

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**DOĞU MARMARA'DA DEPREM VE PATLATMA
VERİLERİNİN AYIRT EDİLMESİ VE İSTASYON BAZLI
AYRIM DENKLEMLERİNİN ELDE EDİLMESİ**

MUSTAFA BİRDEM

KOCAELİ 2019

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DOĞU MARMARA'DA DEPREM VE PATLATMA
VERİLERİNİN AYIRT EDİLMESİ VE İSTASYON BAZLI
AYRIM DENKLEMLERİNİN ELDE EDİLMESİ

MUSTAFA BİRDEM

Prof. Dr. Fadime SERTÇELİK
Danışman, Kocaeli Üniv.
Prof. Dr. Murat UTKUCU
Jüri Üyesi, Sakarya Üniv.
Doç. Dr. T. Serkan IRMAK
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv.


.....

.....

.....

Tezin Savunulduğu Tarih: 04.07.2019

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Deprem katalogları, genellikle doğal ve yapay kaynaklı olayların karışımını içerir. Kataloglarda, geçmişte olan aktiviteye yönelik yapılan yanlış yorumlamalar nedeniyle, bölgenin sismisite modellerinde değişikliklere neden olabilir. Bu nedenle, sismisitenin herhangi bir istatistiksel analizinden önce, anlamlı bilgilerin elde edilmesi için yapay kaynaklı kirlenmeler araştırılmalı ve ayırt edilmelidir. Depremler ve taş ocağı patlamalarının ayrılmasında temel zorluk dalga formlarındaki benzerliktir. Manuel ayırım zaman alıcı bir işlemdir ve bazı durumlarda güvenilir hale gelir. Bu nedenle, birçok yöntem denenerek yüksek doğrulukta kataloglar elde edilmesi sismolojik çalışmalarda önemli bir konudur.

Doğu Marmara (Kocaeli-Sakarya-Düzce-Bolu) bölgesinde 2017 yılında meydana gelen olayların araştırıldığı bu çalışmada, düşey hız sismogramlarının maksimum S dalgası genliği ile maksimum P dalgası genlikleri oranının (S/P), S dalgası genliklerinin logaritmaları ile karşılaştırılması yöntemi, karmaşıklık (C) ile spektral (Sr) oran yöntemi ve sürekli dalgacık dönüşümü (SDD) yöntemleri kullanılmıştır. Böylece bu araştırma sonuçlarının gelecekte bu bölgede yapılacak olan tektonik çalışmalar ve sismik risk analizi konularında yer bilimcilerin çalışmalarına yardımcı olmasını ümit ederim.

Konuyu şahsıma öneren, yüksek lisans tez danışmanım olarak beni onurlandıran, tez çalışma süreci içerisinde bilgi ve birikimleriyle beni yönlendiren, teşvik eden ve sabır gösteren tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Fadime SERTÇELİK'e teşekkürlerimi sunarım.

Tez hazırlama sürecinde beni motive eden, cesaretlendiren ve bilgilerini benimle paylaşan Arş. Gör. Sayın Evrim Yavuz'a ve Arş. Gör. Sayın Hamdullah Livaoğlu'na çok teşekkür ederim.

Yüksek Lisans tez çalışmam sırasında gösterdikleri sabır, anlayış ve destekten dolayı babam Ahmet BİRDEM, annem Emine BİRDEM ve kardeşlerime şükranlarımı sunarım.

Süreç içerisinde verdikleri destek ve gösterdikleri anlayıştan ötürü iş arkadaşlarım Jeofizik Mühendisleri Sayın Ergün MORGİL ve Ahmet ÖZDEMİR'e Jeoloji Mühendisleri Sayın Musa ZENGİNCE ve Nezir MAVİ'ye minnet duygularımı sunarım.

Haziran – 2019

Mustafa BİRDEM

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
TABLolar DİZİNİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	x
ÖZET.....	xii
ABSTRACT	xiii
GİRİŞ	1
1. DEPREMLER VE PATLATMALAR	6
1.1. Depremler.....	6
1.1.1. Tektonik depremler	6
1.1.2. Volkanik depremler	7
1.1.3. Çöküntü depremler	8
1.2. Deprem Parametreleri	8
1.2.1. Odak noktası (Hiposantr)	8
1.2.2. Dış merkez (Episantr).....	8
1.2.3. Odak derinliği	8
1.2.4. Büyüklük	9
1.3. Sismik Dalgalar	10
1.3.1. Cisim dalgaları.....	11
1.3.2. Yüzey dalgaları.....	11
1.4. Deprem Enerjisi.....	12
1.5. Küçük Ölçekli Yapay Kaynaklı Sarsıntılar	14
1.5.1. Patlatma olayının tarihsel gelişimi	17
1.6. Büyük Ölçekli Yapay Kaynaklı Sarsıntılar (Nükleer Patlatmalar)	18
1.6.1. Nükleer denemelerin izlenmesi ve tarihsel gelişimi.....	18
2. DEPREM VE PATLATMA VERİLERİ ARASINDAKİ FARKLAR VE AYIRT ETME YÖNTEMLERİ	20
2.1. Basit Yöntemler.....	21
2.1.1. P dalgasının ilk hareket yönüne göre ayırım	21
2.1.2. S dalgası genliğine göre ayırım	21
2.1.3. Magnitüde göre ayırım	22
2.1.4. Lokasyona (Konum) göre ayırım	22
2.1.5. Derinliğe göre ayırım	22
2.1.6. Kaynak mekanizmasına göre ayırım	23
2.2. Genlik Oranı Yöntemi	25
2.3. Karmaşıklık Yöntemi (C-Sr).....	26
2.4. Sürekli Dalgacık Dönüşümü (SDD) Yöntemi.....	27
2.5. İstatistiksel Yaklaşım Yöntemi	27
2.6. m_b - M_s Ayırımı Yöntemi	28
2.7. Algoritma Tabanlı Yöntemler	29
2.8. Koda Azalım Oranı Yöntemi	30
2.9. P_n/S_n ve P_n/L_g Genlik Oranları Yöntemi.....	31

3. ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ VE TEKTONİK ÖZELLİKLERİ	33
4. DOĞU MARMARA'DA OLUŞAN SİSMİK OLAYLARIN AYIRT EDİLMESİ	36
4.1. Verilerin Özellikleri	36
4.2. Çalışma Alanının Seçilmesi ve Verilerin İşlenmesi.....	38
4.3. Verilere Ayırt Etme Yöntemlerinin Uygulanması ve İstasyon Bazlı Ayırım Denklemlerinin Elde Edilmesi Çalışmaları	41
4.3.1. BCAM istasyonu ayırım denklemlerinin elde edilmesi, frekans ortamı ayırım işlemleri ve analiz sonuçları	42
4.3.2. BOLU istasyonu ayırım denklemlerinin elde edilmesi, frekans ortamı ayırım işlemleri ve analiz sonuçları	45
4.3.3. DEVR istasyonu ayırım denklemlerinin elde edilmesi, frekans ortamı ayırım işlemleri ve analiz sonuçları	47
4.3.4. GBZ istasyonu ayırım denklemlerinin elde edilmesi, frekans ortamı ayırım işlemleri ve analiz sonuçları	49
4.3.5. GEYV istasyonu ayırım denklemlerinin elde edilmesi, frekans ortamı ayırım işlemleri ve analiz sonuçları	52
4.3.6. GULT istasyonu ayırım denklemlerinin elde edilmesi, frekans ortamı ayırım işlemleri ve analiz sonuçları	54
4.3.7. HISA istasyonu ayırım denklemlerinin elde edilmesi, frekans ortamı ayırım işlemleri ve analiz sonuçları	56
4.3.8. HRTX istasyonu ayırım denklemlerinin elde edilmesi, frekans ortamı ayırım işlemleri ve analiz sonuçları	59
4.3.9. KAND istasyonu ayırım denklemlerinin elde edilmesi, frekans ortamı ayırım işlemleri ve analiz sonuçları	61
4.3.10. KAYN istasyonu ayırım denklemlerinin elde edilmesi, frekans ortamı ayırım işlemleri ve analiz sonuçları	63
4.3.11. KIBS istasyonu ayırım denklemlerinin elde edilmesi, frekans ortamı ayırım işlemleri ve analiz sonuçları	66
4.3.12. MNGN istasyonu ayırım denklemlerinin elde edilmesi, frekans ortamı ayırım işlemleri ve analiz sonuçları	68
4.3.13. SAHE istasyonu ayırım denklemlerinin elde edilmesi, frekans ortamı ayırım işlemleri ve analiz sonuçları	70
4.3.14. SEMS istasyonu ayırım denklemlerinin elde edilmesi, frekans ortamı ayırım işlemleri ve analiz sonuçları	73
4.3.15. YIGI istasyonu ayırım denklemlerinin elde edilmesi, frekans ortamı ayırım işlemleri ve analiz sonuçları	75
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	79
KAYNAKLAR	86
EKLER	93
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER	101
ÖZGEÇMİŞ	102

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Deprem merkez üslerinin veri kataloğuna bağlı olarak büyük ana litosfer plakalarına göre dağılımı.....	7
Şekil 1.2.	Yatay düzlemde yayılan cisim ve yüzey dalgalarının şematik gösterimi a) P dalgası b) S dalgası c) Rayleigh dalgası d) Love dalgası.....	13
Şekil 1.3.	Bazı insan kaynaklı ve doğal olayların enerji büyüklük (MW) değişim grafiği.....	14
Şekil 1.4.	Patlatma esnasında meydana gelen enerji türleri	15
Şekil 2.1.	Depremler ve patlatmalar için yayılma düzenlerinin farklılıkları.....	25
Şekil 3.1.	İstanbul-Zonguldak Zonu ve Armutlu-Almacık Zonu'nun jeoloji haritası	33
Şekil 4.1.	Verileri kullanılan istasyonların (sarı üçgenler) ve fayların (kırmızı çizgiler) bölgedeki dağılımı	37
Şekil 4.2.	Taş ocaklarının (mavi beşgenler) ve fayların (kırmızı çizgiler) bölgedeki dağılımı	38
Şekil 4.3.	Çalışılan sismik olayların (yeşil daireler), istasyonların (sarı üçgenler), taş ocaklarının (mavi beşgenler) ve fayların (kırmızı çizgiler) bölgedeki dağılımı	38
Şekil 4.4.	Çalışma yapılan alanda, meydana gelmiş olan sismik olayların yıllara göre değişimi.....	39
Şekil 4.5.	Verilerin zamansal dağılımı	40
Şekil 4.6.	BCAM istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan A) Genlik oranı yöntemi LAF sonuçları B) Genlik oranı yöntemi KAF sonuçları	43
Şekil 4.7.	BCAM istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan A) Karmaşıklık yöntemi LAF sonuçları B) Karmaşıklık yöntemi KAF sonuçları	43
Şekil 4.8.	BCAM istasyonuna ait 15.11.2017 tarihli 08:55:00'da gerçekleşen bir patlatma kaydının SDD uygulanmış skalogramı.	44
Şekil 4.9.	BCAM istasyonuna ait 06.09.2017 tarihli 11:42:34'de gerçekleşen bir deprem kaydının SDD uygulanmış skalogramı	44
Şekil 4.10.	BOLU istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan A) Genlik oranı yöntemi LAF sonuçları B) Genlik oranı yöntemi KAF sonuçları	45
Şekil 4.11.	BOLU istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan A) Karmaşıklık yöntemi LAF sonuçları B) Karmaşıklık yöntemi KAF sonuçları	45
Şekil 4.12.	BOLU istasyonuna ait 27.12.2017 tarihli 14:38:53'de gerçekleşen bir patlatma kaydının SDD uygulanmış skalogramı.	46

Şekil 4.13. BOLU istasyonuna ait 17.12.2017 tarihli 08:56:59'da gerçekleşen bir deprem kaydının SDD uygulanmış skalogramı.	47
Şekil 4.14. DEVR istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan A) Genlik oranı yöntemi LAF sonuçları B) Genlik oranı yöntemi KAF sonuçları	47
Şekil 4.15. DEVR istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan A) Karmaşıklık yöntemi LAF sonuçları B) Karmaşıklık yöntemi KAF sonuçları	48
Şekil 4.16. DEVR istasyonuna ait 17.02.2017 tarihli 22:30:33'de gerçekleşen bir patlatma kaydının SDD uygulanmış skalogramı	49
Şekil 4.17. DEVR istasyonuna ait 13.11.2017 tarihli 09:24:00'da gerçekleşen bir deprem kaydının SDD uygulanmış skalogramı	49
Şekil 4.18. GBZ istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan A) Genlik oranı yöntemi LAF sonuçları B) Genlik oranı yöntemi KAF sonuçları	50
Şekil 4.19. GBZ istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan A) Karmaşıklık yöntemi LAF sonuçları B) Karmaşıklık yöntemi KAF sonuçları	50
Şekil 4.20. GBZ istasyonuna ait 03.05.2017 tarihli 13:10:16'da gerçekleşen bir patlatma kaydının SDD uygulanmış skalogramı.	51
Şekil 4.21. GBZ istasyonuna ait 31.03.2017 tarihli 12:29:49'da gerçekleşen bir deprem kaydının SDD uygulanmış skalogramı.	51
Şekil 4.22. GEYV istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan A) Genlik oranı yöntemi LAF sonuçları B) Genlik oranı yöntemi KAF sonuçları	52
Şekil 4.23. GEYV istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan A) Karmaşıklık yöntemi LAF sonuçları B) Karmaşıklık yöntemi KAF sonuçları	52
Şekil 4.24. GEYV istasyonuna ait 03.05.2017 tarihli 01:41:37'de gerçekleşen bir patlatma kaydının SDD uygulanmış skalogramı.	53
Şekil 4.25. GEYV istasyonuna ait 02.10.2017 tarihli 11:24:29'da gerçekleşen bir deprem kaydının SDD uygulanmış skalogramı	54
Şekil 4.26. GULT istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan A) Genlik oranı yöntemi LAF sonuçları B) Genlik oranı yöntemi KAF sonuçları	54
Şekil 4.27. GULT istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan A) Karmaşıklık yöntemi LAF sonuçları B) Karmaşıklık yöntemi KAF sonuçları	55
Şekil 4.28. GULT istasyonuna ait 03.05.2017 tarihli 09:31:46'da gerçekleşen bir patlatma kaydının SDD uygulanmış skalogramı.	56
Şekil 4.29. GULT istasyonuna ait 29.08.2017 tarihli 09:36:27'de gerçekleşen bir deprem kaydının SDD uygulanmış skalogramı.	56
Şekil 4.30. HISA istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan A) Genlik oranı yöntemi LAF sonuçları B) Genlik oranı yöntemi KAF sonuçları	57
Şekil 4.31. HISA istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan A) Karmaşıklık yöntemi LAF sonuçları B) Karmaşıklık yöntemi KAF sonuçları	57

Şekil 4.32. HISA istasyonuna ait 22.05.2017 tarihli 11:22:46'da gerçekleşen bir patlatma kaydının SDD uygulanmış skalogramı.....	58
Şekil 4.33. HISA istasyonuna ait 19.10.2017 tarihli 14:21:38'de gerçekleşen bir deprem kaydının SDD uygulanmış skalogramı.	58
Şekil 4.34. HRTX istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan A) Genlik oranı yöntemi LAF sonuçları B) Genlik oranı yöntemi KAF sonuçları	59
Şekil 4.35. HRTX istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan A) Karmaşıklık yöntemi LAF sonuçları B) Karmaşıklık yöntemi KAF sonuçları	59
Şekil 4.36. HRTX istasyonuna ait 29.04.2017 tarihli 11:53:39'da gerçekleşen bir patlatma kaydının SDD uygulanmış skalogramı.	60
Şekil 4.37. HRTX istasyonuna ait 25.03.2017 tarihli 14:02:29'da gerçekleşen bir deprem kaydının SDD uygulanmış skalogramı.	61
Şekil 4.38. KAND istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan A) Genlik oranı yöntemi LAF sonuçları B) Genlik oranı yöntemi KAF sonuçları	61
Şekil 4.39. KAND istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan A) Karmaşıklık yöntemi LAF sonuçları B) Karmaşıklık yöntemi KAF sonuçları	62
Şekil 4.40. KAND istasyonuna ait 01.07.2017 tarihli 10:19:42'de gerçekleşen bir patlatma kaydının SDD uygulanmış skalogramı.	63
Şekil 4.41. KAND istasyonuna ait 01.11.2017 tarihli 16:18:27'de gerçekleşen bir deprem kaydının SDD uygulanmış skalogramı.	63
Şekil 4.42. KAYN istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan A) Genlik oranı yöntemi LAF sonuçları B) Genlik oranı yöntemi KAF sonuçları	64
Şekil 4.43. KAYN istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan A) Karmaşıklık yöntemi LAF sonuçları B) Karmaşıklık yöntemi KAF sonuçları	64
Şekil 4.44. KAYN istasyonuna ait 26.01.2017 tarihli 10:53:51'de gerçekleşen bir patlatma kaydının SDD uygulanmış skalogramı.	65
Şekil 4.45. KAYN istasyonuna ait 28.02.2017 tarihli 10:19:48'de gerçekleşen bir deprem kaydının SDD uygulanmış skalogramı.	65
Şekil 4.46. KIBS istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan A) Genlik oranı yöntemi LAF sonuçları B) Genlik oranı yöntemi KAF sonuçları	66
Şekil 4.47. KIBS istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan A) Karmaşıklık yöntemi LAF sonuçları B) Karmaşıklık yöntemi KAF sonuçları	66
Şekil 4.48. KIBS istasyonuna ait 27.08.2017 tarihli 18:33:57'de gerçekleşen bir patlatma kaydının SDD uygulanmış skalogramı.	67
Şekil 4.49. KIBS istasyonuna ait 04.08.2017 tarihli 11:41:52'de gerçekleşen bir deprem kaydının SDD uygulanmış skalogramı.	68
Şekil 4.50. MNGN istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan A) Genlik oranı yöntemi LAF sonuçları B) Genlik oranı yöntemi KAF sonuçları	68

Şekil 4.51. MNGN istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan A) Karmaşıklık yöntemi LAF sonuçları B) Karmaşıklık yöntemi KAF sonuçları	69
Şekil 4.52. MNGN istasyonuna ait 27.08.2017 tarihli 18:33:57'de gerçekleşen bir patlatma kaydının SDD uygulanmış skalogramı.	70
Şekil 4.53. MNGN istasyonuna ait 22.08.2017 tarihli 02:23:23'de gerçekleşen bir deprem kaydının SDD uygulanmış skalogramı.	70
Şekil 4.54. SAHE istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan A) Genlik oranı yöntemi LAF sonuçları B) Genlik oranı yöntemi KAF sonuçları	71
Şekil 4.55. SAHE istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan A) Karmaşıklık yöntemi LAF sonuçları B) Karmaşıklık yöntemi KAF sonuçları	71
Şekil 4.56. SAHE istasyonuna ait 03.05.2017 tarihli 13:10:16'da gerçekleşen bir patlatma kaydının SDD uygulanmış skalogramı.	72
Şekil 4.57. SAHE istasyonuna ait 03.01.2017 tarihli 13:18:28'de gerçekleşen bir deprem kaydının SDD uygulanmış skalogramı.	73
Şekil 4.58. SEMS istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan A) Genlik oranı yöntemi LAF sonuçları B) Genlik oranı yöntemi KAF sonuçları	73
Şekil 4.59. SEMS istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan A) Karmaşıklık yöntemi LAF sonuçları B) Karmaşıklık yöntemi KAF sonuçları	74
Şekil 4.60. SEMS istasyonuna ait 22.04.2017 tarihli 14:59:31'de gerçekleşen bir patlatma kaydının SDD uygulanmış skalogramı.	75
Şekil 4.61. SEMS istasyonuna ait 31.10.2017 tarihli 14:45:37'de gerçekleşen bir deprem kaydının SDD uygulanmış skalogramı.	75
Şekil 4.62. YIGI istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan A) Genlik oranı yöntemi LAF sonuçları B) Genlik oranı yöntemi KAF sonuçları	76
Şekil 4.63. YIGI istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan A) Karmaşıklık yöntemi LAF sonuçları B) Karmaşıklık yöntemi KAF sonuçları	76
Şekil 4.64. YIGI istasyonuna ait 07.03.2017 tarihli 18:15:08'de gerçekleşen bir patlatma kaydının SDD uygulanmış skalogramı.	77
Şekil 4.65. YIGI istasyonuna ait 09.07.2017 tarihli 20:33:11'de gerçekleşen bir deprem kaydının SDD uygulanmış skalogramı.	77
Şekil 4.66. Yapay kaynaklı olaylar ve doğal kaynaklı olayların dış merkez dağılımlarını gösterir harita	78

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 1.1. Şiddet ve magnitüd arasındaki ilişki	10
Tablo 1.2. Delme patlatma teknolojisinin kullanım alanları	16
Tablo 4.1. Çalışma bölgesinde verilerin elde edildiği istasyonlar hakkında genel bilgiler.....	37
Tablo 4.2. BCAM istasyonu için genlik oranı ve karmaşıklık analizi için elde edilen lineer ve karesel ayırmaştırma fonksiyonlarının denklemleri.....	43
Tablo 4.3. BCAM istasyonu için 65 adet olayın sınıflandırma sonuçları	44
Tablo 4.4. BOLU istasyonu için genlik oranı ve karmaşıklık analizi için elde edilen lineer ve karesel ayırmaştırma fonksiyonlarının denklemleri.....	46
Tablo 4.5. BOLU istasyonu için 85 adet olayın sınıflandırma sonuçları	46
Tablo 4.6. DEVR istasyonu için genlik oranı ve karmaşıklık analizi için elde edilen lineer ve karesel ayırmaştırma fonksiyonlarının denklemleri.....	48
Tablo 4.7. DEVR istasyonu için 24 adet olayın sınıflandırma sonuçları	48
Tablo 4.8. GBZ istasyonu için genlik oranı ve karmaşıklık analizi için elde edilen lineer ve karesel ayırmaştırma fonksiyonlarının denklemleri.....	50
Tablo 4.9. GBZ istasyonu için 53 adet olayın sınıflandırma sonuçları	51
Tablo 4.10. GEYV istasyonu için genlik oranı ve karmaşıklık analizi için elde edilen lineer ve karesel ayırmaştırma fonksiyonlarının denklemleri.....	53
Tablo 4.11. GEYV istasyonu için 36 adet olayın sınıflandırma sonuçları.....	53
Tablo 4.12. GULT istasyonu için genlik oranı ve karmaşıklık analizi için elde edilen lineer ve karesel ayırmaştırma fonksiyonlarının denklemleri.....	55
Tablo 4.13. GULT istasyonu için 55 adet olayın sınıflandırma sonuçları	55
Tablo 4.14. HISA istasyonu için genlik oranı ve karmaşıklık analizi için elde edilen lineer ve karesel ayırmaştırma fonksiyonlarının denklemleri.....	57
Tablo 4.15. HISA istasyonu için 35 adet olayın sınıflandırma sonuçları.....	58
Tablo 4.16. HRTX istasyonu için genlik oranı ve karmaşıklık analizi için elde edilen lineer ve karesel ayırmaştırma fonksiyonlarının denklemleri.....	60
Tablo 4.17. HRTX istasyonu için 73 adet olayın sınıflandırma sonuçları	60
Tablo 4.18. KAND istasyonu için genlik oranı ve karmaşıklık analizi için elde edilen lineer ve karesel ayırmaştırma fonksiyonlarının denklemleri.....	62
Tablo 4.19. KAND istasyonu için 16 adet olayın sınıflandırma sonuçları	62

Tablo 4.20. KAYN istasyonu için genlik oranı ve karmaşıklık analizi için elde edilen lineer ve karesel ayırmaştırma fonksiyonlarının denklemleri.....	64
Tablo 4.21. KAYN istasyonu için 38 adet olayın sınıflandırma sonuçları	65
Tablo 4.22. KIBS istasyonu için genlik oranı ve karmaşıklık analizi için elde edilen lineer ve karesel ayırmaştırma fonksiyonlarının denklemleri.....	67
Tablo 4.23. KIBS istasyonu için 50 adet olayın sınıflandırma sonuçları	67
Tablo 4.24. MNGN istasyonu için genlik oranı ve karmaşıklık analizi için elde edilen lineer ve karesel ayırmaştırma fonksiyonlarının denklemleri.....	69
Tablo 4.25. MNGN istasyonu için 12 adet olayın sınıflandırma sonuçları	69
Tablo 4.26. SAHE istasyonu için genlik oranı ve karmaşıklık analizi için elde edilen lineer ve karesel ayırmaştırma fonksiyonlarının denklemleri.....	72
Tablo 4.27. SAHE istasyonu için 48 adet olayın sınıflandırma sonuçları.....	72
Tablo 4.28. SEMS istasyonu için genlik oranı ve karmaşıklık analizi için elde edilen lineer ve karesel ayırmaştırma fonksiyonlarının denklemleri.....	74
Tablo 4.29. SEMS istasyonu için 81 adet olayın sınıflandırma sonuçları.....	74
Tablo 4.30. YIGI istasyonu için genlik oranı ve karmaşıklık analizi için elde edilen lineer ve karesel ayırmaştırma fonksiyonlarının denklemleri.....	76
Tablo 4.31. YIGI istasyonu için 69 adet olayın sınıflandırma sonuçları.....	77

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A	: Genlik
A _P	: P dalgasının genliği
A _S	: S dalgasının genliği
C	: Karmaşıklık
E	: Sismik enerji
f _{max}	: Maksimum frekans
h	: Odak derinliği
Hz	: Hertz
km	: Kilometre
kt	: Kiloton
L _g	: Yüzey dalgası fazı
M	: Magnitüd
m _b	: Cisim dalgası magnitüdü
M _d	: Süreye bağlı magnitüd
M _L	: Lokal magnitüd
M _S	: Yüzey dalgası magnitüd
M _w	: Moment magnitüd
M.S	: Milattan sonra
P	: Cisim dalgası (P dalgası)
pP, sP	: Derinlik fazları
Pn	: Kabuk manto sınırında ilerleyen P dalgası
PcP, ScP	: Çekirdekten yansıyan derinlik fazları
R _g	: Rayleigh dalgası
S	: Cisim dalgası (S dalgası)
Sr	: Spektral
Sn	: Kabuk manto sınırında ilerleyen S dalgası
T	: Periyot
Q _c	: Koda dalga kalite faktörü
Q _c ⁻¹	: Koda azalımı
μ	: Rijidite

Kısaltmalar

AFAD	: Afet ve Acil Yönetim Başkanlığı
ARMA	: Auto Regressive Moving Average (Oto Regresif Hareketli Ortalama)
BCAM	: Bolu-Çamlık Deprem İstasyonu
BDTİM	: Bölgesel Deprem Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi
BOLU	: Bolu deprem istasyonu
CTBT	: Comprehensive Test Ban Treaty (Kapsamlı Test Yasağı Antlaşması)
CTBTO	: Comprehensive Test Ban Treaty Organization (Kapsamlı Test Yasağı Antlaşması Organizasyonu)
DEVR	: Devrek deprem istasyonu
GBZ	: Gebze deprem istasyonu

GEYV	: Geyve deprem istasyonu
GULT	: Gölveren deprem istasyonu
HISA	: Hisarcık deprem istasyonu
HRTX	: Hereke deprem istasyonu
IMS	: International Imaging Center (Uluslararası Veri İzleme Merkezi)
INSN	: Iranian National Seismic Network (İran Ulusal Sismik Ağı)
ISN	: Israel Seismic Network (İsrail Sismik Ağı)
KAF	: Karesel ayırma fonksiyonu
KAFZ	: Kuzey Anadolu Fay Zonu
KAND	: Kandıra deprem istasyonu
KAYN	: Kaynarca deprem istasyonu
KIBS	: Kıbrısık deprem istasyonu
KRDAE	: Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü
LAF	: Lineer ayırma fonksiyonu
MNGN	: Mengen deprem istasyonu
NESN	: New England Seismic Network (İngiltere Sismik Ağı)
SAHE	: Hendek deprem istasyonu
SDD	: Sürekli dalgacık dönüşümü
SEMS	: Şemsettin deprem istasyonu
YIGI	: Yığılca deprem istasyonu
YSA	: Yapay sinir ağı
QNN	: Quadratic Neural Networks (Kuadratik Sinir Ağları)

DOĞU MARMARA'DA DEPREM VE PATLATMA VERİLERİNİN AYIRT EDİLMESİ VE İSTASYON BAZLI AYRIM DENKLEMLERİNİN ELDE EDİLMESİ

ÖZET

Bu çalışmanın amacı; Doğu Marmara Bölgesi için doğal kaynaklı olaylar ile yapay kaynaklı olayların birbirinden ayırt edilmesidir. Çalışmada, 40,38°-41,18° K enlem ve 29,42°-32,14° D boylamları arasında İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Yönetim Başkanlığı (AFAD), Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE) tarafından kurulan geniş bant istasyonlar kullanılarak 2017 yılında meydana gelmiş süreye bağlı (M_d) büyüklüğü $1,3 \leq M_d \leq 2$ olan 258 olay için 15 istasyona ait 740 sayısal düşey hız sismogramları kullanılmıştır. Ayırt etme işleminde, basit yöntemlerin yanısıra, S dalga genliğinin P dalgası genliğine oranı kullanılarak geliştirilen Genlik oranı yöntemi (As/Ap), Karmaşıklık oran yöntemi (C-Sr) ve Sürekli Dalgacık Dönüşümü (SDD) yöntemi ile ayırıştırma yöntemleri kullanılmıştır. As/Ap genlik oranının $\log S$ 'e ve C'nin Sr'ye karşılık çiziminden elde edilen grafiklerden lineer ayırıştırma fonksiyonu (LAF) ve karesel ayırıştırma fonksiyonu (KAF) ile deprem ve patlatma olayları ayırt edilmiştir. Her bir istasyona ait ayırıştırma fonksiyonları elde edilmiştir. Her bir istasyona ait elde edilen başarı oranları, As/Ap- $\log S$ yöntemi için LAF'da %63,89 ile %100, KAF'da ise %55,56 ile %100 arasında değişmektedir. C-Sr yönteminde LAF başarı oranı %61,11 ile %100, KAF'da ise %52,78 ile %100 arasında değişmektedir. SDD yönteminde ise başarı oranı %77,36 ile %100 arasında değişmektedir. Yapılan ayırım analizi sonucunda toplam 258 adet sismik olayın 154 tanesi deprem, 104 tanesi ise patlatma olarak belirlenmiştir. Tektonik ve yapay kaynaklı aktivitelerin olduğu bölgelerde, farklı ayırıştırma yöntemlerin uygulanması sonuçların güvenilirliğini artıracaktır.

Anahtar Kelimeler: Ayırıştırma, Deprem, Doğu Marmara, Patlatma.

DISCRIMINATION OF THE EARTHQUAKE AND EXPLOSION IN EASTERN MARMARA REGION AND OBTAINING STATION-BASED DISCRIMINANT EQUATIONS

ABSTRACT

The aim of this study is discriminated of natural and artificial seismic activities for the Eastern Marmara Region. Total of 740 digital vertical velocity seismograms belong to 15 stations of 258 seismic events which occurred in 2017 with $1.3 \leq M_d \leq 2$ duration magnitude (Md) between $40.38^\circ - 41.18^\circ$ N and $29.42^\circ - 32.14^\circ$ E by using broad band stations operated by Ministry of Interior, Department of Disaster and Emergency Management Presidency (AFAD) and Boğaziçi University Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute (KOERI) were used in this study. In the discrimination method, in addition to simple methods, amplitude ratio method (As/Ap), which developed by using the S-wave and P-wave amplitude ratio, complexity ratio method (C-Sr) and continuous wavelet transform methods (SDD) are used. The earthquakes and the explosions are discriminated by using the quadratic discriminant function (KAF) and the linear discriminant function (LAF) on the graphics of As / Ap amplitude ratio versus log S and of C versus Sr. Discriminant functions of each station are calculated. The success rates of each station vary between 55.56%-100% in KAF and 63.89%-100% in LAF for As/Ap-logS method. The success rate of the C-Sr method varies between 52.78%-100% in KAF and 61.11%-100% in LAF. In SDD method, the success rate varies between 77.36%-100%. As a result of the discrimination analysis, 154 out of the 258 seismic events are determined as earthquakes and 104 are as explosions. In areas with tectonic and artificial seismic activities, applying different discrimination methods will increase the reliability of the results.

Keywords: Discrimination, Earthquake, Eastern Marmara, Explosion.

GİRİŞ

İnsanlar tarafından gerçekleştirilen patlatmalar sonucu oluşan sarsıntıların, küçük magnitüdü depremlerden ayırt edilmesi sismolojik çalışmaların önemli bir sorunu haline gelmiştir. Türkiye mühendislik yapıları, maden ve taş ocağı çalışmaları açısından çok çeşitliliğe sahip bir ülkedir. Bundan dolayı meydana gelen yapay kaynaklı patlatmalar tektonik olaylar ile karıştırılıp sismik katalogların hatalı bir şekilde oluşturulmasına sebep olmaktadır. Bunun sonucunda da bölgenin deprem aktivitesinin belirlenmesi, sismik risk analizi ve aktif fayların haritalanması gibi çalışmalarda yanlışlıklara sebebiyet vermektedir. Bu yanlışlıklara meydan vermemek, çalışmanın güvenilirliğini ve doğruluğunu arttırmak amacıyla gerçek sismik etkinliği belirlemek için patlatmaları depremlerden ayırt etmek gerekmektedir. Bu ayrımı güvenli bir şekilde yapabilmek için farklı yöntemlerin birlikte uygulanması gerekmektedir. İlk olarak olayların basit bir şekilde ayrımı yapılır ve daha sonra ayrıntılı analizlere geçilir.

Bu çalışmada Doğu Marmara Bölgesi'nde $40,38^{\circ}$ - $41,18^{\circ}$ K enlem ve $29,42^{\circ}$ - $32,14^{\circ}$ D boylamları arasında kalan bölgede İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Yönetim Başkanlığı (AFAD) Deprem Dairesi Başkanlığı ve Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE) Bölgesel Deprem Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi (BDTİM) tarafından kurulmuş ve işletilmekte olan Çamlık (BCAM), Bolu (BOLU), Devrek (DEVREK), Gebze (GBZ), Geyve (GEYVE), Gölveren (GULT), Hereke (HRTX), Hisarcık (HISA), Kandıra (KAND), Kaynarca (KAYN), Kıbrısık (KIBS), Mengen (MNGN), Hendek (SAHE), Şemsettin (SEMS) ve Yığılca (YIGI) geniş bant istasyon kayıtlarının verileri kullanılmış ve 2017 yılında oluşmuş 258 adet sismik olayın kaynak türlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Böylece bölgede ki sismik etkinliği içeren katalogların hazırlanmasında sadece deprem bilgilerinin bulunduğu kataloglara sahip olunacaktır.

Depremler ve patlatmaların ayırt edilmesinde yapılmış olan çalışmalara örnek olarak; Allameh Zadeh (2011), küçük depremler ve patlatmalar arasında ayırım yapmak ve sismogramların işlenmesi için esnek ve otomatik bir teknik geliştirmiştir.

Kazakistan'daki Semipalatinsk test sahasında İran Ulusal Sismik Ağı (INSN) tarafından kaydedilen 36 patlatma ve 61 deprem kaydı üzerinde yapay sinir ağıları (YSA) ile belirlenen oto regresif hareketli ortalama (ARMA) katsayıları kullanılarak bölgesel mesafelerde sismik kaynak sınıflandırma problemini belirlemek için Kuadratik Sinir Ağları (QNN) modeli geliştirmiştir.

Sismik ayırmacılık için önerilen teknik, istatistiksel yaklaşım üzerinde kuruludur. YSA'ları kullanarak ayrıntılı sınıflandırma sonuçları sunmuştur. Bu çalışma sonucunda yapılmış olan sınıflandırma %10 ile %25 oranında bir sınıflandırma hatası ile iyi bir güven ölçütü elde ettiğini belirtmektedir. Elde edilmiş olan sonuçların, doğal ve yapay gerçekleşen olaylar arasında ayırım yapmak için QNN ile ARMA katsayıları yönteminin kullanılmasının önemli bir gerekçe olduğunu işaret eder ve bu uygulamalar için çekici bir alternatif olarak kabul edilebileceğini belirtmiştir.

Ataeva ve diğerleri (2017), yerel depremlerden P dalgası ve S dalgası yer değiştirme spektrumları ve benzer büyüklükteki patlatmaları analiz ederek karşılaştırmışlardır. İsrail Sismik Ağı'nın (ISN) 456 olaydan (226 deprem ve 230 patlatma) 2430 veri $M_d=1.4-3.4$ incelemişlerdir. Analizlerinde kısa dönem ve geniş bant dikey bileşen sismogramları kullanmışlardır. Bu çalışma ile düşük büyüklükteki sığ depremlerin ve İsrail'deki patlatmaların spektral özelliklerinde önemli farklılıklar gösterdiği sonucuna varmışlardır. Köşe frekanslarının manuel olarak ölçülmesinde ki belirsizlikler oldukça büyük olsa da, depremler ve patlatmalar için elde edilen köşe frekanslarının standart sapmaları, yaklaşımlarının geçerliliğini göstermekte olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmalarında, Rg dalgası güçlü bir şekilde derinliğe bağlıdır ve genellikle taş ocağı patlatmaları gibi yakın yüzey olaylarında büyük genliklerde gözlenir ve genellikle birkaç km.'den daha fazla derinliğe sahip depremlerde gözlenmez (McLaughlin ve diğ., 2004). Rg genliklerinin gözlemlenen köşe frekansları üzerinde %15 azaltıcı etkiye sahip olduğunu ve her bir olay için ortalama köşe frekanslarının elde edilen standart sapma için kaldığını tespit etmişlerdir.

Patlatmalar için $f_0(P)$ ve $f_0(S)$ arasındaki oranın depremlere göre daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. P dalgaları ile S dalgalarının köşe frekansları arasındaki $f_0(P)/f_0(S)$ oranları depremler için 1,05-2,48 (ortalama 1,23) ve patlatmalarda 1,49-2,85 (ortalama 1,86) aralığına dağılmıştır. Bu oranlardaki farkı moment

büyüküğü Mw'ye bağlı olmayan etkili bir ayırmıcılık parametresi olarak kullanmışlardır.

Baumgardt ve Young (1990), çalışmalarında NORESS dizisinde kaydedilen batı Norveç patlatmalarını ve depremlerini kullanarak olay bazlı, bölgesel sismik olay tanımlaması için ayırmıcı olarak bölgesel faz spektrumları, spektral oranlar ve genlik oranlarını araştırmışlardır. Tüm olaylar NORESS dizisinden karşılaştırılabilir bir yerel büyüklük aralığında ($2 < M < 3$) ve mesafe aralığı da (300-500 km.) idi. Pn/Sn ve Pn/Lg genlik oranları bölge bazında incelemişlerdir. Patlatma ve deprem gruplarını bu her iki oranla da iyi bir şekilde ayırt ettiklerini belirtmişlerdir.

Çalışmalarında, sismik olayların, olay bazlı dalga şekli özellikleri arasındaki benzerliklerin ve farklılıkların sistematik bir şekilde değerlendirilmesi yoluyla, her zaman yayılma yolu farklılıklarının olası etkilerini göz önünde bulundurarak nasıl tanımlanabileceğini göstermiştir. NORESS dizisinde kaydedilen batı Norveç'in küçük bir bölgesinde patlatmaların ve depremlerin yüksek frekans genlik oranını ayırmıcılara dayanarak iyi bir şekilde ayrılabilceğini, ancak Lg spektral oranlı ayırmıcıların ayrılmadığını göstermişlerdir. Bu neticenin genel olarak İskandinavya ve Avrasya'da ki diğer bölgesel ayırmıcılık çalışmaları ile aynı sonucu aldıklarını belirtmişlerdir.

Budakoğlu ve Horasan (2018), Sakarya bölgesinde meydana gelen sismik olayları sınıflandırmak için istatistiksel bir analiz yöntemi uygulamıştır. 2012 ve 2014 yılları arasında Sakarya Üniversitesi sismik istasyonu tarafından kaydedilen 110 sismik olayı kullanarak, zaman ve frekans değişken parametreleri, maksimum A_S ve maksimum A_P dalgası genlik oranı (A_S/A_P), spektral oran (S_r), maksimum frekans (f_{max}) ve ayırma analizleri için dalga formunun toplam sinyal süresini kullanmışlardır. Bu çalışma sonucunda 110 sismik olaydan 46'sı (%44) taş ocağı patlatması, 64'ü (%56) deprem olarak değerlendirmişlerdir.

Gitterman ve diğerleri (1998), Orta Doğu bölgesinde küçük depremler ve patlatmalar arasında ayırım yapmak için İsrail Sismik ağını (ISN) kullanarak 200 km'ye kadar kaydedilen 50 deprem ve 114 taş ocağı ve su altı patlatması dalga formlarından elde edilen verilerle sismogramların spektral özelliklerine dayalı ayırmıcıların performanslarını araştırmışlardır. Sismogramların iki farklı penceredeki güçlerinin

oranlarının sismogramların spektrumlarının düşük ve yüksek frekanslı pencerelerindeki spektral oranlarına karşılık çizimlerinden, doğrusal ayırt etme fonksiyon geçirilerek deprem ve patlatma olayları birbirinden ayırt etmişlerdir. Çalışma yaptıkları 164 olay için %98 başarı oranıyla ayırmayı başarmışlardır.

Kafka (1990), New England'da ki küçük depremler ve patlatmalar tarafından oluşturulan Rg dalgaları, üst kabuktaki olayların derinliğini tahmin etmek için Rg dalgalarının ne ölçüde kullanılabileceğini değerlendirmek için bu çalışmayı yapmıştır. Veriler, Westan Gözlemevi tarafından işletilen New England Seismic Network (NESN) tarafından kaydedilmiştir. Yaklaşık olarak derinliği 5 km.'den daha fazla olan kaynaklardan güçlü Rayleigh dalgaları üretmesi beklenmez ve böylece eğer Rg bir sismogramda açıkça tanımlanabiliyorsa, kaynak büyük olasılıkla çok sığdır. Dolayısıyla, gözlemlenen Rg dalgaları, çok sığ odaklı olaylar, Rg'nin tanımlanması ve diğer fazlardan ayırt edilmesi koşuluyla, daha derin olaylardan ayırt etmek için kullanılabileceğini belirtmiştir.

Rg, belirli periyotlarda ki genliklerin ve dar bir bant geçişli filtre analizi kullanarak varış zamanlarının ölçülmesiyle diğer fazlardan tanımlanır ve ayırt edilir. Rg/P ve Rg/Lg oranları, düşey bileşenli sismogramlarda uygun grup hız-frekans penceresinde genlik oranlarının oluşturulmasıyla tahmin edilmektedir. Bu çalışmasında, 50 ile 170 km. mesafede ki tüm sismogramlar kullanıldığında, patlatma ve depremler için Rg/Lg oranlarında ki farkın %99 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olarak bulunduğunu belirtmiştir.

Kekovalı ve diğ., (2012), çalışmalarında Kandilli Rasathanesinden elde ettikleri 520 sismik olayın ($2.3 < M_d < 3$) bilinen bir deprem ve madencilik patlatması kümesinin zaman ve frekans analizini (S/P dalga genlik oranı, karmaşıklık-spektral oran) yöntemlerini kullanmışlardır. Toplam 520 kayıttan 344'ü muhtemel madencilik patlatmaları ve 176 olay deprem olarak ayırım yaptılar. Bu araştırmada Tunçbilek bölgesi için sismik kataloglarda ki taş ocağı madenciliği patlatmalarının uygun bir şekilde tanımlanabilecek üç değişkenden (S/P dalga genlik oranı, karmaşıklık-spektral oran) oluşan ve P_e (olay gücü) değeri üzerinde tahmin edilen yeni bir yaklaşım sunmuşlardır. Bu analizler sonucunda %96,6 gibi yüksek güvenilirliğe sahip sonuçlar elde etmişlerdir.

Wüster (1993), Vogland bölgesi (Almanya/Çek Cumhuriyeti) için L/P ve L/R, Baumgard ve Young (1990) Norveç'in batısı için P/S ve P/L dalga oranlarını kullanarak deprem ve patlatma kaynaklı yer sarsıntılarını ayırt etmişlerdir. Maksimum A_S/A_P dalgası genlik oranlarının hesabında, tüm sismik olaylar için düşey bileşen hız sismogramlarından maksimum A_S ve maksimum A_P genlik değerleri okunarak oranlanmaktadır. Maksimum A_S/A_P genlik oran değerlerinin, maksimum S dalgalarının logaritmalarına ($\log S$) karşılık çiziminden lineer ayırt etme fonksiyonu geçirilerek deprem ve patlatma olayları birbirinden ayırt edilebilmektedir.

Kartal ve Horasan (2011), Trabzon ve civarında, Öğütçü ve diğ., (2010) Konya ve civarında, Horasan ve diğ., (2009) İstanbul ve civarında ki sismik olayları zaman ve frekans ortamında inceleyerek deprem ve patlatma olaylarını istatistiksel olarak ayırt etmişlerdir. Düşey bileşen hız sismogramı ve spektrumunu kullanarak patlatma ve deprem verisini birbirinden ayırmak mümkündür.

1. DEPREMLER VE PATLATMALAR

1.1. Depremler

Yerkabuğunda ki kırılmalar nedeniyle ani olarak ortaya çıkan titreşimlerin dalgalar halinde yayılarak geçtikleri ortamları sarsma olayına deprem denir. Deprem, önlenemeyen bir doğa olayıdır.

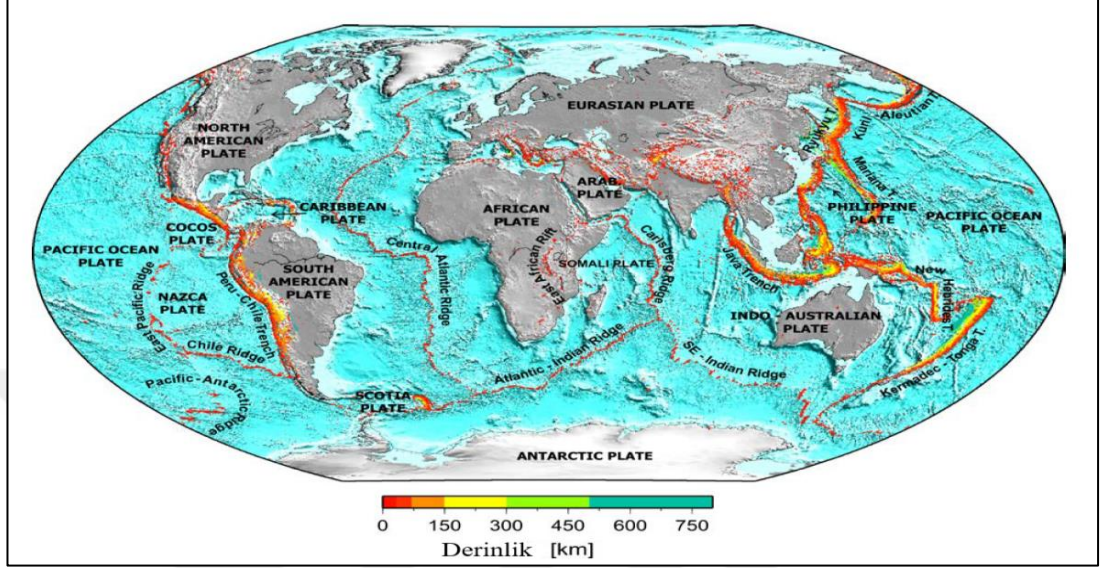
Dünya'nın oluşumundan günümüze kadar, sismik yönden aktif bulunan bölgelerde depremlerin oluştuğu ve bu depremlerin sonucunda birçok insanın ve yapıların zarar gördüğü bilinmektedir. Bilindiği üzere ülkemiz Dünya'nın en aktif deprem kuşaklarından biri olan Alp-Himalaya deprem kuşağı üzerinde bulunmaktadır. Geçmişte ülkemizde birçok yıkıcı depremler olduğu gibi gelecekte de oluşacak depremlerle karşılaşacağımız bir gerçektir.

1.1.1. Tektonik depremler

Tektonik depremler, Dünya kabuğunun kırılma kısmının, kırılma mukavemetini aşan strese maruz kalması sebebiyle meydana gelen deprem çeşididir. Çoğunlukla önceden mevcut olan faylar boyunca, bazen de yeni oluşan faylar boyunca ani yırtılmalar meydana gelir. Çok büyük depremler için yırtılan bölgenin uzunluğu 1000 km.'ye kadar ulaşabilir ve fay boyunca kayma mesafesi bir desimetre ile birkaç metreye kadar ulaşabilir.

Litosferik tabakaların nispi hareketlerinden kaynaklanan stres, tektonik depremlerin ana nedenidir. Plakalar, konveksiyon akımının yavaş hareketiyle, litosferin altında ki mantonun daha sıcak malzemesinde hareket ettirilir, itilir ve çekilir. Bu nispi hareketler yılda birkaç santimetre civarındadır. Şekil 1.1 küresel deprem kuşaklarını ve ana tektonik levhaları göstermektedir. Ayrıca alt ve mikro plakalar olarak adlandırılan çok sayıda küçük plaka vardır. Sığ depremler, kabuğun üst kısmı dahilinde, çoğunlukla plaka sınırlarında meydana gelir, ancak aynı zamanda plakaların içinde de meydana gelebilir. Orta ve derin depremler, okyanus sırtları ve litosfer plakalarının üst mantoya itildiği veya aşağı çekildiği ilgili alt bölgelerde meydana gelir. Büyük açmalar, Pasifik bölgesinde ki deprem ve volkanik kuşak

çevresinde bulunur. Bununla birlikte, diğer deniz ve karasal çarpışma bölgelerinde de (örneğin, sırasıyla Tiren ve Ege Denizi veya Karpatlar ve Hindu Kush) orta ve derin depremler meydana gelebilir.



Şekil 1.1. Deprem merkez üslerinin veri kataloğuna bağlı olarak büyük ana litosfer plakalarına göre dağılımı (GFZ, Alman Yerbilimleri Araştırma Merkezi)

Dünya’da depremlerin meydana geldiği alanlar olarak, yer kabuğunu oluşturan levhaların birbirine sürtündükleri, birbirlerini sıkıştırdıkları, birbirlerinin üstüne çıktıkları ya da altına girdikleri bu levhaların sınırları olduğu karşımıza çıkmaktadır. İki levha arasında meydana gelen sürtünme neticesinde, levhaların sürtünme kuvveti geçildiğinde bir hareket meydana gelir ve bu hareket çok kısa bir zaman zarfında gerçekleşir. Bu hareketin sonucu olarak uzaklara kadar yayılabilen deprem dalgaları ortaya çıkar. Bu tür levhaların hareketi sonucu oluşan depremler tektonik depremler olarak nitelendirilir ve bu tektonik depremler genel olarak levhalar sınırında oluşur. Yeryüzünde olan depremlerin %90’ı bu gruba girer. Türkiye’de de gerçekleşen depremler çoğunlukla tektonik depremlerdir.

1.1.2. Volkanik depremler

Bir diğer deprem çeşidi de volkanik depremlerdir. Bu depremler volkanların püskürmesi sonucu oluşurlar. Yerin derinliklerinde ergimiş maddenin yeryüzüne çıkışı sırasında ki fiziksel ve kimyasal olaylar sonucunda oluşan gazların yapmış oldukları patlamalarla bu tür depremlerin meydana geldiği bilinmektedir. Türkiye’de aktif volkanik bir dağ olmadığı için bu tip depremler ülkemizde oluşmamaktadır.

1.1.3. Çöküntü depremler

Bir diğerk tip deprem çeşidi de çöküntü depremlerdir. Bu depremler yeraltında ki boşlukların (mağara), kömür ocaklarında galerilerin, tuz ve jipsli arazilerde erime sonucu oluşan boşlukların tavan bloğunun çökmesi ile oluşurlar. Hissedilme oranları yerel olup enerjileri azdır ve fazla zarar getirmezler.

1.2. Deprem Parametreleri

Oluşan bir depremde, depremi tanımlayan parametreler yani deprem parametreleri olarak isimlendirilen odak noktası (hiposantr), dış merkez (episantr), odak derinliği ve büyüklük gibi kavramlarla daha iyi anlaşılacaktır.

1.2.1. Odak noktası (Hiposantr)

Yer küre içinde, depreme neden olan kırılmanın başladığı ve enerjinin açığa çıktığı yer olarak tanımlanmaktadır.

İç merkez olarak da adlandırılmaktadır. Aslında deprem odak noktası, bir nokta değil bir bölgedir (AFAD, 2014).

1.2.2. Dış merkez (Episantr)

Meydana gelen bir depremde, enerjinin açığa çıktığı yer olan odak noktasına (hiposantra) en yakın olan yer üzerindeki nokta olarak tanımlanır. Uygulamalarda kolaylık sağlaması amacıyla nokta olarak kullanılan episantr (dış merkez) aslında bir alanı temsil eder.

1.2.3. Odak derinliği

Depremde enerjinin açığa çıktığı noktanın yeryüzünden en kısa uzaklığı olarak tanımlanır.

Depremler odak derinliklerine göre sınıflandırılabilir. Bu sınıflandırma tektonik depremler için geçerlidir. Yerin 300 km.'den fazla derinliğinde olan depremler derin depremler, 60-300 km. derinliklerinde olan depremler orta derinlikte oluşan depremler ve yerin 0-60 km. derinliğinde olan depremler ise sığ depremler olarak tarif edilir. Türkiye'de olan depremler; genellikle sığ depremlerdir ve derinlikleri 0-60 km. arasındadır (AFAD, 2014).

1.2.4. Büyüklük

Bir depremin magnitudü o depremin büyüklüğünün logaritmik ölçekte aletsel ölçüsü olup ilk Richter (1935) tarafından hesaplanmıştır (Boore, 1989). Esasında Wood-Anderson tipi kısa periyod sismografında kaydedilen yakın depremlerin hesaplanmasına dayanır. Daha sonra diğer kayıtlarda da bu ölçeğin kullanılabilmesi için değişiklikler yapılmıştır. Depremlerin açığa çıkardığı büyük enerjinin oldukça geniş bir aralıkta olması nedeniyle logaritmik ölçek kullanılır.

Büyüklük (magnitud); uzaklık, derinlik ve dalga periyodunun elverdiği ölçüde kimi zaman küresel ölçekte dış merkez çevresindeki istasyonlarda genlik değerlerinden hesaplanır.

Büyüklük hesabında denklemin en genel hali şu şekilde gösterilebilir (Denklem 1.1) (Bolt, 1993).

$$M = \log_{10} A/T + F(D, h) + \text{sabit} \quad (1.1)$$

Burada; A hesaplamada kullanılan dalgaların mikrometre ölçeğinde maksimum genliği, T dalga periyodu birimi saniye (sn.), F, D uzaklığın (birimi derece) ampirik fonksiyonu ve h odak derinliği (kilometre) olarak belirtilir. Belirli bir dalga boyunda sismograf büyütmesi ile yerin genliği hesaplanır. A/T oranı kullanılır, çünkü dalganın enerji yoğunluğu gereklidir. Yakın depremler için, kısa periyod kayıtlardan süreye bağlı büyüklükler hesaplanabilir.

Wood-Anderson ölçeğinde hesaplanan değerler M_L büyüklüğüdür. Ancak 20-160⁰ uzaklık aralığında sığ depremlerin M_S yüzey dalgası büyüklük hesabında kullanılan formül (Denklem 1.2);

$$M_S = \log_{10} A/T + 1,66 \log_{10} D + 3.3 \quad (1.2)$$

M_S yüzey dalgası büyüklüğü olmak üzere A, 18 ve 22 saniye, T periyot aralığında ölçülen en yüksek düşey yüzey dalgası genliğidir. M_S ve M_L büyüklük ölçekleri M_L 6 da uyumluluk sağlar (Kanamori, 1983). İlk olarak Gutenberg tarafından ortaya atılan orta ve daha derin depremlerin m_b cisim dalgası büyüklüğünü hesaplamak amacıyla, P, pP ve S gibi fazların en yüksek kısa periyot cisim dalgası genlikleri kullanılır.

m_b cisim dalgası büyüklüğü Denklem 1.3’de ki gibi ifade edilir.

$$m_b = \log_{10} A/T + Q(D,h) \quad (1.3)$$

Burada; A maksimum genlik (mikrometre), T periyot ve Q (D,h) derinlik ve uzaklık faktörü olarak belirtilir. Sayısal geniş bant sismometreler de kaydedilen cisim dalgaları spektral büyüklük hesabında kullanılır.

Dalga boylarının 60 km.’yi geçtiği durumlarda saturasyona uğrar ve bu nedenle büyük depremlerin magnitudü hatalı hesaplanabilir (Kanamori, 1983). Buna sebep olarak depremlerin çok büyük kırılmaya sebep olması ve büyüklük ölçeğinden çok daha uzun periyotlu olarak yayılmaları gösterilebilir. Bunun için moment büyüklüğü hesaplanmalıdır (Denklem 1.4).

$$M_0 = \mu \cdot A \cdot d \quad (1.4)$$

Moment magnitudün birimi dyn.cm olup, deprem büyüklüğünün farklı ve daha dikkate değer bir ölçüsüdür. μ , kaya rijiditesi, A, fay hareketinin alanı, d yer değiştirmedir. Moment büyüklüğün en büyük avantajı saturasyona uğramaması ve aynı formülün derin ve sığ depremler içinde kullanılabilmesidir.

Bugüne kadar depremler istatistiksel olarak incelendiğinde kaydedilen en büyük magnitüde sahip depremin, 22 Mayıs 1960 tarihinde Şili’de gerçekleşen ve magnitudü 9,5 olarak hesaplanan depremdir. Türkiye’de ise 26 Aralık 1939 tarihinde magnitudü 7,9 olan Erzincan ile 17 Ağustos 1999’da gerçekleşen magnitudü 7,4 olan Gölcük depremi ve 12 Kasım 1999’da gerçekleşen magnitudü 7,2 olan Düzce depremleridir.

Tablo 1.1. Şiddet ve magnitud arasındaki ilişki

Şiddet	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Richter Büyüklük	4	4,5	5,1	5,6	6,2	6,6	7,3	7,8	8,4

1.3. Sismik Dalgalar

Katı bir cismin (yerküre) fay hareketi ya da patlama nedeniyle dengesi bozulduğunda cismin boyuna iki tür sismik (elastik) dalga iletilir. Patlama nedeniyle dalgaların noktasal kaynaktan (odak) yayıldığı varsayılırken, deprem faylanmalarının da

kaynaklar uzanım gösterir. Odağın yer yüzeyindeki iz düşüm noktasına dışmerkez (episantr) denir.

Sismografa ilk gelen dalgalar P (primer, sıkışma) dalgaları olup, boyuna dalgalar olarak da adlandırılır, çünkü bu dalgaların hareketi dalga ilerleme yönündedir. P adı Latince primus (ilk) kelimesinden gelir ve yüksek hızlı olup istasyona ilk gelen dalgalardır. İstasyona ikinci gelen dalgalar S (secondar) dalgaları olup titreşim hareketi dalga yönüne dik, enine ve makaslama dalgalarıdır.

İki çeşit dalga ve elastik sabitlerin olmasının nedeni katı bir cisimde birim deformasyon (strain) iki temel nedene bağlıdır. Bunlar, şekil değişikliği olmadan hacim değişimi ile oluşması (sıkışma ya da genişleme) ya da hacim değişikliği olmadan şekil değişikliği ile oluşması (biçim bozulması)'dır.

1.3.1. Cisim dalgaları

P dalgaları sıkışma dalgaları olup, yer içerisinde yol alırken basınç değişimlerini sıkışma ve genleşme hareket dizisiyle iletir. Deprem odak merkezine yakın yerlerde hissedilebilir. İlk gelen dalga çeşidi olarak, P dalgaları en doğru ölçülen dalgalardır ve depremin yerinin hesaplanmasında, araştırma jeofiziğinde ve kırılma yöntemlerinde en sık kullanılan dalga çeşididir. Bu hız P dalga hızının yaklaşık %60'ı olup P varışına ait gürültüde içerebileceğinden bu dalganın tam varış zamanının belirlenmesi biraz daha güçtür. S dalgaları rijidite ve olası sıvı içeriği hakkında önemli bilgiler verir. Çünkü P dalgaları sıvıda yayılırken, sıvılarda kesme gücü yoktur. (rijidite; $\mu=0$). Yerkürenin dış çekirdeğinin sıvı olduğunu buradan biliyoruz, manyetik ve jeokimyasal verilere de dayanarak dış çekirdeğin büyük bir bölümü sıvı demirden oluşmuştur. S_v dalgası düşey, S_h dalgası yatay yönlü yer hareketidir.

P ve S dalgaları yüzey dalgalarından farklı olarak cisim boyunca ya da yer içinde seyahat eder ve bu nedenle cisim dalgaları adını alır.

1.3.2. Yüzey dalgaları

Yer içinde ilerleyen iki çeşit cisim dalgaları (P ve S) olduğu gibi, Rayleigh ve Love dalgaları yeryüzüne yakın seyahat eden yüzey dalgalarıdır. Sismogramlar üzerinde yüzey dalgaları arasında en çok Rayleigh ve Love dalgaları görülmektedir. Bu

dalgalar serbest yüzey ile onun altındaki tabaka sınırları boyunca yayılır. Bu sebepten ötürü, bu dalgaların özellikleri yer kabuğu ve mantonun yukarı kısımları tarafından belirlenir.

Yüzeye yakın bir bölgede deprem ya da patlatma gibi bozucu bir olay gerçekleştiğinde enerjinin önemli bir kısmı, yüzeye yakın bir bölgeye hapsolür ve klavuz dalgalar olarak seyahat eden yüzey dalgası şeklinde iletilir. Yüzey dalgalarının genlikleri derinlikle azalır.

İki tür yüzey dalgası vardır. Yer hareketi eliptik olan Rayleigh dalgaları, bir su dalgasında olduğu gibi (ancak burada geri yönlü hareket) S kesme dalgalarına benzer, sadece yatay düzlemde titreşim gösteren (yatay polarize olan) hızlı Love dalgalarıdır. Love ve Rayleigh dalgaları yayılırken bunların tüm dalga grubu bir istasyona aynı anda gelmez ve bir kural olarak uzun dalgalar yüksek hızla seyahat ederek istasyona önce varır. Bunları kısa ve daha kısa dalgalar takip eder. Bu olay dispersiyon olarak da bilinir.

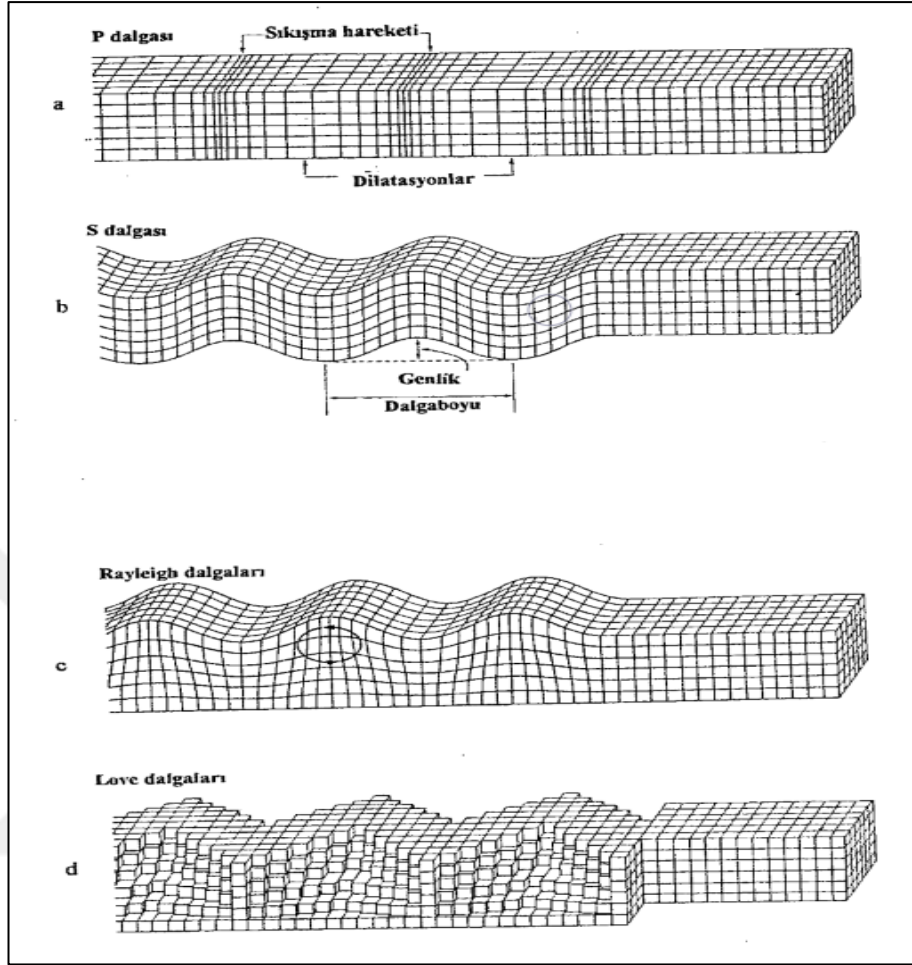
Rayleigh dalgalarının homojen bir ortamın yüzeyinde hızları frekansa bağılı değildir. (Dobrin ve diğerleri, 1951). Rayleigh dalgaları düşük hızlı ve frekanslı dalgalar olup, hızı S dalgalarının hızından daha yavaştır. Rayleigh dalgalarının meydana getirdiği yüzey hareketini ölçmek, düşük hız tabakasından dolayı zordur. Çünkü hız derinlikle artmakta ve düşük hız tabakasının tabanı dağılımlara neden olmaktadır (Dobrin, Lawrance, Simon, 1951). Rayleigh dalgaları P ve S dalgalarının bir karışımını kapsar. Böylece ortaya çıkan sismik olaylar yüzeye yakın ise şiddetli yüzey dalgaları oluşacaktır.

1.4. Deprem Enerjisi

Depremlerde bir birim büyüklük değerindeki artış genlikte 10 kat artışa, sismik enerjide ise 32 kat artışa neden olur. Örneğin büyüklüğü 6 olan depremin enerjisi, büyüklüğü 3 olan depremden iki kat değil, bir milyon kattan daha fazladır. Bunun nedeni depremin enerjisinin, depremin büyüklüğünün logaritmik fonksiyonu olmasıdır (Denklem 1.5) (Gutenberg, 1956).

$$\text{Log } E = 11,8 + 1,5 M \quad (1.5)$$

Burada; E, sismik enerji, M, Richter ölçeği ile büyüklüktür.



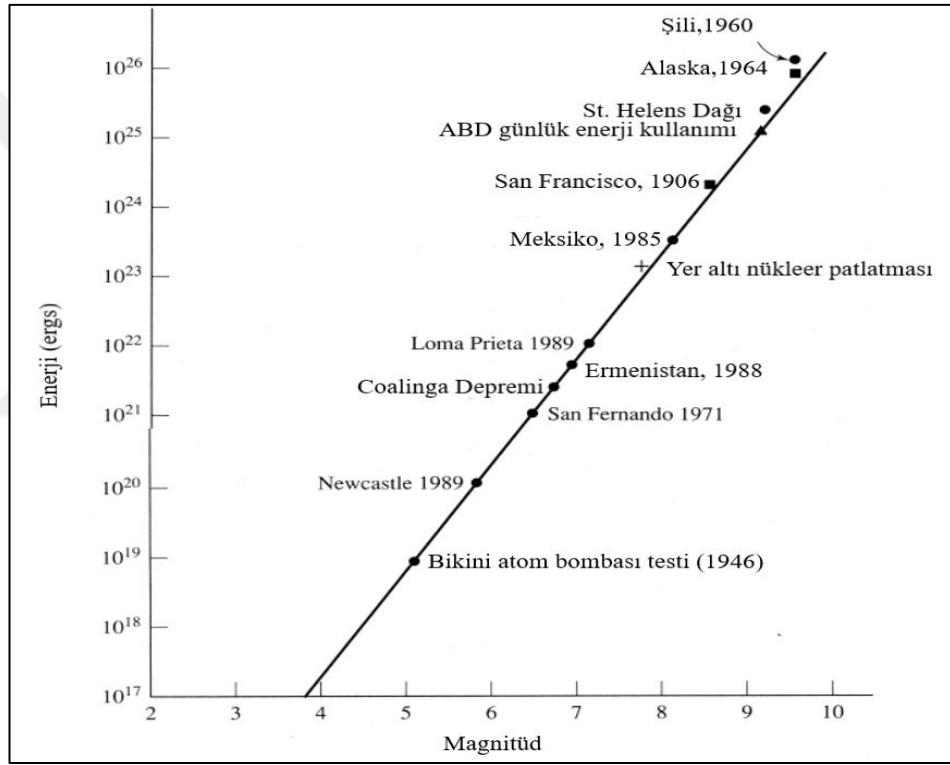
Şekil 1.2. Yatay düzlemde yayılan cisim ve yüzey dalgalarının şematik gösterimi (Bolt, 1976). a) P dalgası b) S dalgası c) Rayleigh dalgası d) Love dalgası

Daha önceden görüldüğü gibi 60 km. den büyük kırılmaya neden olan depremlerde büyüklük ölçeği saturasyona uğrar, büyüklük hesabında kullanılan dalga boyları (Kanamori, 1983) depremin enerjisinin yanlış hesaplanmasına neden olur. Moment ölçeğinde depremin enerjisi;

$$E = M_0 / (2 \times 10^4) \quad (1.6)$$

olarak hesaplanır. Burada E erg cinsinden enerji, M_0 ise sismik momenttir (dyn.cm). Bu nedenle depremlerin oldukça geniş bir enerji aralığı vardır. Bir maden ocağındaki patlatma düşük bir enerji açığa çıkarırken, enerjisi 10^{26} erg. olan büyük bir deprem (1960 Şili depremi), 300 megaton ya da daha büyük bir nükleer deneme enerjisine eşittir (1 ton kimyasal patlatma = $4,18 \times 10^{16}$ erg.).

Yılda açığa çıkan ortalama sismik enerji miktarı 10^{25} erg. (10^{18} joule) olup, 3×10^7 kilowatta eşittir ya da yılda oldukça büyük bir depremin açığa çıkardığı enerjiye eşittir. Sismik enerji yer içinden gelen küresel ısı akışının binde biridir. Böylece sismik enerji, manto konveksiyon akımı ve levha tektoniğine bağlı olarak, litosferdeki gerilme birikimi süresince yer ısı akışının yönünü alarak kabul edilebilir. Açığa çıkan sismik enerjinin çoğu büyük şoklardan gelir. Örneğin %80'i büyüklüğü 7,9 ve üzeri olan depremlerden kaynaklıdır. Küçük depremlerin sayısı, büyük depremlerin sayısından çok daha fazla olmasına rağmen açığa çıkardıkları enerji büyük önem taşımaz.

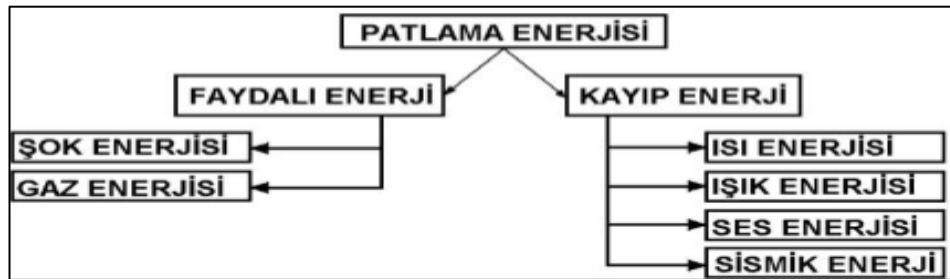


Şekil 1.3. Bazı insan kaynaklı ve doğal olayların enerji büyüklük (MW) değişim grafiği (Bolt, 1993)

1.5. Küçük Ölçekli Yapay Kaynaklı Sarsıntılar

Patlatma işleminin amacı; insanoğlunun ihtiyaç duyduğu endüstri hammaddesini, üretim aşamasında ve cevhere ulaşmak amacıyla, maden ve taş ocağı çalışmalarında patlayıcı kullanılarak içinde bulunduğu ana kütlede faydalanılabilir bir büyüklükte, ekonomik bir şekilde, olabilecek en kısa süre içerisinde ve güvenli bir şekilde ayırmaktır. Bunun yanı sıra patlatma işlemi baraj, yol ve tünel inşaatı, inşaat altyapı kazıları gibi kazı işlemleri için kullanılan en kuvvetli, en kullanışlı ve en ucuz

yöntemdir. Patlatma işlemi maden ve taş ocağında, baraj, yol ve tünel çalışmaları gibi iyi niyetli olarak kullanıldığında insanoğluna faydası dokunan bu maddeler, bu amaçlar dışında kullanıldığında maalesef yine insanoğluna büyük zararlar verebilmektedir. Patlayıcı kullanılarak gerçekleştirilen taş ocağı çalışmaları ve maden çalışmaları, tünel, yol, altyapı ve baraj gibi kazı işlemleri diğer yöntemler olan insan gücü, mekanik makineler, çözültü kimyası, hidrolik teknolojisi gibi yöntemlerden daha güçlü ve daha ekonomik bir yöntemdir. Yapılmış olan çalışmalarda güçlü ve ekonomik sonuçlar elde edilmesine, inşaat ve taş ocağı işletmeciliğinin vazgeçilmez unsurlarından birisi olmasına rağmen bu yönteminde bir takım olumsuz yönleri vardır. Bu olumsuzlukların başlıcası psikolojik ve çevresel rahatsızlıklardır. Patlayıcı enerjisinin sadece %20-%30'luk kısmı kaya kütlelerinin kırılmasında kullanılmakta olup, enerjinin geri kalanı yersarsıntısı, taş savrulması, hava şoku, toz emisyonu gibi olayların oluşmasına sebebiyet veren durumlar için harcanmaktadır (Hagan, 1973). Diğer bir ifadeyle patlatma işlemi sonucunda oluşan enerjinin bir kısmı kayacın parçalanmasında harcanırken, diğer kısmı da dairesel olarak patlatma kaynağından dış tarafa doğru sismik dalgalar halinde yayılarak sarsıntılar oluştururlar. Bu sismik dalgaların yayılması sonucu oluşan sarsıntılar, maden ocağının çevresinde bulunan yerleşkelerin hasar görme riski ile karşı karşıya kalmasına neden olmakta, yerleşkede yaşayan halkta maddi veya psikolojik rahatsızlıklar oluşturmaktadır. Bazen yüksek yer sarsıntıları nedeniyle yapılar zarar görebilmekte ve saha çevresindeki insan yerleşkeleri ile iş yeri yöneticileri sıklıkla karşı karşıya gelebilmektedir (Khandelwal ve Singh, 2006).



Şekil 1.4. Patlatma esnasında meydana gelen enerji türleri

Günümüze kadar delme patlatma teknolojisi ile başarılı çalışmalar yapılarak ekonomik sonuçlar elde edilmiştir. Delme patlatma teknolojisi genel olarak, madencilik sektöründe kullanılmakta olup, petrol arama ve üretim faaliyetlerinde,

altyapı hizmetlerinde, inşaat sektöründe, tarım ve ormancılık çalışmalarında, askeri alanlarda ve diğer endüstriyel çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu kullanım alanları Şekil 2.6'da gösterilmektedir (Kahriman, 2003).

Tablo 1.2. Delme patlatma teknolojisinin kullanım alanları

DELME-PATLATMA TEKNOLOJİSİ KULLANIM ALANLARI	
1- Maden Arama Faaliyetleri <ul style="list-style-type: none"> • Sismik aramalar • Yarma • Yol ve lokasyon hazırlığı • Arama kuyu ve galeri 	7- Petrol Sektörü <ul style="list-style-type: none"> • Sismik aramalar • Rezevuarların gevşetilmesi • Boru hatlarının açılması • Enerji sektörü • Yeraltı güç santralleri • Yeraltı petrol ve gaz depoları • Yeraltı nükleer atık depoları • Yeraltı basınçlı hava depoları
2- Açık İşletme Faaliyetleri <ul style="list-style-type: none"> • Genel hazırlık • Gevşetme patlatmaları • Basamak patlatması • Yapı taş üretimi ve taş ocakları 	8- Tarım ve Ormancılık Sektörü <ul style="list-style-type: none"> • Tabakalara su geçirme özelliği sağlayarak çatlak oluşturma çalışmaları • Ağaç köklerinin çıkartılması • Ağaç kesimi
4- Yeraltı İşletme Faaliyetleri <ul style="list-style-type: none"> • Hazırlık işlemleri • Üretim işlemleri • Tavan göçertme çalışmaları 	9- Askeri Faaliyetler <ul style="list-style-type: none"> • Tahrip ve imha faaliyetleri • Mevzilerin hazırlanması • Stratejik füzeler için yeraltı üsleri • Korunmaya yönelik yeraltı boşluk ve sığınakları
5- Özel Üretim Yöntemleri <ul style="list-style-type: none"> • Rezervin kitlesel olarak gevşetilmesi • Rezervin ve yan taşların kırılması ve çatlatılması 	10- Tünel Açma Faaliyetleri <ul style="list-style-type: none"> • Karayolu tünelleri • Demiryolu tünelleri • Toplu ulaşım (metro) tünel ve istasyonları • Su ve kanalizasyon tünelleri • Derivasyon tünelleri
6- İnşaat Sektörü <ul style="list-style-type: none"> • Hammadde temini • Temel kazıları • Kanal açma çalışmaları • Yol yapımı • Baraj ve gölet yapımı • Kontrollü yıkımlar • Bina ve beton yapıları • Çelik konstrüksiyon • Köprü • Yüksek fırın bacaları 	11- Diğer Faaliyetler <ul style="list-style-type: none"> • Su altı atımları • Buz ve buz altı çalışmaları • Zemin stabilizasyon işlemleri • Endüstride sıcak atımlar • Kuyu ve silo tıkanıklarının giderilmesi • Nükleer atımlar yaparak işletilebilir yeni ham madde kaynaklarının oluşturulması

1.5.1. Patlatma olayının tarihsel gelişimi

Tarihte ilk patlayıcı olarak karşımıza çıkan madde baruttur. M.S. 1200 yıllarında barutu ilk bulanların Müslümanlar olduğu ve 13. yüzyılda Çinliler’inde barutu kullandıkları bilinmektedir. Barut daha sonra 13. yüzyılda batıda kullanılmaya başlanmıştır. Bu bilgi de bizlere barut kullanımının Çin’den batı bölgelerine doğru kullanımının yayılmış olduğunu göstermektedir. Barut ilk olarak 1320 yıllarında ateşli silahların patlatıcısı olarak kullanılmaya başlanmış ve 1600 yıllarında yine ateşli silahlarda tahrip edici olarak kullanılmıştır. Kara barutun bulunmasından önce kaya gevşetme çalışmalarında, kaya yakma işlemi olarak belirtilen bir işlem uygulanıyordu. Yakma işlemi olarak belirtilen ve uygulanan kaya gevşetme olayında, kaya yüzeyi odunla yakılarak ısıtılıyor ve sonrasında ısıtılan yüzeye su dökülerek kayanın yavaş yavaş kırılması ile gerçekleşiyordu. Kaya yakma ve ısıtma yöntemleri ile yapılan kazı işlemleri, kara barutun bulunması ile yerini, delme-patlatma işlemlerine bırakmıştır. Kara barutun bulunması ve kullanılmaya başlanması ile birlikte kaya gevşetme işlemleri hızlanmış ve kara barut yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. William Bickford’un 1831 yılında emniyetli fitili bulması ateşleme işlemini çok daha güvenli bir hale getirmiştir. Sonraki yıllarda daha güçlü patlayıcılara gereksinim duyulmuş ve bu gereksinim neticesinde daha güçlü patlayıcıların geliştirilmesi ve üretilmesi hız kazanmıştır. İtalyan Ascanio Sabrero 1846’da nitrogliserini icat etmiş fakat çok tehlikeli olduğu için madencilikte kullanılmamıştır.

Nitrogliserinin ticari anlamda dünyaya tanıtılması Alfred Nobel tarafından 1864 yılında nitrogliserin üreten ilk fabrikayı kurmasıyla başlamıştır. Alfred Nobel 1863 yılında güvenli bir şekilde ateşlemeyi gerçekleştirebilmek için gerekli mekanizma olan kapsülü keşfederek bu kapsülleri nitrogliserin yemlemesinde emniyetli fitil ile birlikte kullanmıştır. Patlayıcılar üzerine yapılan çalışmalar Alfred Nobel’in çok tehlikeli olan nitrogliserini daha kontrollü bir hale getirmesi ve bu şekilde 1867 yılında dinamiti icat etmesi ile yeni bir boyut kazanmıştır. 20. yüzyılın başlarında dinamit teknolojisindeki gelişmelerle grizu güvenli dinamitlerin ve sıvı oksijen patlayıcıların geliştirilmesi sağlanmıştır.

1.6. Büyük Ölçekli Yapay Kaynaklı Sarsıntılar (Nükleer Patlatmalar)

Nükleer patlatmalar yapay kaynaklı bir sismik kaynak türü olup yeraltında, atmosferde ve suyun altında gerçekleştirilebilir. Nükleer patlatmalarda bir deprem sonucunda meydana gelen enerjide olduğu gibi yer kabuğu içerisinde farklı nitelik ve hızlarda yayılarak bize bilgi verir.

1960'lı yıllarda yeraltı nükleer testlerinin başlamasından günümüze kadar, sismolojik çalışmalar bu patlatmaları ortaya çıkarmak ve konumlarını tespit etmek için en önemli yöntemlerden biri olmuştur. Kapsamlı Test Yasağı Antlaşması (Comprehensive Test Ban Treaty; CTBT) ile 150 kiloton (kt)'a kadar yasaklanan yeraltı nükleer patlatmalarının belirlenmesi amacıyla İngiltere'de, Eski Sovyetler Birliği'nde ve Amerika Birleşik Devletleri'nde birçok araştırma yapılmıştır. (Bolt, 1976; Dahlman ve Israelson, 1987; Skyes, 1987; Richards ve Zavales, 1990; Ringdal, 1990; Stump, 1991; Woods ve Helmberger, 1993).

Günümüzde gerçekleştirilen nükleer denemelerin takibi ise Uluslararası Veri İzleme Merkezi (IMS) tarafından yapılmaktadır. Bu ölçümler nükleer denemelerin belirlenmesi amacıyla geniş küresel sismograf ağı ile dünya genelinde kurulu istasyonlardan yapılmaktadır.

Nükleer patlatmalarda, kaydedilen karakteristikler; dalga spektrumları, genlik oranları, odak mekanizmaları, lokasyonları ve derinlikleridir. Nükleer patlatmalar, en büyüğü 10^{18} joule olmak üzere (Bikini atom testi, 1946.) bilinen yer ve zamanda açığa çıkan büyük enerji kaynakları olmaları nedeniyle özellikle seyahat zamanı kalibrasyonu ve kabuk-manto kırılma çalışmalarına önemli katkı sağlamışlardır. (Doyle, 1967; Carder ve diğ., 1966; Scheimer ve Barg, 1984.)

1.6.1. Nükleer denemelerin izlenmesi ve tarihsel gelişimi

Tarihteki ilk nükleer denemesi, 16 Temmuz 1945 yılında Amerika'nın New Mexico eyaletinde gerçekleştirilen 20 kilotonluk (20000 ton TNT'ye eşdeğer) "Trinity" isimli nükleer denemesidir. İlk yeraltı nükleer patlatması ise 19 Eylül 1957'de Kuzey Amerika'da Nevada test alanında yürütüldü. Bu testin kod adı "Rainer" olup büyüklüğü 1,7 kilotondur. Bu test 1000 km. uzaklıkta bulunan 50 sismograf tarafından kaydedildi.

Atmosferde ve suyun altında gerçekleştirilen nükleer silah denemeleri, açığa çıkan nükleer atıkların zararlı etkileri nedeniyle 1963 yılında yasaklandı. Ancak bu antlaşma yeraltı nükleer denemelerine bir kısıtlama getirmedi. Sonrasında Amerika Birleşik Devletleri ve Rusya arasında 150 kt. büyüklüğündeki patlatmaların yasaklanması amacıyla 1974 yılında yeni bir antlaşma imzalandı.

Bugüne kadar ki nükleer silah denemelerinin yaklaşık %75'ini oluşturan yeraltı nükleer denemeleri ise nükleer atıkların yerin yüzeyine ulaşması durumunda oluşturduğu tehlike nedeniyle 24 Eylül 1996 yılında Kapsamlı Test Yasağı Antlaşması (Comprehensive Test Ban Treaty; CTBT) New York'da Birleşmiş Milletler tarafından imzaya açıldı. Nükleer denemelerin yasaklanması bu antlaşma ile amaçlanmaktadır. CTBT yürürlüğe girdiğinde bölgesel olayların dünya çapında izlenmesi, anlaşmaya uyumu doğrulamak için çok önemli olacaktır.

CTBTO (Comprehensive Test Ban Treaty Organization) Kapsamlı Test Yasağı Antlaşması'nı denetim ve kontrol etmek amacıyla kurulmuş olup nükleer patlatmaların kontrolü için dünya genelinde 170 istasyonda faaliyetlerini sürdürmekte olup 321 istasyon kurmayı hedeflemektedir.

Oluşan bir depremde, depremi tanımlayan parametreler yani deprem parametreleri olarak isimlendirilen odak noktası (hiposantr), dış merkez (episantr), odak derinliği ve magnitüd gibi kavramlarla daha iyi anlaşılmaktadır.

2. DEPREM VE PATLATMA VERİLERİ ARASINDAKİ FARKLAR VE AYIRT ETME YÖNTEMLERİ

Bir bölgedeki benzer özelliklere sahip farklı sismik olayların tanımlanması ve sınıflandırılması, sismik tehlike çalışmalarında en önemli konulardan biridir. Depremler ve patlatmalar, farklı özelliklere sahip sismik dalga formları oluşturur. Depremleri ve patlatmaları güvenle ayırt etme işlemi karmaşık ve zor bir işlemdir. Bu çalışma fiziksel ve istatistiksel tekniklerin entegrasyonunu gerektirir. Depremleri, taş ocağı patlatmaları, su altı patlatmaları ve nükleer denemeler gibi insan kaynaklı patlatmalardan ayırt etmek için farklı parametreler ve sınıflandırma teknikleri önerilmiştir.

Depremlerin ve patlatmaların ayırt edilmesi uydu görüntüleri, meydana gelme süreleri, lokasyonları, derinlikleri gibi basit yöntemler kullanılarak belirlenmesi doğru olmayabilir (Horasan ve diğ., 2009; Wiemer ve Baer, 2000). Ayırt edilme işlemleri hem zaman hemde frekans alanına farklı yöntemler uygulanarak yapılabilir.

Sismik bir olay tespit edildikten sonra sismik izlemede bir sonraki adım tanımlama işlemidir. Taş ocağı patlatmalarının depremlerden ayırt edilmesi, deprem kataloğunun derlenmesinde ön ve temel bir adımdır. Depremler ve taş ocağı patlatmaları arasındaki yanlış ayrımcılık bir bölgenin doğal sismisitesinin gerçekçi olmayan bir sonucu olarak karşımıza çıkabilir. Depremler ve taş ocağı patlatmaları verileri arasındaki sismogramlardaki benzerlik, yanlış ayrımcılığın temel nedenidir. 1959 yılından bu yana sismologlar, sismik sinyalleri analiz ederek depremler ve patlatmalar arasında ayırım yapmak için birçok önemli araştırma yapmışlardır.

Deprem katalogları genellikle doğal (deprem) ve yapay (patlatma) olayların karmaşık bir karışımını içerir. Yapılmış olan birçok çalışmaya rağmen, küçük büyüklükteki olayların ayrımcılığı zor bir problemdir. Deprem kataloglarında bu kaynaklardan elde edilen kayıtların yanlış yorumlanması nedeniyle sismik modellemede yanlışlıklara neden olabilir. Bu nedenle sismisitenin herhangi bir istatistiksel analizinden önce, anlamlı bilgilerin elde edilebilmesi için yapay kirlenmeler

araştırılmalı ve ayırt edilmelidir (Mousavi, 2017). Deprem ve taş ocağı patlatmalarının arasındaki ayrımcılığın sebebi dalga formlarındaki benzerliktir. Bu nedenle deprem katalogları hazırlanırken yüksek doğrulukta sonuçlar elde edebilmek için depremlerin ve patlatmaların ayırt edilmesi gerekmektedir.

2.1. Basit Yöntemler

2.1.1. P dalgasının ilk hareket yönüne göre ayırım

Bu yöntem ile sismometre kaydındaki ilk dalgaların (P dalgası) başlangıçtaki hareket yönündeki farklılıklara dayanan bir tanımlama yöntemi kastedilmektedir. Bir patlatmanın kaynaktan uzak tüm yönlerde ilk sıkışma hareketleri oluşturması beklenirken, bir depremin tipik olarak bazı yönlerde ilk sıkışma hareketi oluşturur. Bu sıkışma dalgasında zemindeki ilk hareket kaynaktan uzaklaşma şeklinde tespit edilir. Genişleme hareketinde ise zeminde oluşan ilk hareket kaynağa doğru hareket eder. Sinyal/gürültü oranının yüksek olduğu bir sismometre kaydında, oluşan ilk hareketin yönünü gözlemlenmek çoğu zaman mümkündür (örneğin; sinyalin sismometre kaydındaki ilk hareketinin aşağı mı yoksa yukarı mı hareket ettiğinin gözlemlenmesi). Sinyal/gürültü oranı ne kadar büyük olursa bu tanımlama yöntemi daha güçlü olabilir. Fakat sistem gürültüsünün varlığı, küçük olaylar için ilk hareketin yönünü belirlemek zor hatta imkansız olabilir. Sismik ağ kapsamının zayıf olduğu durumlarda genişleme hareketleri sinyallerde hiçbir zaman net olmadığı için, yöntem bir depremi deprem olarak tanımlamakta, ancak bir patlatmayı kesin olarak patlatma olarak tanımlayamamaktadır.

Deprem ve patlatma verileri incelenerek sinyallerin ilk hareket yönüne bakılarak yapılan ayırım çalışmasında, bir depremden oluşan P dalgasının ilk hareket yönü yukarı(up) veya aşağı (down) yönde olabilirken, patlatmadan kaynaklı oluşmuş olan sinyalde P dalgasının ilk hareket yönü her zaman yukarı yönde olarak gözlenmektedir. Böylece kaydedilmiş bir olayın deprem ya da patlatma olması niteliği belirlenebilir.

2.1.2. S dalgası genliğine göre ayırım

Gerçekleşmiş olan patlatma olaylarının, kaynaklarının sıkıştırıcı doğası nedeniyle, patlatmalar genel olarak çoğu depremden daha az makaslama dalgası enerjisi üretir.

Bu nedenle makaslama dalgası enerjisinin gözlemlenmesi, olayın muhtemelen bir deprem olduğunun göstergesidir.

2.1.3. Magnitüde göre ayırım

Gerçekleşmiş olan yapay kaynaklı bir olayın, doğal kaynaklı olarak gerçekleşen bir olay ile magnitüd değerleri kıyaslandığında, genel olarak büyük magnitüde sahip olan olayların doğal kaynaklı olarak gerçekleşen olaylar olduğu tespit edilmiştir. Eğer bir olayın magnitüd değeri $M > 3$ ise bu olayın doğal kaynaklı bir olay olduğu genel olarak söylenebilir. Yapay kaynaklı olaylar genel olarak $M < 3$ olan olaylardır.

2.1.4. Lokasyona (Konum) göre ayırım

Ana tanımlama yöntemi olan lokasyon belirleme olayı, tespit edilen bir sismik kaynağın konumuna dayanmaktadır. Eğer sismik olayın bir okyanusal alanda olduğu belirlenirse, ancak hiçbir hidroakustik sinyal yeniden kaydedilmediyse, olay bir deprem olarak tanımlanır. Yine aynı şekilde eğer sismik olayın karasal bir alanda olduğu belirlenirse ve bu alan insan nüfusu ve yapı bakımından yoğun bir alansa bu alanda taş ocağı patlatmaları ve nükleer test denemeleri yapılamayacağından ötürü bu sismik olay deprem olarak tanımlanır. Çok sayıda sismik olay bu şekilde rutin olarak tanımlanabilir. Patlatmalar sismik aktivitesi olmayan bölgelerde gerçekleşebilirken, depremler belirli bir sismik aktivite ve jeolojik yapıya sahip bölgelerde oluşur. Bu yöntemle epicenter (dış merkez) çözümünün güvenilir olduğu kataloglarda daha başarılı sonuçlar elde edilir.

2.1.5. Derinliğe göre ayırım

Sismik kaynak derinliği, çok sayıda sismik olayı tanımlamak için kullanışlı bir ayırıcıdır. Sismik bir olayın 10 km.'nin altında olduğu tespit edilirse, deprem olarak yüksek güven ile tanımlanabilir. Çünkü günümüzde 10 km.'nin altında yerküre üzerinde herhangi bir sondaj çalışması yapılamamıştır. Bu nedenle sismik olayın derinliği 10 km.'den fazla ise patlatma olması ihtimali söz konusu değildir. Buna karşın; sismotektonik ortam ve hüküm süren stres alanına bağlı olarak, doğal olarak meydana gelen depremler dünya yüzeyinin yakınından üst manto tabanına (700 km.) kadar herhangi bir yerden kaynaklanabilir. Daha büyük sismik olaylar için derinlik

fazları (pP, sP) ve derinliğe bağlı fazları (PcP, ScP) güvenli ve doğru bir biçimde gözlemlenmesi ayırt edici olarak kullanılmıştır (Bowers ve Selby, 2009).

Nükleer patlatmalar ve depremlerin ayırt edilmesi hususunda da olayın tanımlanabilmesinde derinlik parametresi önemli bir ayırıcı yöntemdir. Günümüze kadar yapılmış olan yeraltı nükleer denemelerinin derinliği en fazla 2,5 km. derinliğinde olduğu için daha derin olayların nükleer deneme olarak kabul edilmesi imkansızdır.

Sismik bir olayın tanımlama yöntemi olarak derinlik yönteminin kullanılmasının bir avantajı da, sismik olayın büyüklüğüne (magnitudüne) bağlı olmamasıdır. Temel verilerin yeterli sinyal kalitesinde olması ve sinyallerin yeterli sayıda tespit edilmesi koşuluyla küçük olaylar için de büyük olaylar için de güvenilir bir yöntemdir. Ancak depremler yeterince derin olmadığı sürece patlatmaların ve depremlerin ayırt edilmesinde bu yöntemle güvenilir sonuçlar elde edilemez.

Yukarıda belirtilen kriterlere ek olarak, Rg dalgaları taş ocağı patlatmalarının ayırt edici analizleri için kullanılabilir. Rg dalgaları genellikle patlatmaların veya çok sığ depremlerin düşey bileşen sismogramlarında gözlenir. Kısa dönem temel mod Rayleigh dalgaları (Rg) genellikle, yerel mesafelerde kaydedilen antropojenik olayların ve sığ depremlerin sismogramlarında görülür (Both, 1975; Kafka, 1990; O'Rourke ve Boker, 2017).

Kafka'nın (1990) yapmış olduğu çalışmada gösterdiği gibi Rg genlikleri artan odak derinliği ile çarpıcı bir biçimde azalmaktadır. Bu nedenle, yaklaşık olarak derinliği 5 km.'den daha fazla olan olayların güçlü Rayleigh dalgaları oluşturması beklenemez. Sonuç olarak, sismogramlarda Rg sinyallerinin varlığı, sismik kaynağın sığ olduğuna dair güçlü bir göstergedir. Rg dalgaları çoğunlukla kabuğun oldukça zayıflatıcı en üst tabakasında hareket eder. Bu nedenle kaynak derinliğine bakılmaksızın Rg sinyalleri yaklaşık 150 km.'nin ötesindeki mesafelerde nadiren gözlenir. Bu faktörler, Rg tabanlı ayırıcıların uygulamasını zorlaştırabilir.

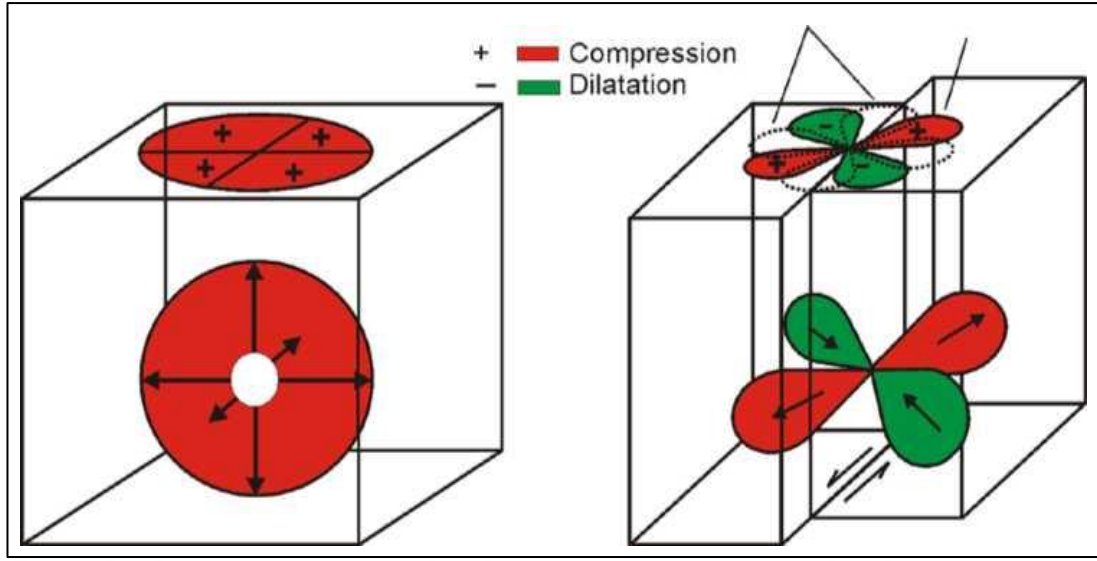
2.1.6. Kaynak mekanizmasına göre ayırım

Deprem ve patlatma kaynak spektrumları, farklı kaynak mekanizmaları nedeniyle önemli farklılıklar gösterdiği bilinmektedir. Patlatmalar enerjilerini simetrik bir

hacimde salıverir ve dalga formlarında P dalgaları hakimdir. Taş ocağı patlatmalarında, kaya kütlelerinin hareketini kontrol etmek amacıyla patlatma sırasında genellikle bir dizi gecikmeyle (dalgalanma ateşlemesi) ateşlenir. Depremler gibi sismik olayların aksine, patlatmalar nispeten iyi bilinen bir gecikme dizisine sahiptir. Patlatma gecikme dizisi, patlatma genlik spektrumunu kirletecektir. Buna karşılık depremler patlatma kaynaklarından birkaç kat daha büyük bir boyuta sahip ve çok daha büyük S dalgaları üreten bir hat kaynağını temsil etmektedir. (Wyss ve Hanks, 1971; Chapman, 2008; Shearer ve Allmann, 2007; Allmann ve diğ., 2008; Dahy ve Hassib, 2010). Taş ocağı patlatmaları genlik spektrumları, tüm büyüklükler için yüksek frekanslarda daha dik bir şekilde düşme gösterir. Sismik olaylarda depremlere karşı patlatmaların dalga süresi patlatma/olay ayırt etmede kullanılabilir daha fazla bilgi sağlar.

Patlatmalar genellikle antropojeniktir yani insan kaynaklıdır. İnsan kaynaklı olması nedeniyle bilinen lokasyon ve kaynak zamanı ile kontrol edilir. Deprem ve taş ocağı patlatma olayları farklı enerji kaynaklarından meydana gelir. Bir depremin kaynağı, Dünya'nın tektonik plakalarının nispi hareketiyle biriken tektonik zorlanmadır. Bir patlatmada ise enerjinin tamamı aniden serbest bırakılır. Patlatmada enerji saniyeden daha az bir sürede açığa çıkmakta ve depremlere göre daha kısa süre devam etmektedir. Patlatmaların, her yöne doğru dışa dönük sıkıştırma ilk hareketi beklenirken, tektonik depremlerin farklı yönlerde farklı genlik ve kutupsallıkta ilk hareketi üretmesi beklenir. Bu özellikler kaynak işlem türünü tanımlamak ve patlatmalar ile depremler arasında ayırım yapmak için kullanılabilir.

Taş ocağı patlatmalarının kaynak boyutu nükleer patlatmalara göre daha küçük, nükleer patlatmaların ise depremlere göre kaynak boyutu daha küçüktür. Kaynak hacmi küçüldükçe sismik dalgaların dalga boyutu daha da küçük olmaktadır. Nükleer patlatmaların oluşturmuş olduğu sismik dalgalar depremlerden daha küçük dalga boyuna sahiptir. Depremler ve nükleer patlatmalar binlerce kilometre uzaklıkta bulunan sismograflar tarafından kaydedilebilir. Bu sismograflara gelen veriler incelenerek depremler ve nükleer patlatmaları birbirinden ayırt etme işlemi gerçekleştirilebilir. Nükleer patlatmalar çok kuvvetli Love ve Rayleigh dalgaları oluşturmazlar. Bu nedenle sismograflar tarafından kaydedilmiş olan verilerden olayların tanımlanabilmesi adına önemli bir katkı sağlar.



Şekil 2.1. Depremler ve patlatmalar için yayılma düzenlerinin farklılıkları (Ringdal, 1985)

2.2. Genlik Oranı Yöntemi

S ve P dalgalarının genlik oranıdır. S/P genlik oranı parametresi, Wüster (1993) tarafından Vogtland'daki Almanya ve Çekoslavakya sınırındaki depremler ve keşifler arasında ayırım yapmak için kullanılmıştır. Bu yöntemde, sismik olaylar için düşey bileşen hız sismogramlarından maksimum A_S (S dalgasının genliği) maksimum A_P (P dalgasının genliği) dalga genliğine oranlanması ve bu maksimum S/P dalgası genlik oranının S dalgasının logaritma ($\log S$) tabanına göre çizdirilmesidir. Bu çizdirilme işlemi sonrasında, lineer ayırma fonksiyonu (LAF) ve karesel ayırma fonksiyonu (KAF) kullanılarak deprem ve patlatma sismogramları birbirlerinden ayırt edilir. Bu yöntem sinyal/gürültü oranının yüksek olduğu kayıtlarda ve dalga fazlarının güvenli bir şekilde belirlenmiş olduğu durumlarda daha kullanışlıdır.

Depremlerde P dalgalarının genlikleri S dalgalarının genliklerine göre daha küçük bir şekilde üretilmektedir. Bundan dolayı eşit büyüklükteki olaylar için bu gözlemler karşılaştırıldığında, kayıtların düşey bileşenleri kullanılır (Wüster, 1993; Baumgardt ve Young, 1990; Horasan ve diğ., 2009). Çünkü P dalgalarının genlikleri, sismogramlarda düşey bileşenlerde daha büyüktür. Deprem kayıtlarında P dalgası genliğinin, S dalgası genliğinden küçük olması, bu yöntemde hesaplanan S/P

oranının 1'den büyük değerler almasına sebep olur ve bu değerlerin gözlemlendiği olaylar deprem olarak patlatmalardan ayrıştırılmış olur.

2.3. Karmaşıklık Yöntemi (C-Sr)

Sismogramlarda tanımlanan iki zaman penceresinin güçlerinin oranı ile spektrumlarının alçak ve yüksek frekanslı pencerelerinin oranlarının (Sr) hesabı yöntemi ile tüm sismik olaylar için düşey bileşen hız sismogramlarının iki zaman penceresindeki güçlerinin oranları (C) hesaplanır (Denklem 2.1). Düşey bileşen hız sismogramlarının spektrumlarının alçak ve yüksek frekanslı kısımları oranlanarak spektral oran parametresi bulunur (Denklem 2.2).

Sismogramların iki farklı penceredeki güçlerinin oranlarının sismogramların spektrumlarının alçak ve yüksek frekanslı pencerelerindeki spektral oranlarına karşılık çiziminden lineer ayırma fonksiyonu (LAF) ve karesel ayırma fonksiyonu (KAF) geçirilerek deprem ve patlatma olayları birbirinden ayırt edilmektedir.

Karmaşıklık (C) seçilen zaman pencerelerinde sismogramın bütünleşik güçlerinin oranıdır. C aşağıdaki gibi ifade edilir (Arai ve Yosida, 2004).

$$C = \int_{t_1}^{t_2} s^2(t)dt / \int_{t_0}^{t_1} s^2(t)dt \quad (2.1)$$

Burada;

t_0 : Sinyalin başlangıç zamanı (P dalgası başlangıç zamanı)

t_1 ve t_2 : Zaman penceresi ağırlığı

C: İki zaman penceresindeki güçlerinin oranı

$s(t)$: Sinyal

Karmaşıklık, patlatmalar için daha küçük bir değere sahiptir. Çünkü, patlatma dalga formunun S dalgası genliği P dalgası genliğinden daha küçüktür.

Spektral oran (Sr), seçilen frekans bantlarındaki (yüksek frekans bandı h_1 - h_2 : 5-10 Hz; düşük frekans bandı I_1 - I_2 : 1-5 Hz.) sismogramın, (f) bir bütünleşik spektral genliklerinin oranıdır. Sr şu şekilde yazılabilir (Gitterman ve Shapira, 1993).

$$Sr = \frac{\int_{h_1}^{h_2} a(f)df}{\int_{I_1}^{I_2} a(f)df} \quad (2.2)$$

Burada;

h_1 ve h_2 : Yüksek frekans

I_1 ve I_2 : Alçak frekans

Sr: Spektral orandır.

2.4. Sürekli Dalgacık Dönüşümü (SDD) Yöntemi

Sismik sinyallerin durağan olmamasından dolayı, sürekli dalgacık dönüşümü (SDD), sismik işlemlerin temsili ve dolayısıyla analizi için geleneksel Fourier dönüşümlerinden daha uygundur. Sürekli dalgacık dönüşümü yöntemi, zaman ortamında kaydedilen sinyaller ile frekans ortamında yapılan dönüşümlerin zaman ve frekans ortamındaki genlik değerlerini vermektedir. Sürekli dalgacık dönüşümü yöntemi, frekans ve zamanın iki boyutlu bir fonksiyonu olarak çizgisini gösterir. Bu çalışmada sürekli dalgacık dönüşümü yöntemi de kullanılarak deprem ve patlatmaların birbirlerinden ayırt edilmesi çalışması yapılmıştır. Roueff ve diğerleri (2004), yapay kaynaklı ve doğal kaynaklı olarak oluşmuş olan sismik olayların ayrımını yapmak için sürekli dalgacık yöntemini kullanmışlardır. Depremlerdeki sismik dalgaların patlatma dalgalarına göre daha uzun bir zaman penceresinde farklı frekanslara ve genliklere sahip olduğu gözlemlenirken, patlatmalarda ise bu zaman aralığı daha dar olduğu belirtilmiştir (Yavuz ve diğ.,2019). Sürekli dalgacık dönüşümü sinyalin daha iyi temsilini sağlayan bir yöntemdir. Bu özellik sayesinde ayrıştırma işlemi için görüntü işleme olanaklarını kullanmaya izin veren bir yöntemdir.

2.5. İstatistiksel Yaklaşım Yöntemi

Ayrımıştırma analizi, farklı normal (Gauss) dağılımlarına dayanan veri üretmek için farklı sınıflar benimseyen bir sınıflandırma yöntemidir. Bir sınıflandırıcı

oluşturabilmek için, ayırma fonksiyonu her sınıf için bir Gauss dağılımının parametrelerini tahmin eder. Yeni veri sınıflarını tahmin etmek için oluşturulan bu sınıflandırıcı, en küçük yanlış sınıflandırma ile sınıfı bulur. Bu çalışmada; doğrusal ve karesel ayırıcı analizleri uygulanmıştır (Krzanowski, 1988; Seber, 1984; Matlab R2011a).

Yapmış olduğumuz bu çalışmada; hem genlik oranı hem de karmaşıklık yöntemi sonuçlarına, lineer ve karesel ayırma fonksiyonları Fisher ayırma yöntemi ile sınıflandırma uygulanmıştır (Fisher, 1936; Seber, 1934; Krzanowski, 1988; Franc ve Hlavac, 2004). Lineer ayırma fonksiyonu (LAF) analizi (Denklem 2.3), tüm sınıflar için bir kovaryans matrisini tahmin ederken, karesel ayırma fonksiyon (KAF) analizi (Denklem 2.4) her sınıf için bir kovaryans matrisini tahmin eder.

$$F_{LAF} = K + L(1) \cdot x + L(2) \cdot y \quad (2.3)$$

$$F_{KAF} = K1 + [x \ y] \cdot L1 + \sum \{([x \ y] \cdot Q1) \cdot [x \ y]\} \quad (2.4)$$

K bir sınır denkleminin sabit bir terimi olup, L ise sınır denkleminin doğrusal katsayılarıdır. Q, sınır denkleminin karesel katsayısıdır.

Olaylar, zaman aralığında genlik oranı yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Saçılma değişkenleri arasında, ayırma çizgisi ve eğri lineer ayırma fonksiyonu (LAF) ve karesel ayırma fonksiyonu (KAF) algoritmalarıyla çizilmiştir. Ayırıcılık prosedürü, gruplar arasındaki farkları karakterize eden doğrusal ve kuadratik nicel değişkenlerin kombinasyonunu belirlemek için kullanılmıştır.

2.6. m_b - M_s Ayırma Yöntemi

Yeraltı nükleer patlatmaları, yüzey dalgası büyüklüğüne (M_s) ve deprem sinyallerinden farklı olan cisim dalga büyüklüğüne (m_b) sahip sinyaller üretir. m_b - M_s diyagramlarının başarısının temeli, kısmen düşük frekanslı dalgaların yüksek frekanslı dalgalara oranının depremler ve patlatmalar için tipik olarak farklı olduğu gerçeğidir. Bu nedenle M_s yaklaşık 0,05 Hz. frekansında bir sinyal dalgasının ölçüsüdür ve m_b , yaklaşık 1 Hz.'lik bir frekanstaki sinyal dalgasının ölçüsüdür. Bu temel olarak cisim dalgaları (yüksek frekanslı sismik dalgalar) şeklinde daha fazla

enerji yayan, yüzey dalgaları ise (düşük frekanslı sismik dalgalar) şeklinde daha fazla enerji yayan bir depremdir. Bu durum sismogramlarda sıklıkla görülmektedir. Bu farklılıklardan yararlanmanın bir yolu olarak, m_b - M_s diyagramları sismik sinyallerin frekans içeriğinin daha eksiksiz bir karakterizasyonunu kullanan yöntemlere kıyasla güvenilir bir tanımlama sağlamaz. Bu nedenle yöntem, belirli depremleri deprem ve belirli patlatmaları patlatma olarak belirleme potansiyeline sahiptir.

Bu tanımlama yöntemini kullanmak için, belirlenmiş olan olayın hem m_b hem de M_s değerleri gereklidir. Bu büyük olaylar için sorun değildir, ancak daha küçük olaylar için ($m_b < 4,5$), yalnızca harici istasyonlar kullanılarak düşük frekanslı yüzey dalgalarını tespit etmek zor olabilir. Bu zorluk özellikle patlatmalar için mevcuttur. Sonuç olarak m_b - M_s yöntemleri, küçük depremleri tanımlama çalışmalarında, küçük patlatmaları tanımlama çalışmalarına göre daha iyi sonuçlar elde edilir.

m_b - M_s yönteminin, sığ olaylar için mevcut en güçlü tanımlama tekniklerinden biri olduğu kanıtlanmıştır. Bununla birlikte, birçok sismoloğun görüşüne göre, eğer böyle küçük olaylar için sinyal/gürültü oranı değerleri yüksek bir değerde olursa ve kaliteli veriler elde edilebilirse, düşük büyüklüklerde de doğru ve güvenilir bir ayrıştırma mümkün olabilir.

2.7. Algoritma Tabanlı Yöntemler

Sinir ağları son yıllarda sismolojik araştırma ve yer bilimlerinde kullanılmaya başlanmış bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Yapay Sinir Ağlarının (YSA) model tanıma, veri tabanı almadaki problemlere yönelik çözümleri güçlü bir şekilde gerçekleştirdiği, adaptasyonları ve öğrenme yetenekleri nedeniyle bilgi işlemede önemli yeni yaklaşımlar sundukları görülmektedir. Yapay sinir ağı terimi, geleneksel hesaplama yöntemlerine bir alternatif sunan, birbirine bağlı basit işlem öğelerinin çeşitli topolojilerini tanımlamak için kullanılır (AllamehZadeh, 2011).

Yapay sinir ağı modelleri, net bir topoloji, düğüm özellikleri ve eğitim ya da öğrenme kuralları ile belirtilmektedir. Bu kurallar, başlangıçta ayarlanan bir ağırlığı ve kullanım sırasında performansı arttırmak için ağırlıkların nasıl uyarlanması gerektiğini belirtir. Denetimli ağ eğitim uygulamasının tasarımında; giriş ve çıkış yapıları, gizli katman yapısı, ünite aktivasyonu işlevi ve ağ eğitim algoritması

modelleri hazırlanmalıdır. Bu modeller paralel olarak çalışan ve biyolojik sinir ağlarını anımsatan desenlerde düzenlenmiş birçok doğrusal olmayan hesaplama elemanlarından oluşur. Hesaplama elemanları performansı arttırmak için tipik olarak uyarlanan ağırlıklar ile bağlanır. Uyum veya öğrenme, sinir ağı araştırmalarının ana odak noktasıdır.

YSA'daki bilgi, birbirine bağlı yüzlerce ağırlıkta şifrelenir. Örneğin; tüm unsurlar için bir problemi doğru şekilde çözmeyi öğrenen bir YSA, ilk katmanı olan giriş katmanı, giriş vektörünün ayrı bileşenlerini kabul eder ve bunları bir sonraki katman olan gizli katmanın tüm birimlerine dağıtır. Bu gizli katmanın birimlerinin her biri daha sonra alınan girdilerin ağırlıklı bir toplamını hesaplayarak ardından elde ettiği çıktısını, çıktı katmanının her işleme elemanına dağıtır.

Son yıllarda, doğal kaynaklı olayları yapay kaynaklı olaylardan ayırt etmek için yapay sinir ağlarının kullanımı hakkında çalışmalar yapılmıştır. YSA'lar, sınıflandırma problemlerini örneklerden öğrenerek ele almanın en önemli yöntemlerinden biridir. Sinir ağı sınıflandırıcılarının son zamanlardaki gelişimleri, diskriminant analizindeki birçok zor sismolojik problemin ve model teorisinin güçlü teorik destekle çözülmesi için faydalı oldukları görülmektedir (Dysart ve Pulli, 1990). Yapay sinir ağı sınıflandırıcısı, özellikle karmaşık, son derece doğrusal olmayan ve bağlantısı kesilen bölgeler için oluşturulabilir (Kohonen, 1990).

Dysart ve Pulli (1990), depremleri yer altı nükleer patlatmalarından ayırt etmek için kullanmıştır. Sinir ağları için bir eğitim veri tabanı olarak seçilen pencerelerin spektral genliklerini kullanmışlardır. P_n/S_n ve P_n/L_g spektral oranlarına dayanarak patlatma ve deprem ayırımı yapmışlardır. Alexander ve diğ. (1992) depremler ve nükleer patlatmalar arasında ayırım yapmak için sinir ağına girdi olarak bir frekans-yavaşlığı sismik görüntüsünü uygulamıştır.

2.8. Koda Azalım Oranı Yöntemi

Küçük yerel depremlerden S dalgalarının dalga treni olarak da bilinen koda dalgaları, yer kabuğunda eşit dağılmış sayısız heterojiniteden geriye saçılmış dalgalar olarak yorumlanır (Aki ve Chouet, 1975). Koda dalgalarından elde edilen zayıflama karakteristiği, bir koda dalga kalite faktörünü (Q_C) tanımlar. Koda dalgalarının

genliği tamamen mesafeye, zamana ve frekansa bağlıdır. Denklem (2.5) Q_c 'nin frekans denklemini gösterir.

$$Q_c (f) = Q_o \left(\frac{f}{f_o} \right)^n \quad (2.5)$$

Bu denklemde, f_o referans frekansıdır. Q_o , 1 Hz.'deki Q_c 'dir. n , frekans bağımlılığını gösterir. Deprem ve taş ocağı patlatmalarının frekans özelliklerinin farklı olması, bu sismik olayların kaynak türlerinin birbirinden farklı olması ile bağlantılıdır ve bu sebepten dolayı olay ayrımcılığı için kullanılabilir (Su ve diğ., 1991; Hartse ve diğ., 1995). Taş ocağı patlatmaları depremlerden daha basit spektrumlara sahiptir. Koda kalite faktörü Q_c , taş ocağı patlatmaları için depremlerden önemli ölçüde küçüktür (Kiszely, 2005).

Düşük frekans bantlarından ve daha kısa koda dalga sinyallerinden, depremler ve taş ocağı patlatmaları arasındaki koda dalgası zayıflama farkı kolayca tanınabilir. Aksi taktirde, artan frekans bantlarında ve uzatılmış zaman pencerelerinde farklar gözlenemez, çünkü dalgalar sığ derinliklerde hızla kaybolur. Genel olarak zayıflama derinlik ile azalır. Böylece zayıflamanın, sığ derinliklerde bulunan taş ocağı patlatmaları için çok güçlü olduğu kolayca anlaşılabilir.

Koda yönteminin en güçlü yönleri; tek bir istasyondan gelen veriler kullanılarak başarıyla uygulanabilmesi, küçük ($3 < M < 3,5$) ve hatta aşırı gömülmüş patlatmaları ayırt etmesi ve doğrudan gelen kesilmiş verilerin üzerinde kullanılabilmesi olarak açıklanabilir.

Koda yöntemi yalnızca bir sismik istasyon gerektirdiğinden özellikle, sismik dizilerden veya ağlardan uzak olabilecek küçük, gizli yeraltı nükleer denemelerin izlenmesinde özellikle yararlı bir yöntem olduğu belirtilmektedir. Sondaj delikleri veya etkin olmayan madenler gibi sessiz bölgelerde birkaç dakika boyunca elde edilen geniş bant, yüksek dinamik aralık sinyalleri, yöntemin ayrımcılığını arttırmaya yardımcı olmaktadır.

2.9. Pn/Sn ve Pn/Lg Genlik Oranları Yöntemi

Uzaklık, sismik fazları etkileyen önemli özelliklerden biridir. Aynı büyüklükteki bir deprem için farklı uzaklıktaki istasyonlarda farklı fazlar kaydedilebilir. Bölgesel

uzaklıkta kaydedilen verilerde Pn, Sg, Sn, Lg fazları gözlenirken, telesismik uzaklıkta kaydedilen sinyalde yalnızca P fazı görülür (Bolt, 1988).

Lokal Uzaklık: 0^0-13^0 (0-1400 km.) kabuk fazları

Bölgesel Uzaklık: 13^0-30^0 (1400-3300 km.) üst manto

Telesismik Uzaklık: 30^0-180^0 alt manto, çekirdek ya da üst mantodan gelen fazlar kaydedilir.

Bu bölgesel mesafelerde en belirgin olan sismik dalgalar (konvansiyonel olarak 2000 km.den az mesafeler) Pg, Pn, Sn ve Lg olarak bilinir. Pg tamamen kabuk içinde yayılır, Pn ve Sn mantoların üzerinde, kabuğun tabanının hemen altında hareket eder; büyük ölçüde kabuk katmanı tarafından yönlendirilen Lg, genellikle en güçlü sinyaldir ve bazen birkaç bin km.lik mesafelerde bile gözlenebilir.

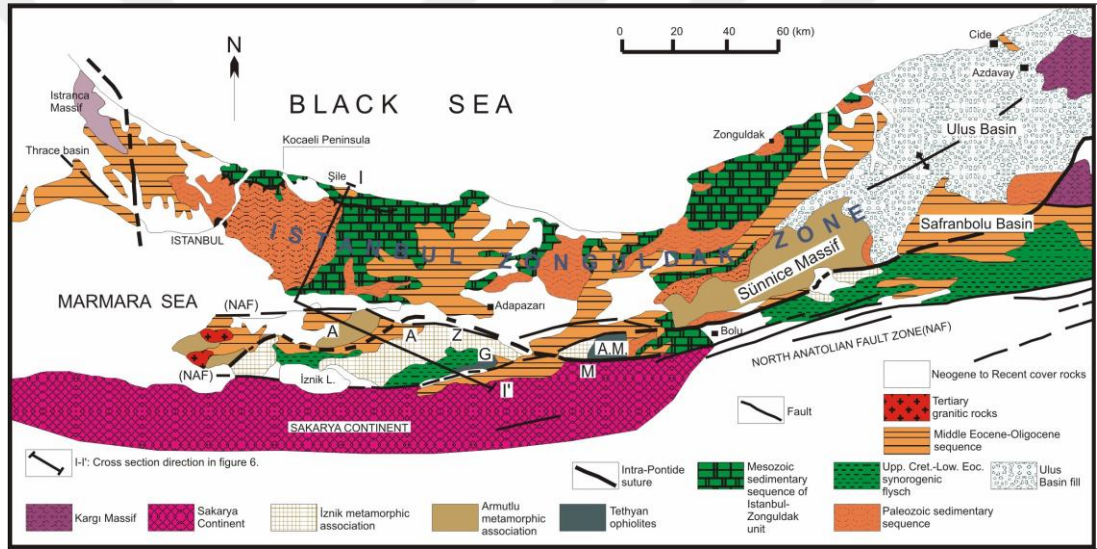
Her istasyon için önce episantr mesafelerin kayıtları üzerinde Pg, Sg, Pn ve Sn fazları tanımlanarak bölgesel sinyallerin kaynağına alıcı yolu etkilerinin düzeltilmesi ve yerel bir seyahat süresi eğrisi ile eşleştirilerek tespit edilmesi gerekir. Çünkü P ve S dalgalarının frekans içeriği, belirli yayılma yollarına ve jeolojik yapıya bağlıdır.

Bu etkilerin düzeltilmesinden sonra küçük depremler ve patlatmalar arasındaki ayırım için Pg/Lg spektral oranları 10 Hz.'in altında kullanılır. Spektrum analizi ile patlatma ve depremlerin farklı frekans içeriğini tanımlayarak ayırıcı olarak kullanılabilir. Patlatmalar ve depremler arasındaki en iyi ayırım 6 ile 8 Hz. arasında gözlemlenir.

Bu yöntem; deprem ve patlatma ayırımında Norveç'in batısı için Pn/Sn ve Pn/Lg oranı Baumgardt ve Young (1990) tarafından kullanılmıştır. Gitterman ve Shapira (1993) sismik enerjiye ait spektrumun küçük ve yüksek frekanslarını oranlayarak (1-3 Hz. / 6-8 Hz.) sismik olayı tanımlama çalışması yapmışlardır.

3. ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ VE TEKTONİK ÖZELLİKLERİ

Doğu Marmara, Batı Pontid tektonik birliği içerisinde yer alır ve İstanbul-Zonguldak Zonu, Armutlu-Almacık Zonu ve Sakarya Kıtası'ndan oluşur. Bu tektonik birlikler, Kuzey Anadolu Fayı'nın kuzey kolunun kuzeyinde İstanbul-Zonguldak Zonu, güneyinde ise Armutlu-Almacık Zonu'dur. Armutlu-Almacık Zonu'nun güneyi Kuzey Anadolu Fayı'nın güney kolu ile sınırlanır ve bu kesimin güneyinde Sakarya kıtası yer almaktadır.



Şekil 3.1. İstanbul-Zonguldak Zonu ve Armutlu-Almacık Zonu'nun jeoloji haritası (A.M.: Almacık Dağları, AAZ: Armutlu-Almacık Zonu, NAF: Kuzey Anadolu Fayı, G: Geyve, M: Mudurnu.) (Yılmaz ve diğ., 1997'den alınmıştır)

İstanbul-Zonguldak Zonu, Pre-Kambriyen yaşlı bir temel üzerinde transgresif gelişmiş Paleozoik yaşlı bir istif ile başlar. Ordovisiyen-Karbonifer aralığında gelişmiş bu istif, İstanbul'dan Zonguldak'a kadar izlenir.

Paleozoik istifi üzerinde transgresif Triyas çökelleri uyumsuz olarak yer alır ve Triyas çökelleri, doğu kesimde Orta Jura-Kretase çökelleri ile örtülür. Batı kesimde Orta Jura-Kretase zaman aralığında çökelim yoktur ve istif Üst Kretase çökelleri ile uyumsuzlukla örtülür. Üst Kretase çökeli transgresif niteliktedir ve Paleosen sonuna kadar devam etmiştir. Tüm istifin üzeri Erken-Orta Eosen dönemi çökelleri ile uyumsuz olarak örtülür (Tüysüz ve diğ., 2004, Okay, 2008).

Sakarya kıtası, güneyinde İzmir-Ankara süturu, kuzeyinde ise Kuzey Anadolu Fay'ının güney kolu boyunca Armutlu-Almacık Zonu ile sınırlanır. Temelinde üç farklı metamorfik topluluk yer alır. Bu metamorfik topluluğun da üzerinde metamorfik olmayan Jura-Geç Kretase döneminin karasal, sıg denizel ve derin denizel çökelleri yer alır. Daha üstte Üst Kretase-Orta Eosen aralığında gelişmiş fliş karakterindeki bir istif bulunur (Yılmaz ve diğ., 1997; Okay ve diğ., 2008).

Armutlu-Almacık Zonu, Sakarya kıtası ve İstanbul-Zonguldak Zonu'nun çarpışması sonucu biraraya gelen parçalarından ve aralarında yer alan ofiyolit kayalarından oluşur (Yılmaz ve diğ., 1997). Şengör ve Yılmaz (1981) bu ofiyolit kayalarının geç Kretase'de Intra-Pontid okyanusunun kapanmasıyla gelişen sütünunun kalıntısı olduğu görüşündedir. Bolu civarındaki bu eski okyanus kalıntıları Paleotetis'e aittir ve bölgedeki bir okyanus kapanması ile değil, Üst Kretase'de var olmuş sol-yanal büyük bir fay ile doğu kesimlerden bugünkü konumuna ötelenmiştir (Elmas ve diğ., 2001). Armutlu-Almacık Zonu, Yiğitbaş ve diğ. (1999) tarafından Armutlu-Ovacık zonu, Şengör ve Yılmaz (1981) tarafından Intra-Pontid Süturu, adı ile anılmıştır.

Armutlu-Almacık Zonu, Armutlu yarımadasından Almacık ve Sünnice dağlarına kadar olan bölgede izlenir ve üç farklı metamorfik kaya topluluğundan oluşur (Yılmaz ve diğ., 1997). Bunlar; Armutlu metamorfik topluluğu; İznik metamorfik topluluğu ve Geyve metaofiyolitidir. Bu metamorfik kayalar yer yer granitik kayalar ile kesilmiştir. Armutlu-Almacık zonunda izlenen bu kayalar metamorfik olmayan Üst Kretase-Erken Tersiyer çökelleriyle örtülmüştür (Yılmaz ve diğ., 1997).

Yılmaz ve diğerleri (1981, 1982), bölgenin jeolojik gelişimini inceleyerek, Bolu-Sakarya arasında Kuzey Anadolu Fay Zonunun kuzey ve güney bölgelerinde iki farklı kaya topluluğu ve istif bulunduğunu açıklamıştır. Buna göre, KAFZ'nun kuzeyinde kalan kayaları kuzey topluluğu ya da İstanbul-Zonguldak tektonik birimi olarak ele almışlardır. Güney kısmında kalan kayaları ise güney topluluğu ya da Sakarya kıtası isimleri ile güney ve kuzey topluluk olmak üzere iki başlık altında ele almışlardır.

Emre ve diğerleri (1998), doğu Marmara'nın Neojen-Kuvaterner morfotektonik evriminin; Erken-Orta Miyosen, Geç Miyosen-Pliyosen, en Geç Pliyosen-Günümüz olmak üzere üç ana şekillenme döneminde geliştiğini belirtmiştir. Buna göre Erken-

Orta Miyosen karasal kıvrıntılı, Geç Miyosen-Pliyosen karasaldan denizele geçişli, en Geç Pliyosen-Günümüz ise karasal ve denizel çökellerle temsil edildiğini açıklamış olup, Erken-Orta Miyosen boyunca bölgenin paleotektonik dönem olaylarının etkisinde kaldığını ve Orta Miyosen sonlarına kadar aşınım alanı olduğunu, bu zamandan sonra ise bölgede bir peneplen morfolojisi geliştiğini ve karasal kıvrıntılı bir çökelim olduğunu belirtmişlerdir.



4. DOĞU MARMARA'DA OLUŞAN SİSMİK OLAYLARIN AYIRT EDİLMESİ

4.1. Verilerin Özellikleri

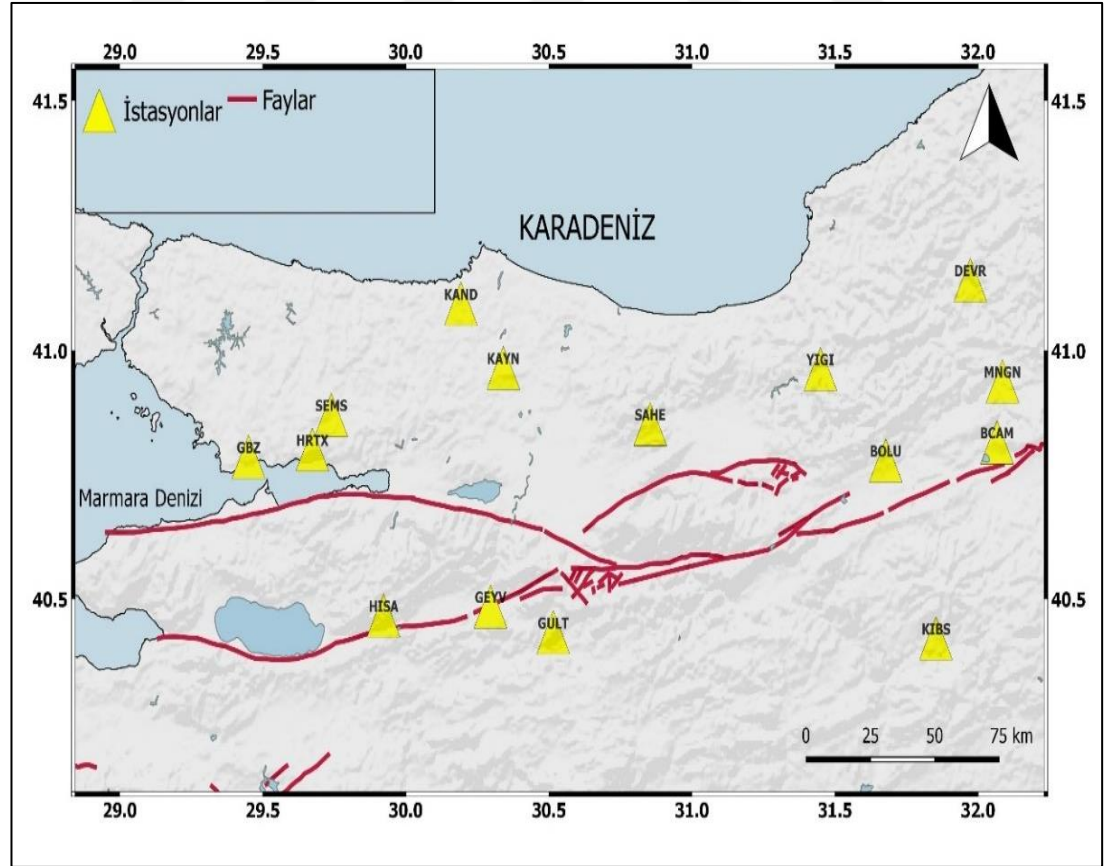
Doğu Marmara'da (Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu) meydana gelen sismik olayların kaynak türünün tanımlanmasının amaçlandığı bu çalışmada; İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Yönetim Başkanlığı (AFAD) Deprem Dairesi Başkanlığı tarafından kurulmuş ve işletilmekte olan Çamlık (BCAM), Bolu (BOLU), Devrek (DEVREK), Gebze (GBZ), Geyve (GEYV), Hisarcık (HISA), Kandıra (KAND), Kaynarca (KAYN), Kıbrıscık (KIBS), Mengen (MNGN), Hendek (SAHE), Şemsettin (SEMS), Yığılca(YIGI) geniş bant istasyonları ve çalışma bölgesi içinde yer alan Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE) Bölgesel Deprem Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi (BDTİM) tarafından kurulmuş ve işletilmekte olan Gölveren (GULT), Hereke (HRTX) geniş bant istasyonları kullanılarak 01.01.2017-31.12.2017 tarihleri arasında meydana gelmiş süreye bağlı büyüklüğü (M_d) $1,3 < M_d < 2$ olan 15 istasyona ait 258 olay için 740 adet veri kullanılmıştır. Çalışma bölgesi içerisinde kalan sismik istasyonlar hakkında detaylı bilgi Tablo 4.1 de verilmiştir. Ayrıca verileri kullanılan bu 15 istasyonun bölgedeki dağılımı Şekil 4.1'de gösterilmiştir.

Çalışılan bölgede 36 adet taş ocağı işletmesi tespit edilmiştir. Bu 36 adet taş ocağının bölgedeki dağılımı Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Çalışma bölgesindeki taş ocaklarının dağılımı, alan geniş bir alan olmasından ötürü uydu haritalarından faydalanılarak haritalanmıştır.

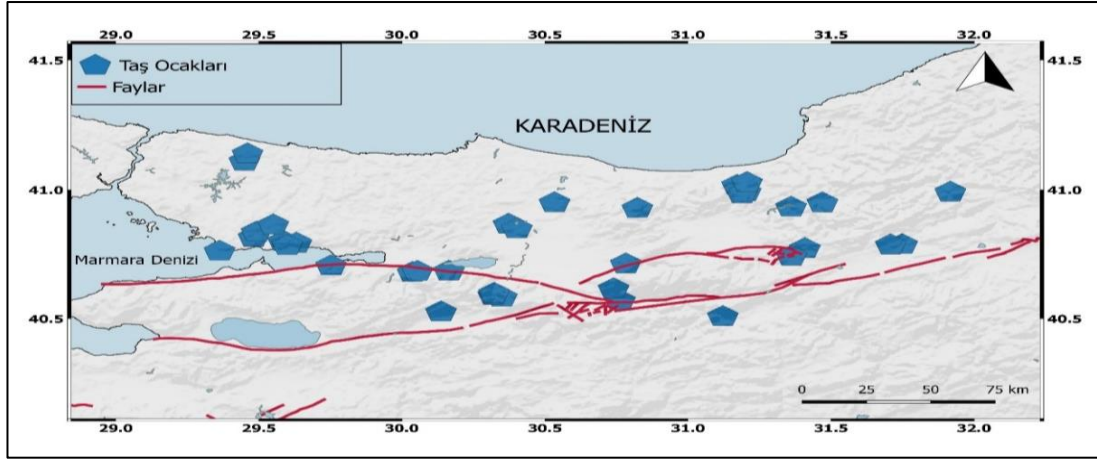
$40,38^0$ - $41,18^0$ K enlem ve $29,42^0$ - $32,14^0$ D boylamları arasında olan sismik olayların episantr koordinatları ve magnitüdüleri, İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Yönetim Başkanlığı (AFAD) Deprem Dairesi Başkanlığı ve Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE) Bölgesel Deprem Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi (BDTİM) tarafından belirlenmiştir.

Tablo 4.1. Çalışma bölgesinde, verilerin elde edildiği istasyonlar hakkında genel bilgiler

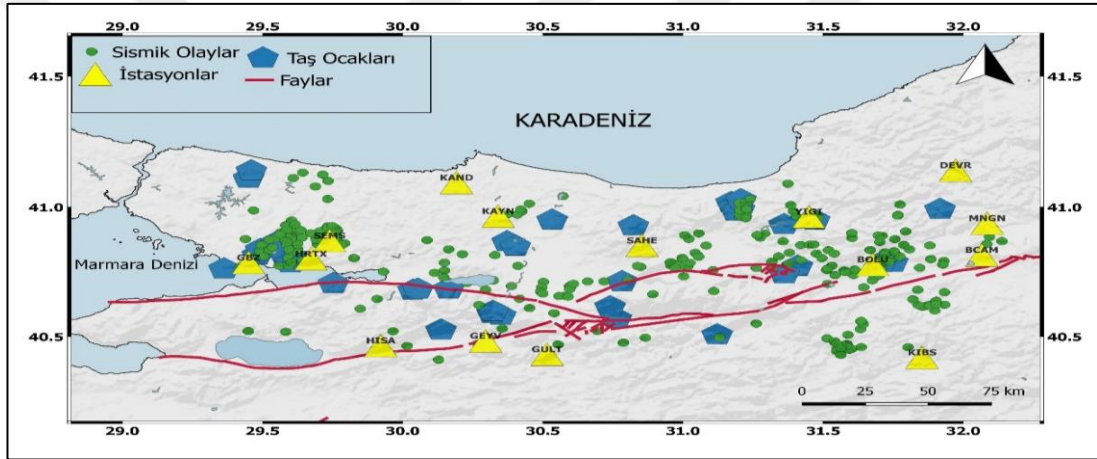
İSTASYON KODU	ENLEM (°K)	BOYLAM (°D)	KURULUŞ
BCAM	40.8158	32.0656	27.11.2009
BOLU	40.7792	31.6766	17.03.2017
DEVR	41.1417	31.9724	01.12.2014
GEBZ	40.7866	29.4501	11.07.2005
GEYV	40.4842	30.2958	30.09.2011
GULT	40.4320	30.5150	15.09.2007
HISA	40.4660	29.9217	15.03.2017
HRTX	40.8010	29.6730	25.06.2008
KAND	41.0943	30.1922	12.11.2010
KAYN	40.9654	30.3405	26.11.2014
KIBS	40.4197	31.8524	30.01.2013
MNGN	40.9381	32.0849	16.11.2014
SAHE	40.8525	30.8536	09.11.2010
SEMS	40.8710	29.7391	15.03.2017
YIGI	40.9631	31.4485	30.01.2013



Şekil 4.1. Verileri kullanılan istasyonların (sarı üçgenler), ve fayların (kırmızı çizgiler) bölgedeki dağılımı



Şekil 4.2. Taş ocaklarının (mavi beşgenler) ve fayların (kırmızı çizgiler) bölgedeki dağılımı



Şekil 4.3. Çalışılan sismik olayların (yeşil daireler), istasyonların (sarı üçgenler), taş ocaklarının (mavi beşgenler) ve fayların (kırmızı çizgiler) bölgedeki dağılımı

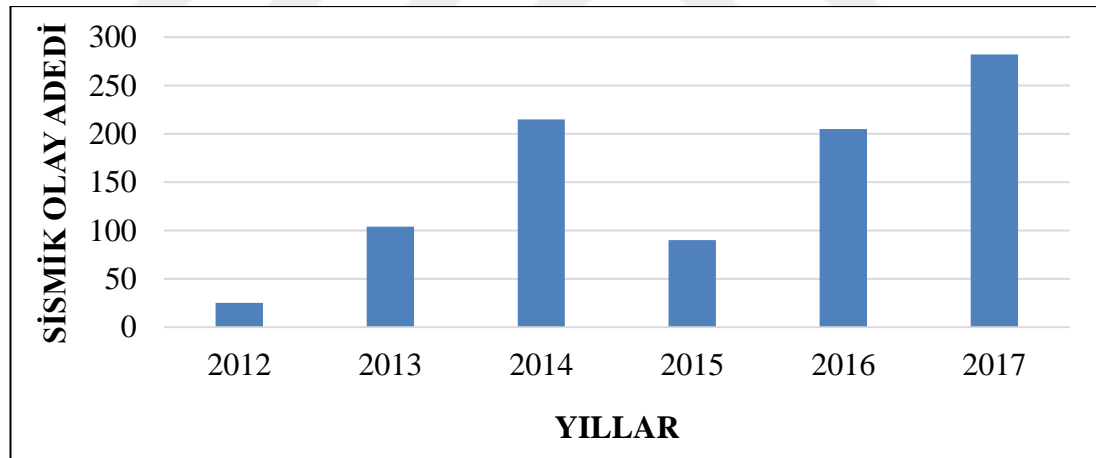
4.2. Çalışma Alanının Seçilmesi ve Verilerin İşlenmesi

Yapmış olduğumuz bu çalışmada; çalışma alanımızı belirlemeden önce birtakım çalışmalar yapılarak birkaç aşama uygulanmıştır. İlk olarak, çalışmamızda ki amacımızın sismik olayların kaynak türlerini belirlemek olduğundan, çalışma yapmak için seçmiş olduğumuz bölgede hem yapay kaynaklı hem de doğal kaynaklı olaylardan kaynaklanmış sismik olayların olması gerekmektedir. Çalışma bölgemiz olan Doğu Marmara'da (Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu) maden ve taş ocağı çalışmalarında ki patlatmalar sebebiyle ve yine aynı bölgede yol, köprü, tünel gibi çalışmalarda ki patlatmalar nedeniyle yapay kaynaklı sismik olayların oluşabileceğini belirledik. Aynı zamanda bilindiği üzere Doğu Marmara Bölgesi tektonik yönden de aktif olan bir bölgedir. Doğu Marmara Bölgesi'nden de geçen Kuzey Anadolu Fayı

doğuda Karlıova'dan batıda Saros Körfezi batısına kadar Türkiye'nin kuzey kesimi boyunca uzanan, dünyanın en büyük ve aktif sağ-yanal atımlı faylarından biridir. Kuzey Anadolu Fay hattı çalışma bölgemizi de etkilediğinden dolayı doğal kaynaklı olayların (depremlerin) oluşmasının ana nedenlerindedir.

Sismik olaylarda deprem ve patlatma ayırımı yapabilmek için çalışma yapılan bölgede yeteri kadar sismik istasyon da olması gerekmektedir. Çalışma bölgemizde, İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Yönetim Başkanlığı (AFAD) Deprem Dairesi Başkanlığı ve Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE) Bölgesel Deprem Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi (BDTİM) tarafından kurulmuş ve işletilmekte olan 15 adet sismik istasyondan faydalanılmıştır. Sonuç olarak Doğu Marmara Bölgesi'nde 40,38⁰-41,18⁰K enlem ve 29,42⁰-32,14⁰D boylamları arasında kalan bölge çalışma alanı olarak seçilmiştir.

Çalışma alanında 1,3<M<2 aralığında meydana gelmiş olan sismik olayların, yıllara göre değişimini gösteren bir çalışma Şekil 4.4 de verilmiştir.



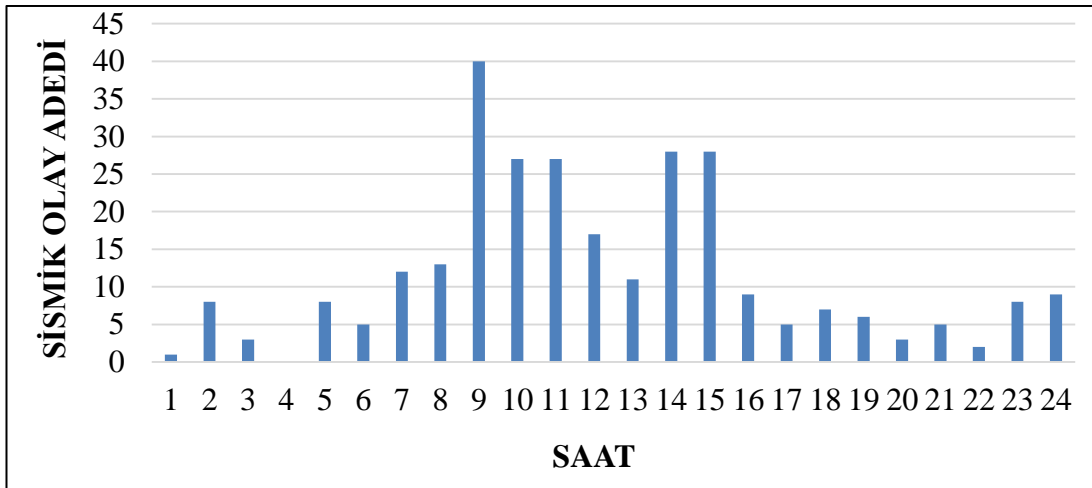
Şekil 4.4. Çalışma yapılan alanda, meydana gelmiş olan sismik olayların yıllara göre değişimi

Şekil 4.4'de görüldüğü gibi hemen hemen her yıl sismik aktivitenin arttığı gözlemlenmektedir. Çalışma alanımız da 2017 yılında gerçekleşen toplam 282 olay kaydedilmiştir. Ancak bölgede bulunan istasyonlardan elde etmiş olduğumuz verilerden 24 olay sinyallerin gürültülü olması ya da istasyonların çeşitli sebeplerden dolayı verileri kaydedememesi sebebiyle analiz edilemeyerek 258 olay üzerinde çalışma yapılmıştır.

Çalışma bölgesinde, yol, köprü, tünel gibi uygulama çalışmaları, taş ocaklarının çalışmaları ve sismik aktivite göz önünde bulundurularak sismik olayların büyüklüğü $1,3 < M_d < 2$ olarak belirlenmiştir. Çalışma bölgesinde bulunan taş ocakları, alanın çok geniş olması sebebiyle uydu haritaları incelenerek belirlenmiştir. Bu sonuçlara bağlı olarak çalışma alanı $40,38^0-41,18^0K$ enlem ve $29,42^0-32,14^0D$ boylamları arasında kalan bölgede çalışmalar yapılmıştır.

Elde etmiş olduğumuz bu verilere, ilk olarak konumlarına göre ayırım işlemi uygulanmış, sonrasında ise olayların oluş zamanları incelenmiştir. Bu işlemlerin ardından elde etmiş olduğumuz verilerin gün içerisinde gerçekleşmiş olduğu zamanları Şekil 4.5’de verilmiştir.

Oluş zamanlarına göre incelenmiş olan bu veriler incelendiğinde saat 08:00 ile 16:00 saatleri arasındaki olay sayısı fazlalığı dikkate değerdir. Bu çalışmada 282 adet olay belirlenmiş olup, bu olaylar İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı’ndan ve Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Bölgesel Deprem Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi web sitelerinden temin edilmiştir. Bu 282 adet olay içerisinde 24 adet olayın kayıtları gürültülü olması sebebiyle, bu olaylar çalışmalardan çıkartılarak 258 olay üzerinden işlem yapılmıştır.



Şekil 4.5. Verilerin zamansal dağılımı

Sonuç olarak; $40,38^0-41,18^0K$ enlem ve $29,42^0-32,14^0D$ boylamları arasında kalan bölgede, 2017 yılı içerisinde meydana gelen 258 olay üzerinde çalışma yapılmıştır. Bu sismik olaylar İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Yönetim Başkanlığı (AFAD) ve

Deprem Dairesi Başkanlığına ve Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE) Bölgesel Deprem Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi (BDTİM) tarafından kurulan ve işletilmekte olan BCAM, BOLU, DEVR, GBZ, GEYV, GULT, HISA, HRTX, KAND, KAYN, KIBS, MNGN, SAHE, SEMS, YIGI istasyonları olmak üzere 15 istasyon veri tabanlarında kaydedilmiştir. Çalışma bölgesinden elde edilmiş 258 sismik olayda 740 adet düşey bileşen kayıt incelenerek çalışılmıştır. Bu düşey bileşen kayıtlarına filtre uygulanarak ayırım analizine uygun hale getirilmiştir.

4.3. Verilere Ayırt Etme Yöntemlerinin Uygulanması ve İstasyon Bazlı Ayırım Denklemlerinin Elde Edilmesi Çalışmaları

Deprem ve patlatmaların ayırt edilmesi çalışmalarında, genlik oranı yönteminde zaman ortamında, düşey bileşende maksimum S dalga genliğinin, maksimum P dalga genliğine oranlanması ve buna karşılık maksimum S dalgasının logaritmasına ($\log S$) göre çizdirilmesi prensibine dayanmaktadır (Baumgardt ve Young, 1990; Wüster, 1993). Sismogramlar da düşey bileşen incelendiğinde, patlatmalarda S dalgası genliğinin P dalgası genliğine nazaran daha küçük olarak gözlemlenmesi ve depremlerde ise S dalgası genliğinin P dalgası genliğine nazaran daha büyük olarak gözlemlenmesi, yani deprem ve patlatmalarda bu durumun tam ters olduğu bilinmektedir (Yavuz ve diğ., 2019). Bu yöntem, zaman ortamında kayıt edilen verilere uygulanır. Aynı zamanda bu yöntemde yalnızca genlik okumalarından faydalandığı için genlik oranı yöntemi kolay, hızlı ve başarılı sonuçlar veren bir ayırım yöntemi olmasından ötürü çalışmalarda tercihen kullanılmış bir yöntem olmuş ve uygulanmıştır.

BCAM, BOLU, DEVR, GBZ, GEYV, GULT, HISA, HRTX, KAND, KAYN, KIBS, MNGN, SAHE, SEMS ve YIGI istasyonlarında kaydedilen 258 sismik olayın düşey bileşen kayıtları olan 740 verinin P ve S dalgaları genlikleri tek tek okunmuş olup, sonrasında ise S dalgalarının genliklerinin P dalgalarının genliklerine oranları ve S dalgalarının logaritmaları hesaplanmıştır.

Deprem ve patlatmaları ayırt etme işlemi için lineer ayırma (LAF) ve karesel ayırma (KAF) yöntemleri kullanılmıştır. Ayırım analizinde MATLAB programı kullanılmıştır.

Bu çalışmada, deprem ve patlatma verilerinin ayrımında kullanılan bir diğer yöntem olan karmaşıklık spektral oran yöntemi kullanılmıştır. Bu ayırım yöntemini, MATLAB programını kullanarak elde etmiş olduğumuz tüm verilerin, karmaşıklık (C) ve spektral oran (Sr) katsayıları hesaplanarak lineer ayırma fonksiyonu (LAF) ve karesel ayırma fonksiyonu (KAF) kullanılarak ayırma işlemi gerçekleştirilmiştir.

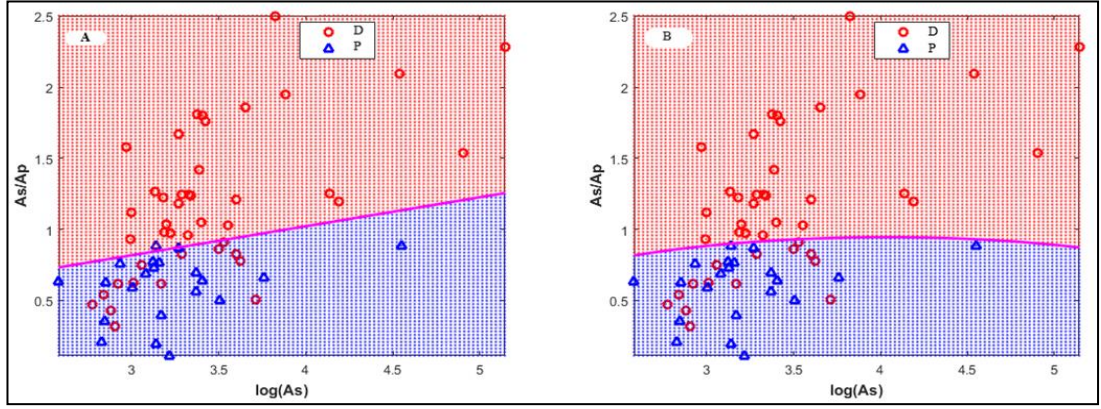
Doğu Marmara'da meydana gelmiş olayların kaynak tiplerinin belirlenmesinin amaçlandığı bu çalışmada, İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı (AFAD) Deprem Dairesi Başkanlığı ve Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE) Bölgesel Deprem Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi (BDTİM) tarafından işletilmekte olan BCAM istasyonu için 65, BOLU istasyonu için 85, DEVR istasyonu için 24, GBZ istasyonu için 53, GEYV istasyonu için 36, GULT istasyonu için 55, HISA istasyonu için 35, HRTX istasyonu için 73, KAND istasyonu için 16, KAYN istasyonu için 38, KIBS istasyonu için 50, MNGN istasyonu için 12, SAHE istasyonu için 48, SEMS istasyonu için 81 ve YIGI istasyonu için 69 adet olayın sınıflandırılabilmesi için ayırtma yöntemleri kullanılmıştır. Bu yöntemleri kullanarak lineer ayırma fonksiyonu (LAF) denklemi (Denklem 2.3) ve karesel ayırma fonksiyonu (KAF) denklemi (Denklem 2.4) elde edilmiştir.

4.3.1. BCAM istasyonu ayırım denklemlerinin elde edilmesi, frekans ortamı ayırım işlemleri ve analiz sonuçları

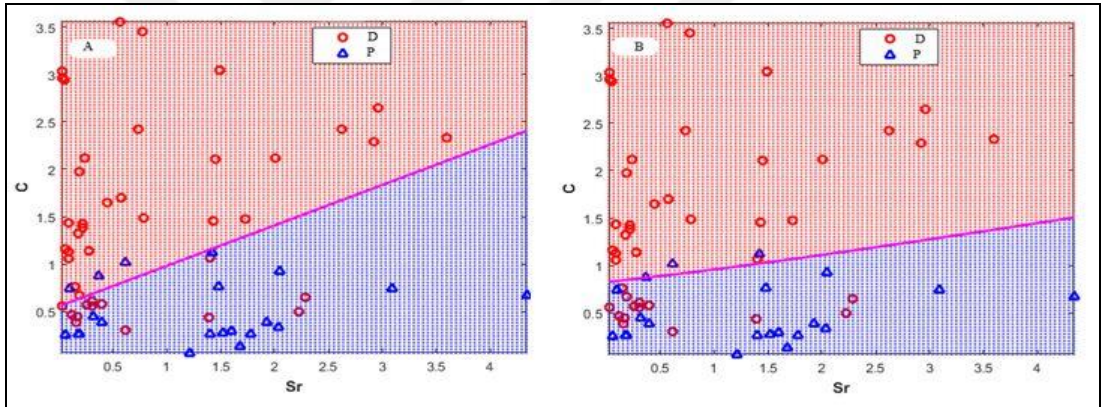
Bolu-Çamlık (BCAM) istasyonunda kaydedilen 65 adet sismik olayın sınıflandırılabilmesi için genlik oranı yöntemi kullanılarak elde edilen lineer ayırma fonksiyonu (LAF) ve karesel ayırma fonksiyonu (KAF) sonuçları Şekil 4.6'da, karmaşıklık yöntemi kullanılarak elde edilen lineer ayırma fonksiyonu (LAF) ve karesel ayırma yöntemi (KAF) sonuçları Şekil 4.7'de gösterilmektedir.

BCAM istasyonu için genlik oranı ve karmaşıklık analizi için elde edilen lineer ve karesel ayırma fonksiyonlarının denklemleri Tablo 4.2'de gösterilmektedir. Ayrıca bu istasyondan elde edilmiş olan 65 adet sismik olayın sınıflandırma

sonuçları ve sismik olayların ayırmaştırılmasındaki başarı yüzdesinde Tablo 4.3’de gösterilmektedir.



Şekil 4.6. BCAM istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan (A) Genlik oranı yöntemi LAF sonuçları, (B) Genlik oranı yöntemi KAF sonuçları. D: Deprem, P: Patlatma



Şekil 4.7. BCAM istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan (A) Karmaşıklık yöntemi LAF sonuçları, (B) Karmaşıklık yöntemi KAF sonuçları. D: Deprem, P: Patlatma

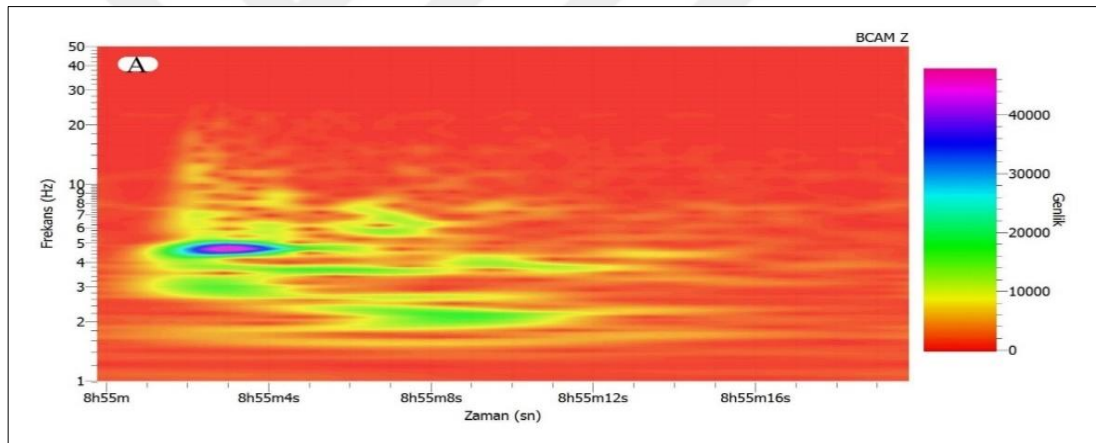
Tablo 4.2. BCAM istasyonu için genlik oranı ve karmaşıklık analizi için elde edilen lineer ve karesel ayırmaştırma fonksiyonlarının denklemi. LAF: Lineer Ayırmaştırma Fonksiyonu, KAF: Karesel Ayırmaştırma Fonksiyonu

İstasyon	Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Denklem
BCAM	Genlik Oranı	LAF	$F_{LAF} = (-0,6848) + (-0,6794) \times \log A_s + 3,3312 \times A_s/A_p$
		KAF	$F_{KAF} = 6,0014 + [\log A_s \quad A_s/A_p] \times \begin{bmatrix} -3,3532 \\ -6,2872 \end{bmatrix} + \sum \left\{ \left([\log A_s \quad A_s/A_p] \times \begin{bmatrix} 0,4308 & -0,0675 \\ -0,0675 & 7,8128 \end{bmatrix} \right) \times [\log A_s \quad A_s/A_p] \right\}$
	Karmaşıklık	LAF	$F_{LAF} = (-1,0300) + (-0,7934) \times S_r + 1,8588 \times C$
		KAF	$F_{KAF} = (-0,6136) + [S_r \quad C] \times \begin{bmatrix} -0,4451 \\ -3,0503 \end{bmatrix} + \sum \left\{ \left([S_r C] \times \begin{bmatrix} -0,1378 & -0,0532 \\ -0,0532 & 4,6030 \end{bmatrix} \right) \times [S_r C] \right\}$

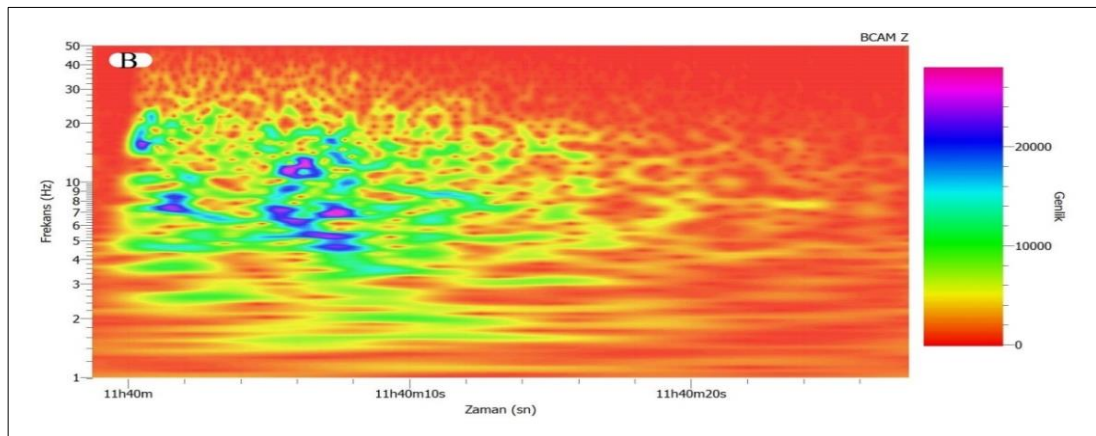
Tablo 4.3. BCAM istasyonu için 65 adet olayın sınıflandırma sonuçları. D: Deprem, P: Patlatma

İstasyon	Kullanılan Ayrımcılık Yöntemi	İstatistiksel Yaklaşım	Toplam Veri				Başarı Yüzdesi (%)		
			D	P	Yanlış Sınıflandırılan D	Yanlış Sınıflandırılan P	D	P	Genel
BCAM	As/Ap – log(As)	LAF	43	22	14	1	67,44	95,45	76,92
		KAF	43	22	14	0	67,44	100	78,46
	C – Sr	LAF	43	22	13	3	69,77	86,36	75,38
		KAF	43	22	14	2	67,44	90,91	75,38
	SDD	-	43	22	6	4	86,05	81,82	84,62

BCAM istasyonundan elde edilmiş olan verilere uygulamış olduğumuz sürekli dalgacık dönüşümü (SDD) yöntemi ile elde etmiş olduğumuz skalogramlara örnek olarak, Şekil 4.8’de 15.11.2017 tarihinde gerçekleşen bir patlatma kaydının SDD uygulanmış skalogramı, Şekil 4.9’da ise 06.09.2017 tarihinde gerçekleşen bir deprem kaydının SDD uygulanmış skalogramı gösterilmektedir.



Şekil 4.8. BCAM istasyonuna ait 15.11.2017 tarihli 08:55:00’da gerçekleşen bir patlatma kaydının SDD uygulanmış skalogramı

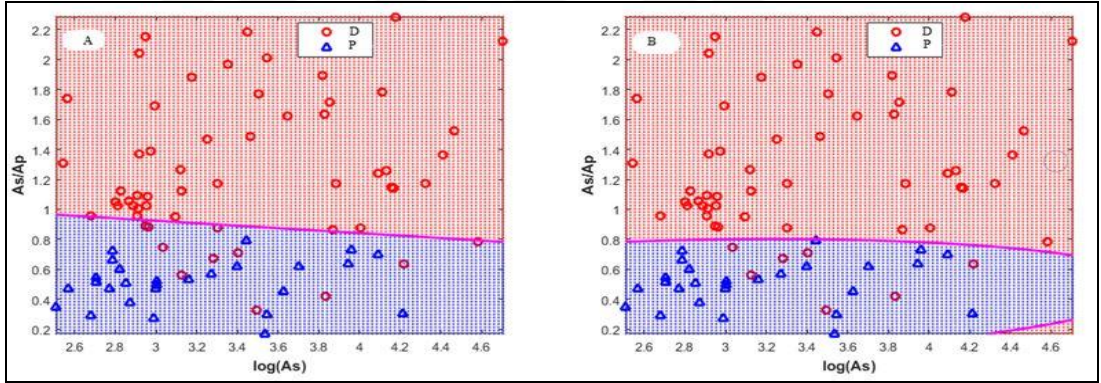


Şekil 4.9. BCAM istasyonuna ait 06.09.2017 tarihli 11:42:34’de gerçekleşen bir deprem kaydının SDD uygulanmış skalogramı

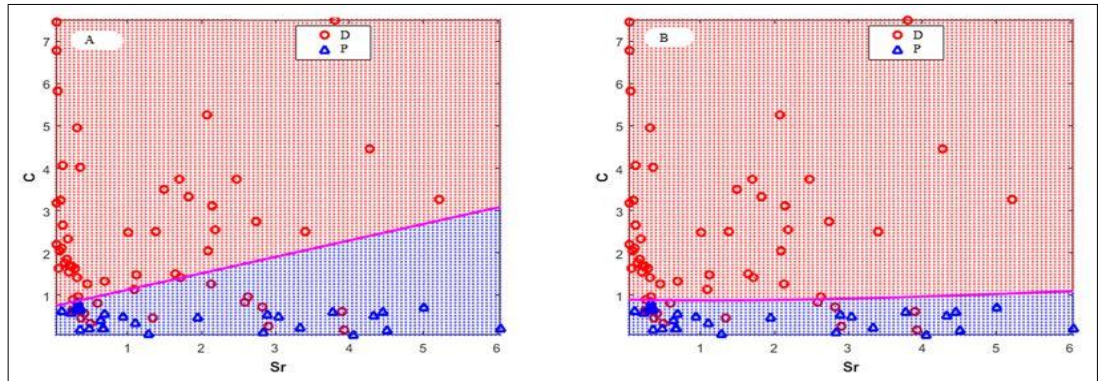
4.3.2. BOLU istasyonu ayırım denklemlerinin elde edilmesi, frekans ortamı ayırım işlemleri ve analiz sonuçları

Bolu (BOLU) istasyonunda kaydedilen 85 adet olayın sınıflandırılabilmesi için genlik oranı yöntemi kullanılarak elde edilen lineer ayırma fonksiyonu (LAF) ve karesel ayırma fonksiyonu (KAF) sonuçları Şekil 4.10'da, karmaşıklık yöntemi kullanılarak elde edilen lineer ayırma fonksiyonu (LAF) ve karesel ayırma yöntemi (KAF) sonuçları Şekil 4.11'de gösterilmektedir.

BOLU istasyonu için genlik oranı ve karmaşıklık analizi için elde edilen lineer ve karesel ayırma fonksiyonlarının denklemleri Tablo 4.4'de gösterilmektedir. Ayrıca bu istasyondan elde edilmiş olan 85 adet sismik olayın sınıflandırma sonuçları ve sismik olayların ayırma işlemindeki başarı yüzdeside Tablo 4.5'de gösterilmektedir.



Şekil 4.10. BOLU istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan (A) Genlik oranı yöntemi LAF sonuçları, (B) Genlik oranı yöntemi KAF sonuçları. D: Deprem, P: Patlatma



Şekil 4.11. BOLU istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan (A) Karmaşıklık yöntemi LAF sonuçları, (B) Karmaşıklık yöntemi KAF sonuçları. D: Deprem, P: Patlatma

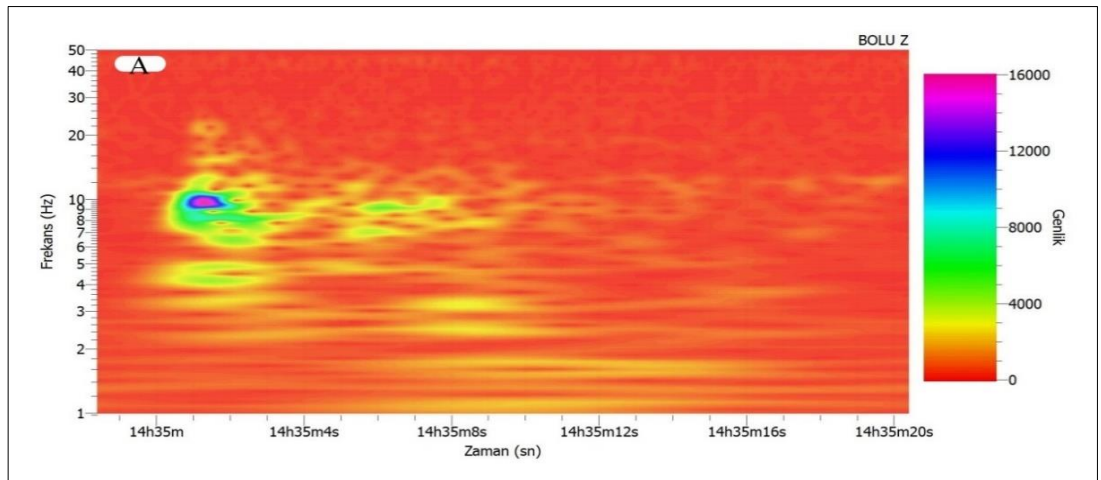
Tablo 4.4. BOLU istasyonu için genlik oranı ve karmaşıklık analizi için elde edilen lineer ve karesel ayırma fonksiyonlarının denklemleri. LAF: Lineer Ayırma Fonksiyonu, KAF: Karesel Ayırma Fonksiyonu

İstasyon	Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Denklem
BOLU	Genlik Oranı	LAF	$F_{LAF} = (-5,3598) + 0,3775 \times \log A_s + 4,5750 \times A_s/A_p$
		KAF	$F_{KAF} = 2,0243 + [\log A_s \quad A_s/A_p] \times \begin{bmatrix} -2,0744 \\ -10,9367 \end{bmatrix} + \sum \left\{ \left([\log A_s \quad A_s/A_p] \times \begin{bmatrix} 0,5048 & -0,7433 \\ -0,7433 & 18,7058 \end{bmatrix} \right) \times [\log A_s \quad A_s/A_p] \right\}$
	Karmaşıklık	LAF	$F_{LAF} = (-0,6728) + (-0,3500) \times Sr + 0,9028 \times C$
		KAF	$F_{KAF} = (-0,1211) + [Sr \quad C] \times \begin{bmatrix} -0,1515 \\ -9,0733 \end{bmatrix} + \sum \left\{ \left([Sr \quad C] \times \begin{bmatrix} -0,1295 & 0,2521 \\ 0,2521 & 10,2053 \end{bmatrix} \right) \times [Sr \quad C] \right\}$

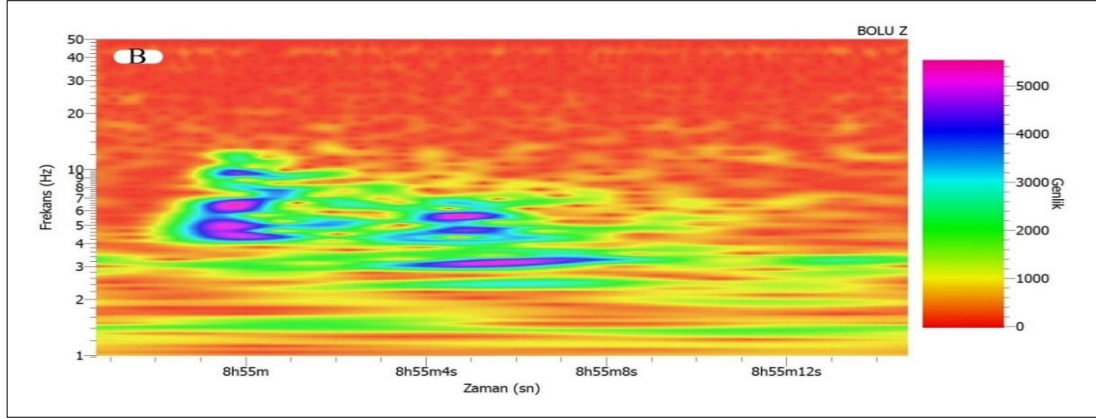
Tablo 4.5. BOLU istasyonu için 85 adet olayın sınıflandırma sonuçları. D: Deprem, P: Patlatma

İstasyon	Kullanılan Ayırma Yöntemi	İstatistiksel Yaklaşım	Toplam Veri				Başarı Yüzdesi (%)		
			D	P	Yanlış Sınıflandırılan D	Yanlış Sınıflandırılan P	D	P	Genel
BOLU	As/Ap – log(As)	LAF	58	27	11	0	81,03	100	87,06
		KAF	58	27	7	0	87,93	100	91,76
	C – Sr	LAF	58	27	14	0	75,86	100	83,53
		KAF	58	27	12	0	79,31	100	85,88
	SDD	-	58	27	8	2	86,21	92,59	88,24

BOLU istasyonundan elde edilmiş olan verilere uygulamış olduğumuz sürekli dalgacık dönüşümü (SDD) yöntemi ile elde etmiş olduğumuz skalogramlara örnek olarak Şekil 4.12’de 27.12.2017 tarihinde gerçekleşen bir patlatma kaydının SDD uygulanmış skalogramı, Şekil 4.13’de de 17.12.2017 tarihinde gerçekleşen bir deprem kaydının SDD uygulanmış skalogramı gösterilmektedir.



Şekil 4.12. BOLU istasyonuna ait 27.12.2017 tarihli 14:38:53’de gerçekleşen bir patlatma kaydının SDD uygulanmış skalogramı

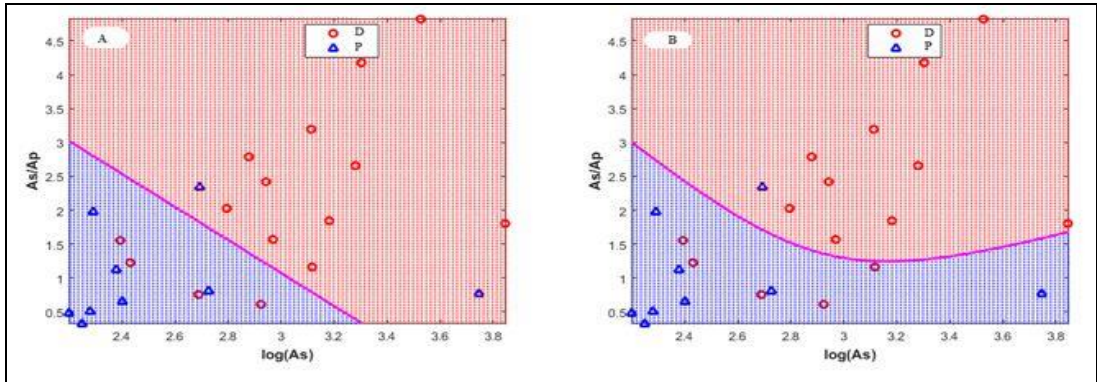


Şekil 4.13. BOLU istasyonuna ait 17.12.2017 tarihli 08:56:59'da gerçekleşen bir deprem kaydının SDD uygulanmış skalogramı

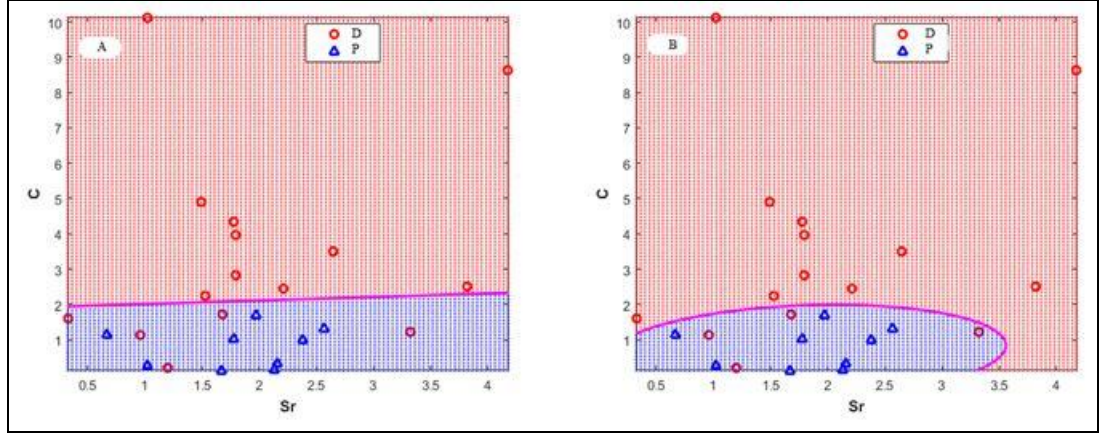
4.3.3. DEVR istasyonu ayırım denklemlerinin elde edilmesi, frekans ortamı ayırım işlemleri ve analiz sonuçları

Devrek (DEVR) istasyonunda kaydedilen 24 adet sismik olayın sınıflandırılabilmesi için genlik oranı yöntemi kullanılarak elde edilen lineer ayırma fonksiyonu (LAF) ve karesel ayırma fonksiyonu (KAF) sonuçları Şekil 4.14'de, karmaşıklık yöntemi kullanılarak elde edilen lineer ayırma fonksiyonu (LAF) ve karesel ayırma yöntemi (KAF) sonuçları Şekil 4.15'de gösterilmektedir.

DEVR istasyonu için genlik oranı ve karmaşıklık analizi için elde edilen lineer ve karesel ayırma fonksiyonlarının denklemleri Tablo 4.6'da gösterilmektedir. Ayrıca bu istasyondan elde edilmiş olan 24 adet sismik olayın sınıflandırma sonuçları ve sismik olayların ayırma işlemiindeki başarı yüzdesinde Tablo 4.7'de gösterilmektedir.



Şekil 4.14. DEVR istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan (A) Genlik oranı yöntemi LAF sonuçları, (B) Genlik oranı yöntemi KAF sonuçları. D: Deprem, P: Patlatma



Şekil 4.15. DEVR istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan (A) Karmaşıklık yöntemi LAF sonuçları, (B) Karmaşıklık yöntemi KAF sonuçları. D: Deprem, P: Patlatma

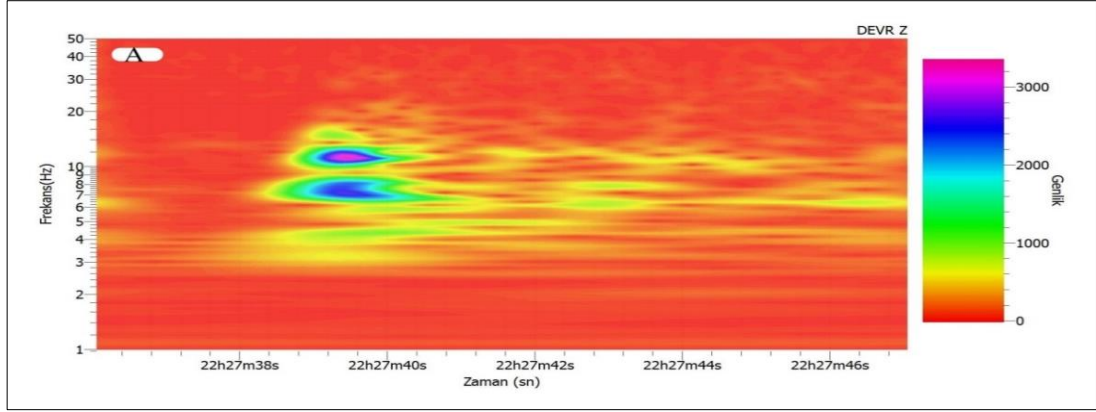
Tablo 4.6. DEVR istasyonu için genlik oranı ve karmaşıklık analizi için elde edilen lineer ve karesel ayırma fonksiyonlarının denklemleri. LAF: Lineer Ayırma Fonksiyonu, KAF: Karesel Ayırma Fonksiyonu

İstasyon	Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Denklem
DEVR	Genlik Oranı	LAF	$F_{LAF} = (-6,7149) + 1,9520 \times \log A_s + 0,8007 \times A_s/A_p$
		KAF	$F_{KAF} = (-19,6652) + [\log A_s \quad A_s/A_p] \times \begin{bmatrix} 13,3851 \\ -3,8639 \end{bmatrix} + \sum \left\{ \left([\log A_s \quad A_s/A_p] \times \begin{bmatrix} -2,3579 & 0,6161 \\ 0,6161 & 0,5645 \end{bmatrix} \right) \times [\log A_s \quad A_s/A_p] \right\}$
	Karmaşıklık	LAF	$F_{LAF} = (-1,0347) + (-0,0541) \times Sr + 0,5420 \times C$
		KAF	$F_{KAF} = (0,5504 + [Sr \quad C] \times \begin{bmatrix} -2,9771 \\ -1,3768 \end{bmatrix} + \sum \left\{ \left([Sr \quad C] \times \begin{bmatrix} 0,8761 & -0,1582 \\ -0,1582 & 1,4919 \end{bmatrix} \right) \times [Sr \quad C] \right\}$

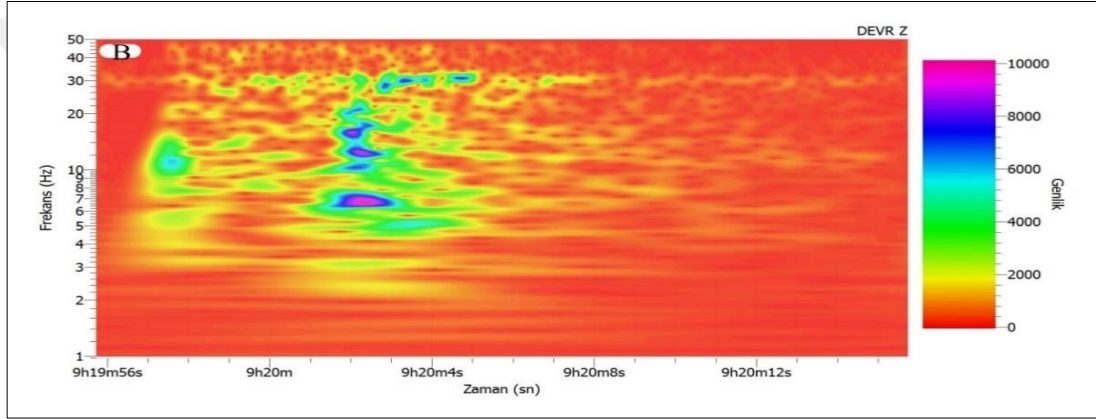
Tablo 4.7. DEVR istasyonu için 24 adet olayın sınıflandırma sonuçları. D: Deprem, P: Patlatma

İstasyon	Kullanılan Ayırmacılık Yöntemi	İstatistiksel Yaklaşım	Toplam Veri				Başarı Yüzdesi (%)		
			D	P	Yanlış Sınıflandırılan D	Yanlış Sınıflandırılan P	D	P	Genel
DEVR	As/Ap – log(As)	LAF	15	9	4	2	73,33	77,78	75
		KAF	15	9	5	1	66,67	88,89	75
	C – Sr	LAF	15	9	5	0	66,67	100	79,17
		KAF	15	9	4	0	73,33	100	83,33
	SDD	-	15	9	0	1	100	88,89	95,83

DEVR istasyonundan elde edilmiş olan verilere uygulamış olduğumuz sürekli dalgacık dönüşümü (SDD) yöntemiyle elde etmiş olduğumuz skalogramlara örnek olarak Şekil 4.16'da 17.02.2017 tarihinde gerçekleşen bir patlatma kaydının SDD uygulanmış skalogramı, Şekil 4.17'de ise 13.11.2017 tarihinde gerçekleşen bir deprem kaydının SDD uygulanmış skalogramı gösterilmektedir.



Şekil 4.16. DEVR istasyonuna ait 17.02.2017 tarihli 22:30:33'de gerçekleşen bir patlatma kaydının SDD uygulanmış skalogramı

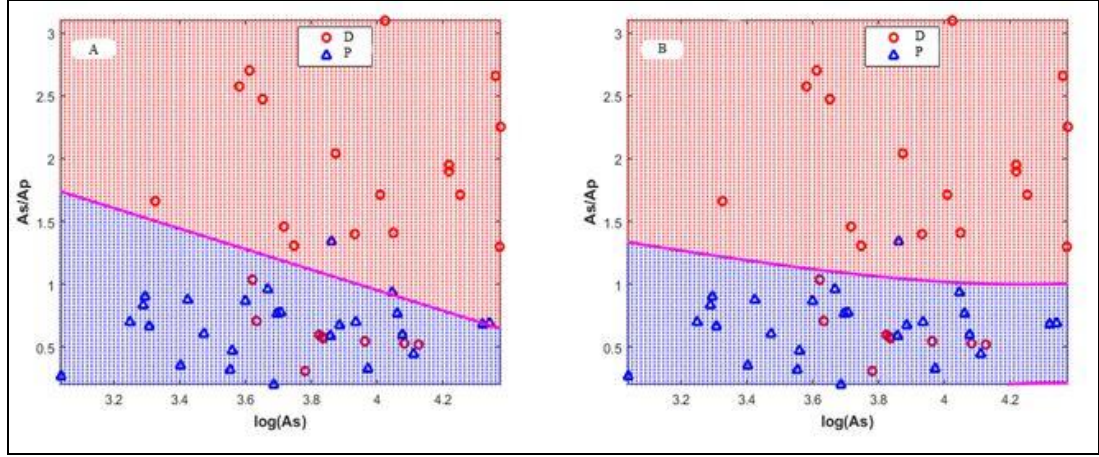


Şekil 4.17. DEVR istasyonuna ait 13.11.2017 tarihli 09:24:00'da gerçekleşen bir deprem kaydının SDD uygulanmış skalogramı

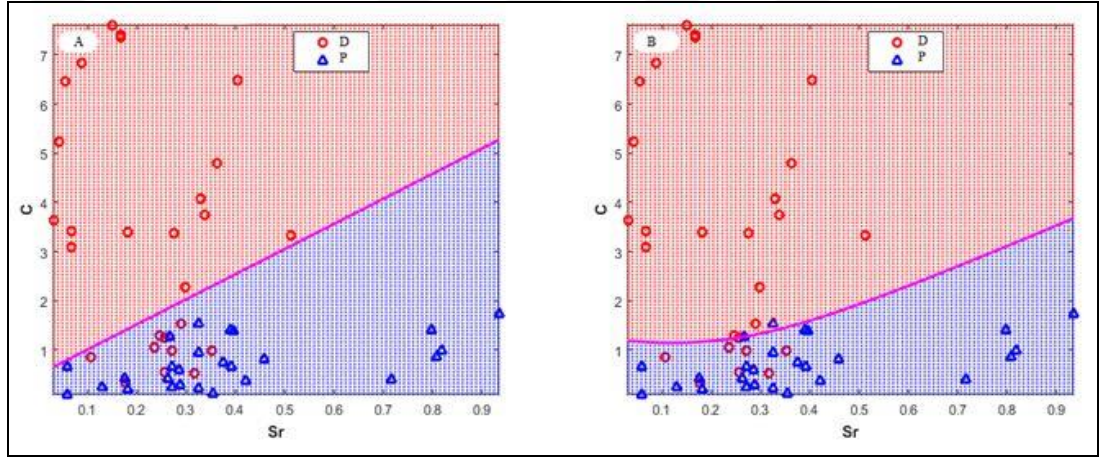
4.3.4. GBZ istasyonu ayırım denklemlerinin elde edilmesi, frekans ortamı ayırım işlemleri ve analiz sonuçları

Gebze (GBZ) istasyonunda kaydedilen 53 adet sismik olayın sınıflandırılabilmesi için genlik oranı yöntemi kullanılarak elde edilen lineer ayırma fonksiyonu (LAF) ve karesel ayırma fonksiyonu (KAF) sonuçları Şekil 4.18'de, karmaşıklık yöntemi kullanılarak elde edilen lineer ayırma fonksiyonu (LAF) ve karesel ayırma yöntemi (KAF) sonuçları Şekil 4.19'da gösterilmektedir.

GBZ istasyonu için genlik oranı ve karmaşıklık analizi için elde edilen lineer ve karesel ayırma fonksiyonlarının denklemleri Tablo 4.8'de gösterilmektedir. Ayrıca bu istasyondan elde edilmiş olan 53 adet sismik olayın sınıflandırma sonuçları ve sismik olayların ayırma işlemlerindeki başarı yüzdesinde Tablo 4.9'da gösterilmektedir.



Şekil 4.18. GBZ istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan (A) Genlik oranı yöntemi LAF sonuçları, (B) Genlik oranı yöntemi KAF sonuçları. D: Deprem, P: Patlatma



Şekil 4.19. GBZ istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan (A) Karmaşıklık yöntemi LAF sonuçları, (B) Karmaşıklık yöntemi KAF sonuçları. D: Deprem, P: Patlatma

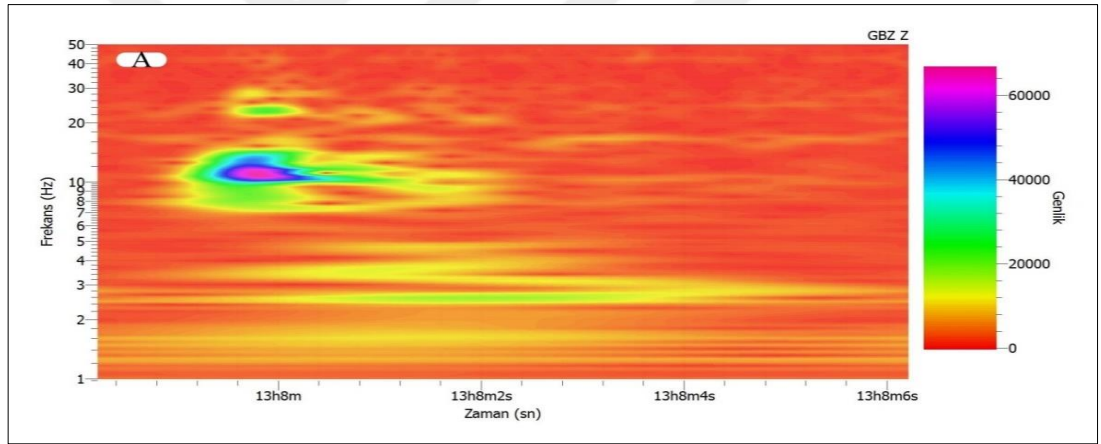
Tablo 4.8. GBZ istasyonu için genlik oranı ve karmaşıklık analizi için elde edilen lineer ve karesel ayırma fonksiyonlarının denklemleri. LAF: Lineer Ayırma Fonksiyonu, KAF: Karesel Ayırma Fonksiyonu

İstasyon	Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Denklem
GBZ	Genlik Oranı	LAF	$F_{LAF} = (-9,4464) + 1,8305 \times \log A_s + 2,2355 \times A_s/A_p$
		KAF	$F_{KAF} = (-37,3219) + [\log A_s \quad A_s/A_p] \times \begin{bmatrix} 17,6398 \\ -5,7034 \end{bmatrix} + \Sigma \left\{ \left([\log A_s \quad A_s/A_p] \times \begin{bmatrix} -2,0049 & -0,3163 \\ -0,3163 & 6,9768 \end{bmatrix} \right) \times [\log A_s \quad A_s/A_p] \right\}$
	Karmaşıklık	LAF	$F_{LAF} = (-0,4310) + (-4,4413) \times Sr + 0,8688 \times C$
		KAF	$F_{KAF} = (-2,9890) + [Sr \quad C] \times \begin{bmatrix} 13,7188 \\ -0,9007 \end{bmatrix} + \Sigma \left\{ \left([Sr \quad C] \times \begin{bmatrix} -22,7764 & -3,5487 \\ -3,5487 & 2,7934 \end{bmatrix} \right) \times [Sr \quad C] \right\}$

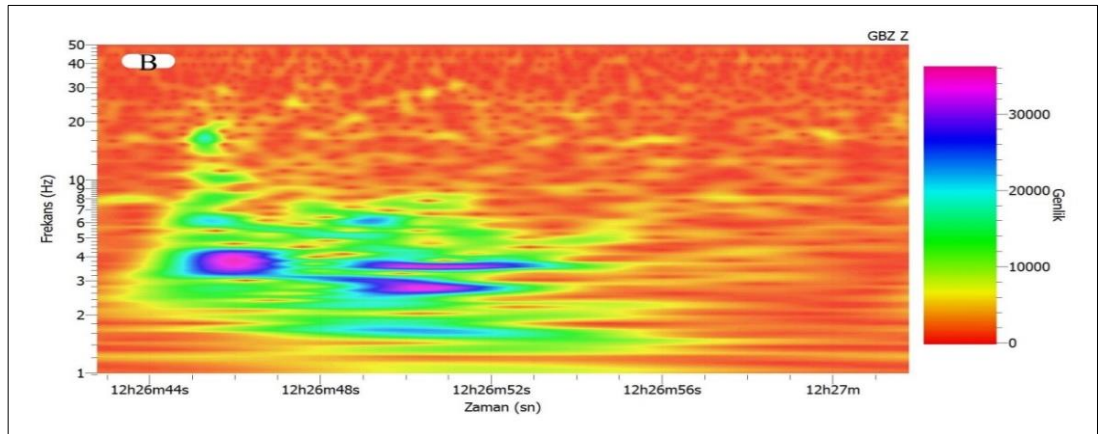
Tablo 4.9. GBZ istasyonu için 53 adet olayın sınıflandırma sonuçları. D: Deprem, P: Patlatma

İstasyon	Kullanılan Ayrımcılık Yöntemi	İstatistiksel Yaklaşım	Toplam Veri				Başarı Yüzdesi (%)		
			D	P	Yanlış Sınıflandırılan D	Yanlış Sınıflandırılan P	D	P	Genel
GBZ	As/Ap – log(As)	LAF	27	26	8	2	70,37	92,31	81,13
		KAF	27	26	8	1	70,37	96,15	83,02
	C – Sr	LAF	27	26	10	0	62,96	100	81,13
		KAF	27	26	7	1	74,07	96,15	84,91
	SDD	-	27	26	10	2	62,96	92,31	77,36

GBZ istasyonundan elde edilmiş olan verilere uygulamış olduğumuz sürekli dalgacık dönüşümü (SDD) yöntemiyle elde etmiş olduğumuz skalogramlara örnek olarak Şekil 4.20’de 03.05.2017 tarihinde gerçekleşen bir patlatma kaydının SDD uygulanmış skalogramı, Şekil 4.21’de ise 31.03.2017 tarihinde gerçekleşen bir deprem kaydının SDD uygulanmış skalogramı gösterilmektedir.



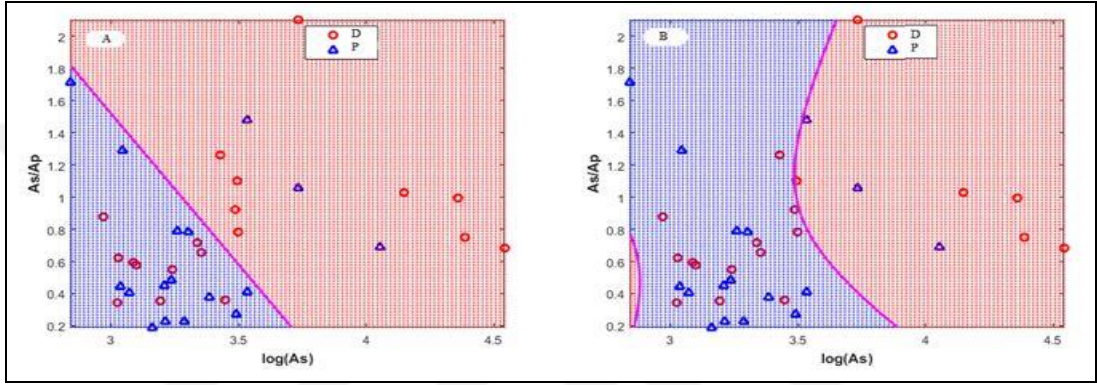
Şekil 4.20. GBZ istasyonuna ait 03.05.2017 tarihli 13:10:16’da gerçekleşen bir patlatma kaydının SDD uygulanmış skalogramı



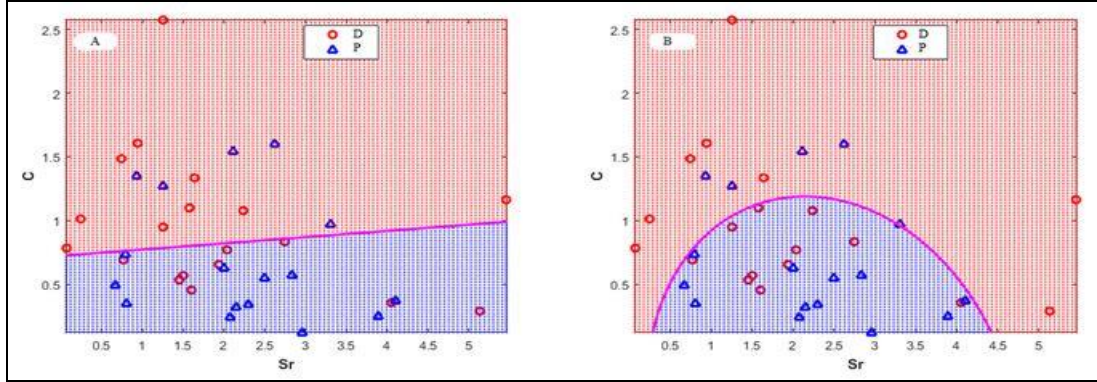
Şekil 4.21. GBZ istasyonuna ait 31.03.2017 tarihli 12:29:49’da gerçekleşen bir deprem kaydının SDD uygulanmış skalogramı

4.3.5. GEYV istasyonu ayırım denklemlerinin elde edilmesi, frekans ortamı ayırım işlemleri ve analiz sonuçları

Geyve (GEYV) istasyonunda kaydedilen 36 adet sismik olayın sınıflandırılabilmesi için genlik oranı yöntemi kullanılarak elde edilen lineer ayırmaştırma fonksiyonu (LAF) ve karesel ayırmaştırma fonksiyonu (KAF) sonuçları Şekil 4.22’de, karmaşıklık yöntemi kullanılarak elde edilen lineer ayırmaştırma fonksiyonu (LAF) ve karesel ayırmaştırma yöntemi (KAF) sonuçları Şekil 4.23’de gösterilmektedir.



Şekil 4.22. GEYV istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan (A) Genlik oranı yöntemi LAF sonuçları, (B) Genlik oranı yöntemi KAF sonuçları. D: Deprem, P: Patlatma



Şekil 4.23. GEYV istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan (A) Karmaşıklık yöntemi LAF sonuçları, (B) Karmaşıklık yöntemi KAF sonuçları. D: Deprem, P: Patlatma

GEYV istasyonu için genlik oranı ve karmaşıklık analizi için elde edilen lineer ve karesel ayırmaştırma fonksiyonlarının denklemleri Tablo 4.10’da gösterilmektedir. Ayrıca bu istasyondan elde edilmiş olan 36 adet sismik olayın sınıflandırma sonuçları ve sismik olayların ayırmaştırılmasındaki başarı yüzdeside Tablo 4.11’de gösterilmektedir.

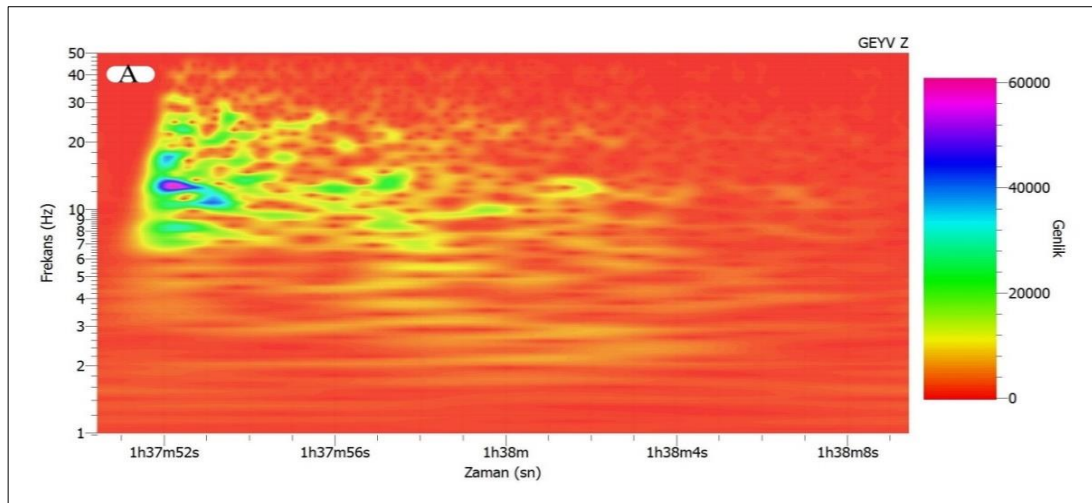
Tablo 4.10. GEYV istasyonu için genlik oranı ve karmaşıklık analizi için elde edilen lineer ve karesel ayırma fonksiyonlarının denklemleri. LAF: Lineer Ayırma Fonksiyonu, KAF: Karesel Ayırma Fonksiyonu

İstasyon	Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Denklemler
GEYV	Genlik Oranı	LAF	$F_{LAF} = (-4,2088) + 1,1050 \times \log A_s + 0,5891 \times A_s/A_p$
		KAF	$F_{KAF} = 42,5521 + [\log A_s \quad A_s/A_p] \times \begin{bmatrix} -25,6008 \\ -5,6651 \end{bmatrix} + \sum \left\{ \left([\log A_s \quad A_s/A_p] \times \begin{bmatrix} 3,7302 & 1,1559 \\ 1,1559 & -1,0492 \end{bmatrix} \right) \times [\log A_s \quad A_s/A_p] \right\}$
	Karmaşıklık	LAF	$F_{LAF} = (-0,7305) + (-0,0495) \times Sr + 1,0115 \times C$
		KAF	$F_{KAF} = 0,2592 + [Sr \quad C] \times \begin{bmatrix} -1,0837 \\ 0,2017 \end{bmatrix} + \sum \left\{ \left([Sr \quad C] \times \begin{bmatrix} 0,2279 & 0,0448 \\ 0,0448 & 0,3882 \end{bmatrix} \right) \times [Sr \quad C] \right\}$

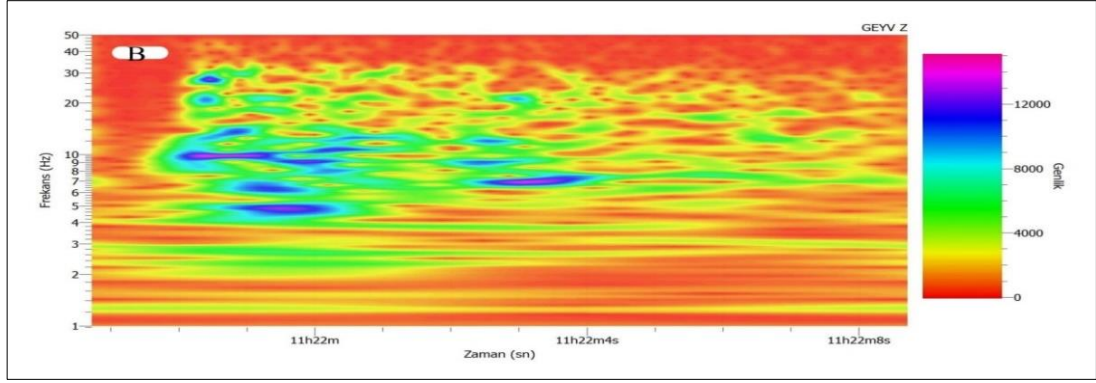
Tablo 4.11. GEYV istasyonu için 36 adet olayın sınıflandırma sonuçları. D: Deprem, P: Patlatma

İstasyon	Kullanılan Ayırma Yöntemi	İstatistiksel Yaklaşım	Toplam Veri				Başarı Yüzdesi (%)		
			D	P	Yanlış Sınıflandırılan D	Yanlış Sınıflandırılan P	D	P	Genel
GEYV	As/Ap – log(As)	LAF	19	17	10	3	43,37	82,35	63,89
		KAF	19	17	13	3	31,58	82,35	55,56
	C – Sr	LAF	19	17	9	5	52,63	70,59	61,11
		KAF	19	17	11	4	42,11	76,47	52,78
	SDD		19	17	0	0	100	100	100

GEYV istasyonundan elde edilmiş olan verilere uygulamış olduğumuz sürekli dalgacık dönüşümü (SDD) yöntemiyle elde etmiş olduğumuz skalogramlara örnek olarak Şekil 4.24’de 03.05.2017 tarihinde gerçekleşen bir patlatma kaydının SDD uygulanmış skalogramı, Şekil 4.25’de ise 02.10.2017 tarihinde gerçekleşen bir deprem kaydının SDD uygulanmış skalogramı gösterilmektedir.



Şekil 4.24. GEYV istasyonuna ait 03.05.2017 tarihli 01:41:37’de gerçekleşen bir patlatma kaydının SDD uygulanmış skalogramı

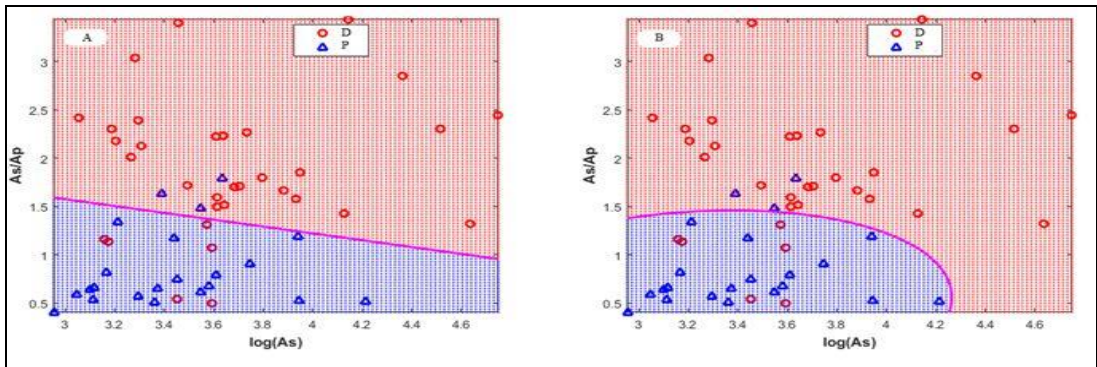


Şekil 4.25. GEYV istasyonuna ait 02.10.2017 tarihli 11:24:29'da gerçekleşen bir deprem kaydının SDD uygulanmış skalogramı

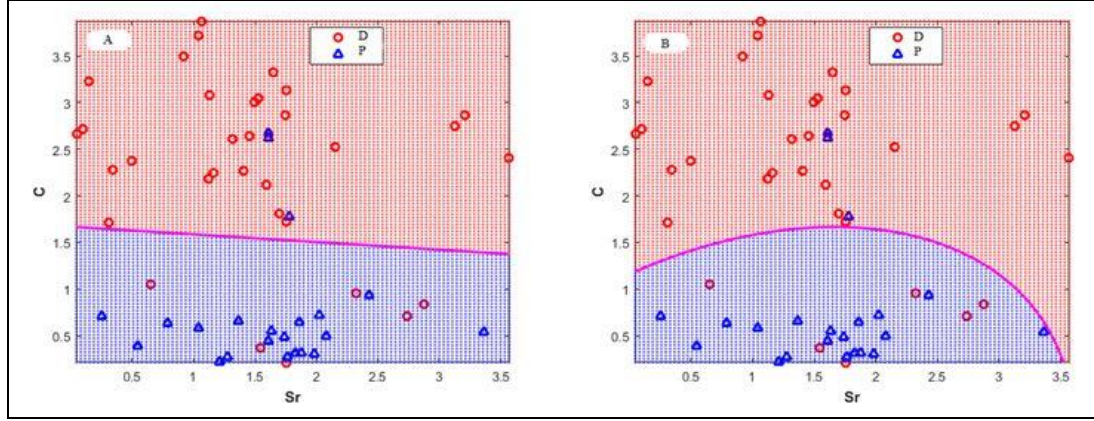
4.3.6. GULT istasyonu ayırım denklemlerinin elde edilmesi, frekans ortamı ayırım işlemleri ve analiz sonuçları

Gölveren (GULT) istasyonunda kaydedilen 55 adet sismik olayın sınıflandırılabilmesi için genlik oranı yöntemi kullanılarak elde edilen lineer ayırma fonksiyonu (LAF) ve karesel ayırma fonksiyonu (KAF) sonuçları Şekil 4.26'da, karmaşıklık yöntemi kullanılarak elde edilen lineer ayırma fonksiyonu (LAF) ve karesel ayırma yöntemi (KAF) sonuçları Şekil 4.27'de gösterilmektedir.

GULT istasyonu için genlik oranı ve karmaşıklık analizi için elde edilen lineer ve karesel ayırma fonksiyonlarının denklemleri Tablo 4.12'de gösterilmektedir. Ayrıca bu istasyondan elde edilmiş olan 55 adet sismik olayın sınıflandırma sonuçları ve sismik olayların ayırma sonuçları Tablo 4.13'de gösterilmektedir.



Şekil 4.26. GULT istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan (A) Genlik oranı yöntemi LAF sonuçları, (B) Genlik oranı yöntemi KAF sonuçları. D: Deprem, P: Patlatma



Şekil 4.27. GULT istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan (A) Karmaşıklık yöntemi LAF sonuçları, (B) Karmaşıklık yöntemi KAF sonuçları. D: Deprem, P: Patlatma

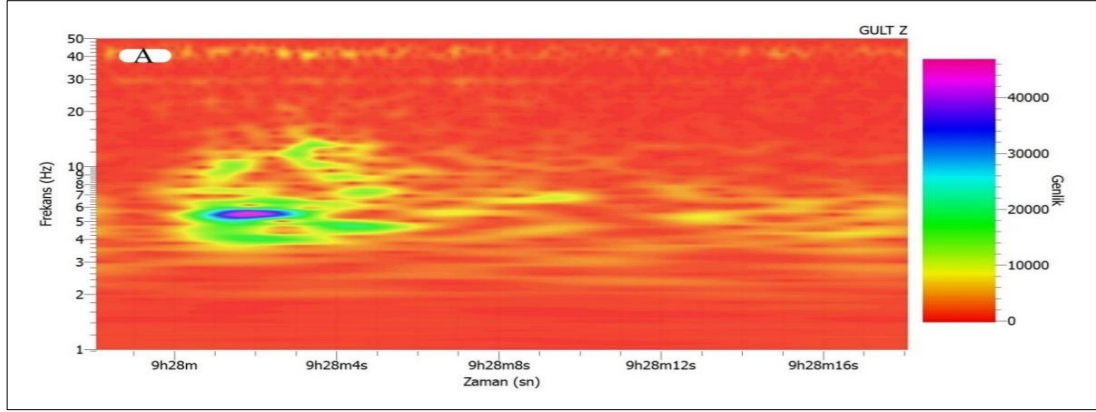
Tablo 4.12. GULT istasyonu için genlik oranı ve karmaşıklık analizi için elde edilen lineer ve karesel ayırma fonksiyonlarının denklemleri. LAF: Lineer Ayırma Fonksiyonu, KAF: Karesel Ayırma Fonksiyonu

İstasyon	Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Denklem
GULT	Genlik Oranı	LAF	$F_{LAF} = (-7,5096) + 1,0082 \times \log A_s + 2,8458 \times A_s/A_p$
		KAF	$F_{KAF} = 18,5141 + [\log A_s \quad A_s/A_p] \times \begin{bmatrix} -13,8039 \\ 1,7883 \end{bmatrix} + \Sigma \left\{ \left([\log A_s \quad A_s/A_p] \times \begin{bmatrix} 2,2568 & -0,4970 \\ -0,4970 & 2,1854 \end{bmatrix} \right) \times [\log A_s \quad A_s/A_p] \right\}$
	Karmaşıklık	LAF	$F_{LAF} = (-3,6269) + 0,1787 \times Sr + 2,1748 \times C$
		KAF	$F_{KAF} = (-2,6046) + [Sr \quad C] \times \begin{bmatrix} -1,2172 \\ 1,7269 \end{bmatrix} + \Sigma \left\{ \left([Sr \quad C] \times \begin{bmatrix} 0,5467 & -0,1812 \\ -0,1812 & 0,4495 \end{bmatrix} \right) \times [Sr \quad C] \right\}$

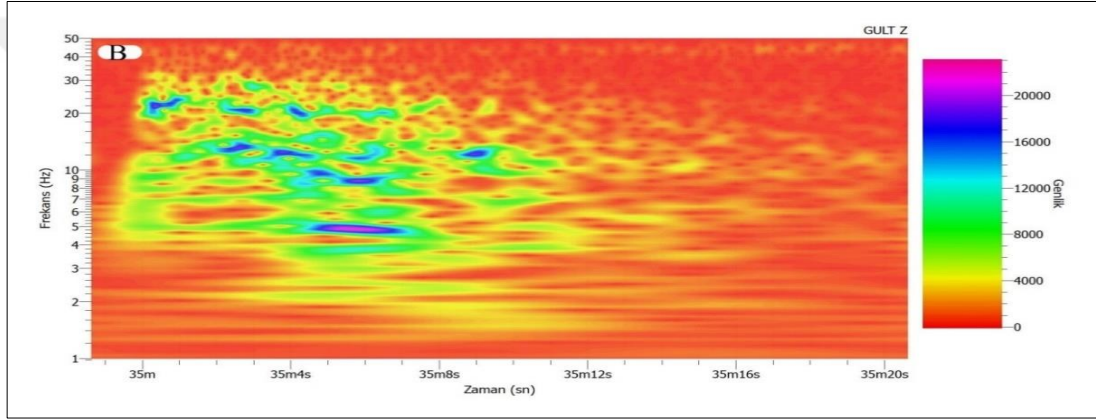
Tablo 4.13. GULT istasyonu için 55 adet olayın sınıflandırma sonuçları. D: Deprem, P: Patlatma

İstasyon	Kullanılan Ayırma Yöntemi	İstatistiksel Yaklaşım	Toplam Veri				Başarı Yüzdesi (%)		
			D	P	Yanlış Sınıflandırılan D	Yanlış Sınıflandırılan P	D	P	Genel
GULT	As/Ap – log(As)	LAF	33	22	6	3	81,82	86,36	83,64
		KAF	33	22	6	3	81,82	86,36	83,64
	C – Sr	LAF	33	22	6	3	81,82	86,36	83,64
		KAF	33	22	6	3	81,82	86,36	83,64
SDD	-	33	22	4	3	87,88	86,36	87,27	

GULT istasyonundan elde edilmiş olan verilere uygulamış olduğumuz sürekli dalgacık dönüşümü (SDD) yöntemiyle elde etmiş olduğumuz skalogramlara örnek olarak Şekil 4.28’de 03.05.2017 tarihinde gerçekleşen bir patlatma kaydının SDD uygulanmış skalogramı, Şekil 4.29’da ise 29.08.2017 tarihinde gerçekleşen bir deprem kaydının SDD uygulanmış skalogramı gösterilmektedir.



Şekil 4.28. GULT istasyonuna ait 03.05.2017 tarihli 09:31:46'da gerçekleşen bir patlatma kaydının SDD uygulanmış skalogramı

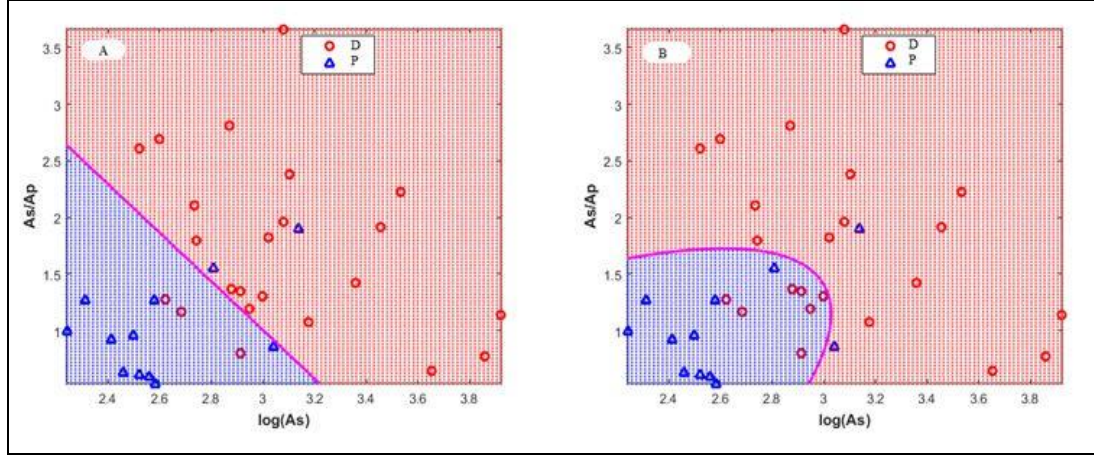


Şekil 4.29. GULT istasyonuna ait 29.08.2017 tarihli 09:36:27'de gerçekleşen bir deprem kaydının SDD uygulanmış skalogramı

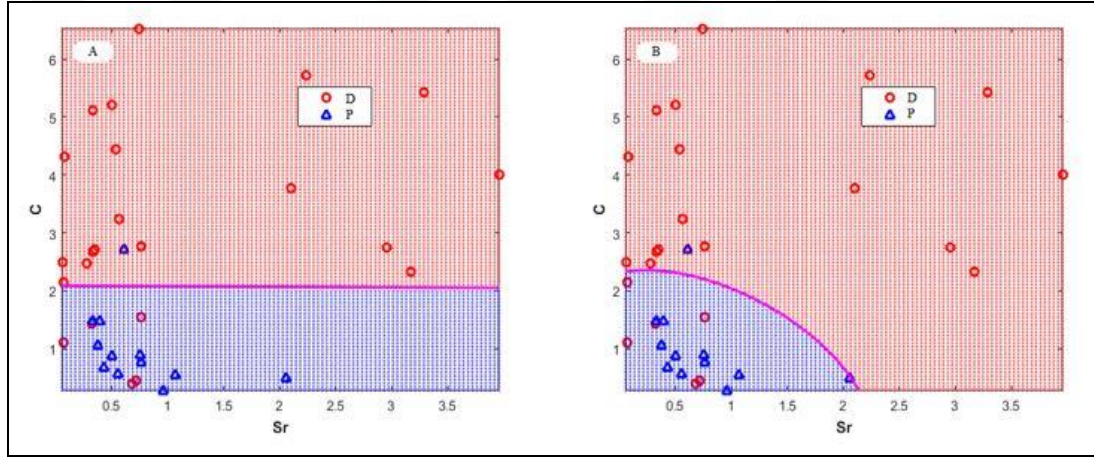
4.3.7. HISA istasyonu ayırım denklemlerinin elde edilmesi, frekans ortamı ayırım işlemleri ve analiz sonuçları

Hisarcık (HISA) istasyonunda kaydedilen 35 adet sismik olayın sınıflandırılabilmesi için genlik oranı yöntemi kullanılarak elde edilen lineer ayırma fonksiyonu (LAF) ve karesel ayırma fonksiyonu (KAF) sonuçları Şekil 4.30'da, karmaşıklık yöntemi kullanılarak elde edilen lineer ayırma fonksiyonu (LAF) ve karesel ayırma yöntemi (KAF) sonuçları Şekil 4.31'de gösterilmektedir.

HISA istasyonu için genlik oranı ve karmaşıklık analizi için elde edilen lineer ve karesel ayırma fonksiyonlarının denklemleri Tablo 4.14'de gösterilmektedir. Ayrıca bu istasyondan elde edilmiş olan 35 adet sismik olayın sınıflandırma sonuçları ve sismik olayların ayırma işlemindeki başarı yüzdesinde Tablo 4.15'de gösterilmektedir.



Şekil 4.30. HISA istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan (A) Genlik oranı yöntemi LAF sonuçları, (B) Genlik oranı yöntemi KAF sonuçları. D: Deprem, P: Patlatma



Şekil 4.31. HISA istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan (A) Karmaşıklık yöntemi LAF sonuçları, (B) Karmaşıklık yöntemi KAF sonuçları. D: Deprem, P: Patlatma

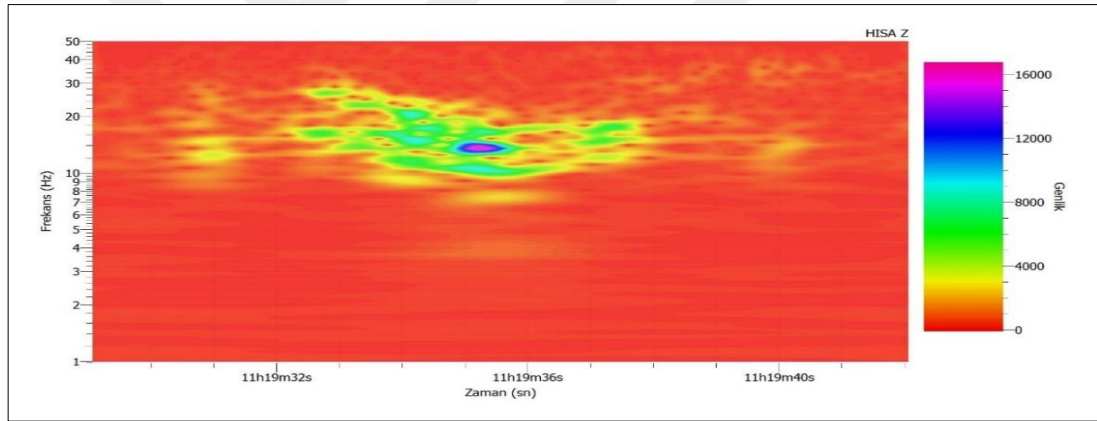
Tablo 4.14 HISA istasyonu için genlik oranı ve karmaşıklık analizi için elde edilen lineer ve karesel ayırma fonksiyonlarının denklemleri. LAF: Lineer Ayrımlaştırma Fonksiyonu, KAF: Karesel Ayrımlaştırma Fonksiyonu

İstasyon	Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Denklem
HISA	Genlik Oranı	LAF	$F_{LAF} = (-15,8240) + 4,5624 \times \log A_s + 2,1253 \times A_s/A_p$
		KAF	$F_{KAF} = 3,1602 + [\log A_s \quad A_s/A_p] \times \begin{bmatrix} -14,9139 \\ 13,3251 \end{bmatrix} + \Sigma \left\{ \left([\log A_s \quad A_s/A_p] \times \begin{bmatrix} 4,9483 & -3,1707 \\ -3,1707 & 2,5595 \end{bmatrix} \right) \times [\log A_s \quad A_s/A_p] \right\}$
	Karmaşıklık	LAF	$F_{LAF} = (-2,2188) + 0,0096 \times Sr + 1,0650 \times C$
		KAF	$F_{KAF} = 0,0168 + [Sr \quad C] \times \begin{bmatrix} -4,9257 \\ -2,7413 \end{bmatrix} + \Sigma \left\{ \left([Sr \quad C] \times \begin{bmatrix} 2,2347 & 0,8229 \\ 0,8229 & 1,1839 \end{bmatrix} \right) \times [Sr \quad C] \right\}$

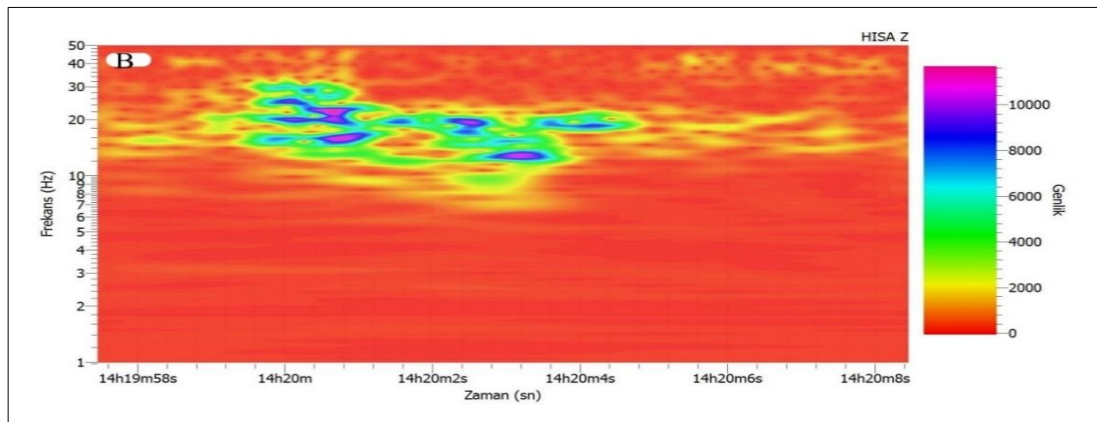
HISA istasyonundan elde edilmiş olan verilere uygulanmış olduğumuz sürekli dalgacık dönüşümü (SDD) yöntemiyle elde etmiş olduğumuz skalogramlara örnek olarak Şekil 4.32’de 03.05.2017 tarihinde gerçekleşen bir patlatma kaydının SDD uygulanmış skalogramı, Şekil 4.33’de ise 19.10.2017 tarihinde gerçekleşen bir deprem kaydının SDD uygulanmış skalogramı gösterilmektedir.

Tablo 4.15. HISA istasyonu için 35 adet olayın sınıflandırma sonuçları. D: Deprem, P: Patlatma

İstasyon	Kullanılan Ayrımcılık Yöntemi	İstatistiksel Yaklaşım	Toplam Veri				Başarı Yüzdesi (%)		
			D	P	Yanlış Sınıflandırılan D	Yanlış Sınıflandırılan P	D	P	Genel
HISA	As/Ap – log(As)	LAF	23	12	3	2	86,96	83,33	85,71
		KAF	23	12	7	2	69,57	83,33	74,29
	C – Sr	LAF	23	12	5	1	78,26	91,67	82,86
		KAF	23	12	6	1	73,91	91,67	80,00
	SDD	-	23	12	3	0	86,96	100	91,43



Şekil 4.32. HISA istasyonuna ait 22.05.2017 tarihli 11:22:46’da gerçekleşen bir patlatma kaydının SDD uygulanmış skalogramı

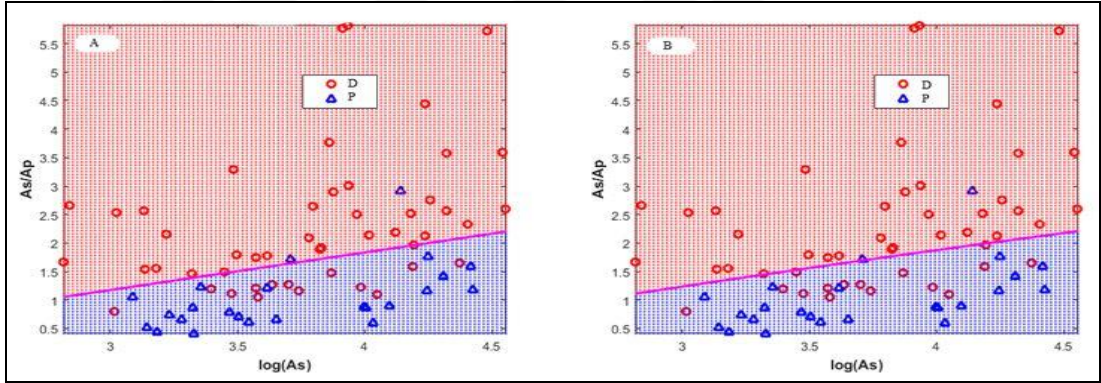


Şekil 4.33. HISA istasyonuna ait 19.10.2017 tarihli 14:21:38’de gerçekleşen bir deprem kaydının SDD uygulanmış skalogramı

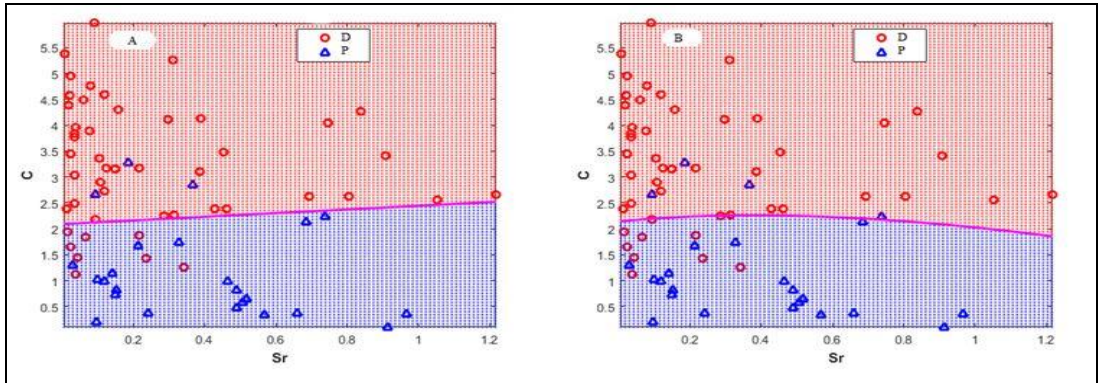
4.3.8. HRTX istasyonu ayırım denklemlerinin elde edilmesi, frekans ortamı ayırım işlemleri ve analiz sonuçları

Hereke (HRTX) istasyonunda kaydedilen 73 adet sismik olayın sınıflandırılabilmesi için genlik oranı yöntemi kullanılarak elde edilen lineer ayırma fonksiyonu (LAF) ve karesel ayırma fonksiyonu (KAF) sonuçları Şekil 4.34'de, karmaşıklık yöntemi kullanılarak elde edilen lineer ayırma fonksiyonu (LAF) ve karesel ayırma yöntemi (KAF) sonuçları Şekil 4.35'de gösterilmektedir.

HRTX istasyonu için genlik oranı ve karmaşıklık analizi için elde edilen lineer ve karesel ayırma fonksiyonlarının denklemleri Tablo 4.16'da gösterilmektedir. Ayrıca bu istasyondan elde edilmiş olan 73 adet sismik olayın sınıflandırma sonuçları ve sismik olayların ayırma sonuçlarındaki başarı yüzdesinde Tablo 4.17'de gösterilmektedir.



Şekil 4.34. HRTX istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan (A) Genlik oranı yöntemi LAF sonuçları, (B) Genlik oranı yöntemi KAF sonuçları. D: Deprem, P: Patlatma



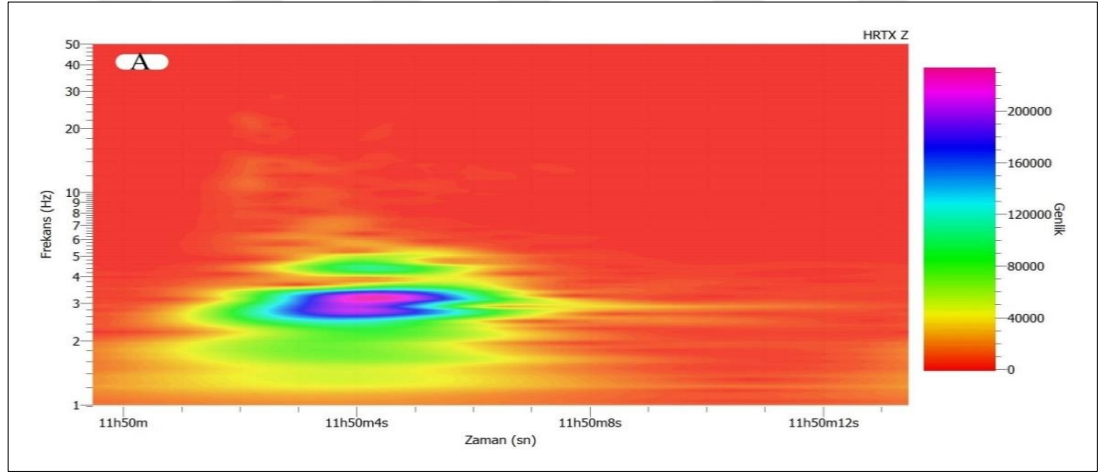
Şekil 4.35. HRTX istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan (A) Karmaşıklık yöntemi LAF sonuçları, (B) Karmaşıklık yöntemi KAF sonuçları. D: Deprem, P: Patlatma

Tablo 4.16. HRTX istasyonu için genlik oranı ve karmaşıklık analizi için elde edilen lineer ve karesel ayırma fonksiyonlarının denklemleri. LAF: Lineer Ayırma Fonksiyonu, KAF: Karesel Ayırma Fonksiyonu

İstasyon	Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Denklem
HRTX	Genlik Oranı	LAF	$F_{LAF} = 1,0801 + (-0,8896) \times \log A_s + 1,3504 \times A_s/A_p$
		KAF	$F_{KAF} = 4,0348 + [\log A_s \quad A_s/A_p] \times \begin{bmatrix} -4,1300 \\ 5,5817 \end{bmatrix} + \Sigma \left\{ \left([\log A_s \quad A_s/A_p] \times \begin{bmatrix} 0,7812 & -1,1383 \\ -1,1383 & 1,8755 \end{bmatrix} \right) \times [\log A_s \quad A_s/A_p] \right\}$
	Karmaşıklık	LAF	$F_{LAF} = (-3,6544) + (-0,6157) \times Sr + 1,7465 \times C$
		KAF	$F_{KAF} = (-2,4941) + [Sr \quad C] \times \begin{bmatrix} -2,8948 \\ 0,5362 \end{bmatrix} + \Sigma \left\{ \left([Sr \quad C] \times \begin{bmatrix} 1,5407 & 0,3837 \\ 0,3837 & 0,2935 \end{bmatrix} \right) \times [Sr \quad C] \right\}$

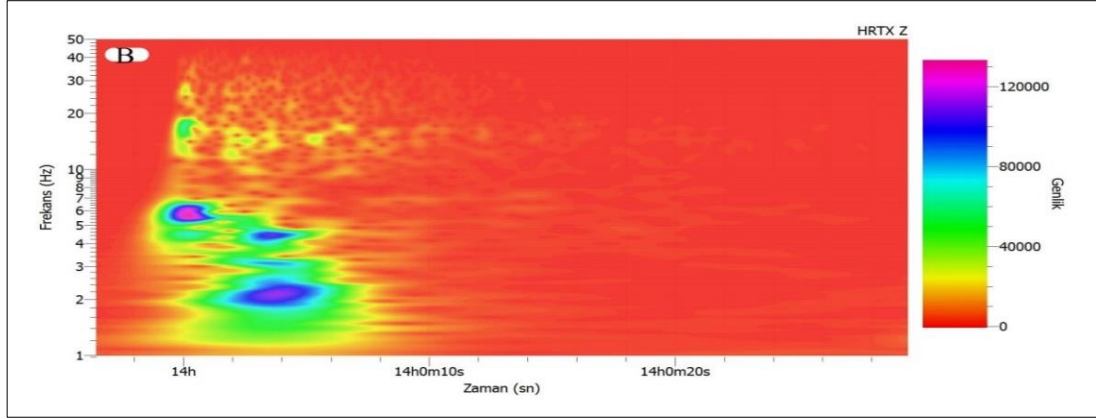
Tablo 4.17. HRTX istasyonu için 73 adet olayın sınıflandırma sonuçları. D: Deprem, P: Patlatma

İstasyon	Kullanılan Ayırma Yöntemi	İstatistiksel Yaklaşım	Toplam Veri				Başarı Yüzdesi (%)		
			D	P	Yanlış Sınıflandırılan D	Yanlış Sınıflandırılan P	D	P	Genel
HRTX	As/Ap – log(As)	LAF	49	24	13	2	73,47	91,67	79,45
		KAF	49	24	15	1	69,39	95,83	78,08
	C – Sr	LAF	49	24	8	3	83,67	87,50	84,93
		KAF	49	24	9	4	81,63	83,33	82,19
	SDD	-	49	24	6	4	87,76	83,33	86,30



Şekil 4.36. HRTX istasyonuna ait 29.04.2017 tarihli 11:53:39'da gerçekleşen bir patlatma kaydının SDD uygulanmış skalogramı

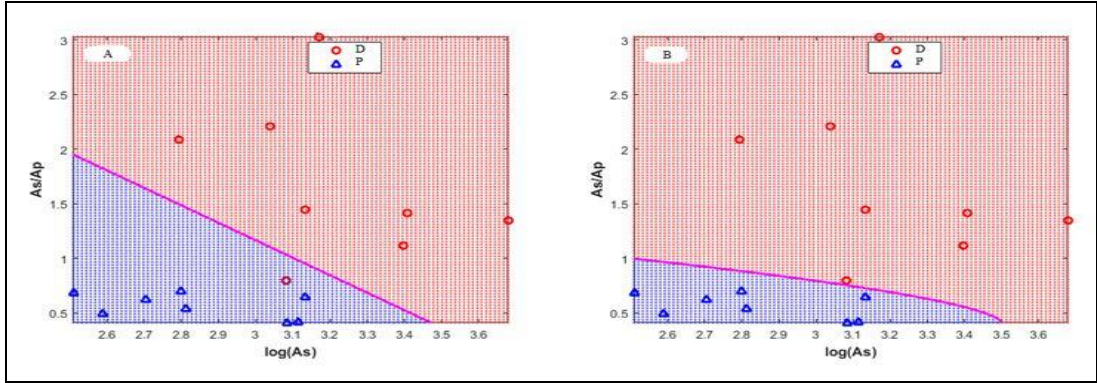
HRTX istasyonundan elde edilmiş olan verilere uygulamış olduğumuz sürekli dalgacık dönüşümü (SDD) yöntemiyle elde etmiş olduğumuz skalogramlara örnek olarak Şekil 4.36'da 29.04.2017 tarihinde gerçekleşen bir patlatma kaydının SDD uygulanmış skalogramı, Şekil 4.37'de ise 25.03.2017 tarihinde gerçekleşen bir deprem kaydının SDD uygulanmış skalogramı gösterilmektedir.



Şekil 4.37. HRTX istasyonuna ait 25.03.2017 tarihli 14:02:29'da gerçekleşen bir deprem kaydının SDD uygulanmış skalogramı

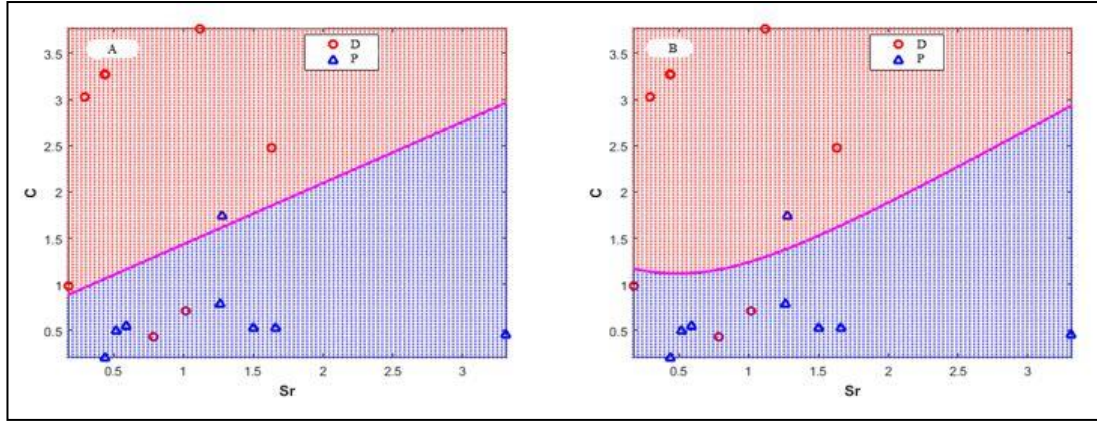
4.3.9. KAND istasyonu ayırım denklemlerinin elde edilmesi, frekans ortamı ayırım işlemleri ve analiz sonuçları

Kandıra (KAND) istasyonunda kaydedilen 16 adet sismik olayın sınıflandırılabilmesi için genlik oranı yöntemi kullanılarak elde edilen lineer ayırmaştırma fonksiyonu (LAF) ve karesel ayırmaştırma fonksiyonu (KAF) sonuçları Şekil 4.38'de, karmaşıklık yöntemi kullanılarak elde edilen lineer ayırmaştırma fonksiyonu (LAF) ve karesel ayırmaştırma yöntemi (KAF) sonuçları Şekil 4.39'da gösterilmektedir.



Şekil 4.38. KAND istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan (A) Genlik oranı yöntemi LAF sonuçları, (B) Genlik oranı yöntemi KAF sonuçları. D: Deprem, P: Patlatma

KAND istasyonu için genlik oranı ve karmaşıklık analizi için elde edilen lineer ve karesel ayırmaştırma fonksiyonlarının denklemleri Tablo 4.18'de gösterilmektedir. Ayrıca bu istasyondan elde edilmiş olan 16 adet sismik olayın sınıflandırma sonuçları ve sismik olayların ayırmaştırılmasındaki başarı yüzdeside Tablo 4.19'da gösterilmektedir.



Şekil 4.39. KAND istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan (A) Karmaşıklık yöntemi LAF sonuçları, (B) Karmaşıklık yöntemi KAF sonuçları. D: Deprem, P: Patlatma

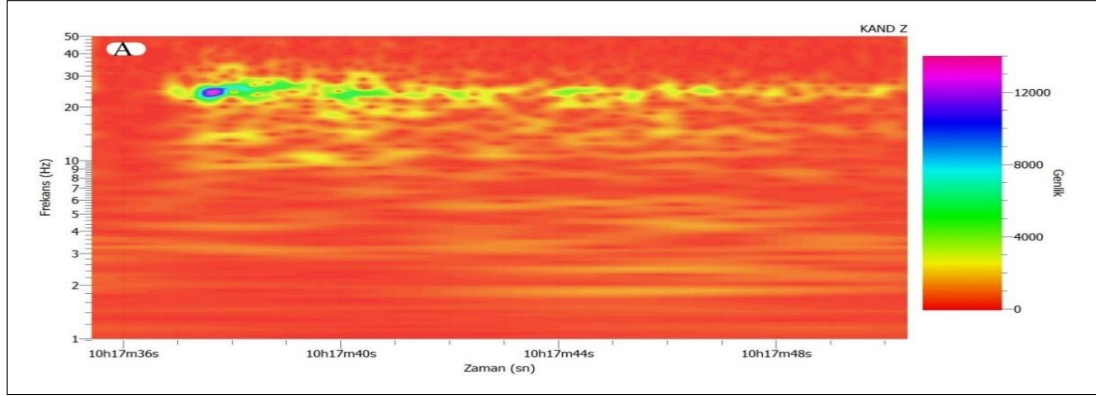
Tablo 4.18. KAND istasyonu için genlik oranı ve karmaşıklık analizi için elde edilen lineer ve karesel ayırma fonksiyonlarının denklemleri. LAF: Lineer Ayırma Fonksiyonu, KAF: Karesel Ayırma Fonksiyonu

İstasyon	Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Denklem
KAND	Genlik Oranı	LAF	$F_{LAF} = (-33,7985) + 9,0650 \times \log A_s + 5,6697 \times A_s/A_p$
		KAF	$F_{KAF} = 38,9656 + [\log A_s \quad A_s/A_p] \times \begin{bmatrix} -19,4608 \\ -103,2686 \end{bmatrix} + \sum \left\{ \left([\log A_s \quad A_s/A_p] \times \begin{bmatrix} 2,9912 & 9,3592 \\ 9,3592 & 47,4646 \end{bmatrix} \right) \times [\log A_s \quad A_s/A_p] \right\}$
	Karmaşıklık	LAF	$F_{LAF} = (-1,2379) + (-1,0650) \times Sr + 1,6074 \times C$
		KAF	$F_{KAF} = (-0,9815) + [Sr \quad C] \times \begin{bmatrix} 1,5037 \\ -1,7176 \end{bmatrix} + \sum \left\{ [Sr \quad C] \times \begin{bmatrix} -1,4568 & -0,0286 \\ -0,0286 & 2,0419 \end{bmatrix} \times [Sr \quad C] \right\}$

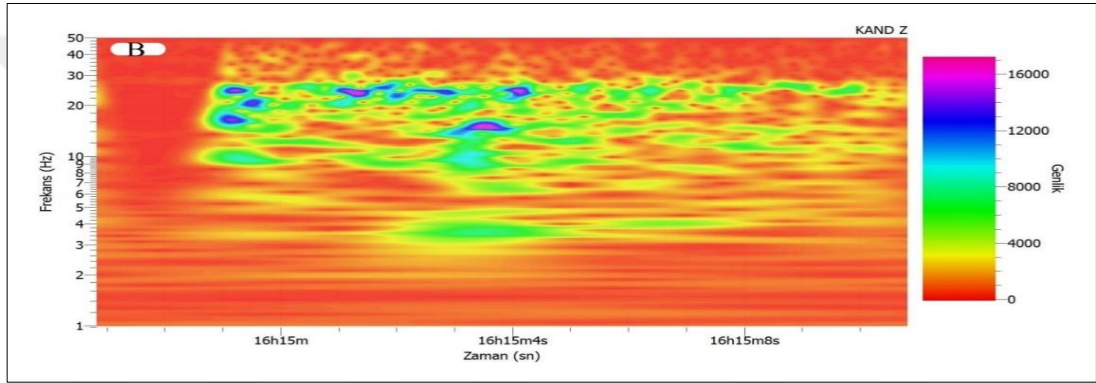
Tablo 4.19. KAND istasyonu için 16 adet olayın sınıflandırma sonuçları. D: Deprem, P: Patlatma

İstasyon	Kullanılan Ayırma Yöntemi	İstatistiksel Yaklaşım	Toplam Veri				Başarı Yüzdesi (%)		
			D	P	Yanlış Sınıflandırılan D	Yanlış Sınıflandırılan P	D	P	Genel
KAND	As/Ap – log(As)	LAF	8	8	1	0	87,50	100	93,75
		KAF	8	8	0	0	100	100	100
	C – Sr	LAF	8	8	2	1	75	87,50	81,25
		KAF	8	8	3	1	62,50	87,50	75,00
	SDD	-	8	8	0	0	100	100	100

KAND istasyonundan elde edilmiş olan verilere uygulamış olduğumuz sürekli dalgacık dönüşümü (SDD) yöntemiyle elde etmiş olduğumuz skalogramlara örnek olarak Şekil 4.40'da 01.07.2017 tarihinde gerçekleşen bir patlatma kaydının SDD uygulanmış skalogramı, Şekil 4.41'de ise 01.11.2017 tarihinde gerçekleşen bir deprem kaydının SDD uygulanmış skalogramı gösterilmektedir.



Şekil 4.40. KAND istasyonuna ait 01.07.2017 tarihli 10:19:42'de gerçekleşen bir patlatma kaydının SDD uygulanmış skalogramı

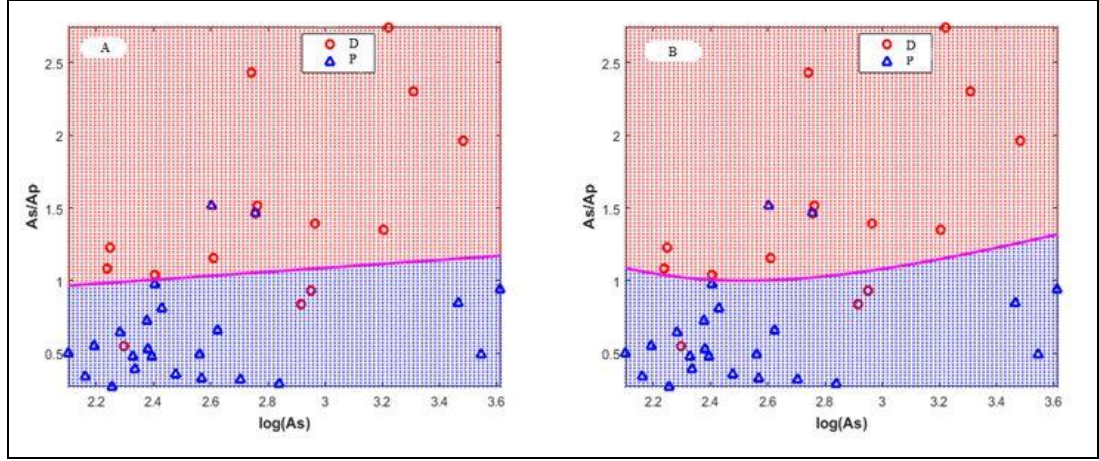


Şekil 4.41. KAND istasyonuna ait 01.11.2017 tarihli 16:18:27'de gerçekleşen bir deprem kaydının SDD uygulanmış skalogramı

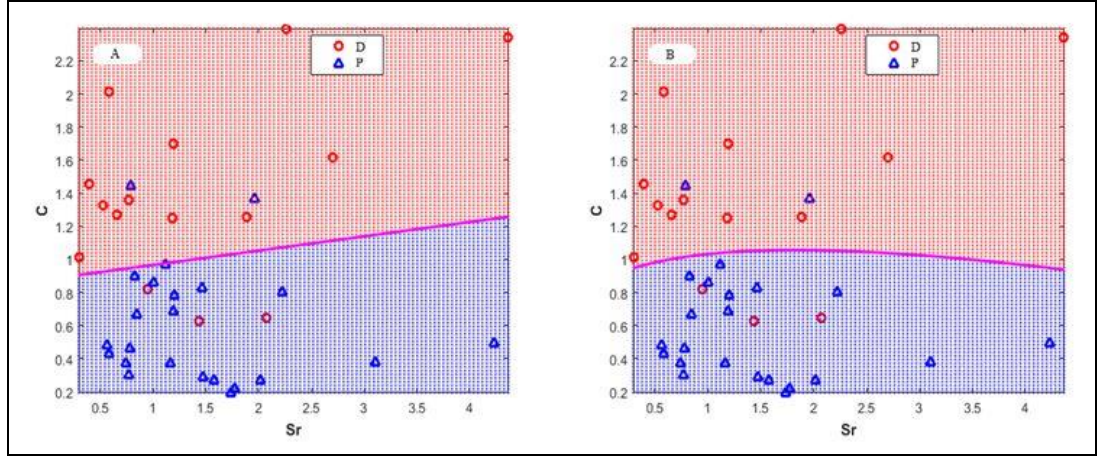
4.3.10. KAYN istasyonu ayırım denklemlerinin elde edilmesi, frekans ortamı ayırım işlemleri ve analiz sonuçları

Kaynarca (KAYN) istasyonunda kaydedilen 38 adet sismik olayın sınıflandırılabilmesi için genlik oranı yöntemi kullanılarak elde edilen lineer ayırma fonksiyonu (LAF) ve karesel ayırma fonksiyonu (KAF) sonuçları Şekil 4.42'de, karmaşıklık yöntemi kullanılarak elde edilen lineer ayırma fonksiyonu (LAF) ve karesel ayırma yöntemi (KAF) sonuçları Şekil 4.43'de gösterilmektedir.

KAYN istasyonu için genlik oranı ve karmaşıklık analizi için elde edilen lineer ve karesel ayırma fonksiyonlarının denklemleri Tablo 4.20'de gösterilmektedir. Ayrıca bu istasyondan elde edilmiş olan 38 adet sismik olayın sınıflandırma sonuçları ve sismik olayların ayırma işlemlerindeki başarı yüzdesinde Tablo 4.21'de gösterilmektedir.



Şekil 4.42. KAYN istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan (A) Genlik oranı yöntemi LAF sonuçları, (B) Genlik oranı yöntemi KAF sonuçları. D: Deprem, P: Patlatma



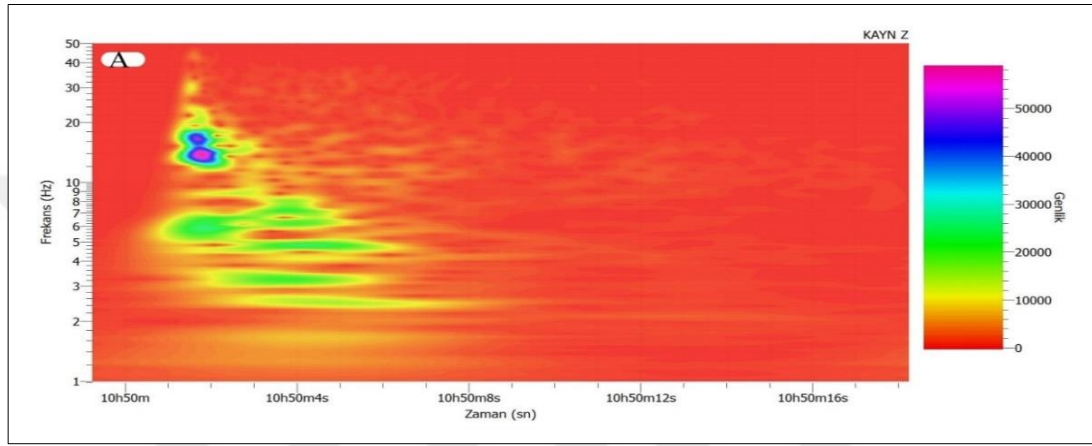
Şekil 4.43. KAYN istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan (A) Karmaşıklık yöntemi LAF sonuçları, (B) Karmaşıklık yöntemi KAF sonuçları. D: Deprem, P: Patlatma

Tablo 4.20. KAYN istasyonu için genlik oranı ve karmaşıklık analizi için elde edilen lineer ve karesel ayırma fonksiyonlarının denklemleri. LAF: Lineer Ayırma Fonksiyonu, KAF: Karesel Ayırma Fonksiyonu

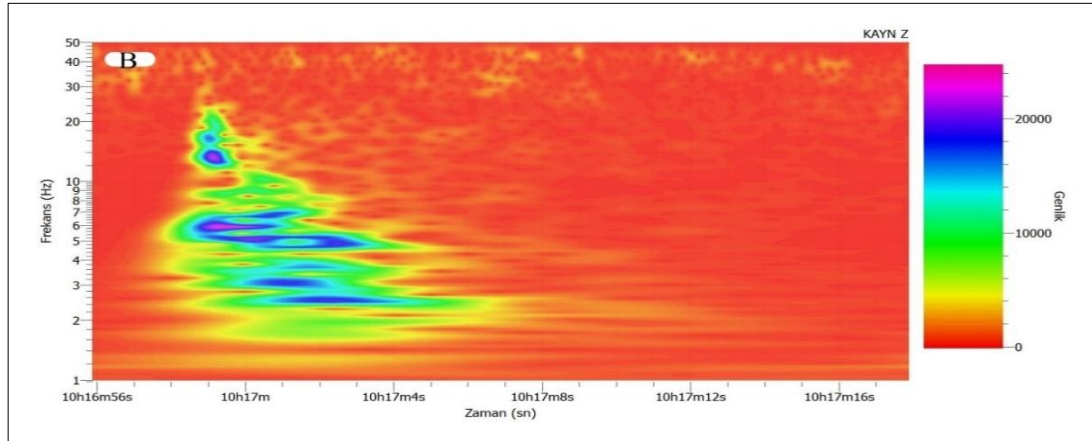
İstasyon	Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Denklem
KAYN	Genlik Oranı	LAF	$F_{LAF} = (-2,6786) + (-0,5377) \times \log A_s + 3,9475 \times A_s/A_p$
		KAF	$F_{KAF} = (-9,3871) + [\log A_s \quad A_s/A_p] \times \begin{bmatrix} 7,8525 \\ -5,3830 \end{bmatrix} + \Sigma \left\{ \left([\log A_s \quad A_s/A_p] \times \begin{bmatrix} -1,9019 & 0,8675 \\ 0,8675 & 2,6913 \end{bmatrix} \right) \times [\log A_s \quad A_s/A_p] \right\}$
	Karmaşıklık	LAF	$F_{LAF} = (-3,8991) + (-0,3824) \times Sr + 4,4301 \times C$
		KAF	$F_{KAF} = (-0,6408) + [Sr \quad C] \times \begin{bmatrix} -2,0494 \\ -1,0918 \end{bmatrix} + \Sigma \left\{ \left([Sr \quad C] \times \begin{bmatrix} 0,1656 & 0,6848 \\ 0,6848 & 2,1013 \end{bmatrix} \right) \times [Sr \quad C] \right\}$

Tablo 4.21. KAYN istasyonu için 38 adet olayın sınıflandırma sonuçları. D: Deprem, P: Patlatma

İstasyon	Kullanılan Ayrımcılık Yöntemi	İstatistiksel Yaklaşım	Toplam Veri				Başarı Yüzdesi (%)		
			D	P	Yanlış Sınıflandırılan D	Yanlış Sınıflandırılan P	D	P	Genel
KAYN	As/Ap – log(As)	LAF	15	23	3	2	80	91,30	86,84
		KAF	15	23	3	2	80	91,30	86,84
	C – Sr	LAF	15	23	3	2	80	91,30	86,84
		KAF	15	23	3	2	80	91,30	86,84
	SDD	-	15	23	6	4	60	8,61	73,68



Şekil 4.44. KAYN istasyonuna ait 26.01.2017 tarihli 10:53:51'de gerçekleşen bir patlatma kaydının SDD uygulanmış skalogramı



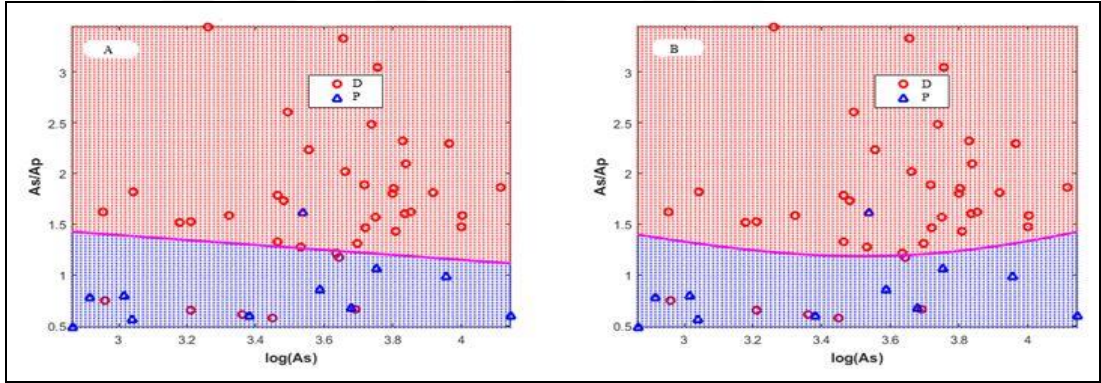
Şekil 4.45. KAYN istasyonuna ait 28.02.2017 tarihli 10:19:48'de gerçekleşen bir deprem kaydının SDD uygulanmış skalogramı

KAYN istasyonundan elde edilmiş olan verilere uygulamış olduğumuz sürekli dalgacık dönüşümü (SDD) yöntemiyle elde etmiş olduğumuz skalogramlara örnek olarak Şekil 4.44'de 26.01.2017 tarihinde gerçekleşen bir patlatma kaydının SDD uygulanmış skalogramı, Şekil 4.45'de ise 28.02.2017 tarihinde gerçekleşen bir deprem kaydının SDD uygulanmış skalogramı gösterilmektedir.

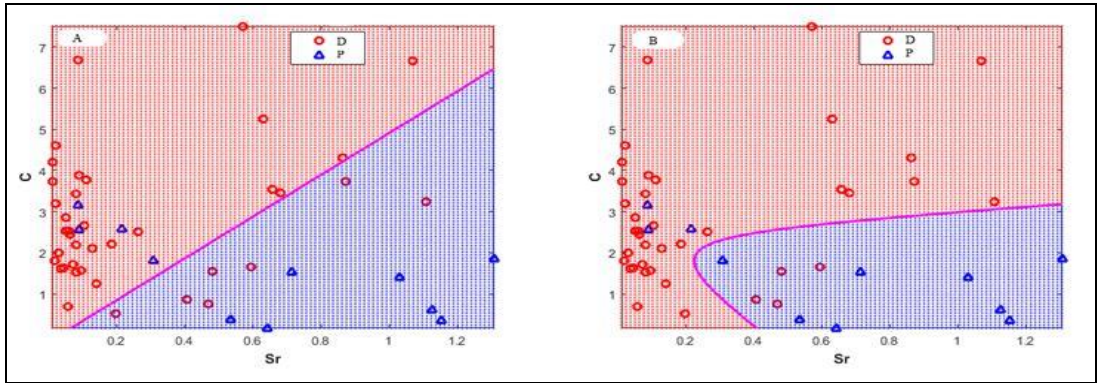
4.3.11. KIBS istasyonu ayırım denklemlerinin elde edilmesi, frekans ortamı ayırım işlemleri ve analiz sonuçları

Kıbrısık (KIBS) istasyonunda kaydedilen 50 adet sismik olayın sınıflandırılabilmesi için genlik oranı yöntemi kullanılarak elde edilen lineer ayırma fonksiyonu (LAF) ve karesel ayırma fonksiyonu (KAF) sonuçları Şekil 4.46'da, karmaşıklık yöntemi kullanılarak elde edilen lineer ayırma fonksiyonu (LAF) ve karesel ayırma fonksiyonu (KAF) sonuçları Şekil 4.47'de gösterilmektedir.

KIBS istasyonu için genlik oranı ve karmaşıklık analizi için elde edilen lineer ve karesel ayırma fonksiyonlarının denklemleri Tablo 4.22'de gösterilmektedir. Ayrıca bu istasyondan elde edilmiş olan 50 adet sismik olayın sınıflandırma sonuçları ve sismik olayların ayırma işlemindeki başarı yüzdesinde Tablo 4.23'de gösterilmektedir.



Şekil 4.46. KIBS istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan (A) Genlik oranı yöntemi LAF sonuçları, (B) Genlik oranı yöntemi KAF sonuçları. D: Deprem, P: Patlatma



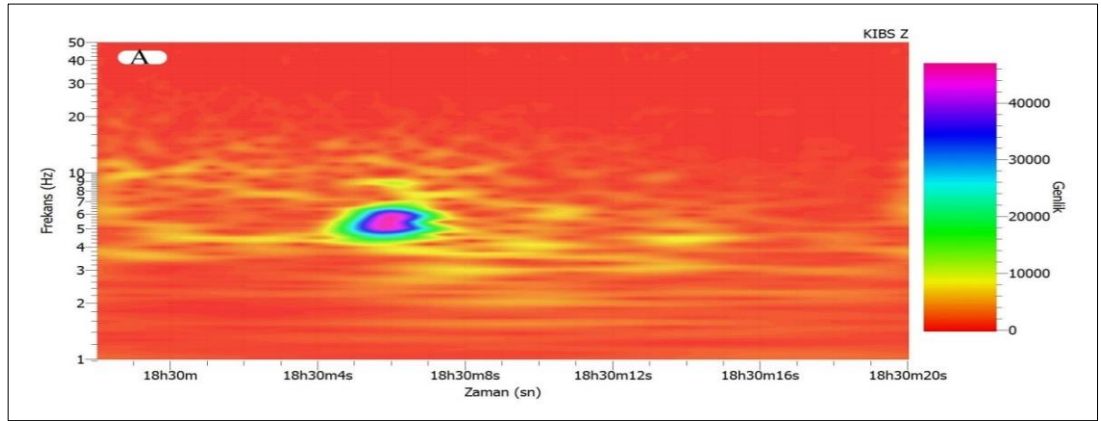
Şekil 4.47. KIBS istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan (A) Karmaşıklık yöntemi LAF sonuçları, (B) Karmaşıklık yöntemi KAF sonuçları. D: Deprem, P: Patlatma

Tablo 4.22. KIBS istasyonu için genlik oranı ve karmaşıklık analizi için elde edilen lineer ve karesel ayırma fonksiyonlarının denklemleri. LAF: Lineer Ayırma Fonksiyonu, KAF: Karesel Ayırma Fonksiyonu

İstasyon	Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Denklem
KIBS	Genlik Oranı	LAF	$F_{LAF} = (-4,9339) + 0,5663 \times \log A_s + 2,3242 \times A_s/A_p$
		KAF	$F_{KAF} = (-44,6683) + [\log A_s \quad A_s/A_p] \times \begin{bmatrix} 24,1368 \\ -1,2181 \end{bmatrix} + \Sigma \left\{ \left[\log A_s \quad A_s/A_p \right] \times \begin{bmatrix} -3,2500 & -0,5340 \\ -0,5340 & 4,1886 \end{bmatrix} \times [\log A_s \quad A_s/A_p] \right\}$
	Karmaşıklık	LAF	$F_{LAF} = 0,1264 + (-3,6678) \times Sr + 0,7216 \times C$
		KAF	$F_{KAF} = 3,5177 + [Sr \quad C] \times \begin{bmatrix} -7,3493 \\ -2,6073 \end{bmatrix} + \Sigma \left\{ \left[Sr \quad C \right] \times \begin{bmatrix} -1,7005 & 1,4166 \\ 1,4166 & 0,5458 \end{bmatrix} \times [Sr \quad C] \right\}$

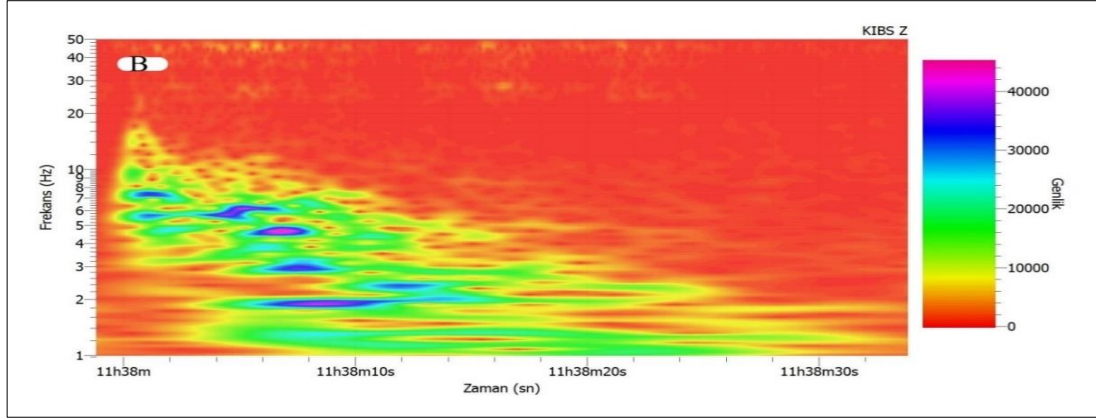
Tablo 4.23. KIBS istasyonu için 38 adet olayın sınıflandırma sonuçları. D: Deprem, P: Patlatma

İstasyon	Kullanılan Ayırma Yöntemi	İstatistiksel Yaklaşım	Toplam Veri				Başarı Yüzdesi (%)		
			D	P	Yanlış Sınıflandırılan D	Yanlış Sınıflandırılan P	D	P	Genel
KIBS	As/Ap – log(As)	LAF	39	11	7	1	82,05	90,91	84
		KAF	39	11	6	1	84,62	90,91	86
	C – Sr	LAF	39	11	7	4	82,05	63,64	78
		KAF	39	11	4	3	89,74	72,73	86
	SDD	-	39	11	3	2	92,31	81,82	90



Şekil 4.48. KIBS istasyonuna ait 27.08.2017 tarihli 18:33:57'de gerçekleşen bir patlatma kaydının SDD uygulanmış skalogramı

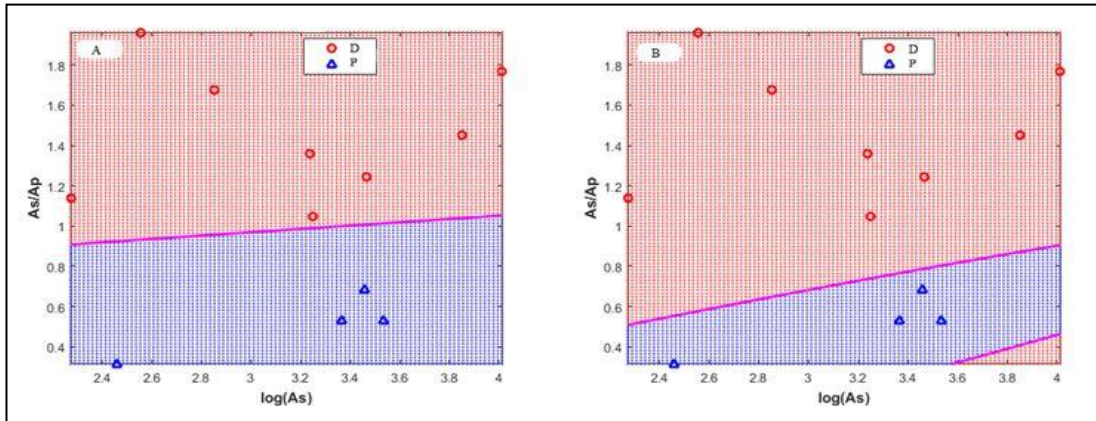
KIBS istasyonundan elde edilmiş olan verilere uyguladığımız sürekli dalgacık dönüşümü (SDD) yöntemiyle elde etmiş olduğumuz skalogramlara örnek olarak Şekil 4.48'de 27.08.2017 tarihinde gerçekleşen bir patlatma kaydının SDD uygulanmış skalogramı, Şekil 4.49'da ise 04.08.2017 tarihinde gerçekleşen bir deprem kaydının SDD uygulanmış skalogramı gösterilmektedir.



Şekil 4.49. KIBS istasyonuna ait 04.08.2017 tarihli 11:41:52'de gerçekleşen bir deprem kaydının SDD uygulanmış skalogramı

4.3.12. MNGN istasyonu ayırım denklemlerinin elde edilmesi, frekans ortamı ayırım işlemleri ve analiz sonuçları

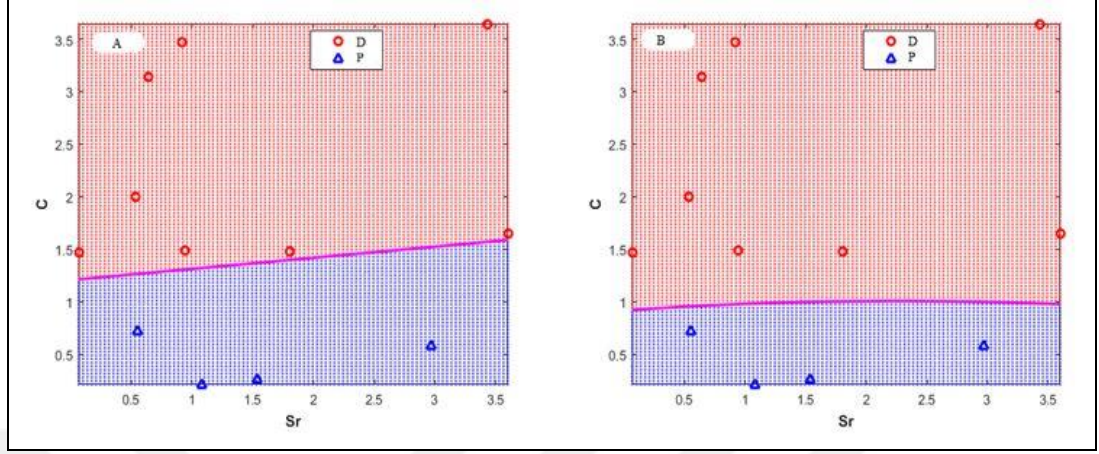
Mengen (MNGN) istasyonunda kaydedilen 12 adet sismik olayın sınıflandırılabilmesi için genlik oranı yöntemi kullanılarak elde edilen lineer ayırma fonksiyonu (LAF) ve karesel ayırma fonksiyonu (KAF) sonuçları Şekil 4.50'de, karmaşıklık yöntemi kullanılarak elde edilen lineer ayırma fonksiyonu (LAF) ve karesel ayırma yöntemi (KAF) sonuçları Şekil 4.51'de gösterilmektedir.



Şekil 4.50. MNGN istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan (A) Genlik oranı yöntemi LAF sonuçları, (B) Genlik oranı yöntemi KAF sonuçları. D: Deprem, P: Patlatma

MNGN istasyonu için genlik oranı ve karmaşıklık analizi için elde edilen lineer ve karesel ayırma fonksiyonlarının denklemleri Tablo 4.24'de gösterilmektedir. Ayrıca bu istasyondan elde edilmiş olan 12 adet sismik olayın sınıflandırma

sonuçları ve sismik olayların ayırma başarısındaki başarı yüzdesinde Tablo 4.25’de gösterilmektedir.



Şekil 4.51. MNGN istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan (A) Karmaşıklık yöntemi LAF sonuçları, (B) Karmaşıklık yöntemi KAF sonuçları. D: Deprem, P: Patlatma

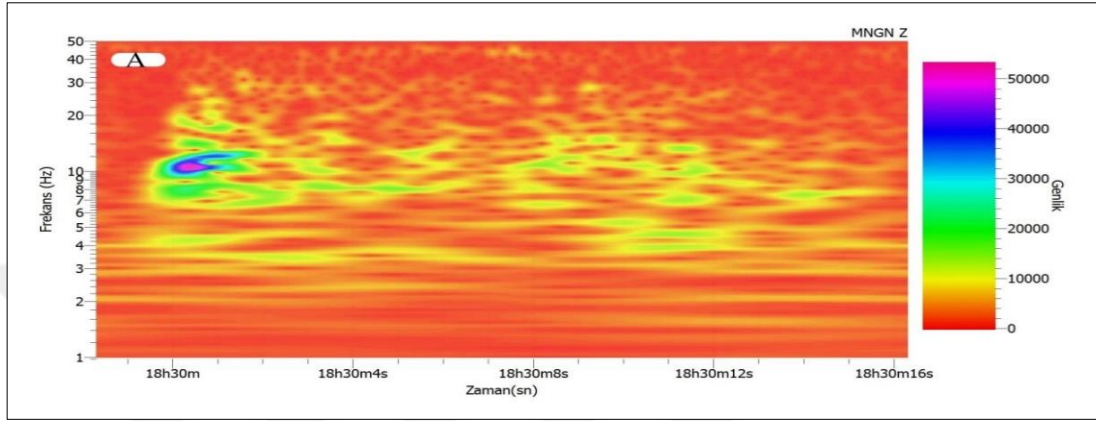
Tablo 4.24. MNGN istasyonu için genlik oranı ve karmaşıklık analizi için elde edilen lineer ve karesel ayırma fonksiyonlarının denklemleri. LAF: Lineer Ayırma Fonksiyonu, KAF: Karesel Ayırma Fonksiyonu

İstasyon	Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Denklem
MNGN	Genlik Oranı	LAF	$F_{LAF} = (-8,8131) + (-1,0154) \times \log A_s + 12,2454 \times A_s/A_p$
		KAF	$F_{KAF} = 5,6410 + [\log A_s \quad A_s/A_p] \times \begin{bmatrix} -20,2420 \\ 73,6490 \end{bmatrix} + \sum \left\{ \left([\log A_s \quad A_s/A_p] \times \begin{bmatrix} 6,9281 & -23,7969 \\ -23,7969 & 85,7529 \end{bmatrix} \right) \times [\log A_s \quad A_s/A_p] \right\}$
	Karmaşıklık	LAF	$F_{LAF} = (-3,4663) + (-0,3037) \times Sr + 2,8695 \times C$
		KAF	$F_{KAF} = (-2,0881) + [Sr \quad C] \times \begin{bmatrix} -0,8344 \\ -4,7489 \end{bmatrix} + \sum \left\{ [Sr \quad C] \times \begin{bmatrix} 0,1797 & 0,0123 \\ 0,0123 & 7,6586 \end{bmatrix} \times [Sr \quad C] \right\}$

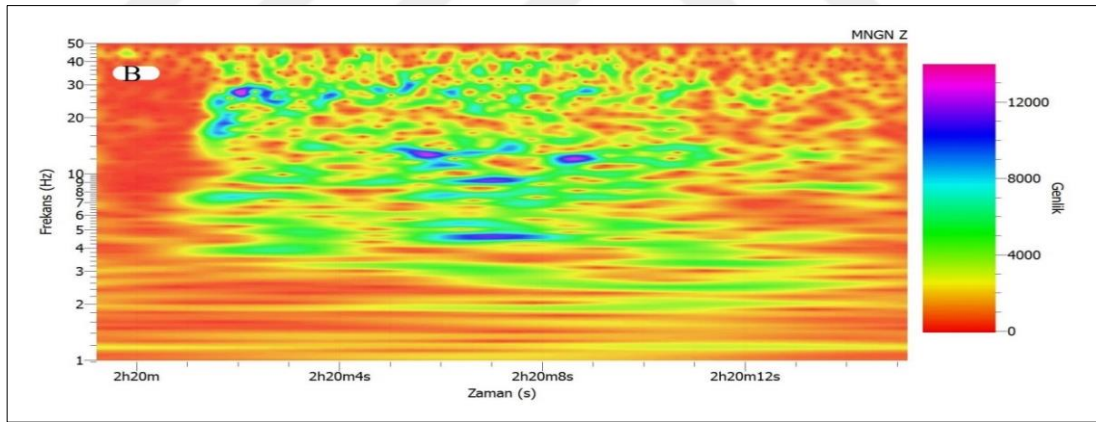
Tablo 4.25. MNGN istasyonu için 12 adet olayın sınıflandırma sonuçları. D: Deprem, P: Patlatma

İstasyon	Kullanılan Ayırmacılık Yöntemi	İstatistiksel Yaklaşım	Toplam Veri				Başarı Yüzdesi (%)		
			D	P	Yanlış Sınıflandırılan D	Yanlış Sınıflandırılan P	D	P	Genel
MNGN	As/Ap – log(As)	LAF	8	4	0	0	100	100	100
		KAF	8	4	0	0	100	100	100
	C – Sr	LAF	8	4	0	0	100	100	100
		KAF	8	4	0	0	100	100	100
	SDD	-	8	4	0	0	100	100	100

MNGN istasyonundan elde edilmiş olan verilere uygulanmış olduğumuz sürekli dalgacık dönüşümü (SDD) yöntemiyle elde etmiş olduğumuz skalogramlara örnek olarak Şekil 4.52’de 27.08.2017 tarihinde gerçekleşen bir patlatma kaydının SDD uygulanmış skalogramı, Şekil 4.53’de ise 22.08.2017 tarihinde gerçekleşen bir deprem kaydının SDD uygulanmış skalogramı gösterilmektedir.



Şekil 4.52. MNGN istasyonuna ait 27.08.2017 tarihli 18:33:57’de gerçekleşen bir patlatma kaydının SDD uygulanmış skalogramı

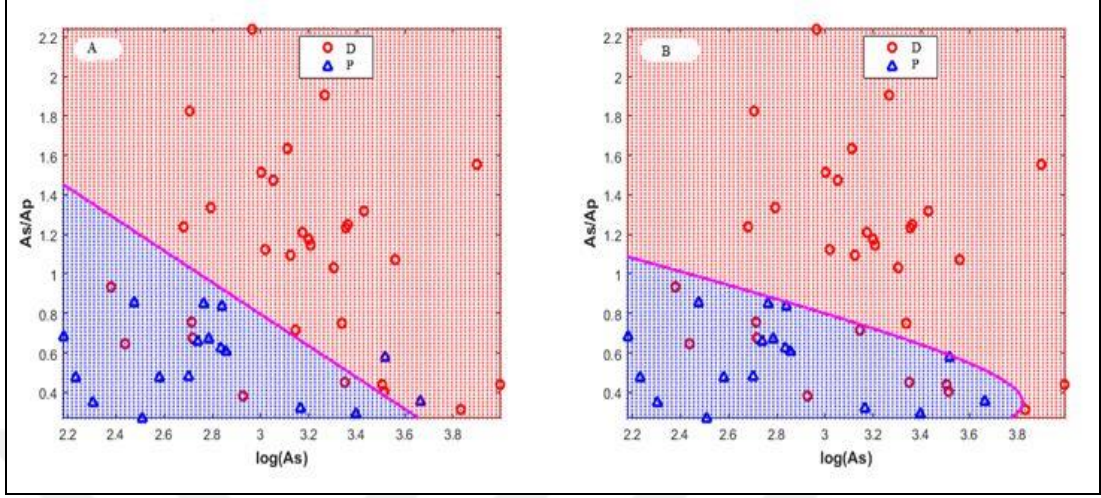


Şekil 4.53. MNGN istasyonuna ait 22.08.2017 tarihli 02:23:23’de gerçekleşen bir deprem kaydının SDD uygulanmış skalogramı

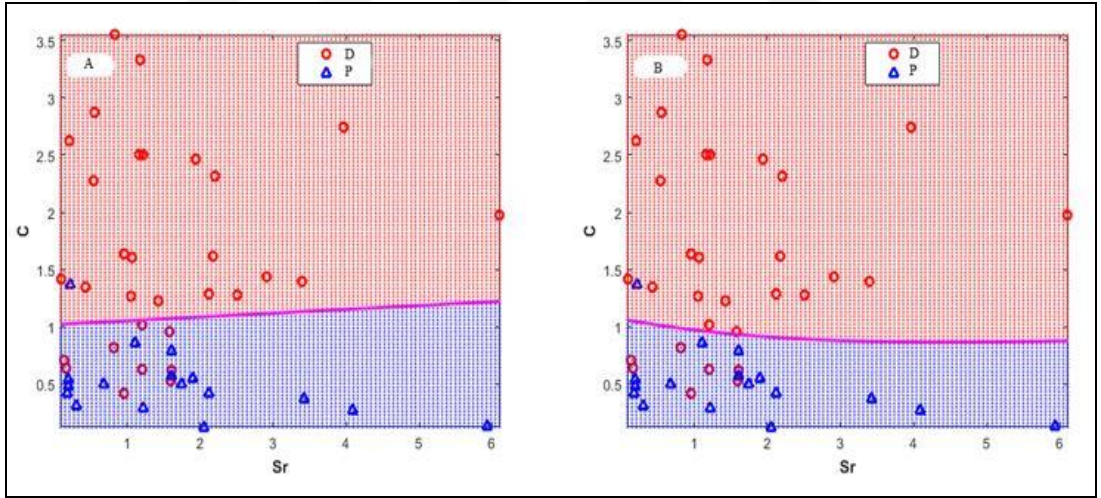
4.3.13. SAHE istasyonu ayırım denklemlerinin elde edilmesi, frekans ortamı ayırım işlemleri ve analiz sonuçları

Sakarya-Hendek (SAHE) istasyonunda kaydedilen 48 adet sismik olayın sınıflandırılabilmesi için genlik oranı yöntemi kullanılarak elde edilen lineer ayırma fonksiyonu (LAF) ve karesel ayırma fonksiyonu (KAF) sonuçları Şekil 4.54’de, karmaşıklık yöntemi kullanılarak elde edilen lineer

ayırma fonksiyonu (LAF) ve karesel ayırma yöntemi (KAF) sonuçları Şekil 4.55’de gösterilmektedir.



Şekil 4.54. SAHE istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan (A) Genlik oranı yöntemi LAF sonuçları, (B) Genlik oranı yöntemi KAF sonuçları. D: Deprem, P: Patlatma



Şekil 4.55. SAHE istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan (A) Karmaşıklık yöntemi LAF sonuçları, (B) Karmaşıklık yöntemi KAF sonuçları. D: Deprem, P: Patlatma

SAHE istasyonu için genlik oranı ve karmaşıklık analizi için elde edilen lineer ve karesel ayırma fonksiyonlarının denklemleri Tablo 4.26’da gösterilmektedir. Ayrıca bu istasyondan elde edilmiş olan 48 adet sismik olayın sınıflandırma sonuçları ve sismik olayların ayırma sonuçları Tablo 4.27’de gösterilmektedir.

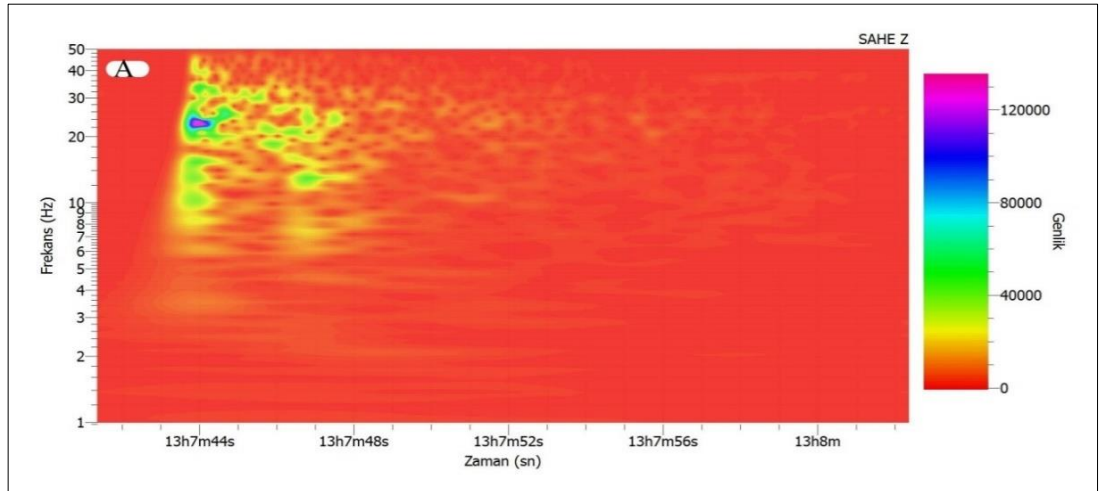
Tablo 4.26. SAHE istasyonu için genlik oranı ve karmaşıklık analizi için elde edilen lineer ve karesel ayırma fonksiyonlarının denklemleri. LAF: Lineer Ayırma Fonksiyonu, KAF: Karesel Ayırma Fonksiyonu

İstasyon	Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Denklemler
SAHE	Genlik Oranı	LAF	$F_{LAF} = (-11,5692) + 2,8976 \times \log A_s + 3,6133 \times A_s/A_p$
		KAF	$F_{KAF} = (-9,1962) + [\log A_s \quad A_s/A_p] \times \begin{bmatrix} 4,6952 \\ -15,9007 \end{bmatrix}$ $+ \sum \left\{ \left([\log A_s \quad A_s/A_p] \times \begin{bmatrix} -0,5012 & 1,0103 \\ 1,0103 & 11,7144 \end{bmatrix} \right) \times [\log A_s \quad A_s/A_p] \right\}$
	Karmaşıklık	LAF	$F_{LAF} = (-2,2619) + (-0,0737) \times Sr + 2,2178 \times C$
		KAF	$F_{KAF} = 0,3426 + [Sr \quad C] \times \begin{bmatrix} -0,7131 \\ -7,3847 \end{bmatrix}$ $+ \sum \left\{ \left([Sr \quad C] \times \begin{bmatrix} -0,0550 & 0,6946 \\ 0,6946 & 6,6085 \end{bmatrix} \right) \times [Sr \quad C] \right\}$

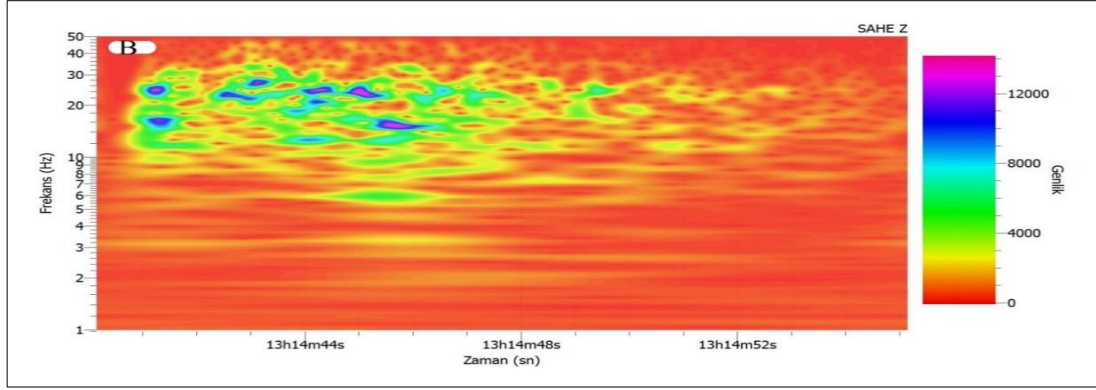
Tablo 4.27. SAHE istasyonu için 48 adet olayın sınıflandırma sonuçları. D: Deprem, P: Patlatma

İstasyon	Kullanılan Ayırmacılık Yöntemi	İstatistiksel Yaklaşım	Toplam Veri				Başarı Yüzdesi (%)		
			D	P	Yanlış Sınıflandırılan D	Yanlış Sınıflandırılan P	D	P	Genel
SAHE	As/Ap – log(As)	LAF	31	17	6	2	80,65	88,24	83,33
		KAF	31	17	9	0	70,97	100	81,25
	C – Sr	LAF	31	17	9	1	70,97	94,12	79,17
		KAF	31	17	7	1	77,42	94,12	83,33
	SDD	-	31	17	3	5	90,32	70,59	83,33

SAHE istasyonundan elde edilmiş olan verilere uygulanmış olduğumuz sürekli dalgacık dönüşümü (SDD) yöntemiyle elde etmiş olduğumuz skalogramlara örnek olarak Şekil 4.56’da 03.05.2017 tarihinde gerçekleşen bir patlatma kaydının SDD uygulanmış skalogramı, Şekil 4.57’de ise 03.01.2017 tarihinde gerçekleşen bir deprem kaydının SDD uygulanmış skalogramı gösterilmektedir.



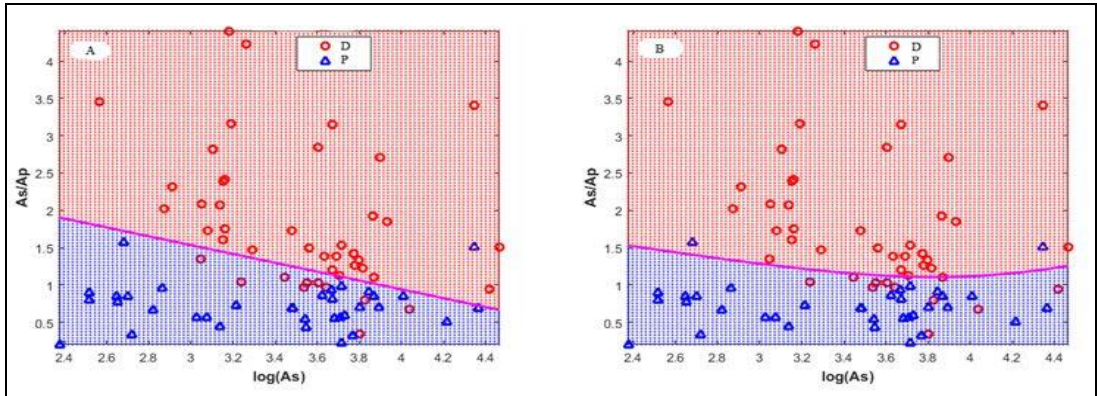
Şekil 4.56. SAHE istasyonuna ait 03.05.2017 tarihli 13:10:16'da gerçekleşen bir patlatma kaydının SDD uygulanmış skalogramı



Şekil 4.57. SAHE istasyonuna ait 03.01.2017 tarihli 13:18:28'de gerçekleşen bir deprem kaydının SDD uygulanmış skalogramı

4.3.14. SEMS istasyonu ayırım denklemlerinin elde edilmesi, frekans ortamı ayırım işlemleri ve analiz sonuçları

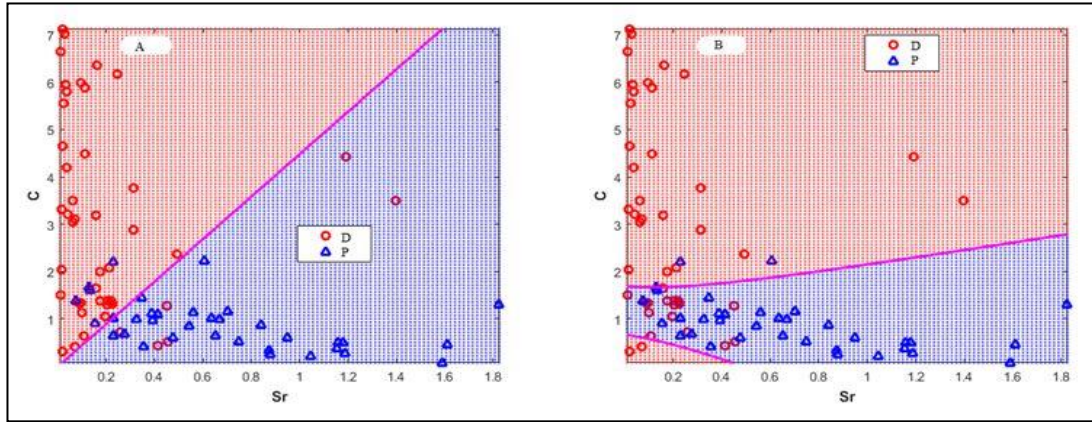
Şemsettin (SEMS) istasyonunda kaydedilen 81 adet sismik olayın sınıflandırılabilmesi için genlik oranı yöntemi kullanılarak elde edilen lineer ayırma fonksiyonu (LAF) ve karesel ayırma fonksiyonu (KAF) sonuçları Şekil 4.58'de, karmaşıklık yöntemi kullanılarak elde edilen lineer ayırma fonksiyonu (LAF) ve karesel ayırma yöntemi (KAF) sonuçları Şekil 4.59'da gösterilmektedir.



Şekil 4.58. SEMS istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan (A) Genlik oranı yöntemi LAF sonuçları, (B) Genlik oranı yöntemi KAF sonuçları. D: Deprem, P: Patlatma

SEMS istasyonu için genlik oranı ve karmaşıklık analizi için elde edilen lineer ve karesel ayırma fonksiyonlarının denklemleri Tablo 4.28'de gösterilmektedir. Ayrıca bu istasyondan elde edilmiş olan 81 adet sismik olayın sınıflandırma

sonuçları ve sismik olayların ayrıştırılmasındaki başarı yüzdesinde Tablo 4.29’da gösterilmektedir.



Şekil 4.59. SEMS istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan (A) Karmaşıklık yöntemi LAF sonuçları, (B) Karmaşıklık yöntemi KAF sonuçları. D: Deprem, P: Patlatma

Tablo 4.28. SEMS istasyonu için genlik oranı ve karmaşıklık analizi için elde edilen lineer ve karesel ayrıştırma fonksiyonlarının denklemleri. LAF: Lineer Ayrıştırma Fonksiyonu, KAF: Karesel Ayrıştırma Fonksiyonu

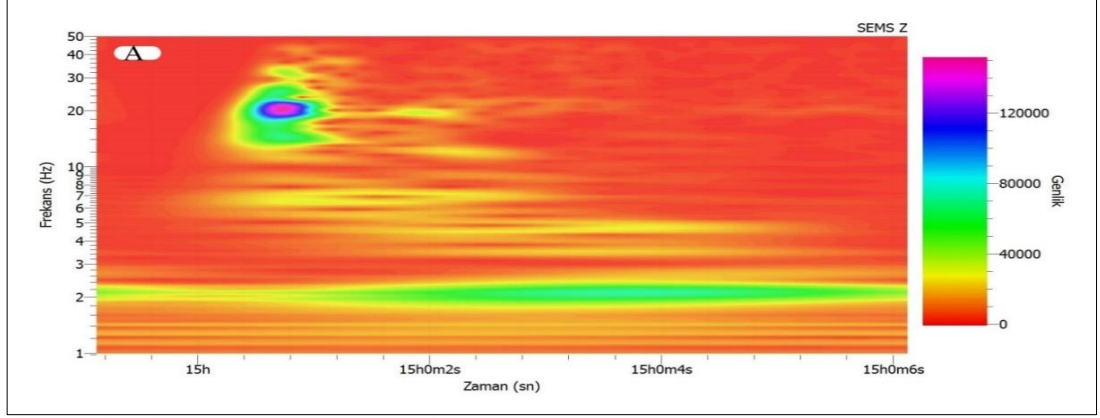
İstasyon	Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Denklem
SEMS	Genlik Oranı	LAF	$F_{LAF} = (-7,6564) + 1,3708 \times \log A_s + 2,3123 \times A_s/A_p$
		KAF	$F_{KAF} = (-32,8830) + [\log A_s \quad A_s/A_p] \times \begin{bmatrix} 15,9996 \\ -1,1357 \end{bmatrix} + \sum \left\{ \left([\log A_s \quad A_s/A_p] \times \begin{bmatrix} -1,8846 & -0,7036 \\ -0,7036 & 5,2906 \end{bmatrix} \right) \times [\log A_s \quad A_s/A_p] \right\}$
	Karmaşıklık	LAF	$F_{LAF} = 0,0117 + (-3,2019) \times Sr + 0,7124 \times C$
		KAF	$F_{KAF} = 2,5860 + [Sr \quad C] \times \begin{bmatrix} -3,5393 \\ -5,4510 \end{bmatrix} + \sum \left\{ \left([Sr \quad C] \times \begin{bmatrix} -3,7322 & 1,3246 \\ 1,3246 & 2,3253 \end{bmatrix} \right) \times [Sr \quad C] \right\}$

Tablo 4.29. SEMS istasyonu için 81 adet olayın sınıflandırma sonuçları. D: Deprem, P: Patlatma

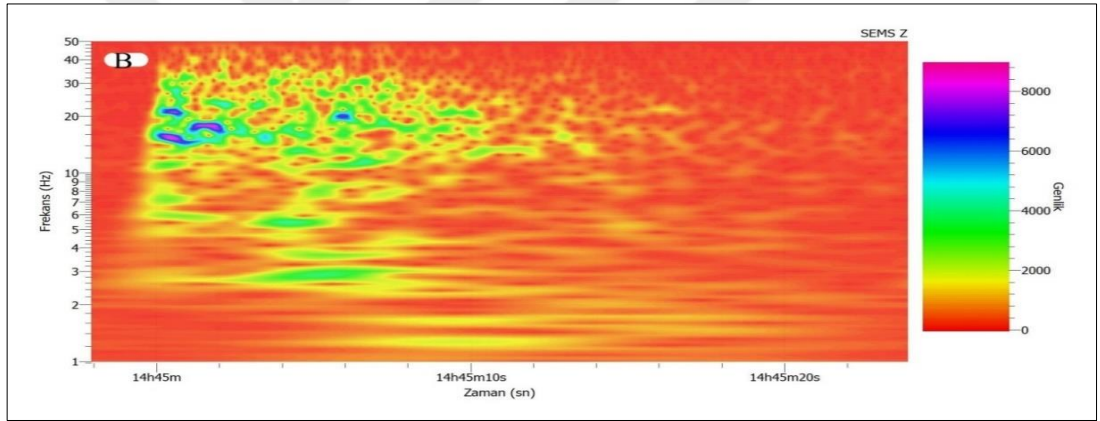
İstasyon	Kullanılan Ayrımcılık Yöntemi	İstatistiksel Yaklaşım	Toplam Veri				Başarı Yüzdesi (%)		
			D	P	Yanlış Sınıflandırılan D	Yanlış Sınıflandırılan P	D	P	Genel
SEMS	As/Ap – log(As)	LAF	46	35	10	1	78,26	97,14	86,42
		KAF	46	35	10	2	78,26	94,29	85,19
	C – Sr	LAF	46	35	6	5	86,96	85,71	86,42
		KAF	46	35	15	2	67,39	94,29	79,01
SDD	-	46	35	10	5	78,26	85,71	81,48	

SEMS istasyonundan elde edilmiş olan verilere uygulamış olduğumuz sürekli dalgacık dönüşümü (SDD) yöntemiyle elde etmiş olduğumuz skalogramlara örnek olarak Şekil 4.60’da 22.04.2017 tarihinde gerçekleşen bir patlatma kaydının SDD

uygulanmış skalogramı, Şekil 4.61’de ise 31.10.2017 tarihinde gerçekleşen bir deprem kaydının SDD uygulanmış skalogramı gösterilmektedir.



Şekil 4.60. SEMS istasyonuna ait 22.04.2017 tarihli 14:59:31’de gerçekleşen bir patlatma kaydının SDD uygulanmış skalogramı



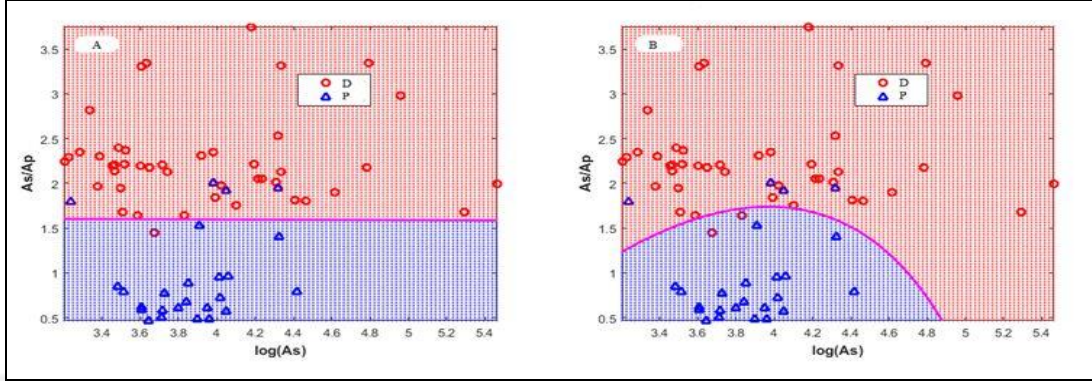
Şekil 4.61. SEMS istasyonuna ait 31.10.2017 tarihli 14:45:37’de gerçekleşen bir deprem kaydının SDD uygulanmış skalogramı

4.3.15. YIGI istasyonu ayırım denklemlerinin elde edilmesi, frekans ortamı ayırım işlemleri ve analiz sonuçları

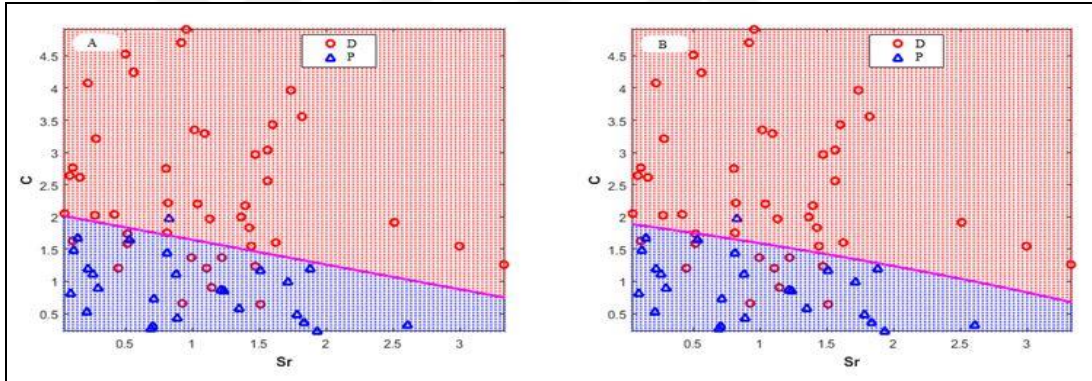
Yığılca (YIGI) istasyonunda kaydedilen 69 adet sismik olayın sınıflandırılabilmesi için genlik oranı yöntemi kullanılarak elde edilen lineer ayırmaştırma fonksiyonu (LAF) ve karesel ayırmaştırma fonksiyonu (KAF) sonuçları Şekil 4.62’de, karmaşıklık yöntemi kullanılarak elde edilen lineer ayırmaştırma fonksiyonu (LAF) ve karesel ayırmaştırma yöntemi (KAF) sonuçları Şekil 4.63’de gösterilmektedir.

YIGI istasyonu için genlik oranı ve karmaşıklık analizi için elde edilen lineer ve karesel ayırmaştırma fonksiyonlarının denklemleri Tablo 4.30’da gösterilmektedir.

Ayrıca bu istasyondan elde edilmiş olan 69 adet sismik olayın sınıflandırma sonuçları ve sismik olayların ayırıştırılmasındaki başarı yüzdesinde Tablo 4.31’de gösterilmektedir.



Şekil 4.62. YIGI istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan (A) Genlik oranı yöntemi LAF sonuçları, (B) Genlik oranı yöntemi KAF sonuçları. D: Deprem, P: Patlatma



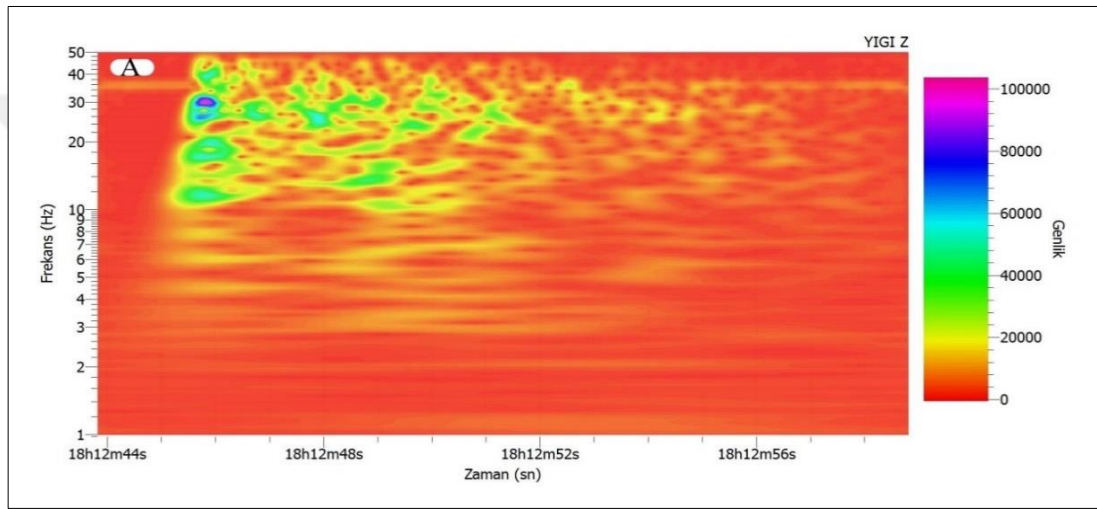
Şekil 4.63. YIGI istasyonunda kaydedilen verilere uygulanan (A) Karmaşıklık yöntemi LAF sonuçları, (B) Karmaşıklık yöntemi KAF sonuçları. D: Deprem, P: Patlatma

Tablo 4.30. YIGI istasyonu için genlik oranı ve karmaşıklık analizi için elde edilen lineer ve karesel ayırıştırma fonksiyonlarının denklemleri. LAF: Lineer Ayırıştırma Fonksiyonu, KAF: Karesel Ayırıştırma Fonksiyonu

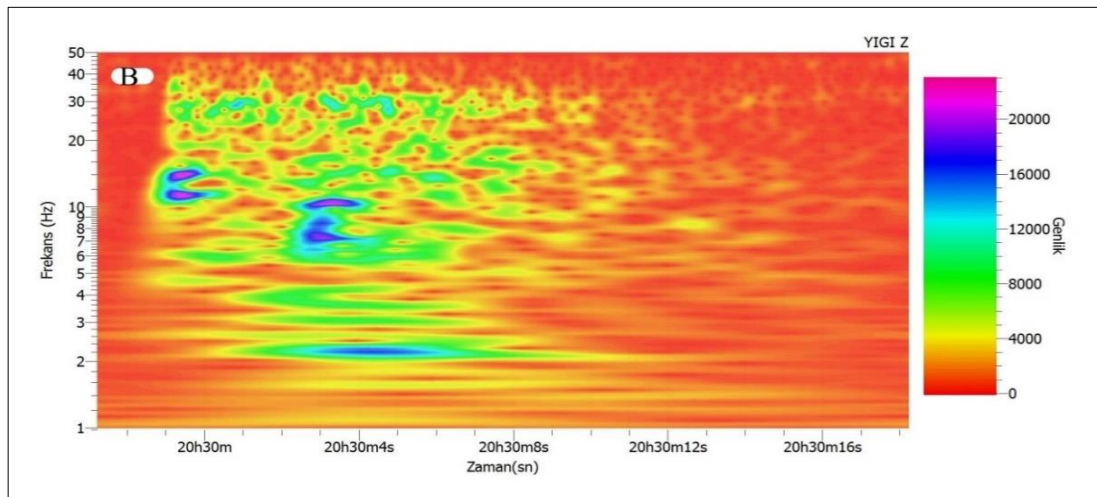
İstasyon	Yöntem	İstatistiksel Yaklaşım	Denklem
YIGI	Genlik Oranı	LAF	$F_{LAF} = (-8,1617) + 0,0311 \times \log A_s + 5,0371 \times A_s/A_p$
		KAF	$F_{KAF} = 64,2928 + [\log A_s \quad A_s/A_p] \times \begin{bmatrix} -39,3457 \\ 10,8393 \end{bmatrix} + \sum \left\{ \left([\log A_s \quad A_s/A_p] \times \begin{bmatrix} 5,3023 & -0,7942 \\ -0,7942 & 0,1532 \end{bmatrix} \right) \times [\log A_s \quad A_s/A_p] \right\}$
	Karmaşıklık	LAF	$F_{LAF} = (-3,6883) + 0,6993 \times S_r + 1,8171 \times C$
		KAF	$F_{KAF} = (-0,5916) + [S_r \quad C] \times \begin{bmatrix} -1,0421 \\ -3,6114 \end{bmatrix} + \sum \left\{ \left([S_r \quad C] \times \begin{bmatrix} 0,2604 & 0,5940 \\ 0,5940 & 2,0665 \end{bmatrix} \right) \times [S_r \quad C] \right\}$

Tablo 4.31. YIGI istasyonu için 69 adet olayın sınıflandırma sonuçları. D: Deprem, P: Patlatma

İstasyon	Kullanılan Ayrımcılık Yöntemi	İstatistiksel Yaklaşım	Toplam Veri				Başarı Yüzdesi (%)		
			D	P	Yanlış Sınıflandırılan D	Yanlış Sınıflandırılan P	D	P	Genel
YIGI	As/Ap – log(As)	LAF	44	25	1	4	97,73	84	92,75
		KAF	44	25	2	4	95,45	84	91,30
	C – Sr	LAF	44	25	11	1	75	96	82,61
		KAF	44	25	11	1	75	96	82,61
	SDD	-	44	25	7	2	84,01	92	86,96



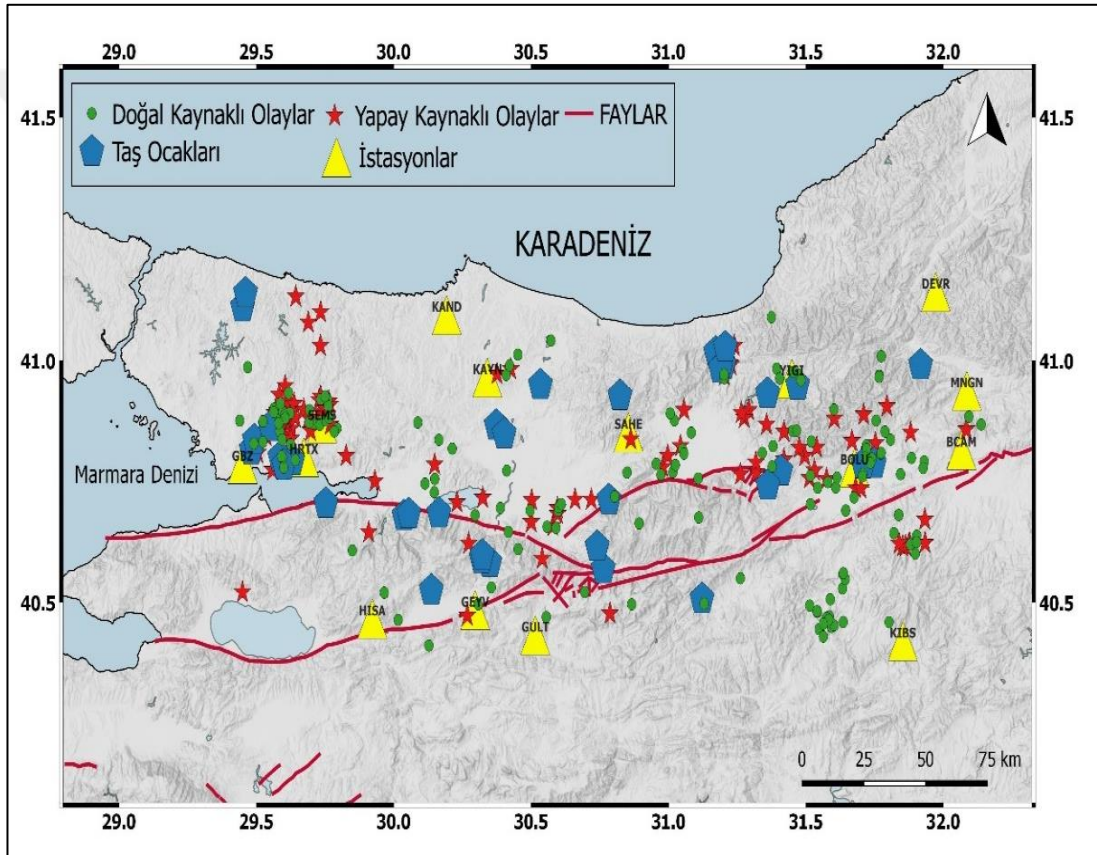
Şekil 4.64. YIGI istasyonuna ait 07.03.2017 tarihli 18:15:08'de gerçekleşen bir patlatma kaydının SDD uygulanmış skalogramı



Şekil 4.65. YIGI istasyonuna ait 09.07.2017 tarihli 20:33:11'de gerçekleşen bir deprem kaydının SDD uygulanmış skalogramı

YİĞİ istasyonundan elde edilmiş olan verilere uygulanmış olduğumuz sürekli dalgacık dönüşümü (SDD) yöntemiyle elde etmiş olduğumuz skalogramlara örnek olarak Şekil 4.64’de 07.03.2017 tarihinde gerçekleşen bir patlatma kaydının SDD uygulanmış skalogramı, Şekil 4.65’de ise 09.07.2017 tarihinde gerçekleşen bir deprem kaydının SDD uygulanmış skalogramı gösterilmektedir.

Doğu Marmara Bölgesi’nde gerçekleşmiş olan sismik olaylara uygulanan ayırt etme yöntemleri sonucu doğal kaynaklı ve yapay kaynaklı olayların ayrışımını gösteren harita Şekil 4.66’da verilmiştir.



Şekil 4.66. Yapay kaynaklı olaylar ve doğal kaynaklı olayların dış merkez dağılımlarını gösteren harita

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı (AFAD) Deprem Dairesi Başkanlığı tarafından ve Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE) Bölgesel Deprem Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi (BDTİM) tarafından kurulmuş ve işletilmekte olan BCAM, BOLU, DEVR, GBZ, GEYV, GULT, HISA, HRTX, KAND, KAYN, KIBS, MNGN, SAHE, SEMS, YIGI istasyonları olan 15 adet istasyona ait veriler kullanılarak Doğu Marmara'da 2017 yılında meydana gelmiş sismik olayların doğal kaynaklı ve yapay kaynaklı olmak üzere birbirinden ayırt edilmesi çalışması yapılmıştır. Çalışmada, çalışma alanının belirlenmesi, verilerin toplanması ve verilerin özelliklerinin belirlenmesi sonrasında, verilere genlik oranı yöntemi, karmaşıklık yöntemi ve sürekli dalgacık dönüşümü yöntemi uygulanarak istasyon bazlı ayırım denklemlerinin elde edilmesi çalışmaları yapılarak, çalışma bölgesinde gerçekleşen 258 olayın kaynak türünün belirlenmesi amaçlanmıştır.

Genlik oranı yöntemi (A_s/A_p) ve karmaşıklık ($C-S_r$) yönteminde ayırma çalışmaları MATLAB programı kullanılmış olup, sürekli dalgacık dönüşümü (SDD) yöntemi ile ayırma çalışmaları Geopsy programı kullanılmıştır. Sonuç olarak elde etmiş olduğumuz doğal kaynaklı ve yapay kaynaklı olmak üzere ayırma çalışmaları ise QGIS programı kullanılarak çizilmiştir.

BCAM istasyonundan elde edilen 65 adet sismik olayın ayırım denklemlerinin elde edilmesi, frekans ortamı ayırım işlemleri ve analiz sonuçları çalışmaları genlik oranı yöntemi kullanılarak lineer ayırma fonksiyonu (LAF) çalışmasında %76,92, karesel ayırma fonksiyonu(KAF) çalışmasında %78,46 genel başarı elde edilmiştir. Aynı istasyon verilerine karmaşıklık yöntemi uygulandığında lineer ayırma fonksiyonu çalışmasında %75,38, karesel ayırma fonksiyonu çalışmasında ise %75,38 genel başarı elde edilmiştir. Bu istasyon verilerine sürekli dalgacık dönüşümü yöntemi uygulandığında ise %84,62 genel başarı elde edilmiştir. Bu istasyon verileri için en başarılı yöntemin %84,62 genel başarı ile sürekli dalgacık dönüşümü yöntemi olduğu belirlenmiştir.

BOLU istasyonundan elde edilen 85 adet sismik olayın ayırım denklemlerinin elde edilmesi, frekans ortamı ayırım işlemleri ve analiz sonuçları çalışmalarında genlik oranı yöntemi kullanılarak lineer ayırmaştırma fonksiyonu (LAF) çalışmasında %87,06, karesel ayırmaştırma fonksiyonu(KAF) çalışmasında %91,76 genel başarı elde edilmiştir. Aynı istasyon verilerine karmaşıklık yöntemi uygulandığında lineer ayırmaştırma fonksiyonu çalışmasında %83,53, karesel ayırmaştırma fonksiyonu çalışmasında ise %85,88 genel başarı elde edilmiştir. Bu istasyon verilerine sürekli dalgacık dönüşümü yöntemi uygulandığında ise %88,24 genel başarı elde edilmiştir. Bu istasyon verileri için en başarılı yöntemin %91,76 genel başarı ile genlik oranı yöntemi karesel ayırmaştırma fonksiyonu olduğu belirlenmiştir.

DEVR istasyonundan elde edilen 24 adet sismik olayın ayırım denklemlerinin elde edilmesi, frekans ortamı ayırım işlemleri ve analiz sonuçları çalışmalarında genlik oranı yöntemi kullanılarak lineer ayırmaştırma fonksiyonu (LAF) çalışmasında %75,00, karesel ayırmaştırma fonksiyonu(KAF) çalışmasında %75,00 genel başarı elde edilmiştir. Aynı istasyon verilerine karmaşıklık yöntemi uygulandığında lineer ayırmaştırma fonksiyonu çalışmasında %79,17, karesel ayırmaştırma fonksiyonu çalışmasında ise %83,33 genel başarı elde edilmiştir. Bu istasyon verilerine sürekli dalgacık dönüşümü yöntemi uygulandığında ise %95,83 genel başarı elde edilmiştir. Bu istasyon verileri için en başarılı yöntemin %95,83 genel başarı ile sürekli dalgacık dönüşümü yöntemi olduğu belirlenmiştir.

GBZ istasyonundan elde edilen 53 adet sismik olayın ayırım denklemlerinin elde edilmesi, frekans ortamı ayırım işlemleri ve analiz sonuçları çalışmalarında genlik oranı yöntemi kullanılarak lineer ayırmaştırma fonksiyonu (LAF) çalışmasında %81,13, karesel ayırmaştırma fonksiyonu(KAF) çalışmasında %83,02 genel başarı elde edilmiştir. Aynı istasyon verilerine karmaşıklık yöntemi uygulandığında lineer ayırmaştırma fonksiyonu çalışmasında %81,13, karesel ayırmaştırma fonksiyonu çalışmasında ise %84,91 genel başarı elde edilmiştir. Bu istasyon verilerine sürekli dalgacık dönüşümü yöntemi uygulandığında ise %77,36 genel başarı elde edilmiştir. Bu istasyon verileri için en başarılı yöntemin %84,91 genel başarı ile karmaşıklık yöntemi karesel ayırmaştırma fonksiyonu olduğu belirlenmiştir.

GEYV istasyonundan elde edilen 36 adet sismik olayın ayırım denklemlerinin elde edilmesi, frekans ortamı ayırım işlemleri ve analiz sonuçları çalışmalarında genlik oranı yöntemi kullanılarak lineer ayırmaştırma fonksiyonu (LAF) çalışmasında %63,89, karesel ayırmaştırma fonksiyonu(KAF) çalışmasında %55,56 genel başarı elde edilmiştir. Aynı istasyon verilerine karmaşıklık yöntemi uygulandığında lineer ayırmaştırma fonksiyonu çalışmasında %61,11, karesel ayırmaştırma fonksiyonu çalışmasında ise %52,78 genel başarı elde edilmiştir. Bu istasyon verilerine sürekli dalgacık dönüşümü yöntemi uygulandığında ise %100 genel başarı elde edilmiştir. Bu istasyon verileri için en başarılı yöntemin %100 genel başarı ile sürekli dalgacık dönüşümü yöntemi olduğu belirlenmiştir.

GULT istasyonundan elde edilen 55 adet sismik olayın ayırım denklemlerinin elde edilmesi, frekans ortamı ayırım işlemleri ve analiz sonuçları çalışmalarında genlik oranı yöntemi kullanılarak lineer ayırmaştırma fonksiyonu (LAF) çalışmasında %83,64, karesel ayırmaştırma fonksiyonu(KAF) çalışmasında %83,64 genel başarı elde edilmiştir. Aynı istasyon verilerine karmaşıklık yöntemi uygulandığında lineer ayırmaştırma fonksiyonu çalışmasında %83,64, karesel ayırmaştırma fonksiyonu çalışmasında ise %83,64 genel başarı elde edilmiştir. Bu istasyon verilerine sürekli dalgacık dönüşümü yöntemi uygulandığında ise %87,27 genel başarı elde edilmiştir. Bu istasyon verileri için en başarılı yöntemin %87,27 genel başarı ile sürekli dalgacık dönüşümü yöntemi olduğu belirlenmiştir.

HISA istasyonundan elde edilen 35 adet sismik olayın ayırım denklemlerinin elde edilmesi, frekans ortamı ayırım işlemleri ve analiz sonuçları çalışmalarında genlik oranı yöntemi kullanılarak lineer ayırmaştırma fonksiyonu (LAF) çalışmasında %85,71, karesel ayırmaştırma fonksiyonu(KAF) çalışmasında %74,29 genel başarı elde edilmiştir. Aynı istasyon verilerine karmaşıklık yöntemi uygulandığında lineer ayırmaştırma fonksiyonu çalışmasında %82,86, karesel ayırmaştırma fonksiyonu çalışmasında ise %80,00 genel başarı elde edilmiştir. Bu istasyon verilerine sürekli dalgacık dönüşümü yöntemi uygulandığında ise %91,43 genel başarı elde edilmiştir. Bu istasyon verileri için en başarılı yöntemin %91,43 genel başarı ile sürekli dalgacık dönüşümü yöntemi olduğu belirlenmiştir.

HRTX istasyonundan elde edilen 73 adet sismik olayın ayırım denklemlerinin elde edilmesi, frekans ortamı ayırım işlemleri ve analiz sonuçları çalışmalarında genlik oranı yöntemi kullanılarak lineer ayırmaştırma fonksiyonu (LAF) çalışmasında %79,45, karesel ayırmaştırma fonksiyonu(KAF) çalışmasında %78,08 genel başarı elde edilmiştir. Aynı istasyon verilerine karmaşıklık yöntemi uygulandığında lineer ayırmaştırma fonksiyonu çalışmasında %84,93, karesel ayırmaştırma fonksiyonu çalışmasında ise %82,19 genel başarı elde edilmiştir. Bu istasyon verilerine sürekli dalgacık dönüşümü yöntemi uygulandığında ise %86,30 genel başarı elde edilmiştir. Bu istasyon verileri için en başarılı yöntemin %86,30 genel başarı ile sürekli dalgacık dönüşümü yöntemi olduğu belirlenmiştir.

KAND istasyonundan elde edilen 16 adet sismik olayın ayırım denklemlerinin elde edilmesi, frekans ortamı ayırım işlemleri ve analiz sonuçları çalışmalarında genlik oranı yöntemi kullanılarak lineer ayırmaştırma fonksiyonu (LAF) çalışmasında %93,75, karesel ayırmaştırma fonksiyonu(KAF) çalışmasında %100 genel başarı elde edilmiştir. Aynı istasyon verilerine karmaşıklık yöntemi uygulandığında lineer ayırmaştırma fonksiyonu çalışmasında %81,25, karesel ayırmaştırma fonksiyonu çalışmasında ise %75,00 genel başarı elde edilmiştir. Bu istasyon verilerine sürekli dalgacık dönüşümü yöntemi uygulandığında ise %100 genel başarı elde edilmiştir. Bu istasyon verileri için en başarılı yöntemin %100 genel başarı ile genlik oranı yöntemi karesel ayırmaştırma fonksiyonu ve sürekli dalgacık dönüşümü yöntemi olduğu belirlenmiştir.

KAYN istasyonundan elde edilen 38 adet sismik olayın ayırım denklemlerinin elde edilmesi, frekans ortamı ayırım işlemleri ve analiz sonuçları çalışmalarında genlik oranı yöntemi kullanılarak lineer ayırmaştırma fonksiyonu (LAF) çalışmasında %86,84, karesel ayırmaştırma fonksiyonu(KAF) çalışmasında %86,84 genel başarı elde edilmiştir. Aynı istasyon verilerine karmaşıklık yöntemi uygulandığında lineer ayırmaştırma fonksiyonu çalışmasında %86,84, karesel ayırmaştırma fonksiyonu çalışmasında ise %86,84 genel başarı elde edilmiştir. Bu istasyon verilerine sürekli dalgacık dönüşümü yöntemi uygulandığında ise %73,68 genel başarı elde edilmiştir. Bu istasyon verileri için en başarılı yöntemin %86,84 genel başarı ile genlik oranı yöntemi ve karmaşıklık yöntemi lineer ayırmaştırma fonksiyonu ve karesel ayırmaştırma fonksiyonlarının başarılı olduğu belirlenmiştir.

KIBS istasyonundan elde edilen 50 adet sismik olayın ayırım denklemlerinin elde edilmesi, frekans ortamı ayırım işlemleri ve analiz sonuçları çalışmalarında genlik oranı yöntemi kullanılarak lineer ayırmaştırma fonksiyonu (LAF) çalışmasında %84,00, karesel ayırmaştırma fonksiyonu(KAF) çalışmasında %86,00 genel başarı elde edilmiştir. Aynı istasyon verilerine karmaşıklık yöntemi uygulandığında lineer ayırmaştırma fonksiyonu çalışmasında %78,00, karesel ayırmaştırma fonksiyonu çalışmasında ise %86,00 genel başarı elde edilmiştir. Bu istasyon verilerine sürekli dalgacık dönüşümü yöntemi uygulandığında ise %90,00 genel başarı elde edilmiştir. Bu istasyon verileri için en başarılı yöntemin %90,00 genel başarı ile sürekli dalgacık dönüşümü yöntemi olduğu belirlenmiştir.

MNGN istasyonundan elde edilen 12 adet sismik olayın ayırım denklemlerinin elde edilmesi, frekans ortamı ayırım işlemleri ve analiz sonuçları çalışmalarında genlik oranı yöntemi kullanılarak lineer ayırmaştırma fonksiyonu (LAF) çalışmasında %100, karesel ayırmaştırma fonksiyonu(KAF) çalışmasında %100 genel başarı elde edilmiştir. Aynı istasyon verilerine karmaşıklık yöntemi uygulandığında lineer ayırmaştırma fonksiyonu çalışmasında %100, karesel ayırmaştırma fonksiyonu çalışmasında ise %100 genel başarı elde edilmiştir. Bu istasyon verilerine sürekli dalgacık dönüşümü yöntemi uygulandığında ise %100 genel başarı elde edilmiştir. Bu istasyon verileri için en başarılı yöntemin %100 genel başarı ile tüm yöntemlerin olduğu belirlenmiştir.

SAHE istasyonundan elde edilen 48 adet sismik olayın ayırım denklemlerinin elde edilmesi, frekans ortamı ayırım işlemleri ve analiz sonuçları çalışmalarında genlik oranı yöntemi kullanılarak lineer ayırmaştırma fonksiyonu (LAF) çalışmasında %83,33, karesel ayırmaştırma fonksiyonu(KAF) çalışmasında %81,25 genel başarı elde edilmiştir. Aynı istasyon verilerine karmaşıklık yöntemi uygulandığında lineer ayırmaştırma fonksiyonu çalışmasında %79,17, karesel ayırmaştırma fonksiyonu çalışmasında ise %83,33 genel başarı elde edilmiştir. Bu istasyon verilerine sürekli dalgacık dönüşümü yöntemi uygulandığında ise %83,33 genel başarı elde edilmiştir. Bu istasyon verileri için en başarılı yöntemin %83,33 genel başarı ile genlik oranı yöntemi lineer ayırmaştırma fonksiyonu, karmaşıklık yöntemi karesel ayırmaştırma fonksiyonu ve sürekli dalgacık dönüşümü yöntemi olduğu belirlenmiştir.

SEMS istasyonundan elde edilen 81 adet sismik olayın ayırım denklemlerinin elde edilmesi, frekans ortamı ayırım işlemleri ve analiz sonuçları çalışmalarında genlik oranı yöntemi kullanılarak lineer ayırmaştırma fonksiyonu (LAF) çalışmasında %86,42, karesel ayırmaştırma fonksiyonu(KAF) çalışmasında %85,19 genel başarı elde edilmiştir. Aynı istasyon verilerine karmaşıklık yöntemi uygulandığında lineer ayırmaştırma fonksiyonu çalışmasında %86,42, karesel ayırmaştırma fonksiyonu çalışmasında ise %79,01 genel başarı elde edilmiştir. Bu istasyon verilerine sürekli dalgacık dönüşümü yöntemi uygulandığında ise %81,48 genel başarı elde edilmiştir. Bu istasyon verileri için en başarılı yöntemin %86,42 genel başarı ile genlik oranı yöntemi lineer ayırmaştırma fonksiyonu ve karmaşıklık yöntemi karesel ayırmaştırma fonksiyonu olduğu belirlenmiştir.

YIGI istasyonundan elde edilen 69 adet sismik olayın ayırım denklemlerinin elde edilmesi, frekans ortamı ayırım işlemleri ve analiz sonuçları çalışmalarında genlik oranı yöntemi kullanılarak lineer ayırmaştırma fonksiyonu (LAF) çalışmasında %92,75, karesel ayırmaştırma fonksiyonu(KAF) çalışmasında %91,30 genel başarı elde edilmiştir. Aynı istasyon verilerine karmaşıklık yöntemi uygulandığında lineer ayırmaştırma fonksiyonu çalışmasında %82,61, karesel ayırmaştırma fonksiyonu çalışmasında ise %82,61 genel başarı elde edilmiştir. Bu istasyon verilerine sürekli dalgacık dönüşümü yöntemi uygulandığında ise %86,96 genel başarı elde edilmiştir. Bu istasyon verileri için en başarılı yöntemin %92,75 genel başarı ile genlik oranı yöntemi lineer ayırmaştırma fonksiyonu olduğu belirlenmiştir.

Çalışma bölgesinde, 15 adet istasyondan elde edilen verilerin ayırım denklemlerinin elde edilmesi, frekans ortamı ayırım işlemleri ve analiz sonuçları çalışmalarında sonuçlar incelendiğinde, genlik oranı yöntemi karmaşıklık yöntemine göre daha başarılı sonuçlar vermiştir. Ayrıca genlik oran yöntemi ve karmaşıklık yönteminde kullanılan LAF ve KAF değerlerinde ise, LAF'ın başarı oranı KAF'a göre daha fazla olduğu sonuçlarda görülmüştür. Bunun yanısıra SDD yöntemi kullanıldığında ise diğer iki yöntem nazaran en başarılı sonuçların elde edildiği başarı yüzdesinden gözlenmiştir. Buna göre yöntemler arasında SDD yöntemi, bu çalışma için en başarılı yöntem olmuştur. Tüm yöntemler bir arada değerlendirildiğinde elde edilen sonuçların daha etkili ve başarılı olduğu gözlenmiştir. Bundan dolayı tüm yöntemler ve istatistiksel analizler bir arada değerlendirilmiştir. Sismik verilere uygulanan

toplam beş ayrı yöntem sonucunda sismik olayın en az üç tanesinin yapay kaynaklı ya da doğal kaynaklı bir olay olarak belirlenmesi ile olayın türü belirlenmiş ve bu işlem sonrasında belirlenen sonuç alınarak haritalama buna göre yapılmıştır. Tüm yöntemler bir arada değerlendirildiğinde 258 adet sismik olayın 154 tanesi deprem, 104 tanesi ise patlatma olarak belirlenmiştir.

Sismik olayların doğal kaynaklı ve yapay kaynaklı olarak ayırt edilmesi çalışmalarında daha fazla yöntemin ardarda uygulanması başarı oranını arttıracakı düşünülmektedir. Verilere uygulanan ayırım yöntemlerinin sayısının fazlalığı veri seçilmesinde ve işlenmesinde yapılan hatalarıda en aza indirecektir. Sismik ağda kaydedilmiş olan sismik olayların kataloglara hatalı olarak geçmesini önlemek için ayırım analizleri yapılarak doğal kaynaklı olaylar ve yapay kaynaklı olaylar mutlaka ayırt edilmelidir.

KAYNAKLAR

Aki K, Chouet B., Origin of Coda Waves: Source, Attenuation and Scattering Effects, *J. Geophys Res.* 1975, **80**, 3322–3342

Alexander S. S., Hsu R., Banmgardt D. R., Identification of Earthquakes and Explosions Using Pattern Recognition Techniques on Frequency-Slowness Seismic Images, *In EOS*, 1992, 73-360.

AllamehZadeh M., Discrimination Analysis of Earthquakes and Man-Made Events Using ARMA Coefficients Determination by Artificial Neural Networks, *Natural Resources Research*, 2011, **20**(4), 367-375.

Allmann B. P., Shearer P. M., Hauksson E., Short Note Spectral Discrimination Between Quarry Blasts and Earthquakes in Southern California, *Bulletin of Seismological of America*, 2008, **98**(4), 2073-2079.

Arai N., Yosida Y., Discrimination by Short-Period Seismograms, *International Institute of Seismology and Earthquake Engineering, Building Research Institute (IISEE)*, Tsukuba, Japan, 2004, p. 10.

Ataeva G., Gitterman Y., Shapira A., The Ratio Between Corner Frequencies of Source Spectre of P and S Waves a New Discriminant Between Earthquakes and Quarry Blasts, *J. Seismol*, 2017, **21**, 209-220.

Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı (AFAD), Açıklamalı Afet Yönetimi Terimler Sözlüğü, 1rd ed., Babakanlık AFAD, Ankara, 2014.

Başer O., Yapay ve Doğal Kaynaklı Sismogramların Ayırt Edilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2009, 259389.

Both M., Short-period Rayleigh Waves From Near-Surface Events, *Phys. Earth Planet. In.*, 1975, **10**, 369–376

Baumgardt D. R., Young G. B., Regional Seismic Waveform Discriminants and Case-Based Event İdentification Using Regional Arrays, *Bulletin of Seismological Society of America*, 1990, **80**(6), 1874-1892.

Bolt B. A., *Nuclear Explosions and Earthquakes*, 2rd ed., W.H. Freeman, San Francico, 1976.

Bolt B. A., *Earthquakes*, 3rd ed., W.H. Freeman, Newyork, 1993.

Boore D. M., The Richter Scale: Its Development and Us Efor Determining Earthquake Source Paramaters, *Tectonophysics*, 1989, **66**, 1-14.

Bowers D., Selby N. D., Forensic Seismology and The Comprehensive Nuclear-Test Ban Treaty, *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 2009, **37**, 209-236.

Budakoglu E., Horasan G., Classification of Seismic Events Using Linear Discriminant Function (LDF) in the Sakarya Region Turkey, *Acta Geophysica*, 2018, **66**, 895-906.

Carder D. S., Gordon D. W., Jordan J. N., Analysis of Surface Foci Travel-Times, *Bull Seism. Soc. Am.*, 1966, **56**(8), 15-840.

Carr D. B., Garbin H. D., Discriminating Ripple-Fired Explosions with High-Frequency (<16 Hz.) Data, *Bulletin of Seismological Society of America*, 1998, **88**(4), 963-972.

Chapman M., Seismological Discrimination of Blasts and Natural Earthquakes, *Workshop on Blasting*, West Virginia, 2008.

Dahlman, O., Israelson, H., Monitoring Underground Nuclear Explosions, *Elsevier*, New York, 1987.

Dahy S. A., Hassib G. H., Spectral Discrimination Between Quarry and Microearthquakes in Southern Egypt, *Research Journal of Earth Sciences*, 2010, **2**(1), 01-07.

Deniz P., Deprem ve Patlatma Verilerinin Birbirinden Ayırt Edilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2010, 259116.

Dikbaş A., Kuzey Anadolu Fay Zonunun İzmit-Gölyaka (Düzce) Arasındaki Segmentlerinin Paleosismolojisi ve Morfolojik Özellikleri, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2009, 252069.

Dobrin M. B., Simon R. F., Lawrance P. L., Rayleigh Waves from Small Explosions Trans of The American Geophys, *Union*, 1951, **32**, 822-832.

Doğan O., Zeminlerde Yer Sarsıntısı Yaratan Yapay Patlatmaların Dinamik Etkileri ve Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2009, 268568.

Dong L., Wesseloo J., Potvin Y., Li X., Discrimination of Mine Seismic Events and Blasts Using the Fisher Classifier, Naive Bayesian Classifier and Logistic Regression, *Rock Mech Rock Eng.*, 2016, **49**, 183-211.

Doyle H. A., Hales, A. L., An Alaysis of the Travvel Times of S Waves to North American Stations, in the Distance Range, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 1967, **57**, 28-82.

Doyle H. A., Seismic Recordings of Atomic Explosions in Australian Situation, *Search*, 1957, **15**, 263-270.

Doyle H., *Sismoloji*, Çeviri, M. Feyza Akkoyunlu. Ankara: TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası: 2013

Dysort P. S., Pulli J. J., Regional Seismic Event Classification at the NORESS Array: Seismological Measurements and the Use of Trained Neural Networks, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 1990, **80**(164), 1910-1933.

Elmas A., Yiğitbaş E., Ophiolite Emplacement by Strike-Slip Tectonics Between The Pontide Zone and the Sakarya Zone in Northwestern Anatolia, *Turkey Int. J. Earth Sci.*, 2001, **90**, 257–269.

Emre Ö., Erkal T., Tchepalyga A., Kazancı N., Keçer, M., Ünay E., Doğu Marmara Bölgesinin Neojen-Kuaternerdeki Evrimi, *MTA Dergisi*, 1998, **120**, 289–314.

Fereidoni A., Atkinson G. M., Discriminating Earthquakes from Quarry Blasts Based on Shake Map Ground-Motion Parameters, *Bulletin of Seismological Society of America*, 2017, **107**(4), 1931-1939.

Fisher R. A., The Use of Multiple Measurements in Taxonomic Problems, *Ann Eugen*, 1936, **7**, 179–183.

Gitterman Y., Pinsky V., Shapira A., Spectral Classification Methods in Monitoring Small Local Events by the Israel Seismic Network, *Journal of Seismology*, 1998, **2**, 237-256.

Gitterman Y, Shapira A., Spectral Discrimination of Underwater Explosions, *Isr. J. Earth Sci.*, 1993, **42**, 37–44.

Gutenberg B., Amplitudes of Surface Waves and Magnitudes of Shallow Earthquakes, *BSSA.*, 1945, **35**, 3-12.

Gutenberg B., Amplitudes of P, PP, and S and Magnitudes of Shallow Earthquakes. *BSSA.*, 1945, **35**, 57-69

Gutenberg B., The Energy of Earthquakes, *Quart. J. Geol. Soc.London*, 1956, 112-114.

Hagan T.N., Rock Breakage by Explosives, *Int. Proceedings of The National Symposium on Rock Fragmentation, Adelaide*, 1973, 1-17

Hartse H. E., Phillips W. S., Fehler M. C., House L. S., Single-Station Spectral Discrimination Using Coda Waves, *Bulletin of Seismological Society of America*, 1995, **85**(5), 1464-1474.

Horasan G., Güney A. B., Küsmezer A., Bekler F., Ögütçü Z., Musaoğlu N., Contamination of Seismicity Catalogs by Quarry Blasts: An Example From İstanbul and Its Vicinity, Northwestern Turkey, *Journal of Asian Earth Sciences*, 2009, **34**, 90-99.

Kafka A. L., Rg as a Depth Discriminant for Earthquakes and Explosions: A Case Study in New England, *Bulletin of Seismological Society of America*, 1990, **80**(2), 373-394.

Kahriman, A., Patlatma Mühendisliği Ders Notları, İ.Ü. Müh. Fak. Maden Mühendisliği Bölümü, 2003, İstanbul

Kanamori H., The Energy Release in Great Earthquakes, *Journal of Geophysical Research*, 1977, **82**, 2981-2987.

Kanamori H., Magnitude Scale and The Quantification of Earthquakes. *Tectonophysics*, 1983, **93**, 185-199.

Kartal Ö. F., Trabzon ve Civarındaki Deprem ve Patlatma Verilerinin Birbirinden Ayırt Edilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2010, 274735.

Kekeç B., Patlatma Kaynaklı Titreşimlerin, Bazı Kaya Madde ve Kütle Özelliklerine Göre İrdelenmesi, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2010, 283492.

Kekovalı K., Kalafat D., Deniz P., Spectral Discrimination Between Mining Blast and Natural Earthquakes: Application to The Vicinity of Tunçbilek Mining Area, Western Turkey, *International Journal of The Physical Sciences*, 2012, **35**(7), 5339-5352.

Khandelwal M., Singh T. N., Prediction of Blast Induced Ground Vibrations and Frequency in Opencast Mine: A Neural Network Approach, *Journal of Sound and Vibration*, 2006, **289**, 711-725.

Kim S. G., Park Y., Kim W., Discrimination of Small Earthquakes and Artificial Explosions in The Korean Peninsula Using Pg/Lg Ratios, *Geophysical Journal International*, 1998, **134**(1), 267-276.

Kim W. Y., Aharanion V., Lerner A. L., Richards P. G., Discrimination of Earthquakes and Explosions in Southern Russia Using Regional High-Frequency Three-Component Data From The IRIS/JSP Caucasus Network, *Bulletin of Seismological Society of America*, 1997, **87**(3), 569-588.

Kiszely M., Annual, Monthly, Weekly and Diurnal Distribution of Carpathian (1964-2004) and M>7 Earthquakes Worldwide (1900-2004) and Seeking for The Effect of The Moon, *Acta Geod. Geoph. Hung.*, 2005, **40**(3-4), 473-554.

Kohonen T., The Self-Organizing Map, *Proceeding of the IEEE*, 1990, **78**(9), 1464-1480.

Kurtuluş C., *Sismik Araştırmalar Teori ve Uygulama*, 3rd ed., İzmit, Kocaeli, 2010

Kuyuk H. S., Yıldırım E., Doğan E., Horasan G., An Unsupervised Learning Algorithm: Application to the Discrimination of Seismic Events and Quarry Blasts in the Vicinity of İstanbul, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 2011, **11**, 93-100.

Love A. E. H., Some Problems of Geodynamics, *Bull. Amer. Math. Soc.*, 1914, **8**, 432-434.

McKenzie D., Active Tectonics of the Mediterranean Region, *Geophys. J. R. Astr. Soc.*, 1972, **30**, 109-185.

Mousavi S. M. ,Comment on Recent Developments of The Middle East Catalog by Zare et al., *J Seismol*, 2017, **21**(1), 257–268

Mousavi S. M., Langston C. A., Automatic Noise Removal/Signal-Removal Based on General Cross-Validation Thresholding in Synchrosqueezed Domain and Itsapplication on Earthquake Data, *Geophysics*, 2017, **82**(4), 211–227.

Okay A. L., Geology of Turkey: A synopsis, *Anschnitt*, 2008, **21**, 19-42.

Okay A. L., Tectonic Units and Sutures in The Pontides, Northern Turkey, *Tectonic Evolution of The Tethyan Region (Ed: A.M.C. Şengör) Dordrecht / Boston / London. Kluwer Academic Publishers*, 1989, 109-116.

Okay A.L., Görür N., Batı Karadeniz ve Trakya Havzaları'nın Kökenleri Arasında Zaman ve Mekan İlişkisi, *Sym. Geol. Thrace Basin*, Ankara, 1995, 9-11.

O'Rourke C. T., Baker G. E., A Spectrogram-Based Method of Rg Detection for Explosion Monitoring, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 2017, **107**(1), 34–42.

Öcal(Akkoyunlu) M. F., Nükleer Patlatmalar ve Depremlerin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2000, 95749.

Özmen M.T., *Deprem ve Antalya'nın Depremselliği*, 1., TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Antalya Şubesi, Antalya, 2007.

Rayleigh L., Strutt, J.W., On Waves Propagated Along the Plane Surface of an Elastic Solid, *Proc. London Math. Soc.*, 1885, **17**, 4-11.

Richards P. G., Zavales, J., Seismic Discrimination of Nuclear Explosions, *Ann. Rev. Earth and Planet. Sci.*, 1990.

Richter C. F., An Instrumental Earthquake Scale, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 1935, **25**, 1-32

Ringdal F., Teleseismic Event Detection Using the Noress Array With Special Reference to Low-Yield Semipalatinsk Explosions, *Bulletin of Seismological Society of America*, 1990, **80**(6), 2127-2142.

Ringdal F., Seismological Verification of Comprehensive Test Ban Treaty, *Paper Presented in Workshop on Seismological Verification of a Comprehensive Test Ban Treaty*, Oslo, Norway, June 4-7, 1985.

Roueff A., Chanussat J., Mars J. I., Nguyen M., Unsupervised Separation of Seismic Waves Using The Watershed Algorithm on Time-Scale Images, *Geophysical Prospecting*, 2004, **52**, 287-300.

Saad O. M., Shalaby A., Sayed M. S., Automic Discrimination of Earthquakes and Quarry Blasts Using Wavelet Filter Bank and Support Vector Machine, *J. Seismol*, 2019, **23**, 357-371.

Scheimer J. F., Borg I. Y., Deep Seismic Sounding With Nuclear Explosives in The Soviet Union, *Science*, 1984.

Shang X., Li X., Morales-Esteban A., Chen G., Improving Microseismic Event and Quarry Blast Classification Using Artificial Neural Networks Based on Principal Component Analysis, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 2017, **99**, 142-149.

Shearer P. M., Allmann B. P., Spectral Studies of Shallow Earthquakes and Explosions in Southern California, *Proceedings of The 29th Monitoring Research Review: Ground-Based Nuclear Explosion Monitoring Technologies*, California, 2007, 656-662

Stump, B. W., Nuclear Explosions Seismology: Verification Source Theory Wave Propagation and Politics. *Rev. Geophys. Suppl. US National Rep. To IUGG*, 1991, pp734-741.

Su F., Aki K., Biswas N. N., Discriminating Quarry Blasts From Earthquakes Using Coda Waves, *Bulletin of Seismological of America*, 1991, **81**(1), 162-178.

Skyles L. R., Underground Nuclear Tests: Verifying Limits on Underground Testing, Yield Estimates and Public Policy, *Rev. Geophys.*, 1987, **25**, 1209-1214.

Şengör A. M. C., Yılmaz Y., Tethyan Evolution of Turkey: A Plate Tectonic Approach, *Tectonophysics*, 1981, **75**, 181–241.

Şahin Ş., Türkelli N., Teoman U. M., Şekercioğlu E., Patlatma Kaynaklı Yer Sarsıntılarının Deprem Verilerinden Ayrılması, *1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, Ankara, Türkiye, 11-14 Ekim 2011.

Tibi R., Koper K. D., Pankoq K. L., Young C. J., Depth Discrimination Using Rg to Sg Spectral Amplitude Ratios for Seismic Events in Utah Recorded at Local Distances, *Bulletin of Seismological Society of America*, 2018, **108**(3A), 1355-1368.

Türe H. C., Sualtı Patlatmalarından Kaynaklı Titreşimlerin Derinliğe Bağlı Değişkenliğinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Okan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2015, 413489.

Tüysüz O., Aksay A., Yiğitbaş E., Batı Karadeniz Bölgesi Litostratigrafi Birimleri, Stratigrafi Komitesi, Litostratigrafi Birimleri Serisi-1, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, 2004, Ankara, 92 s.

URL-1: <http://jeofizikmuhendisleri.com>, (Ziyaret tarihi: 08 Nisan 2018).

URL-2: [http://ibb.gov.tr/tr-TR/subsites/Deprem Site](http://ibb.gov.tr/tr-TR/subsites/Deprem%20Site), (Ziyaret tarihi: 12 Nisan 2018).

Yavuz E., Sertçelik F., Livaoğlu H., Woith H., Lühr B. G., Discrimination of Quarry Blasts from Tectonic Events in the Armutlu Peninsula, Turkey, *J. Seismol*, 2019, **23**(1), 59-76

Yılmaz Ş., Bayrak Y., Çınar H., Discrimination of Earthquake and Quarry Blasts in The Eastern Black Sea Region of Turkey, *J. Seismol*, 2013, **17**, 721-734.

Yılmaz Y, Tüysüz, O., Yiğitbaş, E., Genç, Ş. C., Şengör, A. M. C., Geology and Tectonic Evolution of The Pontides. In: Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region (ed. AG Robinson), *Assoc.Pet. Geol. Mem.*, 1997, **68**, 183–266.

Yılmaz Y., Gözübol A. M., Tüysüz, O., 1982. Geology of an Area in and Around The Northern Anatolian Transform Fault Zone Between Bolu and Akyazi. In: *Multidisciplinary Approach to Earthquake Prediction* (eds. Işıkara, A. M., and Vogel, A.), Wiesbaden, Federal Republic of Germany, F. Vieweg, p. 45-65.

Yılmaz Y., Tüysüz O., Gözübol A. M., Yiğitbaş, E., Abant (Bolu) - Dokurcun (Sakarya) Arasında Kuzey Anadolu Fay Zonunun Kuzey ve Güneyinde Kalan Tektonik Birliklerin Jeolojik Evrimi, *Istanbul Üniversitesi Yerbilimleri Dergisi*, 1981, **2**, 239-261.

Yiğitbaş E., Elmas A., Yılmaz Y., Pre-Cenozoic Tectono-Stratigraphic Components of the Western Pontides and Their Geological Evolution, *Geol. Journ.*, 1999, **34**, 55-74.

Wielandt E., *Seismic Sensors and Their Calibration*, Editör: Bormann P., *New Manuel of Seismological Observatory Practice-NMSOP-2*, 1., GFZ German Research Centre for Geoscience, Postam, 221-266, 2012.

Wiemer S., Baer M., Short Notes Mapping and Removing Quarry Blast Events From Seismicity Catalogs, *Bulletin of Seismological of America*, 2000, **90**(2), 525-530.

Woods B. B., Helmberger D. V., A New Seismic Discriminant for Earthquakes and Explosions, *EOS, Trans. Am. Geophys. Un.*, 1993, **74**(8), 91.

Wüster J., Discrimination of Chemical Explosions and Earthquakes in Central Europe-A Case Study, *Bulletin of Seismological of America*, 1993, **183**(4), 1184-1212.

Wyss M., Hanks T., Comparison of P-wave Spectra of Underground Explosions and Earthquakes, *J. Geoph. Res.*, 1971, **76**, 2716–2729.



EK- A

Tablo A.1. Çalışılan sismik olayların farklı yöntemlerle sınıflandırılması sonuçları

SIRA NO	SİSMİK OLAYIN OLUŞ ZAMANI (GMT)		SİSMİK OLAY KOORDİNATLARI		MANUEL	AYRIM YÖNTEMLERİ				SDD	SONUÇ
						As/Ap-log(As)		C-Sr			
			İSTATİSTİKSEL YAKLAŞIMLAR								
			LAF	KAF		LAF	KAF				
1	2.01.2017	11:41:01	40,7996	31,8841	D	P	P	D	D	D	D
2	3.01.2017	13:18:28	40,6763	31,1096	D	D	D	D	D	D	D
3	3.01.2017	00:54:51	40,7576	31,5125	P	P	P	P	P	P	P
4	4.01.2017	18:26:18	40,766	31,8441	D	D	D	D	D	D	D
5	5.01.2017	05:20:27	40,7701	31,0156	D	D	D	P	P	D	D
6	6.01.2017	16:57:47	40,7818	31,3763	D	D	D	D	D	D	D
7	9.01.2017	11:20:20	40,7118	30,5018	P	P	P	P	P	P	P
8	12.01.2017	14:24:31	40,6958	30,3878	D	D	D	D	D	P	D
9	17.01.2017	06:05:59	40,889	31,71	P	P	P	P	P	P	P
10	17.01.2017	07:26:16	40,8158	29,4867	P	P	P	P	P	P	P
11	18.01.2017	02:37:06	40,4768	30,7868	P	P	P	P	P	P	P
12	18.01.2017	02:23:57	40,6907	30,4958	D	D	D	D	D	D	D
13	19.01.2017	14:05:33	40,9841	31,3935	D	D	D	D	P	D	D
14	19.01.2017	14:10:12	40,987	29,4682	D	D	D	D	P	D	D
15	21.01.2017	08:52:43	40,9698	31,7668	D	D	D	D	D	P	D
16	21.01.2017	07:57:22	40,967	31,7656	D	D	D	D	D	D	D
17	21.01.2017	10:16:08	40,7955	29,6415	D	P	P	D	D	D	D
18	23.01.2017	23:00:11	40,7806	30,979	P	D	D	P	P	P	P
19	23.01.2017	11:14:55	40,8292	29,4902	D	D	D	D	D	D	D
20	24.01.2017	14:43:18	40,8098	29,5048	D	P	P	P	P	D	P
21	25.01.2017	14:59:41	41,09	31,3743	D	D	P	D	D	D	D
22	26.01.2017	10:53:51	40,9728	30,3755	P	P	P	P	P	P	P
23	26.01.2017	07:29:43	40,8803	29,5462	P	P	P	P	P	D	P
24	29.01.2017	12:05:28	40,8338	31,519	D	D	D	P	P	D	D
25	1.02.2017	11:39:58	40,6587	30,5783	P	P	P	P	P	P	P
26	2.02.2017	09:41:53	40,4697	30,5545	D	P	P	D	D	D	D
27	3.02.2017	05:28:51	40,7875	30,9548	D	D	D	D	D	P	D
28	4.02.2017	13:19:18	40,8705	29,7082	D	D	D	D	D	D	D
29	5.02.2017	21:53:04	40,8038	31,4953	P	P	P	P	P	D	P
30	9.02.2017	17:58:36	40,7733	30,411	D	D	D	D	D	D	D
31	9.02.2017	16:33:22	40,5908	30,5398	P	P	P	P	P	P	P
32	10.02.2017	17:07:40	40,8923	29,622	D	P	P	D	D	D	D
33	14.02.2017	05:18:55	40,7385	31,6081	D	D	D	D	D	D	D
34	17.02.2017	22:30:33	40,824	31,0431	P	P	P	P	P	P	P
35	18.02.2017	10:55:40	40,6458	29,9086	P	P	P	P	P	P	P
36	18.02.2017	13:02:26	41,042	30,5718	D	D	D	D	D	P	D
37	20.02.2017	05:48:14	40,7135	30,6596	P	P	P	P	P	P	P

Tablo A.1. (Devamı) Çalışılan sismik olayların farklı yöntemlerle sınıflandırılması sonuçları

SIRA NO	SİSMİK OLAYIN OLUŞ ZAMANI (GMT)		SİSMİK OLAY KOORDİNATLARI		MANUEL	AYRIM YÖNTEMLERİ				SDD	SONUÇ
						As/Ap-log(As)		C-Sr			
			ENLEM	BOYLAM		İSTATİSTİKSEL YAKLAŞIMLAR					
						LAF	KAF	LAF	KAF		
38	23.02.2017	09:39:49	40,8987	29,6933	D	D	D	D	D	D	D
39	25.02.2017	09:02:41	40,8028	31,7263	D	D	D	D	D	D	D
40	26.02.2017	22:15:23	40,881	31,603	P	P	P	P	P	P	P
41	28.02.2017	17:30:56	41,0095	31,774	D	D	D	P	D	D	D
42	28.02.2017	10:19:48	40,8773	31,0208	D	D	D	D	D	D	D
43	2.03.2017	21:03:06	40,6572	30,5575	D	D	D	D	D	D	D
44	4.03.2017	09:11:27	40,6546	30,5901	D	D	D	D	D	D	D
45	4.03.2017	00:33:06	40,8535	31,4201	P	P	P	P	P	D	P
46	5.03.2017	06:01:22	40,7075	30,2297	P	P	P	D	P	P	P
47	7.03.2017	18:15:08	40,8211	31,5388	P	P	P	P	P	P	P
48	7.03.2017	11:08:31	40,919	29,728	P	P	P	P	P	P	P
49	11.03.2017	12:23:21	40,8293	31,7526	P	P	P	P	P	P	P
50	13.03.2017	05:01:47	40,7738	31,5306	P	P	P	P	P	P	P
51	14.03.2017	02:28:26	40,765	30,9716	D	D	D	D	D	D	D
52	20.03.2017	14:44:23	40,7743	29,5588	P	P	P	P	P	P	P
53	21.03.2017	15:37:06	40,8746	29,7333	D	D	D	D	D	D	D
54	25.03.2017	14:02:29	40,8708	29,5893	D	P	P	D	P	P	P
55	26.03.2017	10:44:28	40,9143	29,6098	D	P	P	D	P	D	P
56	28.03.2017	07:53:34	40,7796	29,5996	D	D	D	D	D	D	D
57	28.03.2017	06:38:21	40,7747	29,5933	P	P	P	P	P	P	P
58	29.03.2017	10:31:34	40,798	31,7401	P	D	D	D	P	D	D
59	29.03.2017	11:00:26	40,8837	29,5892	D	D	D	D	D	D	D
60	30.03.2017	15:04:36	41,0155	31,2001	P	P	P	P	P	P	P
61	30.03.2017	10:51:36	40,8426	29,6061	P	P	P	P	P	P	P
62	31.03.2017	12:29:49	40,9481	29,6045	D	P	P	P	P	D	P
63	2.04.2017	09:08:27	40,9151	29,7586	P	P	P	P	P	P	P
64	4.04.2017	12:18:12	40,5205	29,9651	D	D	D	D	D	D	D
65	4.04.2017	12:40:18	40,9008	29,582	P	P	P	P	P	P	P
66	5.04.2017	14:16:48	40,8932	29,6013	D	P	P	D	P	D	P
67	7.04.2017	14:00:54	40,7591	31,6128	P	D	D	P	D	D	D
68	8.04.2017	09:39:39	40,8555	29,6968	P	P	P	P	P	P	P
69	8.04.2017	09:12:09	40,8678	29,7305	D	D	D	D	D	D	D
70	10.04.2017	14:17:56	40,8553	31,4511	D	D	D	P	P	D	D
71	10.04.2017	23:54:14	40,6223	30,2723	P	P	P	D	D	P	P
72	10.04.2017	16:28:16	40,8918	29,5673	D	P	P	D	P	D	P
73	11.04.2017	15:02:30	40,9296	29,5828	D	P	P	D	P	D	P
74	11.04.2017	14:18:36	40,8981	31,2915	P	P	P	P	P	P	P
75	11.04.2017	14:04:23	40,9161	29,7636	P	P	P	P	P	P	P

Tablo A.1. (Devamı) Çalışılan sismik olayların farklı yöntemlerle sınıflandırılması sonuçları

SIRA NO	SİSMİK OLAYIN OLUŞ ZAMANI (GMT)		SİSMİK OLAY KOORDİNATLARI		MANUEL	AYRIM YÖNTEMLERİ				SDD	SONUÇ
						As/AP-log(As)		C-Sr			
			ENLEM	BOYLAM		İSTATİSTİKSEL YAKLAŞIMLAR					
						LAF	KAF	LAF	KAF		
76	12.04.2017	15:06:02	40,9163	29,6066	P	P	P	P	P	D	P
77	13.04.2017	18:50:09	40,8205	31,4756	P	P	P	P	P	P	P
78	13.04.2017	13:45:03	40,8731	29,6223	D	P	P	P	P	D	P
79	13.04.2017	15:45:04	40,895	29,7313	P	P	P	P	P	P	P
80	14.04.2017	10:20:05	41,1322	29,6432	P	P	P	P	P	P	P
81	17.04.2017	19:44:38	40,8345	31,6671	D	P	D	P	P	D	P
82	18.04.2017	15:31:06	40,8543	29,5848	D	D	D	D	D	D	D
83	18.04.2017	11:24:25	40,895	29,5955	D	P	P	D	D	D	D
84	20.04.2017	09:17:20	40,86	29,626	P	P	P	P	P	D	P
85	20.04.2017	10:55:24	40,9828	30,4253	P	P	P	P	P	P	P
86	20.04.2017	09:31:51	40,9015	29,564	D	P	P	D	D	D	D
87	22.04.2017	14:59:31	40,8388	29,6251	P	P	P	P	P	D	P
88	22.04.2017	13:33:02	40,8826	29,6896	P	P	P	P	P	D	P
89	22.04.2017	12:51:05	40,9111	29,6368	P	P	P	P	P	D	P
90	22.04.2017	09:31:22	40,97	31,203	P	P	P	P	P	P	P
91	24.04.2017	13:43:37	40,9123	29,587	D	D	D	D	D	D	D
92	25.04.2017	15:13:39	40,8801	29,602	D	D	D	D	D	D	D
93	25.04.2017	09:06:40	40,8608	29,7933	D	D	D	D	D	D	D
94	26.04.2017	17:14:33	40,7038	31,516	D	D	D	D	D	D	D
95	26.04.2017	15:09:56	40,8868	29,6018	D	D	D	D	D	D	D
96	27.04.2017	15:37:33	40,8561	31,4663	D	D	D	P	P	D	D
97	28.04.2017	09:29:09	40,883	29,6026	P	P	P	P	P	D	P
98	29.04.2017	15:16:30	40,8818	29,6041	P	P	P	D	D	D	D
99	29.04.2017	09:19:19	40,883	29,6415	P	P	P	P	P	D	P
100	29.04.2017	11:53:39	40,8275	29,625	D	D	D	D	D	D	D
101	1.05.2017	13:23:56	40,8766	29,6013	P	P	P	P	P	P	P
102	2.05.2017	12:33:49	40,8767	29,4393	D	D	D	D	D	D	D
103	3.05.2017	15:25:54	40,8378	29,5936	D	D	D	D	D	D	D
104	3.05.2017	13:10:16	40,804	30,9971	P	P	P	P	P	P	P
105	3.05.2017	11:18:15	40,7851	31,0245	D	D	D	D	D	P	D
106	3.05.2017	11:04:48	40,4806	31,5403	D	D	P	D	D	D	D
107	3.05.2017	09:31:46	40,8855	29,5891	P	P	P	P	P	P	P
108	3.05.2017	01:41:37	40,6955	30,5955	P	P	P	P	P	P	P
109	4.05.2017	09:45:06	40,8988	29,6723	P	P	P	P	P	P	P
110	5.05.2017	10:00:23	40,8725	29,692	D	P	P	D	D	D	D
111	5.05.2017	09:34:35	40,8715	29,5816	D	D	D	D	D	D	D
112	5.05.2017	16:20:51	40,8038	29,8263	P	P	P	P	P	D	P
113	5.05.2017	15:19:18	41,079	29,6888	P	P	P	P	P	P	P

Tablo A.1. (Devamı) Çalışılan sismik olayların farklı yöntemlerle sınıflandırılması sonuçları

SIRA NO	SİSMİK OLAYIN OLUŞ ZAMANI (GMT)		SİSMİK OLAY KOORDİNATLARI		MANUEL	AYRIM YÖNTEMLERİ				SDD	SONUÇ
						As/Ap-log(As)		C-Sr			
			İSTATİSTİKSEL YAKLAŞIMLAR								
			LAF	KAF		LAF	KAF				
114	5.05.2017	09:34:34	40,8945	29,5627	D	D	D	D	D	D	D
115	7.05.2017	02:02:39	40,6993	30,6006	D	D	D	D	D	D	D
116	7.05.2017	02:01:28	40,6906	30,5978	D	D	D	D	D	D	D
117	8.05.2017	23:49:31	40,6975	30,6003	D	D	D	D	D	D	D
118	10.05.2017	08:58:56	40,8636	29,5878	D	P	P	D	D	P	P
119	10.05.2017	08:41:36	40,4716	31,5846	D	D	D	D	D	D	D
120	11.05.2017	19:02:39	40,7561	31,5748	P	P	P	P	P	P	P
121	11.05.2017	09:41:08	40,6108	30,4523	D	P	P	D	D	D	D
122	12.05.2017	15:38:48	40,8683	29,7688	P	P	P	P	P	P	P
123	18.05.2017	09:38:29	40,4935	31,5136	D	D	D	D	D	D	D
124	18.05.2017	09:35:25	40,5503	31,2613	D	D	D	D	D	D	D
125	20.05.2017	09:41:02	40,5213	29,4491	D	D	P	P	P	D	P
126	22.05.2017	12:42:17	40,8823	31,275	P	P	P	P	P	D	P
127	22.05.2017	13:34:13	40,9265	29,7333	P	P	P	P	P	P	P
128	22.05.2017	11:22:46	41,013	30,4513	D	D	D	D	D	D	D
129	24.05.2017	18:49:46	40,7923	31,9301	D	D	D	P	D	D	D
130	24.05.2017	18:43:16	40,8168	31,0503	D	D	D	D	D	D	D
131	26.05.2017	14:49:38	40,9641	31,2025	D	D	D	P	P	D	D
132	29.05.2017	09:30:33	40,8763	29,7538	D	D	P	D	D	D	D
133	31.05.2017	12:16:43	40,4637	30,0158	D	D	D	D	P	D	D
134	2.06.2017	11:02:39	40,964	31,4043	D	D	P	D	P	D	D
135	6.06.2017	10:10:32	40,9716	31,472	D	D	D	D	P	D	D
136	11.06.2017	16:14:07	40,763	31,516	D	D	D	D	D	D	D
137	13.06.2017	14:48:58	41,1002	29,7335	P	P	P	P	P	P	P
138	15.06.2017	10:25:58	40,8542	31,7872	D	D	D	P	P	D	D
139	17.06.2017	14:58:00	41,017	31,225	P	P	P	P	P	D	P
140	19.06.2017	08:31:36	40,7512	29,9313	P	P	P	P	P	P	P
141	20.06.2017	09:53:14	40,6642	30,8927	D	P	P	D	D	D	D
142	21.06.2017	11:36:29	40,799	31,7021	P	P	P	P	P	D	P
143	29.06.2017	16:09:30	40,9721	31,2015	D	D	P	D	D	D	D
144	1.07.2017	10:19:42	40,971	30,4088	D	D	D	D	D	D	D
145	3.07.2017	05:35:37	40,6815	31,8373	D	D	D	D	D	D	D
146	5.07.2017	17:53:47	40,8688	32,1375	D	D	D	D	D	D	D
147	7.07.2017	09:23:31	40,9908	30,421	P	P	P	D	D	D	D
148	9.07.2017	20:33:11	40,7493	31,5796	D	D	D	D	D	D	D
149	9.07.2017	20:19:33	40,738	31,5425	D	D	D	D	D	D	D
150	15.07.2017	15:59:27	40,9876	31,2026	P	P	P	P	P	P	P
151	16.07.2017	21:44:29	40,7562	30,149	D	D	D	D	P	D	D

Tablo A.1. (Devamı) Çalışılan sismik olayların farklı yöntemlerle sınıflandırılması sonuçları

SIRA NO	SİSMİK OLAYIN OLUŞ ZAMANI (GMT)		SİSMİK OLAY KOORDİNATLARI		MANUEL	AYRIM YÖNTEMLERİ				SDD	SONUÇ
						As/Ap-log(As)		C-Sr			
			ENLEM	BOYLAM		İSTATİSTİKSEL YAKLAŞIMLAR					
						LAF	KAF	LAF	KAF		
152	19.07.2017	12:19:15	40,7666	31,7071	D	D	D	D	D	D	D
153	19.07.2017	10:46:21	40,4978	31,1295	D	D	D	D	D	D	D
154	22.07.2017	10:24:34	40,885	32,0928	D	D	D	D	D	D	D
155	28.07.2017	15:55:55	41,0308	31,2391	P	P	P	P	P	P	P
156	4.08.2017	11:41:52	40,529	31,6328	D	D	D	D	D	D	D
157	4.08.2017	11:38:21	40,559	31,6343	D	D	D	D	D	D	D
158	12.08.2017	15:31:25	41,031	29,7328	P	P	P	P	P	P	P
159	15.08.2017	11:38:50	40,466	31,5785	D	D	D	D	D	D	D
160	16.08.2017	11:07:28	40,8255	31,7195	D	D	D	D	D	D	D
161	18.08.2017	15:17:20	40,8085	31,772	D	D	D	P	P	D	D
162	18.08.2017	09:47:53	40,482	31,5403	D	D	D	P	P	D	D
163	22.08.2017	02:23:23	40,8768	31,7553	D	D	D	P	D	D	D
164	22.08.2017	00:37:57	40,6835	30,5958	P	P	P	P	P	P	P
165	23.08.2017	12:07:02	40,4491	31,5935	D	D	D	P	P	D	D
166	24.08.2017	16:07:49	40,7956	31,4198	P	P	P	P	P	P	P
167	27.08.2017	18:33:57	40,7693	31,3198	P	P	P	P	P	P	P
168	28.08.2017	12:42:10	40,8916	31,006	D	D	D	D	D	D	D
169	29.08.2017	09:36:27	40,7133	30,7185	P	P	P	P	P	D	P
170	2.09.2017	03:24:00	40,7196	30,8036	D	D	P	D	P	D	D
171	5.09.2017	09:39:46	40,6467	30,4167	D	D	D	D	D	P	D
172	6.09.2017	15:15:02	40,8001	29,5955	D	D	D	D	D	P	D
173	6.09.2017	11:42:34	40,7177	31,6752	D	D	D	D	D	D	D
174	8.09.2017	14:40:20	40,8685	31,3565	P	D	D	P	P	P	P
175	9.09.2017	10:58:52	40,833	29,5235	D	D	D	D	D	D	D
176	9.09.2017	09:31:47	40,875	29,5241	D	D	D	D	D	P	D
177	12.09.2017	09:30:10	40,4963	30,8657	D	D	D	D	D	D	D
178	13.09.2017	10:43:58	40,6013	31,8976	D	D	D	D	D	D	D
179	15.09.2017	10:02:34	40,7858	30,1486	P	P	P	P	P	P	P
180	16.09.2017	19:18:51	40,6811	30,2956	D	D	D	D	D	D	D
181	16.09.2017	12:05:39	40,5486	31,6431	D	D	D	D	D	D	D
182	16.09.2017	11:17:15	40,4528	31,602	D	D	D	D	D	D	D
183	16.09.2017	10:48:41	40,6225	31,8843	D	D	D	D	D	P	D
184	16.09.2017	09:55:12	40,9598	31,4818	P	P	D	D	D	P	D
185	16.09.2017	19:18:52	40,717	30,3235	P	P	P	D	P	P	P
186	18.09.2017	09:07:21	40,8033	29,5915	D	D	D	D	D	P	D
187	21.09.2017	11:32:34	40,9338	29,6163	D	D	P	D	D	D	D
188	24.09.2017	15:37:09	40,845	29,5353	D	P	P	P	P	D	P
189	26.09.2017	10:30:53	40,468	31,5735	D	D	D	D	D	D	D

Tablo A.1. (Devamı) Çalışılan sismik olayların farklı yöntemlerle sınıflandırılması sonuçları

SIRA NO	SİSMİK OLAYIN OLUŞ ZAMANI (GMT)		SİSMİK OLAY KOORDİNATLARI		MANUEL	AYRIM YÖNTEMLERİ				SDD	SONUÇ
						As/Ap-log(As)		C-Sr			
						İSTATİSTİKSEL YAKLAŞIMLAR					
						LAF	KAF	LAF	KAF		
190	28.09.2017	12:32:49	40,7615	31,705	D	D	D	D	D	D	D
191	30.09.2017	11:34:34	40,5611	31,6356	D	D	D	D	D	D	D
192	30.09.2017	00:29:57	40,824	31,3796	D	D	D	D	D	D	D
193	2.10.2017	11:24:29	40,7465	30,1135	D	D	P	D	D	D	D
194	6.10.2017	09:22:38	40,818	31,72	D	D	D	D	D	D	D
195	13.10.2017	23:42:25	40,522	30,6946	D	D	D	D	D	D	D
196	13.10.2017	05:13:03	40,9063	31,7941	P	D	P	P	P	P	P
197	13.10.2017	15:03:58	40,8543	29,7832	D	D	D	D	D	D	D
198	14.10.2017	15:04:55	40,8823	29,764	D	P	D	D	D	D	D
199	18.10.2017	08:33:25	40,5068	31,5883	D	D	D	D	D	D	D
200	19.10.2017	14:21:38	40,9191	29,76	D	D	D	D	D	D	D
201	19.10.2017	10:48:27	40,9948	31,2236	P	P	P	P	P	P	P
202	20.10.2017	10:03:04	40,7865	29,603	P	P	P	D	P	P	P
203	21.10.2017	03:26:26	40,8523	31,8805	P	P	P	P	P	P	P
204	23.10.2017	21:37:06	40,79	31,3175	P	D	P	P	P	P	P
205	25.10.2017	12:58:30	40,4725	30,2673	P	P	P	P	P	P	P
206	25.10.2017	08:58:36	40,6233	31,9333	P	P	P	D	P	D	P
207	26.10.2017	13:21:48	40,4446	31,5481	D	P	P	D	D	D	D
208	28.10.2017	10:02:20	40,6218	31,8771	P	P	P	D	P	D	P
209	29.10.2017	11:37:15	40,7786	31,9263	D	D	D	D	D	D	D
210	31.10.2017	14:45:37	40,921	29,734	D	D	D	D	P	D	D
211	1.11.2017	16:18:56	40,837	30,1641	D	P	P	D	D	D	D
212	1.11.2017	16:18:27	40,8188	30,2126	D	P	P	D	D	D	D
213	1.11.2017	07:52:27	40,6173	31,862	D	P	D	P	P	D	P
214	3.11.2017	12:19:06	40,4596	31,6355	D	D	D	D	D	D	D
215	3.11.2017	07:03:47	40,8996	31,6021	D	D	D	D	D	D	D
216	4.11.2017	07:02:02	40,8518	31,0825	D	D	D	D	D	D	D
217	8.11.2017	12:59:09	40,4641	31,5826	D	D	D	P	P	D	D
218	8.11.2017	02:21:08	40,8085	31,0557	D	D	D	P	D	D	D
219	8.11.2017	00:14:59	40,7288	30,1468	D	D	D	D	D	D	D
220	11.11.2017	23:14:10	40,8101	31,7735	D	D	D	D	D	D	D
221	11.11.2017	10:30:34	40,6438	31,8201	D	P	D	D	D	D	D
222	11.11.2017	09:36:50	40,9773	31,4535	D	D	D	P	P	D	D
223	13.11.2017	09:24:00	40,8373	31,8078	D	D	D	D	D	D	D
224	14.11.2017	14:56:19	40,8926	31,2646	P	P	P	P	P	P	P
225	14.11.2017	07:42:40	40,4293	31,563	D	D	D	D	D	D	D
226	15.11.2017	08:55:00	40,6213	31,8745	P	P	P	P	P	P	P
227	18.11.2017	11:12:05	40,8005	31,7153	D	D	P	D	D	D	D

Tablo A.1. (Devamı) Çalışılan sismik olayların farklı yöntemlerle sınıflandırılması sonuçları

SIRA NO	SİSMİK OLAYIN OLUŞ ZAMANI (GMT)		SİSMİK OLAY KOORDİNATLARI		MANUEL	AYRIM YÖNTEMLERİ				SDD	SONUÇ
						As/As-log(As)		C-Sr			
			ENLEM	BOYLAM		İSTATİSTİKSEL YAKLAŞIMLAR					
						LAF	KAF	LAF	KAF		
228	18.11.2017	11:11:27	40,7896	31,734	D	D	D	D	D	D	D
229	18.11.2017	08:58:57	40,456	31,5633	D	D	D	D	D	D	D
230	20.11.2017	07:35:26	40,5315	30,355	D	D	D	D	D	D	D
231	21.11.2017	21:54:09	40,7695	30,8486	D	D	D	D	D	D	D
232	24.11.2017	00:25:18	40,7041	30,609	D	D	D	P	P	D	D
233	25.11.2017	09:26:21	40,909	29,7676	P	P	P	P	P	P	P
234	25.11.2017	08:26:47	40,7373	31,6806	P	P	P	P	P	D	P
235	25.11.2017	09:00:45	40,4593	31,8022	D	D	D	D	D	D	D
236	25.11.2017	09:43:30	40,9068	29,761	D	D	D	D	D	D	D
237	26.11.2017	06:10:07	40,4961	30,3068	D	D	D	D	D	D	D
238	28.11.2017	23:12:47	40,7363	31,7001	P	P	P	P	P	D	P
239	29.11.2017	08:59:00	40,6718	31,9325	P	P	P	P	P	P	P
240	30.11.2017	00:37:37	40,6908	31,6445	D	D	D	D	D	P	D
241	2.12.2017	10:22:07	40,6163	31,8515	P	P	P	P	P	P	P
242	2.12.2017	10:08:29	40,4106	30,1278	D	D	D	D	P	D	D
243	3.12.2017	15:44:26	40,7655	31,2615	P	P	P	P	P	P	P
244	4.12.2017	08:22:37	40,8728	30,0871	D	D	D	D	D	D	D
245	6.12.2017	11:08:43	40,6386	31,9031	D	D	D	P	P	D	D
246	7.12.2017	07:38:17	40,7573	31,1076	D	D	D	P	P	D	D
247	7.12.2017	06:07:26	40,901	29,7525	P	P	P	P	P	D	P
248	11.12.2017	14:58:54	40,9915	31,2268	P	P	P	P	P	P	P
249	14.12.2017	09:35:08	40,6223	31,8386	D	P	P	P	P	D	P
250	16.12.2017	18:07:01	40,8381	30,8623	P	P	P	D	P	P	P
251	17.12.2017	08:56:59	40,6203	31,8798	D	D	P	D	D	D	D
252	19.12.2017	10:49:28	40,6081	29,8488	D	P	D	D	P	D	D
253	21.12.2017	14:44:09	40,927	29,7495	D	D	D	D	D	D	D
254	23.12.2017	19:37:15	40,6665	30,5	P	P	P	P	P	P	P
255	23.12.2017	07:07:50	40,81	31,341	D	D	P	P	D	D	D
256	26.12.2017	14:18:20	40,858	32,0836	P	P	P	P	P	P	P
257	27.12.2017	14:38:53	40,8983	31,056	P	P	P	P	P	P	P
258	28.12.2017	09:09:28	40,6253	31,902	D	D	D	D	D	D	D

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

Sertçelik F., Livaoğlu H., Morgil E., **Birdem M.**, Yavuz E., Őentürk E., The Temporal Variation of Coda-Wave Attenuation in Ayvacık, Çanakkale,Turkey, *ICOCEE-Cappodocia*, Nevsehir, May 8-10.



ÖZGEÇMİŞ

1987 yılında Kocaeli'nin İzmit ilçesinde doğdu. İlköğretimi ve lise eğitimini Kocaeli Gölcük ilçesinde tamamladı. 2009 yılında Kocaeli Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği'nde lisans eğitimine başlayıp 2013 yılında Kocaeli Üniversitesi'nden mezun oldu. 2007 yılında Kocaeli Büyükşehir Belediyesi'nde işe başladı. Kocaeli Büyükşehir Belediyesi'nin farklı birimlerinde görev yapmış olup, 2015 yılı itibariyle Zemin ve Deprem İnceleme Şube Müdürlüğü Sismolojik İzleme ve Deprem Eğitim Merkezi'nde görevini sürdürmektedir.

