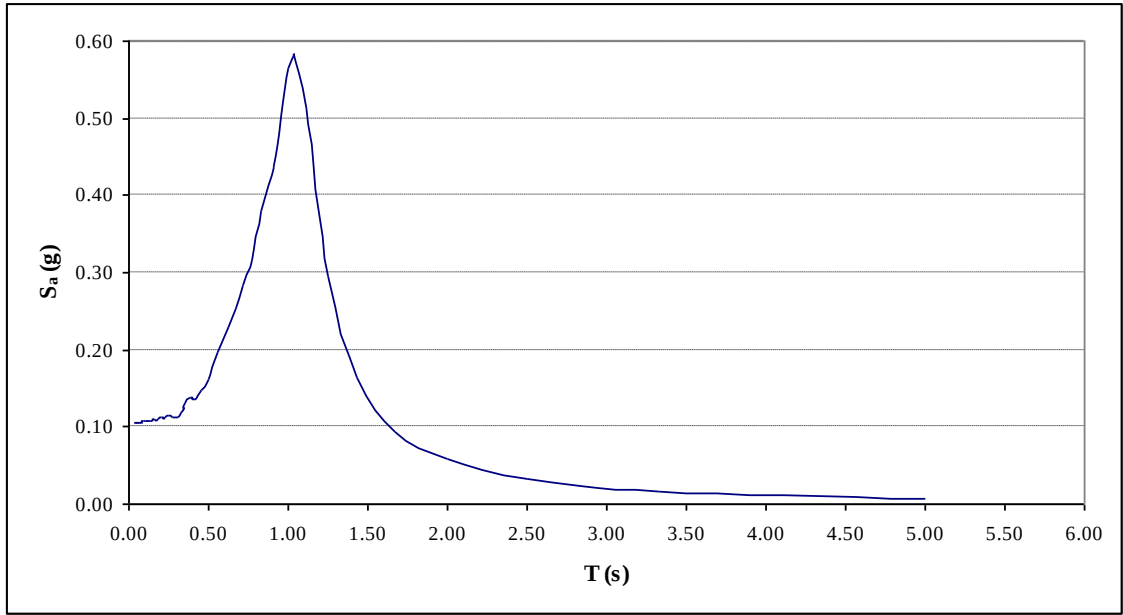
Şekil 6.199 Spektral ivme grafiği (Adana-Ceyhan Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



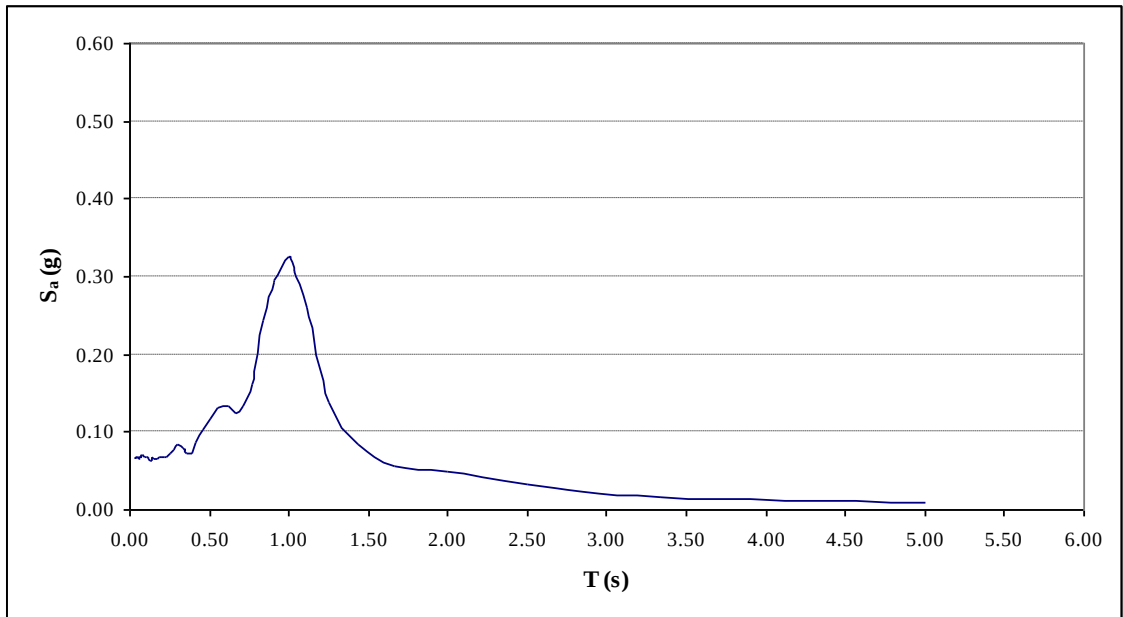
Şekil 6.200 Spektral ivme grafiği (Bingöl Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



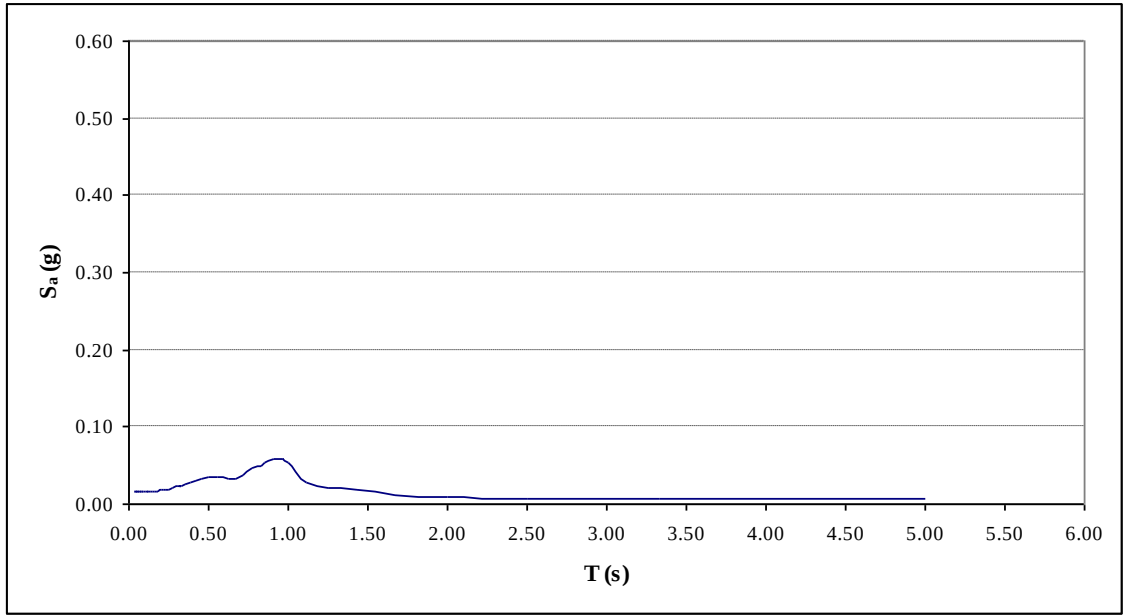
Şekil 6.201 Spektral ivme grafiği (Bingöl Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



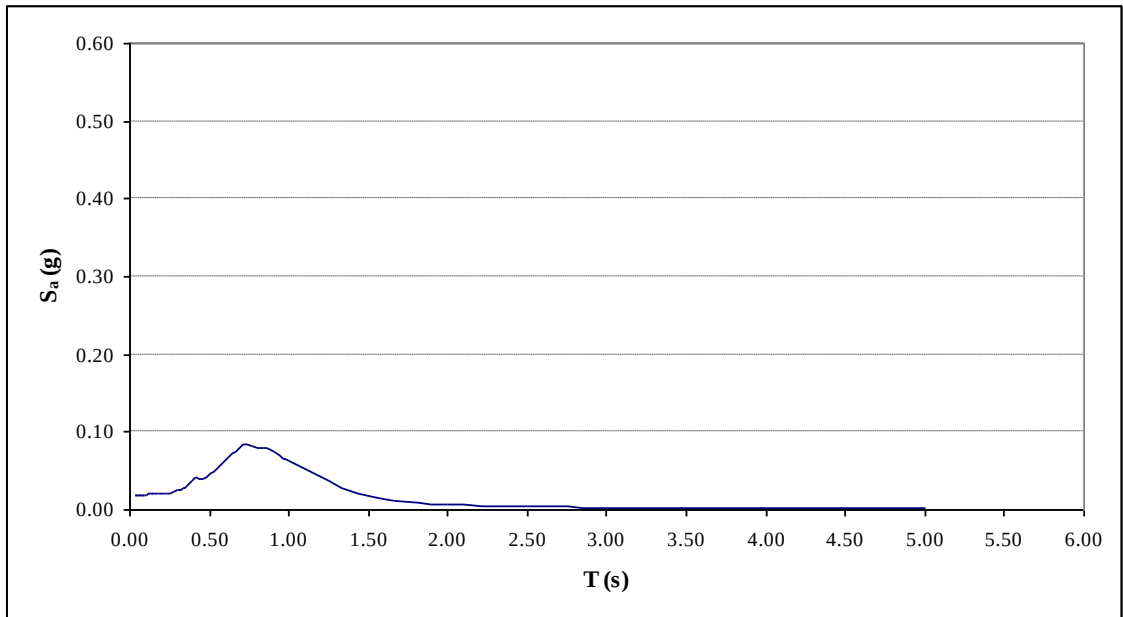
Şekil 6.202 Spektral ivme grafiği (Bolu Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



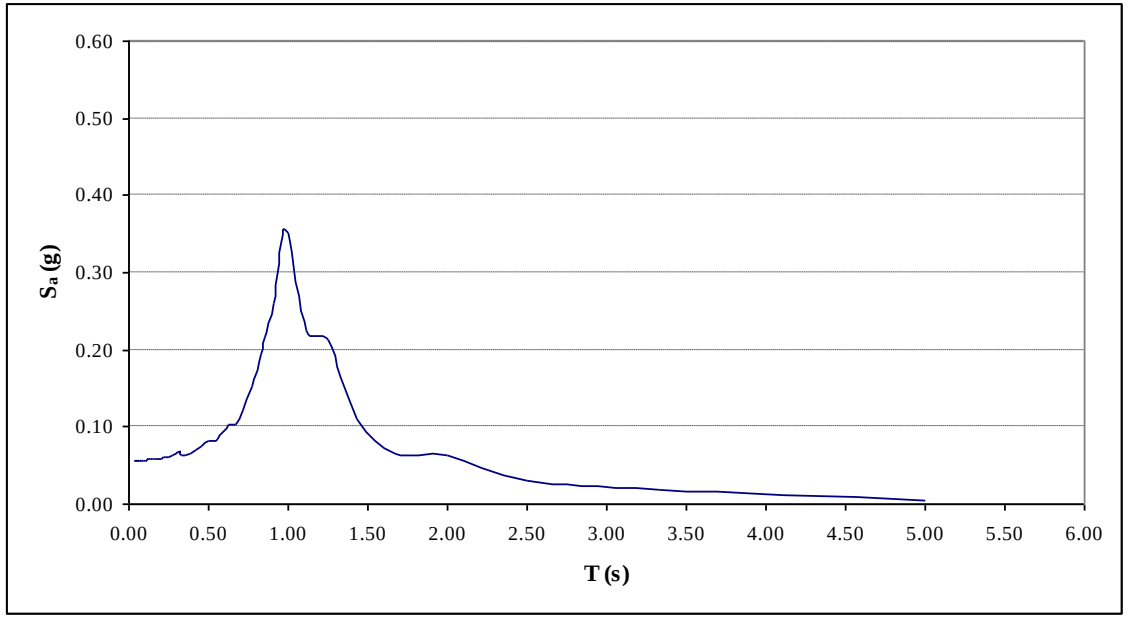
Şekil 6.203 Spektral ivme grafiği (Bolu Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



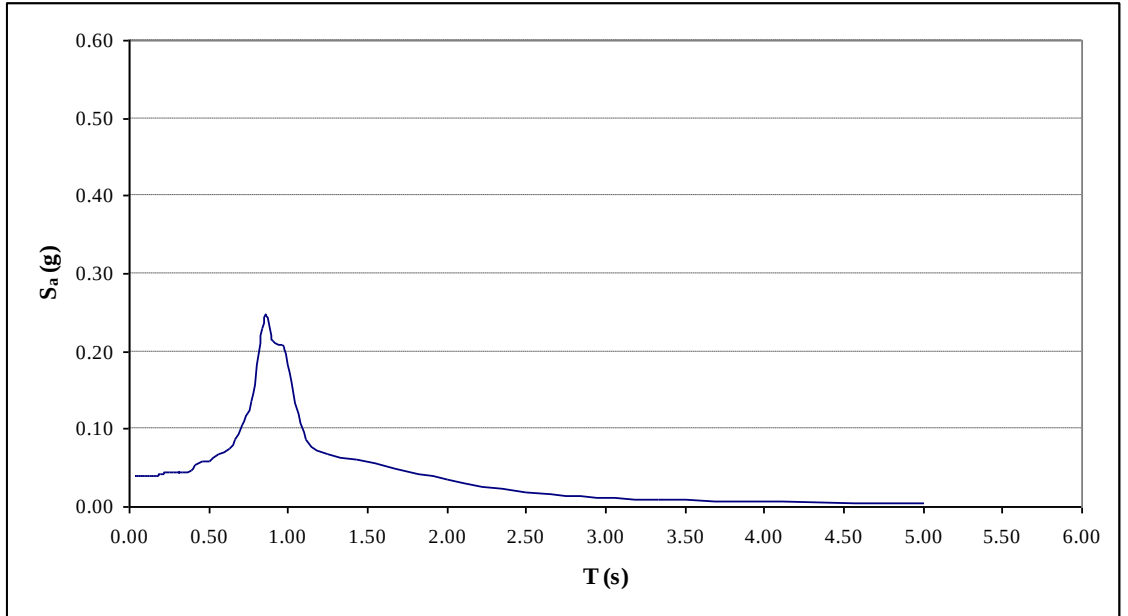
Şekil 6.204 Spektral ivme grafiği (Denizli Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



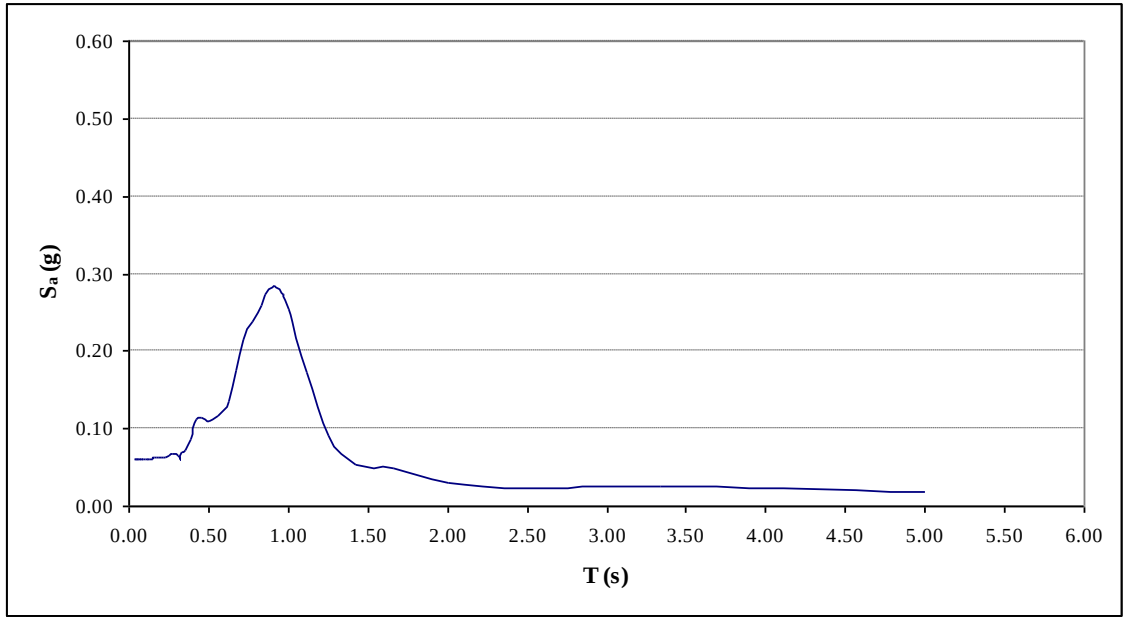
Şekil 6.205 Spektral ivme grafiği (Denizli Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



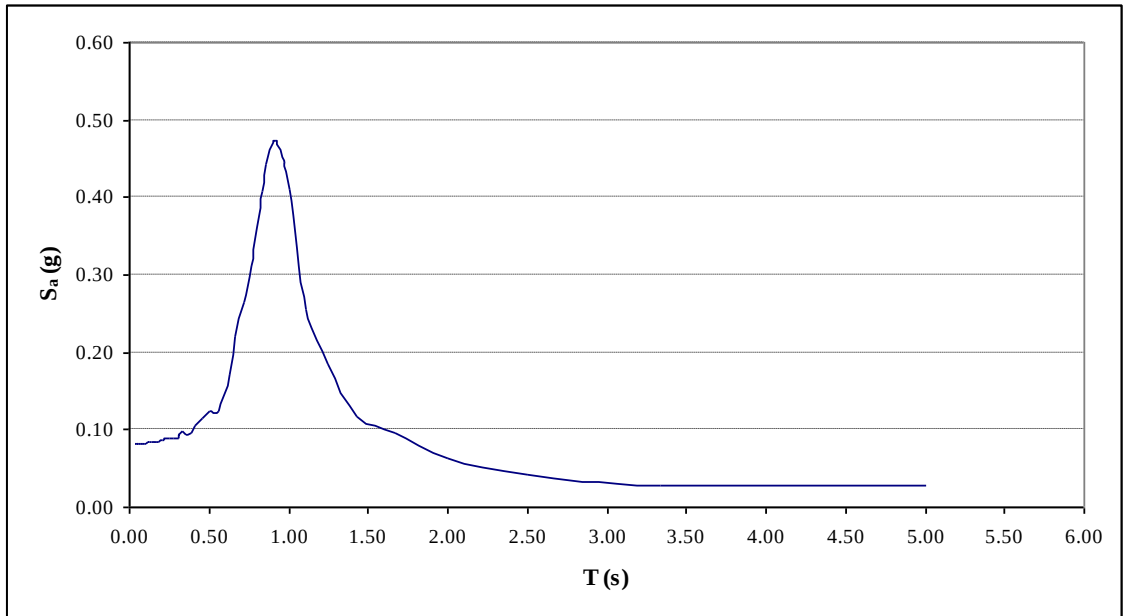
Şekil 6.206 Spektral ivme grafiği (Dinar Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



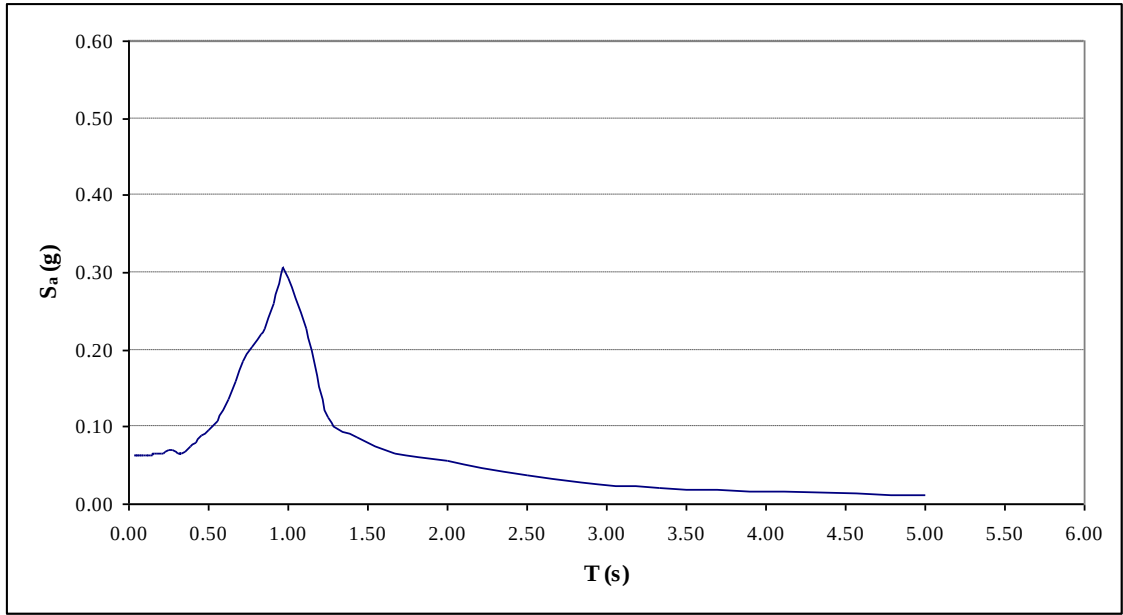
Şekil 6.207 Spektral ivme grafiği (Dinar Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



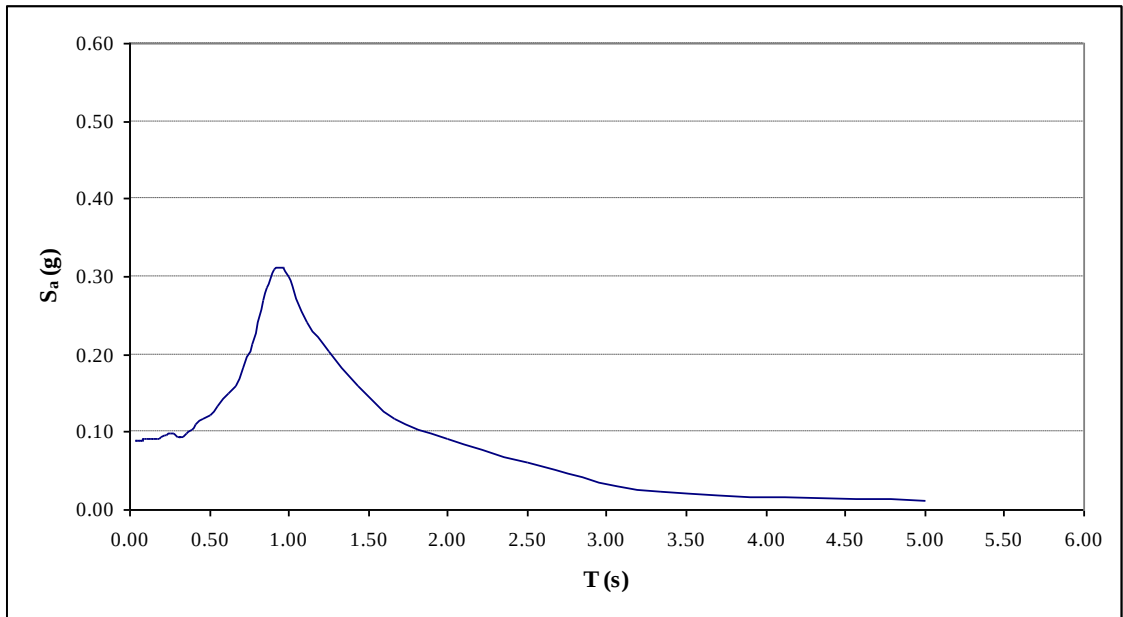
Şekil 6.208 Spektral ivme grafiği (Düzce Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



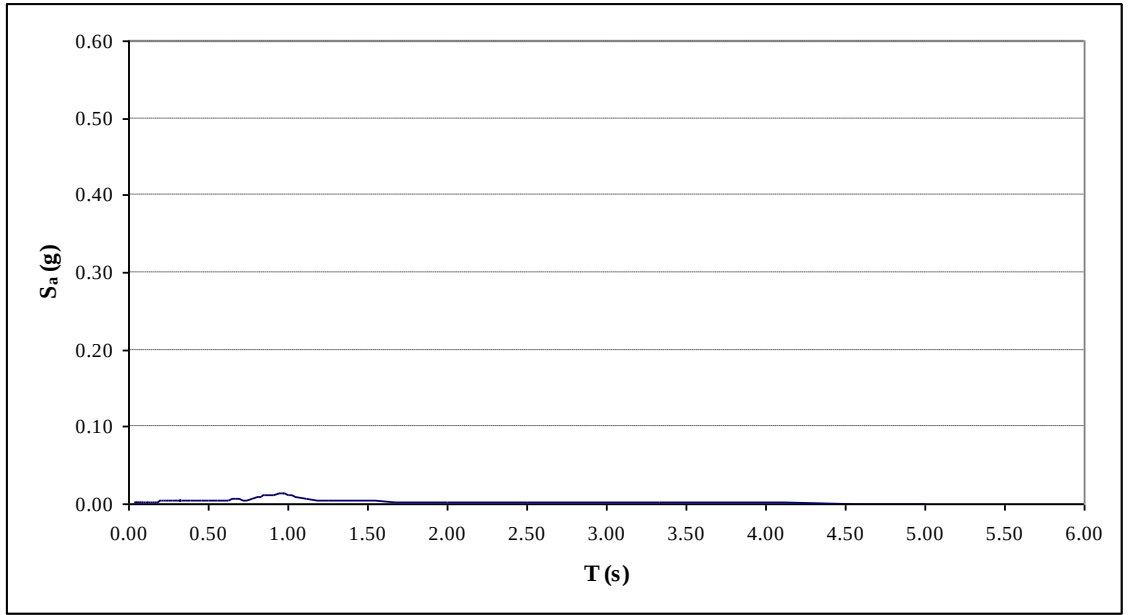
Şekil 6.209 Spektral ivme grafiği (Düzce Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



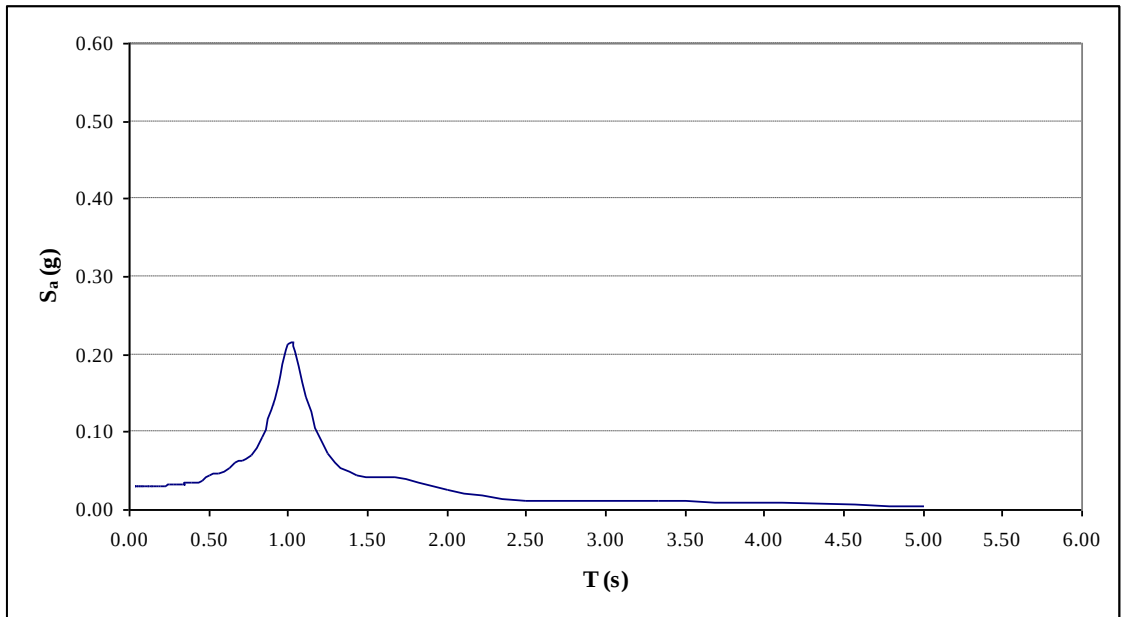
Şekil 6.210 Spektral ivme grafiği (Erzincan Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



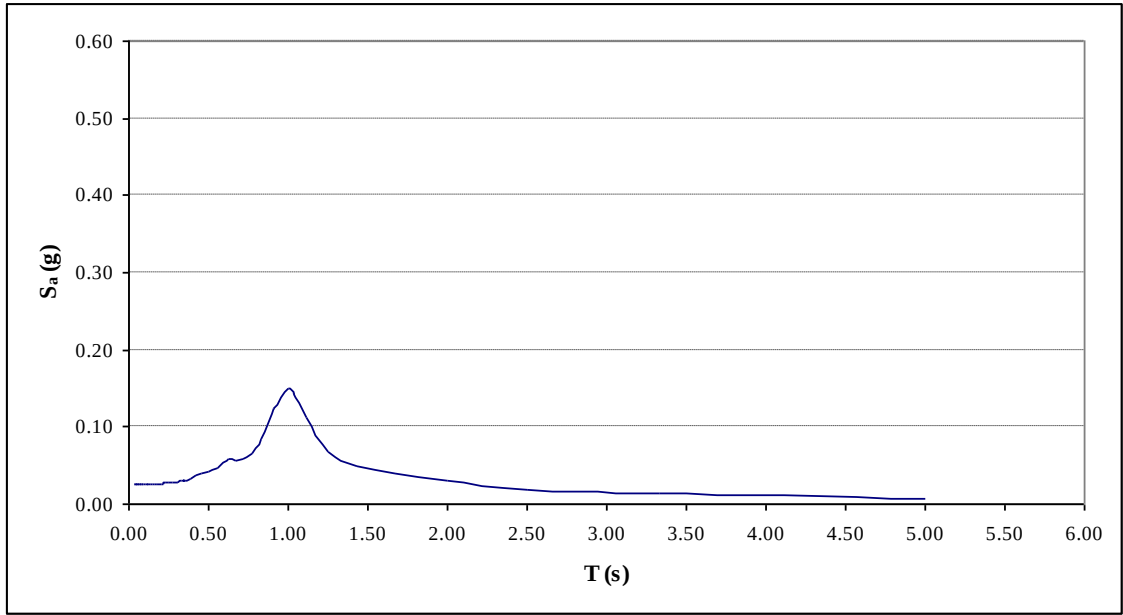
Şekil 6.211 Spektral ivme grafiği (Erzincan Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



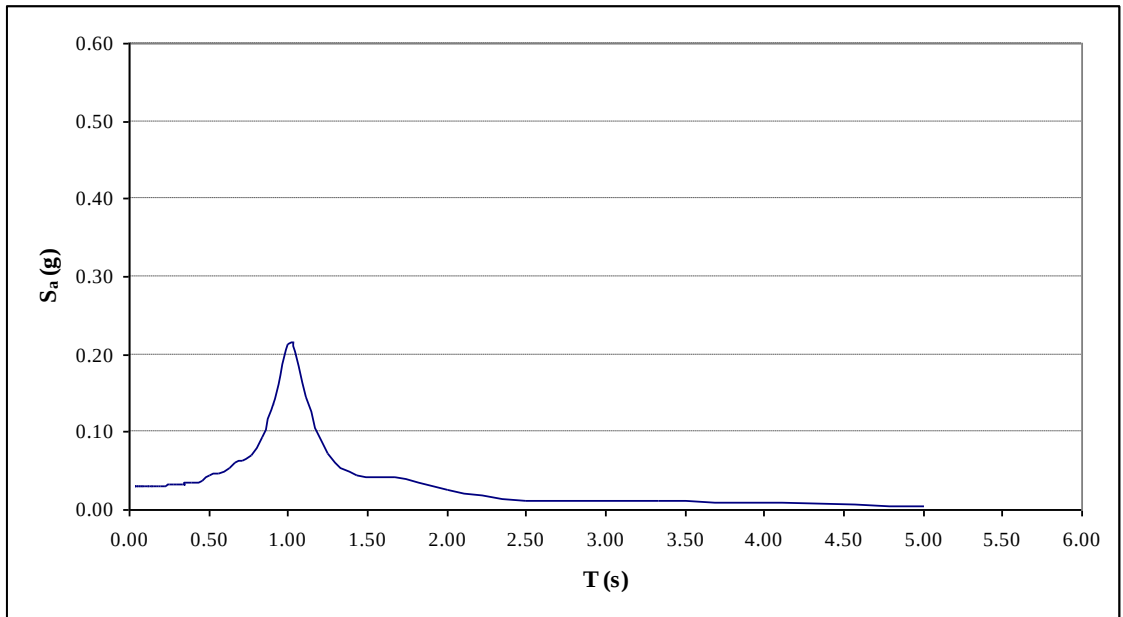
Şekil 6.212 Spektral ivme grafiği (İzmir Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



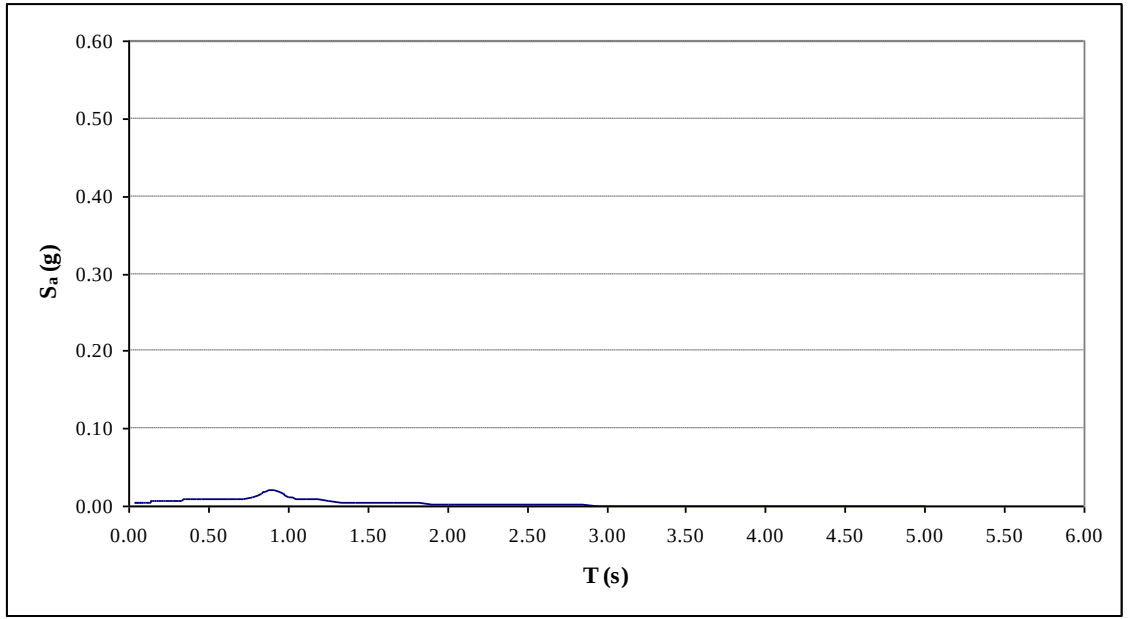
Şekil 6.213 Spektral ivme grafiği (İzmir Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



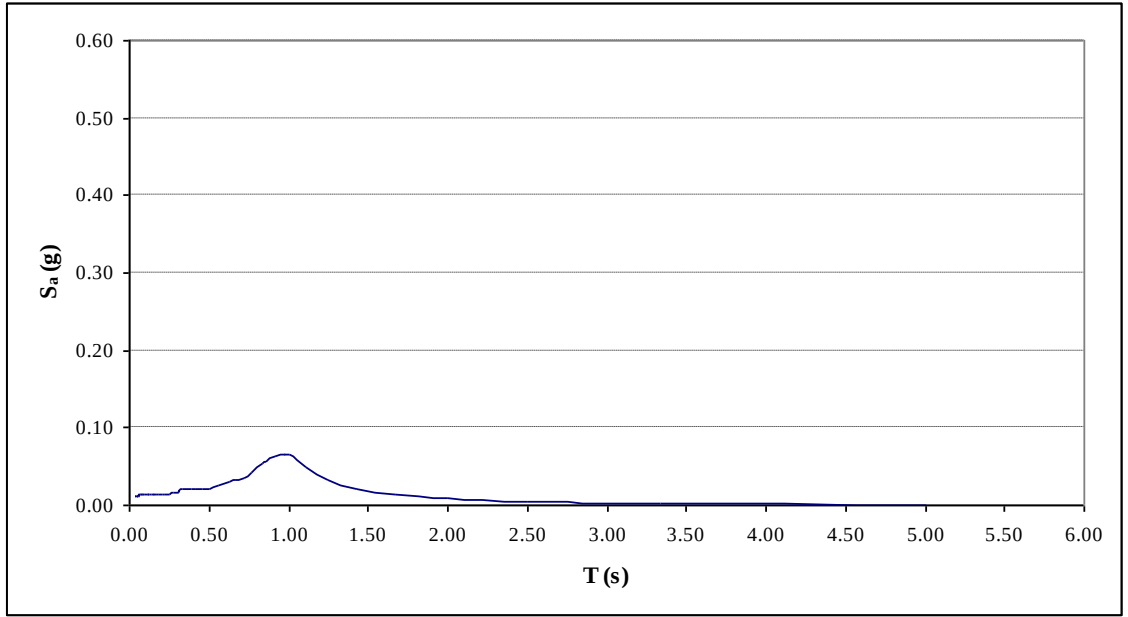
Şekil 6.214 Spektral ivme grafiği (İzmit Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



Şekil 6.215 Spektral ivme grafiği (İzmit Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)



Şekil 6.216 Spektral ivme grafiği (Sakarya Doğu-Batı yönü deprem ivme kaydı için)



Şekil 6.217 Spektral ivme grafiği (Sakarya Kuzey-Güney yönü deprem ivme kaydı için)

Çizelge 6.5 Binalar için maksimum spektral ivme [$S_a(g)$] değerleri

Deprem Kayıt İstasyonu	Yönü	Bina 1	Bina 2				Bina 3		Bina 4	Bina 5
		+7.00 Kotu	+3.50 Kotu	+5.60 Kotu	+6.50 Kotu	+4.00 Kotu	+7.00 Kotu	+4.50 Kotu	+7.50 Kotu	
Adana Ceyhan	D-B	0.255	0.087	0.572	0.581	0.252	0.715	0.420	0.140	
	K-G	0.351	0.070	0.605	0.233	0.278	0.720	0.487	0.282	
Bingöl	D-B	0.191	0.059	0.205	0.144	0.069	0.178	0.154	0.112	
	K-G	0.094	0.154	0.418	0.201	0.146	0.296	0.457	0.165	
Bolu	D-B	0.722	0.192	1.060	1.084	0.397	0.971	0.746	0.583	
	K-G	0.427	0.155	0.507	0.361	0.167	0.818	1.177	0.326	
Denizli	D-B	0.073	0.057	0.141	0.199	0.052	0.182	0.277	0.058	
	K-G	0.066	0.109	0.393	0.259	0.104	0.249	0.359	0.084	
Dinar	D-B	0.258	0.087	0.362	0.200	0.115	0.278	0.270	0.356	
	K-G	0.163	0.144	0.285	0.280	0.142	0.279	0.256	0.247	
Düzce	D-B	0.358	0.144	0.519	0.369	0.184	0.486	0.569	0.284	
	K-G	0.347	0.238	0.625	0.525	0.217	0.431	0.326	0.473	
Erzincan	D-B	0.281	0.150	0.774	0.393	0.282	0.775	0.310	0.307	
	K-G	0.286	0.137	0.328	0.308	0.114	0.215	0.234	0.312	
İzmir	D-B	0.013	0.034	0.036	0.033	0.032	0.037	0.047	0.013	
	K-G	0.019	0.087	0.052	0.039	0.080	0.045	0.066	0.215	
İzmit	D-B	0.231	0.069	0.271	0.233	0.094	0.303	0.271	0.149	
	K-G	0.263	0.045	0.141	0.107	0.070	0.173	0.330	0.215	
Sakarya	D-B	0.027	0.104	0.054	0.046	0.099	0.074	0.075	0.020	
	K-G	0.065	0.037	0.110	0.057	0.034	0.075	0.111	0.066	

Spektral ivme grafikleri “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik”[1]’te belirtildiği gibi %5 sönüme göre elde edilmiştir. İncelenen beş adet prefabrik yapı her kot seviyesinde ele alınmış ve 20 adet deprem kayıt datası için toplam 160 adet grafik oluşturulmuştur. Bu grafiklerdeki maksimum spektral ivme değerleri Çizelge 6.5’ te verilmiştir. İncelenen binalarda tasarım kriterleri uygulanırken Çizelge 6.5’ te her sütunda kalın rakamlarla belirtilmiş olan maksimum spektral ivme değerleri kullanılır.

Spektral ivme değerlerinin binaların periyotları, kat seviyeleri, maksimum deprem ivme değerleri ve sönüm oranlarına göre değiştii görölmüştür. Bu çalışma esnasında yapı elemanları için tanımlanmış olan %5 sönüm oranı haricinde burada gösterilmemiş olan %10 ve %20 sönüm oranları için de tetkikler yapılmıştır. Sönüm oranı arttıkça binaların kapasiteleri de artmakta olup, kat seviyesi arttıkça spektral ivme değerleri artmaktadır. İncelenen spektral ivme ve kapasite spektrumları göz önüne alınarak binaların performans durumları yorumlanmış ve aşağıda Çizelge 6.6’ da verilmiştir.

Çizelge 6.6 Binaların performans seviyeleri

BİNALAR	PERFORMANS SEVİYESİ	PERFORMANS ARALIĞI	KOD
BİNA 1		Hasar Kontrol	S-2
BİNA 2	Can Güvenliği		S-3
BİNA 3		Hasar Kontrol	S-2
BİNA 4		Sınırlı	S-4
BİNA 5	Can Güvenliği		S-3

Çizelge 6.6’da belirlenen performans seviye ve aralıkları tüm beş bina için kapasite spektrum değerlendirmeleri (Sayfa 62-63) ve maksimum spektral ivme değerlerinden (Çizelge 6.5) yararlanılarak elde edilmiştir. Değerlendirmeler ise binaların kapasite ve tepkileri arasındaki ilişki incelenerek ve spektral ivmelerin ulaştığı maksimum noktalar dikkate alınarak yapılmıştır.

BÖLÜM VII

SONUÇLAR

Performansa dayalı tasarım esasları özellikle deprem riskinin yüksek olduğu yerlerde yapılacak binaların güvenliği açısından büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada ele alınan prefabrik binaların çeşitli depremler anında vereceği tepkiler ve kapasiteleri incelenmiştir. Analizler SAP2000[2] yapısal analiz programıyla gerçekleştirilmiş ve analizlerde ülkemizde daha önce yaşanmış olan büyük depremlere ait ivme kayıtları kullanılmıştır. Kullanılan 20 adet deprem ivme kaydının maksimum ivme değerleri 0.12g ile 0.82g arasında değişmektedir.

Sanayi sektörünün yoğun olduğu yerlerde yapılan prefabrik yapıların deprem açısından güvenliğinin sağlanması çalışanlar açısından büyük önem taşımaktadır. Çalışmamızda deprem riski yüksek sanayi bölgelerinde inşa edilmiş beş adet prefabrik yapı ele alınmıştır. Projelendirilmesi ve analizleri yapılan binaların özellikle şiddetli depremlere maruz kaldıklarında güven arz etmedikleri gözlenmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda bina periyotları, performans noktaları, maksimum spektral ivme değerleri ve performans seviyeleri incelenmiş ve yorumlanmıştır. İncelenen beş bina için etkin periyotlar sırasıyla 1.04s, 0.71s, 0.79s, 0.53s ve 0.96s çıkmıştır. Bu çalışmada kullanılan 20 adet deprem kaydının maksimum spektral ivme değerlerine bakıldığında ise büyük oranda(Çizelge 6.5'te 8 sütunun 7'sinde) Bolu Doğu-Batı deprem kaydı için maksimum değerlerin elde edildiği görülmüştür. Binaların performans seviye ve aralıklarına bakıldığında ise; Bina 1 ve Bina 3'ün hasar kontrol performans aralığında, Bina 4'ün sınırlı performans aralığında, Bina 2 ve Bina 5'in ise can güvenliği performans seviyesinde olduğu tespit edilmiştir(Çizelge 6.6).

Performansa dayalı tasarım ülkemizde henüz yaygın olarak kullanılmamaktadır. Ancak yapılan incelemeler sonucunda bu yaklaşımın diğer yaklaşımlara oranla daha gerçekçi sonuçlar verdiği görülmüştür[9-12,16-19]. Bu nedenle gelişen teknoloji ile birlikte depreme dayanıklı yapı tasarımında ülkemizde bu yöntemin uygulanması hem mühendisler hem de bu tip yapılarda barınacak insanlar için daha üst düzeyde güvenlik sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (DBYYHY), Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, 2007.
- [2] Computers and Structures Inc. (CSI) SAP2000 Analysis Reference, California, U.S.A., 2001.
- [3] Celep.Z., Kumbasar.N., Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, İstanbul, 2004.
- [4] Celep.Z., Kumbasar.N., Yapı Dinamiği, İstanbul, 2001.
- [5] Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları (TS500), Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2000.
- [6] Yapı Elemanları Taşıyıcı Sistemler ve Binalar - Prefabrike Betonarme ve Öngerilimli Betondan- Hesap Esasları ile İmalat ve Montaj Kuralları (TS 9967), Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1992.
- [7] Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri (TS498), Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1997.
- [8] Sezer.R., Prefabrik Yapıların Tasarımı, Konya, 2006.
- [9] Shibata, A. and Sozen, M.A., Substitute-Structure Method for Seismic Design in Reinforced Concrete, Journal of Structural Division, ASCE, 102(3), 1-18, 1976.
- [10] Shimazaki, K. and Sozen, M.A., Seismic Drift of Reinforced Concrete Structures, Technical Research Report of Hazama-Gumi Ltd., Japan, 145-166, 1984.
- [11] Lepage, A., A Method for Drift Control in Earthquake Resistant Design of RC Building Structures, Ph.D. Thesis, University of Illinois, Urbana-Champaign, Illinois, U.S.A., 1997.
- [12] Öztürk. B., Seismic Drift Response of Building Structures in Seismically Active and Near-Fault Regions, Ph.D. Thesis, Purdue University, W.Lafayette, Indiana, U.S.A, 2003.
- [13] Özer.E., Performansa Dayalı Tasarım ve Değerlendirme, İstanbul, 2005.
- [14] ATC-40, Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, U.S.A., 1996.
- [15] Takeda T., Sozen M., Nielsen N., Reinforced concrete response to simulated earthquakes. Journal of the Structural Division, ASCE; 96(ST12):2557-73, 1970.

- [16] Öztürk. B., Demiralın, F., Yüksek Riskli Deprem Bölgesindeki Bir Prefabrik Yapının Farklı Yer Hareketleri Etkisindeki Sismik Davranışının İncelenmesi, 6. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, 2007.
- [17] Öztürk. B., Demiralın, F., Cıvlek, Ö. Seismic Drift Response of Precast Concrete Building Structures Located in Earthquake-Prone Regions in Turkey Considering Nonlinear Analysis Procedures, 14th World Conference on Earthquake Engineering, Beijing, China, 2008.
- [18] Öztürk. B., Sadak, M., Demiralın, F., Application of Capacity Spectrum Method for Performance Assessment of Industrial Building Structures Located in Earthquake-Prone Regions in Turkey, International Earthquake Symposium, Kocaeli, 2009.
- [19] Demiralın. F., Türkiye’de Mevcut Şartnamelere göre Tasarlanmış Prefabrik Yapıların Sismik Davranışının Farklı Analiz Yöntemleri Kullanılarak İncelenmesi, Niğde, Temmuz 2009.
- [20] Deprem Araştırma Dairesi, <http://www.deprem.gov.tr>, Ankara.