

Türkiye’de Gerçekleştirilen Jeotermal Enerji Projelerinin Temiz Enerji Bağlamında Değerlendirilmesi: Balçova Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemi-İzmir ve Kızıldere Jeotermal Santrali-Denizli

Proje No: 104M301

Doç.Dr. Gül den GÖKÇEN
Doç.Dr. Aysun Çakan SOFUOĞLU
Doç.Dr. Ali Fazıl YENİDÜNYA
Yard.Doç.Dr. İhsan YAŞA
Prof.Dr. Ahmet E. EROĞLU
Doç.Dr. Semahat ÖZDEMİR
Yard.Doç.Dr. Şebnem ELÇİ

HAZİRAN 2008
ANKARA

Önsöz

Bu proje, ülkemizdeki jeotermal uygulamaların olumlu ve olumsuz çevresel etkilerinin ortaya konması için jeotermal enerjinin iki farklı uygulama alanı olan elektrik üretimi ve bölgesel ısıtma sistemlerine ait birer uygulamanın incelenmesini amaçlamıştır. Bu amaçla, elektrik üretimi için mevcut ilk ve tek konvansiyonel jeotermal santral olan Kızıldere Jeotermal Santrali-Denizli, elektrik dışı kullanım için ise Türkiye'nin en büyük jeotermal bölgesel ısıtma sistemi olan Balçova Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemi-İzmir seçilmiştir. Jeotermal uygulamaların çevresel etkileri; fiziksel, kimyasal, biyolojik ve sosyo-ekonomik etkiler adı altında dört başlıkta incelenmiştir. Bu etkiler ile kimyasal etkilere bağlı olan yüzey sularındaki kirlilik yayılımının modellenmesi için her iki Sahada örnek ve veri toplama çalışmaları yapılmış; toplanan su, hava ve toprak örnekleri İYTE ve Ege Üniversitesi Laboratuvarlarında analiz edilmiş ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Otuzaltı ay süren proje; TÜBİTAK, İYTE (İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü), Balçova Jeotermal Ltd. Şti. (şimdiki adıyla İzmir Jeotermal A.Ş.) ve EÜAŞ Kızıldere Jeotermal Santrali tarafından desteklenmiştir.

İçindekiler

Konu	Sayfa No
Önsöz	i
İçindekiler	ii
Şekil Listesi	v
Tablo Listesi	ix
Özet	1
Abstract	1
1. GİRİŞ	2
Kaynaklar	4
2. JEOTERMAL UYGULAMALARIN ÇEVRESEL ETKİLERİ	5
2.1. Jeotermal Uygulamaların Fiziksel Etkileri	5
2.1.1. Sondaj Etkileri	5
2.1.2. Boru Hattı Etkileri	5
2.1.3. Santral İşletmesi	6
2.1.3.1. Alan ihtiyacı	6
2.1.3.2. Isıl kirlilik	6
2.1.3.3. Yüzey çökmesi	6
2.1.3.4. Mikro depremler	7
2.1.3.5. Gürültü	7
2.1.3.6. Doğal oluşumlar	7
2.1.3.7. Katı atıklar	7
2.2. Jeotermal Uygulamaların Kimyasal Etkileri	7
2.2.1. Hava Ortamına Olan Etkiler	8
2.2.2. Su Ortamına Olan Etkiler	9
2.2.3. Toprak Ortamına Olan Etkiler	10
2.3. Jeotermal Uygulamaların Biyolojik Etkileri	10
2.4. Jeotermal Uygulamaların Sosyo-Ekonomik Etkileri	12
Kaynaklar	13
3. ÇALIŞMA ALANLARI	15
3.1. Elektrik Üretimi Sırasında Oluşan Çevresel Etkiler: Kızıldere Jeotermal Sahası ve Santrali-Denizli	15
3.2. Elektrik Dışı Kullanım Uygulamaları Sırasında Oluşan Çevresel Etkiler: Balçova Jeotermal Sahası ve Bölgesel Isıtma Sistemi-İzmir	23
Kaynaklar	32
4. FİZİKSEL ÇEVREYE OLAN ETKİLER	33
4.1. Gürültü Ölçümleri	33
4.1.1. Kızıldere Jeotermal Sahası Gürültü Ölçümleri	33
4.1.2. Balçova Jeotermal Sahası Gürültü Ölçümleri	36
4.1.2.1. Isı merkezi gürültü ölçümleri	36
4.1.2.2. Sondaj sırasında gürültü ölçümleri	37
4.2. Katı Atıklar	38
4.3. Sonuçlar	39
Kaynaklar	40
5. KİMYASAL ÇEVREYE OLAN ETKİLER	41
5.1. Giriş	41
5.2. Materyal ve Metod	41
5.2.1. Hava Örneklemeleri	41
5.2.2. Su Örneklemeleri	42
5.2.3. Toprak Örneklemeleri	44
5.3. Kızıldere Jeotermal Sahası ve Santrali Kimyasal Etkileri	44

5.3.1. Hava Ortamına Olan Etkiler	44
5.3.1.1. İnorganik elementler ve metallerin biyo-izleme ile belirlenmesi.....	44
5.3.1.2. Pasif örnekleme ile amonyak (NH ₃) ve hidrojen sülfür (H ₂ S) konsantrasyonlarının belirlenmesi	48
5.3.1.3. Civa konsantrasyonlarının belirlenmesi.....	49
5.3.2. Su Ortamına Olan Etkiler	50
5.3.3. Toprak Ortamına Olan Etkiler	63
5.4. Balçova Jeotermal Sahası ve Bölgesel Isıtma Sistemi Kimyasal Etkileri	71
Kaynaklar.....	76
6. BİYOLOJİK ÇEVREYE OLAN ETKİLER.....	78
6.1. Giriş	78
6.2. Literatür Özeti	78
6.2.1. Biyolojik Çeşitlilik: Sınıflandırmanın Gerekliliği.....	78
6.2.2. Prokaryotik Çeşitlilik	78
6.2.3. Termofilik Prokaryotlar	79
6.2.4. Termofilik Prokaryotların Biyoteknolojik Uygulamaları	80
6.3. Materyal ve Metod	80
6.3.1. Örneklerin Toplanması.....	80
6.3.2. DNA İzolasyonu	81
6.3.3. Agaroz Jel Elektroforezi	82
6.3.4. PCR.....	82
6.3.5. Klonlama	83
6.3.6. Dizi Analizi.....	84
6.4. Tartışma ve Sonuçlar.....	84
6.4.1. Balçova Jeotermal Sahası	84
6.4.2. Kızıldere Jeotermal Sahası	85
Kaynaklar.....	92
7. SOSYO-EKONOMİK ÇEVREYE OLAN ETKİLER	94
7.1. Giriş	94
7.2. Literatür Çalışması.....	94
7.3. Sosyo-Ekonomik Parametreler	95
7.4. Yöntem	96
7.4.1. Resmi Kurumlardan Bilgi Toplama.....	96
7.4.2. Anket Formları.....	96
7.5. Analiz.....	98
7.5.1. Kızıldere Jeotermal Sahası ve Santral Sosyo-Ekonomik Etki Analizi	98
7.5.1.1. Genel	98
7.5.1.2. Anket çalışmaları	99
7.5.2. Balçova Jeotermal Sahası ve Bölgesel Isıtma Sistemi Sosyo-Ekonomik Analizi	104
7.5.2.1. Genel	105
7.5.2.2. Anket çalışmaları	109
7.5.2.3. Arazi kullanımı	112
7.6. Sonuçlar.....	128
Kaynaklar.....	132
8. BÜYÜK MENDERES NEHİRİNDE KIZILDERE JEOTERMAL SANTRALİNİN SU KALİTESİNE ETKİLERİNİN NÜMERİK MODELLEME YOLUYLA ARAŞTIRILMASI	134
8.1. Giriş	134
8.2. Materyal ve Metod	134
8.2.1. Çalışma Alanı	134
8.2.1.1. Büyük Menderes Havzası genel bilgileri.....	134
8.2.1.2. Nehir geometrisi	136
8.3. Nümerik Model (WASP 7.2).....	139
8.3.1. Genel Özellikler	139
8.4. Verilerin Hazırlanması	141

8.4.1. Akım Verileri	141
8.4.2. Meteorolojik Veriler	142
8.4.3. Su Kalitesi Parametreleri.....	143
8.5. Modelin Doğrulanması.....	144
8.6. Santralin Nehir Su Kalitesine Etkilerinin Araştırılması	145
Kaynaklar.....	152
9. ÇEVRESEL ETKİ DEĞERLENDİRME	153
9.1. Giriş	153
9.2. ÇED'in Dünyada Kullanımı	153
9.2.1. ABD.....	154
9.2.2. İzlanda.....	157
9.3. ÇED'in Türkiye'de Kullanımı	158
9.3.1. Çevresel Etki Değerlendirme (ÇED) Prosedürü.....	158
9.3.2. Stratejik Çevresel Değerlendirme (SÇD) Prosedürü	163
9.4. Jeotermal Kaynakların Mevzuattaki Yeri	163
9.5. Sonuçlar ve Öneriler	167
Kaynaklar.....	171
10. SONUÇLAR	173
11. TARTIŞMA VE ÖNERİLER	181
Kaynaklar.....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
TEŞEKKÜR.....	183
TÜBİTAK PROJE ÖZET BİLGİ FORMU	184

Şekil Listesi

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1. Çeşitli güç üretim teknolojilerinin alan gereksinimleri (Rybach, 2005).	6
Şekil 2.2. Bir su baskın jeotermal sahada, buhar çevrimli bir jeotermal santralden.....	8
yapılan atımların ve ana kimyasal kirleticilerin özeti (Brown, 1995).	8
Şekil 3.1. Kızıldere Jeotermal Sahası.....	15
Şekil 3.2. Kızıldere Jeotermal Sahası yer bulduru haritası (Şimşek ve diğ., 2000).	16
Şekil 3.3. Kızıldere Jeotermal Santrali, genel görünüm.....	17
Şekil 3.4. Kızıldere Jeotermal Santrali, genel görünüm.....	17
Şekil 3.5. Kızıldere Jeotermal Sahası kuyu yerleşimleri (KD6, KD13, KD14, KD15, KD16, KD20, DK21, KD22).	18
Şekil 3.6. Kızıldere Jeotermal Santrali yerleşimi (T: Türbin binası; SK: Soğutma kulesi; IB: İdari bina; TB: Teknik bina; M: Misafirhane).....	19
Şekil 3.7. Kızıldere Jeotermal Santrali akış şeması (Yıldırım ve Gökçen, 2004).	19
Şekil 3.8. KD13 kuyusu (kuyubaşı ve seperatör).	20
Şekil 3.9. Susturucu ve savağı.	20
Şekil 3.10. Atık su kanalı.	20
Şekil 3.11. Türbin-jeneratör ünitesi.	21
Şekil 3.12. Kompresör.	21
Şekil 3.13. Soğutma kulesi.	21
Şekil 3.14. Balçova Jeotermal Sahası yer bulduru haritası (Şimşek, 2005).	24
Şekil 3.15. Balçova Jeotermal Sahası, genel görünüm.	25
Şekil 3.16. Balçova Jeotermal Sahası kuyu yerleşimleri (Şimşek, 2005).	27
Şekil 3.17. Balçova Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemi akış şeması (Büyükbay, 2005).....	30
Şekil 3.18. BJBIS 2000-2005 yılları arası gelişimi (Aksoy, 2005).	30
Şekil 3.19. Yıllık üretim, re-enjeksiyon ve net üretim (Aksoy, 2005).	31
Şekil 4.1. Kuyubaşı gürültü ölçümü.	33
Şekil 4.2. Temizlik sonrası üretime açılan KD6 kuyusu gürültü ölçümü.	35
Şekil 4.3. BD11 kuyusu gürültü ölçümü.	37
Şekil 4.4. BD11 kuyusu sondajı.	37
Şekil 4.5. BD11 kuyusu sondajı, çamur havuzu.	39
Şekil 5.1. Pasif örnekleme noktalarından görüntüler. a) KD6 kuyusu yakını (CKD6) b) KD7 kuyu yakını (CKD7).	42
Şekil 5.2. Kızıldere Jeotermal Sahası pasif örnekleme noktaları yerleşimi (CKD6, CKD7)...	43
Şekil 5.3. Çam örneklerinin flor ve klor konsantrasyonlarının noktasal değişimi.	46
Şekil 5.4. Çam örneklerinde nitrat, fosfat ve sülfat konsantrasyonunun noktasal değişimi. ..	46
Şekil 5.5. Hidrojen sülfür (H ₂ S) konsantrasyonu değişimi.....	48
Şekil 5.6. Amonyak (NH ₃) konsantrasyonu değişimi.....	48
Şekil 5.7. Tüm örnekleme noktaları.	52
Şekil 5.8. Büyük Menderes Nehri üzerindeki su örnekleme noktaları.....	53
Şekil 5.9. Büyük Menderes Nehri su örnekleme noktaları ve kimyasal analiz sonuçları.	54
Şekil 5.10. Nehir örnekleri bor (B) konsantrasyonları.	55
Şekil 5.11. Nehir örnekleri arsenik (As) konsantrasyonları.	55
Şekil 5.12. Nehir örnekleri alüminyum (Al) konsantrasyonları.	55
Şekil 5.13. Nehir örnekleri kobalt (Co) konsantrasyonları.....	56
Şekil 5.14. Nehir örnekleri kadmiyum (Cd) konsantrasyonları.	56
Şekil 5.15. Büyük Menderes Nehri (Menderes Tekstil noktasından)'nde oluşan adacıklar. ..	58
Şekil 5.16. Nehir'de balık ölümleri.	58
Şekil 5.17. Nehir örnekleri örnekleme sıcaklıkları.....	59
Şekil 5.18. Nehir örnekleri pH değerleri.	60
Şekil 5.19. Nehir örnekleri elektriksel iletkenlik (EC) değerleri.	60

Şekil 5.20. Nehir örnekleri toplam çözünmüş katı madde (TDS) değerleri.....	61
Şekil 5.21. Nehir örnekleri klor (Cl) konsantrasyonları.....	61
Şekil 5.22. Nehir örnekleri sülfat (SO_4^{-2}) konsantrasyonları.....	62
Şekil 5.23. Nehir örnekleri bikarbonat (HCO_3) konsantrasyonları.....	62
Şekil 5.24. Büyük Menderes Nehri üzerindeki toprak örnekleri ve kimyasal analiz sonuçları.	66
Şekil 5.25. Toprak örnekleri bakır (Cu) konsantrasyonları.....	67
Şekil 5.26. Toprak örnekleri çinko (Zn) konsantrasyonları.....	67
Şekil 5.27. Toprak örnekleri kurşun (Pb) konsantrasyonları.....	67
Şekil 5.28. Toprak örnekleri kadmiyum (Cd) konsantrasyonları.....	68
Şekil 5.29. Toprak örnekleri krom (Cr) konsantrasyonları.....	68
Şekil 5.30. Toprak örnekleri nikel (Ni) konsantrasyonları.....	68
Şekil 5.31. Toprak örnekleri stronsiyum (Sr) konsantrasyonları.....	69
Şekil 5.32. Toprak örnekleri demir (Fe) konsantrasyonları.....	69
Şekil 5.33. Toprak örnekleri alüminyum (Al) konsantrasyonları.....	69
Şekil 5.34. Toprak örnekleri mangan (Mn) konsantrasyonları.....	70
Şekil 5.35. Toprak örnekleri bor (B) konsantrasyonları.....	70
Şekil 5.36. Balçova Jeotermal Sahası, kuyu örnekleme noktaları (Aksoy, 2008).....	72
Şekil 5.37. Balçova Jeotermal Sahası, diğer örnekleme noktaları.....	72
Şekil 5.38. Balçova örnekleri bor (B) konsantrasyonları.....	73
Şekil 5.39. Balçova örnekleri arsenik (As) konsantrasyonları.....	73
Şekil 5.40. Balçova örnekleri pH değerleri.....	74
Şekil 5.41. Nehir örnekleri klor (Cl) konsantrasyonları.....	75
Şekil 5.42. Nehir örnekleri sülfat (SO_4^{-2}) konsantrasyonları.....	75
Şekil 6.1. Allen ortamında 50°C'de kültürü yapılan Schizothrix sp. cinsi siyanobakterinin mikroskopik görüntüsü.....	85
Şekil 6.2. Kızıldere Jeotermal Sahası doğal buhar çıkış alanı (fumeroller) (Örnek no. 1).	86
Şekil 6.3. Kızıldere Jeotermal Sahası atık su kanalında sarı floklar. Mikrobiyal biyomasın akan sıcak su içerisindeki bitkisel materyale tutunması sonucu oluşan cıvık yapı örneklerde görülmüştür(Örnek no. 6, 59.8°C).....	87
Şekil 6.4. Kızıldere Jeotermal Sahası atık su kanalında koyu yeşil renkli biyomas (Örnek no.3, 67.5°C).....	87
Şekil 6.5. Kızıldere Jeotermal Sahası, kuyu çıkışının kanala döküldüğü nokta (Örnek no.8, 72°C).....	88
Şekil 6.6. KD13 kuyusu savağı. Kuyu kenarında suyun aktığı yükseklikten itibaren oluşan farklı renklemeler; mikrobiyal büyüme ve biyomas (Örnek no.8, 93°C).....	88
Şekil 6.7. Örneklerden izole edilen DNA'ların agaroz jel elektroforezindeki resmi (%0.8 agaroz, 80V, 1 saat). Tablo 6.2'deki örnek numaraları ile resimdeki bant numaraları aynıdır.....	89
Şekil 6.8. 3,5, 6 ve 8 no'lu örneklerdeki PCR ürünlerinin %1'lik agaroz jel elektroforezindeki resmi (80 V 1saat).....	89
Şekil 7.1. Kızıldere Jeotermal Sahası ve çevresi jeotermal enerjiden yararlanan birimler. .	100
Şekil 7.2. Kızıldere Köyü'nden görünümeler.....	100
Şekil 7.3. Karataş Köyü'nden görünümeler.....	101
Şekil 7.4. Kızıldere Jeotermal Sahası ve çevresinde bulunan işletmelerden görünümeler. ..	101
Şekil 7.5. Kızıldere Jeotermal Sahası ve çevresinde bulunan Özel ve İl Özel İdare seralarından görünümeler.....	102
Şekil 7.6. Kızıldere Jeotermal Sahası çevresinde bulunan termal tesislerden bir görüntü (Umut Termal Resort Otel).....	104
Şekil 7.7. Balçova İlçesi çalışma alanı mahalle nüfusları (Balçova Sağlık Grup Başk., 2007).	104
Şekil 7.8. Balçova ilçesi çalışma alanı mahalle konut sayıları (Balçova Sağlık Grup Başk., 2007).....	105
Şekil 7.9. Balçova İlçesi arazi kullanım planı.....	106

Şekil 7.10. Balçova Jeotermal Sahası koruma kuşakları (Yılmaz, 1984).	108
Şekil 7.11. Balçova Jeotermal Sahası'nda bulunan seralardan bir görüntü.	110
Şekil 7.12. Balçova bölgesinde bulunan Balçova Termal Otel, Balçova Prenses Otel ve Crowne Plaza otellerinin görünüşleri.	111
Şekil 7.13. Balçova Jeotermal Sahası çalışma alanını oluşturan mahalleler.....	114
Şekil 7.14. Balçova Jeotermal Sahası, manzara yönünden avantajlı bölgeler.	115
Şekil 7.15. Çalışma alanında Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemi gelişimi.	116
Şekil 7.16. Çalışma alanı, ana arterler.....	117
Şekil 7.17. Çalışma alanı, siteler.	118
Şekil 7.18. Çalışma alanı, kat yüksekliklerine dayalı yapı yoğunlukları.	119
Şekil 7.19. Balçova ada-kat yüksekliği oranı.	121
Şekil 7.20. Balçova birim daire sayısı oranı.....	122
Şekil 7.21. Balçova arsa değerleri.	123
Şekil 7.22. Balçova bina değerleri.	125
Şekil 7.23. Balçova mevcut konut-konut eşdeğeri oranı.....	126
Şekil 7.24. Balçova mülkiyet dokusu.	127
Şekil 7.25. Balçova konut/ofis oranı ilişkisi.	129
Şekil 8.1. Çalışma alanı.	135
Şekil 8.2. Nehir üzerinde seçilen model alanı ve modellenen nehir kolları.....	137
Şekil 8.3. WASP model kutuları ve model ağı (Ambrose ve diğ., 1993).....	141
Şekil 8.4. Meteoroloji istasyonlarının model sınırlarına olan mesafeleri.	143
Şekil 8.5. Hava sıcaklığına bağlı su sıcaklığı değerleri.....	144
Şekil 8.6. 7-26 ve 7-115 numaralı akarsu gözlem istasyonlarında ölçülen akım değerleri ile modellenmiş değerlerin karşılaştırılması.	146
Şekil 8.7. 7-59, 7-81 ve 7-12 numaralı akarsu gözlem istasyonlarında ölçülen akım değerleri ile modellenmiş değerlerin karşılaştırılması.	147
Şekil 8.8. 7-12 numaralı akarsu gözlem istasyonunda aylık ölçülen sıcaklık değerleri ile modellenmiş günlük değerlerin karşılaştırılması.	148
Şekil 8.9. Santralin mansabında yer alan 12 nolu nehir bölümünde Santral olma ve olmama durumunda modellenen bor konsantrasyonlarının karşılaştırılması.....	148
Şekil 8.10. Santralin mansabında yer alan 12 nolu nehir bölümünde modellenen akım değerleri.	149
Şekil 8.11. Santralin mansabında yer alan 12 nolu nehir bölümünde santral olma ve olmama durumunda modellenen arsenik konsantrasyonlarının karşılaştırılması.	149
Şekil 8.12. Santralin mansabında yer alan 12 nolu nehir bölümünde santral olma ve olmama durumunda modellenen lityum konsantrasyonlarının karşılaştırılması.	150
Şekil 8.13. Santralin mansabında yer alan 12 nolu nehir bölümünde santral olma ve olmama durumunda modellenen antimon konsantrasyonlarının karşılaştırılması.	150
Şekil 8.14. Santralin mansabında yer alan 12 nolu nehir bölümünde santral olma ve olmama durumunda modellenen çözünmüş oksijen konsantrasyonlarının karşılaştırılması.	151
Şekil 8.15. Santralin mansabında yer alan 12 nolu nehir bölümünde santral olma ve olmama durumunda modellenen tuzluluk konsantrasyonlarının karşılaştırılması.....	151
Şekil 8.16. Santralin mansabında yer alan 12 nolu nehir bölümünde santral olma ve olmama durumunda modellenen NH ₃ konsantrasyonlarının karşılaştırılması.	152
Şekil 9.1. Dünya'da ÇED uygulayan ülkelerden bazıları ve uygulamaya başlangıç yılları (Baba, 2003).	154
Şekil 9.2. NEPA ÇED Prosesi (Gökçen, 2001; Baba, 2003).	156
Şekil 9.3. İzlanda'da uygulanan ÇED için ek yönetmelik prosedürü (Baba, 2003).	157
Şekil 9.4. İzlanda'da uygulanan ÇED prosedürü (Baba, 2003).	158
Şekil 9.5. ÇED prosesi iş akım şeması (Pınarlı ve Salihoğlu, 2007; Baba, 2003).	160
Şekil 9.6. ÇED prosedürü. (Pınarlı ve Salıoğlu, 2007, Baba, 2003).	161
Şekil 9.7. ÇED prosedürü (Pınarlı ve Salihoğlu, 2007).....	162
Şekil 9.8. Stratejik Çevresel Değerlendirme (SÇD) prosedürü (Türkiye Çevre Durumu Raporu, 2008).	164

Şekil 9.9. Jeotermal enerji sistemleri için önerilen ÇED Raporu içeriği (Baba, 2003). 171
Şekil 2. Jeotermal enerji sistemleri için önerilen ÇED Raporu içeriği [10].**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

Tablo Listesi

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1. Sıcaklığa ve buhar içeriğine bağlı çevresel etki seviyeleri (Tokgöz Güneş, 2008). 2	
Tablo 2.1. Çeşitli güç üretim teknolojilerinin atık ısı miktarları (Brown, 2000). 7	7
Tablo 2.2. Bazı jeotermal sahalardaki atık jeotermal akışkanın kimyasal bileşenleri (ppm) (Brown, 2000; Badruk, 2003). 10	10
Tablo 2.3. Jeotermal uygulamaların çevresel etkileri (Tokgöz Güneş, 2008). 14	14
Tablo 3.1. Kızıldere Jeotermal Sahası karakteristikleri (MTA, 1996; MTA, 2008). 22	22
Tablo 3.2. Kızıldere Jeotermal Sahası üretim kuyuları bilgileri (Dünya, 2008). 22	22
Tablo 3.3. Kızıldere Jeotermal Sahası atık suyu kimyasal analizi (Şimşek ve diğ., 2000). ... 22	22
Tablo 3.4. Kızıldere Jeotermal Sahası'nda bazı üretim ve gözlem kuyularının gaz analizi ... 23	23
Tablo 3.5. Balçova Jeotermal Sahası kuyuları (Aksoy, 2005). 26	26
Tablo 4.1. Kızıldere Jeotermal Sahası ve Santral güürültü ölçüm değerleri. 34	34
Tablo 4.2. Güürültü seviyesine bağlı maruz kalma süreleri (Güürültü Kontrol Yönetm., 2003). 34	34
Tablo 4.3. Ölçüm noktaları ve güürültü seviyeleri (Çakın, 2003). 36	36
Tablo 4.4. Kızıldere jeotermal sahasında kuyularda yapılan kabuk analizlerinin ağırlık olarak % bileşenleri (Dünya, 2008). 38	38
Tablo 5.1. Çam kabuklarında belirlenen elementleri biyo-indikatör indeksleri. 47	47
Tablo 5.2. Çam kabuğu örneklerinde bulunan ortalama konsantrasyon değerleri. 47	47
Tablo 5.3. Kızıldere Jeotermal Sahası gaz fazındaki Hg konsantrasyonları. 50	50
Tablo 5.4. Örnekleme noktaları için kısaltmalar. 51	51
Tablo 5.5. Yerkabuğunda ve toprakta bulunan elementler (Sayın, 1999). 63	63
Tablo 5.6. Topraktaki ağır metal sınır değerleri (Sulama Sularının..., 1991). 70	70
Tablo 6.1. Allen ortamı (Sukatlar, 2002). 81	81
Tablo 6.2. Kızıldere Jeotermal Sahası'ndan alınan örnekler, örneklerden elde edilen DNA miktarları ve OD 260/280 oranları. 89	89
Tablo 6.3. Kızıldere Jeotermal Sahası'nda farklı örnekleme noktalarındaki 16S rRNA dizi analizine dayalı prokaryotik çeşitlilik. 90	90
Tablo 7.1. Kızıldere Jeotermal Sahası ve çevresi işletme bilgileri. 102	102
Tablo 7.2. Kızıldere Jeotermal Sahası ve çevresi sera bilgileri. 103	103
Tablo 7.3. Kızıldere Jeotermal Sahası ve çevresi termal tesis bilgileri. 103	103
Tablo 7.4. Balçova Jeotermal Sahası ve çevresi sera bilgileri. 110	110
Tablo 7.5. Balçova Jeotermal Sahası ve çevresi termal tesis bilgileri. 111	111
Tablo 7.6. Balçova Jeotermal Sahası ve çevresi işletme bilgileri. 112	112
Tablo 7.7. Çalışma alanı jeotermal kullanım ve kat yüksekliği ilişkisi grafiğı. 120	120
Tablo 7.8. Balçova çalışma alanının jeotermal kullanım ve binalarda bulunan daire sayısı ilişkisi grafiğı. 121	121
Tablo 7.9. Balçova çalışma alanının jeotermal kullanım ve arsa rayiç bedel ilişkisi. 123	123
Tablo 7.10. Balçova çalışma alanının jeotermal kullanım ve birim daire fiyat ilişkisi. 124	124
Tablo 7.11. Balçova çalışma alanının jeotermal kullanım ve konut eşdeğeri-mevcut birim konut sayısı ilişkisi. 125	125
Tablo 7.12. Balçova çalışma alanının jeotermal kullanım ve mülkiyet durumu ilişkisi. 127	127
Tablo 7.13. Balçova çalışma alanının jeotermal kullanım ve konut/ofis oranı ilişkisi. 128	128
Tablo 7.14. Kızıldere Jeotermal Sahası'nın sosyo-ekonomik parametrelere göre değerlendirilmesi. 130	130
Tablo 8.1. Model bölümleri geometrik bilgileri. cxxxviii	cxxxviii
Tablo 8.2. Model bölümleri eğim tablosu. 139	139
Tablo 8.3. Akarsu gözlem istasyonları genel bilgileri. 142	142
Tablo 8.4. 2006 su yılında kanallara alınan sular (m ³). 142	142
Tablo 9.1. Enerji üretme tesisleri (Jeotermal kaynaklar ve çeşitli amaçlarla kullanılan sıcak sular) (Su Kirliliğı Kontrolü Yönetmeliğı, 2004). 169	169

Tablo 6 Enerji Üretim Tesisleri (Jeotermal Kaynaklar ve Çeşitli Amaçlarla Kullanılan Sıcak Sular) [23]..... **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

Özet

Jeotermal enerjinin hem elektrik üretiminde hem de elektrik dışı kullanımlarında (konut, sera, havuz ısıtma, balık yetiştirme vb.), fiziksel, kimyasal, biyolojik ve sosyo-ekonomik çevreye olumlu ve olumsuz etkiler sözkonusudur. Pek çok jeotermal uygulamanın görüldüğü ülkemizde, elektrik üretimi ve elektrik dışı kullanımlarda oluşan çevresel etkilerin belirlenmesi amacıyla seçilen iki örnek Saha; elektrik üretimi için mevcut ilk ve tek konvansiyonel jeotermal santral olan Kızıldere Jeotermal Santrali-Denizli, elektrik dışı kullanım için ise Türkiye'nin en büyük jeotermal bölgesel ısıtma sistemi olan Balçova Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemi-İzmir'dir.

Seçilen her bir örnek Saha'nın fiziksel çevreye olan etkileri (sondaj ve işletme sırasında oluşan gürültü, katı atıklar), kimyasal çevreye olan etkileri (gaz emisyonu, su ve toprak kirliliği, yeraltı ve yüzey sularında kirlilik yayılımı), biyolojik çevreye olan etkileri (insan, hayvan sağlığı, bitki örtüsü), jeotermal akışkanlarda üreyen mikroorganizmaların belirlenmesi ve bunun ışığında çok amaçlı biyoteknolojik enzim üretimi ve toplum üzerindeki sosyo-ekonomik etkileri (hayat standardının yükselmesi, yeni iş olanakları, konut ve toprak fiyatlarının artışı, sosyo-politik organizasyonlar, sosyo-kültürel problemler) detaylı olarak incelenmiş ve önerilen jeotermal uygulama projelerinin kabulü aşamasında Çevresel Etki Değerlendirme (ÇED) prosesinin gerekliliği ve projelerin uygulama aşamasında ise çevresel etkilerin sürekli gözlenmesi gerektiği vurgulanmıştır. Ortaya çıkabilecek olumsuz etkilerin ortadan kaldırılması ve yapılacak müdahalelerin kanuni çerçeveye oturtulabilmesi için öneriler getirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Jeotermal elektrik üretimi, jeotermal bölgesel ısıtma sistemi, çevresel etkiler, Balçova, Kızıldere

Abstract

Geothermal energy applications either electricity generation or heating have positive and negative physical, chemical, biological and social-economical effects on the environment. To present these effects with an example Kızıldere Geothermal Power Plant and Balçova Geothermal District Heating System are chosen as the main application areas of geothermal energy.

The aim of the project is to assess the environmental impacts of both applications. Depending on their source temperature and the process, the impacts exhibit difference. The result of data acquisition, chemical analysis and measurements gives us the pollution potential of both applications. Environmental effects, especially at geothermal power plants which use high temperature geothermal fluids, can be reduced by applying "Environmental Impact Assessment" at design stage and/or can be avoided by a careful project management at operation stage. Depending on pollution potential, during the application and operational stage of the projects, the necessity of "Environmental Impact Assessment" process is emphasised.

Keywords: Geothermal electricity generation, geothermal district heating system, Balçova, Kızıldere

1. GİRİŞ

Elektrik üretimi ve elektrik dışı (konut, sera, havuz ısıtma, balık yetiştirme vb.) uygulamalarda kullanılan jeotermal akışkanlar; yüksek miktarda kimyasal madde, gaz, çözünmüş katı ve tuz içerirler. Fosil yakıtlarla karşılaştırıldığında, en az kirlilik yaratan formlardan biri olmasına rağmen jeotermal akışkanlar, jeotermal sahaların geliştirilmesi ve işletilmesi sırasında yeraltı ve yerüstü suları ile hava ve toprak kirliliğine neden olabilmektedirler. Jeotermal sistemlerin genel özellikleri dikkate alındığında, *alansal ve sürekli kirlitici kaynaklar* sınıfına dahil edilebilirler. Jeotermal kaynakların geliştirilmesi çalışmalarında, sistemin düşük ve yüksek sıcaklığa sahip olmasına, yüksek sıcaklıklı kaynaklarda kuyubaşı akışkanının buhar içeriğine ve akışkanın üretim şekline bağlı olarak çevresel etkiler değişim gösterebilmektedir (Tablo 1.1) (Tokgöz Güneş, 2008).

Tablo 1.1. Sıcaklığa ve buhar içeriğine bağlı çevresel etki seviyeleri (Tokgöz Güneş, 2008).

	Düşük sıcaklıklı sistemler	Yüksek sıcaklıklı sistemler	
		Buhar baskın	Sıvı baskın
Sondaj çalışmaları			
Erozyon ve ormanlık alanların hasarı	▼	◄►	◄►
Gürültü	◄►	◄►	◄►
Işıklandırma	▼	▼	▼
Sondaj çamurunun yeraltı suyuna etkisi	▼	◄►	◄►
Akışkan üretimi			
Isıl özelliklerin bozulması	▼	◄►	▲
Yüzey çökmesi	▼	◄►	▲
Yeraltı suyu seviye düşümleri	☀	▼	◄►
Hidrotermal çıkışlar	☀	▼	◄►
Yüzeydeki sıcaklık değişimleri	☀	▼	◄►
Atık su			
Yüzey suların atım-organizmalara etkisi	▼	▼	▲
Re-enjeksiyon	☀	☀	☀
Yüzey sularına atım-su yollarına etkileri	▼	▼	◄►
Yeraltı suyu kirliliği	▼	▼	▼
Sismik etkiler	☀	◄►	◄►
Atık gaz			
Organizmalar üzerine etkileri	☀	▼	◄►
Sera etkisi	☀	▼	▼

Yüksek etki ▲, Orta etki ◄►, Düşük etki ▼, Etkisiz ☀.

Ülkemizde mevcut jeotermal uygulamalar; 20.4 MW_e kurulu güce sahip Denizli-Kızıldere Jeotermal Santrali (1984) ile 7.3 MW_e kurulu gücüne sahip Aydın-Salavatlı Jeotermal Santrali'nde (2006) elektrik üretimi, yaklaşık 635,000 m² sera ısıtmasını da içeren 65,000 konut eşdeğeri ısıtma (1077 MW_t), 80,000 ton/yıl kurubuz ve saf CO₂ üretimi ile 195 adet

kaplıcada (327 MW_t) tedavi amaçlı kullanımdır. Türkiye'nin elektrik üretimine uygun jeotermal rezervi 4300 MW_e mümkün, 200 MW_e görünür olmak üzere toplam 4500 MW_e'dir. Toplam elektrik üretim kurulu gücü ise 27.7 MW_e'dir. Türkiye'nin ısı jeotermal enerji rezervi 28,900 MW_t mümkün, 2600 MW_t görünür olmak üzere toplam 31,500 MW_t'dir. Toplam elektrik dışı (doğrudan) kullanım kurulu gücü 1077 MW_t olan Türkiye, ısı kapasitesinin sadece %3.4'ünü kullanmaktadır (Simsek ve diğ., 2005). 2005 yılında yürürlüğe giren 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun ile 2007 yılında yürürlüğe giren 5686 sayılı Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu ile yasal düzenlemelere kavuşan jeotermal uygulamalar ivme kazanmaya başlamıştır. Mayıs 2008 itibarıyla Aydın-Germencik'te 25.2 MW_e, Denizli-Sarayköy'de 5.5 MW_e ve Çanakkale-Tuzla'da 7.5 MW_e gücündeki Santraller'in yapımı tamamlanmak üzeredir. Jeotermal sera uygulamalarında da hızlı bir artış görülmektedir.

Temiz enerji kaynakları sınıfında yer alan jeotermal enerjinin, sahadan sahaya değişkenlik gösteren olumsuz çevresel etkilerinin de bulunduğu ülkemizde gözardı edilmektedir. Bu pojenin amacı, mevcut uygulamalardaki etkileri gözönüne sererek jeotermal uygulamaların çevresel etkileri konusunda bilinç oluşturmak ve yeni projelerde bu etkilerin dikkate alınmasını sağlamak amacıyla "Çevresel Etki Değerlendirme" ile ilgili yasal düzenlemelerin yapılması gerekliliğini vurgulamaktır.

Jeotermal akışkanların hem elektrik üretiminde hem de elektrik dışı kullanımlarında (konut, sera, havuz ısıtma, balık yetiştirme vb.); fiziksel, kimyasal, biyolojik ve sosyo-ekonomik çevreye olumlu ve olumsuz etkiler söz konusudur. Bu farklı kullanımlara Türkiye'den, elektrik üretimi için mevcut ilk ve tek konvansiyonel jeotermal santral olan Kızıldere Jeotermal Santrali-Denizli, elektrik dışı kullanım için ise Türkiye'nin en büyük jeotermal bölgesel ısıtma sistemi olan Balçova Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemi-Izmir örnek olarak seçilmiştir.

Proje kapsamında, her iki Saha'da da fiziksel etkilerin belirlenmesi amacıyla gürültü ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler; Kızıldere Jeotermal Sahası'nda işletme ve temizlik sonrası kuyuyu üretime açma, Balçova Jeotermal Sahası'nda ise hem sondaj hem de işletme sırasında alınmıştır. Kimyasal etkiler altında her iki uygulamanın su, ayrıca Kızıldere Jeotermal Sahası'nın toprak ve hava ortamına olan etkileri incelenmiştir. Su ortamına olan etkiler için Kızıldere'den 1 yıl boyunca, Balçova'da ise ısıtma sezonunda aylık olarak su örnekleri alınmış, su kimyası ve ağır metal içerikleri belirlenmiştir. Atmosfere gaz emisyonunun olduğu ve atık suların Büyük Menderes Nehri'ne karışması dolayısı ile toprak kirliliği potansiyeli bulunan Kızıldere Jeotermal Sahası'ndan toprak ve hava örnekleri toplanmış ve kirleticiler belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca Saha içinde bulunan çam ağaçlarından örnekler toplanarak gaz emisyonunun etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Proje kapsamında olmamasına rağmen civa örneklemeleri de yapılmıştır. Büyük Menderes Nehri üzerinde su örnekleme yapılan noktalarda kirlilik yayılımı modellenmiştir. Biyolojik etkilerin belirlenmesi için yine her iki Saha'dan su ve Kızıldere'den ayrıca toprak örnekleri alınarak sıcak ortamlarda yaşayan ve biyoteknolojik uygulamalarda kullanılabilecek mikro-organizmaların belirlenmesine çalışılmıştır. Sosyo-ekonomik etki çalışmaları her iki Saha için yapılmış fakat yerleşim alanında kurulduğu için Balçova Bölgesel Isıtma Sistemi'nde yoğunlaştırılmıştır.

Kimyasal etki çalışmalarında kimyasal analizlerin (su, hava, toprak) tamamı İYTE Kimya Bölümü ile Çevre Ar-Ge Laboratuvarları'nda yapılmıştır. Proje kapsamında alınan makina-teçhizat ile Çevre Ar-Ge bünyesinde bir Jeokimya Laboratuvarı oluşturulmuştur. Biyolojik etkiler bölümünde ise DNA dizi analizi dışındaki analizler Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü'nde gerçekleştirilmiştir.

Tüm kimyasal analiz ve modelleme sonuçları, jeotermal uygulamalarda (özellikle yüksek sıcaklıklı konvansiyonel elektrik üretimi) çevresel etkilerin ihmal edilemeyecek seviyede olduğunu ve dolayısıyla da "Çevresel Etki Değerlendirme" prosesinin tüm jeotermal projelere

hem başvuru hem de işletme aşamalarında uygulanması gerektiğini göstermektedir. Bu doğrultuda kanuni düzenlemelerin yapılması önerilmiştir.

Kaynaklar

1. SIMSEK, S., Mertoglu, O., Bakır, N., Akkus, I., Aydogdu, O. Geothermal Energy Utilisation, Development and Projections-Country Update Report (2000-2004) of Turkey, World Geothermal Congress 2005, CD Transactions, Antalya-Turkey, (2005).
2. TOKGOZ GUNEŞ, S., Jeotermal Enerji ve Çevre, http://www.izmir-dikili.bel.tr/haber/yukle/down/sevqi_tokgoz.doc, (2008).

2. JEOTERMAL UYGULAMALARIN ÇEVRESEL ETKİLERİ

Çevreye doğrudan ya da dolaylı bazı zararlar vermeden enerjiyi insanların kullanabileceği bir forma dönüştürmek mümkün değildir. Jeotermal enerji kullanımı, en az kirlilik yaratan formlardan biri olarak kabul edilmesine rağmen, onun da çevreye bazı olumsuz etkileri vardır.

Jeotermal uygulamaların çevresel etkileri, bu enerji kaynağını kullanan pekçok ülke tarafından dikkate alınmakta ve bu yönde yasal düzenlemeler getirilmektedir. Herbir jeotermal saha farklı fiziksel ve kimyasal özelliklere sahiptir, dolayısı ile de farklı çevresel etkiler yaratır. Bu nedenle jeotermal kaynakların kullanıldığı ülkelerde tüm olası proje senaryolarını kapsayacak kanunlara ihtiyaç vardır. Genel olarak proje ilerledikçe kanunsal gereksinimler, proje öncesi hazırlanan çevresel etki raporlarından projenin uygulanması sırasında çevresel etkileri gözlemlene rolüne dönüşür.

Bu çalışmada jeotermal uygulamaların çevresel etkileri; hava, su, toprak, biyolojik hayat ve sosyo-ekonomik yaşamı içeren fiziksel, kimyasal, biyolojik ve sosyo-ekonomik etkiler başlıkları altında incelenecektir.

2.1. Jeotermal Uygulamaların Fiziksel Etkileri

Bir jeotermal sahanın arama, geliştirme ve işletme aşamalarında kaynağın çevresindeki fiziksel çevreye olabilecek etkiler aşağıda incelenmiştir.

2.1.1. Sondaj Etkileri

Çevre üzerindeki ilk belirgin etki sondaj sırasında oluşur ve yüzeyde birçok tahribata neden olur. Sondaj donanımının kurulumu, kuyu başına ulaşımı sağlayacak yol ve kuyu çevresindeki altyapıyı gerektirir. Kuyu çevresinde, 300-500 m² (küçük bir sondaj kulesi, maksimum derinlik 300-700 m) ile 1200-1500 m²lik (küçük-orta bir sondaj kulesi, maksimum derinlik 2000 m) bir alana ihtiyaç vardır. Yapılan işlemler, çevredeki yüzey morfolojisini değiştirir, yerel bitki örtüsü ve yaban hayatına zarar verebilir. Gerek düşük gerekse yüksek sıcaklıklı jeotermal sistemlerde, arama amaçlı sondaj sırasında gerekli önlemler alınmaz ise akiferler geçildiğinde yeraltı suları ile sondaj akışkanlarının karışması yeraltı suyu kirlenmesine neden olabilir. Sondaj ve testler sırasında ortaya çıkan bir diğer problem atmosfere gaz atımıdır. Ayrıca sondaj sırasında büyük miktarlarda katı atık üretilir. Bunlar sondaj çamuru, yağ ve petrol ürünleri ile çimento atıklarıdır. Sondaj çamuru alkalidir, büyük oranlarda krom ve pek çok kimyasal içerir. Kullanıldıktan sonra temizlenmeli ve sıvıdan ayrılmalıdır. Sondaj çamuru ya kuyuda sirkülasyon sırasında kaybedilir ya da sondaj sonunda katı atık olarak atılır. Sondaj sırasında çıkarılan katı maddeler özel atık tanklarında ya da havuzlarında depolanmalıdır. Bu önlemlerin alınmaması durumunda; yüzeysel su ve toprak kirlenmesi, habitatın etkilenmesi ve doğal örtünün bozulmasıyla karşılaşılabilir. Çimento atıkları; silika, flor gibi zararlı olabilecek bazı içeriklerine rağmen zararlı olarak tanımlanmaz. Sondaj ve testler sırasında ortaya çıkan bir diğer problem ise gürültü kirliliğidir. Havalı sondaj 110-120 dBA ile en gürültülü sondaj şeklidir ve uygun susturucu kullanımı ile 85 dBA'ya indirilebilir. Çamurlu sondaj ise 80 dBA civarında gürültü seviyesi ile daha sessizdir. Dizel motorların çalıştırdığı kompresörler ve elektrik üreticiler de uzak mesafelere taşınan yankılanan sesler üretirler. Sondaj tamamlandığında çevreye verdiği zararlar da sona erer (Badruk, 2003; Lunis ve Brekenridge, 2004; Rybach, 2005; Çakın ve diğ., 2006; Tokgöz Güneş, 2008; Toka ve Arı, 2008).

2.1.2. Boru Hattı Etkileri

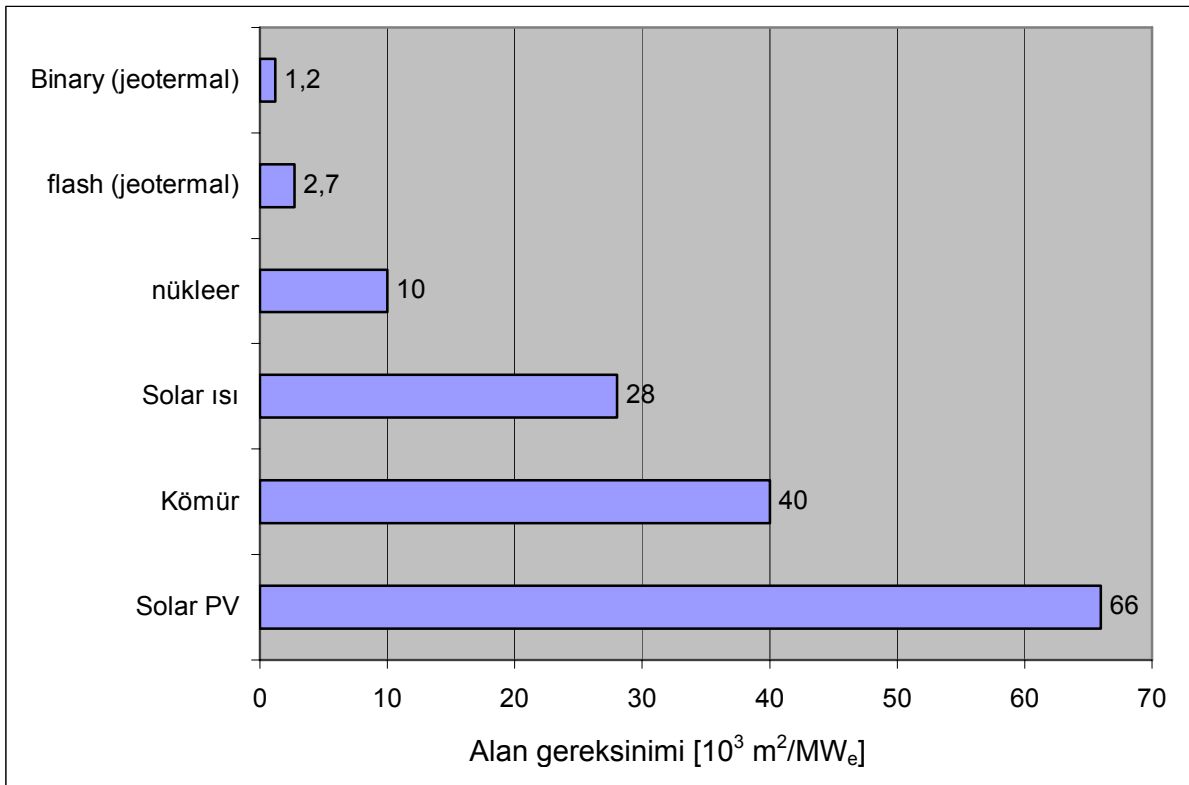
Sondajdan sonra ikinci aşama olan jeotermal akışkanın taşındığı boru hattının inşası, yüzey morfolojisi ile bitki ve hayvan yaşamını etkiler. Örneğin, Yeni Zelanda'da eğer boru hattı

koyun ve ineklerin geçtiği yollardan geçiyorsa, belirli yerlerde boruları yükseltmek zorunludur. Ayrıca boru hatlarının görüntüsü panoramayı da bozar. Fakat bazı bölgelerde özellikle Larderello, İtalya'da boru ağı panoramanın bir parçası haline getirilmekte ve turist çekmek için kullanılmaktadır (Gökçen, 2001; Çakın ve diğ., 2006).

2.1.3. Santral İşletmesi

2.1.3.1. Alan ihtiyacı

Jeotermal projelerin çeşitli aşamalarında geçici veya kalıcı olarak alana ihtiyaç vardır. Jeotermal enerjinin en önemli avantajlarından biri de üretim sırasında kullanılacak alanın diğer enerji kaynakları için kullanılacak alandan daha az olmasıdır. Farklı elektrik üretim teknolojilerinin ihtiyaç duyduğu alanlar Şekil 2.1'de verilmiştir (Rybach, 2005).



Şekil 2.1. Çeşitli güç üretim teknolojilerinin alan gereksinimleri (Rybach, 2005).

2.1.3.2. Isıl kirlilik

Jeotermal santrallerden atılan sular, doğal su kaynaklarından daha yüksek sıcaklığa sahip olduklarından potansiyel ısıl kirleticilerdir. Bu akışkanlar, eğer kimyasal çevreye zarar vermiyorsa soğutulduktan sonra yüzey sularına atılabilirler (Brown, 1995; Barbier, 1997). Farklı elektrik üretim yöntemleri için atık ısı miktarları Tablo 2.1'de verilmiştir (Brown, 2000).

2.1.3.3. Yüzey çökmesi

Rezervuardan büyük miktarlarda akışkan çekimi, bölgenin morfolojisine bağlı olarak toprak yüzeyinde kademeli olarak ortaya çıkan çökmelerle kendini gösterebilir. Bu geri dönüşü olmayan bir süreçtir. Geniş bölgelerde görülen yavaş bir proses olduğu için bir felaket değildir. Ancak yıllar sonra farkedilebilir derecelere ulaşır. Önleme ya da azaltmanın yolu ise re-enjeksiyondur. Örneğin Wairekei, Yeni Zelanda'da re-enjeksiyon olmaması nedeniyle

1960'dan 2005 yılına kadar görülen toplam çökme 10 m'dir (Dickson and Fanelli, 1990; Barbier, 1997; Brown, 2000).

Tablo 2.1. Çeşitli güç üretim teknolojilerinin atık ısı miktarları (Brown, 2000).

Santral	Atık ısı ($\times 10^{10}$ kWh/yıl)
Nükleer	1.86
Kömür	1.2
Fuel oil	1.2
Doğal gaz	1.2
Jeotermal (buhar baskın)	4.5
Jeotermal (su baskın)	9.7

2.1.3.4. Mikro depremler

Jeotermal akışkanın büyük miktarlarda çekimi ve/veya re-enjeksiyonu bazı bölgelerde sismik aktivite oluşturabilir ya da tetikleyebilir. Bunlar mikro-sismik olaylardır ve sadece sismograflarla belirlenebilirler. Bu nedenle zarar verici bir etkisi yoktur. Varolan veriler jeotermal enerjinin işletilmesi sırasında sismik riskinin çok düşük olduğunu göstermektedir ve şu ana kadar belirlenmiş herhangi bir büyük sismik olay yoktur (Brown, 1995; Badruk, 2003; Lunis ve Breckenridge, 2004; Çakın ve diğ., 2006).

2.1.3.5. Gürültü

Jeotermal elektrik santrallerinin işletilmesinde gürültü bir problemdir. İtalya'da turistik bir bölgede kurulan Latera Jeotermal Santrali gürültü nedeniyle işletilememektedir. Fakat hacim ısıtma uygulamalarında üretilen gürültü ısı üretim merkezi içinde kalır ve ihmal edilebilecek düzeydedir.

2.1.3.6. Doğal oluşumlar

Sıcak su kaynakları, çamur havuzları, gayzerler, fumeroller gibi doğal jeotermal oluşumlar turizm amaçlı kullanılabilir. Bu oluşumlarla aynı rezervuardan jeotermal akışkan çekimi, bu oluşumların kaybolmasına ya da aktivitelerinin artmasına neden olabilir.

2.1.3.7. Katı atıklar

Üretim sırasında oluşan katı atıklar düşük miktarlarda ve çoğunlukla zararsızdırlar. Bu atıklar düşük miktarlarda kobalt (Co), nikel (Ni), çinko (Zn), arsenik (As), antimon (Sb), kadmiyum (Cd), baryum (Ba), civa (Hg), kurşun (Pb) gibi ağır metaller içerebilirler. Atık yönetim metodları, atık miktarlarını minimize etmek ve kullanılabilir olanları ekstre etmek üzere oluşturulmuştur. Örneğin; gümüş (Ag), As, bor (B), lityum (Li) gibi bazı metallerin ticari değerleri yüksektir (Rybach, 2005).

2.2. Jeotermal Uygulamaların Kimyasal Etkileri

Jeotermal akışkanlar yüksek miktarda kimyasal madde, gaz, çözünmüş katı ve tuz içerirler. Bunların dışında bazı kimyasal maddeler, jeotermal akışkana işletme sırasında eklenebilmektedir. Kostik soda ve sülfirik asit yanında bakteri oluşumu ya da kabuklaşmayı önlemek için çeşitli toksit ya da korozif kimyasallar kullanılmaktadır. Jeotermal kaynakların arama, geliştirme ve işletmesi sırasında çevreye jeotermal akışkan atımının bazı olumsuz etkileri vardır. Bir su baskın sahada, buhar çevrimli bir jeotermal santralden yapılan atımların ve ana kimyasal kirleticilerin bir özeti Şekil 2.2'de verilmiştir (Brown, 1995).

Binary santraller ve hacim ısıtma sistemleri tamamen kapalı çevrimden oluşsalar bile küçük problemlere neden olabilirler, fakat bunlar ihmal edilebilecek düzeydedir (Ungemach ve diğ., 2005).

Karbondioksit (CO₂)

CO₂ jeotermal akışkanlarda en çok bulunan yoğunlaşmayan gazdır. Renksiz ve kokusuzdur. Havadan ağır olduğu için düşük seviyelerde birikir. Jeotermal santraldan yayılan CO₂'nin insan sağlığına doğrudan etkisi yoktur. Bununla birlikte CO₂ sera etkisi yapan bir gazdır ve dikkate alınmalıdır. Konvansiyonel jeotermal santrallarda, CO₂ atımı ortalama 40-60 gr/kWh'dir (Badruk, 2003; Tokgöz Güneş, 2008; Türkiye Çevre Atlası, 2008).

Hidrojen sülfür (H₂S)

H₂S çürük yumurta kokusu ile çok düşük konsantrasyonlarda (yaklaşık 0.3 ppm) algılanabilir ve yüksek entalpili sahaların karakteristik bir göstergesidir. H₂S asit yağmuru olarak santral bölgesini etkiler, insan yaşamında ya da çalışma ortamında koku problemi nedeniyle sorun yaratabilir. Ancak koku, konsantrasyonun belirlenmesinde güvenilir değildir, yüksek konsantrasyonlarda insan sağlığına etkisi fazladır. Tıpkı CO₂ gibi H₂S de ağır bir gazdır ve düşük seviyelerde birikir (Lunis ve Breckenridge, 2004; Brown, 2000).

Civa (Hg)

Civa buharı atmosferde geniş alanları olumsuz etkileyecek kadar uzun süre kalır. Civanın kanserojen yapıcı olup olmadığı kanıtlanmamıştır. Ancak besin zincirinde birikim yaptığı bilinmektedir. Sonuç olarak salınan civanın toplam miktarı havadaki konsantrasyonu açısından önemlidir. Civa insan vücuduna ya solunum yoluyla ya havadaki civa konsantrasyonunun artmasından dolayı ya da çeşitli hayvanların yenmesiyle alınabilmekte ve ilk etkileri böbreklerde ortaya çıkmaktadır. Civa aynı zamanda toprak ve bitki örtüsünü de kirletir (Badruk, 2003).

Diğer gazlar

Amonyak insan sağlığına zararlı birçok psikolojik problemlere neden olan ve hoş olmayan kokuya sahip bir gazdır. Yağmur sularında bulunan amonyağın neden olduğu ikincil etkiler daha az zararlıdır, çünkü doğada amonyak iyonu ve nitrat oksidasyonu olarak bulunur.

Jeotermal emisyonlarda borik asit konsantrasyonu genellikle çok düşüktür ve bu nedenle insanlar üzerindeki zararlı etkileri bilinmemektedir. Buna rağmen, toprak ve sulama sularındaki borik asit içeriği bitkilerin büyümesini olumsuz etkiler. Sonuç olarak borik asitçe zengin buhar ya da gaz deşarjı, özellikle yüzey suları ve toprak kirliliğine neden olmaktadır (Badruk, 2003).

2.2.2. Su Ortamına Olan Etkiler

Jeotermal uygulamalar, çok büyük miktardaki akışkanın taşınmasını gerektirdiğinden, yüzey ve yeraltı suları ile ilgili sorunlar dikkate alınmalıdır. Bütün kuyu ve soğutma suyu atıklarının re-enjeksiyon olmaksızın çevreye atımı, yerel ve bölgesel yüzey sularını etkiler. Akışkan atımının kimyasal kompozisyonu, rezervuarın jeokimyasına ve santralin işletme koşullarına bağlıdır. Rezervuar kimyası her saha için farklıdır. Jeotermal akışkanlar lityum (Li), bor (B), arsenik (As), flor (F), hidrojen sülfür (H₂S), civa (Hg), kurşun (Pb), çinko(Zn) ve amonyak (NH₃) gibi kimyasal kirleticiler ile birlikte büyük miktarlarda karbonat (CO₃), silika (SiO₂), sülfat(SO₄) ve klorür (Cl) içerirler. Akışkan yüzeye doğru çıkarken, kuyu içerisinde çözülmüş CO₂ gaz fazına geçerek sıvı fazı terk eder. Bu sırada üretim kuyusu içerisinde kalsiyum karbonat (CaCO₃) çökmesi oluşur. Bu durum yüksek yoğunlaşmayan gaz içeren sahalarda önemli bir problemdir. Re-enjeksiyon sırasında görülen problem ise akışkan sıcaklığının düşmesinden dolayı oluşan silika (SiO₂) çökmesidir. Jeotermal akışkanın bir nehre ya da göle deşarj edildiği durumlarda ise bu kirleticiler; su canlıları, bitki ve/veya insan sağlığına zarar verecek potansiyele sahiptir.

Yüksek tuz içeren suların atımı da su kalitesi ve bu su sulamada kullanılıyorsa toprak kalitesi üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir (Dickson ve Fanelli, 1990; Brown, 2000). Jeotermal sularda ayrıca antimon (Sb), talyum (Ta), gümüş (Ag) ve selenyum (Se) gibi eser elementler ölçülebilir konsantrasyonlarda olabilir.

Türbin sonrası kondenserde yoğuşan buhar, tipik olarak yüksek konsantrasyonda H₂S, Hg, NH₃ ve daha az miktarda B içerir. Sonuç olarak bu kirleticiler soğutma suyu atımında yoğun olarak bulunurlar.

Diğer potansiyel kirleticiler, kimyasalların dökülmesi ya da santralin işletilmesi sırasındaki sızma, tahmin edilemeyen fakat önlenemez problemlerdir. Yakıtlar, yağlayıcılar, kimyasallar ve hidrokarbonların etkileri de çevresel etki değerlendirmesi sırasında göz önünde bulundurulmalıdır (Brown, 1995).

Soğutma suyunda seperatörden ayrılan suya göre H₂S ve Hg gibi buharlaşabilir kirletici konsantrasyonu daha yüksektir. Seperatörden ayrılan suda ise buharlaşamayan ya da Li, As, B gibi az buharlaşan kimyasalların konsantrasyonları daha yüksektir. Tablo 2.2'de bazı jeotermal sahalardaki atık jeotermal akışkanın kimyasal bileşenlerini verilmiştir (Brown, 2000; Badruk, 2003).

Tablo 2.2. Bazı jeotermal sahalardaki atık jeotermal akışkanın kimyasal bileşenleri (ppm) (Brown, 2000; Badruk, 2003).

	H ₂ S	NH ₃	H ₃ BO ₃	Hg	As	Li
Salton Sea (ABD)	16	386	2231	6.0	12	215
Cerro Prieto (Meksika)	0.16	127	109	0.05	2.3	-
Wairakei (Yeni Zelanda)	1.7	0.20	172	0.12	4.7	14
Okaaki (Yeni Zelanda)	1.0	2.1	276	0.05	8.1	11.7
Haveragerdi (İzlanda)	7.3	0.1	3.4	-	0.0	0.3
Kızıldere (Türkiye)	-	20	160	-	0.6	4.5
Tipik Nehir Suyu	<0.1	0.04	0.05	0.00004	0.002	0.003

2.2.3. Toprak Ortamına Olan Etkiler

Jeotermal uygulamalar sonucu yüzey ve yeraltı suyu kaynaklarının kirlenmesi, bu su kaynaklarının sulamada kullanıldığı toprakların da kirlenmesine neden olur. Bu topraklarda üretilen ürünlerin tüketilmesi insan ve hayvan sağlığı ile bitki örtüsünü önemli derecede etkilenmektedir. Bu etkiler biyolojik etkiler başlığı altında detaylı olarak anlatılmaktadır.

2.3. Jeotermal Uygulamaların Biyolojik Etkileri

Jeotermal uygulamaların biyolojik etkileri; insan ve hayvan sağlığı ile bitki örtüsüne olan etkileri içerir. Bu etkilerin kontrolü, çevreye atılabilecek kirleticilerin seviyesi için bir üst limit belirlenmesi ile sağlanabilir. Hava, içme suyu, su canlılarını koruma, ürün sulama, su stoğu ve çevrenin estetik kalitesini koruma gibi değişik amaçlar için değişik kriterler belirlenir (Brown, 1995). Başlıca kimyasallar ve bunların biyolojik etkileri aşağıda özetlenmektedir.

Lityum (Li) ve borik asit (H₃BO₃)

Eğer yüzey ya da yeraltı suları sulamada kullanılıyorsa, ürünler ağaç yapraklarına zararlı olan yüksek bor ve lityum konsantrasyonları ile olumsuz etkilenir. Etkilenme derecesi ürünün dayanıklılığına ve toprak tipine bağlıdır. Bazı topraklar oldukça az borik asit adsorbe eder ve

toprağın bor tarafından etkilenmesi etkisini azaltır. Eğer bitki bu tür toprakta yetişiyorsa borun toksit etkisinden korunacaktır. Bor insan sağlığını da olumsuz etkiler. Örneğin, yüksek bor konsantrasyonlu içme suyu insanda kilo kaybı ve bağırsak sistemi rahatsızlıklarına neden olur.

Arsenik (As)

Yüksek konsantrasyonlu arsenik içme suyundan çok özellikle yiyecek ya da içecek alımıyla zamanla oluşan akut zehirlenmeye; stok ve su yaşamında zehirlenmeye neden olur. Arseniğin kansere neden olduğu ve bu nedenle önemle incelenmesi gerektiği bilinmektedir. Kirlenmiş sularla büyüyen bitkilerde inorganik arseniğin yüksek konsantrasyonları birikir ve böylece zehirli olabilir. Bu durum Yeni Zelanda'da Waikato Nehri'nde saptanmıştır. Nehre Wairakei ve Ohaaki Jeotermal Santrallerinden deşarj yapılmaktadır. Nehirdeki su bitkilerinin 6000 ppm'in üzerinde arsenik içerdiği belirlenmiştir. Sedimanlarda birikmiş arsenik de dikkatle incelenmelidir. Arsenik ağaç yapraklarında renk bozukluğuna neden olur. Örneğin, arsenik bulaşmış toprakta tütün yetişirse bu anlaşılır.

Civa (Hg)

Çözünmüş civa suda adsorbsiyon ile kolayca uzaklaştırılır. Bunun anlamı jeotermal sıvıdaki civa oranından çok nehre ya da çevre suyuna verilen civanın toplam miktarının dikkate alınması gerektiğidir. Civa bakteriyel işlem ile civadan daha toksik olan metil civaya dönüştürülerek sedimanlardan tekrar uzaklaşabilir ve bu biçimde susal ya da karasal besin zincirinde birikir. Yine Yeni Zelanda'da jeotermal sahalara yakın göllerdeki sedimanların civa konsantrasyonları 0.4 ppm civarında ölçülmüştür. Waikato nehrinde Santral atımı sonrası yetişen alabalıklar Santral öncesine göre 5-15 kat daha fazla civa içermektedirler.

Civa susal bitkilerde ve hayvanlarda baskın olarak metil civa şeklinde birikir. İnsanoğlu için çok toksik olan metil civa merkezi sinir sistemine zarar verir. Civanın insanlar tarafından alımı doğrudan içme suyundan daha çok özellikle yiyecekler yoluyla oluşur. Örneğin, 1960'larda Japonya'da oluşan civa zehirlenmesi, endüstriyel atıkların yakınında tutulan balıkların tüketilmesi sonucu oluşmuştur.

İnorganik civa ise biyo-birikim göstermez, fakat eğer yüksek miktarda alınırsa böbrekleri etkileyebilir. Hayvanlar inorganik civa ve metil civaya bitkilerden daha duyarlıdır. Sonuç olarak civa konsantrasyonlarının izlenmesi önemlidir.

Hidrojen Sülfür (H₂S)

Suda çözünmüş hidrojen sülfürün insan sağlığını olumsuz etkileyecek yüksek konsantrasyonlara ulaşması olası değildir. Su, hidrojen sülfür kokabilir ve çok düşük konsantrasyonlarda bile tadı lezzetsiz olabilir. Bu yüzden normalde içme ya da sulama sularında hidrojen sülfür konsantrasyonu için önerilen bir limit yoktur.

Bununla birlikte, çözünmüş gaz olan hidrojen sülfür balıklar ve sudan çözünmüş oksijeni alan susal yaşamlar için oldukça toksiktir. Hidrojen sülfür pH artışıyla daha az toksit olan bisülfid iyonuna dönüşür ve susal yaşama olan toksik etki azalır.

Amonyak (NH₃)

İçme sularındaki çözünmüş amonyak tat ve renk problemleri oluşturabilmesine rağmen insan sağlığını doğrudan etkilemez. Bununla birlikte, yüzey sularında amonyak bitki için çok önemli bir besleyici olan nitrat formuna okside olur. Eğer susal bitki gelişimi nitrat konsantrasyonu ile sınırlandırılırsa; nitrat konsantrasyonunun artması istenmeyen susal yabancı otların büyümesine, akarsuyun tıkanmasına ve oksijenin tükenmesine neden olabilir.

Tuzluluk

Tuz içeriği yüksek jeotermal akışkan ile kirlenmiş su sulamada kullanılırsa bitkileri olumsuz etkileyebilir. Ayrıca nem isteyen bitkilerin yaptığı ozmotik işlem, toprağın tuzluluğunun artması ile olumsuz etkilenir. Bazı ürünler, özellikle badem ve kayısı gibi çekirdekli meyveler; sodyum ve klor konsantrasyonuna çok duyarlıdır. İçme suyunun tuzluluğunun artması ağırlık kaybı, süt ya da yumurta üretimi azalmasına neden olur. Tatlı sulardaki susal yaşam da tuzluluk değişimine oldukça hassastır (Brown, 2000).

Jeotermal atık suların insan, hayvan, bitki sağlığı üzerine etkilerinin yanısıra biyoteknoloji alanında yararlı kullanımları da sözkonusudur. Jeotermal atık su sıcaklıkları ve kimyasal özellikleri enzim üretiminde kullanılan bazı mikroorganizmaların üremesi için uygun ortamlar oluşturmaktadır (Mora ve diğ., 1998).

Termofilik mikroorganizmaların optimum büyüme sıcaklıkları 50-80°C'dir. Bunların enzimleri de 60-80°C'de optimum aktivite göstermektedirler. Öte yandan hipertermofilik mikroorganizmaların optimum büyüme sıcaklıkları 80-100°C'dir (Vieille ve Zeikus, 2001). Bu grup organizmalar, çoğunlukla, yeryüzünün ve denizlerin sıcak bölgelerinden izole edilmektedirler. Bu mikroorganizmaların ürettikleri enzimler (hipertermofilik enzimler) yüksek termostabilite ve 70°C'de optimum aktivite gibi özgün yapı ve fonksiyon özellikleri geliştirmişlerdir; bu enzimlerden bazıları 110°C'de bile aktivite gösterebilmektedirler. Bunun yanında, bugüne kadar elde edilen bilgiler hipertermofilik canlıların ilk hayat-formları olduklarına işaret etmektedir. Bu nedenle, enzimlerin evrimini anlayabilmek için hipertermofilik enzimler bir model sistem olarak da kullanılabilirler. Buradan elde edilecek bilgiler ışığında yeni ve/veya daha etkin protein mühendisliği stratejileri ve çok amaçlı biyoteknolojik uygulamalar geliştirilebilir. Henüz 70 adet hipertermofilik tür tanımlanmış bulunmaktadır (Vieille ve Zeikus, 2001; Huber ve Stetter, 1998).

Jeotermal akışkanlarda üreyen mikroorganizmaların incelenmesiyle; ilaç, deri, besin, kağıt ve deterjan endüstrilerinde yaygın olarak kullanılan enzimlerin elde edilmesi ve yeni enzimlerin keşfi mümkün olacaktır. Bu da bol miktarda ve daha ekonomik enzim üretimi sağlayarak biyomühendislik alanında gelişim sağlayacak, daha etkin protein mühendisliği stratejileri ve çok amaçlı biyoteknolojik uygulamalar geliştirilebilecektir.

2.4. Jeotermal Uygulamaların Sosyo-Ekonomik Etkileri

Dünya devletleri kendi sosyo-ekonomik şartlarının iyileştirilmesi amacı ile jeotermal projelerin geliştirilmesine önem vermektedirler. Jeotermal enerjinin kullanımı ile amaçlanan yararlar ve beraberinde getirdiği maddi-manevi etkiler, jeotermal projelerin başarısı ve kabul edilebilirliği için önemli kıstaslar olarak karşımıza çıkmaktadır. Jeotermal uygulamaların sosyo-ekonomik etkileri, çevresel etkiler ana başlığı altında çok önemli bir alt başlığı oluşturuyor olsa da dünya genelindeki uygulamalarda üzerinde pek durulmamaktadır. Literatürdeki az sayıda çalışma, az gelişmiş ülkelerdeki alt gelir grupları ile o bölgedeki jeotermal kaynaktan yararlanma konuları ile sınırlandırılmıştır.

Jeotermal kaynağın bulunduğu bölgelerdeki yerleşim dokuları, jeotermal uygulamalardan yararlanış biçimleri, bölge halkının sosyal ve ekonomik profilleri ve bu profildeki jeotermal kullanımına dayalı değişiklikler, sosyo-ekonomik etkiler içerisinde yer almaktadır (Çakın ve diğ., 2006).

Jeotermal uygulamaların çevresel etkileri Tablo 2.3'de özetlenmiştir (Tokgöz Güneş, 2008).

Kaynaklar

1. BADRUK, M., Jeotermal Enerji Uygulamalarında Çevre Sorunları, Jeotermal Enerji Doğrudan Isıtma Sistemleri; Temelleri ve Tasarımı Seminer Kitabı-2003, MMO Yayın No: MMO/2003/328-4, (2003). Pp. 345-357.
2. BARBIER, E., Nature and Technology of Geothermal Energy: A review, *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 1,1-71, (1997).
3. BROWN, K.L. (convener), Course on Environmental Aspects of Geothermal Development, World Geothermal Congress, Pisa-Italy, (1995).
4. BROWN, K., Impacts on the Physical Environment, Course on Environmental Safety and Health Issues in Geothermal Development, World Geothermal Congress, Japan, (2000).
5. ÇAKIN, A., Kutluca, A.K., Çadırcı, B.H., Jeotermal Uygulamaların Fiziksel, Kimyasal, Biyolojik ve Sosyo-Ekonomik Etkileri, III. Ege Enerji Sempozyumu ve Sergisi Bildiriler Kitabı, (2006). Pp. 491-498.
6. DICKSON, M.H., Fanelli, M. (Editors), Small Geothermal Resources, A Guide to Development and Utilization, UNITAR/UNDP Centre on Small Energy Resources, Rome-Italy, (1990).
7. EL-WAKIL, M.M., *Power Plant Technology*, McGraw-Hill Inc., (1984).
8. GÖKÇEN G. G., Jeotermal enerji uygulamalarının çevresel etkileri, Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu (Yeksem '2001), TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, İzmir, (2001). Pp: 76-83.
9. HUBER, H., Stetter, K.O., Hyperthermophiles and Their Possible Potential in Biotechnology, *J. Biotechnol.*, 64, 39-52, (1998).
10. LUNIS, B., Brekenridge, R., Çevresel Hususlar, Jeotermal Enerji Doğrudan Kullanım ve Tasarım El Kitabı, ed: Lund, J. W., Lineau, P. J., Lunis, B. C., MMO Yayın No: MMO/2004/360, (2004). Pp:326.
11. MORA, D., Fortina, M.G., Ncastro, G., Parini, C., Manachini, P.L., Genotypic Characterization of Thermophilic Bacilli: A Study on New Soil Isolates and Several Reference Strains, *Res.Microbiol.*, 149, 711-722, (1998).
12. RYBACH, L., Environmental Aspects of Geothermal Development and Utilization, and Related Legal, Institutional and Social Implications, Post Congress Short Course on Environmental Advantages of Geothermal Energy, World Geothermal Congress, CD Transactions, Antalya (2005).
13. TOKA, B., Arı, N., Jeotermal Kaynakların Sürdürülebilir Gelişimi ve Çevresel Etkileri, http://www.izmir-dikili.bel.tr/haber/yukle/down/bulenttoka_nahitari.doc, (2008).
14. TOKGÖZ GÜNEŞ, S., Jeotermal Enerji ve Çevre, http://www.izmir-dikili.bel.tr/haber/yukle/down/sevgi_tokgoz.doc, (2008).
15. Türkiye Çevre Atlası, Çevresel Etki Değerlendirmesi ve Planlama Müdürlüğü, Çevre Envanteri Dairesi Başkanlığı, <http://www.cedgm.gov.tr/dosya/cevreatlasi.htm>, (2008).

16. UNGEMACH, P., Environmental Impacts of Low Enthalpy Direct Uses. The Geothermal District Heating Case, Post Congress Short Course on Environmental Advantages of Geothermal Energy, World Geothermal Congress, CD Transactions, Antalya (2005).
17. VIEILLE, C., Zeikus, G.J., Hyperthermophilic Enzymes: Sources, Uses and Molecular Mechanisms for Thermostability, *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 65, 1, 1-43, (2001).

Tablo 2.3. Jeotermal uygulamaların çevresel etkileri (Tokgöz Güneş, 2008).

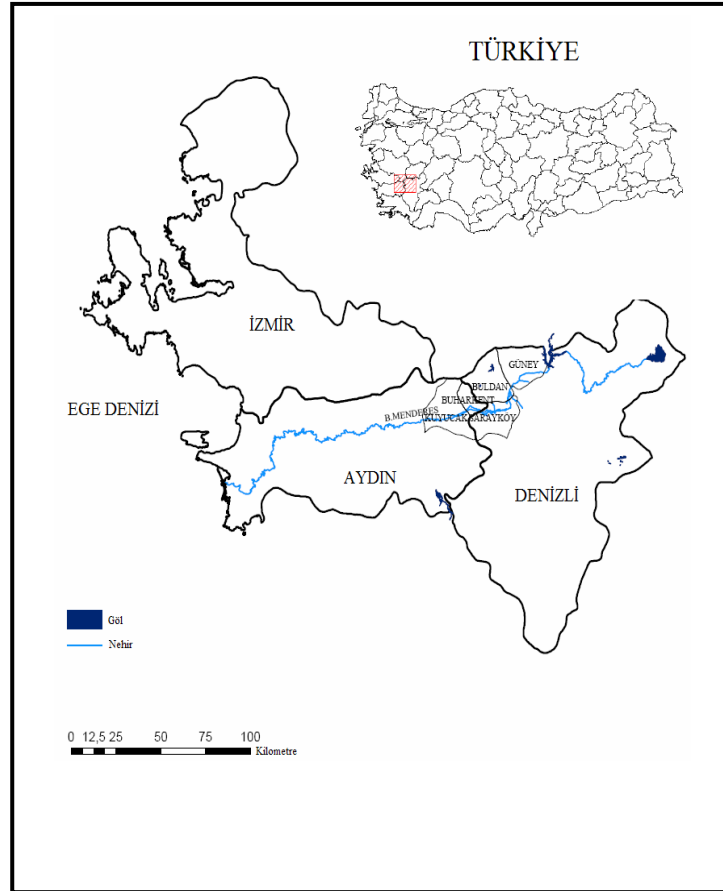
Olası sorunlar	Etki alanları	Etki	Etki bölgesi	Öncelik
Sondaj/yapı çalışmaları/araç trafiği	Çeşitli	Atmosferik emisyonlar	Y/B/G	D
Mesleki etkiler	İstihdam-çalışan	İstihdamın yükselmesi/kaza	Y/B-Y	D
Gürültü (artan trafik)	Genel halk	Gürültü	Y	O
Görsel etkiler	Genel Halk	Görsel etki	Y	O
Toprak kullanımı/ bitkilerin etkilenmesi	Ekosistem	Habitatın kaybı/erezyon	Y	D
Gürültü/inşaat uygulamaları	Ekosistem	Bozulma	Y	D
Su kirliliği	Yüzeysel ve yeraltı suları	Sondaj ve jeotermal sulardan kirlenme	Y	O
CO ₂	Çeşitli	Sera gazı	G	O
H ₂ S	Çeşitli	Sağlık etkileri/sinirlendirme/öfkelendirme	Y	O
Amonyak	Halk	Sağlık etkileri/sinirlendirme/öfkelendirme	Y	D
Radon	Halk	Sağlık etkileri/kansorejen	Y	D
Arsenik	Halk	Sağlık etkileri/ciltte korozif etki/kansorejen	Y	D
Cıva	Halk	Sağlık etkileri/nörolojik bozukluk	Y	D
Bor	Çeşitli	Sağlık etkileri/sinir/öfke/bitkilere zararlı	Y	D
Toksik kimyasallar (B, Li, As, H ₂ S, Hg, Rb, NH ₃)	Sucul ekosistem	Yeraltı ve yüzey sularının kirlenmesi/sedimentte birikim ve sucul organizma	Y	D
Termal kirlilik	Sucul ekosistem	Organizmalarda stres/yaşam formlarındaki değişim kaybı	Y	D
Yeraltısuyu değişimleri	Su temini		Y	D
Yüzey çökmesi	Çeşitli	Bina ve yapılarda stabilite kaybı/yer kırılmaları/su yollarında değişimler	Y	D-O
Toprak kullanımı	Ekosistem	Habitat kaybı/bozulma	Y	D
Görsel etkiler	Halk	Görsel etkiler	Y	O-Yü
Doğal özellik bozulması	Halk		Y	D-O
Sismik etkiler	Mal/mülk/arazi	Mal/mülk/arazi zararları	Y	D
Kuyu patlamaları	Çeşitli	Su kirliliği/halk sağlığı etkileri/bitki üzerine etkiler	Y	D
Hidrotermal patlama	Mal/mülk/arazi	Mal/mülk/arazi zararları/halk sağlığı	Y	D
Toprak kayması		Mal/mülk/arazi zararları/halk sağlığı	Y	D

Y=yerel, B=bölgesel, G=global, D=düşük, O=orta, Yü=yüksek

3. ÇALIŞMA ALANLARI

3.1. Elektrik Üretimi Sırasında Oluşan Çevresel Etkiler: Kızıldere Jeotermal Sahası ve Santrali-Denizli

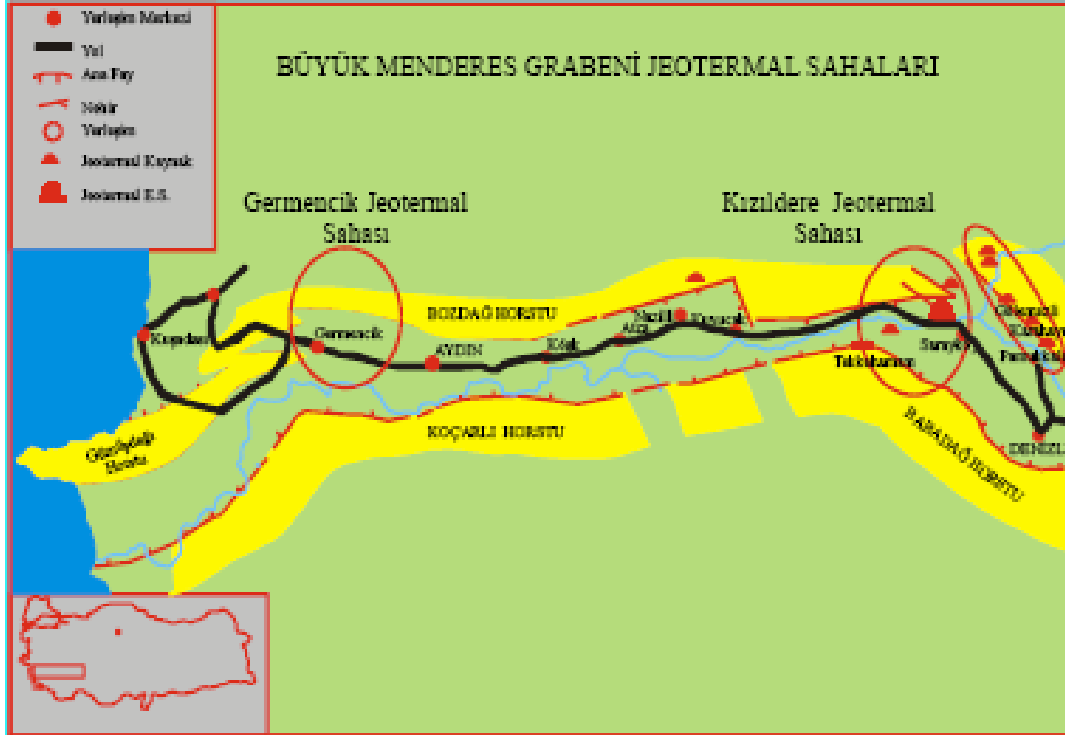
Kızıldere Jeotermal Sahası, Denizli ilinin 40 km batısında, Gediz ve Çürüksu grabenlerinin kesişme yeri olan, doğu-batı doğrultulu Büyük Menderes Grabeni'nin doğu bölümünde ve Büyük Menderes nehrinin batı ucunda, Denizli'nin Sarayköy ilçesi yakınlarında yer alır (Şekil 3.1). Yöre ayrıca kuzeybatı-güneybatı doğrultulu fay sisteminin de etkisi altındadır. Kızıldere Jeotermal Sahası yer bulduru haritası Şekil 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Kızıldere Jeotermal Sahası.

Kızıldere Jeotermal Sahası, Türkiye'de bilinen ilk yüksek sıcaklıklı jeotermal sahasıdır. Çevrede 1960'lı yıllarda doğal olarak yeryüzüne ulaşmış buhar ve sıcak su kaynakları bulunmuştur. 1968 yılında tamamlanan ilk üretim kuyusundan (KD1), 540 m derinlikte 198°C sıcaklık elde edilmiştir. 1968-1973 yılları arasında kapasiteyi belirlemek ve sahayı geliştirmek amacıyla açılan 17 adet kuyudaki rezervuar sıcaklıkları 170-212°C arasında tesbit edilmiştir.

Kızıldere Jeotermal Sahası'nda, açılmış olan kuyulardan 6 tanesinin (KD6, KD7, KD13, KD14, KD15 ve KD16) elektrik üretimine uygun olduğu MTA raporlarından belirlenmiş ve Türkiye Elektrik Kurumu (TEK)'nin girişimleri sonucunda 11 Şubat 1984 tarihinde 20.4 MW_e gücünde bir Elektrik Santrali kurulmuştur. 1986 ve 1987 yıllarında derinlikleri 810-892 m arasında değişen 3 yeni kuyu daha eklenmiştir (KD20, KD21, KD22).



Şekil 3.2. Kızıldere Jeotermal Sahası yer bulduru haritası (Şimşek ve diğ., 2000).

1997 yılında re-enjeksiyon kuyusu olarak açılan R1 kuyusu Türkiye'nin en derin (2262 m) ve en sıcak (242°C) kuyudur. Bu kuyu üretim kuyusu olarak kullanılmaktadır. Sahada 2001 yılında tamamlanan 1371 m derinliğinde bir adet re-enjeksiyon kuyusu (R2) mevcuttur. Sahada üretilen ortalama 900 ton/h jeotermal akışkanın sadece %13-17'si (120-150 ton/h) R2 kuyusu ile rezervuara geri verilmektedir. 2006 yılında re-enjeksiyon amaçlı açılan R3 kuyusu henüz devreye alınmamıştır.

Saha ve Santral'dan genel görünüşler sırasıyla Şekil 3.3 ve 3.4'de, Sahada mevcut 9 adet üretim kuyusu (KD6, KD13, KD14, KD15, KD16, KD20, KD21, KD22, R1) yerleşim planı Şekil 3.5'de, Santral krokisi Şekil 3.6'de, Santral akış şeması ise Şekil 3.7'de verilmiştir.

Bir jeotermal santral iki bölümde incelenebilir; a) buhar sahası, b) güç üretim ünitesi. Buhar sahası; üretim ve re-enjeksiyon kuyuları, seperatörler, susturucular, buhar hattı ve sahadaki diğer ekipmanları içerir. Güç üretim ünitesi ise; türbin, kondenser, gaz alma sistemi ve soğutma kulesini içine alır.

Şekil 3.7'de verilen akış şemasından da görüleceği gibi Kızıldere Jeotermal Sahası'nda 9 üretim kuyusunda üretilen ve kuyubaşına ulaştığında su-buhar-yoğuşmayan gazlardan oluşan bir karışım olan jeotermal akışkan her bir kuyubaşında bulunan seperatörlere gönderilir (Şekil 3.8). Su ile buhar fazının birbirinden ayrıldığı seperatörlerden çıkan atık su susturucuya gönderilerek atmosfere açılır (Şekil 3.9). Bu sırada bir miktar su ve çözünmüş gazlar buharlaşarak atmosfere verilir. Kalan su ise ya re-enjeksiyon kuyusuna ya Sarayköy Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemi'ne yada susturucuların arkasında bulunan savaklardan, kanallara, kanallar aracılığı (Şekil 3.10) ile de Büyük Menderes Nehri'ne gönderilir. Seperatörden ayrılan buhar fazı, su buharı ve yoğuşmayan gazların önemli bir kısmını (yaklaşık %92) içerir. Geri kalan yoğuşmayan gazlar su içinde çözünmüş halde bulunur. Her bir seperatör çıkışındaki buhar hattı, ana buhar hattı ile birleşerek türbin binasına ulaşır. Burada önce içinde bulunan yoğuşkanların alınması için bir ana nem seperatörüne, sonra da

türbine girer (Şekil 3.11). Türbine giden ortalama buhar debisi 33.3 kg/s'dir. Türbin çıkışında su buharı, yoğuşkan ve yoğuşmayan gazlardan oluşan karışım kondensere gider. Burada yoğuşmayan gazlar kompresörler (Şekil 3.12) ile alınır ve Santral'in yakınında bulunan sıvı CO₂ ve kurubuz tesisine gönderilir. Tesisin ihtiyaç fazlası gazlar atmosfere bırakılır. Kondenserde buharın sıvı hale dönüştürülmesi için soğutma kulesinden gelen soğutma suyu kullanılır. Kondenser çıkışındaki yoğuşkan soğutulmak üzere soğutma kulesine gönderilir (Şekil 3.13). Burada evaporatif soğutma sırasında bir miktar su buharı ve çözülmüş gaz buharlaşır.

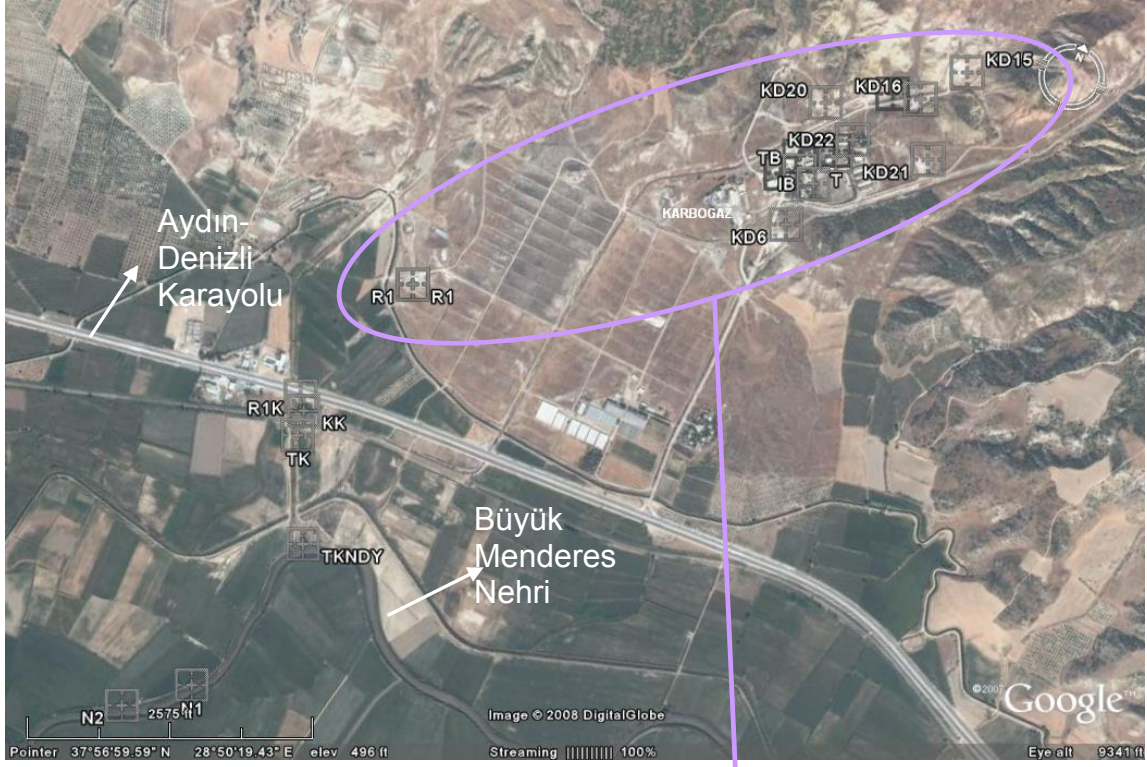
Kızıldere Jeotermal Santrali'nda; kuyubaşlarında susturuculardan, soğutma kulesinden, Karbogaz'ın ihtiyaç fazlası gazların atmosfere salındığı kompresör çıkışından ve kanal boyunca atık sudan atmosfere su buharı ve gaz emisyonu yapılmaktadır. Kanallar yolu ile de Büyük Menderes Nehri'ne su deşarjı yapılmaktadır.



Şekil 3.3. Kızıldere Jeotermal Santrali, genel görünüm.



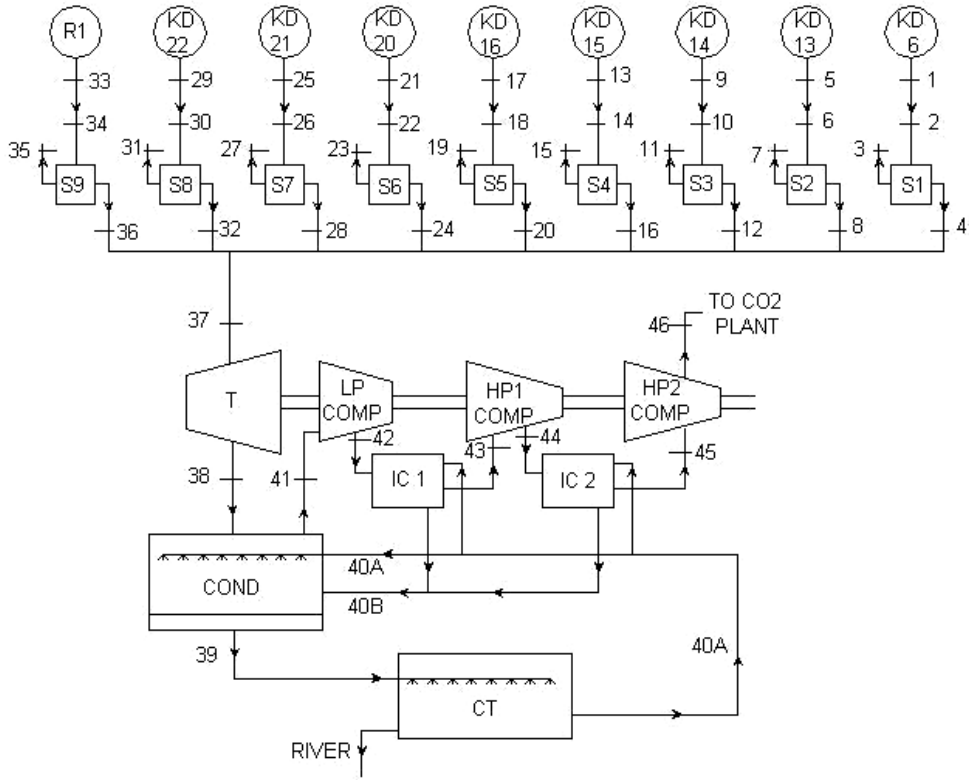
Şekil 3.4. Kızıldere Jeotermal Santrali, genel görünüm.



Şekil 3.5. Kızıldere Jeotermal Sahası kuyu yerleşimleri (KD6, KD13, KD14, KD15, KD16, KD20, DK21, KD22).



Şekil 3.6. Kızıldere Jeotermal Santrali yerleşimi (T: Türbin binası; SK: Soğutma kulesi; IB: İdari bina; TB: Teknik bina; M: Misafirhane).



COND	kondenser	IC	ara gaz soğutucu
CT	soğutma kulesi	T	türbin
HP	yüksek basınç	S	seperatör
LP	düşük basınç	CO ₂	karbondioksit
COMP	kompresör		

Şekil 3.7. Kızıldere Jeotermal Santrali akış şeması (Yıldırım ve Gökçen, 2004).



Şekil 3.8. KD13 kuyusu (kuyubaşı ve seperatör).



Şekil 3.9. Susturucu ve savağı.



Şekil 3.10. Atık su kanalı.



Şekil 3.11. Türbin-jeneratör ünitesi.



Şekil 3.12. Kompresör.



Şekil 3.13. Soğutma kulesi.

Kızıldere Jeotermal Sahası karakteristikleri ve üretim kuyularına ait veriler sırasıyla Tablo 3.1 ve 3.2'de verilmiştir (MTA, 2008; Dünya, 2008). Sahanın en çarpıcı özelliği yüksek yoğunlaşmayan gaz konsantrasyonuna (kuyu içinde %2.5, buharın hacimce %5, ağırlıkça %10-21'si) sahip olmasıdır. Bu gazların %96-99'u CO₂, 100-200 ppm'i H₂S ve 72 ppm'i ise NH₃'tür (MTA, 1996; MTA, 2008).

Tablo 3.1. Kızıldere Jeotermal Sahası karakteristikleri (MTA, 1996; MTA, 2008).

Rezervuar sıcaklığı	(°C)	200-242
Kuyubaşı buhar fraksiyonu	(%)	10-12
CO ₂ kısmi basıncı (P _{CO2})	(bar)	30-50
Toplam çözünmüş katı miktarı (TDS)	(ppm)	2500-3200
Buhardaki ağırlıkça yoğunlaşmayan gaz miktarı	(%)	10-21(ort. %15)
CO ₂ miktarı	(%)	96-99
H ₂ S miktarı	(ppm)	100-200

Tablo 3.2. Kızıldere Jeotermal Sahası üretim kuyuları bilgileri (Dünya, 2008).

Kuyu no.	Ölçüm tarihi	Debi (t/h)	Kuyubaşı sıcaklığı (°C)	Kuyubaşı basıncı (bar)
KD-6	05/02/2008	70	171	5.5
KD-13	11/03/2008	77	172	11.1
KD-14	09/01/2008	133	187	12.8
KD-15	08/02/2008	115	180	8.3
KD-16	16/01/2008	151	188	10.9
KD-20	05/03/2008	114	186	11.8
KD-21	20/02/2008	94	181	10.0
KD-22	28/03/2008	100	181	10.6
R-1	23/01/2008	160	217	28.8

* Sıcaklıklar, üretim değerlerine göre birkaç derece artıp azalabilmektedir.

* Üretim arttıkça sıcaklık da artar.

Saha'ya ait kimyasal analizlerde, jeotermal atık suyun yüksek konsantrasyonlarda sodyum (Na), bikarbonat (HCO₃), karbonat (CO₃) ve sülfat (SO₄) içerdiği belirlenmiştir (Tablo 3.3). Separatörden ayrılan ve su fazında yoğunlaşan bu kimyasallar kabuklaşmaya neden olduklarından Santral kapasitesini düşürürler. Bu nedenle kuyularda her yıl sonbahar aylarında üretimi en fazla düşen kuyudan başlanarak mekanik temizlik yapılır (Şimşek ve diğ., 2000).

Tablo 3.3. Kızıldere Jeotermal Sahası atık suyu kimyasal analizi (Şimşek ve diğ., 2000).

pH	9.52	HBO ₂	(mg/L)	118	
K ⁺	(mg/L)	158	HCO ₃	(mg/L)	1562
Na ⁺	(mg/L)	1375	CO ₃	(mg/L)	666
NH ₄ ⁺	(mg/L)	<0.5	SO ₄	(mg/L)	792
Ca ⁺⁺	(mg/L)	1.2	Cl	(mg/L)	127
Fe	(mg/L)	<0.1	I	(mg/L)	<0.5
S	(mg/L)	0.6	F	(mg/L)	15.6

Bir diğer kaynağa göre ise Kızıldere atık sularında; 7 g/s bor, 1500 g/s çözünmüş katı madde ve 0.4 g/s arsenik mevcuttur. Bor, rezervuarda 20-22 ppm, atık su kanallarında 25 ppm, nehirde karışımdan sonra (debi yüksek iken) 0.5-1.3 ppm civarındadır (Giese, 1998).

Bazı üretim ve gözlem kuyularına ait gaz analizleri ise Tablo 3.4'de verilmiştir. Kızıldere'de seperatörde ayrılmış olan buhar; CO₂, H₂S, NH₄, borik asit ve diğer uçucu maddelerin yanısıra, uçucu olmayan ve iyon şeklinde çözünmüş Na⁺ da içerir. Sahada CO₂ emisyonu yaklaşık 500 ton/gün'dür. Üretilen bir kWh elektrik başına açığa çıkan CO₂ miktarı çevresel açıdan önemli bir kriterdir. Kızıldere için bu miktar 2.1 kg CO₂/kWh'e'dir (Giese, 1998). CO₂ gazı, 1984-86 yılları arasında atmosfere verilmiş, 1986 yılında saf CO₂ ve kurubuz üreten Karbogaz A.Ş.(şimdiki adıyla Linde)'nin kurulması ile birlikte atmosfere salınan CO₂ gazı endüstriyel amaçlı kullanılmaktadır.

Tablo 3.4. Kızıldere Jeotermal Sahası'nda bazı üretim ve gözlem kuyularının gaz analizi (Sarıkurt, 1988; MTA, 1996).

Kuyu no.	Örnekleme tarihi	H ₂ (% hac.)	O ₂ -Ar (% hac.)	He (ppm)	N ₂ (% hac.)	CH ₄ (% hac.)	CO ₂ (% hac.)
KD 6	09/05/88	0.3	0.1	-	1.8	0.3	97.5
KD 6	15/06/88	< 0.1	2.7	5.4	11.8	< 0.1	85.5
KD 6	06/06/88	< 0.1	2.1	5.9	8.5	< 0.1	89.4
KD 7*	08/05/88	< 0.1	0.1	15.6	0.5	0.1	89.3
KD 7*	29/06/88	< 0.1	2.4	7.7	8.8	< 0.1	88.8
KD 14	30/06/88	< 0.1	11.6	11.6	42.6	< 0.1	45.8
KD 16	29/06/88	< 0.1	2.4	10.9	9.2	< 0.1	88.4
KD 21	23/06/88	< 0.1	1.6	14.0	3.6	< 0.2	94.8
KD 22	08/05/88	< 0.1	0.6	15.0	1.7	0.1	97.5

* Gözlem kuyusu

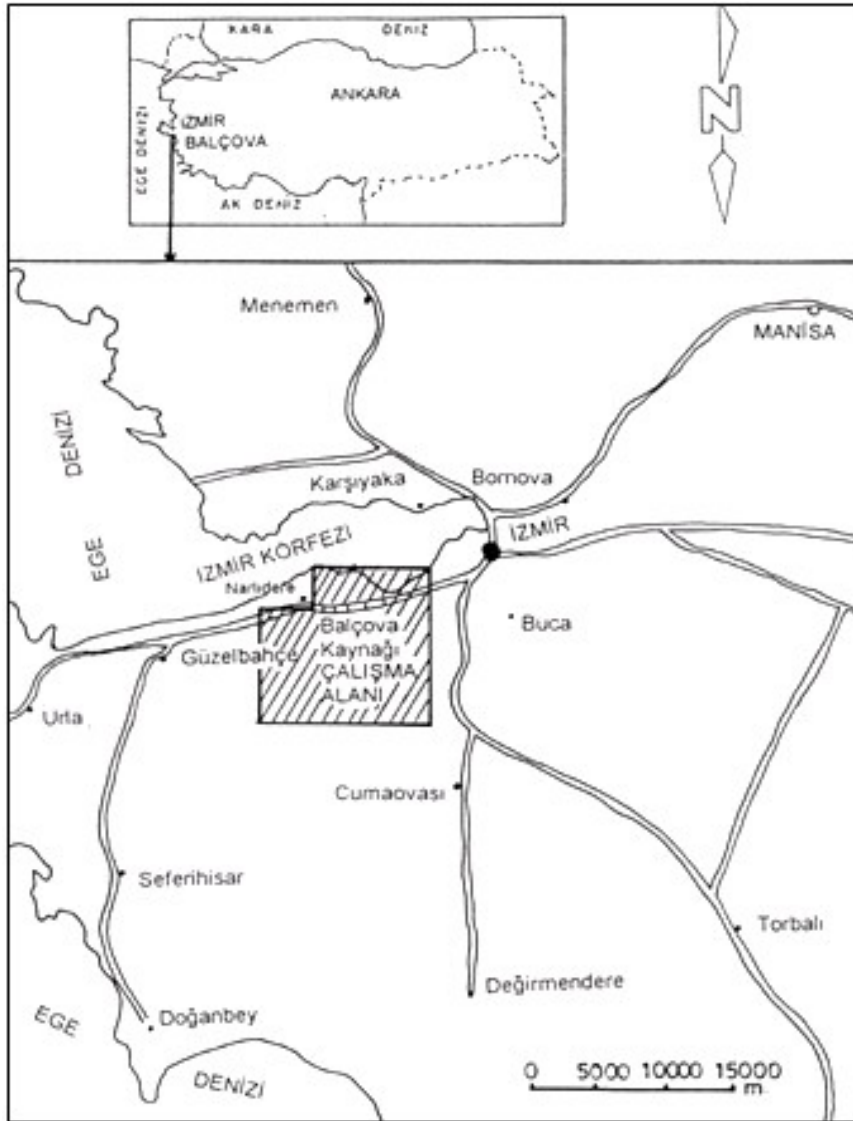
3.2. Elektrik Dışı Kullanım Uygulamaları Sırasında Oluşan Çevresel Etkiler: Balçova Jeotermal Sahası ve Bölgesel Isıtma Sistemi-İzmir

Balçova Jeotermal Sahası, İzmir şehir merkezinin 15 km batısında Balçova ilçesi sınırlarında yer alır. İlçenin doğusunda Konak, batısında ve güneyinde Narlıdere ilçesi, kuzeyinde ise İzmir Körfezi bulunmaktadır. Ayrıca güneyinde sulama amaçlı kullanılan Cengiz Saran Barajı bulunur. Baraj, Ilıca Deresi ile denize bağlanır. Balçova Jeotermal Sahası yer bulduru haritası Şekil 3.14'de, genel bir görünüm ise Şekil 3.15'de verilmiştir.

Saha, Helenistik dönemde bir şifa merkezi olarak kullanılmıştır. Tarihi M.Ö.1200 yıllarına dayanır. Dünyanın en önemli destanlarından biri olan İlyada ve Odesia'nın yazarı olan şair Homeros M.Ö. 8 yy. da İzmir'de yaşamıştır. Homeros'un İlyada Destanı'nın bir bölümünde bahsettiği Agamemnon ve Menelaos, Troia "Truva" seferini yapan Akhai ordusunun başında bulunan iki komutandır. Askerlerin bu sulara şifa bulması ve yaralarının iyileşmesi üzerine, şifalı suların çıktığı yerlere tesis olarak kapalı hücreler yapılmıştır (Web, 2008). Agamemnon kaplıcaları olarak bilinen Saha bugün de termal turizm merkezidir ve Balçova ekonomisine büyük katkı sağlamaktadır.

Balçova Jeotermal Sahası'nda ilk çalışmalar 1960 yılında başlamıştır. 1963 yılında arama amaçlı S1, S2 ve S3 kuyuları açılmış ve Sahada önemli bir jeotermal potansiyel olabileceği görülmüştür. Ancak 1983 yılına kadar ciddi bir çalışma yapılmamıştır. Sıcaklık dağılımının belirlenmesi amacıyla 1983 yılında 10 adet gradyen kuyusu, 1983-1987 yılları arasında kuyu

içi eşanjörleri ile ısıtma yapmak için, B serisi olarak bilinen 11 adet sığ üretim kuyusu açılmıştır. 1994 yılından sonra BD serisi derin kuyular açılmaya başlanmıştır. Sığ kuyularda rastlanan en yüksek sıcaklık 125°C iken derin kuyularda 140°C'ye yaklaşmıştır. Sahada açılan tüm kuyulara ait bilgiler Tablo 3.5'de, kuyu yerleşimleri ise Şekil 3.16'da verilmiştir. Kabuklaşma sorunlarını çözen inhibitörler ve jeotermal pompalardaki gelişmeler sayesinde 1996 yılında Saha'da jeotermal bölgesel ısıtma sistemi kurulmaya başlanmış ve 2000 yılında 6500 KE (konut eşdeğeri) kapasite ile yüklenici firmadan o tarihte yeni kurulan Balçova Jeotermal Ltd. Şti.'ne teslim edilmiştir. 2000 yılına kadar üretim amacıyla açılmış 23 kuyudan sadece 3 sığ (B4, B10, B11) ve 4 derin (BD3, BD4, BD6, BD7) kuyuda üretim gerçekleştirilmiştir. Sorunlu kuyuların geri kazanılması amacıyla "Kuyularda İyileştirme Projesi" başlatılmış ve B1, B5, B7, BD1, BD2 ve BD5 kuyuları üretim yapabilir hale getirilmiştir. BD3 ve BD6 kuyularında temizlik işlemleri, BD7 ve B10 kuyularında pompa değişimleri yapılmıştır. Bu sayede yeni kuyu açılmadan üretilebilir akışkan miktarı artırılarak, ısıtma kapasitesi 6500 KE'den 15,600 KE'ye ulaştırılmıştır. Şekil 3.17'de Balçova Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemi akış şeması, Tablo 3.6'da Saha'nın kronolojik gelişimi, Şekil 3.18'de ise Sistem'in 2000-2005 yılları arasındaki gelişimi görülmektedir.



Şekil 3.14. Balçova Jeotermal Sahası yer bulduru haritası (Şimşek, 2005).



Şekil 3.15. Balçova Jeotermal Sahası, genel görünüm.

2005 yılı Ocak ayında İzmir Büyükşehir Belediyesi'nin de %50 ortaklığıyla Şirket yapısı değiştirilerek İzmir Jeotermal A.Ş. kurulmuştur. Balçova Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemi (JBIS); Balçova ve Narlıdere Bölgesel Isıtma Sistemleri ile Dokuz Eylül Hastahanesi, Balçova Termal Otel, fizik tedavi merkezi, güzellik merkezi, yüzme havuzu, Prenses Hotel, Hotel Crown Plaza, Ekonomi Üniversitesi, İnciraltı öğrenci yurtları ve Sahil Evleri bölgesi ısıtmasını içeren 100 MW_t kapasiteli, 1,593,000 m² kapalı alan ısıtan dünyanın en büyük jeotermal bölgesel ısıtma sistemlerinden biridir. Balçova Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemi kullanıcı profili Tablo 3.7'de verilmiştir. Konut ve küçük işyerlerinde kullanılan 14,331 KE (Konut Eşdeğeri) dışında hastahane, otel, üniversite gibi daha büyük kapasiteli aboneler için ise 6018 KE ısıtma yapılmaktadır. Sahada sıcaklıkları 90-136°C arasında değişen 5'i sıg, 8'i derin olmak üzere 13 adet kuyudan üretim yapılmaktadır. 2 adet re-enjeksiyon kuyusu mevcuttur.

Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemi 3 kapalı çevrimden oluşur. Jeotermal çevrimde, üretim kuyularından kuyu içi pompalar ile üretilen jeotermal akışkan Saha'da bulunan ısı merkezlerine gelerek enerjisini şehir içinde dolaşan dağıtım hattında bulunan temiz suya aktarır ve re-enjeksiyon hattına verilir. 2. çevrim şehir içinde dolaşan ve jeotermal akışkan tarafından ısıtılmış temiz suyu taşıyan dağıtım hattıdır. Dağıtım hattı şehir içinde dolaşırken, her bir bina girişinde bulunan ısı değiştirgeci aracılığı ile bina içinde dolaşan kapalı devrede bulunan temiz suya enerji aktarır. 3. çevrim ise konut çevrimidir. Bina girişindeki ısı değiştirgecinde şehir çevriminden enerji alır ve binaya dağıtır. Re-enjeksiyon hattı da bir kapalı çevrimle 2 re-enjeksiyon kuyusuna, seralara ve otellere bağlıdır.

Tablo 3.5. Balçova Jeotermal Sahası kuyuları (Aksoy, 2005).

Adı	Derinliği, m	Delinme Tarihi	Amaç-Delen Kuruluş	En Son Kullanım Şekli
S1	125	1963	Arama-MTA	Gözlem
S2	125	1963	Arama-MTA	-
S3	125	1963	Arama-MTA	-
BG1	180	1983	GradyenMTA	-
BG2	125	1983	GradyenMTA	-
BG3	120	1983	GradyenMTA	-
BG4	150	1983	GradyenMTA	-
BG5	108	1983	GradyenMTA	-
BG6	80	1983	GradyenMTA	-
BG7	90	1983	GradyenMTA	-
BG8	108	1983	GradyenMTA	-
BG9	79	1983	GradyenMTA	-
BG10	80	1983	GradyenMTA	-
B1	104	1983	Üretim-MTA	Üretim
B2	150	1983	Üretim-MTA	Gözlem
B3	160	1983	Üretim-MTA	-
B4	125	1983	Üretim-MTA	Üretim
B5	110	1983	Üretim-MTA	Üretim
B6	150	1983	Üretim-MTA	-
B7	100	1983	Üretim-MTA	Üretim
B8	150	1983	Üretim-MTA	-
B9	48	1983	Üretim-MTA	Gözlem
B10	125	1987	Üretim-MTA	Üretim
B11	125	1987	Üretim-MTA	Gözlem
B12	150	1998	Üretim-SuSan	Gözlem
BTF1	125	1989	Üretim- DEÜ Tıp Fak.-MTA	-
BTF2	100	1989	Üretim- DEÜ Tıp Fak.-MTA	-
BTF3	100	1989	Üretim- DEÜ Tıp Fak.-MTA	-
BTF4	100	1989	Üretim- DEÜ Tıp Fak.-MTA	-
ND1	750	1996	Üretim-MTA	Gözlem
BD1	564	1994	Üretim-MTA	Üretim
BD2	677	1995	Üretim-MTA	Üretim
BD3	750	1995	Üretim-MTA	Üretim
BD4	630	1998	Üretim-MTA	Üretim
N1	250	1996	Üretim-MTA	Gözlem
BD5	1100	1998	Üretim-MTA	Üretim
BH-1	300	1998	Üretim- DEÜ Tıp Fak.- SuSan	Üretim
BD6	606	1999	Üretim-MTA	Üretim
BD7	600	1999	Üretim-MTA	Üretim
BD8	630	2002	Reenjeksiyon-MTA	Reenjeksiyon
BD9	776	2003	Üretim-MTA	Üretim
BD10	750	2004	Reenjeksiyon-MTA	Reenjeksiyon

Bölgesel Isıtma Sistemi dışında, Balçova ve İnciraltı bölgesinde yaygın olarak bulunan yaklaşık 60,000 m² sera da ring hattının dönüş suyu ile ısıtılmaktadır. Ayrıca İnciraltı ve Sahilevleri'nde bulunan İzmirspor Tesisleri, narenciye ve sebze bahçeleri ile villaların kendilerine ait kuyuları bulunmakta ve bu kuyular sulama ve kullanım suyu amaçlı kullanılmaktadır. İzmirspor dışındaki özel mülkiyetlerdeki kuyular ve kullanımları ile ilgili detaylı bilgi mevcut değildir.



Şekil 3.16. Balçova Jeotermal Sahası kuyu yerleşimleri (Şimşek, 2005).

Bölgede bulunan termal tedavi merkezinde (Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Merkezi) her yıl 1500'e yakın hasta tedavi görmektedir.

BJBIS'nde jeotermal akışkanın çevre ile etkileşiminin olabileceği noktalar ve ortaya çıkabilecek etkiler aşağıda listelenmiştir:

1. Üretim kuyuları
 - 1.1. Sondaj: Sondaj çamurunun ve kuyu testleri sırasında jeotermal akışkanın çevreye atılması, yeraltı suları ile etkileşim, gaz çıkışı, gürültü.
 - 1.2. Üretim: Koruyucu kaplamanın korozyona uğraması nedeniyle yeraltı suları ile etkileşim.
 - 1.3. Temizlik, rehabilitasyon: Kuyu temizliği yada kullanılmayan kuyuların tekrar üretime geçirilmesi çalışmaları sırasında jeotermal akışkanın çevreye atılması, yeraltı suları ile etkileşim.
2. Akışkan Deşarjı
 - 2.1. Re-enjeksiyon: Re-enjeksiyon zonunun yanlış seçilmesi nedeniyle yeraltı suları ile etkileşim.

- 2.2. Yüzey sularına atım: Doğal çıkışlar, re-enjeksiyon hattındaki kaçaklar ve re-enjeksiyon kapasitesinin düşmesi nedeniyle bir miktar jeotermal akışkan baraj deşarj kanalı olan Ilıca Deresi'nden denize atılmaktadır.
- 2.3. Fizik Tedavi Merkezi'nde Kullanım: Jeotermal akışkan fizik tedavi merkezinde havuzlarda, çamur banyolarında, masajda insan vücudu ile doğrudan temas etmektedir. Akışkanın kendine has kimyasal kompozisyonunun yanı sıra üretim kuyularında kabuklaşmayı önlemek için kullanılan inhibitörün içerdiği fosfatın insan sağlığına etkisi.
3. Dağıtım hattı: Toprak altına gömülü ya da yüzeydeki borularda görülen kaçakların toprağın kimyasal yapısına etkisi.
4. Isı Merkezi: Gürültü, çalışanlarda duyma güçlüğü, yüksek sıcaklıktaki akışkanla çalışmaktan kaynaklanacak yanma vakaları, ısı merkezinde kullanılan çeşitli asit ve gaz kaçakları.

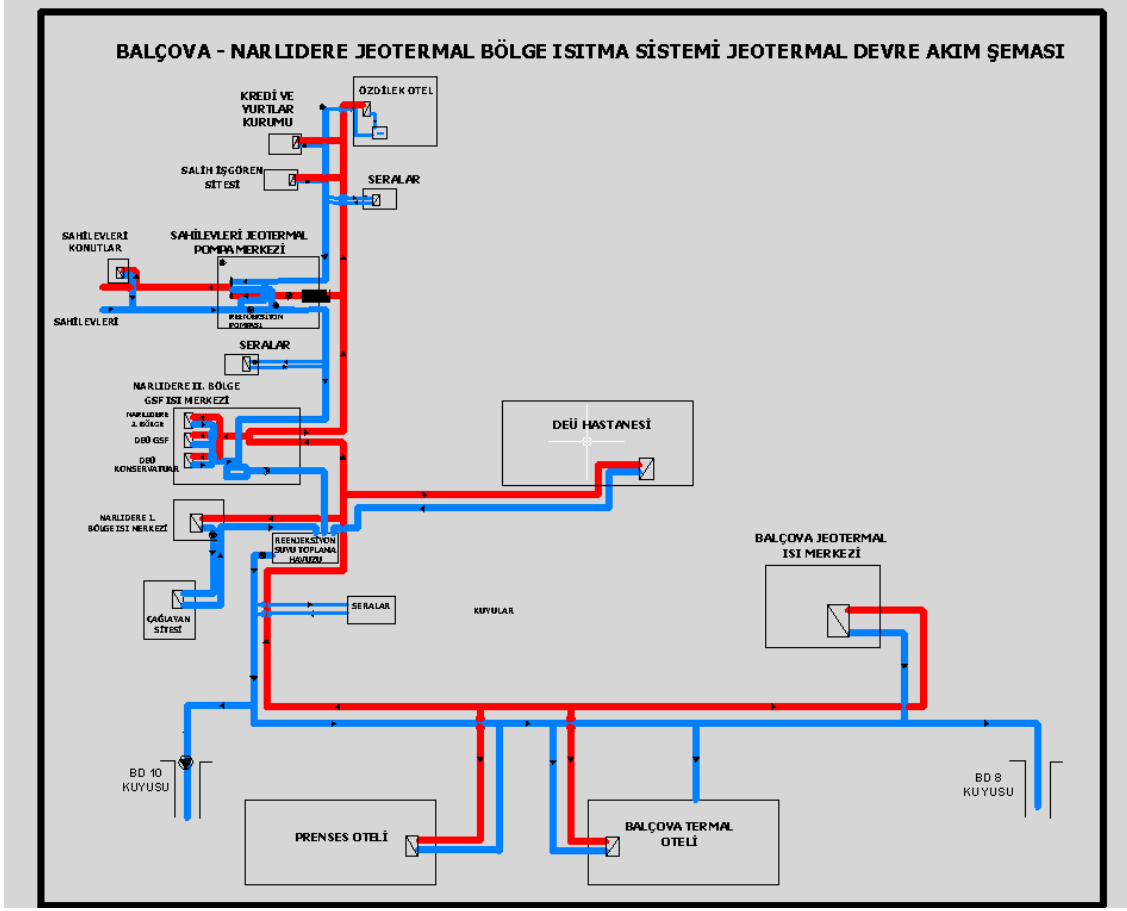
Tablo 3.6. Balçova Jeotermal Sahası kronolojik gelişimi (İzmir Jeotermal A.Ş., 2007).

Balçova Jeotermal Sahası Kronolojik Gelişimi	
1963	Balçova'da ilk jeotermal sondajın açılması
1983	Balçova Termal Tesisleri, kuyu içi eşanjörlü sistem ile ısıtma
1983	Dokuz Eylül Üniversitesi Uygulama ve Araştırma Hastanesi, kuyu içi eşanjörle ısıtma
1992	Dokuz Eylül Üniversitesi Uygulama ve Araştırma Hastanesi, kuyu dışı eşanjörle ısıtma
1994	Balçova Thermal Princess Hotel ısıtması
1995	1.Etap 2500 konut jeotermal ısıtma ve 500 konut jeotermal soğutma inşaatı işinin ihalesi
1996	Kapasitenin artırılarak 5000 konut ısıtma 1000 konut soğutmaya çıkarılması
1996	İzmir Balçova Merkezi Isıtma Sistemi'nin işletmeye alınması
1997	Kapasitenin artırılarak 7680 konut ısıtmaya çıkarılması
1998	1500 konut eşdeğeri ısıtma şebekesinin Narlıdere Jeotermal Merkezi Isıtma sisteminin işletmeye alınması
2000	Geçici kabul işlemlerinin başlaması
2000	Balçova Jeotermal Enerji San ve Tic Ltd. Şti 'nin kurulması
2001	DEÜ Araştırma ve Uygulama Hastanesinin bağlanması
2001	İzmir Ekonomi Üniveritesinin merkezi ısıtma sistemine bağlanması
2002	BD-8 Kuyusunun Açılması \ Reenjeksiyon Kuyusu
2002	Kesin Kabul Çalışmalarının sona ermesi
2003	BD-9 Kuyusunun Açılması
2003	3000 KE Özdilek Alışveriş Mrkz. Crown Plaza Otel, Kredi Yurtlar Kurumu, GSF, Konservatur ve 1720 ke Narlıdere Projesi
2003	1000 KE Balçova ilave Projesi (Tuğsuz Sitesi ve Çevresi)
2004	980 KE Sahilevleri Projesi
2004	BD-10 Kuyusunun Açılması \ Reenjeksiyon Kuyusu
2005	1500 KE Yeniköy Projesi
2005	Şirket Statüsü ve Unvanı değiştirilerek % 50 İzmir Büyük Şehir Belediyesinin Şirkete orta
2005	3917 KE Balçova Teleferik Mahallesi Projesi (İhale KİK tarafından iptal edildi. Aralık 2005 de ihale yenilendi. 18 Ocak 2006 da temel atıldı.)
2006	Seferihisar kuyularının devralınması

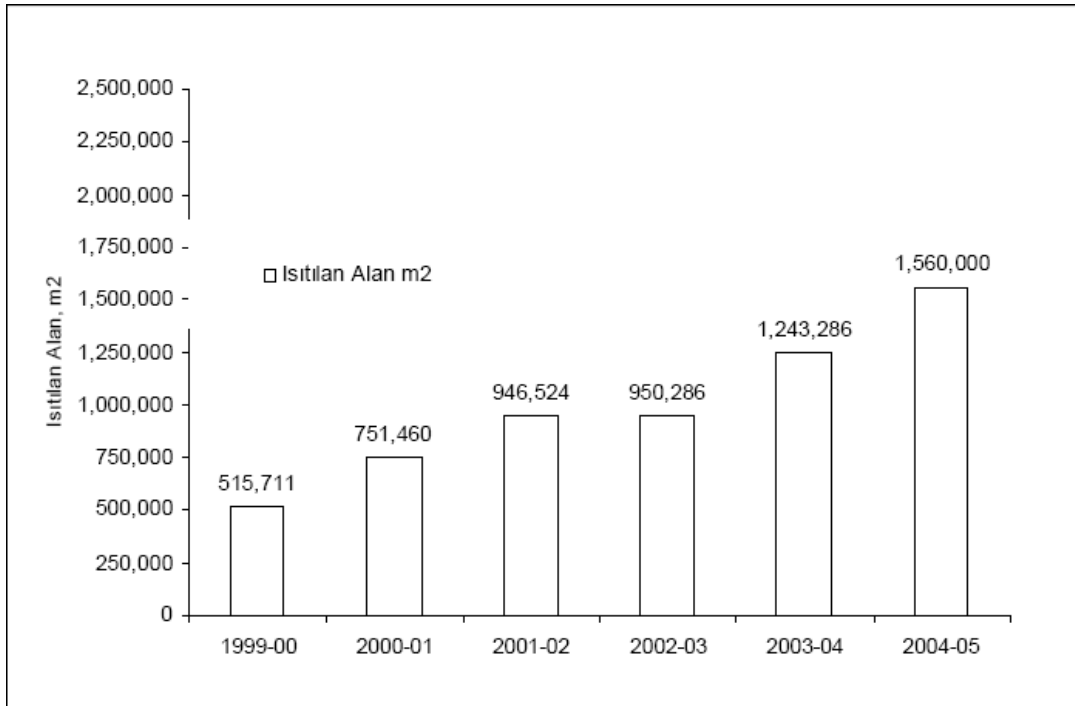
Tablo 3.7. Balçova Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemi kullanıcı profili (İzmir Jeotermal A.Ş., 2007).

KONUTLAR	Bina	Konut	Abone	Abone (m ²)	KE
Balçova-Narlıdere			10606	1,282,275	12,823
Onur-Fevzi Çakmak Mahalleleri			1406	150,871	1509
TOPLAM ABONE			12012	1,433,146	14,331
DİĞER KULLANICILAR					
Resmi Kurumlar (Okul, Belediye..vs)					265
Princess Otel	Isınma + Sıcak su eldesi + Termal kullanım				571
Balçova Termal Otel	Isınma + Sıcak su + (Havuzlar + Kür Merkezi)				653
DEÜ Güzel Sanatlar Fakültesi	Isınma				365
Princess Otel	Isınma + Sıcak su eldesi + Termal kullanım				571
Balçova Termal Otel	Isınma + Sıcak su + (Havuzlar + Kür Merkezi)				653
DEÜ Hastanesi	Isınma + Sıcak su eldesi				2459
DEÜ Konservatuvarı	Isınma				175
Kredi ve Yurtlar Kurumu	Isınma				528
					20,349

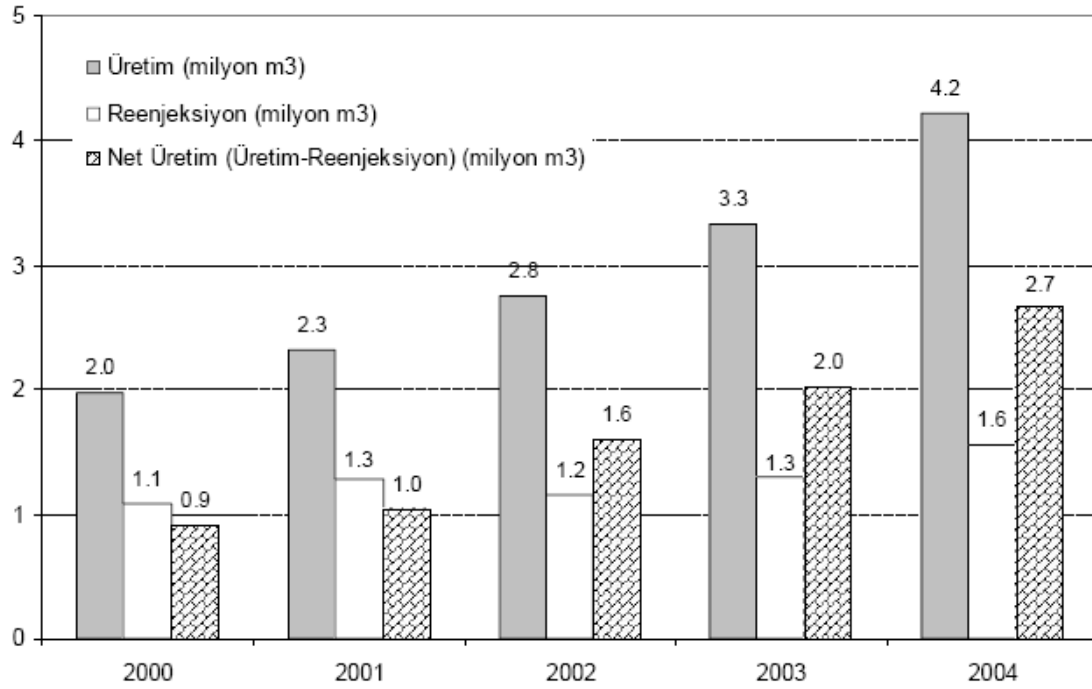
Sahada 2000-2005 yıllarında periyodik olarak su analizleri yapılmıştır. Su kimyası verileri sahanın jeokimyasal yönden değerlendirilmesi, kabuklaşma, korozyon ve karışım problemlerinin belirlenmesinde kullanılmıştır. BD9 ve BD10 kuyularının kimyasal bileşimi, sahanın sıcaklığının doğruya doğru arttığını doğrulamıştır. Su kimyası verileri de, sahanın batısına doğru soğuma ve soğuk su karışımı olduğunu, jeotermal kaynağın doğruya doğru daha yüksek sıcaklığa ulaşması gerektiğini göstermiştir. Cl, B ve Br iyonlarının konsantrasyonunun doğudaki kuyularda yükseliyor olması, kaynağın doğruya doğru gelişimini doğrulamıştır. Su kimyası çalışmaları ile sahadaki inhibitör tüketiminde büyük tasarruf sağlamıştır. Bu sayede ihmal edilebilir derecede az inhibitör kullanıldığı için, özellikle termal tedavi merkezlerine hemen hemen katkısız denilecek saflıkta termal su gönderilmektedir. Ayrıca kullanılan inhibitörlerin insan sağlığına zararlı olmadığına dair sertifikalı olmalarına da dikkat edilmektedir. Kimyasal izleme ve sistemin buhar basıncı üzerinde çalıştırılması sonucu, kuyular, jeotermal iletim hatları, pompa ve eşanjörlerde kabuklaşma sorunu önlenmiştir. 2000-2004 yıllarında sahadan yapılan üretim, re-enjeksiyon ve net üretim miktarları Şekil 3.19'da verilmiştir. Bu yıllarda Saha'da kapasite artırımına bağlı olarak üretim artmış fakat re-enjeksiyon kapasitesinde önemli bir artış görülmemiştir. 2002 yılında verimsiz ve soğumaya neden olan sığ kuyulara re-enjeksiyon terk edilmiş ve sahanın dış sınırlarından derine re-enjeksiyon stratejisi benimsenerek açılan BD8 kuyusu aracılığı ile, derine re-enjeksiyon yapılmaya başlanmıştır. Bu da re-enjeksiyon kapasitesini %60 artırmıştır (Aksoy, 2005).



Şekil 3.17. Balçova Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemi akış şeması (Büyükbay, 2005).



Şekil 3.18. BJBIS 2000-2005 yılları arası gelişimi (Aksoy, 2005).



Şekil 3.19. Yıllık üretim, re-enjeksiyon ve net üretim (Aksoy, 2005).

Balçova ve İnciraltı bölgesinde yaygın olarak kullanılan seralar, İzmirspor Tesisleri, narenciye ve sebze bahçeleri ile villaların kendilerine ait kuyularını sulama amaçlı kullandıkları gözönüne alınarak yapılan çalışmalardan biri Çakın ve diğ. (2005) tarafından yürütülmüştür. Balçova Jeotermal Sahası'nda bulunan üretim ve re-enjeksiyon kuyuları ile soğuk su kuyuları (içme ve sulama suyu olarak kullanılan yeraltı suyu) Eylül-Haziran 2003 döneminde gözlemlenmiş ve Saha'dan toplanan örnekler analiz edilmiştir. TS 266 (1987) ve EPA (1976)'ya göre, alüminyum, arsenik, demir, mangan ve bor miktarları içme; flor, bor ve mangan miktarları ise sulama suyu standardında öngörülen miktarların üzerinde tesbit edilmiştir. Balçova Jeotermal Sahası'nda ayrıca krom, nikel ve kurşun gibi ağır metal içerikleri de TS 266 (1987)'de izin verilen değerlerin üzerinde bulunmuştur. Bunun yanısıra sulama suyu kalitesi açısından sular Na, elektriksel iletkenlik, Cl, SO₄, iz element vb. içeriklerine göre incelenmiştir. Bu değerlendirmelere göre, tüm jeotermal sular sulama amaçlı kullanımda sakıncalı sular sınıfına girmektedir. Buna karşılık jeotermal kuyuların yakınında bulunan soğuk su kuyusu sulama amaçlı kullanılabilir, fakat içmeye uygun değildir (Çakın ve diğ., 2005).

Yine aynı bölgede Şimşek (2005) tarafından yapılan çalışmada sıcak sularda bor (B) ve arsenik (As) dağılımı incelenmiştir. As konsantrasyonunun jeotermal üretim kuyularının bulunduğu alanlarda yoğunlaştığı ve jeotermal sulardaki As konsantrasyonunun TS 266 (1987)'de içme suyu için önerilen 50 µg/mL değerinin oldukça üzerinde olduğu belirlenmiştir. B konsantrasyonu ise 22 mg/L değerine kadar ulaşmaktadır. Balçova Jeotermal Sahası'ndaki soğuk su akiferlerinde, sıcak sulardan kaynaklanan B ve As kirlenmesi belirlenmiştir (Şimşek, 2005).

2005 yılında İzmir Jeotermal A.Ş. tarafından işletilmeye başlanan BJBIS'de 2008 Mayıs'a kadar gerçekleştirilen yeni üretim ve re-enjeksiyon kuyusu açma, boru hatlarındaki kayıpların önlenmesi, sistem kapasitesinin artırılması ve kullanılan tüm akışkanın re-enjeksiyona gönderilmesini hedefleyen çalışmalar, Saha'daki basınç düşümü probleminin ortadan kalkmasını, kontrolsüz su kayıplarının yarattığı korozyon problemlerinin de çok azalmasını

sağlamıştır. Mayıs 2008 itibariyle Saha'da %80-85 re-enjeksiyon yapılmakta, %100'e çıkarılması hedeflenmektedir (Yusufoğlu, 2008).

Kaynaklar

1. AKSOY, N., Balçova-Narlidere Jeotermal Sahası Rezervuar Gözlemleri:2000-2005, Jeotermal Enerji Seminer Kitabı, MMO Yayın No: E/2005/393-2, (2005), pp.227-247.
2. BÜYÜKBAY, N., kişisel görüşme, (2005).
3. ÇAKIN, A., Gökçen, G., Eroğlu, A., Jeotermal Uygulamaların Çevresel Etkileri: Balçova Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemi Örneği, Jeotermal Enerji Seminer Kitabı, MMO Yayın No: E/2005/393-2, (2005), pp.345-361.
4. DÜNYA, H., kişisel görüşme, (2008).
5. GIESE, L.B., Seminar on Geothermal Energy, Lecture Notes, DEU, İzmir (unpublished), (1998).
6. İzmir Jeotermal A.Ş., kişisel görüşme, (2007).
7. MTA, Buhar sahası ve santral verileri, kişisel görüşme, (1996).
8. MTA, Buhar sahası ve santral verileri, kişisel görüşme, (2008).
9. SARIKURT, H., Kızıldere Jeotermal Santrali, yayınlanmamış rapor, (1988).
10. ŞİMŞEK, Ş., Doğdu, M.Ş., Akan, B., Yıldırım, N., Chemical and Isotopic Survey of Geothermal Reservoirs in Western Anatolia, Turkey, CD Proceedings of World Geothermal Congress, Japan, (2000), Pp. 1765-1770.
11. ŞİMŞEK, C., Balçova Jeotermal Sahasında Bor ve Arsenik Kirliliği, Jeotermal Enerji Seminer Kitabı, MMO Yayın No: E/2005/393-2, (2005), pp.361-371.
12. TS266, Sular-İçme ve Kullanma Suları Standardı, (1987).
13. EPA (United States Environmental Protection Agency), Quality Criteria for Water, Washington, D.C., U.S. Government Printing Office, (1976).
14. YILDIRIM, E.D., Gokcen, G., Exergy Analysis and Performance Evaluation of Kizildere Geothermal Power Plant, Turkey, *International Journal of Exergy*, 1, 316-333, (2004).
15. YUSUFOĞLU, A., kişisel görüşme, (2008).
16. WEB, http://www.balcova.org/tr_tarihi.html, (2008).

4. FİZİKSEL ÇEVREYE OLAN ETKİLER

Jeotermal sahalarda arama, geliştirme ve işletme aşamalarında karşılaşılan en önemli fiziksel problem olan gürültü; sondaj ve kuyunun üretime açılması sürecinde geçici, işletme sürecinde ise sürekli. Sondaj sırasında yaşanan bir diğer problem sondaj çamuru ve beraberinde kuyudan gelen katı atıkların yarattığı kirliliktir.

Kızıldere ve Balçova Jeotermal Saha'larında yüzey çökmesi ile ilgili herhangi bir belirti gözlenmemiştir.

Kızıldere Jeotermal Sahası'nda, kalsiyum karbonat çökmesi nedeniyle gerçekleştirilen mekanik temizlik ile katı atık üretilmektedir. Ayrıca Büyük Menderes Nehri'ne gönderilen atık su nedeniyle Nehir suyu sıcaklığında yükselme görülmektedir. Jeotermal etkinin olmadığı Yenice-Kamara'da nehir suyu sıcaklığı ölçüm periyodunda 7.7-21.4°C arasında değişirken, atık suyun Nehre döküldüğü yerde 22.9-42.7°C, bu noktanın yaklaşık 650 m mansabında Nehir 2 örnekleme noktasında 10.8-33.9°C, yaklaşık 7 km mansabında Buharkent Köprü'de ise 10.8-22.9°C arasında ölçülmüştür.

4.1. Gürültü Ölçümleri

Hem Kızıldere hem de Balçova Jeotermal Sahaları'nda çeşitli safhalarda gürültü ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

4.1.1. Kızıldere Jeotermal Sahası Gürültü Ölçümleri

Kızıldere Jeotermal Sahası'nda işletme sırasında gerçekleşen gürültü seviyelerinin belirlenmesi amacıyla 18 Temmuz 2006 tarihinde ölçümler alınmıştır. Şekil 3.5 ve 3.6'da gösterilen kuyular ve Santral içindeki binalarda alınan ölçüm değerleri Tablo 4.1'de listelenmiştir. Ölçümler; 9 adet üretim kuyusundan (Şekil 4.1) ve Santral içinde önemli gürültü kaynakları olan türbin, kompresör, kondenser, soğutma kulesi ile insanların çalıştığı ve uyuduğu binalar olan misafirhane, teknik bina ve türbin binası olmak üzere 16 noktadan alınmıştır. Her bir noktanın farklı iki yönünde aynı uzaklıktan alınan 10'ar dakikalık ölçümlerde NOR131 Ses Düzeyi Ölçüm Cihazı kullanılmıştır.



Şekil 4.1. Kuyubaşı gürültü ölçümü.

Tablo 4.1. Kızıldere Jeotermal Sahası ve Santrali gürültü ölçüm değerleri.

Ölçüm noktaları	L _{eq} (dBA)
KD 6 1.nokta	69.5
KD 6 2.nokta	74.2
KD 13 1.nokta	77.2
KD 13 2.nokta	76.3
KD 14 1.nokta	71.6
KD 14 2.nokta	70.1
KD 15 1.nokta	88.1
KD 15 2.nokta	75.5
KD 16 1.nokta	85.2
KD 16 2.nokta	80.8
KD 20 1.nokta	81.4
KD 20 2.nokta	79.3
KD 21 1.nokta	84.7
KD 21 2.nokta	73.6
KD 22 1.nokta	78.7
KD 22 2.nokta	81.9
R1 1.nokta	84.6
R1 2.nokta	80.8
Soğutma Kulesi 1.nokta	75.7
Soğutma Kulesi 2.nokta	77.8
Kondenser 1.nokta	88.4
Kondenser 2.nokta	89.7
Türbin 1.nokta	87.5
Türbin 2.nokta	88.8
Turbojeneratör Binası Dış Cephe 1.nokta	59.8
Turbojeneratör Binası Dış Cephe 2.nokta	80.4
Kompresör 1.nokta	92.7
Kompresör 2.nokta	91.3
Teknik Bina İçi 1.nokta	61.3
Teknik Bina İçi 2.nokta	57.7
Misafirhane İçi 1.nokta	49.2
Misafirhane İçi 2.nokta	39.2

Tablo 4.2. Gürültü seviyesine bağlı maruz kalma süreleri (Gürültü Kontrol Yönetm., 2003).

Gürültüye maruz kalınan süre (saat/gün)	Maksimum gürültü seviyesi (dBA)
7.5	80
4.0	90
2.0	95
1.0	100
0.5	105
0.25	110
1/8	115

Darbe gürültülerinin üst seviyesi 140 dBA'yı aşamaz.

Gürültü Kontrol Yönetmeliği (2003)'nin 11. maddesinde belirtilen, gürültüye maruz kalınan süreye göre maksimum gürültü seviyesi değerleri ise Tablo 4.2'de verilmiştir. Bu değerler; 19:00-22:00 saatleri arasında 5, 22:00-06:00 saatleri arasında ise 10 dBA daha düşük alınarak zaman dilimi düzeltilmesi yapılmalıdır.

Tablo 4.2'ye göre; günde 7.5 saat çalışma süresi gözönüne alındığında; KD6, KD13, KD14 kuyuları, soğutma kulesi ile türbin binası dış cephesindeki ölçümler izin verilen gürültü seviyesinin altında, diğer noktalardaki değerler ise üzerindedir. Bu verilere göre çalışma süreleri düzenlenmeli ve gerekli korunma tedbirleri (kulaklık vb.) alınmalıdır. Jeotermal sahalarda görülen en sık görülen sağlık problemlerinden biri işitme kaybıdır.

Kuyu, seperatör ve susturucuların bir arada bulunduğu kuyubaşında yüksek basınçtaki buharı atmosfere açan susturucular sahadaki en önemli gürültü kaynağıdır. Kuyubaşı gürültü seviyeleri 69.5-88 dBA aralığında ölçülmüştür.

Santral binası içinde ise en büyük gürültü kaynağı kompresördür ve gürültü seviyesi ortalama 92 dB'dir. Santral binasında bulunan diğer gürültü kaynakları türbin ve kondenser (ort. 88 dBA)dir.

Ofislerin bulunduğu teknik binada gürültü seviyesi ortalama 60 dBA'dır. Çevresel Gürültü Yönetmeliği (2008) çerçevesinde kamu kurum ve kuruluşlarında ofislerde gürültü düzeyi 45 dB'i aşamaz.

Aynı Yönetmeliğe göre, konutlar için yatak odalarında gece boyunca eşdeğer gürültü seviyesi şehir içinde 40, şehir dışında 35 dBA olarak belirlenmiştir. Misafirhanede ölçülen gürültü seviyeleri 39-49 dBA'dır ve sınır değerlerin üzerindedir.

Jeotermal sahalarda en büyük gürültü kuyuların sondaj yada temizlik sonrasında üretime açılması sırasında oluşur. Sürekli olmayan bu proses sırasında oluşan gürültü seviyelerini belirlemek amacıyla 14 Kasım 2006 tarihinde temizlik sonrası atmosfere açılan KD6 kuyusunda (yaklaşık 5 m uzakta) gerçekleştirilen gürültü ölçümü değerleri; $L_{eq}=106.8$ dBA, $L_{max}=110.9$ dBA, $L_{min}=102.3$ dBA ve $L_{peak}=123.1$ dBA olarak kaydedilmiştir (Şekil 4.2). 120 dBA'da kulakta acı hissi başlar, 130 dBA ise jet uçağının havalanma sırasında 60 m uzağında ölçülen gürültüdür ve 100 dBA'nın üzeri tahammül edilemez gürültü seviyesi olarak sınıflandırılır. Tablo 4.2'ye göre 105 dBA'ya maruz kalma süresi yarım saattir. Kuyunun atmosfere açılma işlemi ise 1 saat civarında sürmektedir. Kuyunun vanasını kademeli olarak açan işçinin herhangi bir korunma önlemi almadığı görülmüştür.



Şekil 4.2. Temizlik sonrası üretime açılan KD6 kuyusu gürültü ölçümü.

4.1.2. Balçova Jeotermal Sahası Gürültü Ölçümleri

Balçova Jeotermal Sahası, Balçova ilçesinde yerleşim biriminin merkezinde yer almaktadır. Bu nedenle de hem sondaj çalışmaları için yer bulmak hem de sondaj sırasında oluşan gürültüden çevrede yaşayanları korumak çok önemli bir sorun olarak işletmecilerin karşısına çıkmaktadır. Bölgesel Isıtma Sistemleri'nde işletme sırasında oluşan gürültü, ısı merkezlerinin içinde bulunan pompalardan kaynaklanmakta ve ısı merkezi içinde kalmaktadır. Kuyularda ise kuyu içi pompa ile üretim yapıldığı için gürültü oluşmamaktadır.

Balçova Jeotermal Sahası'nda hem ısı merkezi ve çevresinde hem de sondaj sırasında gürültü ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

4.1.2.1. Isı merkezi gürültü ölçümleri

Kuyulardan gelen jeotermal akışkanın enerjisinin ısı değiştirgeçlerine aktarıldığı ve hem jeotermal hem de şehir hattına ait sirkülasyon pompalarının devrede olduğu ısı merkezleri, ısıtma sezonu dışında da konutlara sıcak su sağlamak amacıyla kısmen devrededir. Ana ısı merkezinde 31 Mayıs 2006 (ısıtma sezonu dışı) tarihinde gerçekleştirilen gürültü ölçümlerinde kaydedilen değerler; ısı merkezi içi: $L_{eq}=79.0$ dBA, $L_{max}=80.8$ dBA, $L_{min}=44.6$ dBA ve $L_{peak}=93.4$ dBA, ısı merkezi dışı (4 m uzağı): $L_{eq}=62.8$ dBA, $L_{max}=78.6$ dBA, $L_{min}=58.3$ dBA ve $L_{peak}=90.6$ dBA. İki adet 23 Hz ve 160 kW gücünde sirkülasyon pompasının devrede olduğu ısı merkezi, yerleşimin ağırlıklı olduğu bölgedeki endüstriyel tesis olarak değerlendirildiğinde Çevresel Gürültü Yönetmeliği (2008)'nde belirtilen çevresel gürültü sınır değerleri $L_{gündüz}=65$ dBA ve $L_{gece}=55$ dBA'dır. En yakın konutun ısı merkezinin yaklaşık 10 m uzağında olduğu düşünülürse eşdeğer ses seviyeleri değerlendirildiğinde gündüz gürültü sınır değerinin altında, gece ise üzerinde kaldığı görülmektedir. Isı merkezinde çalışanlar açısından durum değerlendirildiğinde Yönetmelikte belirtilen 7.5 saatlik gürültü maruziyet sınırı $L_{eq}=80$ dBA'dır ve yaz uygulamasında bile işçi sağlığı açısından tehlike görülmektedir.

Saha'da proje çalışanları tarafından yürütülen bir Yüksek Lisans tezi kapsamında 2002-2003 ısıtma sezonunda gürültü ölçümleri, ısı merkezi içinde ve dışında olmak üzere 6 farklı noktada gerçekleştirilmiştir. Gürültü ölçüm aralığı ısı merkezi içinde 83.6-90.0 dBA, dışında ise 65.4-73.7 dBA olarak belirlenmiştir (Çakın, 2003). Ölçüm sırasında sirkülasyon pompaları %50 kapasiteyle çalışıyor olmalarına rağmen pompaların yanında gürültü seviyesi 90 dBA olarak belirlenmiştir. Tablo 4.3'de gürültü ölçüm değerleri, yerleri ve gürültü seviyeleri verilmiştir. Çevresel Gürültü Yönetmeliği (2008)'nde verilen gece-gündüz gürültü sınır değerleri ile karşılaştırıldığında bina dışında ve en yakın apartman önündeki değerler hem gece hem de gündüz sınır değerlerinin üzerindedir. Konutlar içinde ölçüm yapma izni alınamadığı için değerler mevcut değildir. İşçi sağlığı açısından bakıldığında ise ısı merkezi içinde çalışanların yaklaşık 84-90 dBA aralığında gürültüye maruz kalmaları nedeniyle kulaklık kullanmaları gerekmektedir.

Tablo 4.3. Ölçüm noktaları ve gürültü seviyeleri (Çakın, 2003).

No.	Ölçüm noktası	Ölçüm değeri (dBA)
1	Sirkülasyon pompası önü	90.0
2	Isı merkezine girişin önü	83.6
3	Isı merkezinin sol köşesi	67.4
4	Isı merkezinin sağ köşesi	66.0
5	En yakın apartman önü	69.4
6	B2 kuyusu önü	73.3

4.1.2.2. Sondaj sırasında gürültü ölçümleri

Balçova Jeotermal Sahası'ndaki yapılaşma nedeniyle sondaj yeri bulmak önemli bir problemdir. 31 Mayıs 2006 tarihinde MTA tarafından açılmakta olan ve apartman binaları arasında küçük bir parkta bulunan BD11 kuyusunda gürültü ölçümleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.3). Apartmanlara 3-4 metre uzaklıkta bulunan sondaj sırasında gürültü şikayetleri nedeniyle sondaj zaman zaman kesintiye uğramıştır (Şekil 4.4).



Şekil 4.3. BD11 kuyusu gürültü ölçümü.



Şekil 4.4. BD11 kuyusu sondajı.

Sondajda kullanılan ekipmanlar ve güçleri; sondaj makinası motoru (2 adet, toplam 437 kW), 1 adet çamur pompası (246 kW), çamurdan kırıkları ayırmada kullanılan siklon motoru (dizel, 220 HP), 2 adet elektrikli sallantılı elek şeklindedir. Kuyuya takım indirildiği sırada ve sadece sondaj makinasının boşta çalıştığı bir sırada gerçekleştirilen ölçümlerde $L_{eq}=75.3$ dBA, $L_{max}=90.7$ dBA, $L_{min}=71.2$ dBA ve $L_{peak}=102.5$ dBA olarak kaydedilmiştir. Çevresel Gürültü Yönetmeliği (2008) çerçevesinde konut bölgeleri içinde ve yakın çevresinde gerçekleştirilen şantiye faaliyetlerinde gündüz gürültü sınır değeri $L_{gündüz}=70$ dBA (07:00-19:00 arası) olarak verilmiştir. Akşam (19:00-23:00) ve gece (23:00-08:00) saatlerinde ise şantiye faaliyetlerinin sürdürülmesi yasaktır. Sadece sondaj makinasının boşta çalıştığı durumda ölçülen eşdeğer

ses seviyesi L_{eq} değerlendirildiğinde 75.3 dBA'nın gündüz gürültü sınır değerinin üzerinde olduğu görülmektedir. Sondaj işlemi sırasında gerçekleşecek darbe gürültüsü ve diğer motorlar da dikkate alındığında bu değer kabul edilebilir gürültü sınırlarının çok üzerinde olacaktır.

İşletmeci firma tarafından araçların egsozlarının değiştirilmesi ve motorların etrafının perdelenerek taşıyünü ile ses izolasyonu sağlanmasının 4-5 dBA gibi bir iyileşme sağladığı belirtilmiştir.

Konutlara oldukça yakın bir başka kuyu olan BD9 kuyusu sondajı sırasında 2 farklı sondaj koşulunda ölçüm yapılmıştır (Çakın, 2003).

- Sadece sondaj makinesi aktif iken: Sondaja en yakın konuttan 1 m uzaklıkta yapılan ölçümlerde gürültü seviyesi 75 dBA olarak ölçülmüştür.
- Sondaj makinesi ve pompa aynı anda aktif iken: Sondaja en yakın konuttan 1 m uzakta yapılan ölçümlerde gürültü seviyesi 83.4 dBA ölçülmüştür.

Her iki ölçüm değeri de Yönetmelik'te belirtilen gündüz gürültü sınır değerinin üzerindedir.

4.2. Katı Atıklar

Kuyu içerisinde çözünmüş halde bulunan CO_2 , akışkanın yüzeye çıkması sırasında gaz faza geçerek sıvıyı terk eder ve bu sırada üretim kuyusu içerisinde, jeotermal akışkanı taşıyan boru hatlarında ve kuyubaşı ünitelerinde kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) çökmesi oluşur. Kızıldere Jeotermal Sahası gibi yüksek oranda yoğunlaşmayan gaz içeren sahalarda bu durum önemli bir problemdir. Re-enjeksiyon sırasında ise akışkan sıcaklığının düşmesinden dolayı silika (SiO_2) çökmesi problemi görülmektedir. Enerji üretim tesislerinde, üretilen birim megawatt-saat başına yaklaşık olarak 45 kg katı atık çıkabilmektedir (Rybach, 2005). Bu değer Kızıldere Jeotermal Santrali için yılda 20-40 ton kalsiyum karbonat çökmesi şeklinde gerçekleşmektedir. Yılda bir kez kuyularda mekanik temizlik yapılmakta ve bu çökelimler Saha'da depolanmaktadır. Kuyularda MTA tarafından yapılan kabuk analizleri Tablo 4.4'de verilmiştir. Kalsiyum karbonat (%78) ve stronsiyum karbonat (%18-20) en önemli bileşenlerdir. Az miktarda magnezyum karbonat ve silisyum oksit'e rastlanmış, ağır metallere ise rastlanmamıştır (Dünya, 2008).

Tablo 4.4. Kızıldere jeotermal sahasında kuyularda yapılan kabuk analizlerinin ağırlık olarak % bileşenleri (Dünya, 2008).

Element	Ağırlık (%)
$CaCO_3$	78
$SrCO_3$	18-20
$MgCO_3$	0.5-1.8
SiO_2	0.2-5

Sondaj sırasında da büyük miktarlarda katı atık üretilir. Bunlar sondaj çamuru, yağ ve petrol ürünleri ile çimento atıklarıdır. Sondaj çamuru alkalidir, büyük oranlarda krom ve pek çok kimyasal içerir. Kullanıldıktan sonra temizlenmeli ve sıvıdan ayrılmalıdır. Sondaj çamuru ya kuyuda sirkülasyon sırasında kaybedilir ya da sondaj sonunda katı atık olarak atılır. Sondaj sırasında çıkarılan katı maddeler özel atık tanklarında ya da havuzlarında depolanmalıdır. Bu

önlemlerin alınmaması durumunda; yüzeysel su ve toprak kirlenmesi, habitatın etkilenmesi ve doğal örtünün bozulmasıyla karşılaşılabilir (Badruk, 2003).



Şekil 4.5. BD11 kuyusu sondajı, çamur havuzu.

4.3. Sonuçlar

Jeotermal sahalarda karşılaşılan en önemli fiziksel etki olan gürültü seviyeleri, özellikle sondaj sırasında çok yüksektir fakat sürekli değildir. 2-3 aylık sondaj süresi sonunda sona erecek geçici bir etkidir. Kızıldere Jeotermal Sahası yakınında yerleşim bölgesi bulunmadığı için sadece çalışanlar açısından bir problemdir ve gerekli tedbirlerin alınması ile zararları en aza indirilebilir. Balçova Jeotermal Sahası'nda ise yerleşim bölgesi ile içiçe olunması, sondaj yapılacak yer bulunmaması ve bu nedenle konutlara çok yakın parklarda sondaj yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Bunun da nedeni çarpık şehirleşmedir ve jeotermal uygulamaların sosyo-ekonomik etkileri kapsamına girmektedir. Yerleşim bölgeleri yakınında bulunan jeotermal sahaların sit alanı ilan edilerek yapılaşmaya izin verilmemesi, sahanın geliştirilmesi sırasındaki bir zorunluluk olan sondaj işlemlerinin olumsuz bir çevresel etki olarak karşımıza çıkmasını önleyecektir. MTA'nın sahip olduğu sondaj makinalarının eski teknoloji ürünü olmaları da gürültü seviyesini artıran önemli bir etkidir.

Gürültü ve vibrasyonunun insan sağlığı üzerindeki fiziksel, fizyolojik, psikolojik ve performans kaybı etkileri gözönünde bulundurularak hem çalışanlar hem de çevrede yaşayanlar için gerekli önlemler alınmalıdır. Perdeleme, susturucu kullanımı, düşük gürültü seviyesine sahip ekipman seçiminin yanısıra her iki Saha'da da çalışanların mutlaka kulaklık kullanmaları sağlanmalıdır.

Literatürde, kuyu ve kuyubaşı ekipmanlarının temizliği ve üretim sırasında oluşan katı atıkların düşük miktarlarda Co, Ni, Zn, As, Sb, Cd, Ba, Hg, Pb gibi ağır metaller içerebilecekleri belirtilmiştir (Rybach, 2005) fakat Kızıldere katı atıklarında bu metallere rastlanmamıştır. Sondaj sırasında çıkarılan katı maddeler özel atık tanklarında ya da havuzlarında depolanmalıdır. Bu önlemlerin alınmaması durumunda; yüzeysel su ve toprak kirlenmesi, habitatın etkilenmesi ve doğal örtünün bozulmasıyla karşılaşılabilir.

Büyük Menderes Nehri üzerindeki örnekleme noktalarından alınan sıcaklık ölçümlerinde Santral'in Nehir suyu sıcaklığını artırdığı görülmüştür. Bu ısıl kirliliğin su canlılarına olan etkisi incelenmelidir.

Kaynaklar

1. Gürültü Kontrol Yönetmeliği (2003). Sayı: 25325.
2. BADRUK, M., Jeotermal Enerji Uygulamalarında Çevre Sorunları, Jeotermal Enerji Doğrudan Isıtma Sistemleri; Temelleri ve Tasarımı Seminer Kitabı-2003, MMO Yayın No: MMO/2003/328-4, (2003). Pp. 345-357.
3. ÇAKIN, A., *Environmental Effects of Geothermal Applications. Case Study: Balçova Geothermal Field*, (Yüksek Lisans Tezi), İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü (2003).
4. Çevresel Gürültü Yönetmeliği (2008), Resmi Gazete Sayı: 26809.
5. DÜNYA, H., kişisel görüşme, (2008).
6. RYBACH, L., Environmental Aspects of Geothermal Development and Utilization, and Related Legal, Institutional and Social Implications, Post-Congress Short Course on Environmental Advantages of Geothermal Energy, World Geothermal Congress, CD Transactions, Antalya (2005).

5. KİMYASAL ÇEVREYE OLAN ETKİLER

5.1. Giriş

Jeotermal akışkanın içerdiği elementlerin konsantrasyonlarının belirlenmesi, jeotermal sahayı doğru değerlendirebilmek ve çevresel etkileri belirlemek için ön koşuldur. Çoğunlukla re-enjeksiyon ile rezervuara geri verilse de, bir bölümü kontrollü olarak çevreye atılan jeotermal akışkanın olumsuz olarak nitelendirilebilecek etkileri de bu aşamada ortaya çıkar. Gerek elektrik üretimi, gerekse ısıtma amaçlı uygulamalarda çevreye, *sıvı* ve *gaz* fazında olmak üzere iki yolla kirleticiler verilmektedir (Brown, 1995). Sıvı fazda Li, B, As, Hg ile çözülmüş halde H₂S ve NH₃; gaz fazında ise CO₂, H₂S, NH₃ ile eser miktarda Hg, B, CH₄, C₂H₆ ve Rn bulunması beklenir. Bunlardan bor (B) bitkilerin gelişiminde önemli bir besindir. Fakat bir çok elementte olduğu gibi konsantrasyonu belirli bir sınırın üzerindeyse zararlıdır (Adams, 1964; Nicholson, 1993; Brown, 1995). Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (2004) ve Sulama Sularının...(1991)'ne göre bitki dayanıklılığına bağlı olarak değişmekle birlikte sulamada kullanılabilir sulara izin verilen en yüksek konsantrasyon 2 mg/L'dir. Sıvı fazda yüzey sularına bırakılan jeotermal akışkan, yüzey sularının sulamada kullanılması ile *toprak* kirliliğine de neden olmaktadır.

Bir çok bitki ve hayvanın metil-civa (Hg)'i absorpladığı ve metil-Hg'nin en zehirli form olduğu göz önüne alındığında, jeotermal akışkandaki Hg derişimlerinin belirlenmesinin önemi ortaya çıkmaktadır.

Jeotermal sahalarda, çözülmüş CO₂'ye ek olarak H₂S ve NH₃ de bulunur. Jeotermal akışkan gibi indirgeyici koşullarda en olası yapı olan bu formlar, O₂'li ortamlarda, ortamın pH'sine de bağlı olarak SO₄⁻ ve NH₄⁺'e dönüşür. H₂S ve NH₃, çözülmüş halde akışkanda buldukları gibi buhar fazında da çevreye atılırlar (Hava Kalitesi, 1986; Nicholson, 1993; Brown, 1995).

Bu bölümde, Kızıldere ve Balçova Jeotermal Sahaları'nın kimyasal çevreye olan etkiler hava, su ve toprak ortamına olan etkiler başlıkları altında incelenecektir.

5.2. Materyal ve Metod

5.2.1. Hava Örneklemeleri

Kızıldere Jeotermal Sahası için gerçekleştirilen hava örneklemeleri üç bölümde toplanmıştır. Birinci bölümde, Saha'da uzun süreli kuru birikim miktarını belirlemek amacıyla çam ağacı kabuğu örnekleri toplanmıştır. Bu örnekler; Jeotermal Santral'ın çevresini kuşatan, kuyularla arasındaki mesafe yaklaşık 500-1000 m olan ve yaşları 15-20 arasındaki genç çam ağaçlarının gövdesinden yerden 1.5 m yükseklikten sert bir bıçak yardımı ile alınmıştır. Dış kabuklar tahta havanda dövülerek toz haline getirilmiş ve bu toz örnekten 0.5 gram alınarak iyon analizi için 25 mL su ile ultrasonik olarak 40 dakika ekstrakte edilmiştir. Daha sonra filtre edilen örnekler (Dionex DX-2500) iyon kromatografisi ile analiz edilmiştir.

Ağır metal analizi için yine 0.5 gram çam kabuğu örneği 1 mL hidrojen peroksit ve 5 mL konsantre nitrik asit ile 180°C ve 1.2 MPa basınç altında mikrodalga özütmeye tabi tutulmuştur. Özütilen çam örnekleri daha sonra Endüklenmiş Coupled Plasma Mass Spectrometry (Agilent ICP-MS)'de analiz edilmiştir.

İkinci bölüm örneklemeler; jeotermal akışkanın gaz fazının %96-99'unu oluşturan ve kirletici olarak belirlenmemiş olan karbondioksit (CO₂) dışındaki gaz bileşenlerinin atmosferdeki konsantrasyonlarının belirlenmesine yöneliktir. Bu amaçla; pasif örnekleme yolu ile jeotermal sahalarda bulunması muhtemel ve Kızıldere'de jeotermal buharda belirlenmiş gazlardan hidrojen sülfür (H₂S) ve amonyak (NH₃) örnekleri toplanmıştır. Sahanın sınırlarında, baskın rüzgar yönü değişimi gözönünde bulundurularak (ulaşım ve toplama kolaylığı da dikkate alınarak) Saha'nın güney-doğu yönünde bulunan KD6 ve kuzey-batı yönünde bulunan ve üretimde olmayan KD7 kuyularının yakınlarında bulunan direklere birer adet pasif örnekleme kartuşu (Radiello) yerleştirilmiştir (Şekil 5.1, Şekil 5.2). Yaklaşık 15 günlük bekleme süreleri sonunda alınan örnekler UV-VİS spektrometre esasına dayalı metodla analizlenmiştir (www.radiello.com).



(a)

(b)

Şekil 5.1. Pasif örnekleme noktalarından görüntüler. a) KD6 kuyusu yakını (CKD6) b) KD7 kuyu yakını (CKD7).

Üçüncü bölüm örneklemeler ise atmosferik civa (Hg) konsantrasyonlarının belirlenmesi amaçlıdır. Bunun için hem Santral buhar hattından örnekler hem de atmosferik örnekler alınmıştır. Jeotermal buhar içinde bulunan gaz fazındaki civa (Hg) tayininin gerçekleştirilmesi için hava pompaları ile 1000 mL/dk akış hızına ayarlanmış buhar, 2 saat süreyle altın kaplanmış kuvars yün içerisinden geçirilmiş ve gaz fazındaki Hg kuvars tüpünde toplanmıştır. Laboratuvara getirilen kuvars tüpler amalgam oluşturmali CVAAS ile analiz edilmiştir. Atmosferik Hg ölçümleri ise yukarıda belirtilen pasif örneklemelerin yapıldığı iki nokta ile doğal buhar çıkışlarının olduğu fumerollerde gerçekleştirilmiştir (Şekil 5.2). Örnekleme ve analiz yöntemi gaz fazındaki civa tayini ile aynıdır. Tüm analizler İYTE Fen Fakültesi Kimya Bölümü ile Çevre AR-GE Merkezi Laboratuvarları'nda gerçekleştirilmiştir.

5.2.2. Su Örneklemeleri

Kızıldere Jeotermal Sahası'ndan toplanan su örneklerinin pH, sıcaklık, elektriksel iletkenlik ve toplam çözünmüş katı madde (karbonat, bikarbonat ve klor) tayinleri Saha'da gerçekleştirilmiştir. Katyon tayinleri için su örnekleri, Saha'da vakum pompası yardımıyla mavi band süzgeç kağıdından süzölmüş, çökelme ve örnek kabı iç yüzeyine adsorpsiyonu

önlemek için örnekleme sırasında pH<2 olacak şekilde derişik nitrik asit (HNO_3) ile asitlendirilmiştir.



Şekil 5.2. Kızıldere Jeotermal Sahası pasif örnekleme noktaları yerleşimi (CKD6, CKD7).

Balçova Jeotermal Sahası'ndan alınan su örneklerinin sıcaklık ölçümleri sahada; pH, elektriksel iletkenlik ve toplam çözünmüş katı madde (karbonat, bikarbonat ve klor) tayinleri aynı gün laboratuvar ortamında gerçekleştirilmiştir. Katyon tayinleri için su örnekleri yukarıda açıklandığı şekilde süzülerek asitlendirilmiştir.

Her iki Saha'dan örnekleme ve Kızıldere'de gerçekleştirilen analizlere ait bazı fotoğraflar Şekil E.5.6-...de verilmiştir.

Tüm element tayinleri İYTE Fen Fakültesi Kimya Bölümü ile Çevre AR-GE Merkezi Laboratuvarları'nda gerçekleştirilmiştir. Katyon tayinleri için Agilent 7500ce marka İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometri (ICP MS) kullanılmıştır. Farklı derişimlerde seri kalibrasyon çözeltileri, %1'lik HNO_3 içerecek şekilde deiyonize su içinde hazırlanmıştır. Matriks etkisini kontrol etmek amacıyla çözeltilere standard katma yöntemi uygulanmış ve sulu standartlarla karşılaştırılmıştır. Su örnekleri, derişimi belirlenecek elementlere göre farklı seyreltme oranları kullanılarak analize hazırlanmıştır. Her örnek 3 kez okunmuş ve ortalamaları alınmıştır. ICP MS ile yapılan tüm okumalarda bağıl standart sapma %2'nin altındadır.

Laboratuvarda tayin edilen katyonlar: Alüminyum (Al), arsenik (As), bor (B), baryum (Ba), krom (Cr), bakır (Cu), demir (Fe), potasyum (K), magnezyum (Mg), mangan (Mn), sodyum (Na), nikel (Ni), kurşun (Pb), çinko (Zn), sodyum (Na), lityum (Li), stronsiyum (Sr), kalsiyum (Ca), silika (Si), antimon (Sb), gümüş (Ag), kobalt (Co), selenyum (Se) ve kadmiyum (Cd)dur.

Anyon örnekleri elektriksel iletkenlik (EC), toplam çözünmüş katı madde (TDS), pH ölçümlerinde de kullanılmış, bu amaçla gerekli diğer elektrotlar yanında iyon seçici elektrotlara da başvurulmuştur. Ölçümler Thermo 4 star marka iyon analizörü ile gerçekleştirilmiştir. Anyon tayinlerinde Dionex İyon Kromatografi kullanılmıştır. Anyon örnekleri örnekleme sırasında asitlendirilmiştir. Laboratuvarında tayin edilen anyonlar: bikarbonat iyonu (HCO_3^-), kalsiyum karbonat (CaCO_3), klor iyonu (Cl^-), flor iyonu (F^-), sülfat iyonu (SO_4^{2-}), amonyum iyonu (NH_4^+) ve silika oksit (SiO_2)'dir.

5.2.3. Toprak Örnekleme

Kızıldere Jeotermal Sahası'nda kuyu çevresi ve Menderes Nehri'nden su örneği alınan noktaların yakınında bulunan tarlalardan toprak seviyesinin 10 cm altından bir kama yardımıyla toprak örnekleri alınmıştır. Laboratuvar ortamında iyice karıştırılarak homojenleşmesi sağlanan toprak örneklerini çözelti haline getirmek için yaklaşık 0.5 g alınan örnek HNO_3 ve H_2O_2 karışımı içinde Milestone marka mikrodalga bozundurma cihazı ile bozundurulmuştur. Elde edilen çözeltiler su örneklerinde olduğu şekilde analiz edilmiştir.

5.3. Kızıldere Jeotermal Sahası ve Santral Kimyasal Etkileri

Kızıldere Jeotermal Santral'ında; kuyubaşlarında susturuculardan, soğutma kulesinden, Karbogaz'ın ihtiyaç fazlası gazların atmosfere salındığı kompresör çıkışından ve kanal boyunca atık sudan atmosfere su buharı ve gaz emisyonu yapılmaktadır. Kanallar yolu ile de Büyük Menderes Nehri'ne su deşarjı yapılmaktadır. Ayrıca Santral'in atık suyunun bir kısmını kullanan Sarayköy Bölgesel Isıtma Sistemi'nin atık suyu da Büyük Menderes Nehri'ne atılmaktadır.

5.3.1. Hava Ortamına Olan Etkiler

5.3.1.1. İnorganik elementler ve metallerin biyo-izleme ile belirlenmesi

Doğal veya sentetik orijinli kirleticilerin çevresel etkilerinin belirlenmesinde biyo-izleme bilimsel bir teknik olarak literatüre geçmiştir ve pek çok alanda kullanılmaktadır. Bu çalışmada, jeotermal kaynakların çevresel etkilerinin belirlenmesinde en önemli ve uzun süreli verinin elde edilebileceği bir yöntem olarak hava kalitesini dolaylı olarak ölçme olanağı sağlayan bu yöntem kullanılmıştır. Literatürde, ağaç yosunu türleri (liken, moss), ağaç kabuğu veya toprak örnekleri alınarak bölgede bu türlerin üzerinde birikebilen kirleticilerin belirlenebildiği görülmüştür.

Şubat-Mart 2007 tarihlerinde gerçekleştirilen arazi çalışmalarında, yarı çevresi 15-20 yıl kadar önce çam ağaçları dikilerek bir çam ormanı oluşturulmaya çalışılmış olan Kızıldere Jeotermal Sahası'nda (Şekil 5.2) 22 noktadan çam ağacı dış kabuk örnekleri alınmış ve çeşitli anyon, katyon ve element analizi için hazırlanmıştır. Bu yolla Santral'in oluşturduğu çevresel koşullar biyolojik bir varlık üzerinden tanımlanmaya çalışılmıştır. Buna benzer bir çalışma Paoli ve Loppi (2007) tarafından İtalya'da bir jeotermal sahada civa ve diğer iz elementlerin dağılımını belirlemek için liken toplanarak yapılmıştır. Bu çalışmada birbirinden farklı 4 alan seçilmiş ve bu dört alanda birbirinden farklı miktarlarda ağır metal konsantrasyonları belirlenmiştir. Jeotermal sahada belirlenen ağır metal konsantrasyonlarının diğerlerinden daha yüksek olduğu tesbit edilmiştir.

Benzer şekilde kuzey İspanya'da Fernandez ve diğ. (2002) iki farklı tipte yosun çeşidi ile bir yıllık bir süreçte 34 noktadan örnek alarak metal depozisyonunu belirleyen bir çalışma yapmışlar ve iki yosun türünde seçici şekilde bazı metallerin varlığını tesbit etmişlerdir. Türlerden birinde civa ve çinko miktarı yüksekken, diğerinde arsenik ve kurşun elementinin daha yüksek konsantrasyonda olduğu saptanmıştır.

Sadece metal depozisyonunun değil belirlenen elementlerin nereden kaynaklandıklarının belirlenmesi amacıyla da bu tip çalışmalar yapılmaktadır. Örneğin; kömürle çalışan elektrik santrallerinin bulunduğu bölgelerde demir konsantrasyonunun yüksek olduğunu; metal endüstrisinin, madencilik veya trafiğin kökeninde bakır elementinin ve yine metalurjik veya kimyasal fabrikaların çevresinde bakır ve nikelin belirlendiği rapor edilmiştir.

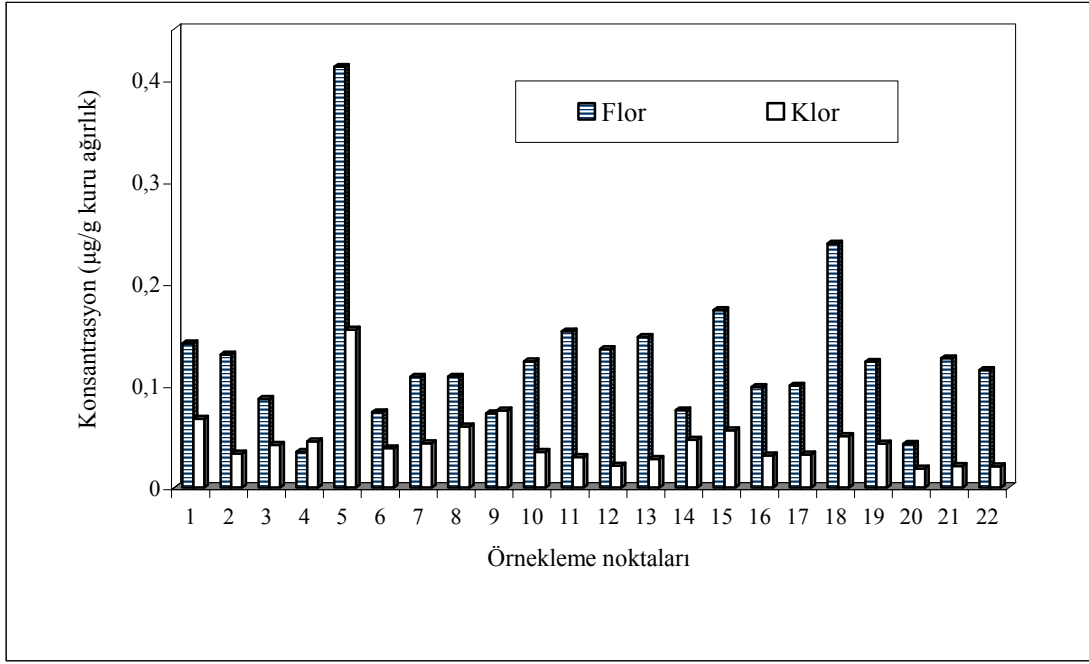
Çam kabukları ise Finlandiya'da döküm sanayiinin yaygın olduğu bir alanda gerçekleşen emisyonların ekosistem üzerindeki etkilerinin belirlenmesinde kullanılmıştır (Kubin ve diğ., 1997). İlk olarak sülfür konsantrasyonu, pH ve elektriksel iletkenlik tayin edilmiştir. Sülfür konsantrasyonunun döküm fabrikasından çıkan seviyelerde olduğu bulunmuştur. Fakat pH ölçümlerinde aynı başarı elde edilememiştir. Ağır metal konsantrasyonlarından nikel ve bakır değerlerinin, emisyon kaynağıyla olan mesafe ile orantılı olduğu belirlenmiştir.

Örnekler için gerçekleştirilen flor ve klor konsantrasyonları Şekil 5.3'de verilmiştir. Flor konsantrasyonunun ortalama 0.128 ± 0.075 ($n=22$) $\mu\text{g/g}$ kuru ağırlık olduğu ve klora göre yüksek olduğu belirlenmiştir. Bölüm 5.3.2'de verilen su örneklerinde de görüleceği gibi jeotermal akışkanın su fazında da flor konsantrasyonu oldukça yüksektir. Öte yandan jeotermal akışkanın Santral çevresindeki bu ağaçların sulanmasında kullanılmadığı dikkate alınır, bu bileşiğin bitkiye topraktan veya atmosferden gaz depozisyonu ile geçmiş olması ihtimali yüksektir. 5. noktadaki çam örneğinde diğer noktalara göreceli olarak oldukça yüksek flor konsantrasyonu belirlenmiştir.

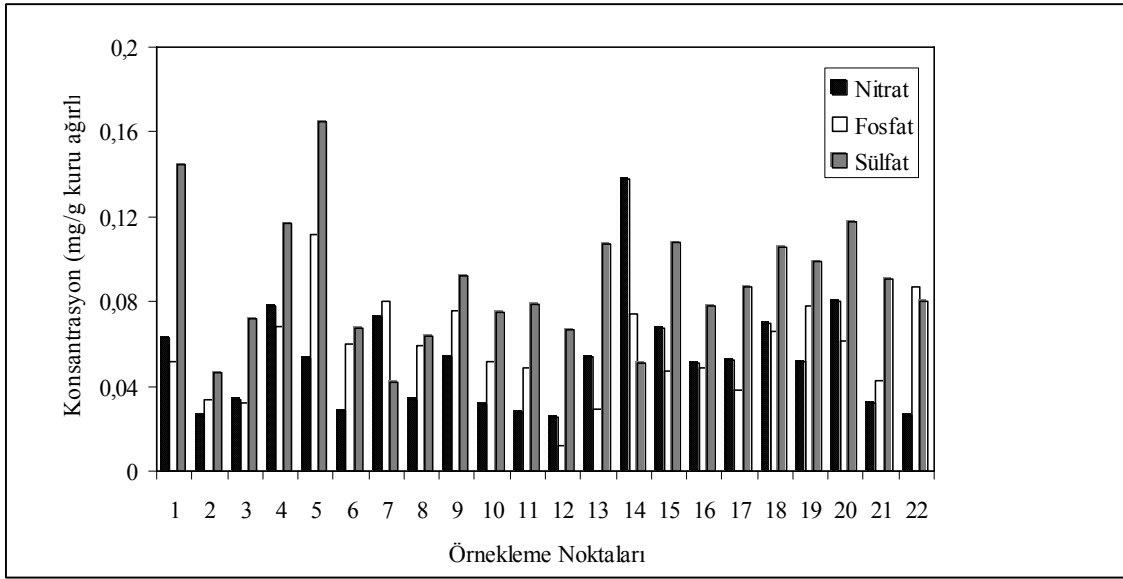
Aynı örneklere ait nitrat, fosfat ve sülfat konsantrasyonları Şekil 5.4'de verilmiştir. Ortalama konsantrasyonlar nitrat için $0.05(\pm 0.03)$, fosfat için $0.06 (\pm 0.02)$ ve sülfat için $0.09 (\pm 0.03)$ mg/g kuru ağırlık olarak bulunmuştur. Şekil'den de görüleceği gibi çam örneklerinin çoğunda sülfat derişimi diğerlerinden daha yüksektir. Sadece örnekleme noktası 14, nitrat açısından daha yüksek olarak bulunmuştur. Sülfat konsantrasyonunun en yüksek olduğu nokta ise 5. noktadır. Bu örnekleme noktası, Saha'nın kuzey-doğusunda bulunan doğal buhar çıkışları olan fumerollere en yakın konumdadır. Bu nedenle flor ve sülfat birikimi 5. noktada diğer noktalara göre daha fazla olabilir.

Shulz ve diğ. (1999) tarafından yapılan çam kabuklarında organik ve inorganik maddelerin tayini çalışmasında, çam kabuklarında inorganik maddelerde biyo-indikatör indeks tanımlaması (maksimum içerik/minimum içerik) kullanılmıştır. Çalışma sonucunda; sülfat, alüminyum ve civanın organik bileşiklere göre daha yüksek değerlerde olduğu, bunun nedeninin ise çam kabuklarında bu elementlerin birikimi olduğu belirtilmiştir. Çalışmada kontrol alanı olarak seçilen bölge ile kirliliğe sahip alandaki değerler arasında da büyük farklar gözlenmiştir. Tablo 5.1'de Kızıldere çam kabuğu örnekleri için belirlenen inorganik madde konsantrasyonları ve Shulz ve diğ. (1999)'ne göre hesaplanan biyo-indikatör indeksleri verilmiştir. Hesaplanan biyo-indikatör indekslerinde sırasıyla lityum, krom, kobalt, bakır, gümüş ve bizmut, çam kabuklarında birikim niteliği gösteren elementler arasındadır.

Szczepaniak ve Biziuk (2003), ağır metallerin yosun türü bitkilerde bulunmasının nedenleri ile ilgili bir sınıflandırma yapmıştır. Bu sınıflandırmada; yerel ve uzun mesafeli taşınımından kaynaklanan birincil kaynaklardan ve doğal çevrim prosesleri sonucu denizlerden atmosfere emisyon yolu ile (biyojenik kaynaklı) Li, B, Na, Mg, Cl, Ca, Se, Br, Sr ve I elementleri; kökler yoluyla topraktan alınan ölü veya yaşayan bitki materyali olarak ekstrakte edilen Mg, Mn, Cu, Rb, Sr, Cs, Ba elementleri; topraktan rüzgarla gelen tozdan alınan Li, Al, Ca, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ge, Ga, Rb, Sr, Y, Zr, Br, U mineralleri alınmaktadır. Yosunların depozisyon indikatörü olarak özellikle kurşun, kadmiyum, bakır ve vanadyum, kısmen de çinko değerlerini iyi yansıttığı ifade edilmiştir. Lithofilik yani yeryüzüne ait olarak ifade edilen elementler Al, Fe, Cr, Ni, Ba ve Hg ise atmosferik kökenli elementler olarak ifade edilmiştir.



Şekil 5.3. Çam örneklerinin flor ve klor konsantrasyonlarının noktasal değişimi.



Şekil 5.4. Çam örneklerinde nitrat, fosfat ve sülfat konsantrasyonunun noktasal değişimi.

Kızıldere Jeotermal Sahası'ndan toplanan çam kabuğu örneklerinde bulunan elementlerin ortalama konsantrasyon değerleri Tablo 5.2'de verilmiştir. Biyo-indikatör indeksleri yüksek çıkan elementler Li, Cr, Co, Cu, Ag ve bizmut'tur. Lityum, krom, kobalt elementlerinin kökenleri toz ve biyolojik emisyonlar olarak sınıflandırılırlar. Bizmut'a topraktan gelen tozun katkısı %50 iken kalan kısmın volkanik aktivitelerden kaynaklanabileceği literatürde yer almıştır. Sonuç olarak Kızıldere Jeotermal Sahası'nda çam kabuğu yapısında biriken elementlerin daha çok toprak kökenli olduğu söylenebilir.

Tablo 5.1. Çam kabuklarında belirlenen elementleri biyo-indikatör indeksleri.

Element	Minimum (µg/g dry wt.)	Maximum (µg/g dry wt.)	Biyo-indikatör indeksi
Li	0.00688	3.5	515
B	7.87	26.07	3
Na	15.12	573.48	38
Mg	270.9	956.9	4
Al	71.9	623.7	9
K	280.3	1272.78	5
Ca	1769.0	8125.02	5
Cr	0.027	347.81	12614
Mn	5.95	27.46	5
Fe	47.4	475.69	10
Co	0.00079	3.5	4486
Ni	0.40	5.1	13
Cu	1.03	3435.1	3312
Zn	5.97	76.64	13
Ga	0.05	3.87	76
Sr	56.9	601.8	11
Ag	0.47	1951.26	4088
Cd	0.017	3.44	194
In	0.041	3.54	86
Ba	3.73	19.98	5
Tl	1.69	3.44	2
Pb	0.16	7.17	43
Bi	0.103232	2958.2	28656

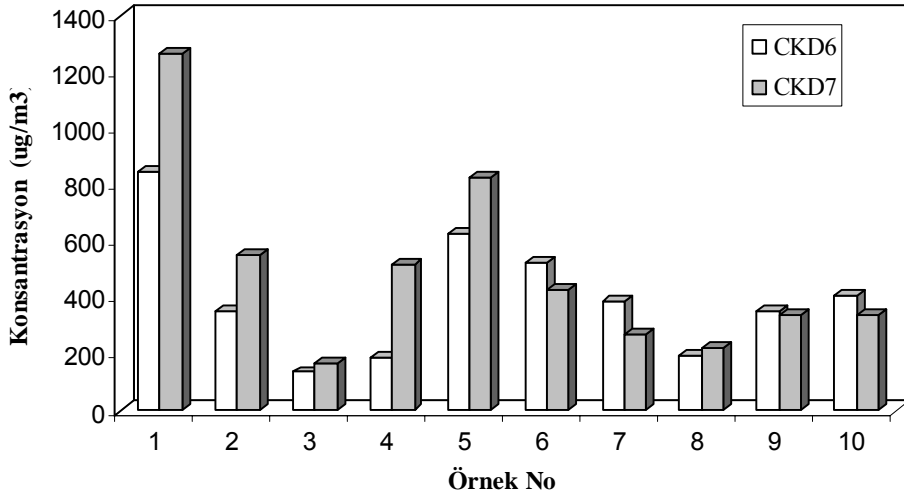
Tablo 5.2. Çam kabuğu örneklerinde bulunan ortalama konsantrasyon değerleri.

Element	Ortalama konsantrasyon (µg/g kuru ağırlık)	Element	Ortalama konsantrasyon (µg/g kuru ağırlık)
Li	0.58 ± 0.8	Cu	179.8± 708.68
B	14.8 ± 4.4	Zn	16.7 ± 15.2
Na	133.7 ± 123.7	Ga	0.56 ± 0.91
Mg	504.6 ± 137.9	Sr	177.8 ± 109.6
Al	260.1 ± 117.3	Ag	138.96 ± 380.3
K	545.2 ± 220.5	Cd	2.047 ± 1.306
Ca	4050 ± 1278.6	In	1.66 ± 1.43
Cr	12.15 ± 62.34	Ba	12 ± 4.3
Mn	14.72 ± 5.1	Tl	2.6 ± 0.73
Fe	207.43 ± 99.3	Pb	1.89 ± 1.46
Co	0.40 ± 0.9	Bi	271.28 ± 849.7
Ni	1.5 ± 1.05		

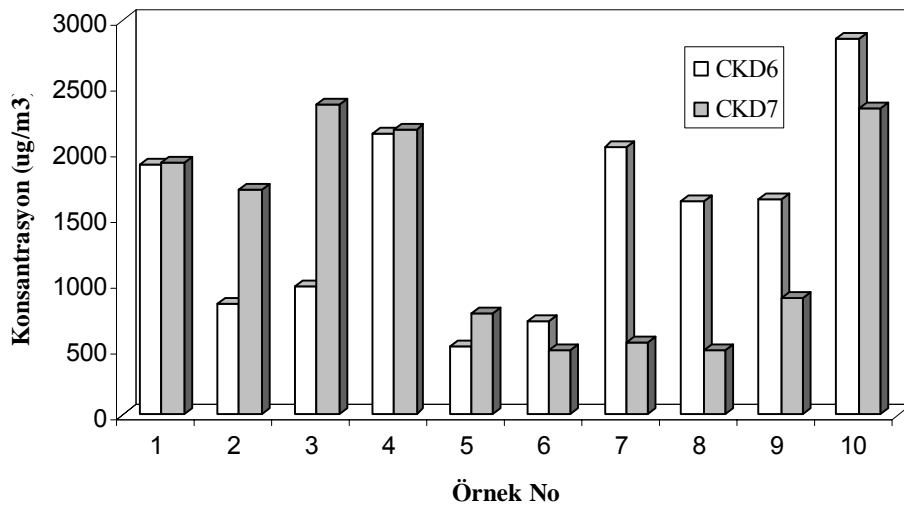
5.3.1.2. Pasif örnekleme ile amonyak (NH₃) ve hidrojen sülfür (H₂S) konsantrasyonlarının belirlenmesi

Pasif örnekleme yaklaşık 15 günlük süreçlerde özellikle baskın rüzgar yönleri olarak seçilen kuzey-batı (CKD7) ve güney-doğu (CKD6) yönlerine NH₃ ve H₂S pasif örnekleme kartuşları yerleştirilerek bunların bölgedeki seviyeleri belirlenmeye çalışılmıştır (Şekil 5.1 ve 5.2). Aralık 2007–Nisan 2008 tarihleri arasında toplanan 10 örnek analiz edilmiştir.

Potansiyel olarak analizlenen bu bileşiklerin atmosferde geçirecekleri süreler sonunda asit yağmuruna katkısı olabilecek bileşikler olduğu unutulmamalıdır. Varsayımımız, Kızıldere Jeotermal Sahası'nda üretilen buharda bulunan bu bileşiklerin yeraltından geliş formlarının indirgenmiş formda olacağı üzerine kurulmuştur. H₂S konsantrasyonlarının değişimi Şekil 5.5'de verilmiştir. Ortalama H₂S konsantrasyonu, CKD6 noktası için 402 (±219) µg/m³, CKD7 noktası için 493 (±331) µg/m³ olarak belirlenmiştir. Göreceli olarak CKD7 konsantrasyonu daha yüksektir. Benzer şekilde ölçülen amonyak konsantrasyonları ise Şekil 5.6'da verilmiştir. Ortalama konsantrasyonlar; CKD6 için 1525 (±750), CKD7 için ise 1369 (±801) µg/m³'dir.



Şekil 5.5. Hidrojen sülfür (H₂S) konsantrasyonu değişimi.



Şekil 5.6. Amonyak (NH₃) konsantrasyonu değişimi.

Şekil 5.5 ve 5.6'dan da görüleceği gibi, H₂S konsantrasyonları her iki yönde benzer konsantrasyon değerlerine sahipken, amonyak konsantrasyonları özellikle son örneklerde (bahar ayları) CKD6'da daha yüksektir. Amonyak emisyon kaynaklarından bir diğeri de tarımsal faaliyetlerdir. Dolayısıyla bu değişimin baharla birlikte artması ve noktasal olarak değişimin oluşması değişen mevsimle birlikte değişen rüzgar yönünden de kaynaklanabilir.

Bacci ve diğ. (2000) tarafından yapılan bir çalışmada jeotermal sahalarda bitkilerdeki H₂S miktarı belirlenerek, atmosferde karşı gelebileceği miktar ekstrapolasyonu ile bu değer 260 µg/m³ olarak bildirilmiş ve bu değer duyarlı bitkiler, yaşayan organizma ve insan sağlığını etkileyebileceği ifade edilmiştir. Kızıldere Jeotermal Sahası sınırlarında H₂S konsantrasyonu, bu değer yaklaşık 2 katıdır.

Amonyak daha çok tarımsal faaliyet kökenli olarak ifade edilirken jeotermal saha çalışmalarında da varlığı isimlendirilmiş ancak miktarlarının belirlenmesi konusunda yapılmış bir çalışmaya rastlanmamıştır. Amonyak bir kaynaktan salındıktan sonra atmosferdeki yaşam süresi 1-5 gün arasında olmakta, ya kuru birikim yoluyla ya da yağışla yeryüzünde birikmektedir. Ancak bir kimyasal reaksiyon geçirerek de (gaz-partikül dönüşüm reaksiyonu) amonyum tuzu oluşturabilir. Bu reaksiyon sonucu atmosferde kalma süresini 1-15 güne çıkarmakta ve yine kuru birikim yoluyla ya da rüzgar yönünde taşınarak rüzgar yönünün aşağısı mesafelerde birikmektedir. NH₃ konsantrasyon değerleri ile ilgili literatür bilgisi mevcut olmadığı için bulunan değerler ile ilgili yorum yapılamamaktadır. Ancak atmosferik ortamda yapılan ölçümlerde amonyak değeri oldukça düşük bulunmaktadır. Oysa Kızıldere'de bu değerlerin yüksek olması, ölçümlerin Saha içinde yapılması ile açıklanabilir. KD6 kuyusuna çok yakın olan CKD6 örnekleme noktasında konsantrasyonun daha yüksek olması, NH₃'ün farklı reaksiyonlara girecek süresi olmadığına yakın mesafelerde birikime uğramasından ve rüzgar yönünden kaynaklanabilir. CKD7 noktasının yakın olduğu KD7 kuyusu gözlem kuyusu olup üretim yapmadığından daha düşük değerler elde edilmiştir.

Şekil 5.4 ve 5.5'den de görüleceği gibi Ocak-Mart aylarında CKD7 noktasında, Mart ayının 2. yarısından Nisan sonuna kadar CKD6 noktasında konsantrasyonların daha yüksektir. Bu da rüzgar yönünün değişimi ile ilgilidir. Konsantrasyonların yıl boyunca değişimini görebilmek amacıyla örnek toplanmaya devam edilmektedir.

5.3.1.3. Civa konsantrasyonlarının belirlenmesi

Jeotermal buharın içerdiği civa konsantrasyonunun belirlenmesi için, seperatörlerden ayrılan buharı türbine taşıyan ana buhar hattı üzerindeki ana nem seperatörü girişinden, türbin çıkışından ve kondenserden Karbogaz'a giden gaz hattı üzerinden olmak üzere üç noktadan örnekleme yapılmıştır. Bu noktalardan elde edilen Hg konsantrasyonları Tablo 5.3'de verilmiştir. Bunlardan, hava ortamı için en önemli olan nokta Karbogaz'a giden gaz hattıdır çünkü zaman zaman bu hattan Karbogaz'ın ihtiyaç fazlası gazlar atmosfere atılmaktadır.

Pasif örnekleme yapıldığı CKD6 ve CKD7 noktaları ile doğal buhar çıkışlarının olduğu fumerollerden alınan hava örneklerinde görülen Hg konsantrasyonları da Tablo 5.3'de verilmiştir.

Literatürde, jeotermal sahalarda buhar fazında bulunan Hg konsantrasyonlarının 2-20 µg/m³ arasında değiştiği rapor edilmiştir (Morita ve diğ., 1998). Tablo 5.3'deki sonuçlar elde edilen konsantrasyonların bu aralıkta olduğunu göstermektedir. Ancak, bu değerlere kuşkuyla yaklaşılmalıdır. Aynı noktadan alınan iki örnekteki Hg konsantrasyonu birbirinden çok farklı olduğundan, gerçekçi bir görüş oluşabilmesi için ortalama değer yerine her iki sonuç da verilmiştir. Ayrıca, gaz fazında Hg içermediği varsayılan laboratuvar ortamından da örnekleme yapılmış ve sonuçlar aynı Tablo'da "şahit" olarak belirtilmiştir. Şahit değerler

arasında bile 10 kat civarında fark vardır. Örnekleme yapılan noktalarda buhar fazındaki diğer bileşenler ve bunların girişime neden olup olmadıkları bilinmemektedir. Ayrıca, buhar fazı sıcaklığının, Hg'nin altın kaplı kuvars yüne tutunmasını ne şekilde etkilediği de araştırılmalıdır.

Bu nedenlerle, sonuçlara kuşkuyla yaklaşılması gerektiği bir kez daha vurgulanmakla birlikte, Karbogaz'a giden gaz hattında Hg'nin diğer noktalardan çok daha yüksek olduğu görülmektedir. Karbogaz'a giden gaz hattı, Santral içinde jeotermal akışkanın içerdiği gazların en yoğun olarak bulunduğu noktadır ve en yüksek Hg derişiminin bu noktada bulunması beklenen bir durumdur. Pasif örnekleme noktalarında ise civa konsantrasyonu 0.008-0.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ aralığında değişmektedir. Su fazında ise civa konsantrasyonları analiz cihazının algılama limitinin altındadır.

Analizlerin, daha uzun örnekleme süreleri kullanılarak tekrarlanması halinde daha doğru ve tutarlı sonuçların elde edilebileceği öngörülmektedir. Örnekleme ve analiz yönteminin geliştirilmesi için çalışmalar sürdürölmektedir.

Tablo 5.3. Kızıldere Jeotermal Sahası gaz fazındaki Hg konsantrasyonları.

Örnek	Hg derişimi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Şahit	0.742, 0.133, 0.167, 0.083
CKD6	0.008, 0.023
Ana nem seperatörü girişı	1.05, 2.73
Türbin çıkışı	0.58, 6.25
Karbogaz'a giden gaz hattı	6.25, 7.86
CKD7	0.400
Fumerol	0.166, 1.40

5.3.2. Su Ortamına Olan Etkiler

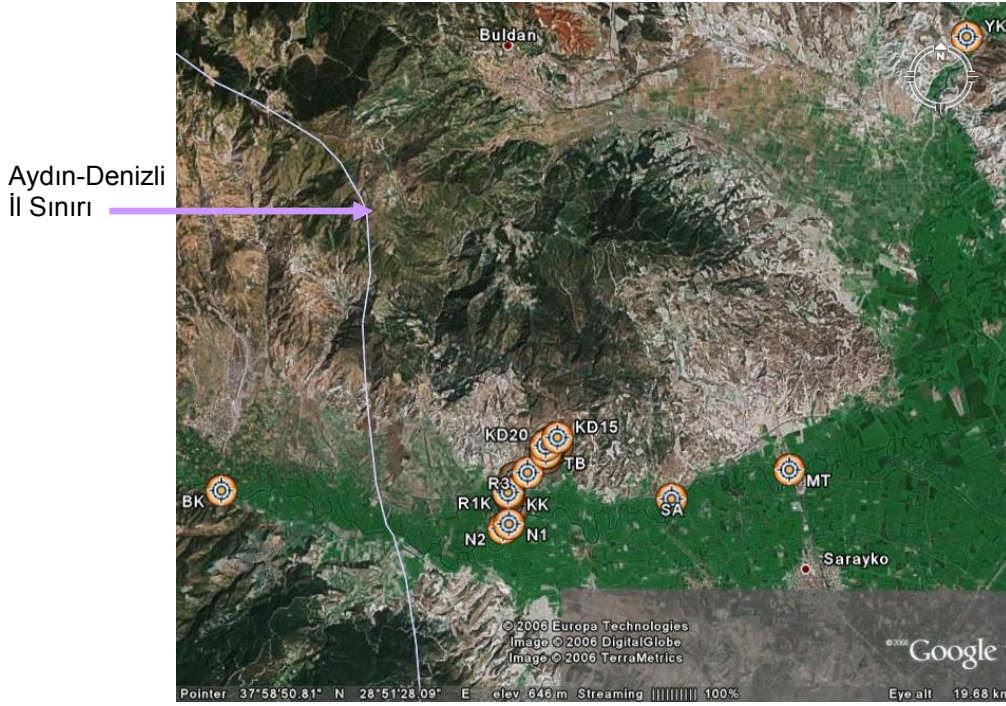
Kızıldere Jeotermal Sahası'nda seperatörlerden ayrılan atık suyun re-enjeksiyona ve Sarayköy Bölgesel Isıtma Sistemi'ne gönderilmeyen kısmı kanallar yolu ile Büyük Menderes Nehri'ne atılmaktadır. Atık jeotermal akışkanın Nehir ve çevresinde yarattığı çevresel etkilerin incelenmesi amacıyla; 9 adet üretim kuyusu savaklarından, atık su kanalları üzerinde 4 noktadan, soğutma kulesinden ve Menderes Nehri üzerinde 6 nokta olmak üzere toplam 20 noktadan anyon ve katyon olmak üzere her ay toplam 40 örnekleri alınmıştır. Örnekleme alanı içinde en uzun mesafe kuş uçuşu yaklaşık 24 km'dir. Tüm örnekleme noktaları Şekil 5.7'de, Büyük Menderes Nehri üzerindeki örnekleme noktaları Şekil 5.8'de gösterilmiştir. Örnekleme alanından daha detaylı görüntüler Şekil E.5.1-E.5.5 arasında, örnekleme noktaları için kısaltmalar ise Tablo 5.4'de verilmiştir.

Kasım 2005'de başlatılan su örnekleme programı Temmuz 2006'da düzene girmiş ve Temmuz 2006-Haziran 2007 tarihleri arasında aylık olarak gerçekleştirilmiştir. Ekim 2006'da Santral'in DSİ tarafından durdurulması ve bu döneme denk getirilen bakım ve kuyu temizlik çalışmaları nedeniyle örnek almak mümkün olmamıştır. Ölçülen fiziksel parametreler; sıcaklık, pH, EC ve TDS, analiz edilen anyonlar; kalsiyum karbonat, bikarbonat, klor, sülfat, amonyum ve flor iyonları, katyonlar ise bor, alüminyum, arsenik, baryum, nikel, kobalt, krom, mangan, sodyum, kurşun, kadmiyum, lityum, potasyum, kalsiyum, stronsiyum, magnezyum, bakır, çinko, selenyum, antimon, gümüş ve silikadır. Toplam 11 aylık anyon analiz sonuçları Tablo E.5.1, katyon analiz sonuçları ise Tablo E.5.2 ve E.5.3'de verilmiştir.

Kızıldere Jeotermal Santrali'nin Büyük Menderes Nehri'ne olan etkilerin belirlenmesi için öncelikle Nehir üzerinden alınan örnekler ve içerdikleri elementlerin konsantrasyonları incelenmiştir. Yenice-Kamara, Menderes Tekstil, Sarayköy Atık, Santral atığının nehre döküldüğü nokta olan ve tüm kuyuların etkilerini içeren TKNDY, Nehir 1 ve 2 ile Buharkent Köprü örneklerinin içerdikleri inorganik kirlenme maddeleri olan bor, alüminyum, arsenik, baryum, nikel, kobalt, krom, mangan, kurşun ve kadmiyum ortalama konsantrasyonları Şekil 5.9'da verilmiştir. Bu maddelerden konsantrasyonları yüksek olan bor, arsenik, alüminyum, kobalt ve kadmiyum konsantrasyonlarının Nehir örnekleme noktaları boyunca değişimi ise Şekil 5.10-5.14 arasında verilmiştir.

Tablo 5.4. Örnekleme noktaları için kısaltmalar.

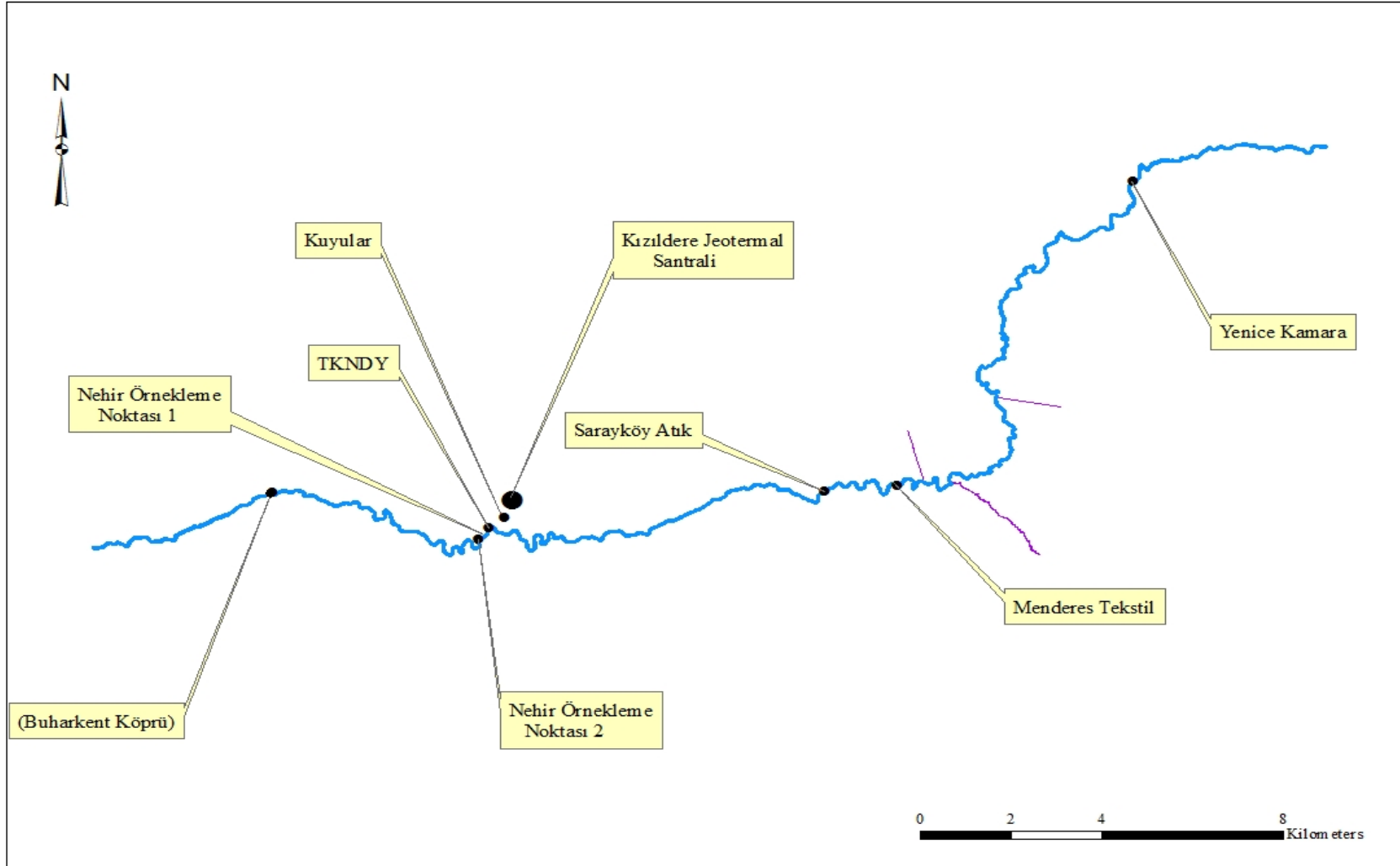
Kuyular	KD6, KD13, KD14, KD15, KD16, KD20, DK21, KD22, R1, R3		
T	Türbin binası	TB	Teknik bina
SK	Soğutma kulesi	M	Misafirhane
IB	İdari bina	R1K	R1 kuyusuna ait atık su kanalı
KK	Diğer tüm kuyulara ait atık su kanalı		
TK	R1K ile KK birleştikten sonraki toplam kanal		
TKNDY	Toplam kanalın Büyük Menderes Nehri ile birleştiği nokta		
N1	Nehir 1 (TKNDY'nin yaklaşık 150 m mansabında)		
N2	Nehir 2 (TKNDY'in yaklaşık 650 m mansabında)		
BK	Buharkent köprü (TKNDY'nin yaklaşık 5 km mansabında)		
SA	Sarayköy atık (Sarayköy Bölgesel Isıtma Sistemi atığının Nehre verildiği noktadan sonra, Karataş Köyü)		
MT	Menderes Tekstil fabrikası atığından sonra		
YK	Yenice-Kamara		



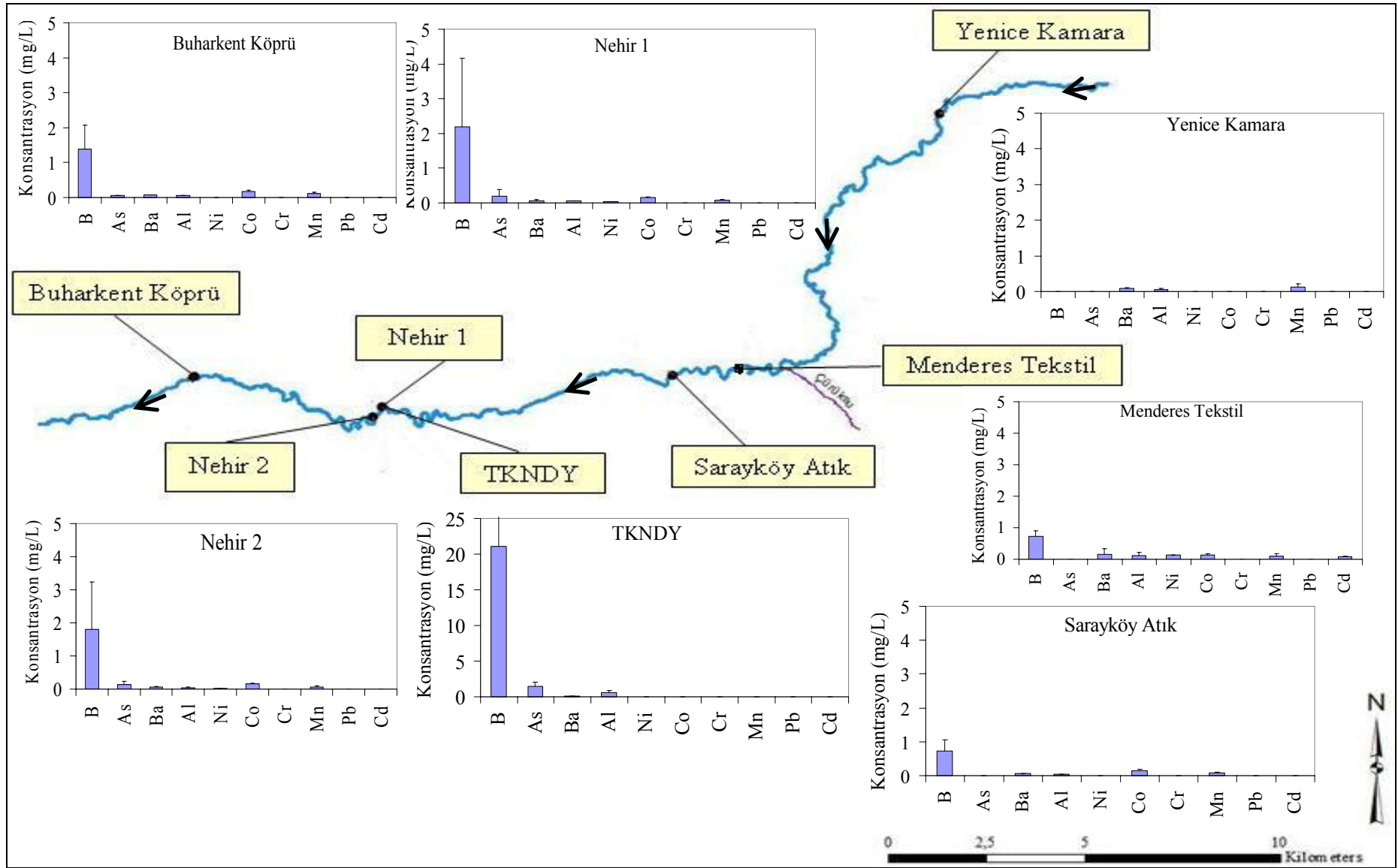
Şekil 5.7. Tüm örnekleme noktaları.

Yenice-Kamara, Saha'dan en uzakta olan ve jeotermal etkinin bulunmadığı referans nokta olarak alınmıştır. Tablo E.5.2 ve Şekil 5.9'dan görüleceği gibi Ba, Al ve Mn dışındaki elementler ölçülebilir limitlerin altındadır. Ba konsantrasyonu 0.06-0.11 mg/L, Al konsantrasyonu 0.02-0.11 mg/L ve Mn konsantrasyonu 0.03-0.28 mg/L arasında değişmektedir. Tablo E.5.1'e göre ise sıcaklık 7.7-21°C, pH 7.8-8.33, elektriksel iletkenlik 745-1444 μ S arasında değişmektedir. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (2004) ile Sulama Sularının.....(1991)'nde sıcaklık, pH, fiziksel ve inorganik kirlenme maddeleri, ağır metal ve toksik elementlere göre kıta içi su kaynakları sınıflandırmasında Yenice-Kamara en iyi su kalitesi olan I. sınıfta, sulama suyu sınıflandırmasında da yine I. sınıfta (çok iyi su) yer almaktadır. Sulama sularında izin verilen Al ve Mn konsantrasyonları ise sırasıyla 5.5-2 mg/L ve 0.2-2 mg/L'dir.

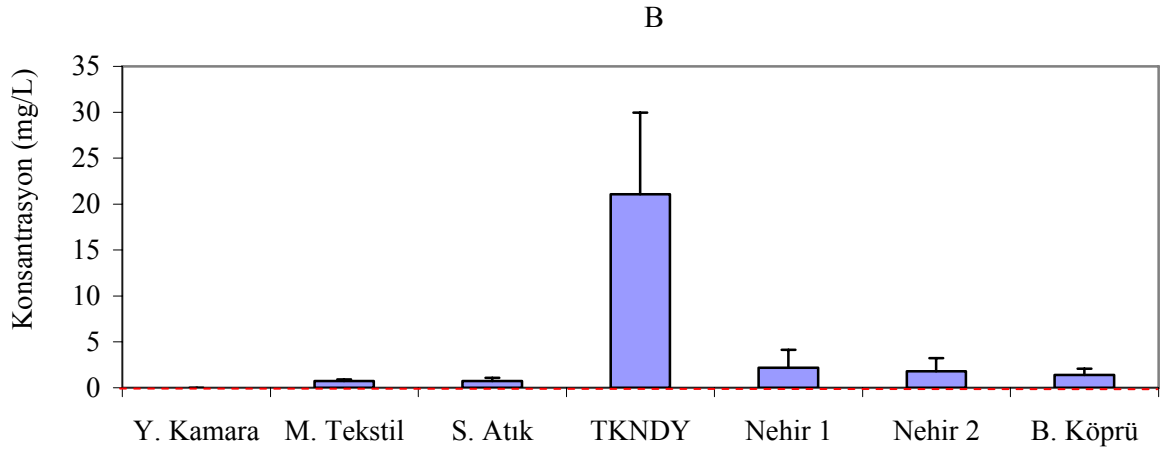
Bir sonraki örnekleme noktası olan Menderes Tekstil'de Yenice-Kamara'da belirlenmiş olan elementlere B, Ni, Co ve Cd elementleri eklenmiştir. Tablo E.5.2 ve Şekil 5.10'dan da görüleceği gibi B konsantrasyonu 0.5-1.1 mg/L arasında değişmekte ve Nehir, bu noktada sulama suyu sınıflandırmasında II. sınıfa (iyi) düşmektedir. B konsantrasyonu, aynı Yönetmelikte verilen bitkilerin bor mineraline karşı dayanıklılıklarına göre sulama suları sınıflamasında ise "orta derecede dayanıklı" olarak sınıflandırılan arpa, buğday, mısır, yulaf, zeytin ve pamuk sulamasına izin vermektedir. Ağustos-Eylül ayları dışında ölçülebilir limitlerin altında olan Ni konsantrasyonu, bu aylarda 0.128-0.135 mg/L olarak belirlenmiştir ve sulama sularında izin verilen değer olan 0.2 mg/L'nin altındadır. Co konsantrasyonu ise (0.11-0.19 mg/L) sürekli sulamada izin verilen 0.05 mg/L değerinin 2-4 katıdır. Cd sadece Ağustos ve Eylül aylarında 0.065-0.093 mg/L konsantrasyonlarında belirlenmiştir. Sulama sularında Cd için izin verilen limit sürekli sulamada 0.01 mg/L, killi zeminlerde 24 yıldan daha az sulama yapıldığında ise 0.05 mg/L'dir. Ağustos-Eylül aylarında belirlenen konsantrasyon izin verilen limitlerin 6-9 katıdır. Diğer aylarda Cd konsantrasyonu ölçülebilir limitlerin altındadır. Yenice-Kamara'da mevcut olan Ba konsantrasyonu Menderes Tekstil'de, kış aylarında ölçülebilir limitlerin altında olmakla birlikte bahar ve yaz aylarında 0.04-0.5 mg/L, Al konsantrasyonu ise 0.04-0.36 mg/L değerlerine yükselmiştir. Mn konsantrasyonu ise bir miktar düşüş göstermiştir.



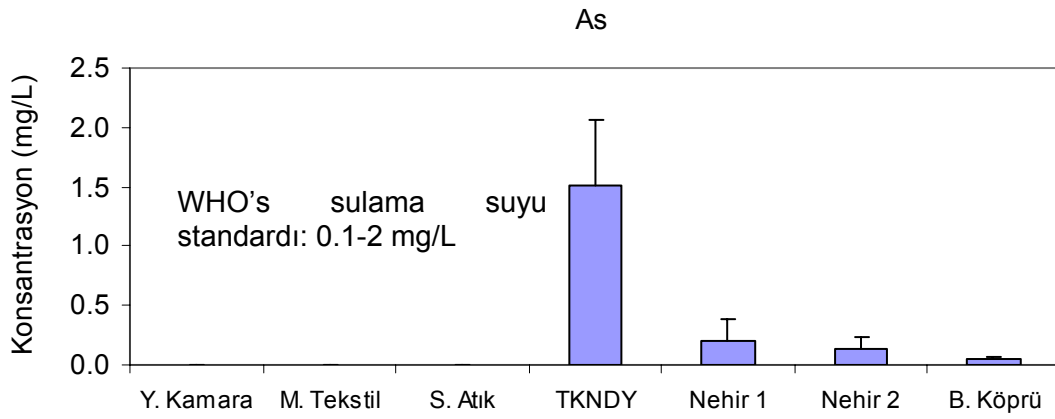
Şekil 5.8. Büyük Menderes Nehri üzerindeki su örnekleme noktaları.



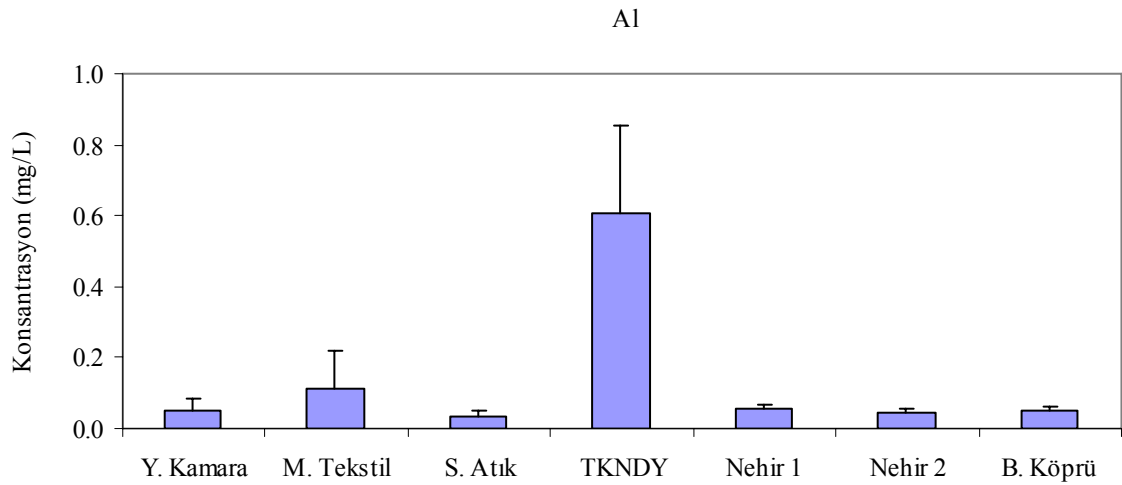
Şekil 5.9. Büyük Menderes Nehri su örnekleme noktaları ve kimyasal analiz sonuçları.



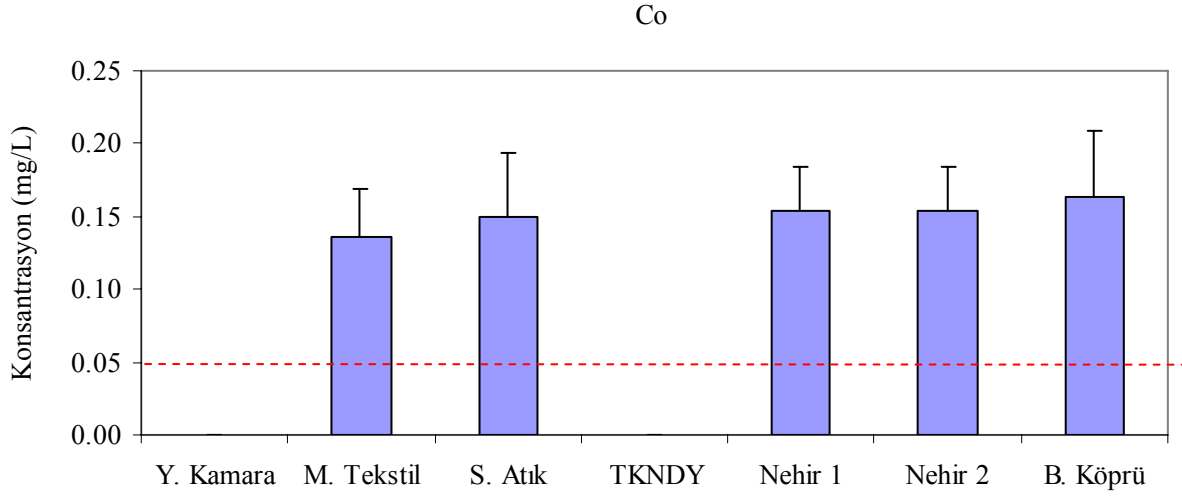
Şekil 5.10. Nehir örnekleri bor (B) konsantrasyonları.



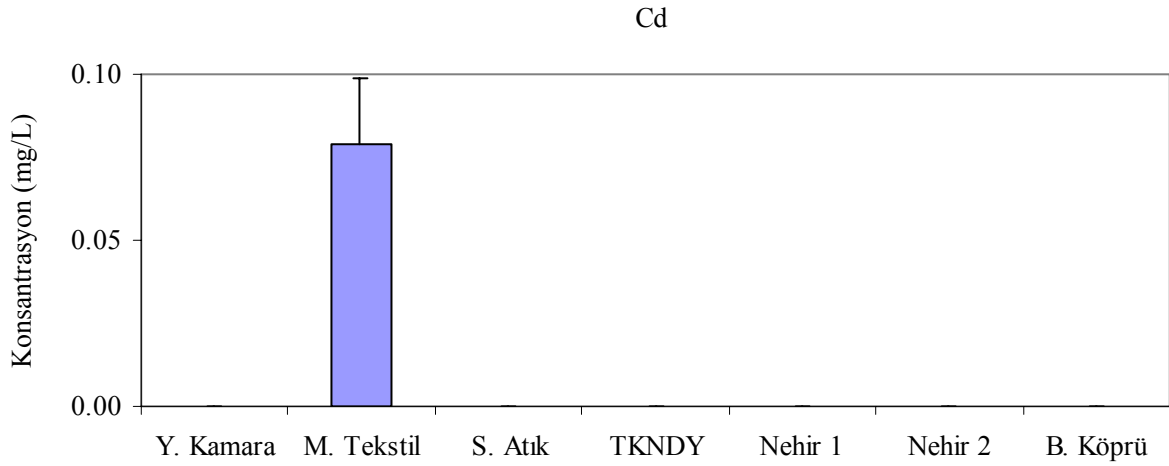
Şekil 5.11. Nehir örnekleri arsenik (As) konsantrasyonları.



Şekil 5.12. Nehir örnekleri alüminyum (Al) konsantrasyonları.



Şekil 5.13. Nehir örnekleri kobalt (Co) konsantrasyonları.



Şekil 5.14. Nehir örnekleri kadmiyum (Cd) konsantrasyonları.

Nehir üzerindeki 3. örnekleme noktası olan Sarayköy Atık, Sarayköy Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemi atık suyunun Nehre verildiği noktanın mansabında, Karataş köyü yakınındadır. Bu noktada B konsantrasyonu Menderes Tekstil'e göre bir miktar yükselmiş ve 0.4-1.5 mg/L arasında belirlenmiştir. Ağustos ayında 1.5 mg/L konsantrasyon ile III. sınıf (kullanılabilir) sulama suyu kategorisine düşmektedir. Ba, Al ve Mn konsantrasyonları Menderes Tekstil'e göre düşüş gösterirken Co konsantrasyonu değişiklik göstermemiş ve sadece kış aylarında belirlenmiştir. Ni ve Cd ise ölçülebilir limitlerin altındadır.

Toplam kanalın nehre döküldüğü yer (TKNDY), Kızıldere atık suyunun Nehre dökülmeden hemen öncesinde yer alan örnekleme noktasıdır. Sahadaki tüm kuyulara ait özellikleri içerdiği ve atık suyun Nehir'de mevcut elementlere olan katkısının ve Nehre eklenen yeni elementlerin etkilerinin görülmesi açısından önemlidir. TKNDY'de B, As ve Al konsantrasyonları, Nehir boyunca görülen en yüksek değerlerdedir. B konsantrasyonu 10.3-29.2 mg/L aralığında değişir. Daha önceki örnekleme noktalarında görülmeyen As, bu

noktada 0.12-1.95 mg/L, Al konsantrasyonu ise 0.07-0.77 mg/L aralığında değişmektedir. Ba konsantrasyonu Sarayköy Atık ile aynı değerlerdedir. Ni, Co, Cr, Mn, Pb ve Cd değerleri ölçülebilir limitlerin altındadır. Ba konsantrasyonu 0.02-0.08 mg/L arasında belirlenmiştir.

TKNDY'in mansabındaki ilk örnekleme noktası, 150 m uzaklıktaki Nehir I noktasıdır. Bu noktada B konsantrasyonu 0.8-7 mg/L aralığındadır. TKNDY'de 29.2 mg/L'ye kadar yükselen B konsantrasyonu Nehir ile karıştıktan sonra düşmüştür. Sulama ihtiyacının yüksek olduğu bahar ve yaz aylarında 3-7 mg/L arasında değişen bor konsantrasyonu ile Nehir sulamaya uygun olmayan V. sınıf su kategorisindedir. Bu kategoride, 3.75 mg/L'nin üzerindeki bor içeren sular ancak dayanıklı bitkiler kategorisinde olan şeker pancarı, yonca, bakla, soğan, marul ve havuç sulamasında kullanılabilir. B'a benzer şekilde As (0.05-0.55 mg/L) ve Al (0.05-0.07 mg/L) konsantrasyonları da TKNDY'ye düşüş göstermesine rağmen Al konsantrasyonu Sarayköy Atık'tan daha yüksek fakat Menderes Tekstil'den düşüktür. Sulama sularında izin verilen As değerleri sürekli sulamada 0.1 mg/L, killi zeminlerde 24 yıldan daha az sulama yapıldığında ise killi zeminlerde 24 yıldan daha az sulama yapıldığında ise 2 mg/L'dir. Nisan-Haziran ayları arasında sürekli sulama sınır değerlerinin üzerinde kalınmaktadır. TKNDY'de görülmeyen Co konsantrasyonu Sarayköy Atık ile hemen hemen aynı değerdedir. Bu da Co'nun jeotermal kökenli bir element olmadığını göstermektedir. Kuyu analizlerine bakıldığında hiçbir kuyuda Co'a rastlanmamıştır. Sarayköy Atık'ta görülen Co konsantrasyonu yükselmesinin nedeninin Nehre olan başka atıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Ni, sadece Eylül ayında ölçülebilir limitlerin üzerine çıkmasına rağmen 0.033 mg/L gibi düşük bir değerdir. Mn konsantrasyonu 0.01-0.1 mg/L arasındadır ve Sarayköy Atık'tan daha düşüktür. TKNDY'de ve kuyularda Mn konsantrasyonuna rastlanmaması Mn'in jeotermal kökenli olmadığını göstermektedir.

TKNDY'in mansabındaki 2. örnekleme noktası, yaklaşık 650 m uzaklıktaki Nehir II'dir. B konsantrasyonu bu noktada 0.5-5.2 mg/L seviyelerine düşmüştür. Yaz aylarında Nehir bu noktada da V. kategoride olup sulamaya uygun değildir. Nehir debisinde bir değişiklik olmadığı ve B katı maddelerce kolayca emilebildiği için Nehir I ile II arasında B'un sedimentlerde çökelmeye uğradığı düşünülmektedir. As konsantrasyonu da düşüş göstermiş ve 0.05-0.32 mg/L arasında değişmiştir. As konsantrasyonu açısından da Nehir II yaz aylarında sulamaya uygun değildir. Öte yandan hem Nehir I hem de Nehir II ve civarında Nehre pompa indirildiği, barajdan gelen suyun verildiği sulama kanalları olmasına rağmen Nehir'den su çekilerek sulamada kullanılmaktadır. Ba, Al ve Mn konsantrasyonları Nehir I ile hemen hemen aynıdır, Ni konsantrasyonu 0.015 mg/L'ye düşmüştür.

Nehir üzerindeki son örnekleme noktası TKNDY'nin yaklaşık 5 km mansabında, Buharkent İlçesi'nde bulunan Buharkent Köprü'dür. B konsantrasyonu bu noktada 0.8-3 mg/L değerlerindedir. Ağustos ve Mart aylarında Nehir II'ye göre bir miktar daha yüksek B konsantrasyonu görülmesine rağmen genel bir düşüş görülmektedir. Bunun nedeni Nehre ulaşım doğal çıkışlar yada civarda bulunan küçük kaplıcalar olabilir. En yüksek konsantrasyonun görüldüğü Haziran ayı dışında Nehir, bu noktada III. sınıf sulama suyu kalitesindedir, dayanıklı ve orta derecede dayanıklı bitkilerin sulanmasında kullanılabilir. As konsantrasyonu sadece yaz aylarında belirlenmiş ve 0.05-0.06 mg/L değerlerinde sabitlenmiştir. 0.1 mg/L'nin altında olduğu için sulamada kullanılabilir. Ba, Co ve Al konsantrasyonları Nehir I ve II ile aynıdır. Ni, Cr, Pb ve Cd konsantrasyonuna rastlanmamıştır. Mn konsantrasyonu (0.08-0.16 mg/L) Nehir I, II ve Sarayköy Atık'tan yüksek, Yenice-Kamara ve Menderes Tekstil'den düşüktür. Nedeni, evsel atıklar olabilir. Sulama sularında izin verilen Mn alt sınır değeri 0.2 mg/L olduğu için sulamada kullanılmasında sakınca yoktur.

Temmuz 2006-Haziran 2007 tarihlerinde gerçekleştirilen su örneği toplama çalışmalarında Temmuz-Ağustos aylarında Adıgüzel barajından su bırakılması nedeniyle Büyük Menderes

Nehri'nde su seviyesinin yüksek olduğu, daha sonraki aylarda yaşanan ve son 50 yılın en büyük kuraklığı nedeniyle seviyenin sürekli düşerek Haziran 2007'de Nehrin kuruma noktasına geldiği, Temmuz ayında ise Adıgüzel Barajı'nda suyun tükenmesi ile birlikte Nehir kurumuştur. Bu durum, Tablo E.5.2 ve E.5.3'de element konsantrasyonlarının artışı şeklinde görülmektedir. Santral atık suyunun Nehre olan etkisinin modellendiği Bölüm 8'de de Nehir'de barajdan su salımının olduğu aylarda B konsantrasyonunun düştüğü görülmektedir.

Yenice-Kamara'da berrak olan Nehrin, örnekleme periyodu boyunca Menderes Tekstil'den itibaren pembe-kırmızı renkte aktığı ve su seviyesinin çok düştüğü, Nehir içinde adacıkların oluştuğu (Şekil 5.15) Şubat ayından itibaren balık ölümleri görülmüştür (Şekil 5.16).



Şekil 5.15. Büyük Menderes Nehri (Menderes Tekstil noktasından)'nde oluşan adacıklar.

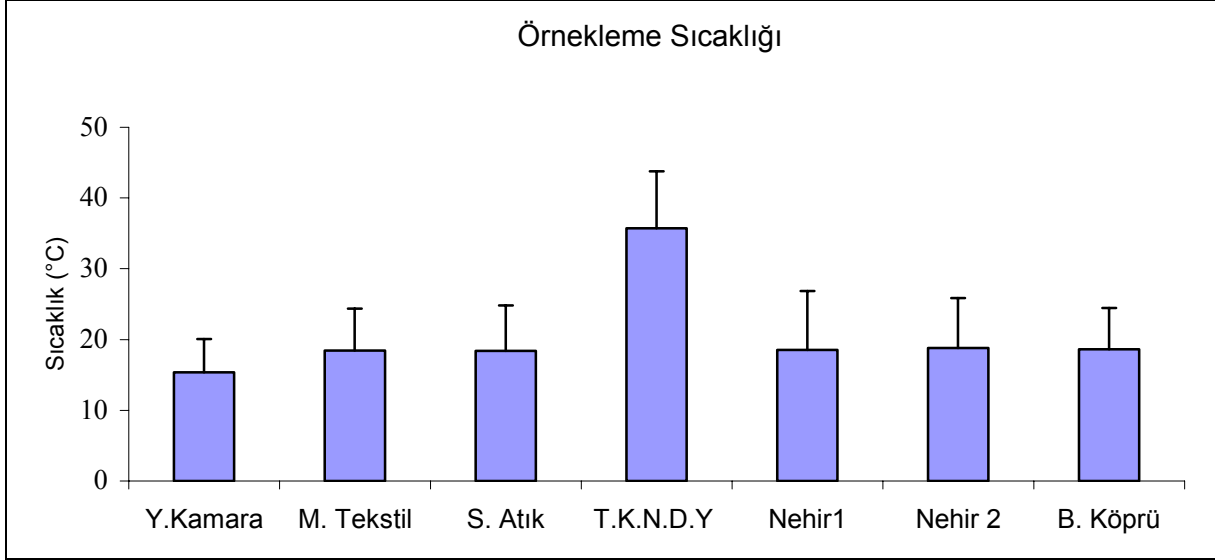


Şekil 5.16. Nehir'de balık ölümleri.

Fiziksel ve inorganik kimyasal parametreler olan sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik, toplam çözünmüş katı madde, klor, flor, HCO_3^- ve SO_4^{2-} konsantrasyonlarının Nehir örnekleme noktaları boyunca değişimi ise Şekil 5.17-5.24 arasında verilmiştir.

Şekil 5.17'de Nehir örnekleme noktalarında ölçülen ortalama sıcaklıklar verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi en düşük sıcaklık Yenice-Kamara'da ($7.7-21^\circ\text{C}$), en yüksek sıcaklık ise

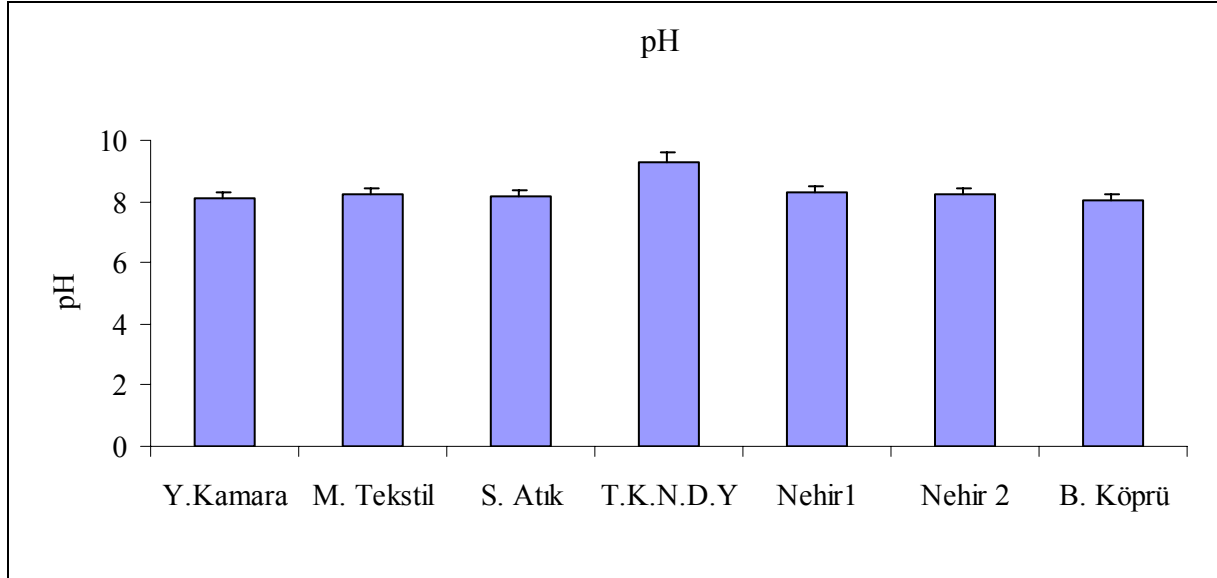
TKNDY'dedir. Diğer noktaların sıcaklıkları hemen hemen aynıdır. Kuyu savaklarında yıl boyunca 81.1-99.3°C arasında ölçülen atık jeotermal akışkan sıcaklıkları, 1.8 km uzunluğundaki kanal ile Nehre ulaştığında sıcaklığı 22.9-46.9°C arasında değişmektedir. Nehir I ve II'de sıcaklıklar 10.7-35.8°C aralığında iken Buharkent Köprü'de 10.8-30.3°C arasındadır. Sıcaklığın >30°C olduğu sular kıta içi su kaynakları sınıflarına göre en düşük kalite değerlerine sahip olan IV. kalite su sınıfındadır.



Şekil 5.17. Nehir örnekleri örnekleme sıcaklıkları.

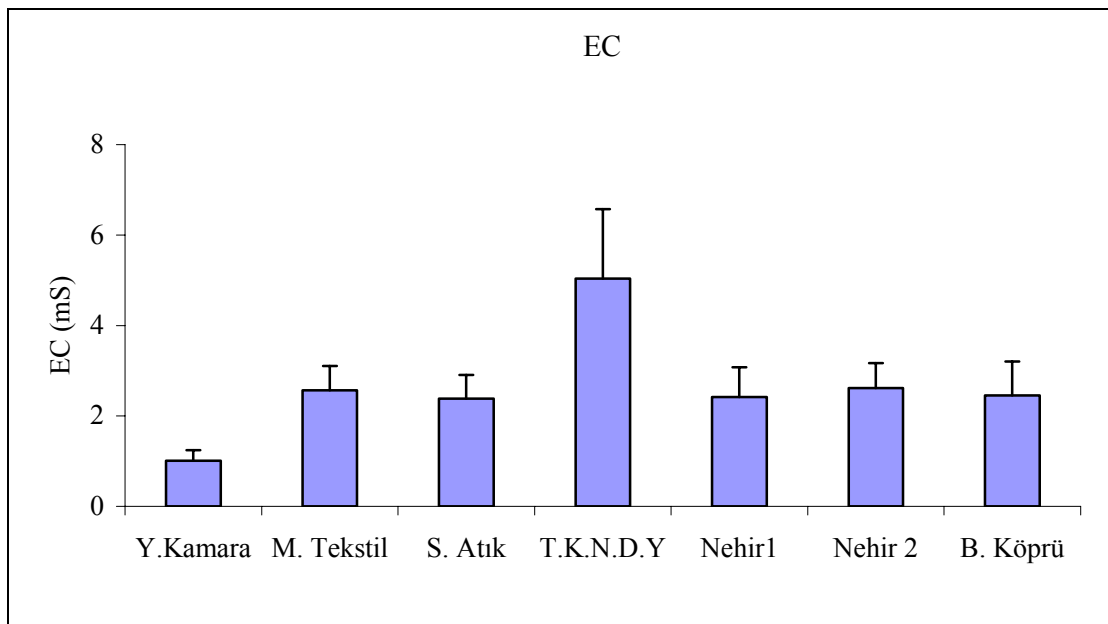
Yenice-Kamara'da 7.91-8.33 aralığında ölçülen pH değeri, doğal suların pH aralığı olan 6.5-8.5 aralığındadır. Menderes Tekstil ve Sarayköy Atık'ta 7.8-8.6 değerleri ile baziklik artar. Jeotermal akışkanlar ise daha bazik olup kuyu savaklarında 6.67-9.29 ölçülmüştür. TKNDY'de ise 8.71-9.55 değerlerine düşmesine rağmen, yine de doğal suların pH aralığı dışındadır. Nehir suyu ile karışımında sonra Nehir I ve II noktalarında pH 7.76-8.65'dir. Buharkent Köprü'de ise 7.90-8.21 değeri ile doğal su özelliğine kavuşur. Şekil 5.18'de Nehir örnekleri pH değişimi görülmektedir. Nehir I ve II noktaları >30°C sıcaklık ve pH 6-9 aralığında bulunan IV. kalite su sınıfındadır.

Nehir örneklerine ait ortalama elektriksel iletkenlik (EC) ve toplam çözünmüş katı madde (TDS) değerleri sırasıyla Şekil 5.19 ve 5.20'de verilmiştir. Her ikisi de tuzluluk değerinin ölçüsüdür. Toprakta tuzluluk önemli bir problemdir, zamanla birikim artar ve toprak çoraklaşır. Bu durum ya sulama suyundaki çözünmüş minerallerden ya da yeraltı suyunun tuzluluğunda kaynaklanır. Genellikle, EC<700 µS/cm ve TDS<450 mg/L olan sular sulamaya uygundur (Ayers ve Westcot, 1985). EC'in 700-3000 µS/cm ve TDS'in 450-2000 ppm aralıklarında olduğu sular kontrollü kullanılmalıdır. Bu değerlerin üzerinde ise kullanımı uygun değildir. Örnekleme noktalarında görülen ortalama EC değerleri 1010 (Yenice-Kamara)-5040 (TKNDY) µS/cm, TDS değerleri ise 470-2548 ppm olup Nehir sulama suyu olarak kontrollü kullanılmalıdır.

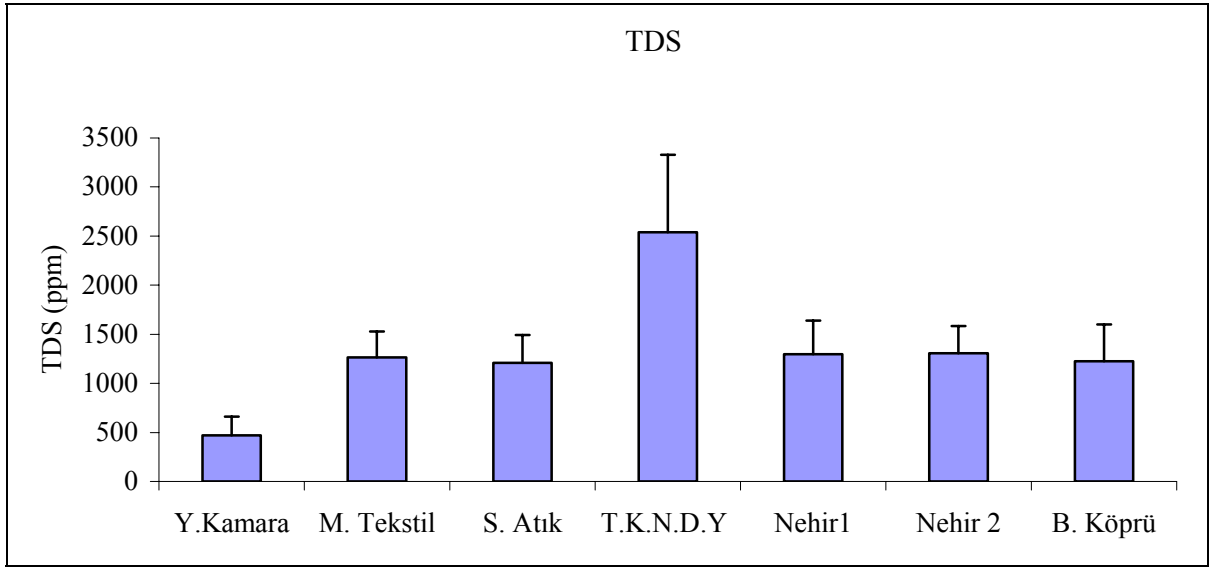


Şekil 5.18. Nehir örnekleri pH değerleri.

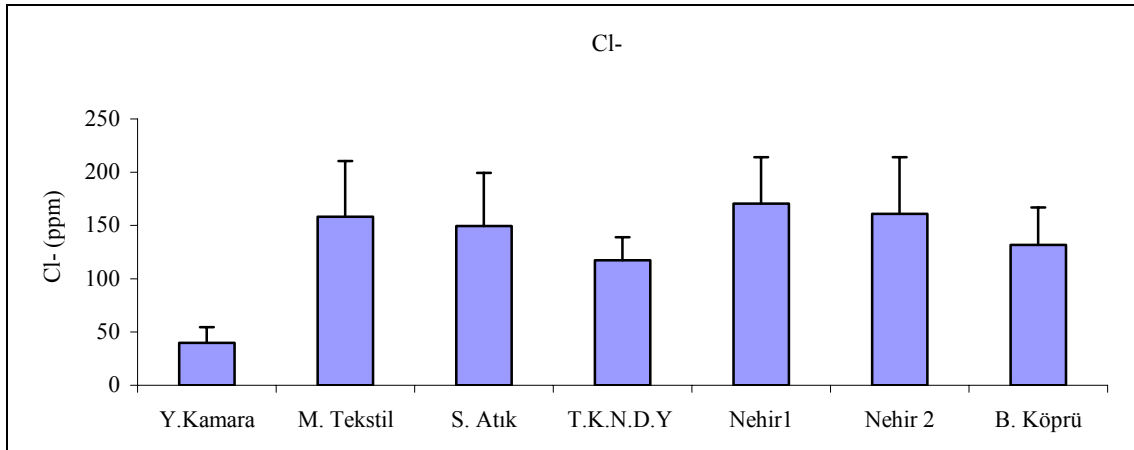
Cl, B ve Na sulama sularında toksik maddeler olarak belirtilmektedir. Bunların zararı, zamana, konsantrasyona, ürünün duyarlılığına ve su kullanımına bağlıdır. Bu elementlerin her biri tek başlarına yada bileşik halinde etki gösterebilirler. Genelde ürün rekoltesinde düşüşe neden olurlar. En yaygın toksisite klordan kaynaklanmaktadır. Klor toprak tarafından adsorbe edilmemesine rağmen toprak-su aracılığı ile ilerleyerek bitki yapraklarında birikir ve yapraklarda yanma ve kurumaya neden olur. Cl'un %0.3 oranında bulunması çoğu ağaç türüne zarar verir. Sulama suları Cl konsantrasyonu 140 ppm'in altında olmalıdır. 140-350 ppm aralığında kontrollü kullanılmalı, 350 ppm'in üzerinde ise kullanılmamalıdır (Ayers ve Westcot, 1985). Nehir örneklerinde belirlenen Cl konsantrasyonları Şekil 5.21'de verilmiştir. Sadece Yenice-Kamara ve Buharkent Köprü örnekleri sulama amaçlı kullanılabilir. Diğer noktalarda kontrollü kullanım yapılmalıdır. TKNDY'nin katkısı ile Nehir I en yüksek konsantrasyona sahiptir.



Şekil 5.19. Nehir örnekleri elektriksel iletkenlik (EC) değerleri.



Şekil 5.20. Nehir örnekleri toplam çözünmüş katı madde (TDS) değerleri.



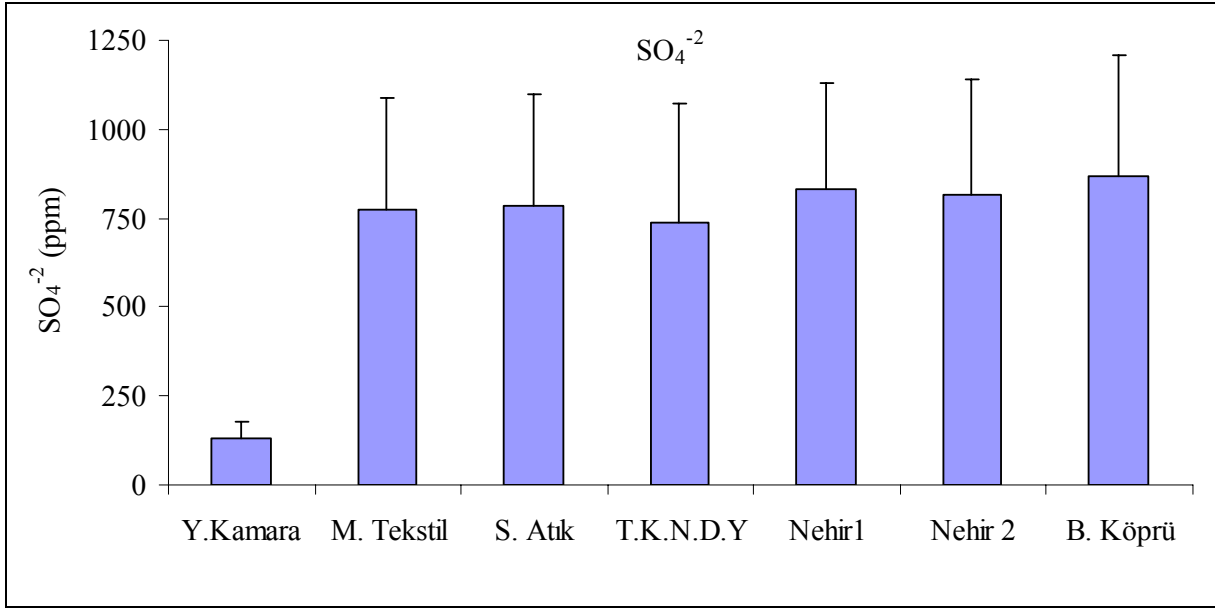
Şekil 5.21. Nehir örnekleri klor (Cl) konsantrasyonları.

SO_4^{-2} , $CaSO_4$ (gypsum) içeren kayalarda yaygın olarak bulunan bir mineral olup suyun bu kayalardan geçişi sırasında veya atmosferik depozisyon yoluyla suya geçebilir. Ayrıca arıtma tesislerinde, deri, kağıt ve tekstil endüstrisi atıklarından, gübre olarak kullanıldığı topraklardan yağmur yolu ile Nehre ulaşır. Sülfat genelde normal konsantrasyonlarda bitki ve hayvan için toksik olmamakla birlikte 500-750 ppm insanlarda geçici laksatif etki yaratır. Genelde yüksek konsantrasyonlar suyun pH'ını etkiler. Sulama suyunda bulunması gereken aralık 0-575 ppm'dir. 575-960 aralığında kontrollü kullanılmalı, 960 ppm'in üzerindeki değerlerde kullanılmamalıdır. Şekil 5.22'de Nehir örnekleri ortalama sülfat konsantrasyonları verilmiştir. Yenice-Kamara dışındaki noktalarda kontrollü kullanım yapılmalıdır.

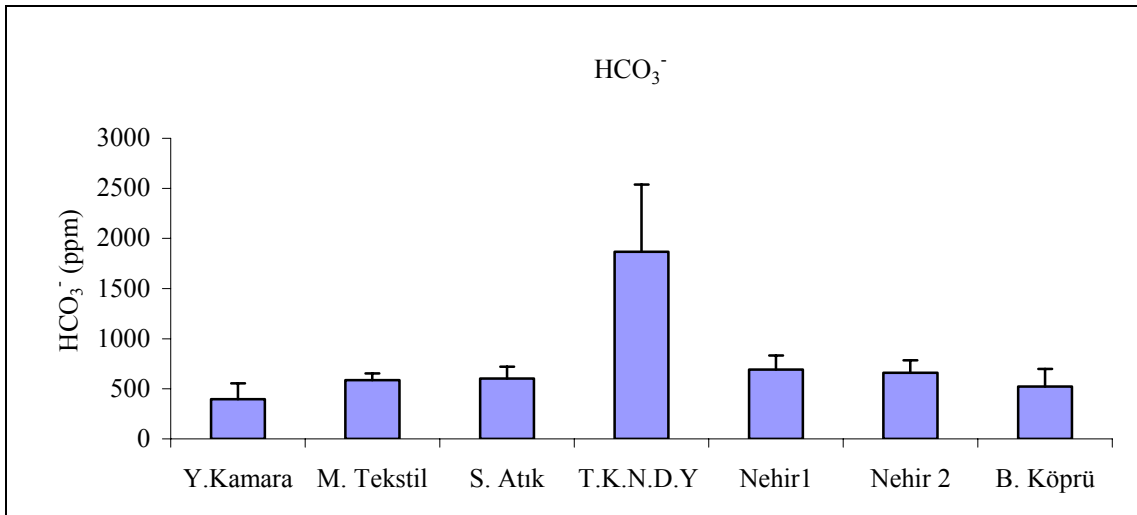
HCO_3^- iyonunun yüksek olması pH'ı yükseltir (>8.5) artırır, kalsiyum ve magnezyum iyonlarının çözünmeyen mineral formuna geçmesini sağlayarak çözeltide sodyumu etkin iyon olarak bırakır. Böylece, dolaylı olarak toprakta ve ürünlerde sodyum konsantrasyonunun yüksek olmasına neden olur. Sulama sularında bikarbonat konsantrasyonunun 90 ppm'in altında olması istenir. 90-500 ppm arası kontrollü kullanılmalı, 500 ppm'in üzerinde

kullanılmamalıdır. Şekil 5.23'de Nehir örneklerinde bulunan bikarbonat konsantrasyonları görülmektedir. Jeotermal akışkanlar yüksek konsantrasyonlarda bikarbonat içerirler. Kuyularda belirlenen bikarbonat aralığı, 1717-3056 ppm'dir. Bu da TKNDY'de 1868 ppm değerini verir. Diğer örnekleme noktalarında 397-693 ppm arasında değişen konsantrasyonlar ile Yenice-Kamara kontrollü kullanılmalı, diğer noktalar ise sulamada kullanılmamalıdır.

Kuyularda F konsantrasyonu yüksek olmasına rağmen Nehir örneklerinde F ve NH_4 konsantrasyonları sulama suyu kriterlerine uygundur.



Şekil 5.22. Nehir örnekleri sülfat (SO_4^{-2}) konsantrasyonları.



Şekil 5.23. Nehir örnekleri bikarbonat (HCO_3^{-}) konsantrasyonları.

5.3.3. Toprak Ortamına Olan Etkiler

Kızıldere Jeotermal Santrali ile Büyük Menderes Nehri arasındaki tarım toprakları kanallar aracılığı ile Adıgüzel barajından salınan sular ile sulanmasına rağmen, Büyük Menderes Nehri üzerindeki örnekleme noktaları civarında Nehre pompa indirildiği görülmüştür. Çiftçilerle yapılan görüşmelerde tarım arazilerinde tuzlanma olduğu bilgisi alınmıştır. Bu nedenle, su örnekleri alınan üretim kuyularının bazılarının yakınından, kanallar ve Nehir üzerinde su örnekleri alınan noktaların yakınında bulunan tarım topraklarından Bölüm 5.2.3'de verildiği şekilde örnekler alınmıştır. Örnek alınan noktalar; KD13, KD14, KD15, R1 kuyuları, toplam kanal, R1 kanal, Kızıldere kanal, Yenice-Kamara, Sarayköy Atık, TKNDY, Nehir 1 ve 2'dir. Menderes Tekstil'de su örnekleri sazlıklardan Nehre yaklaşılamadığı için Köprü üzerinden alınmış, toprak örneği alınamamıştır. Toplanan örnekler yine Bölüm 5.2.3'de belirtildiği gibi hazırlanıp bor, lityum, stronsiyum, nikel, krom, çinko, baryum, molibden, mangan, kobalt, bakır, arsenik, selenyum, kadmiyum, antimon, alüminyum, gümüş ve kurşun analizleri yapılmış ve sonuçlar Tablo E.5.6'da verilmiştir. Su örnekleri ile uyumlu olması için sadece Nehir üzerindeki noktalara ait analiz sonuçları ve konsantrasyonu yüksek olan elementler Şekil 5.24'de, herbir elemente ait konsantrasyon değişimleri ise Şekil 5.25-5.35 arasında verilmiştir.

Toprak minerallerinin ana kaynağını kayalar oluşturmaktadır. Ancak, toprağın kimyasal ve mineralojik özellikleri toprağın oluşumunda rol oynayan ayrışma faktörlerinin etkinliği nedeniyle farklılaşmaktadır (Sayın, 1999). Tablo 5.5'de kayalarda ve topraklarda bulunan bazı elementler ve yüzde değerleri verilmiştir.

Tablo 5.5. Yerkabuğunda ve toprakta bulunan elementler (Sayın, 1999).

Element	Yerkabuğu (%)	Toprak (%)
O	46.4	53.6
Si	28.2	32.5
Al	8.2	6.0
Fe	5.6	2.7
Ca	4.1	1.2
Na	2.4	0.8
Mg	2.3	0.55
K	2.1	1.5
Ti	0.57	0.29
H	0.014	1.1
P	0.0105	0.07
S	0.026	0.06
Mn	0.0095	0.12
Cl	0.0013	-

Tablo 5.6'da topraktaki ağır metal sınır değerleri verilmiştir. Tablo 5.5 ve 5.6'de verilen değerler ile literatür verileri birlikte değerlendirildiğinde toprak örneklerinde analizi yapılan bazı elementler ile ilgili olarak aşağıdaki değerlendirmeler yapılabilir.

Ağır Metaller

Bakır

Toprakta görülen Cu konsantrasyonu 1-40 ppm aralığında, ortalama 9 ppm civarındadır (Mortuedt ve diğ., 1972). Tablo 5.6'da Cu sınır değerleri 50-140 ppm aralığında verilmiştir, çalışma alanında ise 20-48 ppm arasında değişmektedir (Şekil 5.25).

Çinko

Topraklarda toplam içeriği 10-300 ppm arasında ve ortalama 50 ppm'dir. Çalışma alanında Zn dağılımı Şekil 5.26'da verilmiştir. Şekilde görüleceği gibi Zn 56-116 ppm arasında değişmektedir ve Tablo 5.6'da verilen sınır değerler içindedir.

Kurşun

Su analizlerinde jeotermal akışkan ile Nehir örneklerinde kurşuna rastlanmamasına rağmen toprak örneklerinde 12-17 ppm gibi düşük değerlerde Pb konsantrasyonuna rastlanmıştır (Şekil 5.27). Kurşun av fişeklerinde kullanılan ana metaldir ve ortalama her atışta çevreye 30 gram kurşun saçılır. Dolayısıyla av sahalarında (çalışma alanında olduğu gibi) ve çevrelerinde yüksek ve tehlikeli miktarda kurşun bulunması kaçınılmaz olmaktadır. Literatür değerlerine göre toprakta kurşun toksik etki sınır değeri 30-40 ppm arasında kabul görmekte ve bu değer toprağın kil, organik madde içeriği ve katyon değişim kapasitesine göre artırılmaktadır.

Kadmiyum

Proje alanında Cd içeriği 0.2-0.4 ppm aralığında değişmektedir (Şekil 5.28). Bu değer Tablo 5.6'da izin verilen değerlerin altındadır.

Krom

Proje alanında Cr konsantrasyonu 25-104 ppm aralığındadır (Şekil 5.29). Cr içeriği Yenice-Kamara'dan sonra TKNDY'de en düşük seviyededir. Tablo 5.6'da izin verilen Cr değeri 100 ppm'dir ve Sarayköy Atık noktası limit değerdedir.

Civa

Tablo 5.6'da civa sınır değerleri 1-1.5 ppm olarak verilmiştir. Çalışma alanında civa konsantrasyonu analiz cihazının algılama değerinin altındadır.

Kobalt, toprak kaynaklı bir elementtir ve toprakta ortalama 8 ppm civarında bulunur. Düşük konsantrasyonları insan ve bitki sağlığı için gerekli olup B-12 vitamininin bir parçasıdır. 40 ppm'in altında bitkilere zararlı değildir. Toprağın pH'ına, bitkinin dayanımına ve toprak tipine bağlı olarak etkileri değişir. Co, genellikle nikel ve arsenik ile birlikte bulunur. Co konsantrasyonu yüksek olduğunda Ni ve As de yüksektir ve bu elementler insan ve bitki için Co'dan daha toksiktir (Ministry of Env., 2008). Toprak örneklerindeki Co konsantrasyonları 44-198 ppm arasındadır ve Sarayköy Atık'ta en yüksek seviyededir. Arsenik konsantrasyonu çalışma alanında 187-430 ppm aralığında olup sınır değer olan 20 ppm'in çok üzerindedir. En yüksek konsantrasyon Yenice-Kamara'da, ikinci en yüksek ise TKNDY'de belirlenmiştir. Sarayköy atık suları civarında Ni konsantrasyonu 969 ppm'dir. En düşük konsantrasyon ise 114 ppm ile Yenice-Kamara'dadır (Şekil 5.30). Tablo 5.6'ya göre Ni konsantrasyonu pH>6 için 75 ppm olarak verilmiştir. Çalışma alanı Ni değerleri Tablo değerinin çok üzerindedir.

Molibden ise 2.6-3.5 ppm arasında değişir ve 10 ppm'lik sınır değerinin altında kalmaktadır. Baryum 239-551 ppm aralığında değişir ve TKNDY ve Sarayköy Atık noktalarında en yüksek seviyelerdedir. Tablo 5.7'de verilen sınır değer ise 200 ppm'dir. Selenyum için sınır değer 5 ppm olarak verilmiştir. Çalışma alanında ölçülen değerler ise 0.2-0.8 ppm arasında olup sınır değerinin altındadır.

Kobalt, baryum, arsenik ve nikel toprak kirlilik parametreleri sınır değerlerinin üzerinde, krom sınır değerindedir. Selenyum, civa, kurşun, kadmiyum, krom, bakır ve çinko değerleri ise sınır değerlerin altındadır.

Diğer katyonlar

Stronsiyum

Proje alanı topraklarında Sr (Şekil 5.31) 1165-3172 ppm aralığında değişmektedir. Nehre jeotermal katkının en fazla olduğu TKNDY'de en yüksek konsantrasyon görülmektedir. Sr'un toprak kökenli bir element olması jeotermal kuyularda konsantrasyonu çok düşük olmasına rağmen jeotermal kuyu yakınlarındaki topraklar da dahil olmak üzere tüm örneklerde görülen yüksek Sr konsantrasyonunun nedenidir.

Demir

Yerkabuğunda %5 civarındadır. Toprak oluşumu sırasında demir konsantrasyonu arttığından yada ortamdan yitebildiğinden bu elementin toprakta bulunan normal konsantrasyonu % 0.7-55 gibi geniş aralıkta değişir. Toprak örneklerinde konsantrasyonun en yüksek olan elementin Fe olduğu ve 38893-48232 ppm aralığında değiştiği görülmektedir (Şekil 5.32). Nedeni de tarımsal amaçlı gübre olarak kullanılmasıdır.

Aluminyum

Proje alanında Al içeriği Şekil 5.33'de görüldüğü gibi 13651-49315 ppm arasında değişmektedir. Tablo 5.5'de verilen toprakta bulunan Al değeri (%6) dikkate alındığında proje alanında Al konsantrasyonunun oldukça yüksek (%12-50) olduğu görülmektedir.

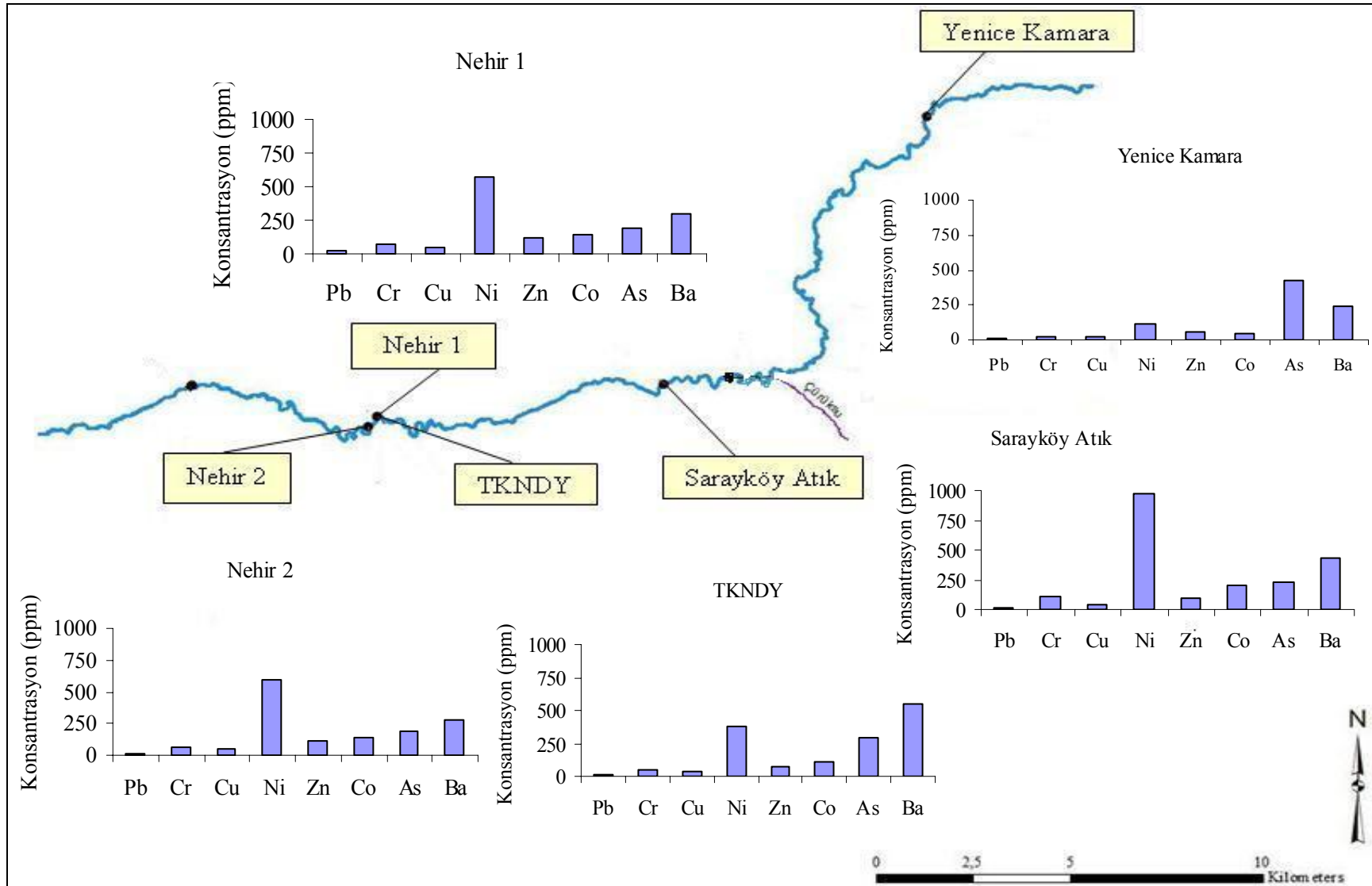
Mangan

Topraklarda manganın toplam miktarı genellikle 20-3000 ppm arasında olup ortalama 600 ppm'dir. Proje alanı topraklarında Mn içeriği 703-1358 ppm aralığındadır (Şekil 5.33).

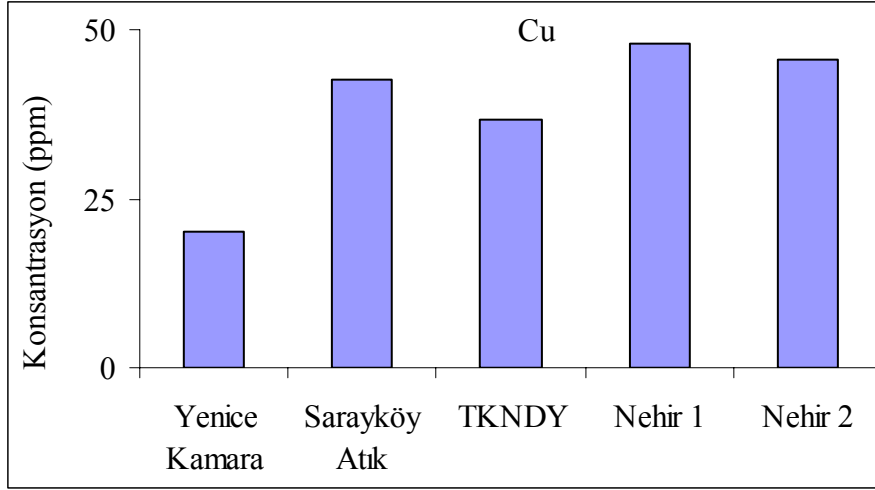
Bor

Nehir boyunca alınan toprak örneklerinde B konsantrasyonunun 9-135 ppm arasında değiştiği görülmüştür (Şekil 5.34). En düşük değer Yenice-Kamara, en yüksek değer ise TKNDY'dedir. Nehir I ve II'de 28 ve 36 ppm B konsantrasyonunun bulunması gübrelerden gelen B dışında jeotermal akışkanın sulamada kullanılmış olduğunu doğrulamaktadır.

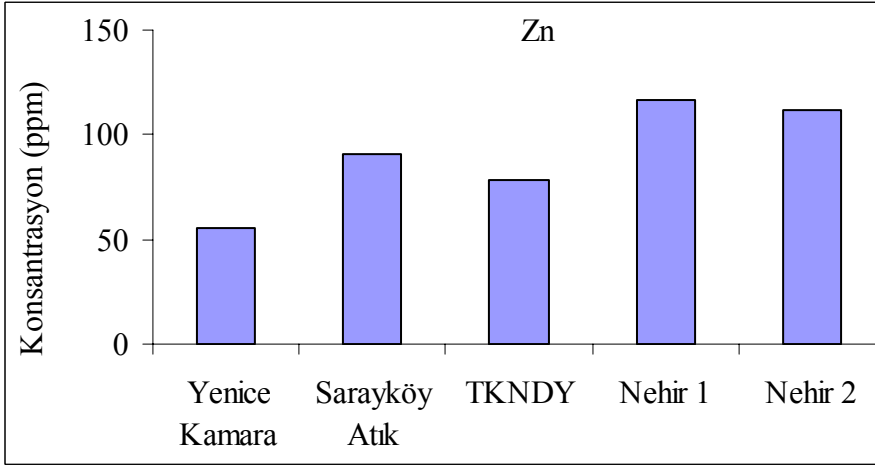
Jeotermal Santral'in katkısı ile TKNDY'de bor, baryum, stronsiyum, arsenik, antimon ve demir konsantrasyonlarında önemli artışlar görülmektedir. Bir diğer önemli jeotermal katkı olan Sarayköy Atık'ta nikel konsantrasyonu çalışma alanı içinde en yüksek seviyededir.



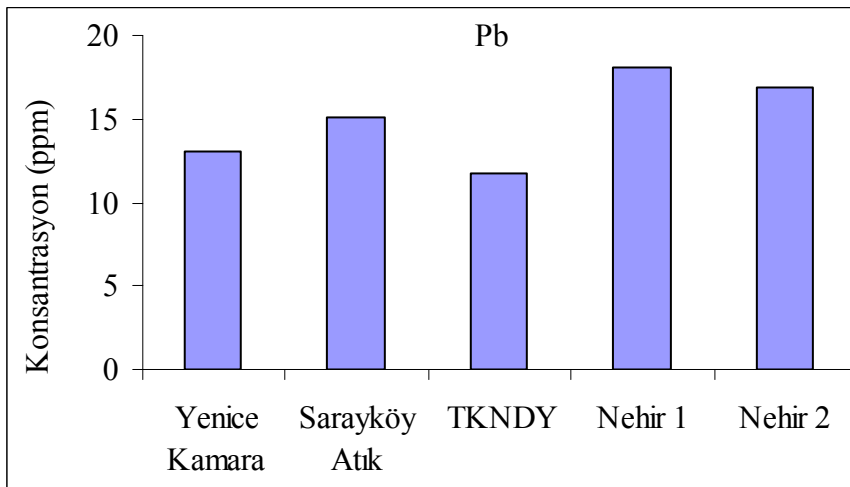
Şekil 5.24. Büyük Menderes Nehri üzerindeki toprak örnekleri ve kimyasal analiz sonuçları.



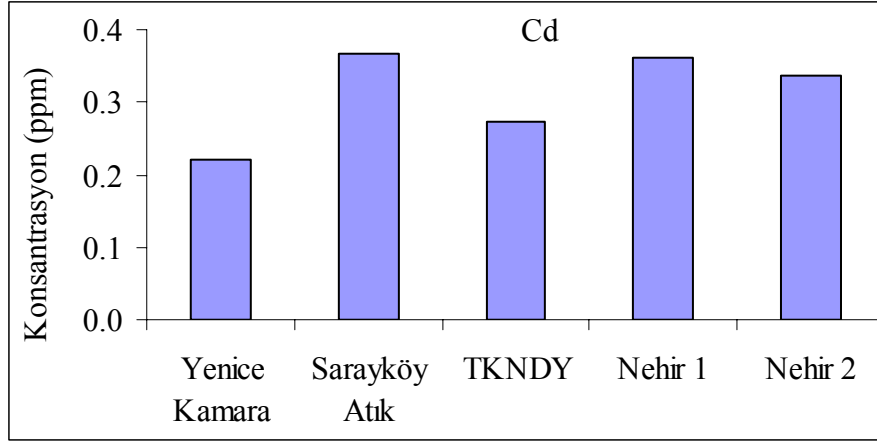
Şekil 5.25. Toprak  rnekleri bakır (Cu) konsantrasyonları.



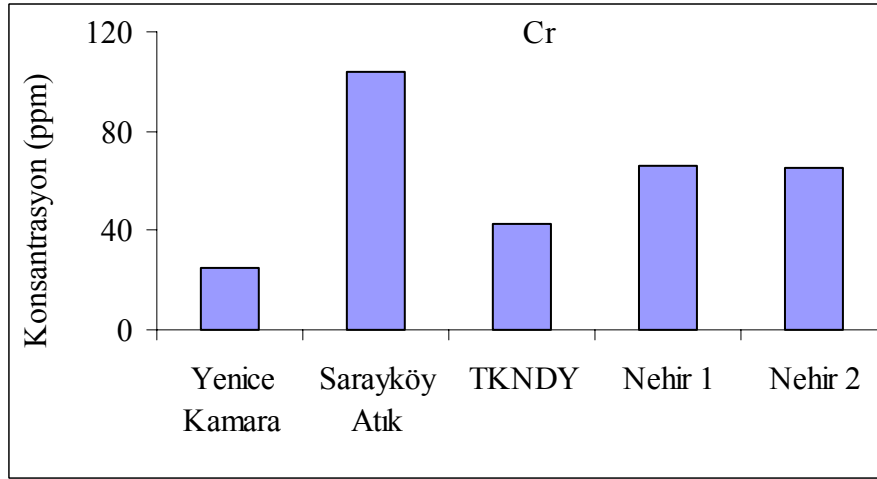
Şekil 5.26. Toprak  rnekleri  inko (Zn) konsantrasyonları.



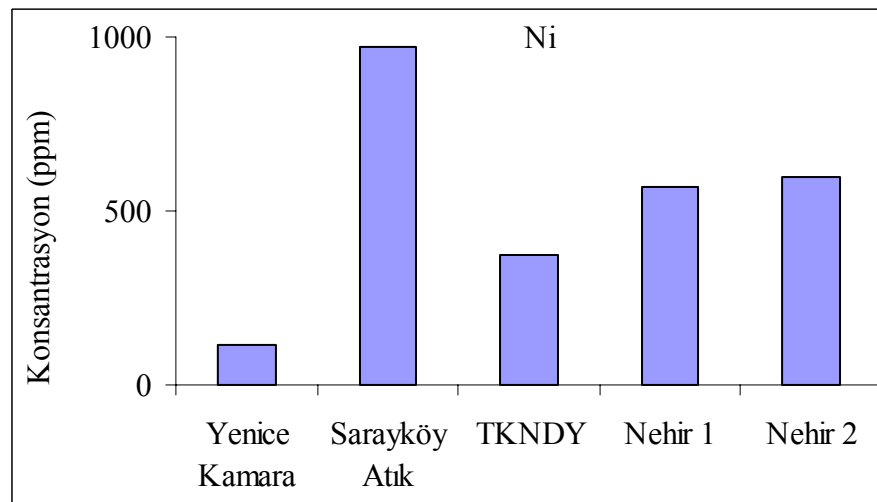
Şekil 5.27. Toprak  rnekleri kurşun (Pb) konsantrasyonları.



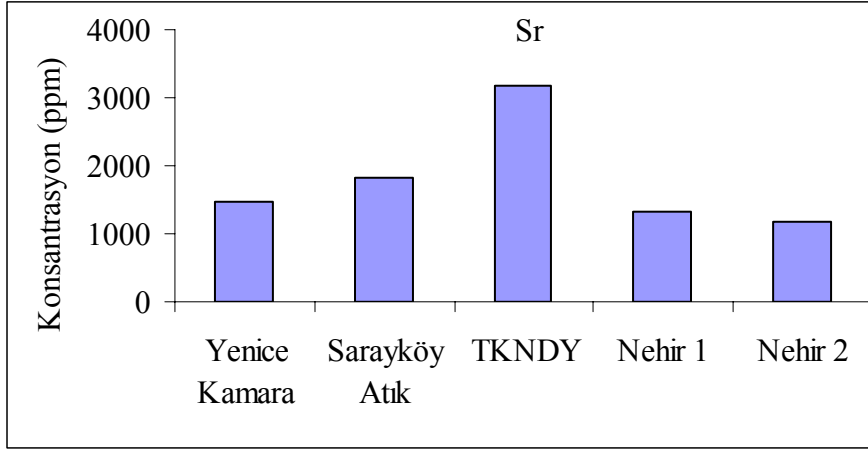
Şekil 5.28. Toprak örnekleri kadmiyum (Cd) konsantrasyonları.



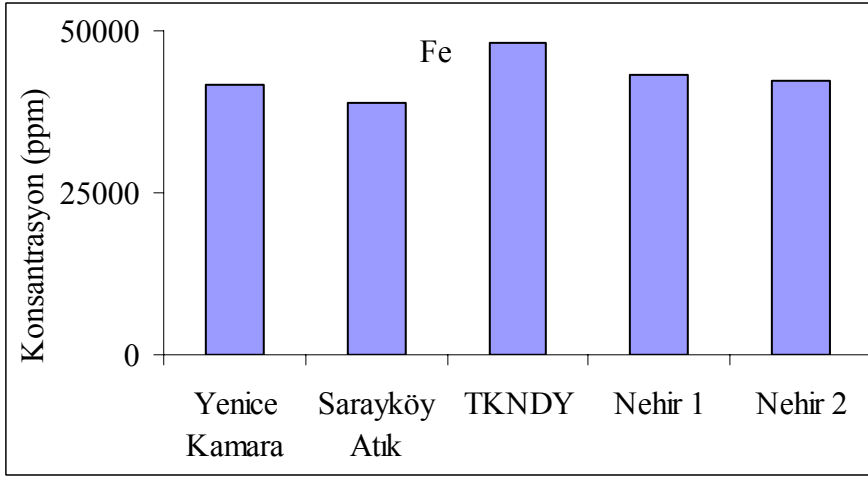
Şekil 5.29. Toprak örnekleri krom (Cr) konsantrasyonları.



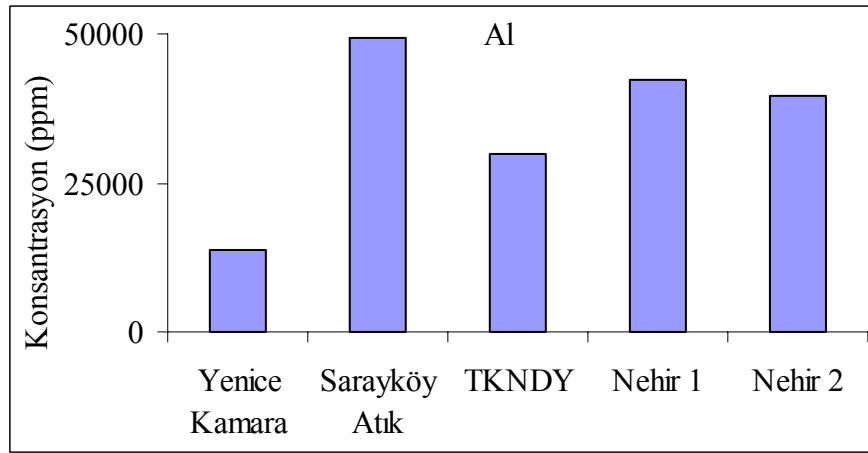
Şekil 5.30. Toprak örnekleri nikel (Ni) konsantrasyonları.



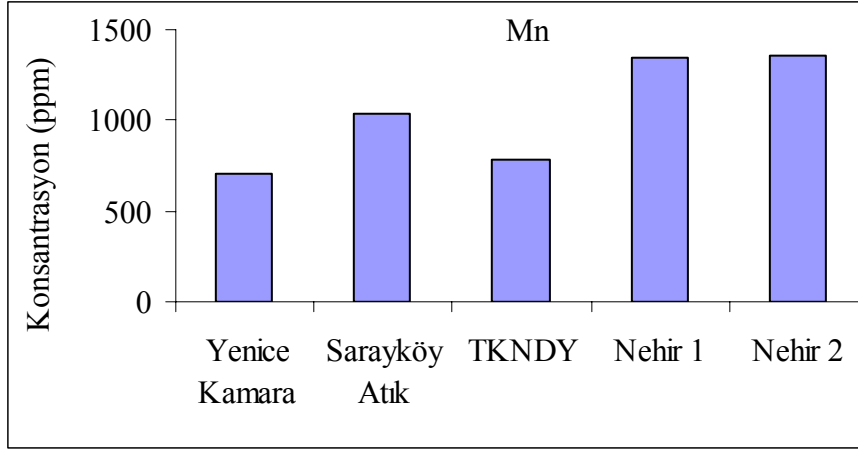
Şekil 5.31. Toprak örnekleri stronsiyum (Sr) konsantrasyonları.



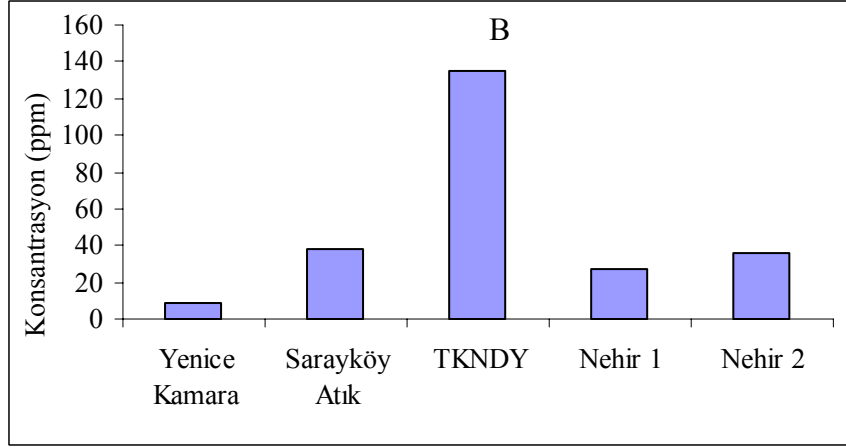
Şekil 5.32. Toprak örnekleri demir (Fe) konsantrasyonları.



Şekil 5.33. Toprak örnekleri alüminyum (Al) konsantrasyonları.



Şekil 5.34. Toprak örnekleri mangan (Mn) konsantrasyonları.



Şekil 5.35. Toprak örnekleri bor (B) konsantrasyonları.

Tablo 5.6. Topraktaki ağır metal sınır değerleri (Sulama Sularının..., 1991).

Ağır metal (Toplam)	Sınır değerler (mg/kg fırın kuru toprak)	
	pH 5-6	pH>6
Kurşun	50 **	300 **
Kadmiyum	1 **	3 **
Krom	100 **	100 **
Bakır*	50 **	140 **
Nikel*	30 **	75 **
Çinko *	150 **	300 **
Civa	1 **	1.5 **

* pH değeri 7'den büyük ise çevre ve insan sağlığına özellikle yer altı suyuna zararlı olmadığı durumlarda Bakanlık sınır değerleri %50'ye kadar artırılabilir.

** Yem bitkileri yetiştirilen alanlarda çevre ve insan sağlığına zararlı olmadığı bilimsel çalışmalarla kanıtlandığı durumlarda, bu sınır değerlerin aşılmasına izin verilebilir.

5.4. Balçova Jeotermal Sahası ve Bölgesel Isıtma Sistemi Kimyasal Etkileri

BJBIS'nde kuyu içi pompalar kullanılarak sadece su çekilmekte, bu nedenle de artezyenik kuyu kullanımında görülen gaz atımı olmamaktadır. Sahada görülebilecek gaz atımı sadece sondaj sırasında ve üretim kuyularında kuyubaşında olabilir. Kuyu içinde gaz birikmesini önlemek için kuyu başına teçhiz edilen sızma (bleeding) vanasından düşük debide gaz atımı yapılır. Bu nedenle atmosfere gaz atımı nedeniyle oluşabilecek kirlilik Balçova için geçerli değildir. Üstelik bölgede fosil yakıtların kullanımının önemli ölçüde azalması nedeniyle gerçekleşen hava kalitesi artışı gözlemlenebilmektedir. Kuyularda üretilen akışkan, kullanıldıktan sonra %80-85'i re-enjeksiyona gönderilmekte, bir kısmı sera ısıtmasında kayba uğramakta, bir kısmı termal otellerde kullanıldıktan sonra kanalizasyona verilmekte, geri kalan kısmı ise Ilica Deresi yoluyla denize deşarj edilmektedir. Ilica deresi, Cengiz Saran Barajı'ndan bırakılan sulama suyunu İnciraltı'nda bulunan tarım topraklarına ve seralara, oradan da denize taşımak için kullanıldığından ıslah edilmiştir ve toprak barındırmaz. Kuyu çevreleri de beton olduğu için Saha'dan toprak örneği alınmamıştır.

Sahada etkin olabilecek kimyasal etkiler, su ve sulamada kullanılması halinde toprak ortamına olan etkilerdir. Bu nedenle Saha'dan sadece su örnekleri toplanmış ve su ortamına olan etkiler incelenmiştir.

5.4.1. Su Ortamına Olan Etkiler

Balçova Jeotermal Sahası'nda üretim kuyuları dış hava sıcaklığına bağlı olarak değişen ısı yüklerini karşılamak üzere değişken kapasitelerde çalıştırılmakta, yaz aylarında ise sadece sıcak su tüketimini karşılamak üzere 1 yada 2 kuyu devrede bırakılmaktadır. Diğer kuyular, yaz döneminde dinlendirilerek üretim sırasında yaşanan basınç düşümünün geri kazanılması sağlanmaktadır.

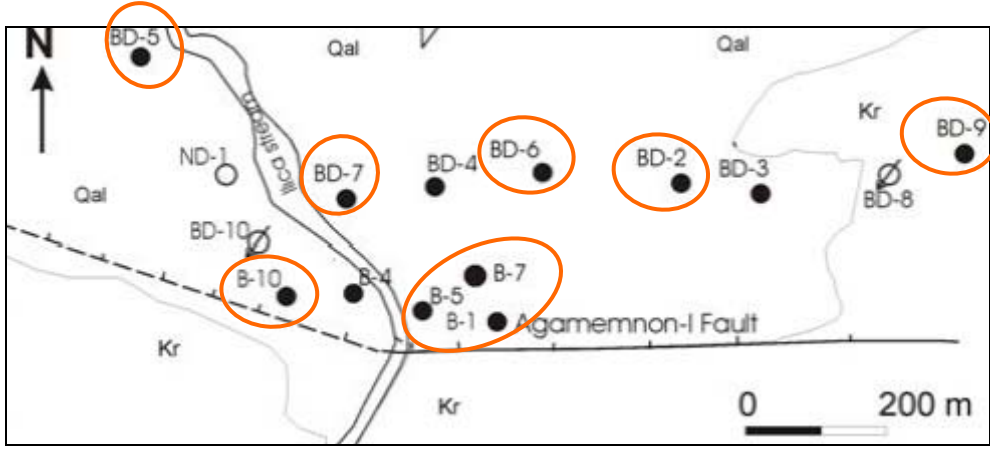
Aralık 2005'de başlatılan su örnekleme programı, 2005-2006 kış sezonunun tamamını kapsamayacağı için 2006-2007 kış sezonuna ertelenmiştir. İzmir'de 2006 kışında hava sıcaklıklarının mevsim normallerinin üzerinde olması nedeniyle kuyular tam kapasite ile Aralık 2006'de devreye alınmış, örnekleme programı da Aralık 2006-Mayıs 2007 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir.

Örnekler; jeotermal etkinin bulunmadığı ve içme suyu olarak kullanılan Cengiz Saran Barajı, yine jeotermal etkinin olmadığı barajı denize bağlayan Ilica Deresi, Ilica Deresi üzerinde Balçova Termal Otel'de bulunan köprü (T.Köprü), 9 adet üretim kuyusu (B1, B5, B7, B10, BD2, BD5, BD6, BD7, BD9), re-enjeksiyon hattı, Sahilevleri Isı Merkezi'nden gelen dönüş suyu (Prenses dönüş) ve içme suyu olarak kullanılan Kabaoğlu Çeşmesi olmak üzere 15 noktadan alınmıştır. Diğer 4 üretim kuyusundan BD3 ve B4 kapalı, BD4 ve BD1'de tadilat olduğu için örnek alınamamıştır. Örnekleme noktaları Şekil 5.36 ve 5.37'de, katyon analiz sonuçları Tablo E.5.4, anyon analiz sonuçları ise Tablo E.5.5'de verilmiştir.

Balçova Jeotermal Sahası'nda ölçülen fiziksel parametreler; sıcaklık ve pH, analiz edilen anyonlar; klor, sülfat, amonyum ve flor iyonları, katyonlar ise bor, alüminyum, arsenik, baryum, nikel, kobalt, krom, mangan, sodyum, kurşun, kadmiyum, lityum, potasyum, kalsiyum, stronsiyum, magnezyum, bakır, çinko, selenyum, antimon, gümüş ve silikadır.

Örnekleme noktalarında ortalama B konsantrasyonlarının değişimi Şekil 5.38'da verilmiştir. Üretim kuyularında B konsantrasyonu bahar aylarında artış göstererek 8-16.7 mg/L arasında değişir. Jeotermal akışkan ısı merkezlerinde enerjisini temiz suya aktarıp re-enjeksiyon hattına ulaştığında konsantrasyonu 8.5-13.5 mg/L arasındadır. Kabaoğlu Çeşmesi, Baraj ve Ilica Dere'de B'a rastlanmamasına rağmen Termal Köprü'de B konsantrasyonu 1.3-6 mg/L arasındadır. Bu da Termal Köprü öncesinde Dere'ye jeotermal akışkan deşarj edildiğini göstermektedir. Sulamaya ihtiyaç duyulan yaz aylarında ısıtma ihtiyacı olmadığı için kuyuların

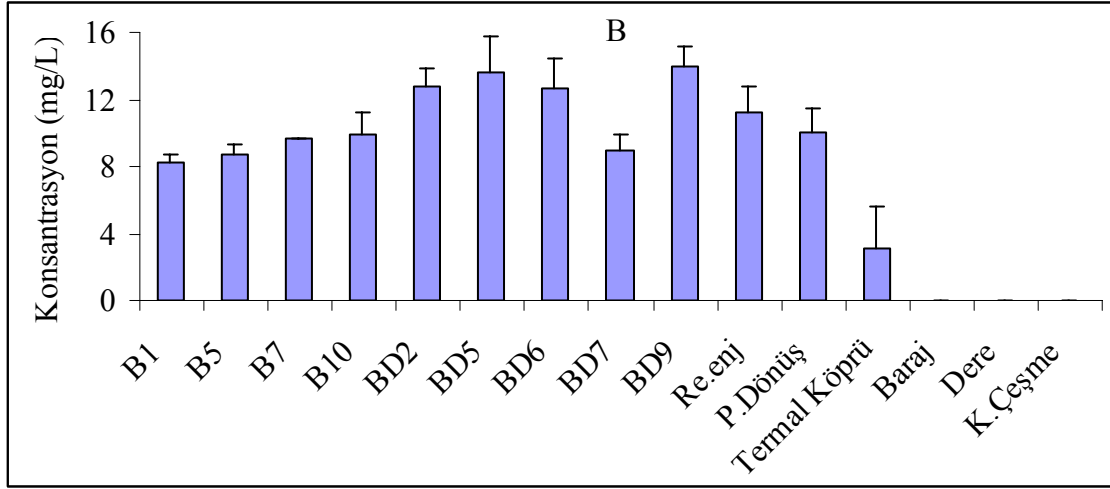
kapalı olması, Dere'ye atılan yüksek bor konsantrasyonunun sulama suları ile bitkilere ve toprağa ulaşmasını engellemektedir. Sulama sularında izin verilen en yüksek B konsantrasyonu 2 mg/L'dir.



Şekil 5.36. Balçova Jeotermal Sahası, kuyu örnekleme noktaları (Aksoy, 2008).

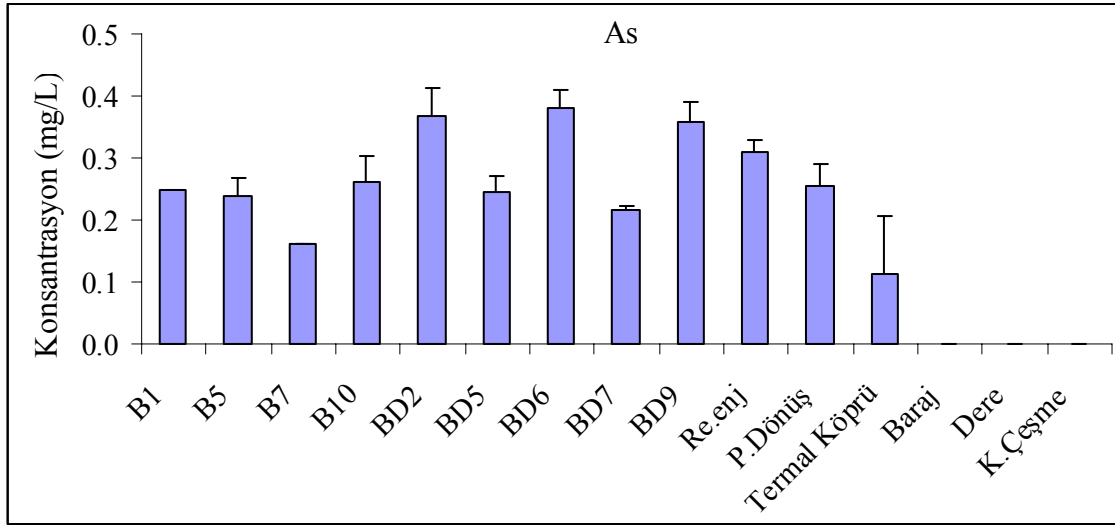


Şekil 5.37. Balçova Jeotermal Sahası, diğer örnekleme noktaları.



Şekil 5.38. Balçova örnekleri bor (B) konsantrasyonları.

Balçova örnekleri As konsantrasyonları Şekil 5.39'da verilmiştir. Üretim kuyularında 0.16-0.41 mg/L arasında değişen As, re-enjeksiyon ve Sahilevleri dönüşünde 0.2-0.34 mg/L aralığındadır. Kabaoğlu Çeşmesi, Baraj ve Ilıca Dere'de As analiz cihazının algılama değerinin altındadır. Ilıca Dere'nin mansabındaki Termal Köprü'de ise 0.05-0.18 mg/L aralığında belirlenmiştir. Sürekli sulamada As konsantrasyonu limit değeri 0.1 mg/L'dir.



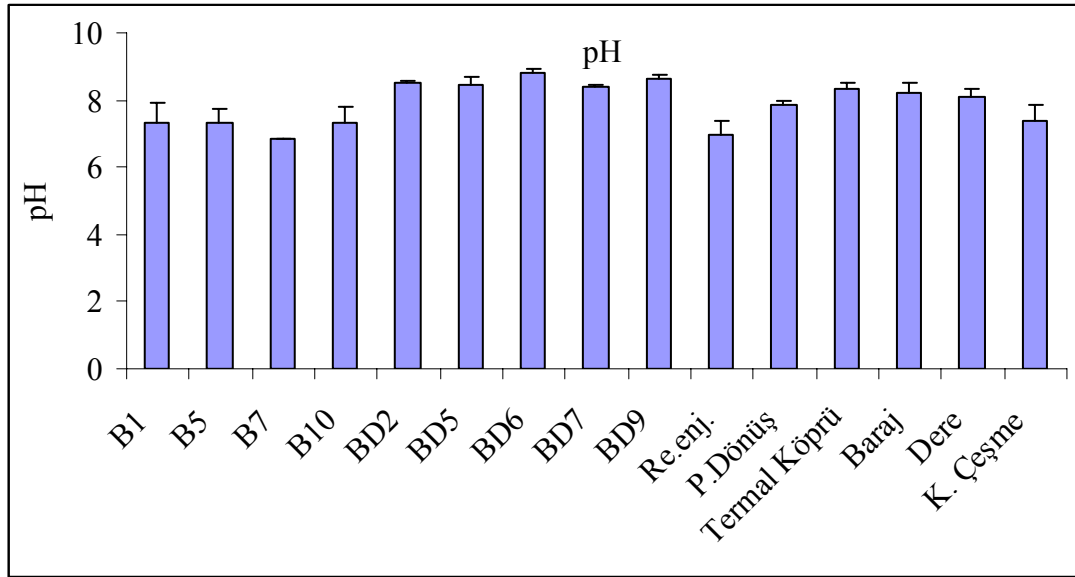
Şekil 5.39. Balçova örnekleri arsenik (As) konsantrasyonları.

Balçova örneklerinde Li, Mn, ve Al konsantrasyonları sulama için izin verilen limitlerin altındadır. Cr, Cd, Co, Ni, Cu, Zn, Se, Ag ve Pb'a ise rastlanmamıştır. Sb konsantrasyonu üretim kuyuları ve re-enjeksiyon ile geri dönüş hatlarında çok düşük, diğer noktalarda ise analiz cihazının algılama değerinin altındadır.

Örneklerde belirlenen fiziksel ve inorganik kimyasal parametreler ise sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik, toplam çözünmüş katı madde, klor, flor, HCO_3^- ve SO_4^{2-} 'dir.

Kuyularda örnekleme sırasında ölçülen sıcaklıklar 88.1-99.1°C aralığındadır. Re-enjeksiyon ve Sahilevleri dönüş sıcaklıkları ise 54.7-63.3°C aralığında ölçülmüştür. Barajda sıcaklık Mart ayında 10.8°C iken Ilıca Dere'de 11.2°C, Termal Köprü'de ise 16.3°C'dir.

Şekil 5.40'da Balçova örnekleri pH değişimi verilmiştir. Kuyularda pH 6.93-8.94 arasında değişirken re-enjeksiyon hattında 6.6-7.48, Sahilevleri dönüşünde 7.82-7.97, Termal Köprü'de 8.11-8.44, Baraj ve Ilıca Dere'de 7.82-8.47, Kabaoğlu Çeşme'de ise 6.57-7.69 değerlerindedir. Doğal suların pH aralığı 6.5-8.5 olup kuyular dışında tüm noktalar pH açısından doğal su özelliğindedir.



Şekil 5.40. Balçova örnekleri pH değerleri.

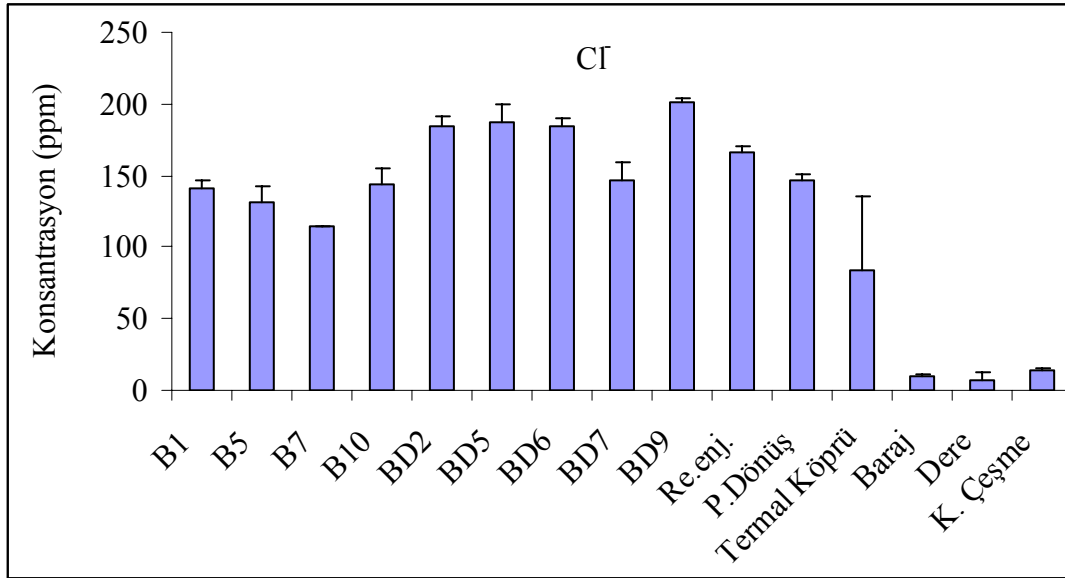
Balçova ve Kızıldere örneklerinin toplamı her ay 70 (anyon+kasyon) adettir. Bu örneklerin hem araziye çıkılıp toplanması hem de laboratuvarında analizi için sadece bir bursiyerin olması Balçova örneklerinin bir süre bekletilmesine neden olmuştur. TDS ve EC değerlerinin belirlenmesi Balçova'nın yakın olması nedeniyle arazide değil laboratuvarında yapılmıştır. Belirlenen EC ve TDS değerlerinin örneğin beklemesinden dolayı güvenilir olmadığı düşünüldükçe raporda verilmemiştir.

Cl, sulama sularında toksik maddelerden biri olarak belirtilmektedir. Sulama suları Cl konsantrasyonu 140 ppm'in altında olmalıdır. 140-350 ppm aralığında kontrollü kullanılmalı, 350 ppm'in üzerinde ise kullanılmamalıdır. Balçova örnekleri Cl konsantrasyonları Şekil 5.41'de verilmiştir. Kuyularda Cl konsantrasyonu 115-204 ppm, re-enjeksiyon kuyusunda 163-172 ppm, Sahilevleri dönüşte 144-152 ppm, Termal Köprü'de 25-125 ppm, diğer noktalarda ise 0-15 ppm aralığındadır. Termal Köprü'de konsantrasyonun diğer Dere örneklerine göre çok yüksek olması jeotermal atık olduğunu göstermektedir.

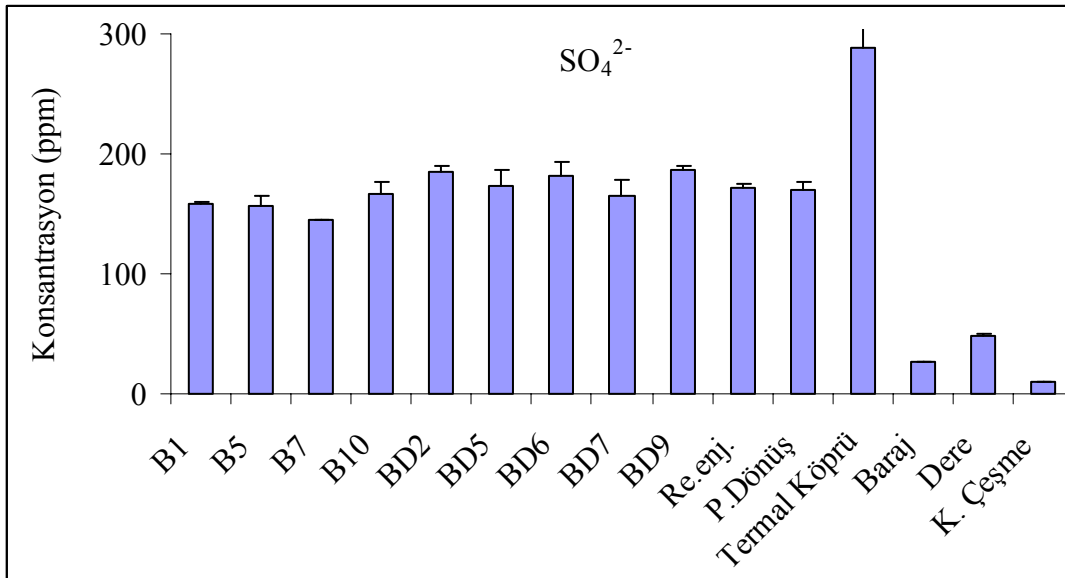
Sulama sularında bulunması gereken SO_4^{2-} konsantrasyonu 0-575 ppm'dir. Şekil 5.42'de balçova örnekleri ortalama sülfat konsantrasyonları verilmiştir. Termal Köprü'de Mart ayında belirlenen 691 ppm dışında diğer aylar ve tüm örneklerde konsantrasyonlar 192 ppm'in altındadır.

F konsantrasyonları kuyular, re-enjeksiyon ve dönüş hattında 5.5-10.7 ppm gibi yüksek konsantrasyonlarda iken Termal Köprü'de 0.6-4.2 ppm'e düşmüş, Çeşme ve Baraj'da analiz cihazının duyarlılık değerinin altında belirlenmemiştir. F konsantrasyonu sürekli sulamada 1 ppm'in altında olmalıdır.

Sulama sularında izin verilen NH_4 aralığı 0-30 ppm olup Balçova'da tüm noktalarda NH_4 konsantrasyonları sulama suyu kriterlerine uygundur.



Şekil 5.41. Nehir örnekleri klor (Cl) konsantrasyonları.



Şekil 5.42. Nehir örnekleri sülfat (SO_4^{2-}) konsantrasyonları.

Balçova Jeotermal Sahası'nda jeotermal ve yüzey sularında bulunan kirlilik potansiyellerinin belirlenmesi amacıyla toplanan su örneklerinin analizi sonucu üretim kuyularında yüksek bor

ve arsenik konsantrasyonları belirlenmiştir. Kuyularda ayrıca flor ve klor konsantrasyonları yüksektir.

Jeotermal sahalarda en önemli kirleticiler bor ve arseniktir. Saha ile ilgili daha önce yapılmış çalışmalar da B ve As'in hem üretim kuyularında hem de Saha'nın kuzeyinde bulunan İnciraltı ve Bahçelararası mevkiinde tarım, narenciye ve seracılık yapılan bölgede bulunan pek çok soğuk su kuyusunda yüksek olduğunu göstermiştir. Sulama ve kullanım suyu olarak kullanılan soğuk su kuyularına aşırı çekim nedeniyle jeotermal akışkanın karışmış olduğu belirlenmiştir. 8.5 mg/L bor, 0.17 mg/L arsenik belirlenen bu sular kullanıma uygun değildir. Bölgede narenciye ağaçlarının kuruduğu ve seralarda topraksız tarım yapıldığı bilinmektedir. Narenciye ağaçları bora karşı en hassas ağaçlardır (Şimşek, 2005).

Sahada proje çalışanları tarafından yürütülen bir Yüksek Lisans tezinde üretim kuyuları, re-enjeksiyon hattı ve soğuk su kuyularında yapılan analizlerde alüminyum, arsenik, demir, mangan ve bor miktarı içme, flor, bor, mangan miktarı ise sulama suyu standardında öngörülen değerlerin üzerinde tesbit edilmiştir. Ayrıca krom, nikel ve kurşun gibi ağır metaller TS266'da izin verilen değerlerin üzerinde bulunmuştur.

Sahada Li, Mn, Al, sülfat iyonu ve amonyum iyonu konsantrasyonları sulama için izin verilen limitlerin altında bulunmuştur. Cr, Cd, Co, Ni, Cu, Zn, Se, Ag ve Pb'a ise rastlanmamıştır.

Kaynaklar

1. ADAMS, R.M., Boron, Metallo-boron Compounds and Boranes, John Wiley&Sons, New York, (1964).
2. AYERS, R.S., Westcot, D.W., Water Quality for Agriculture, FAO Irrigation and Drainage, Paper no.29, Rev.1, UN FAO, Rome, (1985).
3. BACCI, E., Gaggi, C., Lanzillotti E., Ferrozzi S., Valli L., Geothermal Power Plants at Mt. Amiata (Tuscany–Italy): Mercury and Hydrogen Sulphide Deposition Revealed by Vegetation, *Chemosphere*, 40(8), 907-911, (2000).
4. BROWN, K.L. (convener), Course on Environmental Aspects of Geothermal Development, World Geothermal Congress, Pisa-Italy, (1995).
5. FERNANDEZ, J. A., Ederra, A., Núñez, E., Martínez-Abaigar, J., Infante, M., Heras, P., Elías, M. J., Mazimpaka, V., Carballeira, A., Biomonitoring of Metal Deposition in Northern Spain by Moss Analysis, *The Science of The Total Environment*, 300(115-127), (2002).
6. Hava Kalitesinin Kontrolü Yönetmeliği, Resmi Gazete No. 19269, (1986).
7. KUBIN, E., Lippo, H., Karhu, J., Poikolainen, J., Environmental Specimen Banking of Nationwide Biomonitoring Samples in Finland, *Chemosphere*, 34 (9-10), 1939-1944, (1997).
8. Ministry of Environment, <http://www.wnw.gov.on.ca/cons/3793e.pdf>.
9. MORITA, M., Yoshinaga, J., and Edmonds, J.S., "The Determination of Mercury Species in Environmental and Biological Samples", *Pure and Appl. Chem.*, 70, 1585-1615, (1998).

10. NICHOLSON, K., *Geothermal Fluids-Chemistry and Exploration Techniques*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, (1993).
11. PAOLI, L, Loppi, S., A Biological Method to Monitor Early Effects of the Air Pollution Caused by the Industrial Exploitation of Geothermal Energy, *Environmental Pollution*, In press, (2007).
12. SCHULZ, H., Popp, P., Huhn, G., Stärk, H., Schüürmann, G., Biomonitoring of Airborne Inorganic and Organic Pollutants by means of Pine Tree Barks. I. Temporal and Spatial Variations, *The Science of The Total Environment*, 232(1-2), 49-58, (1999).
13. Sulama Sularının Sınırlandırılmasında Esas Alınan Sulama Suyu Kriterleri-Teknik Usuller Tebliği, (1991).
14. Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği, Teknik Usuller Tebliği, Resmi Gazete No. 25687, (2004).
15. SZCZEPANIAK, K. Biziuk, M., Aspects of the Monitoring Studies Using Mosses and Lichens as Indicator of Metal Pollution, *Environmental Research*, 93, 221-230, (2003).
17. ŞİMŞEK, C., Balçova Jeotermal Sahasında Bor ve Arsenik Kirliliği, Jeotermal Enerji Seminer Kitabı, MMO Yayın No: E/2005/393-2, (2005), pp.361-371.
18. ŞİMŞEK, C., Gündüz, O., IWQ Index: A GIS-Integrated Technique to Assess Irrigation Water Quality, *Environ Monit Assess*, 128 (1-3), 277-300, (2007).

6. BİYOLOJİK ÇEVREYE OLAN ETKİLER

6.1. Giriş

Proje kapsamında gerçekleştirilen mikrobiyolojik çalışmalar Balçova ve Kızıldere Jeotermal sahalarından alınan su ve çamur örneklerinin in vitro total DNA eldesinde ve kültürde büyütme yöntemleri ile değerlendirilerek bölgede baskın termofilik ve hipertermofilik bazı türlerin kısmen tanımlanması ile sonuçlandırılmıştır (Tablo 6.3). Proje önerisinde yer alan *Bacillus* cinsine ait tür üyelerinin tanımlanması bir başka proje kapsamında gerçekleştirilmiş olduğundan bu projede yer verilmemiştir (Yavuz ve diğ., 2004). Toprak örneklerinde bulunan bazı fenolik bileşiklerin varlığı, özütlenmiş total DNA'nın daha sonraki işlemlerde verimli kullanılmasında bazı güçlükler ortaya çıkarmıştır. Su örneklerinden mikrofiltrasyon ile yoğunlaştırılmaya çalışılan mikroorganizmalardan yeteri kadar DNA özütü elde etmede zorluklar yaşanmıştır. Bu sorunlar proje takviminde gecikmelere yol açtığından, kültüre alma ve çevrede baskın olarak bulunan belirli mikroorganizma cinslerinin karakterize edilmesi yoluna gidilmiştir.

6.2. Literatür Özeti

6.2.1. Biyolojik Çeşitlilik: Sınıflandırmanın Gerekliliği

Yaşam formlarının sınıflandırılması 3 açıdan önemlidir.

1. Belirli gruplarda toplanan benzer türler için bazı ortak özelliklerin tahminine olanak sağlar.
2. Yeni izole edilen türlerin sınıflandırılması için tanımlama sisteminin temelini oluşturur.
3. Türlerin evrimleşmesini ve kökenleri hakkında bilgi sağlar.

Bütün canlılar günümüzde en üst sistematik kategori olan üç Domain altında sınıflandırılırlar. Prokaryotlar iki domain altında toplanmaktadır: Bacteria ve Archaea, bunlar tek hücreli çok ilkel canlılardır. Üçüncü Domain ise ökaryotik tek hücreli veya çok hücreli canlıları içeren Eukarya'dır (Woese ve Fox ,1977;Madigan ve diğ.2003).

6.2.2. Prokaryotik Çeşitlilik

Prokaryotik domainlerindeki çeşitlilik ökaryotlardan çok daha fazladır. Çünkü prokaryotlar kısıtlı bir çevre ile sınırlandırılmamışlardır. Metabolik olarak prokaryotlar 4 büyük gruba ayrılır. Fototroflar, CO₂'den organik molekül sentezlemek için güneş enerjisinden yararlanırlar. Fotoheterotroflar, ışık enerjisini ATP oluşturmak için kullanırlar ama karbonu organik kaynaklardan sağlarlar. Kemoototroflar, karbonu CO₂'den sağlarlar ve inorganik bileşikleri okside ederek ATP oluştururlar. Kemoheterotroflar, enerji ve karbon kaynakları için organik bileşikleri kullanırlar. İzole edilmiş prokaryotlar çoğunlukla kemoheterotroflardır. En fazla metabolik yol çeşitliliği kemoototrofik gruplar içindedir. Çok geniş beslenme tiplerine sahip olan prokaryotlarda, prokaryotik yaşam, ökaryotlardaki gibi doğal olmayan çevrelerle de kısıtlanmamıştır. Geniş dağılım gösteren beslenme tipleri, daha ekstrem çevrelerde kolonizasyonuna olanak sağlar. Adaptasyonları, yüksek ya da düşük sıcaklıklarda (psikrofil, termofil), yüksek ya da düşük pH'da (alkalofil, asidofil), yüksek tuz konsantrasyonunda (halofiller), yüksek basınçta (barofiller), yüksek substrat konsantrasyonunda (osmofiller), ve düşük su varlığında (kserofiller) büyümelerine olanak sağlar. Prokaryotların toksik ve rekalsitran bileşiklere de adapte oldukları da bilinmektedir (Madigan ve diğ., 2003). Son yıllarda genuslar arası filogenetik ilişkiyi ortaya çıkarmak için çeşitli moleküler verileri kullanan moleküler sistematik alanı hızla gelişmiş ve DNA hibridizasyon, PCR-RFLP, RADP, allozim verileri, mikrosatellit DNA gibi çeşitli moleküler biyolojik yöntemlerde ortaya çıkmıştır.

Biyologlar, parazitologlar, genetikçi ve taksonomistler, filogenetik problemleri çözmek için, sekans tabanlı moleküler işaretler kullanmak yerine RFLP, RADP ve allozim verilerini kullanmayı tercih etmektedir. Çünkü daha önceki yöntemler, hızlı sonuç almak için uygun ve ekonomiktir. Bundan başka, DNA sekans verilerinin ortaya çıkarılması daha zordur, çok fazla zaman ve paraya ihtiyaç gösterir. Yine de DNA dizi analizi türler arasındaki genetik varyasyonları ortaya çıkarmak için en iyi yöntemdir. Bu yüzden sekans temelli moleküler işaretlerin ya da sadece rDNA ve mtDNA ile ilişkili gen bölgelerinin belirlenmesi Filogenetik sınıflandırma açısından önemlidir (Hwangi ve Kim, 1999; Madigan ve diğ., 2003).

Filogenetik analizlerde kullanılan 3 rRNA geni vardır. 5S rRNA geni birçok çalışmada kullanılır. Küçük boyutları yüzünden (≈ 120 bp) kazanılan filogenetik bilgi kısıtlıdır. 16S rRNA geni yaklaşık 1600 bp boyutlarına sahiptir. Yapılan çalışmalar, 16S rRNA geninde çeşitli korunmuş bölgeler olduğunu göstermiştir. Bu korunmuş bölgeler, bütün dizilerin PCR aracılığıyla kolay ve hızlı bir şekilde saptanmasını sağlar. Filogeni çalışmalarında 16S rRNA geninin kullanımının artması, 16S rRNA geni veri tabanının boyutlarının da artmasına neden olmuştur. 23S rRNA yaklaşık 3000 bp uzunluğundadır ve en az kullanılan genidir. Çok daha fazla filogenetik bilgi içermesine rağmen, az sayıda korunmuş bölge tüm dizinin kolayca saptanmasını engeller (Woese ve diğ., 1977; Hwangi ve Kim, 1999; Baker ve diğ., 2003).

6.2.3. Termofilik Prokaryotlar

Termofilikler; yaşamın ağacını oluşturan 3 domainde bulunurlar. Bununla birlikte; esas termofilik ve hipertermofilikler *Archea* ve *Bacteria* Domain'nin içerisinde bulunur. İzole edilip karakterizasyonu yapılan ilk termofil *Thermus aquaticus*'dur. Bu buluş termofillerin mikrobiyal ekoloji ve fizyoloji çalışılmalarının başlamasında bir kıvılcım olmuştur. Aquificae grubu, termofilik hidrojen okside edicidirler, termofilik ve hipertermofilikleri içerirler, zorunlu kemolitotrofik ototroflardır. Mikroaerofiliklerdir, sadece termal çevrelerde bulunurlar. Termotogales, anaerobik, termofilik ve fermentatif metabolizmayla kemoheterotrofiklerdir. Termotogales'in önemli morfolojik özellikleri hücreyi saran dış bir kılıfın (toga) olmasıdır. *Fervidobacterium* türünde bu kılıf bir kutupta genişlemiştir ve termal karasal, sucul ve denizsel çevrelerde bulunurlar. *Deinococcus-Thermus* grubu sadece 3 genus içerir; *Thermus*, *Meiothermus* ve *Deinococcus*. *Deinococcus*, yüksek radyasyon seviyelerine karşı koyma yeteneğiyle ve dış membranı olmamasıyla tanınırlar. Filogenetik analizler, Gr(+) bakterilerle yakın bir birlikteliği olduğunu ortaya çıkarmıştır. *Thermus* ve *Meiothermus* İzlanda, Amerika, Portekiz, Avustralya, İtalya ve Yeni Zelanda'dan izole edilen termofilik ekosistem üyeleridirler. Zorunlu aerobik ve kemoorganotroftirler. Bu gruptaki tüm genuslar, tipik bir hücre duvarına sahiptirler. Bu hücre duvarında, peptidoglikandaki diaminopimelikasit, ornitin ile beraber bulunur. DNA' daki GC içeriğine bakıldığında birçok strainlerin %GC oranı % 57–65'tir. Fakat birçok strainler ile yapılan analizlerde GC oranı %60'ın üzerinde bulunmuştur (Williams ve Da Costa, 1992).

Yeşil kükürtsüz bakteriler, nümerik taksonomiden ziyade dizi analizleriyle daha fazla tanımlanırlar. *Chloroflexus aurantiacus* bu kingdomda en iyi bilinen türdür ve yeşil kükürt bakterilerine ve Proteobacteria'ya benzer. Yeşil kükürt bakterilerinde olduğu gibi klorozomlarında bakterioklorofil c vardır ve bakterioklorofil a'nın yapısı Proteobacteria'yı andırır. *Chloroflexus*'un fotosentetik bir ataya çok benzer olabileceğini işaret eder. *Chloroflexus*, kemoorganotrofiye ek olarak fotoototrofi ve fotoheterotrofik metabolizmada gösterir. *C.aurantiacus* doğada öncelikle heterotrof olarak büyür. En iyi büyüme, kompleks organik ortamda ışıkta anaerobik olarak gözlenir. Hepsi olmamakla beraber birçok strain oksijen varlığında kemoheterotrofik olarak büyür. Bazılarında fototrofik büyüyebilir. Bu strainlerin fotoototrof metabolizma göstermelerine rağmen en iyi fotoheterotrof olarak gelişirler. Tipik olarak *C.aurantiacus* gün ışığında oksik olan sıcak su agregatlarında ve düşük ışık seviyeleri ve karanlıkta anoksik olarak gelişirler. Oksijene tolerans ve oksijeni kullanabilme yeteneği bu şartlar altında rekabet açısından büyük bir avantajdır. Cyanobacteri yokuğunda sülfidik sıcak su kaynaklarında büyüyen *Chloroflexus* strainleri doğal olarak

oksijene asla maruz kalmazlar. Bu strainler oksijen varlığını tolera edebilirler ancak büyüme için yine de ışığa gereksinim gösterirler (Williams ve Da Costa, 1992; Madigan ve diğ., 2002).

Thermotogales ordosu ekstreme termofilik mikroorganizmalar arasında benzersiz bir gruptur. 16S rRNA analizine göre Thermotogales ordosu bakteri filogenetik ağacının en altında yer alır ve Bacteria domainin evrimsel gelişimi en yavaş olan grubudur.

Thermotogales ordosunun ortak karakteristik özellikleri: termofilik, çubuk şeklinde, gram negatif fakat mezo-diaminopimelik asit peptidoglikan yapısında bulunmayan; anaerobik, toga olarak isimlendirilen dış kılıf benzeri zarf yapısına sahip fermentatif, spor oluşturmeyen; lizozime duyarlı; moleküler hidrojen varlığında büyümesi inhibe olan ve lipit içeriğinde az rastlanan uzun zincirli dikarboksilik yağ asitlerini içermesidir. Şimdiye kadar *Thermotogales* ordosunun tek bir familyası bulunur; *Thermotogaceae*. Bu familya *Thermotoga*, *Thermosipho* ve *Fervidobacterium* genuslarını içerir (Huber ve Stetter, 1992).

6.2.4. Termofilik Prokaryotların Biyoteknolojik Uygulamaları

Termofilik prokaryotlardan biyoteknolojik alanda yararlanmalar yakın geçmişe dayanmaktadır. Araştırmalar, termofilik Archea ve Bakterilerin büyüme sıcaklığının hayatın sınırı olan 100°C'nin üzerine çıkabildiğini ve bu termofilik direnç potansiyelleri yeni uç buluşların olacağını göstermektedir. *Thermus* genusu strainleri diğer enzimlere göre yüksek sıcaklıkta aktif ve ısıya karşı dayanıklı birçok restriksiyon endonükleazın kaynağıdır. *Thermus* genusundan elde edilen bazı restriksiyon enzimlerinin başka kaynaklardan elde edilen endonükleazlarla aynı tanıma bölgesine sahip olduğu rapor edilmiştir. PCR tekniğinin temelinde *T. aquaticus* enzimi yer alır. Çünkü ısı denatürasyonu basamağına dayanıklıdır ve dolayısı ile her bir döngüde ortama yeniden ilavesine gerek yoktur. Hata oranı çok büyük bir problem değildir, çünkü hatalı bazı diziler rasgele dağıtılmıştır ve herhangi bir bölgede %1'lik bir fraksiyon oluşturur. Tek iplikli DNA, PCR modifikasyonu ile üretilebilir ve dizi belirlenmesinde kullanılır. *T. aquaticus* 'un DNA 'ya bağımlı DNA polimerazı 80°C'de aktiftir.

6.3. Materyal ve Metod

6.3.1. Örneklerin Toplanması

Balçova Bölgesel Isıtma Sistemi ile ısıtılan Balçova Termal Otel yakınlarında re-enjeksiyon kuyusu civarında jeotermal akışkan sızıntısının olduğu kanaldan su örneği alınıp (45°C) kültürasyon ve DNA izolasyonu için laboratuvara getirilmiştir. Bölgede bulunan jeotermal kuyulardan 2.5 L su örneği alınmış ve 0.45µm membran ile filtre edilerek olması muhtemel mikroorganizmalar yoğunlaştırılmıştır. +4°C'de buz üzerinde laboratuvar ortamına taşınmıştır.

Kızıldere Jeotermal Sahası'nda Kasım 2005'de su örnekleme programı ile aynı noktalardan (8 adet üretim kuyusunun seperatör çıkışındaki savaklar, soğutma kulesi, kanallar ve Menderes Nehri) su ve bu örnekleme noktalarının yakınlarından toprak örnekleri toplanmıştır. Her bir su örneğinden 2.5 L olacak şekilde 0.45µm membran ile filtre edilerek olması muhtemel mikroorganizmalar yoğunlaştırılmış ve +4 °C'de buz üzerinde laboratuvar ortamına taşınmıştır. Laboratuvara getirilen örneklerden DNA ekstraksiyonları ve spektrofotometrik yöntemlerle saflık tayinleri yapılmıştır. Laboratuvardaki altyapı düzenlemeleri nedeni ile elektroforez ve PCR işlemleri daha sonraya bırakılmış ve bu esnada kurutulmuş DNA örnekleri -20°C'de saklanmıştır.

Seperatörde ayrılan jeotermal suyu Büyük Menderes Nehri'ne taşıyan kanallarda sıcaklık 60-75°C arasındadır ve yoğun şekilde bakteriyel komuniteler görülmektedir. Bu kanallardan farklı renkteki flok ve kalsit oluşumlardan da örnekler alınarak bölgenin bakteri çeşitliliği hakkında bilgi sahibi olunması amaçlanmıştır. Ayrıca jeotermal sahanın üst kısmında kalan

dağlık kesimde doğal buhar çıkışları (fumeroller) bulunmaktadır ve burada toprak sıcaklığı 94.6°C olarak ölçülmüştür. Bu bölgeden de toprak örneği alınarak soğuk zincirde laboratuvara getirilmiştir.

Kültivasyon

Cyanobacteria kültürasyonu için Allen ortamı kullanılmıştır (Tablo 6.1) (Sukatar, 2002). 250 mL erlenlerdeki besiyerine %10 hacimde ortamlara inokülasyondan sonra 65°C ve 50°C'de 2 hafta inkübe edilmiştir. Üreyen kültür, ardışık seyreltmeler yapılarak agar katılarak katılaştırılan Allen besiyerinde saflaştırılmıştır. Örneğin morfolojik olarak mikroskop altında saflığı kontrol edilmiştir.

Allen ortamı için çözeltiler ayrı ayrı hazırlanır ve 963 mL distile suda çözülmüş 1.5 g NaNO₃ çözeltilisine ilave edilir. pH 7.8'e ayarlanır. Tüm çözeltiler tuz çökeleklerinin oluşmasını önlemek için 0.45 µm por çapına sahip membran filtreden geçirilerek steril edilmiştir (Sukatar, 2002). Allen ortamında kullanılan PIV çözeltisi ise 1000 mL distile suda 0.75 g Na₂EDTA'nın çözündürülüp aşağıda listelenen diğer bileşenler ile karıştırılması ile elde edilir.

FeCl ₃ 6H ₂ O	97 mg
MnCl ₂ 4H ₂ O	41 mg
ZnCl ₂	5 mg
CoCl ₂ 6H ₂ O	2 mg
Na ₂ Mo ₄ 2H ₂ O	4 mg
Distile su	1000 mL

Tablo 6.1. Allen ortamı (Sukatar, 2002).

	Çözelti (w/v) (%)	1000 mL için alınan hacim (mL)
K ₂ HPO ₄	7.5	5
MgSO ₄ .7H ₂ O	7.5	5
Na ₂ CO ₃	4	5
CaCl ₂ 2H ₂ O	2.5	10
Na ₂ SiO ₃ 9H ₂ O	5.8	1
Sitrik asit	1.2	1
PIV çözeltisi		1

6.3.2. DNA İzolasyonu

Örneklerden DNA İzolasyonu ZR Fungal-Bakteriyal DNA Kit™ (Zymo Research D 6005) ile yapılmıştır. 50-100 mg yaş ağırlıktaki toprak veya filtrat örnekleri 200 µL distile steril suda çözülerek ZR lisis tübüne aktarılmıştır. Lisis tüplerinde 1 dakika vortekslenen örnekler 10.000x g'de 1 dakika santrifüjlenmiştir. 400 µL süpernatant toplama tüpüne yerleştirilen Zymo-Spin™ IV spin filtrelele alınarak 7.000xg'de bir dakika santrifüjlenmiştir. Toplama kabındaki filtrata 1.200 µL Fungal bakteriyal DNA bağlayıcı tamponundan eklenmiştir. Bu karışımın 800 µL'si yeni bir toplama tübüne yerleştirilmiş Zymo-Spin™ IIC kolonuna aktarılmış ve 10.000xg'de 1 dakika santrifüj edilmiştir. Toplama kabındaki filtrat atılmış ve Zymo-Spin™ IIC 800 µL kalan filtratla tekrar doldurularak bir kez daha santrifüjlenmiştir. Zymo-Spin™ IIC kolonu yeni bir toplama tüpüne alınarak üzerine 200 µL DNA ön yıkama tamponu eklenmiştir. Ardından 10.000xg'de 1 dakika santrifüjlenmiştir. Aynı kolona bu sefer 500 µL fungal-bakteriyal DNA yıkama tamponundan ilave edilmiş ve 10.000xg'de 1 dakika santrifüjlenmiştir. Zymo-Spin™ IIC kolonu yeni bir 1,5 ml mikrosantrifüj tüpüne alınarak 100 µL DNA elution tamponu aktarılmıştır. Kolondaki DNA'ı geri kazanmak için 10.000xg'de 30

saniye santrifüjlenmiştir. Altındaki sıvı kısımdaki DNA miktarı nükleotidlerin heterosiklik halkaları 260 nm dalga boyundaki ışığı maksimum emme özelliği taşıdığından, bu dalga boyundaki absorpsiyon derecesi nükleik asitlerin miktarının bir ölçüsü olarak kullanılabilir. Buna göre DNA'nın miktar ve saflığı, spektrofotometrede 260 ve 280 nm dalga boylarındaki absorpsiyon değerlerinden belirlenebilir. 1 optik yoğunluk (OD) çift iplikli DNA için 50 µg/ml, tek iplikli DNA ve RNA için 40 µg/mL ve oligopeptidler için ise 20 µg/mL karşılık gelmektedir. Aşağıdaki formül çift iplikli DNA miktarının belirlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

$DNA(\mu g/mL) = 260 \text{ nm'deki OD} \times \text{seyreltme katsayısı} \times 50 \text{ (katsayı)}$

6.3.3. Agaroz Jel Elektroforezi

TBE tamponu: Tris- Borat tamponu (10X)

Tris- Base:	108 gr
Borik asit:	55gr
0,5M EDTA	40mL
Distile su	1 L
pH	8.0

Yükleme tamponu (Bromofenol blue, BB)

4 M	Üre
0.025 M	EDTA
%60	Sukroz
% 0.025	Bromofenol blue
% 0.025	Ksilen

Agaroz Jelin Hazırlanması

DNA için jel konsantrasyonu %0.8, PCR ürünleri için %1–1.5 olacak şekilde TBE tamponunda hazırlanıp mikrodalgada kaynatılır. 100 mL'ye 0.625 mg/mL konsantrasyondaki ethidyum bromürden son konsantrasyon 0.2 µg/mL olacak şekilde ilave edilir ve tarafları yerleştirilmiş tanka dökülüp 45 dakika donması beklenir. Tankın içerisine agaroz jel kuyucukların üzerine gelecek şekilde yürütme tamponu ilave edilir. Tankta yükleme sırasında DNA'dan 5 µL, boya çözeltisinden (BB) 3 µL alınır. PCR örneklerini yüklerken ise; PCR ürününden 7 µL, boya solusyonundan (BB) 4 µL alınır. 80V'da 1 saat yürütme yapılır. Bantlar UV ışık altında gözlenir. DNA moleküler marker olarak Fermentas SM 1113 kullanılmıştır.

6.3.4. PCR

Elde ettiğimiz DNA'ların PCR'da çoğalıp çoğalmadığını kontrol etmek amacıyla DNA'lar arkea ve bakteri primerleri kullanılarak çoğaltılmıştır. Arkea primerleri sadece kaynar toprak, fumarol toprağı ve KD13 no'lu kuyunun çıkış suyundan filtre edilerek alınmış örneklerin DNA'ları için kullanılmıştır.

Kullanılan primerler:

Eubac27F- 5'-AGA GTT TGA TCC TGG CTC AG-3',
Univ1492R- 5'- GGT TAC CTT GTT ACG ACT T-3'
ve Arkeler için
Arch21F- 5'-TTC CGG TTG ATC CYG CCG GA-3'
Ab927R : 5'- CCC GCC AAT TCC TTT AAG TTT C-3'

PCR karışımı şu şekilde hazırlanmıştır: 1.25 µL primerler, 1 µL deoxynucleosidetriphosphate karışımı, 6 µL 10xPCR buffer, 6 µL 10xMgSO₄, 0.3 µL Taq DNA polimeraz ve 50 ng DNA 25 µL hacimde olacak şekilde 0.2 mL PCR tüplerinde karıştırılmıştır. DNA şu koşullar altında

çoğaltılmıştır. 2 dakika 94°C başlangıç denatürasyonu, 94°C 30 saniye, 50°C'de 30 saniye ve 72°C'de 2 dakika 40 döngü ile uzatma basamağı gerçekleştirilmiştir. Çoğaltılmış DNA agaroz jel elektroforezi ile kontrol edilmiştir.

6.3.5. Klonlama

PCR ürünlerinin klonlanması IncTAclone™ PCR klonlama kiti ile yapılmıştır. PCR ürünleri 20 µL TE tamponunda çözülmüştür. 0,27 µgr PCR ürününden 4 µL, PTZ57R/T vektöründen 3 µL, 5xLigasyon tamponundan 6 µL, T4 DNA lipaz (5U) 1 µL ve deiyonize steril su ile toplam hacim 45 olacak şekilde 1.5 mL eppendorf tüplerine aktarılmıştır. Karışım 22°C'de 1 gece bekletilerek PCR ürününün ligasyonu sağlanmıştır.

Kompetan hücre olarak *E.coli JM017* kullanılmıştır. Liyofilize kültür 500 µL steril distile su ile süspanse edilmiş ve 2 mL TransformAid C-ortamına aktarılmıştır. 37°C'de 1 gece çalkalayıcıda 150 rpm'de inkübe edilmiş ve tüpler 37°C de 20 dakika bekletilmiştir. Kültür transformasyon işlemi için +4°C de en fazla 1 hafta, uzun süreli beklemler için %20 gliserol (v/v) içinde -70°C de bekletilmiştir.

Transformasyon işlemi için 500 µL T-çözeltilisi A ve 500 µL T-çözeltilisi B karıştırılarak TransformAid™ çözeltilisi hazırlanmış ve buz üzerine alınmıştır. Hazırlanan kompetan hücreden 1,5 mL taze kültür alınarak 10.000xg de +4°C 1 dakika santrifüjlenmiştir. Hücre pelletleri 300 µL TransformAid™ çözeltilisinden ilave edilerek vorteks ile karıştırılarak homojen hale getirilmiş ve buz üzerine yerleştirilerek 5 dakika bekletilmiştir. Tekrar santrifüj edilerek süpernatant atılmıştır. Son olarak hücreler 120 µL TransformAid™ çözeltilisinin 120 µL süspanse edilmiş ve 5 dakika buz üzerinde tutulmuştur. 50 µL kompetan hücre çözeltilisi üzerine 2,5 µl ligasyon karışımı eklenmiş ve 2 dakika buz üzerinde bekletilmiştir.

LB agar ortamı LB Broth (Sigma) içine %1.5 agar katılarak hazırlanmıştır. pH 7.0 ayarlandıktan sonra 121°C de 20 dakika steril edilmiştir. Besiyeri soğutulduktan sonra daha önce membran filtrasyonu ile steril edilen ampisilin çözeltilisinden son konsantrasyon 100 µgr/ml olacak şekilde ortama ilave edilmiştir. Bu ortam steril petrilere 25-30 mL olacak biçimde dökülmüştür. Plazmid içeren klonların seçimi için LB agar-ampisilin içeren petrilere 100 µL 100 mM'lik isopropil-β-D-thiogalaktopşronoside (IPTG) ve 20 µL 50 mg/mL 5-bromo-4-chloro-3-indol-β-D-galaktosid (X-Gal) ilave edilerek L bagetle iyice yayılmıştır. Petriler 37°C'de 30 dakika bekletilmiştir. Süre sonunda transforme hücreler petrilere aktarılmış ve L baget ile petri yüzeyine yayılmıştır. Petriler 37°C de 24 saat inkübe edilmiş ve beyaz kolonilerden 20 tane seçilmiştir.

Transforme koloniler β-galaktosidaz enzimi içeren plasmid bölgesinde PCR fragmenti içerdiği için β-galaktosidaz substratı olan X-Gali hidrolizleyemediğinden beyaz renkli gözlenmiştir. Bu kolonilerden 20 tane seçilmiştir.

LB agar üzerindeki klonlardan plasmid izolasyonu GeneJet™ plasmid miniprep kiti (Fermentas) ile yapılmıştır. 50 µg/ml Ampicilin içeren LB ortamında 37°C'de üretilen hücrelerden 250 µl alınarak steril eppendorf tüpüne aktarılmış ve 10,000xg de 1 dakika santrifüjlenmiştir. Eppendorf tübüne 250 µl RNA içeren resüspansiyon çözeltilisinden ilave edilmiş ve vortekslenmiştir. 250 µL lizis çözeltilisi ilavesinden sonra tüp 4-6 kez ters-düz edilmiştir. Daha sonra 350 µL nötralizasyon çözeltilisi eklenerek 4-6 kez yine ters-düz edilmiştir. Tüp 12,000xg de 5 dakika santrifüjlenmiştir. Çözelti toplama tübüne yerleştirilmiş GeneJet™ spin kolona yüklenerek DNA'nın bağlanması sağlanmış ve 1 dakika aynı hızda santrifüjlenmiştir. Spin kolona 500 µL yıkama çözeltilisi ilave edilerek 30-60 saniye santrifüjlenmiş ve bu işlem iki kez yapılmıştır. Toplama kabındaki sıvı atılmış ve baş kolon bir kez daha santrifüjlenmiştir. Kolondaki DNA'yı geri kazanmak için kolon üzerine 500 µL yıkama çözeltilisi ilave edilmiş ve 2 dakika bekletilmiştir. Kolon 12,000xg'de 2 dakika santrifüjlenmiştir. Elde edilen plasmid çözeltilisi 16S rRNA dizi analizinde kullanılmıştır.

6.3.6. Dizi Analizi

Elde edilen plazmid örnekleri klonlanan bölgenin dizi analizi hizmet alımı şeklinde yapılmıştır. Dizi analizi sonuçları <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/> adresindeki Nucleotide-nucleotide BLAST (blastn) tarama seçeneğine göre analiz edilmiştir.

6.4. Tartışma ve Sonuçlar

Bakterilerin tanımlanmasında morfolojik özellikler, karakterizasyonun ilk adımı olması açısından önemlidir. Şekil, çap, kolonilerin yüksekliği ve kenar şekli, pigment oluşurması doğrudan gözlenebilmektedir. Bir izolatın hücresel morfoloji, Gram özelliği, spor oluşumu ve hareketliliği, farklı boyama yöntemleri ile mikroskopta saptanabilmektedir. Ayrıca faz kontrast mikroskobu, spor varlığını ve boyamasız hücre morfolojisinin tesbitinde kullanılmaktadır.

Genotipik metodlar ise kromozomal ve ekstra kromozomal (plazmid) DNA analizlerine dayanmaktadır. Temel avantajları şöyle sıralanabilir;

- Filogenetik olarak yakın suşların ayırt edilebilmesi (yüksek ayırt edebilme gücü),
- Tüm suşlar, bakteriden veya çevresel örnekten DNA ekstrakte edilebildiği sürece tiplendirilebilir,
- Analitik stratejiler bakteriden DNA ekstrakte edilebildiğin sürece uygulanabilir,
- DNA düzenlenişi, kültür koşullarından ve preparat hazırlama metodlarından bağımsızdır,
- Elde edilen veriler istatistiksel olarak analiz edilebilir,
- Genotipik yöntemler; plazmid tiplendirmesi, ribotyping, polimeraz zincir reaksiyonlarına (PCR) dayanan yöntemler, nükleotid sekansı, DNA-DNA hibridizasyonu yöntemlerini içermektedir (Sambrook ve diğ.,1989).

6.4.1. Balçova Jeotermal Sahası

Balçova Jeotermal Sahası, şehir merkezinde olduğu ve turistik otellerin de olduğu bir bölgede bulunduğu için bölge beton ve asfaltla kaplanmıştır. Bu nedenle bu bölgeden verimli bir şekilde örnekleme yapılamamıştır. Bölgede bulunan 45°C sıcaklığında bir jeotermal sızıntıdan filtre kağıdı ile yoğunlaştırma yöntemi ile su örneği alınmıştır. Allen ortamında çoğaltılan Cyanobacteria inkübasyonu için 50 ve 65°C'ler denenmiş ve 50°C'de daha iyi gelişme olduğu belirlenmiştir. Örneğin morfolojik ön tanımlanması mikroskop altında yapılmıştır ve *Schizothrix sp.* cinsi bir Cyanobacteria olduğu görülmüştür (Şekil 6.1).



Şekil 6.1. Allen ortamında 50°C'de kültürü yapılan *Schizothrix* sp. cinsi siyanobakterinin mikroskopik görüntüsü.

Jeotermal sahalardaki termofilik Cyanobacteria fenotipik ve morfolojik karakterleri ile ayrıntılı biçimde araştırılmıştır. Bu sahalardaki Cyanobacterial çeşitlilik kaynaktan suyun sıcaklığının dereceli biçimde azaldığı ve normal suya karıştığı bölgelere kadar farklı biyomas kitleleri şeklinde görülebilir ve mikroskopik olarak da belirlenebilir. Cyanobacteria dağılımı sadece sıcaklıkla değil suyun pH ve kimyasal bileşimine de bağlı olarak değişir. Örneğin pH 4.0 altında çok nadir görülürler ve pH 6.5'dan sonra geniş yayılım gösterirler. Bilinen en termofilik Cyanobacteria türü *Synecoccus cf. lividus*'tur. Bazı araştırmacılar bu türün üst sıcaklık sınırı olarak 74°C vermektedir. Diğer termofilik Cyanobacteria türlerinin jeotermal kaynaklarda yaşayan termofilik türleri çıkış suyunda bulunan sülfide karşı toleranslı olması gereklidir. Çünkü sülfid fotosentez ve birçok fizyolojik işlemde etkili bir inhibitördür. Bununla birlikte sülfide tolerant türlerinin sülfidi fotosentetik bir elektron vericisi olarak kullandıkları da rapor edilmiştir (Ward ve Castenholz, 2000). Balçova Jeotermal Sahası'ndan yapılan kültürasyonlarda 50°C'de iyi gelişen *Shizotrix* türü izole edilmiştir. Bu tür Nostocales ordosu, Oscillatoriaceae familyası üyesidir. Bu tür kılıflı, yığın oluşturan filamentöz yapıya sahip, heterosist yapısı içermeyen, hücreleri 2.5-4 µm genişliğinde uç hücreleri konikal olan, kılıfları renksiz veya scytonemin içeren bir yapıdadır.

6.4.2. Kızıldere Jeotermal Sahası

Filtre kağıtları ile yoğunlaştırılan kuyu sıcak su örnekleri ve fumarollerden alınan toprak örneklerinden DNA izolasyonu için temel olarak iki farklı yöntem denenmiştir. İlk yaklaşım; farklı satrifüleme ve ardışık yıkamalarla çevresel matrislerden hücrelerin ayrılmasını ve takiben hücre lizisi ve standart yöntemlerle DNA saflaştırılmasını içerir. İkinci yaklaşım ise; taneciklerin ya da toprak partiküllerinin varlığında hücrelerin lizisi, bunu takiben partiküllerden serbest kalan nükleik asidin ekstraksiyonu ve örnekteki organik karbondan nükleik asidin ayırımı işlemlerine dayanır (Martin-Laurent ve diğ., 2001, Roose-Amsaleg ve

diğ., 2001, Yeates ve diğ., 1998). Her iki yaklaşımın da avantajları ve dezavantajları vardır. Doğrudan lizis veya hücre fonksiyonu yöntemlerinden hangisi kullanılırsa kullanılsın, çevresel matrislerden nukleik asit izolasyonu kolay değildir ve uygulamada birkaç faktör göz önünde tutulmalıdır. İzole edilecek DNA ve RNA'nın kalitesi ve bileşimini etkileyen en önemli faktörler hedef mikroorganizmaların lizis verimliliği, partiküllerden hedef mikroorganizma (hücre fraksiyonlama) veya nukleik asidin etkin ayırımı (direkt lizis) ve organik kirleticilerin etkin biçimde uzaklaştırılmasıdır (Lloyd Jones ve Hunter, 2001). Bu faktörler, çevresel matrislerin doğasından etkilenirler ve günümüzde uygun olan herhangi tek bir prosedürün tüm kullanımlarda ve tüm çevresel örneklerde eşit olarak işe yarayacağı kesin değildir, bu nedenle potansiyel problemlerin üstesinden gelebilmesi için farklı stratejilere modifiye edebilmelidirler. Her iki yaklaşımda kullanılan yöntemlerle yapılan DNA izolasyonlarında laboratuvarımız koşullarında verimli sonuç elde edilememiştir.

Örnekleme yapılan noktalar Şekil 6.2-6.6 arasında gösterilmiştir. Toplanan örneklerden DNA izolasyonu için, topraktan DNA izolasyonunda kullanılabilen kitler araştırılmış ve ZR Fungal-Bakteriyal DNA Kit™ (Zymo Research D 6005) ile örneklerden DNA izolasyonları yapılmıştır. ZR Fungal-Bakteriyal DNA Kit™ ile yapılan DNA izolasyonları sonucu elde edilen DNA miktarları Tablo 6.2 de verilmiştir.



Şekil 6.2. Kızıldere Jeotermal Sahası doğal buhar çıkış alanı (fumeroller) (Örnek no. 1).

Kit ile izole edilen DNA'ların agaroz oranı %0.8 olan agaroz jel elektroforezi ile elde edilen bantları Şekil 6.7'de görülmektedir. DNA moleküler marker olarak Fermentas DNA ladder (SM 1113) kullanılmıştır. 850 baz çifti ve daha küçük baz çiftlerini içeren bantlar örnekteki parçalanmış DNA ve RNA'dan kaynaklanmaktadır.

Tüm örnekler bakteri ve archae primerleri kullanılarak PCR koşullarının optimize edilerek 16S rRNA çoğaltılmasına yapılmıştır. Tüm örneklerde Archae primerleri ile herhangi bir PCR ürünü elde edilememiştir. Özellikle daha termofilik türlerin saptanmasına yönelik olarak arkea çeşitliliği beklendiği 1, 4 ve 7 no'lu arkea primerleri ile de çoğaltılamamıştır.

Kızıldere Jeotermal Sahası'ndan alınan koyu yeşil renkli biyomas (Örnek no. 3), kanal yüzey toprak (Örnek no. 5), kanal sarı flok (Örnek no. 6), kanal suyu (Örnek no. 8) örneklerinde bakteri primerleri ile 16S rRNA çoğaltılmış ve bu PCR ürünleri klonlanarak çoğaltılan bölgelerin nükleotid dizi analizi hizmet alımı şeklinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 6.8). Her örnekten 5 adet bakteri klonu seçilmiştir.



Şekil 6.3. Kızıldere Jeotermal Sahası atık su kanalında sarı floklar. Mikrobiyal biyomasın akan sıcak su içerisindeki bitkisel materyale tutunması sonucu oluşan cıvık yapı örneklerde görülmüştür(Örnek no. 6, 59.8°C).



Şekil 6.4. Kızıldere Jeotermal Sahası atık su kanalında koyu yeşil renkli biyomas (Örnek no.3, 67.5°C).



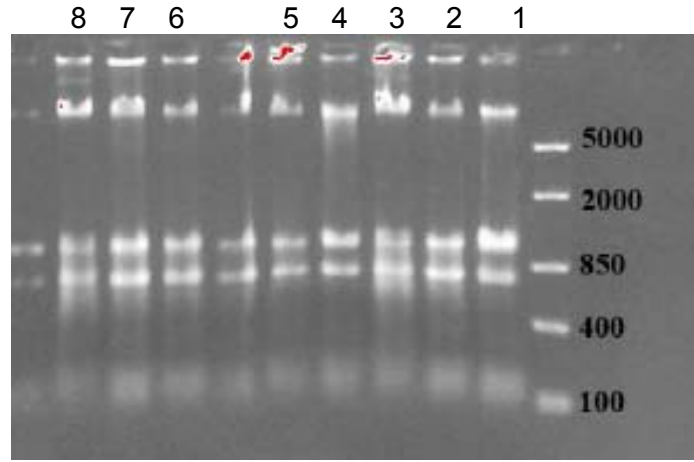
Şekil 6.5. Kızıldere Jeotermal Sahası, kuyu çıkışının kanala döküldüğü nokta (Örnek no.8, 72°C).



Şekil 6.6. KD13 kuyusu savağı. Kuyu kenarında suyun aktığı yükseklikten itibaren oluşan farklı renklenmeler; mikrobiyal büyüme ve biyomas (Örnek no.8, 93°C).

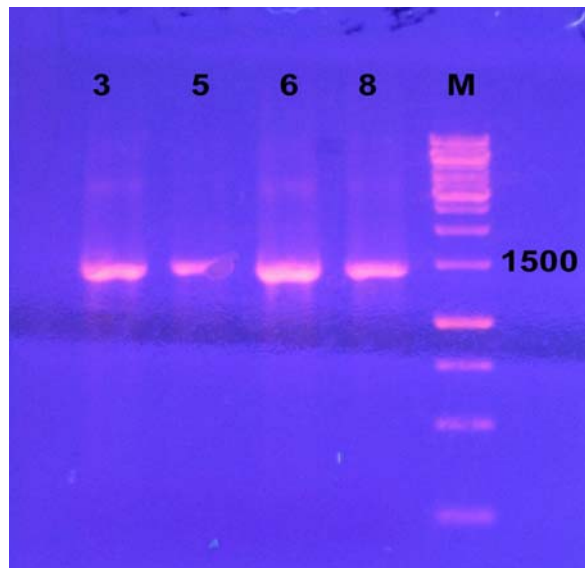
Tablo 6.2. Kızıldere Jeotermal Sahası'ndan alınan örnekler, örneklerden elde edilen DNA miktarları ve OD 260/280 oranları.

Örnek No.	Örnekleme	Sıcaklık (°C)	DNA miktarı (ng/μL)	OD 260/280
1	Fumerol-toprak	94.6	10.9-11.1	1.41-1.56
2	Fumerol civarı- toprak	73.4	10.9-11.0	1.23-1.29
3	Kanal-koyu yeşil biyomas	67.5	10.2-12.3	2.03-1.89
4	Kaynar toprak	80.0	114.9-118.4	1.81-1.79
5	Kanal-yüzey toprak	72.0	25.64-24.94	1.51-1.39
6	Kanal-sarı flok	59.8	12.34-11.75	1.72-1.85
7	KD13 savak-su	93.0	27.1-27.5	1.58-1.61
8	Kanal-su	72.0	12.2-12.2	2.07-1.81



Şekil 6.7. Örneklerden izole edilen DNA'ların agaroz jel elektroforezindeki resmi (%0.8 agaroz, 80V, 1 saat).

Tablo 6.2'deki örnek numaraları ile Şekil 6.7.'deki bant numaraları aynıdır.



Şekil 6.8. 3,5, 6 ve 8 no'lu örneklerdeki PCR ürünlerinin %1'lik agaroz jel elektroforezindeki resmi (80 V 1saat).

Tablo 6.3, dört farklı örnekten izole edilen ve klonlanan 16S rRNA Blastn analizleri sonucunda klonun numarası phylumu, ilişkili tür ve % benzerliklerini göstermektedir. Blastn analizleri ile klonların 16S rRNA dizi analizlerine göre en yakın akraba türleri arasında %95-99 benzerlik görülmüştür. Blastn analizleri aynı zamanda mikrobiyal çeşitlilik ile sıcaklık arasında da oldukça yakın bir ilişkinin olduğunu ve dolayısı ile tanılanan mikroorganizmaların termofilik prokaryotlar olduğunu göstermiştir. Yüksek sıcaklıktaki KD13 kuyusunun kenarındaki biyomastan alınan örneklerde (94.3°C) filogenetik çeşitliliğin sıcaklık azalması ile mikrobiyal çeşitlilikte artış görülmüştür. Bazı türler (*Thermus* ve *Meiothermus*) KD13 dışında tüm örneklerde gözlenmiştir. Bu durum sıcak suyun akışı yönünde bu türlerin de dağıldığını ve uygun yüzeylere tutunmaları neticesinde diğer örneklerde de görülmesine neden olduğu sonucuna varılmıştır.

Tablo 6.3. Kızıldere Jeotermal Sahası'nda farklı örnekleme noktalarındaki 16S rRNA dizi analizine dayalı prokaryotik çeşitlilik.

Klon	Phylum	İlişkili tür	Benzerlik (%)
KD13 savak (93°C)			
A1	Aquificacea	Hydrogenobacter termophilus	98
A2	Aquificacea	Hydrogenobacter termophilus	97
Kanal-sarı flok (59.8°C)			
B1	Deinococci-Thermus	Meiothermus ruber	99
B2	Deinococci-Thermus	Thermus thermophilus	97
B3	Chloroflexi	Chloroflexus aurantiacus	98
B4	Cyanobacteria	Fischerella sp.	96
B4	Cyanobacteria	Fischerella sp.	97
Kanal-yüzey toprak (72°C)			
C1	Deinococci-Thermus	Thermus aquaticus	98
C2	Deinococci-Thermus	Thermus aquaticus	96
C3	Deinococci-Thermus	Thermus oshimai	97
C4	Aquificacea	Hydrogenobacter termophilus	98
C5	Deinococci-Thermus	Thermus thermophilus	98
Koyu yeşil biyomas (67.5°C)			
D1	Deinococci-Thermus	Meiothermus ruber	99
D2	Deinococci-Thermus	Thermus aquaticus	99
D3	Deinococci-Thermus	Thermus oshimai	97
D4	Chloroflexi	Chloroflexus aurantiacus	99
D5	Deinococci-Thermus	Meiothermus ruber	98

Aquificacea phylumu üyelerinin Bacteria domaini içerisinde en yüksek sıcaklıklarda yaşayan türler olduğu bilinir. *Aquifex aeolicus*'un tamamlanmış genom dizisi, termofilik Archae ile homoloji gösterir. 16S rRNA gen dizisi analizleri, bu grubun universal ataya en yakın olacak

biçimde Bacteria filogenetik ağacında en altta yer alması gerektiğini göstermiştir. Nitekim *Aquifex* ve en yakın Archaeal akrabasının fizyolojik özellikleri, elektron vericisi olarak hidrojene ihtiyaç duyan ortak bir atadan geliştiklerini işaret etmektedir. KD13 no'lu kuyunun savağından alınan örnekte iki adet ve kanal-yüzey toprak örneğinde bir adet *Hydrogenobacter* türü tanımlanmıştır. *Hydrogenobacter* türleri mikroaerofilik koşullarda yaşayabilen hidrojen oksitleyen bir türdür. Yüksek sıcaklıklardaki sıcak su ve çevresinde çözülmüş oksijen miktarının az olması böyle ortamlarda bulunmalarını açıklamaktadır. Aynı tür kanal yüzey toprak örneğinde de bulunmuştur. *Hydrogenobacter* türleri sıcak su kaynaklarından izole edilebilmektedir (Kawasumi ve diğ., 1984).

Deinococci-Thermus phylumu üyelerine KD12 kuyusu hariç Saha'dan alınan tüm örneklerde rastlanmıştır. Obligat aerobik ve heterotrofik *Thermus* ve *Meiothermus* türleri bu tip çevrelerde en sık ve en çok çeşitlilikte rastlanan türlerdir. Özellikle Cyanobacterial komunitelerle aynı ortamda bol bulunurlar. *Thermus* türleri kültüre edilebilmektedir (Mark, 2001).

Çalışmada, kanal-sarı flok (59.8°C), kanal-yüzey toprak (72°C) ve koyu yeşil biyomasta (67.5°C) *Meiothermus* ve *Thermus* türleri saptanmıştır (Tablo 6.3). *Thermus* türlerinin daha yüksek sıcaklıklardan alınan örneklerde, *Meiothermus* türlerinin ise daha düşük sıcaklıklardan alınan örneklerde bulunduğu bildirilmiştir (Moriera ve diğ., 1995; Saul ve diğ., 1999; Mark, 2001).

Chloroflexi phylumu da termofilik türleri içermektedir. Diğer termofilik türlerden farklı olarak anoksijenik fototrofik beslenme tarzı gösterirler (Madigan ve diğ., 2002). Tip türü olan *Chloroflexus aurantiacus*ın genomu tam olarak ortaya çıkarılmıştır ve bilinen canlılar arasında en ilksel ve ilk fotosentetik canlı olarak kabul edilmektedir. Fotosentezin 70°C üzerinde gerçekleşmeyeceği dikkate alındığında, 70°C'nin üzerindeki örneklerde bu türün bulunmaması doğaldır. *Chloroflexus aurantiacus* ile %98 benzerlik gösteren iki klon kanal-sarı flok ve koyu yeşil biyomas örneğinde saptanmıştır.

Bacteria domaininde yer alan oksijenik fototrofik cyanobacteria türlerinin de termofilik olanları mevcuttur. Bu türler mikrobiyal yığınların üst kısmında yer alırlar ve heterotrofik canlılar için organik madde ve oksijenli solunum yapan bakteriler için oksijen üretirler (Garcia-Pichel ve diğ., 2001). *Fisherella* sp. türü kanal-sarı flok örneklerinde saptanmıştır. Bu tür termofilik *Synecooccus* sp türüne göre daha düşük sıcaklıklarda 30-60°C yaşayabilirler. Kızıldere Jeotermal Sahası'nda bulunan yoğun mikrobiyal kütlelere bakıldığında termofilik cyanobacteria çeşitliliğinin daha yüksek olabileceği düşünülebilir. Ancak sıcak su içindeki kimyasal bileşim örneğin sülfid miktarı bu sınırlamanın bir nedeni olabilir (Ward ve Castenholz, 2000).

Jeotermal çevrelerdeki prokaryotik mikrobiyal çeşitlilik termofilik türlerin çeşitliliğinin moleküler tekniklerle ortaya çıkarılması iki açıdan önemlidir:

- Yüksek sıcaklıklı jeotermal sahalardaki mikrobiyal çeşitliliğin, özellikle kültüre edilemeyen mikroorganizmaların ortaya konması. Bu tip ortamlardaki mikroorganizmaların besinsel ve kısmen de çevresel özelliklerinin tam olarak bilinmemesi nedeniyle kültüre dayalı teknikler verimli olmamaktadır.
- Yüksek sıcaklıklı çevrelerde yaşayan mikroorganizmalardan veya onların genlerinden biyoteknolojik olarak faydalanılabilmektir. 1970'li yıllardan beri yüksek sıcaklıkta yaşayabilen değişik beslenme tipine sahip mikroorganizmalar tanımlanmakta ve bunların fizyolojileri ve son yıllarda özellikle genom yapıları ayrıntılı çalışmalara konu olmaktadır. Ekstremofiller olarak da adlandırılan bu tip canlılar içinde yer alan termofillerin tür çeşitliliğinin ortaya konması özellikle bu gruplara yönelik spesifik primerlerin kullanımı,

daha verimli biçimde örneklerden DNA izolasyonu ile daha çok sayıda türün saptanabileceği açıktır.

Kızıldere Jeotermal Sahası'nın atık sıcak suyu ile oluşan savak, kanal ve çevresindeki ilksel prokaryotik türler, farklı renklerde oluşturduğu yığınlardaki primer üreticileri, heterotrofları, su içindeki bazı kükürt bileşiklerini okside veya redükte ederek onların eukaryotik canlılarla oluşturabileceği zararı engelleyen kemolitotrofik türleri ile ekonomik çıkarlar için de verimli bir şekilde kullanılan bu kaynak mikrobiyal çeşitliliğin ve canlı bilimleri ile uğraşan kişiler için ise mikrobiyal süksesyonun kayda değer bir örneğini oluşturmaktadır.

Kaynaklar

1. BAKER, G.C., Smith, J.J., Cowan, D.A., Review and re-analysis of domain-specific 16S primers, *Journal of Microbiological Methods*, 55, 541-555, (2003).
2. GARCIA-PICHEL F., Lo'Pez-Corte, S.A., Nu'Bel, U., Phylogenetic And Morphological Diversity of Cyanobacteria in Soil Desert Crusts from The Colorado Plateau, , *App.Env. Mic.*, 67, 4, 1902-1910, (2001).
3. HUBER R., Stetter, K.O., The Order Thermotogales, Eds. Balows, A.Triger, H.G, M. Harder W., Schleifer, K.H., *The Prokaryotes*, Springer Verlag, New York, Vol 4. 756-564, (1992).
4. HWANGI, U.W., Kim, W., General Properties and Phylogenetic Utilities of Nuclear Ribosomal DNA and Mitochondrial DNA Commonly Used in Molecular Systematics, *The Korean Journal of Parasitology*, 37, 4, 215-228, (1999).
5. KAWASOMI,T., Igarashi,Y., Kodama,T., Minoda, Y., Hydrogenobacter thermophilus gen. nov. sp.nov. an extremely thermophilic aerobic hydrogen oxidizing Bacteria.,*Int.J Syst.Bact.*, 34,1-10, (1984).
6. LLOYD JONES, G., Hunter, D.W.F., Comparison of Rapid DNA Extraction Method Applied to Contrasting New Zealand Soil, *Soil Biology and Biochemistry*, 33, 2053-2059, (2001).
7. MADIGAN, M.T., Matrinko, J.M., Parker, J., *Biology of Microorganisms*, Pearson Education Inc., New Jersey, 9. ed., (2003). Pp: 263-358.
8. MARK, D.S., The Phylogeny of Prokaryotes Associated with Australia's Great Artesian Basin, School of Biomolecular and Biomedical Science, Faculty of Science and Technology , Griffith University, Nathan Campus , Queensland, Australia , (2001), Pp: 24-156.
9. MARTIN-LAURENT, F., Philippot, L.S., Hallet, R., Chaussod, J.C., Germon, Soulas, G., Catroux, G., DNA Extraction from Soils: Old Bias for New Microbial Diversity Analysis Methods, *App.Env. Mic.*,67 (5), 2354-2359, (2001).
10. MORIERA, L.M., Dacosta,M.S., Sa-Correria,I., Plasmid RFLP Profiling and DNA Homology in Thermus Isolated from Hot Springs of Different Geographical Areas, *Archives of Microbiology*, 164, 7-15, (1995).

11. PIERSON, B.K., Castenholz, R.W., The Family Chloroflexaceae, Eds. Balows, A., Triger, H.G., Harder W., Schleifer, K.H., *The Prokaryotes*, Vol 4, Springer Verlag, New York, (1992).
12. ROOSE-AMSALEG, C.L., Garnier-Sillam, E., Harry, M., Extraction and Purification of Microbial DNA from Soil and Sediment Samples, *Applied Soil Ecology*, 18, 47–60, (2001).
13. SAMBROOK, J., Fritsch, E.F., Maniatis, T., *Molecular Cloning: 5 a Laboratory Manual*, 2nd ed., Cold Spring Harbor Laboratory Press, NY, USA, (1989).
14. SAUL, D.J., Reeves, R.A., Morgan, H.V., Bergquist, P.L., Thermus Diversity and Strain Loss During Enrichment, *FEMS Microbiology Ecology*, 30 (2), 157-162, (1999).
15. SUKATAR, A., *Alg Kültür Yöntemleri*, Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kitaplar Serisi, No:184, Pp: 31-36, (2002).
16. YAVUZ E., Gunes H., Harsa S., Yenidunya A.F., Identification of Extracellular Enzyme Producing Thermophilic Bacilli from Balcova (Agamemnon) Geothermal Site by ITS rDNA RFLP, *Journal of Applied Microbiology*, 97(4), 810-817, (2004).
17. YEATES, C., Gillings, M.R., Davison, A.D., Altavilla, N., Veal, D.A., Methods for Microbial DNA Extraction from Soil for PCR Amplification, *Biological Procedures Online*, 1(1), 40-48, (1998).
18. WARD, D.M., Castenholz, R., Cyanobacteria in Geothermal Habits, Eds. Whitton, B.A., Potts M., *The Ecology of Cyanobacteria*, Chapter 3, (2000). Pp: 37-56.
19. WILLIAMS, R.A.D., Da Costa, M.S., The Genus Thermus and Related microorganisms, Eds. Balows, A., Triger, H.G., Harder W., Schleifer, K.H., *The Prokaryotes*, Vol 4., Springer Verlag, New York, (1992). Pp:1142-1175.
20. WOESE, C.R., Balch, W.E., Magrum, L.J., Fox, G.E., Wolfe, R.S., An Ancient Divergence Among the Bacteria, *Journal of Molecular Evolution*, 9, 305-311, (1977).
21. WOESE C.R., Fox G.E., Phylogenetic Structure of the Prokaryotik Domain: The Primary Kingdoms, *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 74(11), 5088-90, (1977).

7. SOSYO-EKONOMİK ÇEVREYE OLAN ETKİLER

7.1. Giriş

Çevresel etki sınıflandırmasında yer alan sosyo-ekonomik etkiler, bu alanda çok sınırlı çalışmalar yapılması nedeniyle detaylı araştırma gereksinimi olan bir dal olarak karşımıza çıkmaktadır.

Günümüzde, dünya devletleri kendi sosyo-ekonomik şartlarının iyileştirilmesi amacı ile, jeotermal projelerin geliştirilmesine önem vermektedirler. Jeotermal enerjinin kullanımı ile amaçlanan yararlar ve beraberinde getirdiği maddi-manevi etkiler, jeotermal projelerin başarısı ve kabul edilebilirliği için önemli kıstaslar olarak karşımıza çıkmaktadır (IGA, 1995). Jeotermal uygulamaların sosyo-ekonomik etkileri, çevresel etkiler ana başlığı altında çok önemli bir alt başlığı oluşturuyor olsa da dünya genelinde bu konuda yeterli çalışma bulunmamaktadır. Literatürdeki az sayıda çalışma, az gelişmiş ülkelerdeki alt gelir grupları ile o bölgedeki jeotermal kaynaktan yararlanma konuları ile sınırlandırılmıştır.

Jeotermal kaynağın bulunduğu bölgelerdeki yerleşim dokuları, jeotermal uygulamalardan yararlanan biçimleri, bölge halkının sosyal ve ekonomik profilleri ve bu profildeki jeotermal kullanımına dayalı değişiklikler, sosyo-ekonomik etkiler kapsamında yer almaktadır.

Bu bağlamda, elektrik üretimi uygulamaları için Türkiye'nin ilk jeotermal santrali olan Denizli-Kızıldere Jeotermal Santrali-Denizli ve doğrudan kullanım uygulamaları için Balçova Bölgesel Isıtma Sistemi-İzmir'in hayat standardının yükselmesi, yeni iş olanakları yaratılması, konut ve toprak fiyatlarındaki artış, sosyo-politik organizasyonlar ve sosyo-kültürel problemler gibi toplumsal hayat üzerindeki sosyo-ekonomik etkileri detaylı olarak incelenmiştir.

7.2 Literatür Çalışması

Jeotermal uygulamaların yöre yaşayanları üzerindeki sosyo-ekonomik etkilerini konu alan araştırmalara ilişkin literatür taraması; Filipinler, Endonezya, El Salvador gibi az gelişmiş ülkelerde genelde fakir halkın bulunduğu bölgelerdeki çalışmaları konu alan nitelikte araştırmaların yapıldığını ve yoksul kesime yönelik ucuz enerji üretme ve paylaşımları konularında sonuçların elde edildiğini göstermiştir (Anaye ve Cala, 2005).

Brezilya'nın Rio de Janeiro kentinde 3-12 Haziran 1992 tarihlerinde gerçekleştirilen Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansının ana kurgusu "*Sürdürülebilirlik*" olarak belirlenmiştir ve doğal kaynak rezervlerinin gelecek kuşakların da yararlanabileceği şekilde korunması ana teması dünya gündemine taşınmıştır. 178 ülke ve sayısız yerel yönetimin ortak paydada bulunduğu bu birliktelik sonucunda iki önemli bildiri ortaya çıkmıştır, "Rio Deklarasyonu" (UNCED, 1992a) ve "Gündem 21" (UNCED, 1992b). Devletlerin çevre ile ilgili uyması gereken genel kural ve kanunları belirleyen Rio Deklarasyonu 27 ana prensipten oluşmuştur. Bu ana prensipler içinden 7 tanesi sosyal içerikli prensipler olarak karşımıza çıkmakta (1, 2, 10, 13, 20, 21 ve 22) ve yerel yönetimlerin *çevre yönetimi* ve *çevresel gelişim* konularında etkin roller üstlendiklerinin altı çizilmektedir (UNCED, 1992a).

Olumsuz çevresel etkileri minimuma indirmek ve sürdürülebilir gelişmeyi garanti altına almak ana kavramlarını ön plana çıkaran "Gündem 21" çalışması ise 6 bölümünün sosyo-ekonomik konulara yönelik içeriklere sahip olduğu 40 bölümden oluşmuştur. Bireylerin çevresel çalışmalara katılımını, düşük gelir gruplarının doğal kaynaklardan etkin olarak faydalanmalarını ve nüfus yoğunluklarını planlama içine alan ve politika geliştirme ile birlikte

ilk defa *Sivil Toplum Örgütleri* ve sürdürülebilir gelişme konusunda aktif çalışma kavramlarını öne çıkararak bünyesinde toplamıştır (UNCED, 1992b). Doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımına ilişkin bu ilk çalışmalar, jeotermal enerjinin de doğal kaynak grubuna girmesi itibari ile sosyo-ekonomik açıdan “Jeotermal Kaynaklar” alanında yapılan ilk çalışmalar olarak kabul edilebilir.

Uluslararası Jeotermal Derneği tarafından 1995 yılında İtalya'nın Floransa kentinde düzenlenen *Dünya Jeotermal Kongresi*'nde gündemi oluşturan dört ana başlıktan biri “Çevresel Etki” olarak belirlenmiştir. Yine aynı yıl içerisinde, İtalya'nın Pisa kentinde kongre sonuçları doğrultusunda düzenlenen “Jeotermal Gelişimin Çevresel Yüzü” başlıklı kurs programında “Jeotermal Gelişimin Sosyo-Ekonomik Etkileri” ilk olarak detaylı olarak ele alınmıştır (IGA, 1995).

Japonya'da 2000 yılında düzenlenen *Dünya Jeotermal Kongresi*'nde yine çevresel etkiler ve sosyo-ekonomik etkiler konuları aynı platformda ele alınmıştır. Yirmiye yakın araştırma içerisinde ancak bir tanesi araştırmanın sosyal etkiler konusunu çevresel etkiler içerisinde ele almış ve küçük ölçekli kırsal yerleşimlerde, jeotermal potansiyel üzerine bir çalışma yapmıştır (Brotheridge ve Leniston, 2000).

2005 yılında Antalya-Türkiye'de düzenlenen “*Dünya Jeotermal Kongresi*”nde *Çevresel ve Sosyal Durum* ayrı bir başlık altında toplanmıştır. Otuza yakın bildirden ancak 4 tanesi jeotermal enerjinin o bölgede yaşayan insanlar üzerindeki sosyo-ekonomik etkilerine yönelik araştırma ve politikaları içermiştir. Filipinler (2), Endonezya ve El Salvador'daki bu çalışmalar konuları itibari ile az gelişmiş ülkelerin yoksul bölgelerdeki alternatif enerji politikaları üzerine geliştirilmiş planları incelemiştir (Anaye ve Cala, 2005; Zepeda ve Rodriguez, 2005; Jesus, 2005; Ibrahim ve diğ., 2005).

Dünya Jeotermal Kongreleri dışında farklı zamanlarda bireysel anlamda da *Jeotermal ve Sosyo-Ekonomik Etkiler* üzerine çalışmalar sunulmuştur. *Pira* tarafından İtalya'da Lardarello Jeotermal Sahası-İtalya'da bulunan jeotermal santral'da çalışanların sağlık problemleri üzerine yapılan çalışma bunlardan birisidir (Pira ve diğ., 2005). Kenya'nın alt gelir gruplarına yönelik kırsal bir yerleşimde kurulu bulunan jeotermal santralin o yerleşim üzerindeki çevresel ve sosyo-ekonomik etkilerini inceleyen çalışma (Mariita, 2002) ile nüfus yoğunluğu düşük küçük kasabalarda kullanılan jeotermal enerjinin mekansal ekonomik analizlerini (Sommer ve diğ., 2003) içeren çalışmalar da mevcuttur.

Jeotermal enerji uygulamalarının sosyo-ekonomik etkileri üzerine ülkemizde yapılan çalışmalar çok sınırlıdır. Tesisat Kongreleri kapsamında düzenlenen “Jeotermal Enerji Seminer”lerinde çevresel etkiler başlığı altında sunulan bildirilerde genel anlamda sosyo-ekonomik etkilere değinilmiş (Badruk, 2003; Çakın ve diğ., 2005), yine aynı seminerlerde sunulan bir bildiride ise bölgesel ısıtma sistemlerinin kavramsal planlaması altında bir başlık olarak İzmir-Balçova Jeotermal Sahası'nda gerçekleştirilen bir anket çalışmasına yer verilmiştir (Toksoy ve Şener, 2005).

7.3. Sosyo-Ekonomik Parametreler

Bir jeotermal projenin karar, planlama ve işletim aşamalarında sosyal konuların da göz önünde bulundurulması; uluslararası anlaşmalar, protokoller, yasalar ve uluslararası finans kuruluşlarının getirdiği bir zorunluluktur. Sosyo-ekonomik parametreler projenin büyüklüğüne göre değişebilir. Jeotermal enerji kullanımı sözkonusu olduğunda, çevresel etki değerlendirme prosesi için ölçülmesi gereken parametreler beş ana başlık altında toplanabilir;

- Bölgede yaşayanlara ilişkin veriler; nüfus, nüfus yoğunluğu, yaşam biçimi-ihtiyaçları-problemleri, jeotermal projelere ilgi-beklenti-dahil olma isteği,
- Yönetimsel ve idaresel veriler; yerel yönetim biçimi, yönetici siyasal pozisyonu-profil, merkezi yönetimin bakış açısı, sivil toplum örgütlerinin yaklaşımı-beklentileri-uyarıları, yerel-ulusal-uluslararası boyutlarda yasal durum,
- Fiziksel ve sosyo-kültürel veriler; jeotermal kaynağın rezerv alanı ve koruma bölgelerine yönelik haritalar, çalışma alanına yönelik jeolojik ve hidrojeolojik haritalar, alanın arazi kullanımı ve bitki örtüsüne yönelik planlar, imar planları (nazım imar ve uygulama imar planları), saha içinde bulunan yerleşim dokuları, ekolojik, tarihi, kültürel korunması gereken alan yada yapılar (kültürel miras),
- Ekonomik veriler; arsa ve konut fiyatları, işgücü ve çalışanların durumları,
- Altyapı verileri; elektrik-su-kanalizasyon sistemleri, jeotermal dağıtım sistemleri mevcut durumu ve potansiyelleri, ulaşım sistemleri, genel altyapı sistemlerinin birbirine entegrasyonu.

7.4. Yöntem

Çalışmada izlenen yöntem ve etaplama;

- Araştırma alanı ve konusu ile ilgili kurumlardan bilgi toplama,
- Her iki jeotermal sahada, jeotermal enerjiden yararlanan sektörlere yönelik anket formlarının hazırlanması,
- Arazi çalışması (anket çalışması),
- Anket sonuçların ilgili istatistik ve planlamaya yönelik bilgisayar programlarının kullanılması suretiyle işlenmesi ve değerlendirilmesi.

7.4.1. Resmi Kurumlardan Bilgi Toplama

Kızıldere ve Balçova Jeotermal Sahaları'nın sosyo-ekonomik etkileri ile ilgili bilgi alınabilecek resmi kurumlar belirlenmiş, bu kurumlarla görüşme yapabilmek için resmi izin belgeleri hazırlanmıştır. Bu belgelerde; yapılacak çalışma, çalışmaya katılan kurumlar ve ilgili birimin hangi alanda yardımda bulunabileceği açıkça belirtilmiştir. Belirlenen kurumlar aşağıda listelenmiştir.

- İl Belediye Başkanlığı (Denizli Belediyesi ve İzmir Büyükşehir Belediyesi),
- İlçe Belediye Başkanlığı (Sarayköy-Denizli ve Balçova-İzmir),
- Köy Muhtarlıkları (Karataş-Denizli ve Kızıldere-Denizli),
- İl Özel İdaresi Başkanlıkları (Denizli ve İzmir),
- Bayındırlık ve İskan İl Müdürlükleri (Aydın Bölge Müdürlüğü),
- Tarım İl Müdürlükleri (Denizli ve İzmir Tarım İl Müdürlükleri),
- Tapu ve Kadastro Müdürlükleri (Denizli 18. Bölge Müdürlüğü ve İzmir 3. Bölge Müdürlüğü),
- MTA Ege Bölge Müdürlüğü (İzmir),
- DSİ Ege Bölge Müdürlüğü (İzmir).

7.4.2. Anket Formları

Çalışmanın ikinci aşaması, saha içerisinde bulunan farklı kullanımları belirlemek, sınıflandırmak ve bunlara uygun anket formları geliştirmektir.

Kızıldere ve Balçova Jeotermal Sahaları'nda yapılan ön arazi çalışmaları ile bu sahalardan yararlanan tüm birimler belirlenmiş ve anket çalışmaları için; konutlar, işletmeler, seralar ve termal tesisler olmak üzere dört grupta toplanmışlardır. Hazırlanan anket formlarında bazı temel sorular aynı kalmış, diğer sorular ise kullanım alanlarına göre detaylandırılmıştır.

Konutlar ile ilgili oluşturulan anketlerde; Kızıldere için sahanın en yakınında bulunan Kızıldere ve Karataş köyleri, Balçova için ise Balçova ilçesini oluşturan altı mahalle hedef kitle olarak belirlenmiştir.

Konut alanlarına yönelik hazırlanan ve EK 7.1'de verilen anketlerde soru profili 3 ana kısımdan oluşmaktadır ;

- Bölge hane halklarının genel yapısına ilişkin sorular,
- Bölge hane halklarının çalışan kesiminin çalışma alanlarına yönelik (istihdama ilişkin) sorular,
- Bölge hane halklarının, bölgenin potansiyeli olan jeotermal projeler ile entegrasyonunu ölçen (istihdam-tesislerde çalışma, ısınma, termal tedavi, seralarda kullanma vb.alanlarda) sorular.

İşletmelere yönelik anketlerde hedef, farklı sektörlerde faaliyet gösteren işletmelerin hangi sektörlere dahil olduklarının, jeotermal kaynağı ne şekilde kullandıklarının, istihdam yapılarının ve çalışanlarının sağlık, sosyal vb. alanlardaki problemlerinin ortaya konmasıdır.

Yapılan ön arazi çalışmaları sırasında her iki Saha'da da jeotermal kaynaktan yararlanan farklı sektörlerden işletmelere rastlanmıştır. Bunlar; Kızıldere için EÜAŞ'a bağlı olarak çalışan *Kızıldere Jeotermal Santrali*, sıvı karbondioksit ve kurubuz üreten *Karbogaz firması*, Sarayköy ilçesinin Bölgesel Isıtma Sistemini işleten *Bereket Enerji A.Ş.* ve bazı küçük iplik boyama, hayvan yetiştiriciliği ile uğraşan işletmeler ile Balçova Bölgesel Isıtma Sistemi işletmecisi *İzmir Jeotermal A.Ş.* olarak gösterilebilir.

EK 7.2'de verilen işletme anketlerinde genel soru profili ise;

- İşletmenin genel yapısı ve çalışma alanlarına yönelik sorular,
- İşletmenin çalışanlarının sosyal, kültürel ve sağlık durumlarına ilişkin sorular,
- İşletmenin jeotermal kaynak ile alım-kullanım-depolama-atım aşamalarını içeren ilişkileri kurgulayan sorular olarak belirlenmiştir.

Arazi çalışmaları sırasında gözlenen jeotermal kaynağın kullanıldığı bir başka alan *Seralarda Kullanım*'dir. Her iki Saha'da da İl Özel İdare, Belediye ve özel kişi ya da kurumlara ait farklı büyüklerde seralara rastlanmıştır. Ürün profili olarak sebze ve kesme çiçeğin yetiştirildiği seralara yönelik hazırlanan ve EK 7.3'de verilen anket sorularının genel yapısı;

- Seraların genel yapısına (büyüklük, kapasite-stok durumu, sıcaklık vb.) ve ürün yapısına (ürün profili, verim, maliyet) yönelik sorular,
- Seralarda çalışanların sosyal, kültürel ve sağlık alanlarına ilişkin sorular,
- Seraların jeotermal kaynak ile olan ilişkilerini (kaynağa olan mesafe, geliş biçimi, giriş ve çıkış sıcaklıkları vb.) öğrenmeye yönelik sorulardır.

Son olarak çalışma alanları içerisinde jeotermal kaynağı termal turizm amaçlı kullanan kaplıcalara (termal tesis) rastlanmıştır. Yerleşimleri, büyüklükleri ve kullanıcı profilleri açısından farklı yapılardaki bu tesislere yönelik anket soruları EK 7.4'de verilmiştir. Genel soru profili ise aşağıdaki gibidir:

- Termal tesislerin genel yapısına (büyüklük, kapasite, sıcaklık vb.) ve kullanıcı yapısına (ulusal-uluslararası, dönem, kalış biçimi ve süresi) yönelik sorular,
- Termal tesislerde çalışanların sosyal, kültürel ve sağlık durumlarına ilişkin sorular,
- Termal tesislerin jeotermal kaynak ile olan ilişkilerini (kaynağa olan mesafe, geliş biçimi, giriş ve çıkış sıcaklıkları vb.) öğrenmeye yönelik sorular.

Çalışmanın son aşaması ise; yukarıda belirtilen dört farklı anket çalışması sonucu elde edilen verilerin SPSS istatistik programı ortamında değerlendirilip sonuçların yorumlanmasıdır.

7.5. Analiz

Çalışma kapsamında, öncelikle her bir Saha için ilgili resmi kurumlar tek tek ziyaret edilerek toplanan bilgiler derlenmiş ve genel sosyo-ekonomik etki analizi başlığı altında verilmiştir. Daha sonra sektörlere yönelik olarak hazırlanan anketler saha çalışmaları ile uygulanmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

7.5.1. Kızıldere Jeotermal Sahası ve Santral Sosyo-Ekonomik Etki Analizi

7.5.1.1. Genel

Kızıldere Jeotermal Sahası genelinde ilgili resmi kurumlardan elde edilen bilgiler aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- Denizli Tarım İl Müdürlüğü'nden edinilen bilgilerde Kızıldere Jeotermal Sahası'nın toplam yüzölçümü 1057 dekar olarak belirtilmektedir ve bunun 60 dekarı EÜAŞ'a elektrik üretimi için tahsis edilmiştir.
- Denizli Tarım İl Müdürlüğü ve İl Özel İdare'den toplanan bilgilerde, 1974 yılında hazinenin arazileri ve kamulaştırmaları sonucunda 997 dekarlık alan Tarım İl Müdürlüğü kontrolünde seracılık kullanımı için verilmiştir. Günümüze kadar 6536 m² sera kurulmuştur. 1997-2000 yılları arasında 896 hektar alan İl Özel İdare'ye devredilmiş ve seraların işletimi İl Özel İdare'ye geçmiştir. Kızıldere Jeotermal Sahası genelinde Özel İdare'ye ait 7500m² (boş), Tarım İl Müdürlüğü'ne ait 6400m² (sebze) ve özel girişimciye ait 6000m² (domates-salatalık) sera alanı bulunmaktadır.
- Denizli Tapu ve Kadastro 18. Bölge Müdürlüğü'nde Kızıldere Jeotermal Sahası ile ilgili detaylı bir bilgiye rastlanmamıştır. Kurum bünyesinde bulunan 1/25000 Kızıldere bölgesi hali hazır haritaya ulaşılmıştır. Bu haritanın ölçeğinin çok büyük, elde edilen dijital haritaların ise çözünürlüklerinin çok düşük olması nedeniyle bu bölgede sayısallaştırılmış haritalar kullanılamamıştır. Çalışma alanını gösteren şematik görüntüler için bölgenin uydu fotoğraflarından (google earth kaynaklı) yararlanılmıştır.
- Denizli Belediyesi bünyesinde jeotermal enerji ve jeotermal enerjinin Denizli şehrinde ısıtma amaçlı kullanım çalışmaları konusunda bilgi alınmıştır. Denizli şehrinin ısıtılması amacıyla Kızıldere Jeotermal Sahası'ndan akışkan taşınmasının ekonomik olmayacağına karar verildiği, onun yerine şehre daha yakın bölgelerde bulunan kaynakların değerlendirilmesi ve potansiyel kaynakların araştırılması gerekliliği üzerinde durulduğu gözlenmiştir.
- Kızıldere Jeotermal Sahası'na yaklaşık 14 km uzaklıkta bulunan Sarayköy-Denizli ilçesinde yapılan çalışmalarda Belediye ve işletmeci işletme olan Bereket Enerji Üretim A.Ş.'den Bölgesel Isıtma Sistemi hakkında bilgiler alınmıştır. 5000 konut kapasiteli ilçede Mayıs 2006 itibari ile 2000 konut ısıtılmaktadır. Kızıldere Jeotermal Sahası'nda seperatörlerden ayrılarak kanal aracılığı ile B. Menderes Nehri'ne gönderilen atık akışkanın bir kısmı sahada oluşturulan bir kollektör yardımıyla Sarayköy Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemi'ne verilmektedir. 96°C'de sisteme ulaşan jeotermal akışkan 56°C'de sistemi terk etmektedir. Sistemden 450 konut eşdeğeri (1 konut=100 m²) kamu binası, 1550 konut eşdeğerine sahip 1450 adet konut

ısıtılmaktadır. Isıtılan kamu binaları; Belediye, hükümet konağı, askerlik şubesi, iki adet emniyet binası ve lojmanları, beş adet ilkokul, lise, hastane, sağlık ocağı, devlet su işleri, il özel idare tesisi, vergi dairesi, tarım ilçe müdürlüğü, elektrik üretim anonim işletme ve ziraat bankası'dır. Ayrıca Kızıldere Jeotermal sahasında 5.5 MW_e kapasiteli bir jeotermal santral kurulması çalışmaları tamamlanmış, deneme üretimi yapılmaktadır.

- Sağlık birimleri ile ilgili olarak yapılan çalışmalarda, Kızıldere Jeotermal Santral bünyesinde bulunan sağlık biriminden yıllık sağlık şikayetleri hakkında detaylı bilgiler alınmış ve bu bilgiler ışığında tesis genelinde bir yıl içerisinde on civarında yanık yedi-sekiz civarında ısıtma kaybı, beş-altı civarında romatizmal şikayetle gelen çalışan sayılarına rastlanmıştır. Karataş ve Kızıldere köylerinde ise sağlık ocağı bulunmadığı için detaylı bir bilgiye rastlanmamıştır.
- Kızıldere Jeotermal Sahası ile ilgili Denizli ili dışında bulunan kurumlardan MTA Ege Bölge Müdürlüğü-İzmir ve DSİ Aydın XXI. Bölge Müdürlüğü-Aydın ziyaret edilmiş ve saha ile ilgili bilgi toplanmıştır. Aydın, Denizli ve Muğla illerinin bağlı olduğu DSİ Aydın XXI. Bölge Müdürlüğü'nün Denizli'deki sorumluluk alanı; işletme halindeki barajlar, göletler, sulama tesisleri ve taşkın tesisleri ile yapım aşamasındaki aynı alanlar ve içme suyu tesislerinden oluşmaktadır. Bu tesislerin yapıldıkları alanların jeotermal sahalarla çakıştığı bölgelerde ise MTA Bölge Müdürlükleri ile beraber çalışma yaptıkları öğrenilmiştir.

Bu bağlamda, DSİ XXI. Bölge Müdürlüğü'ne bağlı alanda, Kızıldere Jeotermal Sahası ve civarında hali hazırda işletmesi yapılan bir adet sulama tesisi (Yenice-Sarayköy Sulaması, toplam sulama alanı brüt; 10582 ha, net; 8245 ha, 1961'de faaliyete geçmiş) ve beş adet taşkın kontrol tesisi (Karakıran-Feslek arası Büyük Menderes, Acısu Derivasyonu; bir köy ile bir ilçe merkezi, Beylerbeyi Deresi; bir köy, Duacılı Deresi; iki kasaba, Hasköy Deresi; bir köy) ile yapım aşamasında olan bir adet sulama tesisi (Gölemezli-Sarayköy Sulaması, brüt 18707 ha) bulunmaktadır. Bu tesislerin jeotermal sahaya herhangi bir olumsuz etkisi bulunmamaktadır.

7.5.1.2. Anket çalışmaları

Kızıldere Jeotermal Sahası ve çevresinde bulunan ve jeotermal enerji kullanan birimler Şekil 7.1'de verilmiştir.

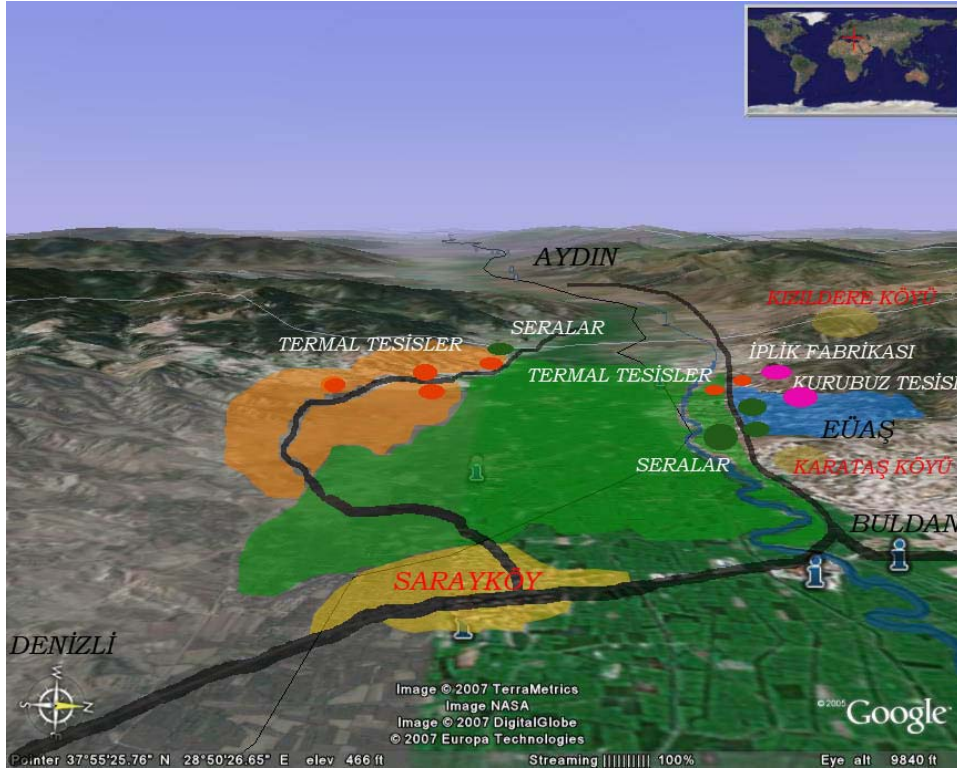
Kızıldere Jeotermal Santral ve çevresinde jeotermal akışkandan yararlanan 3 farklı sektör bulunmaktadır; işletmeler, termal tesisler ve seralar. Bu sektörler ile yapılan anket çalışmaları sonuçları aşağıda özetlenmiştir.

Konutlar

Muhtarlıklar ile yapılan araştırmalar bütününde jeotermal sahaya yakın olan ve sosyo-ekonomik açıdan etkileme ve etkilenme potansiyeli yüksek olarak görülen iki yerleşim (köy) belirlenmiş (Kızıldere köyü ve Karataş köyü) tir. Her iki köyün muhtarları ve yaşayanları ile yapılan görüşmeler ve anketler ışığında şu bilgilere ulaşılmıştır.

Kızıldere Jeotermal Santral'na yaklaşık 5 km. mesafede bulunan Kızıldere Köyü 250 haneli ve 900 nüfusludur (Şekil 7.2). Köy ayrıca Aydın ilinin doğu yönünde son yerleşimi (köyü) konumunda olması ile dikkat çekmektedir. Köyün tarıma dayalı ürün çeşitlerinde incir, pamuk, zeytin, üzüm-bağ ve bezelye sırası gözlenmektedir. Yolları dar ve toprak olan köyde aynı zamanda içme suyu problemi bulunmaktadır. 1975 yılından itibaren Kızıldere Jeotermal Sahası'nda kurulan pilot santralde üretilen enerji deneme amaçlı olarak 7 yıl boyunca köye ücretsiz olarak elektrik verilmiş, sonraki yıllarda bu uygulamadan vazgeçilmiştir. 250 haneli

köyde %5 örnekleme oranı doğrultusunda 13 hane ile görüşülmüş ve bu görüşmelerden elde edilen sonuçlara göre köy halkından 1 kişi Santral'e entegre olarak kurulmuş olan karbondioksit ve kurubuz üretim tesisinde, 10 kişi geçici işçi olarak MTA bünyesinde çalışmaktadır, ayrıca 2 kişi Santral'den, 4 kişi de MTA'dan emekli olmuştur. Kızıldere Köyü jeotermal enerjiden doğrudan faydalanamamakta fakat jeotermal enerji sayesinde ısıtılan seralardan ve termal tesislerden düzenli olarak yararlanmaktadır. Köylülerin genel beklentisi, köyün jeotermal enerji ile ısıtılması ve seracılığın teşvik edilmesi amacıyla Santral'den köye yıl boyunca jeotermal akışkan verilmesi garantisi olarak tespit edilmiştir.



Şekil 7.1. Kızıldere Jeotermal Sahası ve çevresi jeotermal enerjiden yararlanan birimler.



Şekil 7.2. Kızıldere Köyü'nden görünümeler.

Karataş Köyü ise Santral'e 10 kilometre mesafede İzmir-Denizli karayolu üzerinde bulunmaktadır (Şekil 7.3). 50 haneli ve 300 nüfuslu köy, Kızıldere köyü ile benzer özellikler

göstermektedir. 50 hanede yüzde yirmi (% 20) örnekleme yapmak suretiyle elde edilen sosyo-ekonomik verilere göre, köyde yaşayanlardan hiç kimse doğrudan yada dolaylı olarak Santral ile ilgili bir işte çalışmamaktadır. Ekonomisi tarıma dayalı olan köyün beklentisi, Sarayköy Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemi jeotermal akışkan iletim hattı üzerinde bulunan köylerinde konut ve sera ısıtması yapılmasıdır.



Şekil 7.3. Karataş Köyü'nden görünümeler.

İşletmeler

Saha ve çevresinde faaliyet gösteren işletmeler kendi içlerinde çeşitlilik göstermektedirler. Bu işletmeler; EÜAŞ Kızıldere Jeotermal Santrali (elektrik üretimi), MTA (Santral için sondaj ve temizlik faaliyetleri), Karbogaz Karbondioksit ve Kurubuz Sanayii A.Ş (sıvı CO₂ ve kurubuz üretimi) (şimdiki adıyla Linde), Bereket Enerji Üretim A.Ş. (bölgesel ısıtma sistemi) ve bir iplik boyama firmasıdır (Şekil 7.1 ve 7.4).



Şekil 7.4. Kızıldere Jeotermal Sahası ve çevresinde bulunan işletmelerden görünümeler.

Temel hedefin elektrik üretimi olduğu Saha'da kuyulardan alınan jeotermal akışkan buhar ve sıvı fazlarına ayrılır. Buhar türbinlerde ana ürün olan elektriğe çevrilir. Buhar ile birlikte türbine gönderilen yoğunlaşmayan gazlar türbin çıkışında kompresörlerle toplanarak Santral'in hemen yanında bulunan Karbogaz Karbondioksit ve Kurubuz Sanayii A.Ş.'ye gönderilerek sıvı CO₂ ve kurubuz üretimi gerçekleştirilir. Seperatörlerden alınan jeotermal sıvının büyük bir kısmı Denizli-Sarayköy ilçesinde bulunan 2000 konutun (konut eşdeğeri) ısıtılması için Bereket Enerji Jeotermal Üretim A.Ş. tarafından borular yardımı ile ilçeye götürülür. Geri kalan sıvı ise kanallara verilerek Büyük Menderes Nehri'ne gönderilir. Santral ile Kızıldere köyü arasında bulunan özel bir iplik boyama firması ve termal otel bu atık suyu kullanmaktadır. İşletmeler ile yapılan anketlerden elde edilen bilgiler Tablo 7.1'de verilmiştir.

Tablo 7.1. Kızıldere Jeotermal Sahası ve çevresi işletme bilgileri.

Jeotermal Kullanıma Dayalı Firma Arazi Kullanışları	Türü	Parsel Büyüklüğü	Çalışan Sayısı (kişi)	Çalışan Problemleri	İşletmenin Problemleri
Kızıldere Elektrik Santrali (EUAŞ)	*Elektrik Üretimi	500 dönüm	106	*İş kazası *İşitme pro. *Yanık	*Atık *Gürültü *Koku
Kızıldere Elektrik Santrali (MTA)	*Kuyu Testi *Kuyu Temizliği *Kuyu Açımı	500 m ²	30	*Romatizma *İşitme pro.	*Gürültü *Koku *Görüntü
Karbogaz Üretim Tesisi (Karbogaz A.Ş.)	*Madencilik *Karbondioksit Üre. *Kurubuz Üretimi	10 dönüm	15	*İş kazası	*Gürültü
İplik Boyama Sanayi (Fason)	*Giyim İmalatı	1.6 dönüm	4	-	*Koku *Görüntü
Isıtma Tesisi (Bereket Enerji Jeo. Üretim A.Ş.)	*Isıtma	800 m ²	18	*İş kazası *Yanık	*Atık *Gürültü

Seralar

Bölgede seralarda ısıtma amaçlı kullanım gittikçe yaygınlaşmaktadır (Şekil 7.5). Tarım İl müdürlüğü, İl Özel İdare ve özel sektöre ait farklı büyüklüklerde seralara rastlanmıştır ve yeni sera alanları oluşturulmasına devam edilmektedir. Sera anketlerinden elde edilen bilgiler Tablo 7.2'de verilmiştir.



Şekil 7.5. Kızıldere Jeotermal Sahası ve çevresinde bulunan Özel ve İl Özel İdare seralarından görünümüler.

Tablo 7.2. Kızıldere Jeotermal Sahası ve çevresi sera bilgileri.

Jeotermal Kullanıma Dayalı Sera Arazi Kullanımları	Türü	Parsel Büyüklüğü	Çalışan Sayısı	Çalışan Problemleri	İşletmenin Problemleri
Ufuk Fide	Özel -Sebze- -Sebze Fide	25.000 m ²	7	*böbrek pro. (içme suyu)	
Özel Sera (Kükürt Hamamları Mevkii)	Özel -Sebze	1.200 m ²	2	.	*Atık *Koku
Özel Sera (Kükürt Hamamları Mevkii)	Özel -Sebze (Domates)	2.000 m ²	2	*İş kazası	*Atık *Koku
Özel Sera (Kükürt Hamamları Mevkii)	Özel -Sebze (Domates)	1.200 m ²	2		*Atık *Koku
Tarım İl Müdürlüğü Seraları	İl Özel İdare -Meyve-Sebze	6.400 m ²	7	*İş kazası	* Yangın
Özel Sera (Gökgedik Mevkii)	Özel -Sebze (Salatalık,Domates)	12.000 m ²	7		
Özel Sera (Kükürt Hamamları Mevkii)	Özel -Sebze (Domates)	2.000 m ²	2	*İş kazası	*Atık *Koku
Özel Sera (Karahayit Köyü Mevkii)	Özel -Sebze (Domates)	10.000 m ²	4		*Atık

Termal Tesisler

Bölgede çok eski tarihlerden bu yana jeotermal kaynaklardan kaplıca amaçlı yararlanılmaktadır. Bölge bütününde beş adet farklı büyüklük ve konforda termal kaplıca ve kür merkezi belirlenmiştir. Bu tesisler içerisinde Türkiye genelinde farklı şehirlerden müşteri profilleri olan büyük ölçekli tesisler (Umut Termal Resort), orta ölçekli kaplıcalar (İnsuyu) ve küçük aile banyoları (Güney Motel ve Kayte Petrol termal banyosu) bulunmaktadır. Termal tesis anketlerinden elde edilen bilgiler Tablo 7.3'de, termal tesislere ait bazı fotoğraflar ise Şekil 7.6'da verilmiştir.

Tablo 7.3. Kızıldere Jeotermal Sahası ve çevresi termal tesis bilgileri.

Jeotermal Kullanıma Dayalı Termal Tesis Arazi Kullanışları	Türü	Parsel Büyüklüğü (m ²)	Otel Kapasitesi (yatak)	Çalışan Sayısı (kişi)	Çalışan Problemleri	İşletmenin Problemleri
Umut Termal Resort Otel	Kaplıca-Kür Otel	60.000	250 (1000)	35	*İş kazası	*Atık *Gürültü *Koku *Yangın
İnsuyu Kaplıcaları	Kaplıca	2500	150	14	*İş kazası.	*Atık *Yangın
Güney Motel	Motel	5.800	48	4	*İş kazası	
Kayte Petrol Termal Banyosu	Motel	13.000	24	3	*İş kazası	*Duman *Görüntü



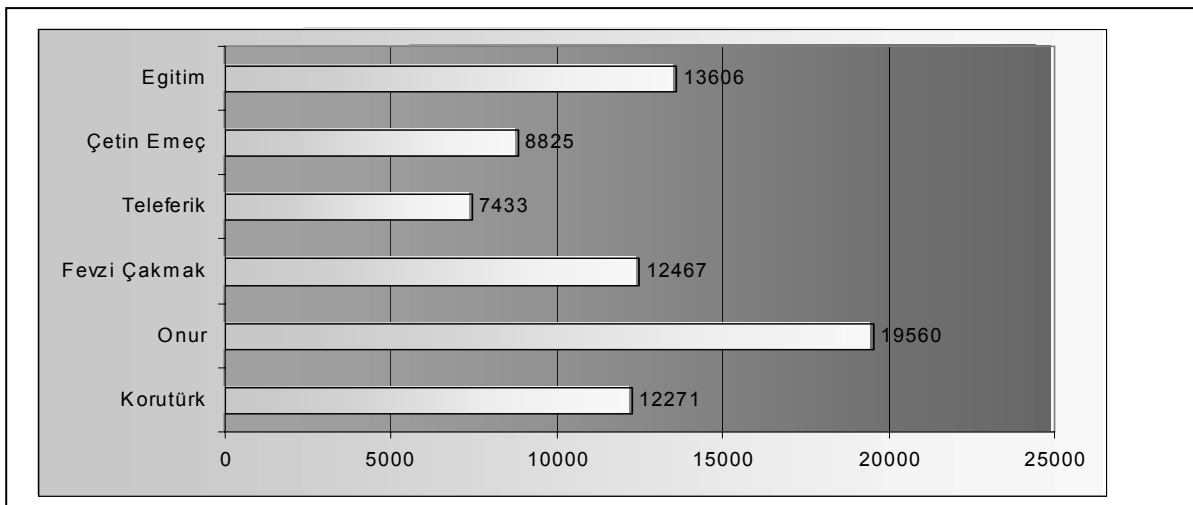
Şekil 7.6. Kızıldere Jeotermal Sahası çevresinde bulunan termal tesislerden bir görüntü (Umut Termal Resort Otel).

7.5.2. Balçova Jeotermal Sahası ve Bölgesel Isıtma Sistemi Sosyo-Ekonomik Analizi

Balçova Jeotermal Sahası, İzmir şehir merkezinin 10 km. batısında Balçova ilçesi sınırları içinde yer alır. Saha'nın bir yerleşim alanı ile iç içe olması sosyo-ekonomik etkilerin önemini artırmaktadır.

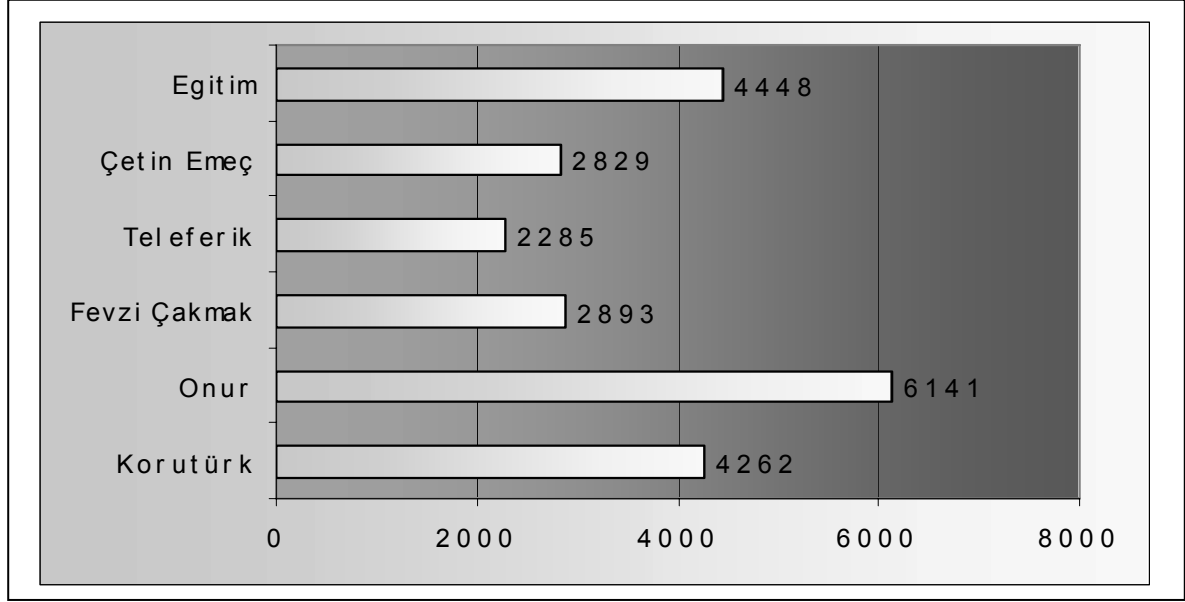
Balçova ilçesi İzmir Büyükşehir Belediyesi sınırları içerisinde yer almaktadır. Konak ve Narlıdere ilçeleri ile komşudur. İlçeyi oluşturan mahalleler; Korutürk, Onur, Eğitim, Çetin Emeç, Fevzi Çakmak, Teleferik, İnciraltı ve Bahçelerarası Mahalleleri olup 8 tanedir.

Çalışma alanı olarak İnciraltı ve Bahçelerarası Mahalleri dışında kalan 6 mahalle seçilmiştir. İnciraltı ve Bahçelerarası Mahalleleri, diğer altı mahalleden fiziksel ve demografik özellikleri bakımından farklıdır. İzmir-Çeşme çevre yolunun kuzey kesiminde kalan bu mahallelerde nüfus yoğunluğu da düşüktür. Mahalle nüfuslarına bakıldığında en kalabalık nüfusun Onur mahallesinde, en az nüfusun ise Teleferik mahallesinde olduğu görülür. Korutürk, Fevzi Çakmak ve Eğitim mahalleri nüfusları ise birbirine yakındır ve 13,000 civarındadır (Balçova Sağlık Grup Başk., 2007). Balçova ilçesi mahalle nüfus dağılımı Şekil 7.7'de verilmiştir.



Şekil 7.7. Balçova İlçesi çalışma alanı mahalle nüfusları (Balçova Sağlık Grup Başk., 2007).

Çalışma alanındaki altı mahallenin konut sayılarına bakıldığında nüfus ile orantılı olduğu görülmektedir (Balçova Sağlık Grup Başk., 2007) (Şekil 7.8). En fazla konut Onur Mahallesinde bulunmaktadır, daha sonra Eğitim ve Korutürk Mahalleleri gelmektedir. En az konut ise Teleferik Mahallesi'ndedir. Onur Mahallesi ile Teleferik Mahallesi konut sayıları arasında yaklaşık üç kat fark bulunmaktadır.



Şekil 7.8. Balçova ilçesi çalışma alanı mahalle konut sayıları (Balçova Sağlık Grup Başk., 2007).

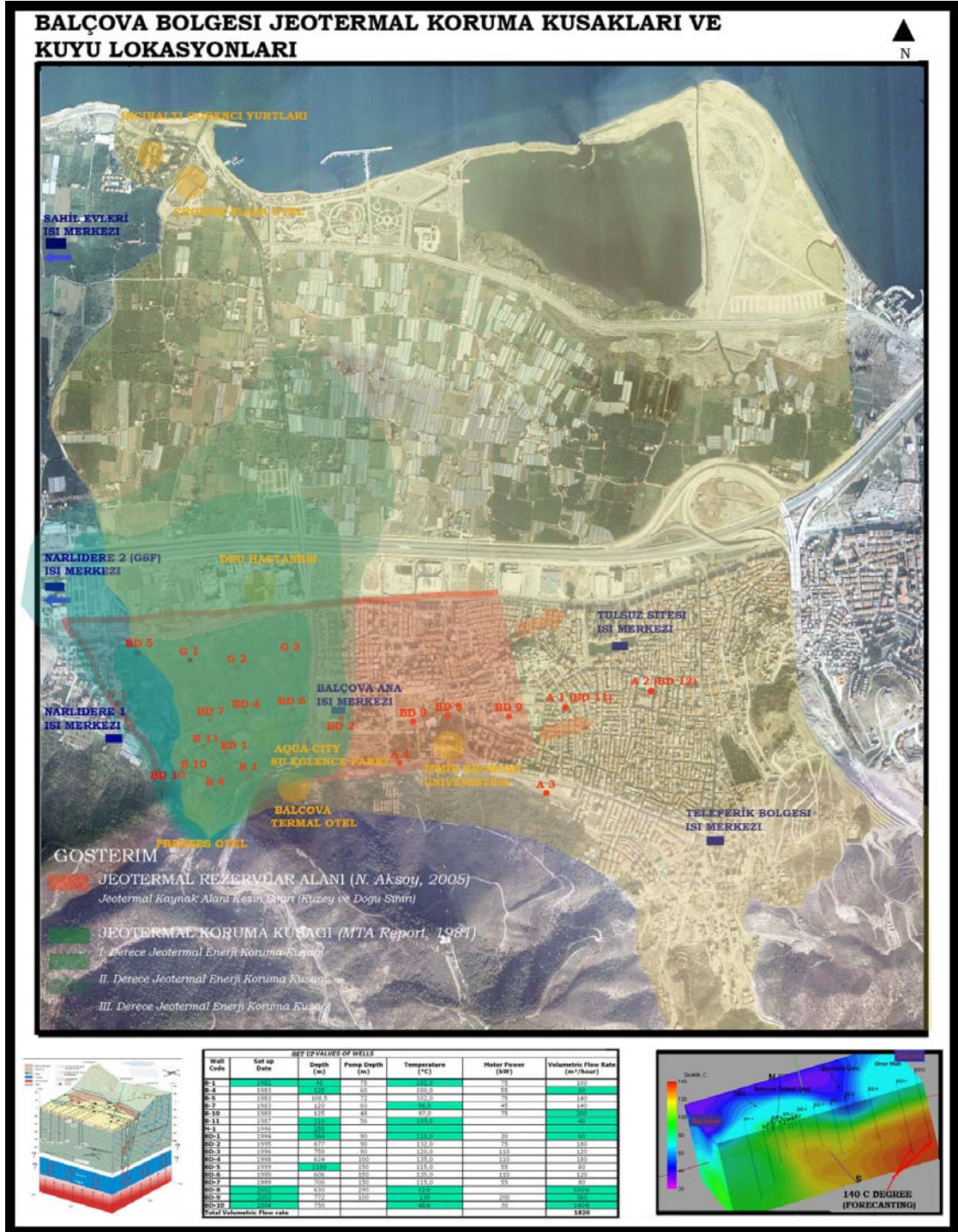
7.5.2.1. Genel

Balçova Jeotermal Sahası ve çevresinde faaliyette bulunan sektörler hakkında; MTA Ege Bölge Müdürlüğü, Balçova Belediyesi, İzmir Jeotermal Anonim Şirketi, İl Özel İdare Kurumu ve bölgede bulunan farklı kullanıcılardan bilgi toplanmış ve Balçova Jeotermal Sahası'nı gösteren haritalar üzerine işlenmiştir.

- Balçova İlçesi konut ağırlıklı ve planlı bir yerleşim yeridir. Emeklilerin ve üniversite öğrencilerinin tercih ettiği bir ilçedir. Genelde çok katlı dairelerde oturulmaktadır. Bunların yanında tek katlı ve bahçeli villalar da bulunmaktadır. İlçe genelde sakin, asayişli düzgün, emniyetli olarak nitelendirilen bir yerleşim yeridir.
- Balçova İlçesi; aynı zamanda büyük otel (Crowne Plaza, Prens Otel ve Balçova Termal Otel) ve alışveriş merkezlerinin (Agora, Palmiye, Migros, Kipa, Koçtaş ve Balpa), özel bir üniversite (İzmir Ekonomi Üniversitesi) ile fakülte ve yüksek okulların (Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi, Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi), kentsel eğlence parkı olarak nitelendirilebilecek bir parkın (Balçova Aquacity Su Parkı), sağlık (Balçova Termal Kür Merkezi) ve ısıtma (Balçova Bölgesel Isıtma Sistemi) amaçlı uygulamaların bulunması nedeniyle tercih edilen bir yerleşim yeridir (Şekil 7.9).
- İzmir Tarım İl Müdürlüğü ve Balçova Belediyesi verilerine göre; 2890 hektar olan İlçe yüzölçümünün 550 hektarı tarım alanıdır. Bu alanın 107 hektarı sebze, 64 hektarı süs bitkileri, 10 hektarı bağ alanı, 5 hektarı meyve, 199 hektarı narenciye, 130 hektarı zeytin alanı ile 15,000 adet zeytin ağacı ve 35 hektarı tarıma elverişli boş arazidir.

- İzmir Sanayi Odası kaynaklarında, Balçova'da orta ve büyük ölçekli sanayi yoktur. Daha çok oto tamirhaneleri, mobilya, kereste ve metal işlerine yönelik küçük çaplı atölyeler mevcuttur. Bu işyerlerinin büyük bir kısmının toplandığı küçük sanayi sitesinde 16,500 m²'de 100 işyeri vardır. Bölge genelinde ticaret olarak küçük esnafın bulunduğu gözlenmektedir.
- Turizm yönünden Balçova'nın doğal çekiciliğinin temelinde, güneyinde 500 metreye yaklaşan yüksekliği ile Dede Dağı, bu dağın hemen önünde denize doğru uzanan etek ovası ve deniz kıyısı yatmaktadır. Bu üçlü morfolojik yapıyı ormanlar ve termal sular tamamlamaktadır. Ormanlık saha arasında Ilıca Deresi üzerinde kurulan Cengiz Saran Barajı da ilçeye ayrı bir güzellik katmaktadır.
- Bunların tümü Balçova'da turizmin gelişmesine büyük katkı sağlamaktadırlar. Bununla beraber Balçova'da turizmin esas kaynağı Balçova (Agamemnon) kaplıcalarıdır. Termal alanda çıkan suların şifalı özelliği nedeniyle kurulan turizm işletme belgesi ve çok yönlü Termal İşletme Müdürlüğü tesisleri hem yabancı ve hem de yerli turistlerin, sağlık amaçlı olarak gelip kaldığı ve dinlendiği yerlerdir. Turizm açısından Dede Dağının 400 m yüksekliğine çıkan ve uzunluğu 1000 m olan Teleferik Tesisleri, İzmir kent merkezinde nirengi noktası konumundadır.
- Balçova ilçesi genelinde sekiz adet ilk öğretim okulu, beş adet lise (bir adet meslek lisesi), bir adet halk eğitim müdürlüğü bulunmaktadır. Bu duruma göre, bir dersliğe düşen öğrenci sayısı ortalama 40 civarındadır. İlk öğretimde bulunan toplam öğrenci sayısı 6363, lise öğrenci sayısı ise 2101'dir. Ayrıca Konak ilçesine bağlı bir köyden Balçova'da bulunan bir ilkokula da taşımali eğitim kapsamında 16 öğrenci getirilmektedir.
- Bölgede küçük ölçekli beş adet sağlık ocağı, bir adet verem savaş dispanseri, bir adet aile planlama merkezi bulunmaktadır. Ayrıca Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Araştırma Hastanesi, Dokuz Eylül Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksek Okulu, Balçova Termal Fizik Tedavi Rehabilitasyon Merkezi ve SSK Balçova Dispanseri gibi kapasiteli sağlık kurumları da bulunmaktadır. Bunun dışında özel olarak hizmet yapan sağlık kuruluşu sayısı da oldukça fazladır.
- 1988 yılında çıkarılan "Mineralli Sular" yönetmeliğine göre oluşturulan Jeotermal Koruma Kuşakları (Jeotermal Koruma Zonları) Yılmaz (1984)'de verilen çalışma ile ortaya konmuştur. Maden Suları Yönetmeliği amaç olarak yeraltında bulunan her türlü suyun tarifi edilmesi ve kullanılmasına yönelik genel hükümleri içeren bir yapıda olmuştur. Bu yönetmelik içerisinde bizi yakından ilgilendiren en önemli bağlayıcı "Sıcaklık Zonu" olarak adlandırılan "Jeotermal Enerji Koruma Kuşakları" ile ilgili ilk düzenlemelerin yapılmış olmasıdır. Yönetmelik uyarınca, koruma alanları üç ayrı kademeye ayrılmıştır. Birinci, İkinci ve Üçüncü derece koruma alanları (Şekil 7.10). Bu derecelendirmeye göre birinci derece koruma alanları, kaynaktan ortalama 10-50 m uzak olacak şekilde hesaplanır ve bu alanlarda dikkat edilmesi gereken noktalar aşağıda listelenmiştir.
 - Bu alanın her tarafı çimlendirilmelidir.
 - Alan içerisinde sıcak ve soğuk su yapıları hariç, herhangi bir yapılanmaya kesinlikle izin verilmemelidir (sadece içme suyu alınması ve depolanması).
 - Alan içerisinden kanalizasyon geçirilmemelidir.
 - Alan içerisinde ağır tonajlı nakil araçlarının dolaştırılması yasaklanmalıdır.
 - Bu alan içerisinde herhangi bir şekilde taş ocağı v.s. gibi kazı işlemlerine izin verilmemelidir.

- Özellikle su noktalarının yakın çevresindeki kirlenmeler su kalitesini ve sağlık yönünü etkileyeceğinden, bu yöreler çok temiz tutulmalıdır (örnek; kaynak ve keson kuyularının çevreleri). Bitki hastalıklarına karşı kullanılacak tarım ilaçlarının yeraltı suyunu kirletmesi mümkün olduğundan, çok gerekmediği durumlarda kullanılmamalıdır.
- Alan içerisinde sondaj yapılması gereken durumlarda ilgili kurumlara başvurulmalıdır.



Şekil 7.10. Balçova Jeotermal Sahası koruma kuşakları (Yilmazer, 1984).

- İkinci derece koruma alanlarının sınırları 50-200 m olarak belirlenmiştir. Bu alanlarda alınması gereken önlemler;
 - Kirliliğe neden olacak çöp ve moloz gibi kirleticilere alan içerisinde izin verilemez.
 - Alan içerisinde mezarlığa izin verilemez.
 - Bu alanlarda taş ocağı çalıştırılması ve dinamit patlatılmasına izin verilmemelidir.
 - Bu alan içerisinde yeni yapılaşmalara izin verilemez, mevcut durum şimdiki hali ile korunmalıdır.
 - Yapıların teknik standartları iyileştirilmelidir.
 - Alan içerisinde kalan konutların katı ve sıvı atıkları iyi izole edilmiş ve sızmayacak şekilde alan dışına çıkartılmalıdır.
 - Kirlenmemek koşulu ile alan içerisinde kamuya ait içmece ve kaplıca tesisleri yapılabilir.
 - Bu alanların sahil şeritlerinde olan bölgelerde yat limanı, iskele, balıkçı barınağı ve marina yapılmasına izin verilmemelidir.
 - Alan içerisinde çevre düzenlemesi, çocuk oyun alanları, açık spor alanları yapılabilir.
 - Alan içerisinde sondaj yapılacak ise ilgili kurumlara başvurulmalıdır.
- Üçüncü derece koruma alanı için tarif edilen herhangi bir metraj bulunmamaktadır, bu alan içerisinde dikkat edilmesi gereken hususlar ise şöyle sıralanabilir.
 - Bu alanda yapılacak konutlar için, önceden iyi nitelikli kanalizasyon yapılması ve atıkların bu alan dışına verilmesi gereklidir.
 - Bu alan içerisinde her türlü zirai faaliyet yapılabilir, yapılan tarımsal çalışmalarda kullanılacak tabii gübrelerin, bu alan dışında depolanması gerekmektedir.
 - Çevreyi kirlenici hiç bir sanayi faaliyetine izin verilmemelidir.
 - Alan içerisinde taş ocakları açılabilir ancak patlatma vb. işlemler yapılamaz.
 - Bu alan içerisinde su ile ilgili yapılacak her çalışmada ilgili bir mühendisi bulunması gerekmektedir (Yılmaz, 1984; MTA, 2007).

7.5.2.2. Anket çalışmaları

Balçova Jeotermal Sahası'nda jeotermal akışkandan yararlanan 3 farklı sektör bulunmaktadır; işletmeler, termal tesisler ve seralar. Bu sektörler ile yapılan anket çalışmaları sonuçları aşağıda özetlenmiştir.

Seralar

Balçova Jeotermal Sahası'nda, jeotermal kaynaktan ısıtma amaçlı yararlanan toplam 12 adet sera bulunmaktadır. Bu seralardan iki tanesi Narlıdere ilçe sınırları içerisinde, dört tanesi Balçova-Korutürk mahallesinde, altı tanesi ise Balçova-İnciraltı mahallesinde bulunmakta ve tamamında topraksız tarım yapılmaktadır. On iki adet seranın toplam alanı 60,000 m²'dir. Genelde kesme çiçekçilik üzerine çalışan bu seralardan iki tanesinde sebze üreticiliği yapılmaktadır. Şekil 7.11'de seralardan bir görüntü, Tablo 7.4'de ise sera anket sonuçları verilmiştir.



Şekil 7.11. Balçova Jeotermal Sahası'nda bulunan seralardan bir görüntü.

Tablo 7.4. Balçova Jeotermal Sahası ve çevresi sera bilgileri.

Jeotermal Kullanıma Dayalı Sera Arazi Kullanımları	Türü	Parsel Büyüklüğü	Çalışan Sayısı	Çalışan Problemleri	İşletmenin Problemleri
Özel Sera (BAL 81008)	Özel -Kesme çiçek	2.925 m ²	7	-	*toprak borlu
Özel Sera (BAL 81009)	-Sebze	4.000 m ²	5	-	*toprak borlu
Özel Sera (BAL 81010)	Özel -Kesme çiçek	3.600 m ²	4	-	*toprak borlu
Özel Sera (BaL 81011)	Özel -Kesme çiçek	4.000 m ²	4	-	*toprak borlu
Özel Sera (BaL 81000)	Özel -Kesme çiçek	3.000 m ²	6	-	-
Özel Sera (BaL 81002)	-Sebze (Salatalık, Domates)	12.102 m ²	11	-	*toprak borlu
Özel Sera (BaL 81003)	Özel -Kesme çiçek	4.362 m ²	6	-	-
Özel Sera (BaL 81004)	Özel -Kesme çiçek	15.000 m ²	8	-	-
Özel Sera (BaL 81005)	Özel -Kesme çiçek	3.000 m ²	6	-	-
Özel Sera (BaL 81011)	Özel -Kesme çiçek	5.000 m ²	6	-	-
Özel Sera (BaL 81011)	-Sebze (Domates)	3.772 m ²	3	-	*toprak borlu
Özel Sera (BaL 81011)	Özel -Kesme çiçek	20000 m ²	2	-	-

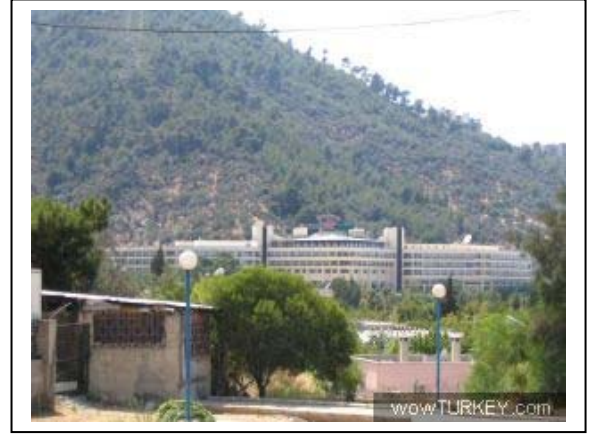
Termal Tesisler

Balçova ilçesinde üç büyük termal otel bulunmaktadır; Balçova Termal Otel, Balçova Prenses Otel ve Crown Plaza. Jeotermal akışkanın sıcak su üretimi, hacim ısıtma ve termal tedavi amaçlı kullanıldığı bu tesislerde, konut eşdeğer yükü anlamında da yoğun bir kullanım söz konusudur. Crown Plaza, Özdilek Alışveriş merkezi ile beraber toplam 729, Balçova Prenses Oteli 571 ve Balçova Termal Otel 653 konut eşdeğine sahiptir. Termal tesis anketlerinden elde edilen bilgiler Tablo 7.5'de, termal tesislere ait bazı fotoğraflar ise Şekil 7.12'de verilmiştir.

Tablo 7.5. Balçova Jeotermal Sahası ve çevresi termal tesis bilgileri.

Jeotermal Kullanıma Dayalı Termal Tesis Arazi Kullanışları	Türü	Parsel Büyüklüğü (m ²)	Otel Kapasitesi (yatak)	Çalışan Sayısı (kişi)	Çalışan Problemleri	İşletmenin Problemleri
Crown Plaza + Özdilek Alışveriş Merkezi	Isıtma + Sıcak su + Termal havuz	98,000 (27 kat, 103 m. Yükseklik)	219	250	-	-
Prenses Otel	Isıtma + Sıcak su + Termal havuz	132,000	300	280	-	-
Balçova termal Otel (İl Özel İdare)	Isıtma + Sıcak su + Termal havuz + Termal Kür Merkezi	60,900	204	250	-	-

Geçmiş milattan öncelere dayanan Agamemnon kaplıcaları, 1980 yılından itibaren İl Özel İdare'ye bağlı olarak işletilmeye başlanılmıştır. Bölgede bulunan termal tedavi merkezinde (Balçova Termal Otel içindeki Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Merkezi) her yıl 1500'e yakın hasta tedavi görmektedir.



Şekil 7.12. Balçova bölgesinde bulunan Balçova Termal Otel, Balçova Prenses Otel ve Crowne Plaza otellerinin görünüşleri.

İşletmeler

Kızıldere Jeotermal Sahası'nda belirlenen işletmelere benzer irili ufaklı birçok firma Balçova ilçesinde ısıtma ve sıcak su kullanımı amaçlı olarak jeotermal kaynaktan faydalanmaktadır. Dolayısıyla çalışmanın Balçova safhasında işletmeler başlığı altında termal tesisler ve seracılık dışında kalan ve farklı büyüklüklerde olan kullanımlar bu grubun içinde yer almıştır (Tablo 7.6).

Tablo 7.6. Balçova Jeotermal Sahası ve çevresi işletme bilgileri.

Jeotermal Kullanıma Dayalı İşletme Arazi Kullanışları	Türü	Parsel Büyüklüğü (m ²)	Çalışan Sayısı (kişi)	Çalışan Problemleri	İşletmenin Problemleri
İzmir Jeotermal A.Ş.	*Sıcak su üretimi *Isıtma *Teknik servis, donanım	350	40	*İş kazası *İşitme pro. *Yanık	*Gürültü *Koku
İzmir Ekonomi Üniversitesi	*Isınma *Sıcak su	85,000	500 per. 1250 ögr.	-	-
Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi ve Hastanesi	*Isınma *Sıcak su	250,000	1500 per. 1000 ögr.	-	-
Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi	*Isınma	30,000	200 per. 350 ögr.	-	-
İnciraltı Öğrenci Yurtları	*Isınma	50,000	85 per. 1910 ögr.	-	-

Çalışma alanında bulunan bu işletmelere bakıldığında, ilk sırada bu işletmelere jeotermal akışkan sağlayan Balçova Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemi işletmesi gelmektedir. Bölgesel Isıtma Sistemi çalışmaları, 1996 yılında İzmir Valiliği'nin girişimiyle İl Özel İdare Müdürlüğü'nün öz kaynakları değerlendirilerek, Valilik adına Balçova Termal Turizm Tesislerinin organizasyonunda başlatılmıştır. 2000 yılında çalışmaların ayrı bir Şirket bünyesinde yürütülmesi için, Balçova Termal Turizm ve Özel Eğitim Öğretim İşletmeleri Ltd. Şti. ve İzmir Özel İdare 75. Yıl Cumhuriyet Özel Öğretim Kurumları İzmir Valiliği öncülüğünde bir araya gelerek Balçova Jeotermal Enerji Sanayi ve Ticaret Ltd.Şti. kurulmuştur. 2005 yılı Ocak ayında ise Büyükşehir Belediyesinin de %50 ortaklığıyla Şirket yapısı değiştirilerek İzmir Jeotermal A.Ş. kurulmuştur. Balçova Bölgesel Isıtma Sistemi'nden yararlanan büyük boyutlu birimler; İzmir Ekonomi Üniversitesi (273 KE), Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi ve Hastanesi (800 yataklı) (2459 KE), Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi (365 KE) ve Kredi Yurtlar Kurumu İnciraltı Öğrenci Yurdu'dur.

Konutlar

Balçova Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemi, büyük ölçekli kullanıcılar dışında 14,331 KE konut ve işyerine de hizmet vermektedir. Kızıldere Jeotermal Santrali'nden farklı olarak Balçova Bölgesel Isıtma Sistemi'nin yerleşim alanı ile içiçe olması, 7.4.2.'de belirlenmiş olan jeotermal enerjinin kullanıldığı sektörlerden **konutlar ve dolayısıyla da arazi kullanımı**'ını öne çıkarmaktadır. Bu nedenle, Balçova'da çalışma alanı olarak seçilen 6 mahallede konut sektörü için anket çalışmaları yapılmış ve sonuçlar ayrı bir bölüm altında detaylı olarak tartışılmıştır.

7.5.2.3. Arazi kullanımı

7.5.2.3.1. Emlak ofisleri üzerinden "Jeotermal Enerji-Mevcut Arazi Kullanım" analizleri

Bu bölümde, jeotermal enerji ve gayrimenkul sektörü arasındaki ilişkiyi gözlemlenmiştir. Böyle bir çalışmanın yapılma amacı; "jeotermal enerjiye dayalı Balçova Bölgesel Isıtma Sisteminin bölgede gayrimenkul sektörüne etkisi var mı?" sorusuna cevap aramaktır. Bu araştırmalar iki farklı alanda yapılmıştır. Birinci çalışma, Balçova ilçesindeki altı mahalleden oluşan çalışma alanı içerisinde (Şekil 7.13) yer alan emlak ofisleri ile yapılan basit anket görüşmelerinden oluşmaktadır. Bu görüşmelerde katılanlara gayrimenkul fiyatlarını etkileyen

parametreler sorulmuş, parametrelere dayalı bölgesel bir sınıflamaya gitmeleri istenmiş ve elde edilen bilgiler ışığında sonuçlar haritalanmaya çalışılmıştır.

Yerel emlak ofisleriyle yapılan bu çalışmada, ofislere şu iki önemli sorulmuştur. *Konut fiyatlarını etkileyen en önemli neden nedir? ve konut fiyatlarını etkileyen nedenleri önem sırasına göre nasıl sıralarsınız?* Bu sorulara alınan yanıtlar ışığında emlak fiyatlarını etkileyen faktörlere dayalı bir sınıflama yapılmaya çalışılmıştır.

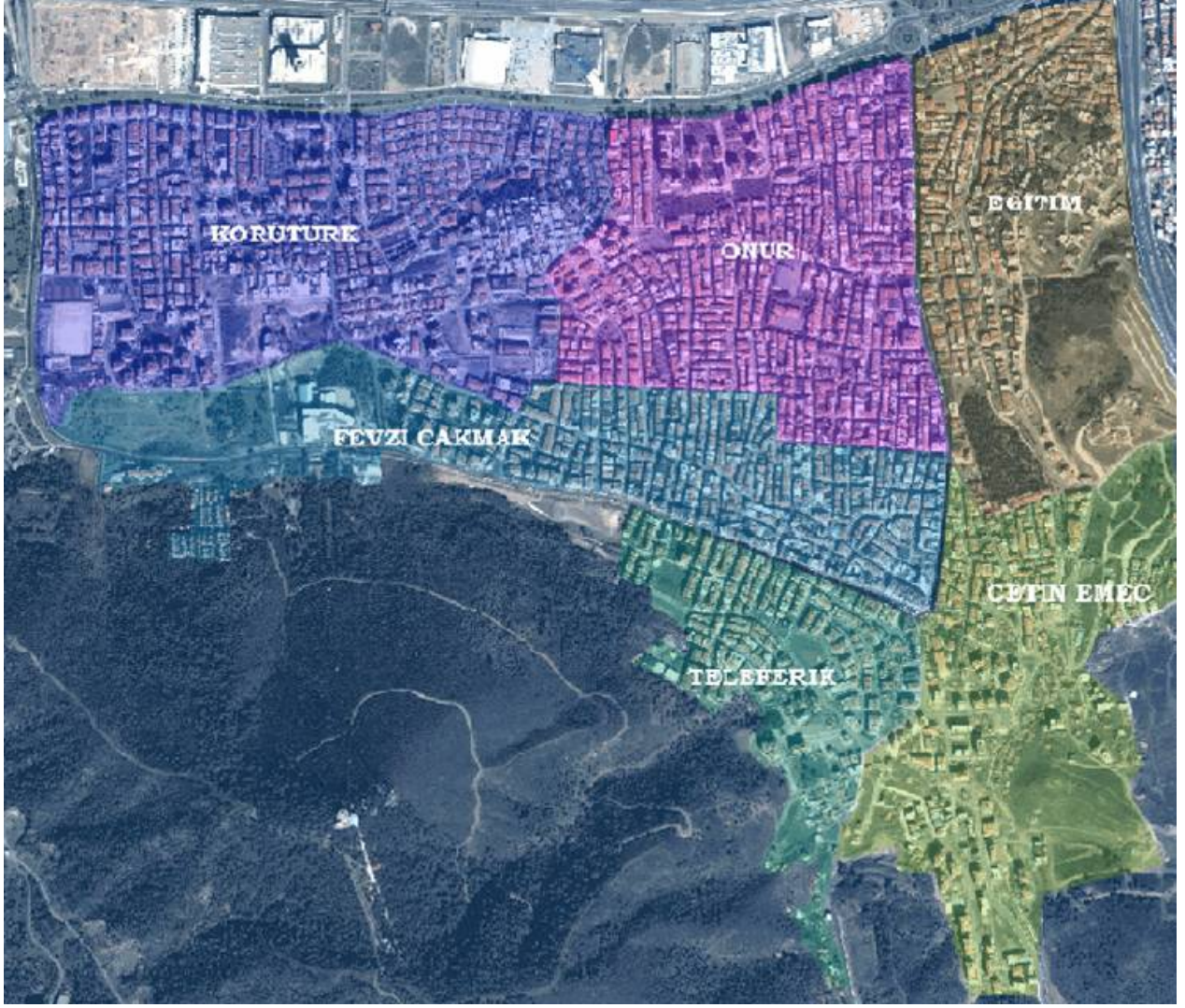
Çalışma alanı içerisinde yer alan toplam 180 civarındaki emlak ofisinden %20 örneklem alınmak suretiyle %36'sıyla yukarıda belirtilen sorulara dayalı görüşmeler yapılmıştır. Bu emlak ofislerinin sayısının belirlenmesinde mahallelerdeki konut sayılarının oranları doğrultusunda bir gruplamaya gidilmiş ve Onur Mahallesinden 10, Korutürk, Fevzi Çakmak ve Eğitim Mahallelerinde 6, Çetin Emeç ve Teleferik Mahallelerinden de 4 emlak ofisiyle görülmüştür. Emlak ofislerinin yerlerinin belirlenmesinde de serbest seçim yöntemiyle mümkün olduğunca eşit sokak aralıklarında bulunan ofisler tercih edilmiş ve temel amaç olarak her sokak ve konut hakkında bilgi alınması hedeflenmiştir. Yapılan görüşmeler sonucunda konut fiyatlarını etkileyen nedenler dört ana grupta toplanmıştır: konut tipi, konut inşaat maliyeti, bölgesel altyapı ve konut konumu. Yapılan görüşmeler sonucunda konut fiyatlarını etkileyen en etkin neden olarak konut konumu gösterilmekte (%55 oranla 20 ofis), ikinci sırada bölgesel altyapı bulunmakta (%27 oranla 10 ofis), üçüncü olarak konut inşaat maliyeti (%11 oranla 4 ofis) ve son olarak da konut tipi yer almaktadır (%5 oranla 2 ofis).

Konut fiyatlarını etkileyen faktörlerin sıralanması sorularına verilen cevaplara göre elde edilen sonuçlar çok çeşitlenmiş fakat belirli gruplarda toplanmalar olmuştur; birinci olarak konut konumu-bölgesel altyapı-konut inşaat maliyeti-konut tipi sıralaması yer almakta (%38 oranla 14 ofis), ikinci sırada konut konumu-konut inşaat maliyeti-bölgesel altyapı-konut tipi (%16 oranla 6 ofis), üçüncü sırada bölgesel altyapı-konut konumu-inşaat maliyeti-konut tipi ve bölgesel altyapı-konut inşaat maliyeti-konut konumu-konut tipi (%11'er oranlarla 4'er ofis) bulunmaktadır.

Bu grupların iç açılımlarına dikkat edilecek olursa, konut konumu grubu altında dört ana başlık dikkat çekmektedir. Bunlar; konutun manzara durumu, konutun bulunduğu muhit (çevrede oturanların sosyal durumu ve kültür seviyesi), konutun sosyal donatılara (alışveriş merkezleri, turizm, sağlık, eğitim ve kültür tesisleri) olan mesafesi ve konutun eğim durumu olarak belirlenmiştir. Bu ana başlıkların ortaya çıkmasında en önemli neden, daha önce de belirtildiği gibi bu çevrede oturan halkın genel olarak belirli bir yaş grubunun üzerinde emekli insanlardan oluşması, bu kişilerin belirli bir alım gücüne sahip olması ve yaşlarından dolayı belirli fiziksel zorlukları olması olarak gösterilebilir.

Konutların manzara yönünden avantajlı bölgelerini gösteren Şekil 7.14'de yer alan bölgelerden kuzeyde olanları avantajlı deniz manzarasına sahip konut bölgelerini, güneyde yer alan bölge avantajlı dağ ve orman manzarasına sahip bölgeleri, doğu ve batıdaki bölgeler ise konumları ve eğim durumları açısından hem deniz hem de dağ-orman manzara avantajına sahip konut bölgelerini göstermektedir.

Konutun sosyal donatılar olarak nitelendirilen alışveriş merkezleri, sağlık, eğitim ve kültür tesislerine olan mesafesi, emlak fiyatlarını etkileyen bir diğer konuma dayalı faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle alanın kuzey tarafında bulunan büyük ölçekli alışveriş merkezleri insanların bu bölgeyi tercih etmesinde önemli bir neden olarak görülmektedir. Üniversite, hastahane, termal otel ve rekreasyon amaçlı dinlenme alanlarının bulunması bölgenin cazibesini artırmaktadır (Şekil 7.9).

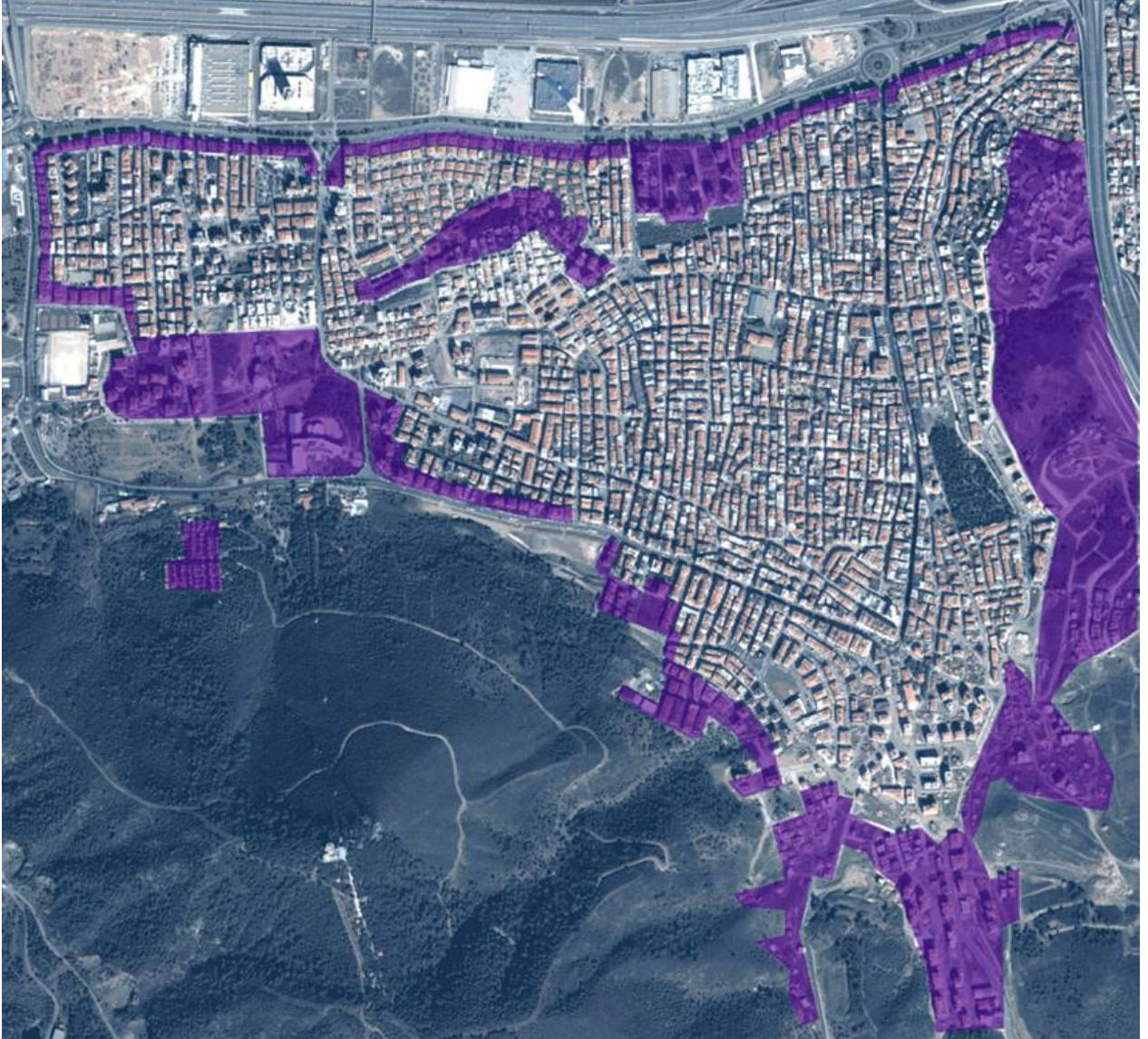


Şekil 7.13. Balçova Jeotermal Sahası çalışma alanını oluşturan mahalleler.

Alan içerisinde yer alan eğimli bölgeler manzara anlamında avantajlar sağlarken özellikle bölgede yaşayan emekli ve belirli bir yaşın üzerindeki kişiler için dezavantajdır. Dolayısıyla bu bölgeleri genelde daha genç nüfus tercih etmektedir.

Bölgesel altyapı olarak gruplanan ikinci alanda, jeotermal enerjinin kullanılıp kullanılmadığı, ana ve tali yollar bakımında ulaşım akslarının bağlantıları durumu, toplu taşıma durak yerleri ve genel otopark durumları yer almaktadır. Bu alan içerisinde yer alan jeotermal enerjinin diğer alt başlıklardan bir derece daha önemli olduğu çalışmalar sırasında gözlemlenmiştir.

Çalışma alanı içerisinde Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemi çalışmaları 1996 yılında başlamış ve dönemsel etaplama yapmak suretiyle son döneme ulaşılmıştır. 1997-2003 yılları arasında I. etap ve Tulsuz bölgesi olarak adlandırılan Korutürk Mahallesi'nin tamamı ile Fevzi Çakmak ve Onur Mahallelerinin bir kısmını kapsayan ısıtma çalışmaları doğrultusunda 8680 KE (konut eşdeğeri) değerine ulaşılmıştır. 2005-2006 yılları arasında Teleferik mahallesi'nin tamamını kapsayan 3900 KE ısıtma sistemi tamamlanmıştır. Son olarak da 2006-2007 yılları arasında II. Etap bölgesi olarak adlandırılan Onur ve Fevzi Çakmak Mahallelerinin bir kısmını daha kapsayan 4500 KE ısıtma sistemi tamamlanmıştır (Şekil 7.15).

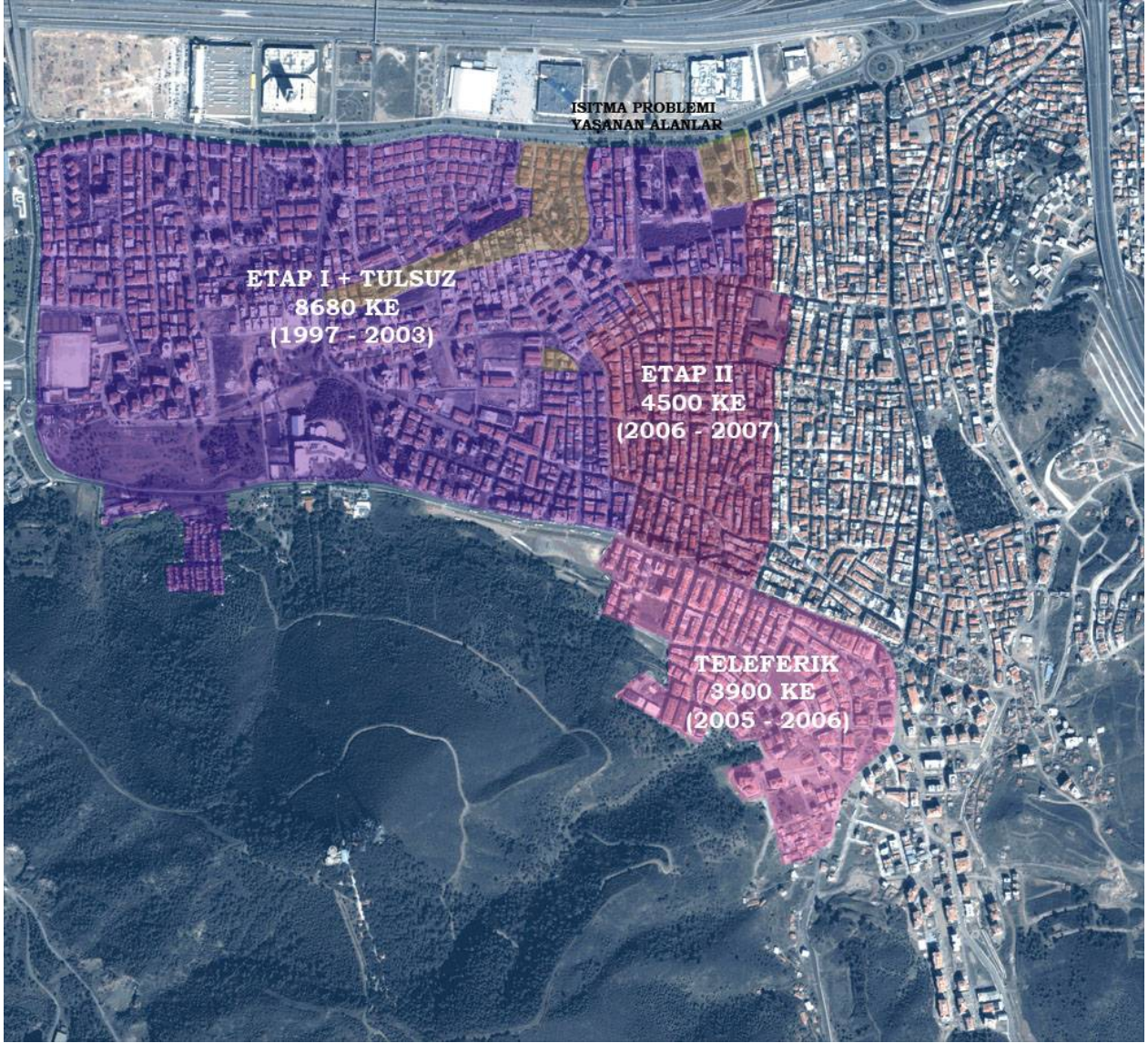


Şekil 7.14. Balçova Jeotermal Sahası, manzara yönünden avantajlı bölgeler.

Çalışma alanında bulunan ana karayolu arterleri ve toplu taşıma duraklarının yerleri, bölgede konut fiyatlarını belirleyen unsurlar arasındadır. Özellikle çalışma alanı kuzey sınırını oluşturan Mithatpaşa Caddesi, batı sınırını oluşturan Vali Hüseyin Öğütçen Bulvarı ve alanın içinden geçen Ata ve Sakarya Caddeleri, emlak fiyatlarının yüksek olduğu bölgeler olarak karşımıza çıkmaktadır (Şekil 7.16).

Üçüncü grup ise üç alt başlıktan oluşan konutun inşaat maliyetidir. Konutun içinde kullanılan malzemelerin kalitesi ve maliyeti, konutun metrekare anlamında büyüklüğü, son olarak da konutun dış cephesinde kullanılan malzemelerin kalitesi ve maliyeti gelmektedir.

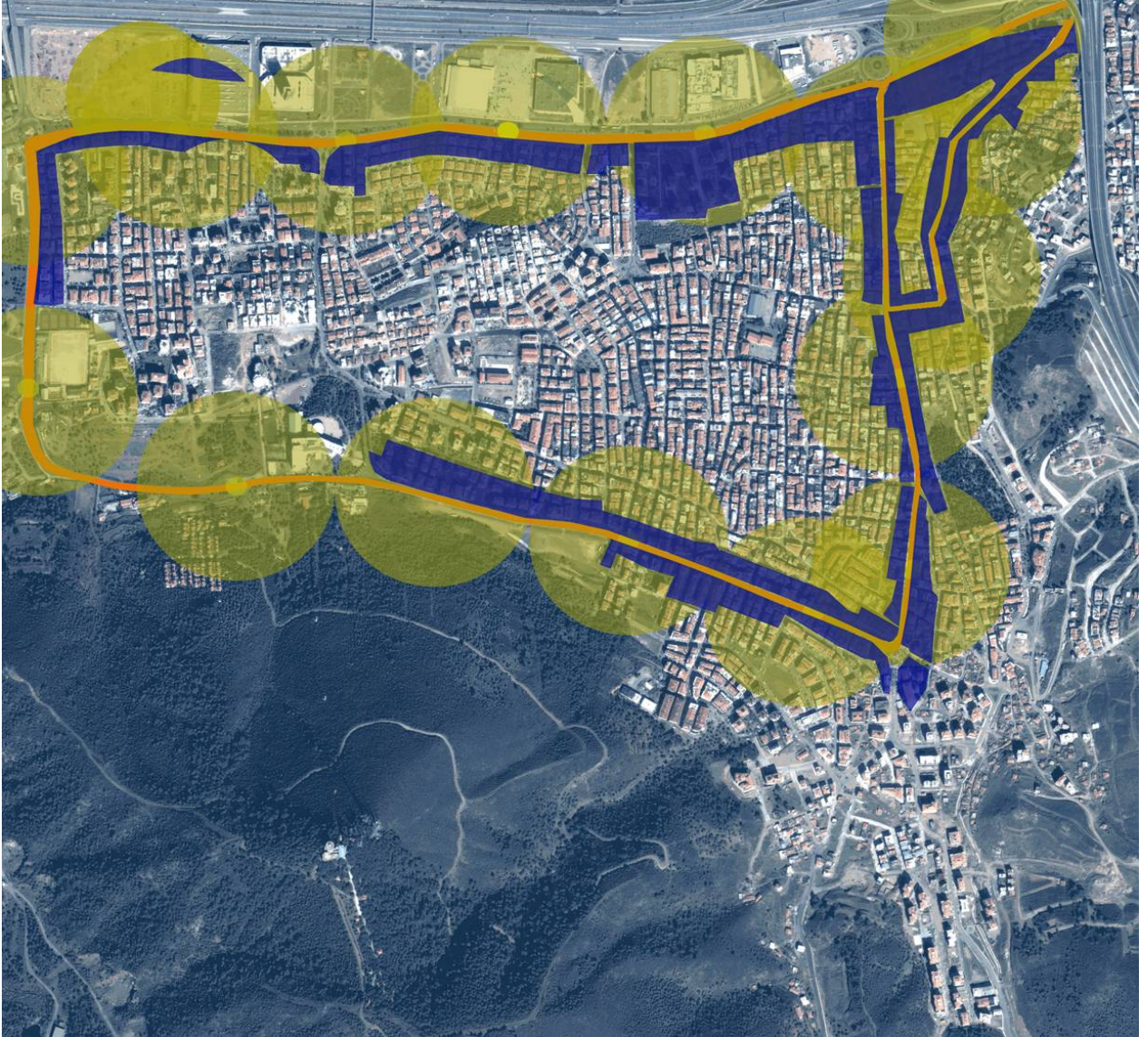
Konutun tipi grubu ise dördüncü ve son grup olarak tesbit edilmiştir. Konutun site içerisinde yer alıp almadığı, özellikle özel güvenlik sistemi, özel otopark bulunması, çocuk oyun ve spor alanlarının bulunması fiyatı etkileyen önemli parametrelerdir. Konutun apartman ya da müstakil ev olma durumu da yine bu grup içerisinde yer almaktadır. Konutun yapılaşma nizamı da (bitişik-ayrık nizam yapılaşma) fiyatları belirleyici bir rol oynamaktadır.



Şekil 7.15. Çalışma alanında Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemi gelişimi.

Çalışma alanı içerisinde özellikle konut tipi konusunda site tipi yerleşimler öne çıkmaktadır. Güvenlik ve otopark avantajları başta olmak üzere, küçük çaplı rekreasyon alanları ve genel olarak son dönem yapıları olmaları önemli bir özellik durumundadır (Şekil 7.17). Kat yüksekliklerine dayalı yapı yoğunlukları durumu da yine bina tipleri grubu içerisinde dikkat çekmektedir (Şekil 7.18).

Yukarıda ifade edilen faktörlerin herbiri tek başına bir etkenken, aynı zamanda birbirleri ile de etkileşim içerisindedirler. Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemi'nin gelişimi bölgede inşa edilen yeni binalarda farklı bir konfor malzemesi olarak gösterilmiştir. Yüksek gelir seviyesine sahip insanların zaman içerisinde konfor hedefleriyle bölgeye gelmesi, beraberinde gelen grubun ihtiyaçlarına yönelik yeni kullanım alanlarının da alan içinde ve çevresinde açılmasına da sebep olmuştur. Bu sistemin en pahalı parçasını oluşturan ilk maliyetini karşılayabilecek gelir seviyesine sahip olmayan kimi ev sahiplerinin zaman içerisinde İzmir geneli için iyi fiyatlara evlerini satarak bölgeden ayrıldığı da gözlenmiştir.



Şekil 7.16. Çalışma alanı, ana arterler.

7.5.2.3.2. Mekansal “Jeotermal Enerji-Mevcut Arazi Kullanım” analizleri

Balçova İlçesi genelinde altı mahalleden (Korutürk, Onur, Fevzi Çakmak, Teleferik, Çetin Emeç ve Eğitim mahalleleri) oluşan çalışma alanı bütününde 478 yapı adasında 24340 konutta araştırma yapılmıştır. Mahallelere göre yapı adası ve konut sayıları;

- Korutürk: 103 yapı adası ve 4260 birim konut
- Onur: 132 yapı adası ve 6141 birim konut
- Fevzi Çakmak: 67 yapı adası 2893 birim konut
- Teleferik: 53 yapı adası 2285 birim konut
- Çetin Emeç: 53 yapı adası 2829 birim konut
- Eğitim: 70 yapı adası 4442 birim konut.

Çalışma alanı içerisinde yer alan bu altı mahalleden Korutürk ve Teleferik Mahalleleri jeotermal enerjiyi konut ısıtmasında kullanabilecek altyapıya tam olarak sahip mahallelerdir.



Şekil 7.17. Çalışma alanı, siteler.

Fevzi Çakmak ve Onur Mahalleleri sisteme kısmen sahipken, Eğitim ve Çetin Emeç Mahallelerinde jeotermal ısıtma sistemi henüz kurulmamış durumdadır.

Bu bölümde; çalışma alanı içerisinde yer alan her bir bina; daha önceden hazırlanmış bina döküm kağıtları aracılığı ile incelenmiş ve SPSS istatistik programı yardımıyla dijital ortama aktarılmıştır (Ek 7.5). Ayrıca AutoCAD çizim programı yardımıyla daha önceden İzmir Büyükşehir Belediyesi'nden elde edilen çalışma alanına ilişkin "halihazır haritalar" üzerinden tüm metrekareye ilişkin hesaplamalar yapılmıştır. İzmir Jeotermal A.Ş.'den elde edilen ısıtılan bölgelerdeki enerji hesapları yardımıyla da binalara gelen enerjiler belirlenmiştir. Bu bilgiler CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) içerisinde ArcGIS yazılım programı yardımıyla karşılaştırılarak mekansal sonuçlar elde edilmiştir.

Bu mahalleler genelinde yapılan mekansal analizler jeotermal olan ve jeotermal olmayan alanlar üzerinden iki alanda yedi farklı kategoride gerçekleştirilmiştir. Bu kategoriler sırasıyla şöyle sıralanabilir;

- Yapı adasında bulunan bina yükseklikleri,
- Yapı adasındaki birim sayısı,
- Arsa değeri,
- Arsada yer alan bina değeri,
- Mevcutta bina sayısı- konut eşdeğeri oranı,
- Mülkiyet,
- Ofis-konut birim oranı.



Şekil 7.18. Çalışma alanı, kat yüksekliklerine dayalı yapı yoğunlukları.

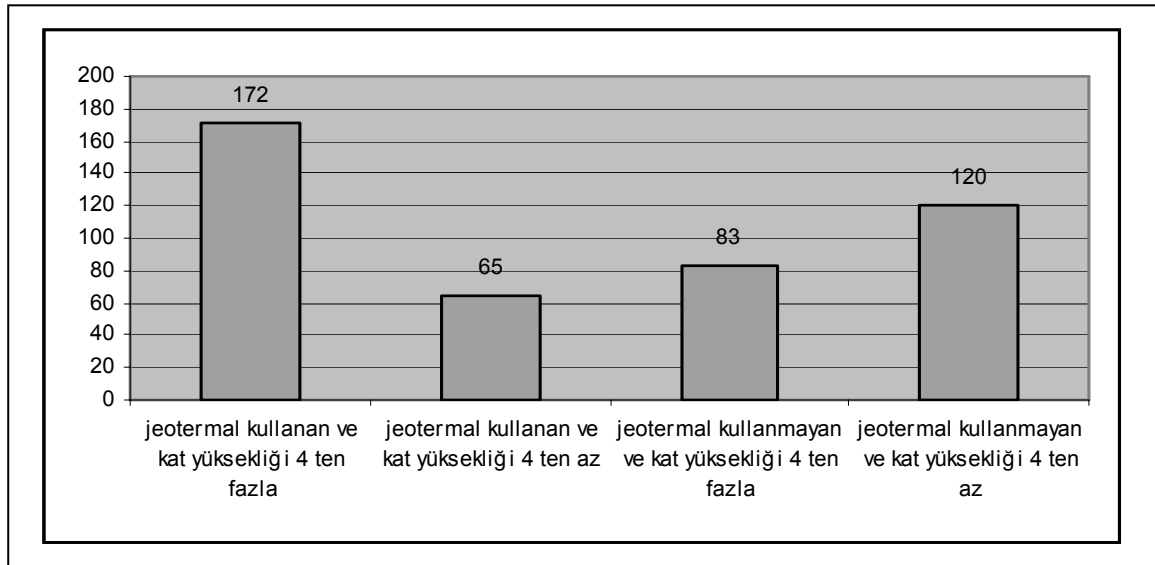
Yapı adasında bulunan bina yükseklikleri analizi

Bu analiz ile ilgili genel bilgi İzmir Jeotermal A.Ş.'nden alınan veriler ışığında elde edilmiştir. Bu verilere göre, jeotermal altyapı çalışmaları sırasında mevcut yapı dokusunda bir bina içerisinde her bir katta yaklaşık olarak iki dairenin olduğu bulgusuna erişilmiştir. Bu altyapı çalışmalarının minimum maliyette ve en etkili şekilde yapılabilmesi için yetkililerden alınan bilgilere göre bina başına sekiz dairelik bir oran bulunmaktadır. Dolayısıyla binaların en az

alan içerisinde dört katlı olmaları gerekmektedir. Dört katın üzerindeki binalarda jeotermal altyapı maliyeti uygun olarak görünmekteyken dört katın altındaki binalarda bu maliyet artmaktadır.

Çalışma alanı içerisinde bulunan altı mahallede yapılan çalışmada alan iki kategoriye ayrılmıştır, jeotermal enerjiyi konut ısıtmasında kullanan ve kullanmayan bölge. Bu analiz sonucunda 486 yapı adalık toplam çalışma alanı içerisinde jeotermal kullanan ve dört katı geçen yapı adası sayısı 172'dir. Bu alanların toplamı 528028 m²'dir. Jeotermal kullanan fakat dört katın altında bulunan bina sayısı 65 ve toplam alanı 205189 m²'dir. Jeotermal kullanmayan bölgede dört katı geçen binaların bulunduğu ada sayısı 83 ve toplam alanı 204723 m²'dir. Jeotermal kullanılmayan bölgede bulunan ve dört katın altındaki binaların yer aldığı ada sayısı 120 ve toplam alanı 399030m²'dir. Dolayısıyla çalışma alanı bütününde 486 yapı adasının sadece 255 tanesinde kat yüksekliğine bağlı olarak jeotermal enerjiden etkili bir biçimde yaralandığından söz edebilir (Tablo 7.7, Şekil 7.19).

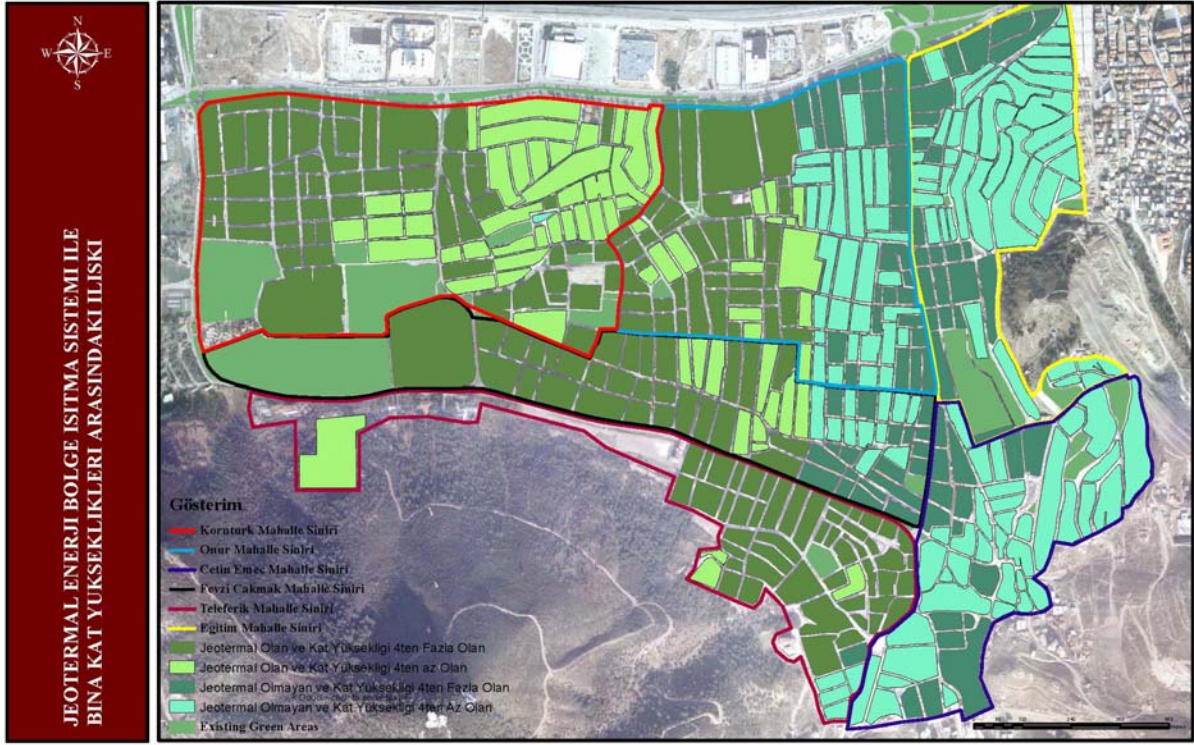
Tablo 7.7. Çalışma alanı jeotermal kullanım ve kat yüksekliği ilişkisi grafiği.



Yapı adasındaki birim sayısı analizi

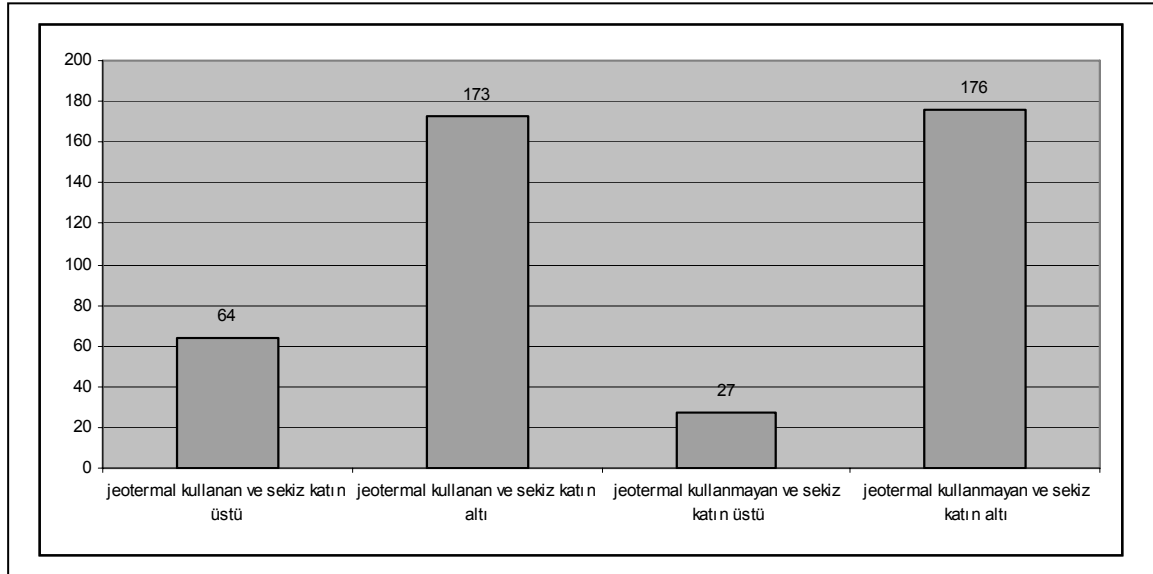
Kat yüksekliği analiziyle paralel bir doğrultuda bir bina içerisinde bulunan daire sayısı ile jeotermal kullanımın etkiliği arasındaki ilişkiyi göstermek için hazırlanmıştır. Jeotermal enerji altyapısı hazırlanması sırasında bir bina içerisinde sekiz dairelik bir kullanımın olması jeotermal enerjinin o binada etkili kullanımı için geçerli bir veri olarak yetkili birimlerden elde edilmiş bir veridir.

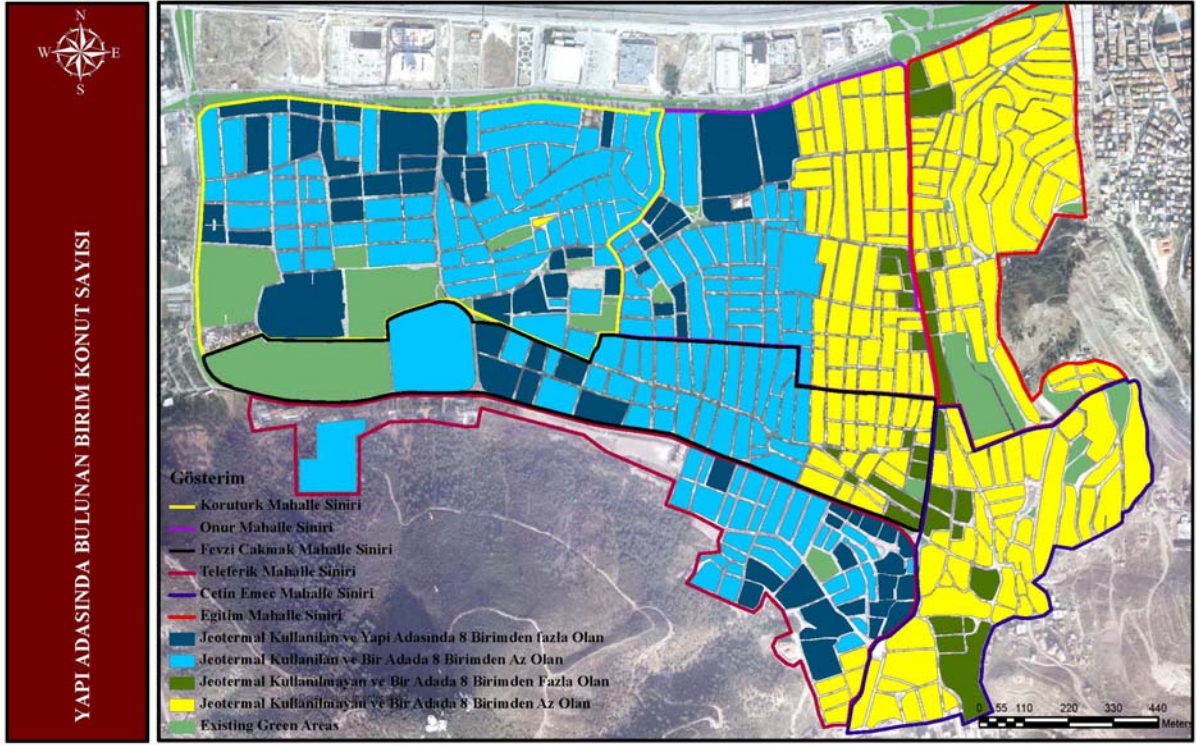
Bu bağlamda yapılan arazi çalışmasında jeotermal kullanılan bölgelerde sekiz birimden fazla daire bulunan binaların bulunduğu yapı adaları toplamı 64'tür. Aynı alan içerisinde sekiz birimden az daire bulunan yapı adası sayısı ise 173'tür. Özellikle Mithatpaşa Caddesi ve Teleferik Mahallesinde Sakarya Caddesine üzerinde ve yakın olarak bulunan binalar dışında kalan alanın tamamına yakınında sekiz kat eşiği sağlanamamıştır. Jeotermal kullanılmayan bölgelerdeki duruma gelince, sekiz katın üzerindeki binaların bulunduğu ada sayısı 27 ve sekiz katın altındaki binaların bulunduğu ada sayısı ise 176 olarak bulunmuştur. Bu gözle alana bakıldığında binalarda bulunan birim sayılarına göre etkili bir jeotermal kullanımından mevcuttaki kullanılan alanlarda da, potansiyel sistemin kurulacağı alanlarda da söz etmek mümkün değildir (Tablo 7.8, Şekil 7.20).



Şekil 7.19. Balçova ada-kat yüksekliği oranı.

Tablo 7.8. Balçova çalışma alanının jeotermal kullanım ve binalarda bulunan daire sayısı ilişkisi grafiği.





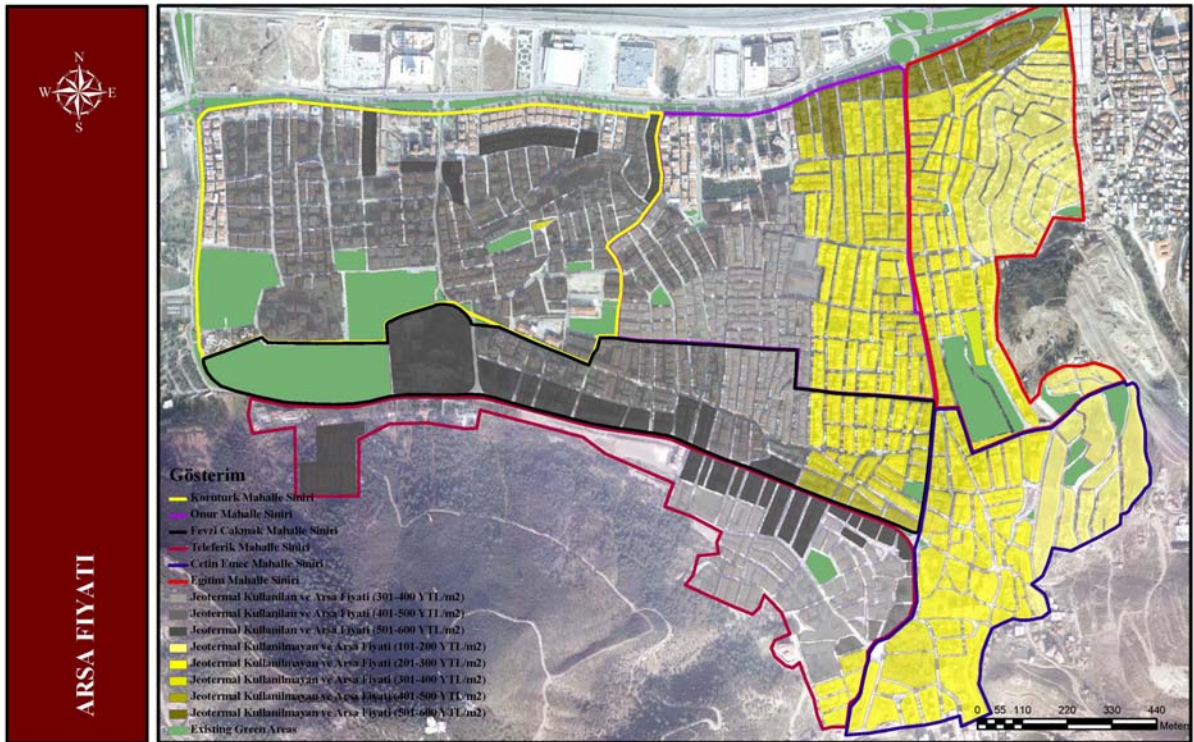
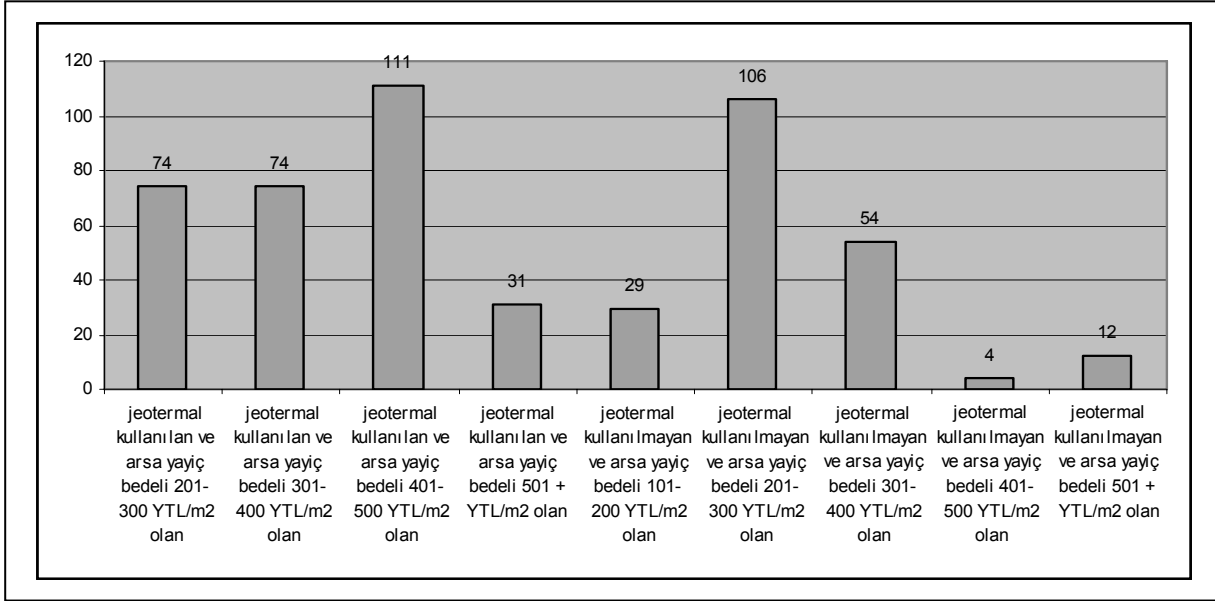
Şekil 7.20. Balçova birim daire sayısı oranı.

Arsa değeri analizi

Çalışma alanı genelinde Balçova Belediyesi Emlak İşleri Daire Başkanlığı'ndan alınan veriler ışığında gerçekleştirilmiştir. Burada arsa değeri olarak "arsa rayiç bedeli" kabul edilmiş ve belediyenin ilgili biriminden, jeotermal enerjinin konut ısıtılmasında ilk altyapı çalışmalarının yapıldığı ve kullanıldığı tarihten itibaren kayıtlı olan değerler, sokak sokak incelenmek suretiyle toplanmıştır. Toplanan bu veriler ışığında elde edilen sonuçlar beş farklı ölçekte kategorize edilmişlerdir. Metrekare birim fiyatı üzerinden elde edilen bu değerler –100 YTL/m², 101-200 YTL/m², 201-300 YTL/m², 301-400 YTL/m², 401-500 YTL/m² ve 501+ olarak sınıflandırılmıştır.

Bu verilere göre jeotermal kullanılan bölgede arsa rayiç bedelleri dört grup içerisinde yer almıştır. 74 adet yapı adası 201-300 YTL/m² grubunda, 74 adet yapı adası 301-400 YTL/m² grubunda, 115 adet yapı adası 401-500 YTL/m² grubunda ve 31 adet yapı adası 501+ YTL/m² grubunda yer almıştır. Bunların alan içerisinde konumlanmasına bakılacak olursa ana caddelerin üzerinde olan alanlarda fiyatların arttığı, iç bölgelere gidildikçe azaldığı gözlenmektedir. Tabi ki binaların yapım tarihlerinin ve yapı tiplerinin de bu fiyatlarda etkin bir rolü bulunmaktadır. Jeotermal enerji sisteminin kurulması tarihinde itibaren fiyat değişiklikleri konusunda ise bir ilişki saptanmamıştır. Jeotermal enerjinin kullanılmadığı bölgelerde ise yapı adası ve rayiç bedel ilişkisi şöyle özetlenebilir, 29 adet yapı adası 101-200 YTL/m² grubunda, 106 adet yapı adası 201-300 YTL/m² grubunda, 54 adet yapı adası 301-400 YTL/m² grubunda, 4 adet yapı adası 401-500 YTL/m² grubunda ve 12 adet yapı adası 501+ YTL/m² grubunda yer almaktadır (Tablo 7.9, Şekil 7.21).

Tablo 7.9. Balçova çalışma alanının jeotermal kullanım ve arsa rayiç bedel ilişkisi.



Şekil 7.21. Balçova arsa değerleri.

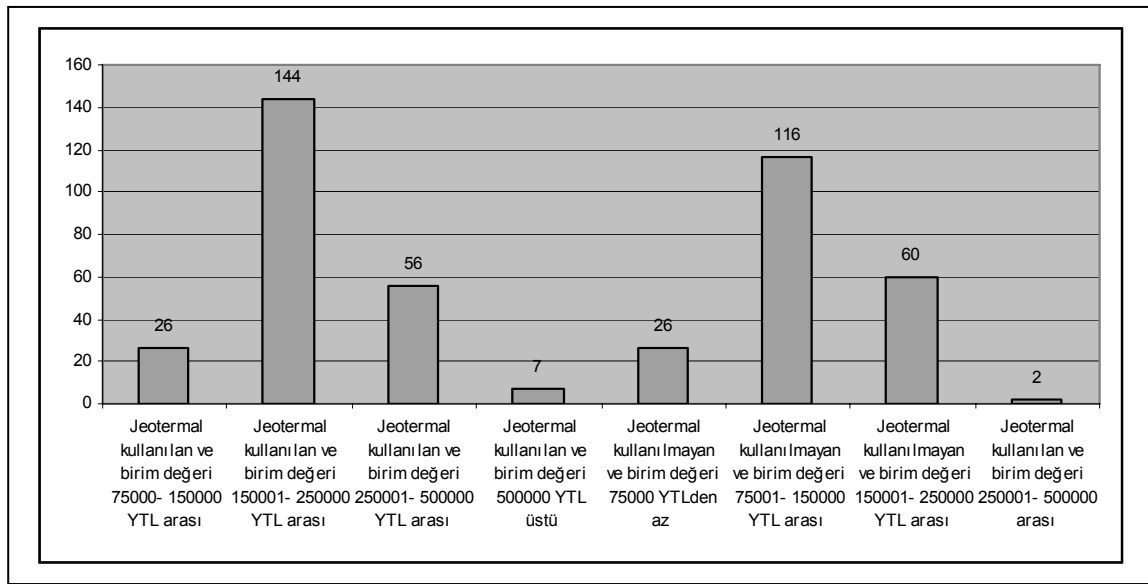
Arsada yer alan bina değeri analizi

Arsa rayiç bedel analizi çalışmalarıyla benzer kurguda yapılmıştır. Bu analizdeki tek fark daire birim değerleri ile ilgili değer tespitleri binalarda yaşayanlar ve civardaki emlak ofisleri aracılığıyla yapılmış olmasıdır. Bunun sonucunda elde edilen verilere göre daire birim

değerleri -75000 YTL, 75001-150000 YTL, 150001-250000 YTL, 250001-500000 YTL ve 500001+ YTL olarak belirlenmiştir.

Jeotermal kullanılan bölgede bina fiyatlarına göre yapı adalarını incelediğimizde 29 adet adada 75001- 150000 YTL aralığı gözlenmekte, 144 adet adada 150001- 250000 YTL aralığı, 56 adet adada 250001- 500000 YTL aralığı ve 7 adet adada da 500000 YTL + birim fiyatları gözlenmektedir. Jeotermal kullanılmayan bölgede ise 26 adet yapı adasında 75000 YTL az birimler bulunmakta, 116 adet yapı adasında 75001- 150000 YTL aralığı, 60 adet yapı adasında 150001- 250000 YTL aralığı ve 2 adet yapı adasında ise 250001- 500000 YTL fiyat aralığı gözlenmiştir. Bu analiz çalışmasında jeotermal ısıtma kullanımı olan bölgelerde birim fiyatların daha fazla olduğu sonucu gözlenmiştir (Tablo 10, Şekil 22).

Tablo 7.10. Balçova çalışma alanının jeotermal kullanım ve birim daire fiyat ilişkisi.

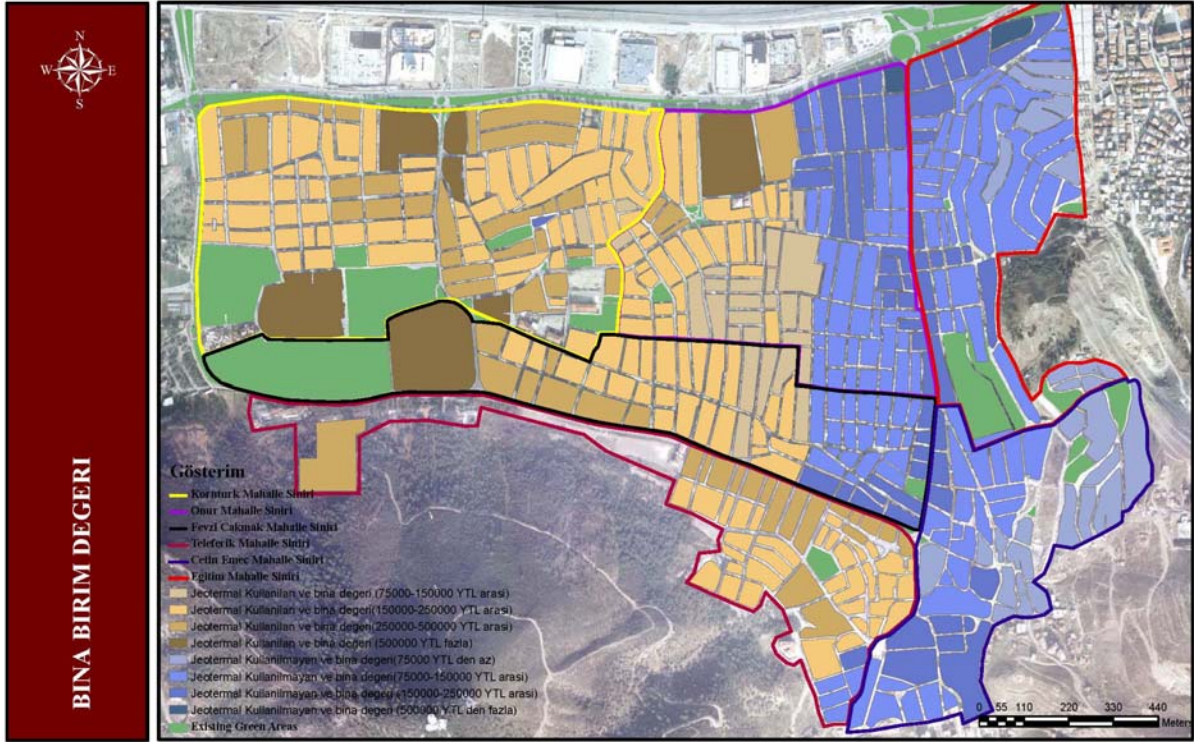


Mevcutta bina sayısı-konut eşdeğeri oranı analizi

Arazi çalışmalarında ortaya çıkan bir kategori olarak tespit edilmiştir. Çalışma alanı içerisinde yer alan jeotermal altyapı çalışmaları sırasında ilgili merci konut eşdeğeri metrekaresi olarak 100 m² olarak belirlemiştir. Bu değer üzerinden konutlara ısıtma amaçlı jeotermal sistem bağlanmıştır. 100 m² birimde kullanılan enerji ise 5240 kcal/yıl olarak bulunmuştur. Çalışma sırasında yetkili kurum olan İzmir Jeotermal Enerji AŞ verilerine göre ısıtılan konut eşdeğeri sayısı ile mevcutta bulunan konut sayısı arasında farklılık tespit edilince jeotermal enerjinin gerçekten etkili bir biçimde kullanımına yönelik olarak konut büyüklüğünden kaynaklanan bir takım problemlerin olabileceği sonucu çıkarılmıştır.

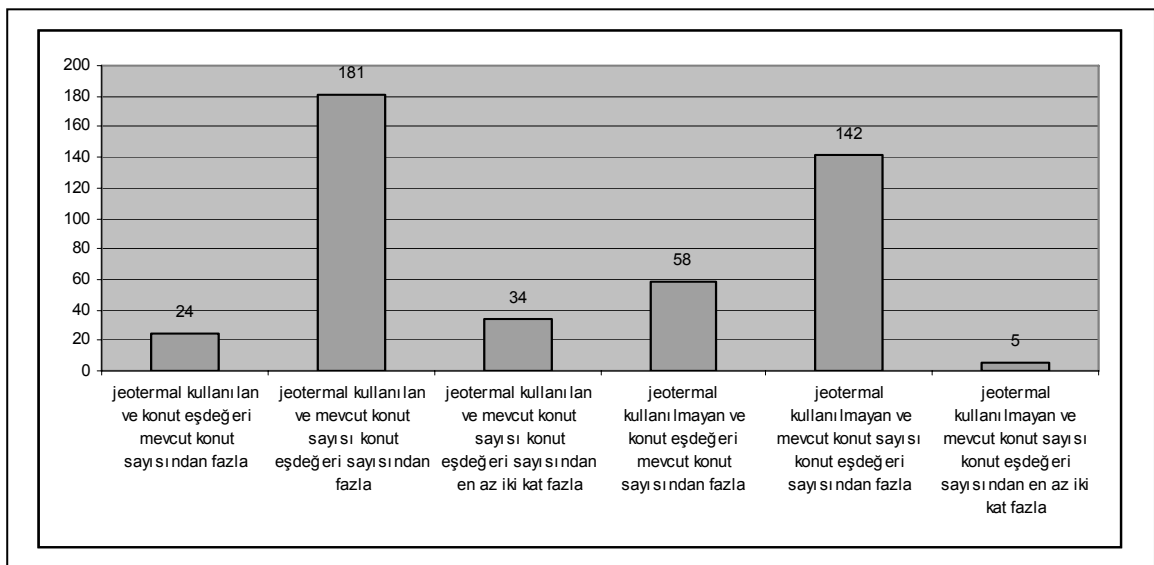
Buna göre arazi içerisinde yapılan analiz çalışmasında jeotermal kullanan ve jeotermal kullanmayan bölgelerde konut eşdeğeri ve mevcutta bulunan birim konut sayıları arasında oransal bir çalışma yapılmıştır. Jeotermal kullanılan bölge içerisinde mevcut birim konut sayısı konut eşdeğeri sayısından fazla olan 24 adet yapı adası tespit edilmiş ve bunların genel olarak bölgenin merkezinde yer aldığı gözlenmiştir. 181 adet yapı adasında konut eşdeğeri mevcut birim konut sayısından fazla ve 34 adet yapı adasında ise konut eşdeğeri sayısı mevcut birim konut sayısından iki kat fazla durumda olduğu tespit edilmiştir. Jeotermal kullanılmayan bölgelerde ise 58 adet yapı adasında mevcut birim konut sayısı konut eşdeğeri sayısından fazla, 142 adet yapı adasında konut eşdeğeri sayısı mevcut birim konut

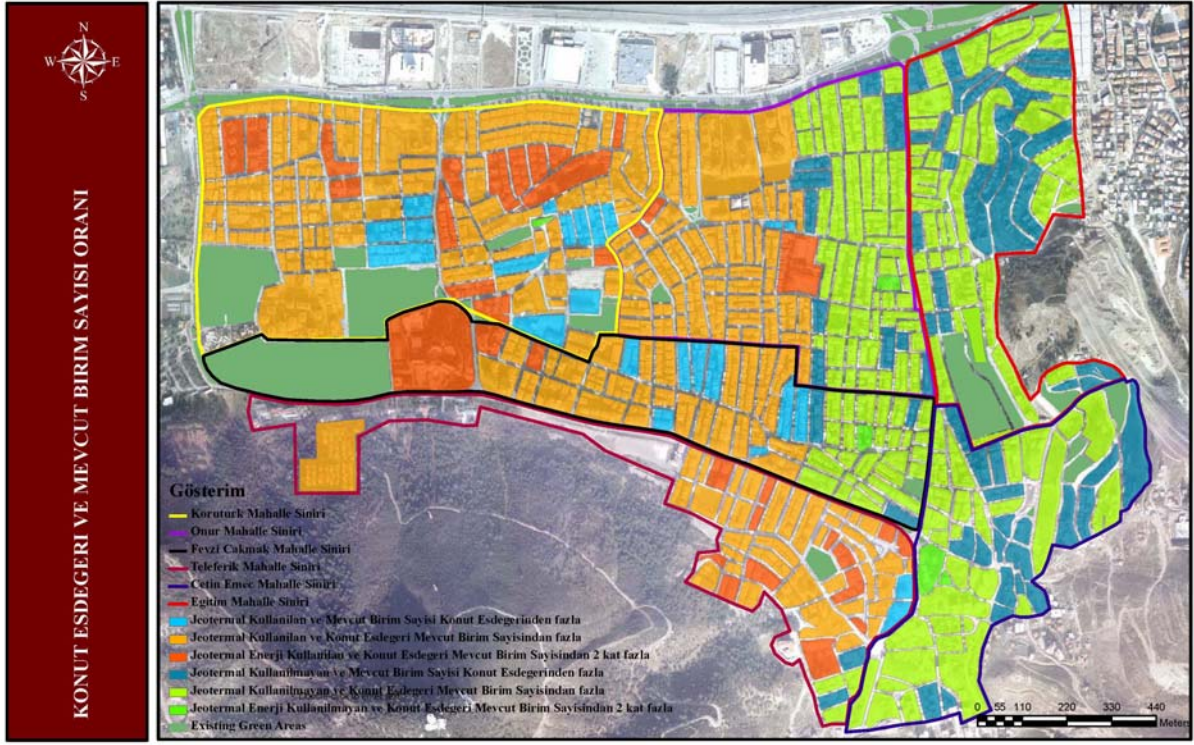
sayısından fazla ve 5 yapı adasında ise konut eşdeğeri sayısı mevcut birim konut sayısından 2 kat daha fazladır (Tablo 7.11, Şekil 7.23).



Şekil 7.22. Balçova bina değerleri.

Tablo 7.11. Balçova çalışma alanının jeotermal kullanım ve konut eşdeğeri-mevcut birim konut sayısı ilişkisi.





Şekil 7.23. Balçova mevcut konut-konut eşdeğeri oranı.

Mülkiyet analizi

Jeotermal enerji ile mülkiyet ilişkisini ilk olarak Pasqualetti yaptığı çalışmalarda belirtmiş ve mülkiyet konusunu bir değişken olarak jeotermale dayalı arazi kullanım planlama çalışmalarına dahil etmiştir (Pasqualetti, 1980). Pasqualetti'ye göre jeotermal enerji rezervlerinin potansiyel olarak bulunduğu bölgelerde kamunun elindeki mülkiyet dokusunun özel mülkiyete göre tercih edilir olduğu gerçeği bulunmaktadır. Buradaki amaç özel mülkiyetin elinden parayla kamulaştırma yapmak suretiyle maliyeti yukarılara çekmemek isteğidir. Mülkiyetin kamuya bağlı kurum veya kuruluşlarda bulunması bu bağlamda önemli bir ölçüttür.

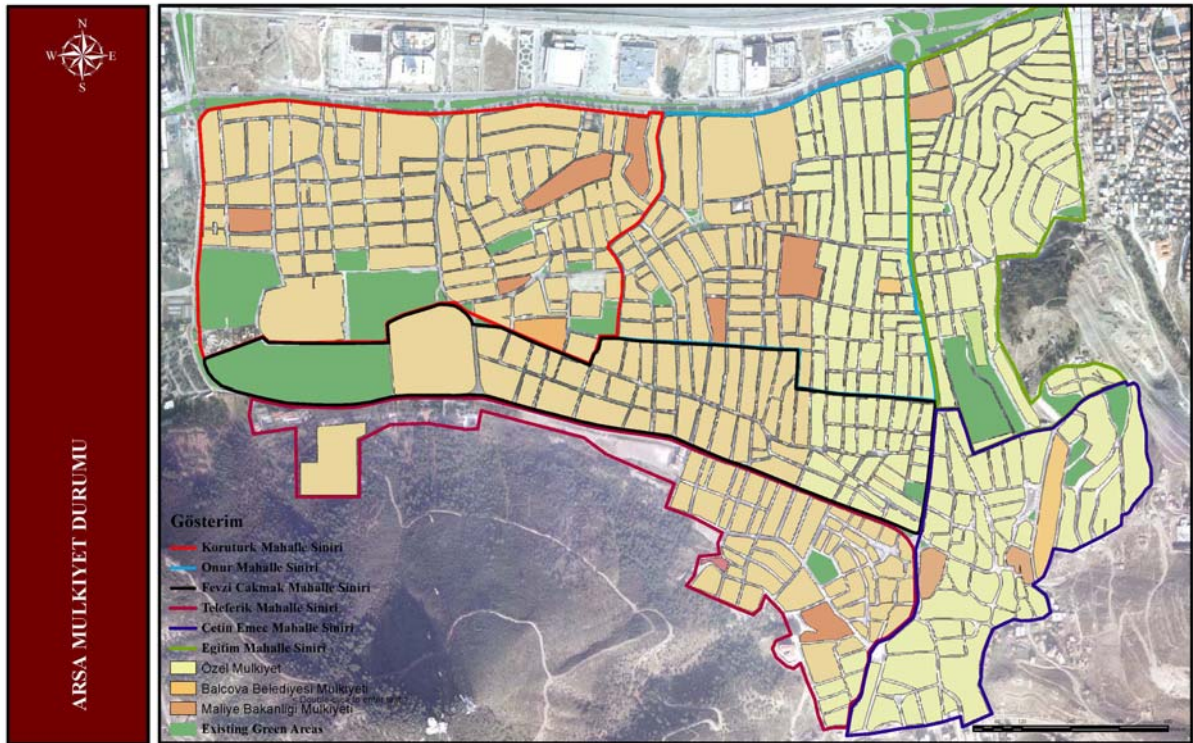
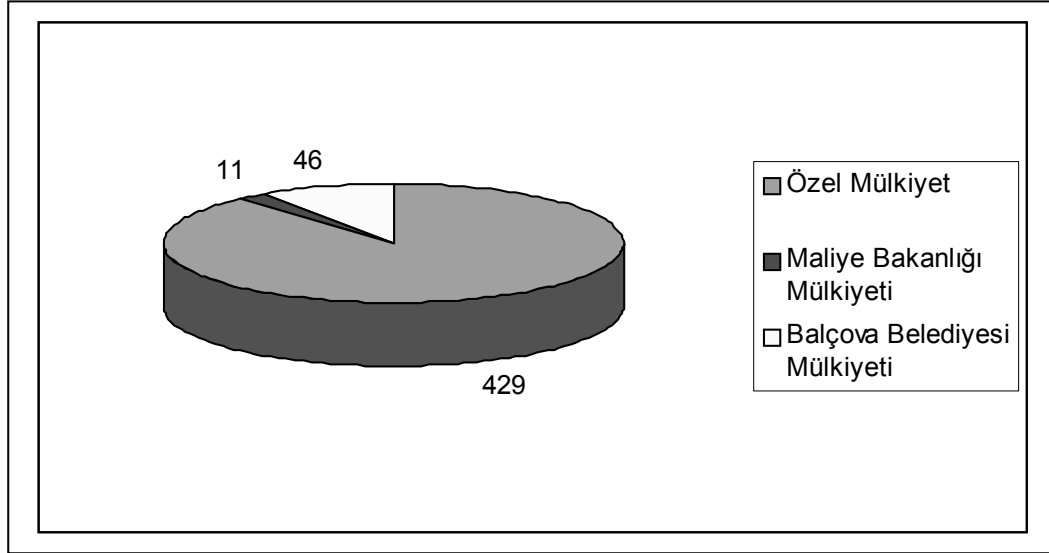
Çalışma alanında yapılan çalışmalarda neredeyse tamamında yakınında özel mülkiyet dokusu bulunduğu tespit edilmiş, bunun yanında az da olsa Maliye Bakanlığı ve Balçova Belediyesi mülkiyetindeki alanlara da rastlanmıştır. Jeotermal kullanılan ve kullanılmayan bölgeler toplamında bölgede özel mülkiyeti elinde 429 adet yapı adası bulunmakta ve toplam metrekare 1293296 m² olarak belirlenmiştir. Balçova Belediye'sinin elinde 96324 m² toplam alanda 46 adet yapı adası ve 51819 m² toplam alanda 11 adet yapı adası ile Maliye Bakanlığına ait mülkiyetler bulunmaktadır (Tablo 7.12, Şekil 24).

Ofis-konut oranı analizi

California'da yapılan genel enerji verimliliği çalışmalarında elde edilmiş bir oran olarak karşımıza çıkmaktadır (California Energy Commission, 1996). Bu yaklaşım içerisinde farklı kentsel fonksiyonlarda farklı etkinlikte enerji kullanımı esası yer almaktadır. Enerjinin maksimum olarak etkin kullanıldığı kentsek kullanım türü karma kullanım olarak tarif edebileceğimiz konut –ofis kullanım türü olarak belirtilmiştir. Burada 4 konut oranına 1 ofis

oranı şeklindeki kullanımdan en fazla enerjinin etkin kullanımı yararı sağlanmaktadır. İkinci sırada konut ve ofis kullanım oranlarının birbirine denk olduğu karma kullanım türü, üçüncü sırada ise konut miktarının ofis miktarına oranının dörtün üzerinde olduğu karma kullanım türü bulunmaktadır. Son olarak sadece konut kullanımının olduğu kentsel kullanım türü bu grup içerisinde yer almaktadır.

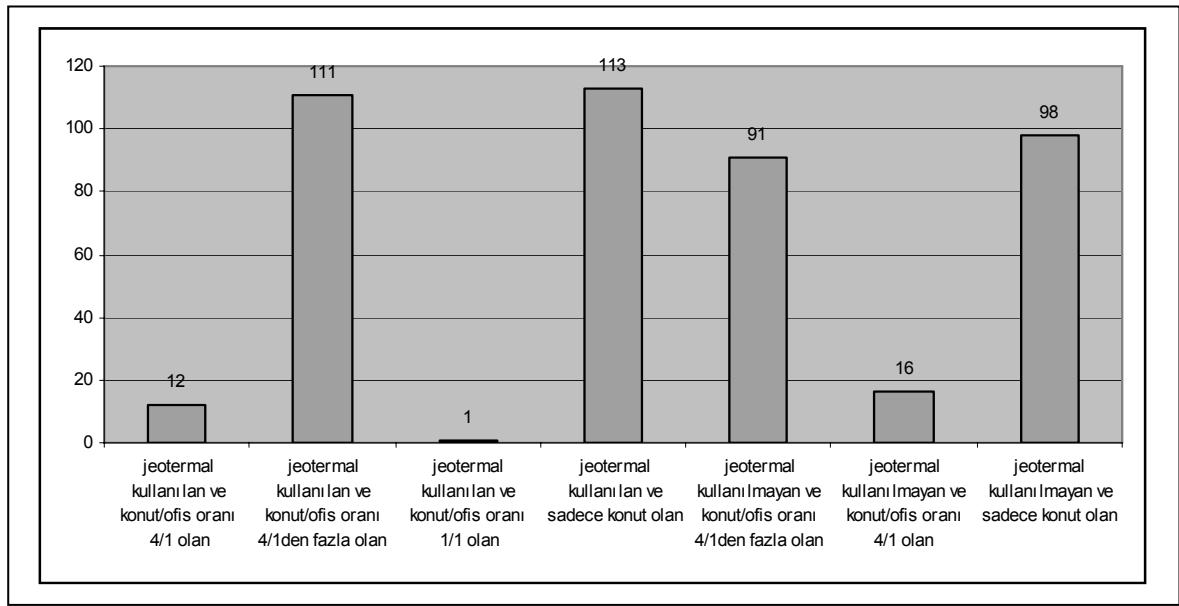
Tablo 7.12. Balçova çalışma alanının jeotermal kullanım ve mülkiyet durumu ilişkisi.



Şekil 7.24. Balçova mülkiyet dokusu.

Bu analiz sonucunda çalışma alanı genelinde jeotermal enerjinin kullanıldığı bölgelerde toplam 12 adet yapı adasında konut/ofis (4/1) oranı gözlenmiş, iki kullanımın birbirine denk olduğu yapı adası sayısı olarak 1, konut/ ofis oranının dördün üzerinde olduğu yapı adası sayısı olarak 111 ve tamamı konut adası olan yapı adası sayısı olarak ta 113 rakamlarına ulaşılmıştır. Jeotermal kullanılmayan alanlara genelinde 16 adet yapı adasında 4/1 (Konut/Ofis) oranı sağlanmış, 91 adet yapı adasında 4/1 (Konut/Ofis) oranının üzerinde bir oran saptanmış ve 98 adet sadece konut yapı adası gözlenmiştir. Bu bağlamda konut-ofis oranlarına yönelik etkili enerji kullanıma yönelik çalışma alanında jeotermal enerji kullanılan ve kullanılmayan alanların tamamında enerjinin kötü kullanıldığı bir durum gözlenmektedir (Tablo 7.13, Şekil 7.25).

Tablo 7.13. Balçova çalışma alanının jeotermal kullanım ve konut/ofis oranı ilişkisi.



7.6. Sonuçlar

Kızıldere ve Balçova Jeotermal Sahaları'nın sosyo-ekonomik etkilerine yönelik çalışmada, kullanım çeşitliliğinde özellikle sektörel bazda bir hareket gözlenmektedir. Jeotermal Saha'larda; elektrik üretimi, hacim ısıtma, sıcak su üretimi, sera ısıtma, termal tesislerde sağlık amaçlı kullanım ile kumaş boyama gibi küçük sanayide kullanım gibi sektörel örnekler görülmüştür.

Elektrik Santrali'nin yerleşim yerlerinin uzağında kırsal kesimde olması, bölge halkının Santral atığı olan sıcak sudan faydalanmasını engellemektedir. Ancak suyun taşınarak Bögesel Isıtma Sistemi kurulması ile yöre halkına ulaşabilmektedir. Yerel halkın ilgili tesislerde çalışmaya yönelik bir fayda sağlamamış olması ve bu yerleşimler ile jeotermal çalışmaların entegrasyonunun oluşturulamaması, yerli halkın ve yerleşimlerin potansiyellerinin değerlendirilememiş olduğu sonucunu vermektedir.

Diğer yandan Kızıldere Jeotermal Santrali'nin jeotermal elektrik üretiminde Türkiye'de ilk örnek olması ve bu kullanıma entegre pek çok kullanım alanının bir arada bulunması hem kaynağın kullanım verimini artırmakta hem de kullanım çeşitliliği açısından diğer jeotermal sahalarla örnek teşkil etmektedir. Anket sonuçlarına göre bu uygulamalar, kullanıcı

- Ayrıca bu tür konut ısıtması yapılan bölgelerde uygun şartlar altında sera alanları ve termal turizm alanları ile bir bütün olarak entegre kullanım kaynağın verimini artıracaktır.
- Jeotermal potansiyelin bulunduğu kentsel bölgelerde kentsel kullanım türleri, birim büyüklükleri, doluluk ve boşluk oranları, koruma kuşakları, konut tipolojileri çok hassas yaklaşılması gereken konulardır.
- Özellikle jeotermal özelinde arazi kullanım planlaması başlı başına önemli bir yaklaşımdır. Balçova gibi Türkiye’de jeotermal enerjiye dayalı kent ısıtma sistemleri içerisinde en büyük kapasiteye sahip bir alanda kent planlama ile jeotermal enerji kavramları arasındaki ilişki gözler önüne serilmiştir. Burada elde edilen sonuçlar ışığında ülke bütününde bulunan diğer potansiyelli alanlarda da sistemler yeterince yayılmadan gerekli önlemler alınabilecektir.

Tablo 7.14. Kızıldere Jeotermal Sahası’nın sosyo-ekonomik parametrelere göre değerlendirilmesi.

Bölgede yaşayanlara ilişkin veriler	<ul style="list-style-type: none"> • Nüfus; Karataş ve Kızıldere köyleri yaklaşık 1200 nüfuslu, Sarayköy yerleşimi 17500 nüfuslu. • Yaşam Biçimi; tarım köyleri, halk çiftçilik yapıyor. • Proje Beklentileri; köylerin hacim ve sera ısıtma beklentileri var.
Yönetimsel veriler	<ul style="list-style-type: none"> • Merkezi Yönetim; bölgenin güneyi Termal Turizm Bölgesi ilan edildi. Organize Sera Bölgesi çalışmaları var. • Yerel Yönetim; Denizli Belediyesi tarafından düşünülen kent ısıtması projesi maliyeti yüksek olduğu için gerçekleştirilmemiş, kaynak çeşitlendirme çalışmaları var. • Sarayköy Belediyesi bölgesel ısıtma sistemi kapasitesinin artırılmasını düşünüyor (Kapasite 5000 KE, uygulama 2000 KE).
Fiziksel ve sosyo-kültürel veriler	<ul style="list-style-type: none"> • Jeotermal kaynağın rezerv alanı ve jeotermal koruma kuşaklarını gösteren harita çalışmaları eksik veya yapılmamış. • Jeolojik ve hidrojeolojik çalışmalar mevcut. • Toprak yapısı, toprak kabiliyeti ve bitki örtüsü haritaları yapılmamış. • Genel bir nazım imar planı yapılmamış, az sayıda mevzi imar planları var, Kızıldere Köyü imar planı mevcut. • Mevcut yerleşim doku analizi ve tarihi-kültürel yapı stok çalışması eksik.
Ekonomik veriler	<ul style="list-style-type: none"> • Jeotermal uygulamaların arsa ve konut fiyatlarına köylerde bir etkisi yok, Sarayköy’de jeotermal ile ısıtılan konutlar %50 daha pahalı. • Köylerde jeotermale dayalı işgücü çok az, sadece Sarayköy’de termal tesis ve işletmelerde az sayıda çalışan var.
Altyapı verileri	<p>Köylerde altyapı problemi, kanalizasyon ve içme suyu sıkıntısı mevcut.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Köylere kadar ulaşım varken köy içi yollarda problemler var. • Jeotermal iletim hatlarında bir sorun bulunmamakta, Sarayköy içerisinde yüksek bölgelerde ısıtma problemi gözlenmektedir.

Mekansal ilişkilerin yanında genel politik, ekonomik ve sosyal anlamlarda elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Yeraltında bulunan jeotermal rezervuarın kapasitesi jeotermal ile ilgili yapılacak bütün projelerde en önemli girdiler arasında yer alır. Jeotermal potansiyelin kapasitesinin tespit edilip limitlerinin ortaya çıkarılması, özellikle kullanım türlerinin ve kullanım bölgelerinin hesaplanmasında zorunluluktur. Ayrıca kaynağın yenilenebilir olması için kullanıldıktan sonra yeraltına uygun noktalardan geri gönderilmesi kapasitesinin devamlılığını

sağlamaktadır. Dolayısıyla jeotermal enerjiye dayalı bölgesel ısıtma plan ve proje yapılması sırasında jeotermal kapasitenin bilinmesi arazi kullanım planlarına işlenmesi açısından pozitiflik sağlarken, kapasite hakkında eksik veya yanlış bilgiler negatif etki yapabilir.

- Dünya genelinde jeotermal projelere yatırım yapıldıkça, teknolojilerde de önemli gelişmeler gözlenmektedir. Özellikle maliyetlerin içinde en yüksek payı alan, ilk maliyet adıyla anılan kuyu sondajı, kuyu ekipmanı ve kuyu organizasyonu işlemleri zaman içerisinde ucuzlayarak daha ucuza ve daha derine sondaj yapabilme imkanını sağlamış ve dolayısıyla mevcut kaynaklara yenilerinin eklenme veya mevcut rezervuarlarının gerçek büyüklüklerini tespit etme şansı artmıştır. Bundan dolayı jeotermal enerjiye dayalı bölgesel ısıtma teknolojilerdeki gelişmeler jeotermal enerji kullanımına dayalı arazi kullanım planında pozitif etki yapan bir değişken olarak tarif edilebilir.
- Jeotermal bölgesel ısıtma projelerinde, projenin yapılacağı alanın daha önceden jeotermal altyapı sisteminin bulunup bulunmadığı durumu çok önemlidir. Hem maliyet açısından ekstra maliyet çıkarmaması hem de bölge halkının çalışmalar sırasında yaşanacak mekansal problemlerden etkilenmemesi için mevcut altyapı sisteminin bulunması ya da belirli aşamaya kadar tamamlanmış olması pozitif olarak jeotermal enerji kullanımına dayalı arazi kullanım planlamasında girdi teşkil eder.
- Jeotermal koruma zonlarının oluşturulması çalışması jeotermal projelerin en önemli parçalarından biridir. Ayrıca şimdiye kadar ulusal ölçekte planlama ve jeotermal enerji kavramlarının ilişkiye geçtiği çok nadir noktalardan biridir. Jeotermal potansiyeli olan bölgelerde planlama çalışmaları sırasında jeotermal koruma zonlarının belirlenip planlara işlenmesi zorunlu tutulmuştur. Ancak tabii ki burada bu zonların tespitinin doğru yapılması, yeterli sayıda sondaj ve teknik analizlerin bitirilmiş olması gerekmektedir. Özellikle jeotermal bölgesel ısıtma kullanıma dayalı arazi kullanım planlaması yapılması sırasında zonların düzgün bir biçimde planlara işlenmesi, yerleşimlerin planlaması ölçeğinde büyük rol oynamaktadır ve yetersiz ya da tamamlanmamış zon tespit çalışmaları yapılacak proje çalışmalarına olumsuz etki yapmaktadır.
- Gündem kavramı jeotermal projelerde çok önemlidir. Hem uluslararası boyutta hem de ulusal boyutta konunun gündemde olması gerek jeotermal enerji konusundaki ilişkili aktörlerin projelere eğilmelerine yardımcı olur, karar vericilerin bakış açılarını etkiler ve bölge halkının bilgilendirilmesi sağlar. Bu bağlamda jeotermal enerjinin arazi kullanım planlamasında kullanılması konusu gündem yaratabildiğinde olumlu bir etki olarak proje yansır.
- Karar verici ya da politika belirleyici olarak tariflenen bu aktör grubu, özellikle jeotermal enerjiye dayalı projelerin belirlenmesinde politik bir role soyunurlar. Ulusal ölçekte merkezi yönetim, yerel ölçekte merkezi yönetim temsilcileri (il özel idare), bölgesel anlamda ilişkili yerel yönetimler (büyük şehir belediyesi ve ilçe belediyeleri) karar vericiler olarak tanımlanabilir. Özellikle ulusal ölçekte merkezi yönetimin jeotermal konusuna bakış açısı önemli bir belirleyicidir. Uluslar arası gündemin yenilenebilir enerji konusundaki etkinliği, merkezi yönetime bu yönde artı yönde bir bakış açısı sağlasa da, merkezi yönetimin ülkesel politikalar bağlamında farklı enerji türlerine olan eğilimi ve uluslar arası anlaşmaları jeotermal enerjiye dayalı projelerin üretilmesinde negatif yönlü bir etki yapmaktadır. Merkezi yönetimin özellikle ısınma anlamında doğalgaza yatırım yapması ve uluslar arası anlaşmalar imzalaması bu negatife bakış açısını göstermektedir. Aynı zamanda bu aktör grubunun jeotermal bölgesel ısıtma kullanımına dayalı arazi kullanım planlaması konusuyla ilgili ulusal yasa ve yönetmeliklerin çıkarılmasında karar merci olduğu unutulmamalıdır.
- Diğer bir karar verici konumundaki aktör olarak yerel yönetim gösterilebilir. Tabii ki burada yerine göre yerel yönetimi birden çok olarak gözlemleyebiliriz. Büyükşehir belediyeleri, ilçe belediyeleri vb. büyüklükteki belediyeler jeotermal kaynağın konumuna göre jeotermal enerji projelerinin içinde yer alabilirler. Burada yerel yönetimlerin projelere bakış açıları, projelerin ya da konunun yerel anlamda gündeme oturup oturmaması, bu

gündemin ve jeotermal projelere etki eden diğer aktörlerin yerel yönetim üzerindeki baskıları, yerel yönetimin siyasi görüşü, merkezi yönetim ile aynı dünya görüşü ve yaklaşıma sahip olup olmaması olumlu ya da olumsuz anlamda jeotermal enerji kullanımına dayalı bölgesel ısıtma sistemlerinin arazi kullanım planlamalarında kullanılmasına etkisi olacaktır.

Kaynaklar

1. ANAYE J.P., CALA, C.L. Geothermal Energy Development as a Medium Towards Total Community Development: The Philippine Example, CD Proceedings of World Geothermal Congress 2005, Antalya-Turkey, (2005).
2. BADRUK, M., Jeotermal Enerji Uygulamalarında Çevre Sorunları, Jeotermal Enerji Doğrudan Isıtma Sistemleri: Temelleri ve Tasarımı Seminer Kitabı, MMO Yayın No: MMO/2003/328-4, İzmir, (2003).
3. Balçova Sağlık Grup Başkanlığı, 2006-2007 envanteri, kişisel çalışma, (2007).
4. BROTHERIDGE, J., Leniston, M.C., Potential Environmental and Social Impacts of Small Scale Rural Geothermal Development, CD Proceedings of World Geothermal Congress 2000, Kyushu-Tohoko-Japan, (2000).
5. California Energy Commission, The Energy Yardstick: Using Place's to Create Sustainable Communities, 81996).
6. ÇAKIN, A., Gökçen, G., Eroğlu, A., Jeotermal Uygulamaların Çevresel Etkileri: Balçova Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemi Örneği, Jeotermal Enerji Seminer Kitabı, MMO Yayın No: E/2005/393-2, İzmir, (2005).
7. IBRAHİM, R.F., McCloskey, B., Sutisna, E., Pranoto, R., Munaf, I., Gordon, R., Stevensen, R., Corporate Social Responsibility Implementation in the Darajat Geothermal Project, Garut, West Java, CD Proceedings of World Geothermal Congress 2005, Antalya-Turkey, (2005).
8. IGA, Course on Environmental Aspects of Geothermal Development, International School of Geothermics, Pisa, (1995).
9. JESUS, A.C., Social Issues Raised and Measures Adopted in Philippine Geothermal Projects, CD Proceedings of World Geothermal Congress 2005, Antalya-Turkey, (2005).
10. MARIITA, N. O., The Impact of Large-scale Renewable Rnergy Development on the Poor: Environmental and Socio-economic Impact of a Geothermal Power Plant on a Poor Rural Community in Kenya, *Energy Policy*, 30, 1119-1128, (2002).
11. MTA, kütüphanede kişisel çalışma, (2007).
12. PASQUALETTI, M. J., Geothermal Energy and the Environment: The Global Experience, *Energy: The International Journal*, 5, 111-165, (1980).
13. PIRA, E., Turbiglio, M., Maroni, M., Carrer, P., La Vecchia, C., Negri, E., Lachetta, R., Mortality Among Workers in the Geothermal Power Plants at Larderello, Italy, *American Journal of Industrial Medicine*, 35, 536-539, (2005).

14. SOMMER, C. R., Kuby, M.J., Bloomquist, G., The Spatial Economics of Geothermal District Energy in a Small, Low-density Town: A Case Study of Mammoth Lakes, California, *Geothermics*, 32, 3-19, (2003).
15. TOKSOY M., Şener, C., Jeotermal Bölge Isıtma Sistemlerinde Kavramsal Planlanma, Jeotermal Enerji Seminer Kitabı, MMO Yayın No: E/2005/393-2, İzmir, (2005).
16. UNCED, The Global Partnership for Environment and Development, Rio de Janeiro-Brazil, Pp: 16, (1992a).
17. UNCED, Adoption of Agreements on Environment and Development: Agenda 21, Report of the UNCED Preparatory Committee, Geneva-Switzerland, Pp: 23, (1992b).
18. YILMAZER, S., İzmir-Balçova Jeotermal Sahasında Isı Üretimine Yönelik Değerlendirme Raporu, MTA Der. Rap. No: 7504, 18s., Ankara, (1984).
19. ZEPEDA, N., Rodriguez, A., Socially Responsible Geothermal Development in El Salvador, CD Proceedings of World Geothermal Congress 2005, Antalya-Turkey, (2005).

8. BÜYÜK MENDERES NEHRİ'NDE KIZILDERE JEOTERMAL SANTRALI'NIN SU KALİTESİNE ETKİLERİNİN NÜMERİK MODELLEME YOLUYLA ARAŞTIRILMASI

8.1. Giriş

Bu bölümde Büyük Menderes Nehri'nin su kalitesi, ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA) tarafından desteklenen su kalitesi benzetim modeli WASP 7.2 kullanılarak modellenmiştir. Modellenen akım değerleri 01.10.2005 - 30.09.2006 (2006 su yılı) tarihleri arasında ölçülmüş akım değerleri ile karşılaştırılmış ve modelin hidrodinamik modülünün doğrulanması yapılmıştır.

Nehirdeki akımların model yoluyla doğru bir şekilde simülasyonundan sonra, WASP 7.2 modelinin ötrafikasyon ve kirletici taşınımını modellemekte kullanılan Eutrophication ve Organic Toxicant modülleri kullanılarak, Kızıldere Jeotermal Santrali'nin Büyük Menderes Nehri sularındaki NH₃ (amonyak), NO₃ (nitrat), çözünmüş oksijen (ÇO), katı madde (TDS), tuzluluk, bor ve diğer kirletici konsantrasyonu değerlerine katkısı incelenmiştir. Kirletici konsantrasyonları için Organic Toxicant alt modülü, diğer parametreler için ise Eutrophication modülü kullanılmıştır.

Genellikle sulama suyu olarak kullanılan nehir suyundaki söz konusu parametrelerin değişimini modelleyebilmek amacıyla, Santral'dan gelen atık suların nehir ile birleşmeden önceki bölümünde, modelleme periyodunda ölçülen konsantrasyon değerleri, modele yük olarak girilmiş ve bu şekilde yapılan simülasyon sonucunda, nehir sularındaki su kalitesi parametrelerinin değişimi gözlenmiş ve sonuçlar yerinde yapılan kalite ölçümleri ile karşılaştırılmıştır. Santralin etkisini araştırmak amacıyla; model, Santral'dan gelen atık suyun olmaması durumuna göre çalıştırılmış, su kalitesindeki değişimler santral olma ve olmama durumlarında karşılaştırılmıştır.

Bu bölümde; önce kullanılan model tanıtılacak, modelin kurulması ve kullanılan veriler özetlenecek, daha sonra ölçülen verilerle modelin doğrulanması ve Santralin olma ve olmama durumunda su kalitesindeki değişimler tartışılacaktır.

8.2 Materyal ve Metod

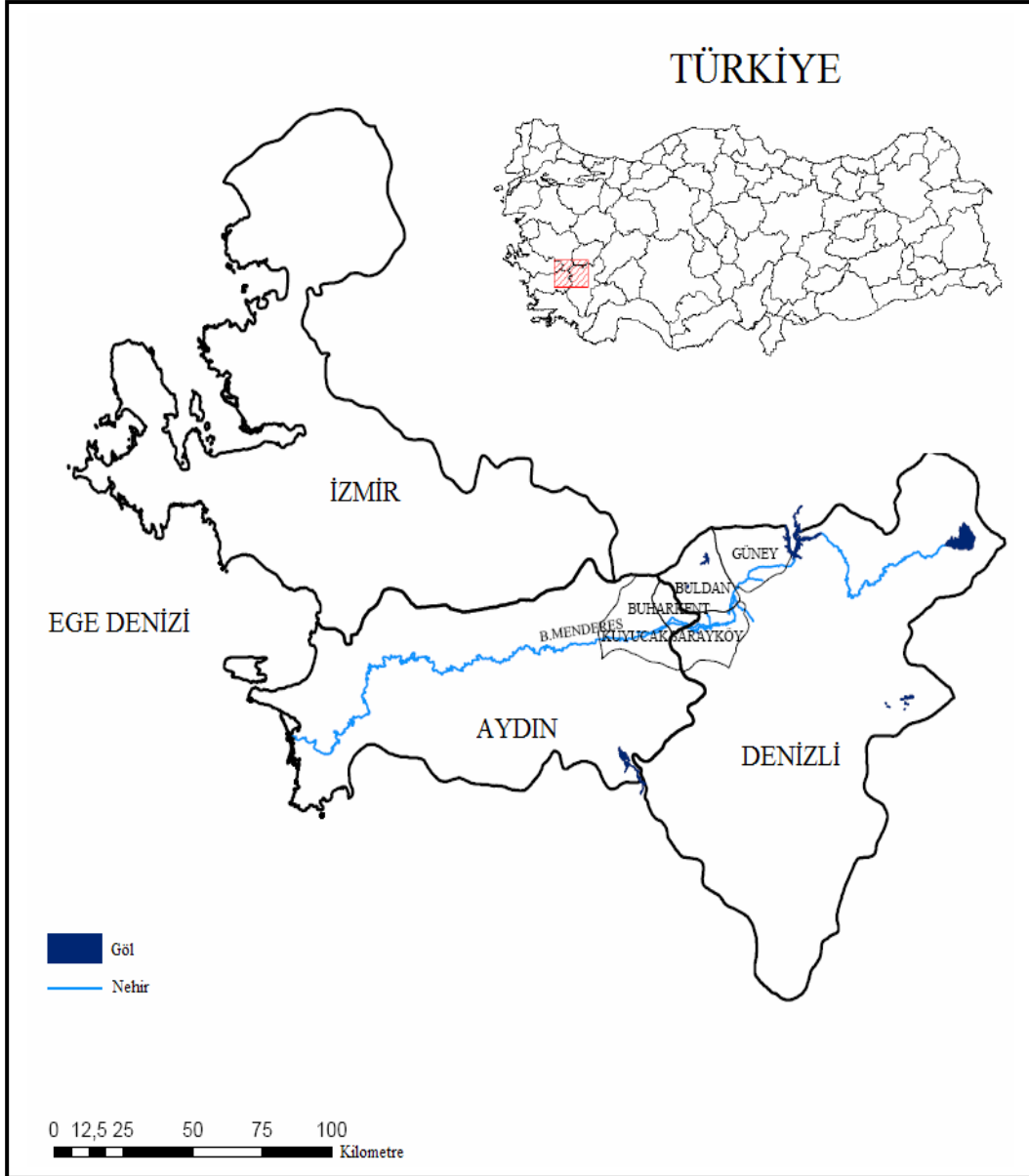
8.2.1. Çalışma Alanı

8.2.1.1. Büyük Menderes Havzası genel bilgileri

Büyük Menderes havzası 37° 12' – 38° 40' kuzey enlemleri ile 27° 15' – 30° 15' doğu boylamları arasında yer alır (Şekil 8.1). Havzanın kuzeyinde Küçük Menderes ve Gediz havzaları, kuzey doğusunda Sakarya havzası, doğusunda Afyon suları kapalı havzası, güney doğusunda Burdur Gölü kapalı havzası ile Orta Akdeniz suları havzası, güneyinde Batı Karadeniz suları havzası ve batısında ise Ege Denizi yer almaktadır (Yeşilirmak, 2006).

Türkiye yüzölçümünün %3.2'sini kaplayan havzanın drenaj alanı 24,976 km²'dir. 584 km uzunluğundaki Büyük Menderes Nehri, bu alanın sularını toplayarak Ege Denizi'ne akmaktadır. Akarsu kolları İç Anadolu'da bulunmaktadır. Bunlardan biri Dinar'ın kuzeydoğusunda yer alan karstik kökenli Marsyas kaynağından doğan koldur. Daha uzun olan ikinci kol ise Sandıklı ovasını içeren yüksek dağlardan inen derelerin birleşmesiyle oluşur.

Çivril ovasında birleşen bu iki kol Büyük Menderes adını alır, bir süre aynı doğrultuda ilerledikten sonra Çal'da keskin bir dirsek yaparak batıya dönmektedir. Burada üçüncü büyük kaynak kolu olan Banaz Çayı ile birleşir. Bu birleşim kısmında Adıgüzel Baraj Gölü bulunmaktadır. Büyük Menderes daha güneyde Sarayköy yakınlarında kendi adını taşıyan çöküntü ovasına girer, Honaz Dağı eteklerini izleyerek gelen Aksu Çayı'nı da aldıktan sonra genellikle ovanın güney kenarına yakın gelen Akçay ve Çine Çaylarının da katılmasıyla batıya doğru ilerler. Germencik yakınlarından güney batıya dönerek Bafa Gölü'nün batısından denize dökülür.



Şekil 8.1. Çalışma alanı.

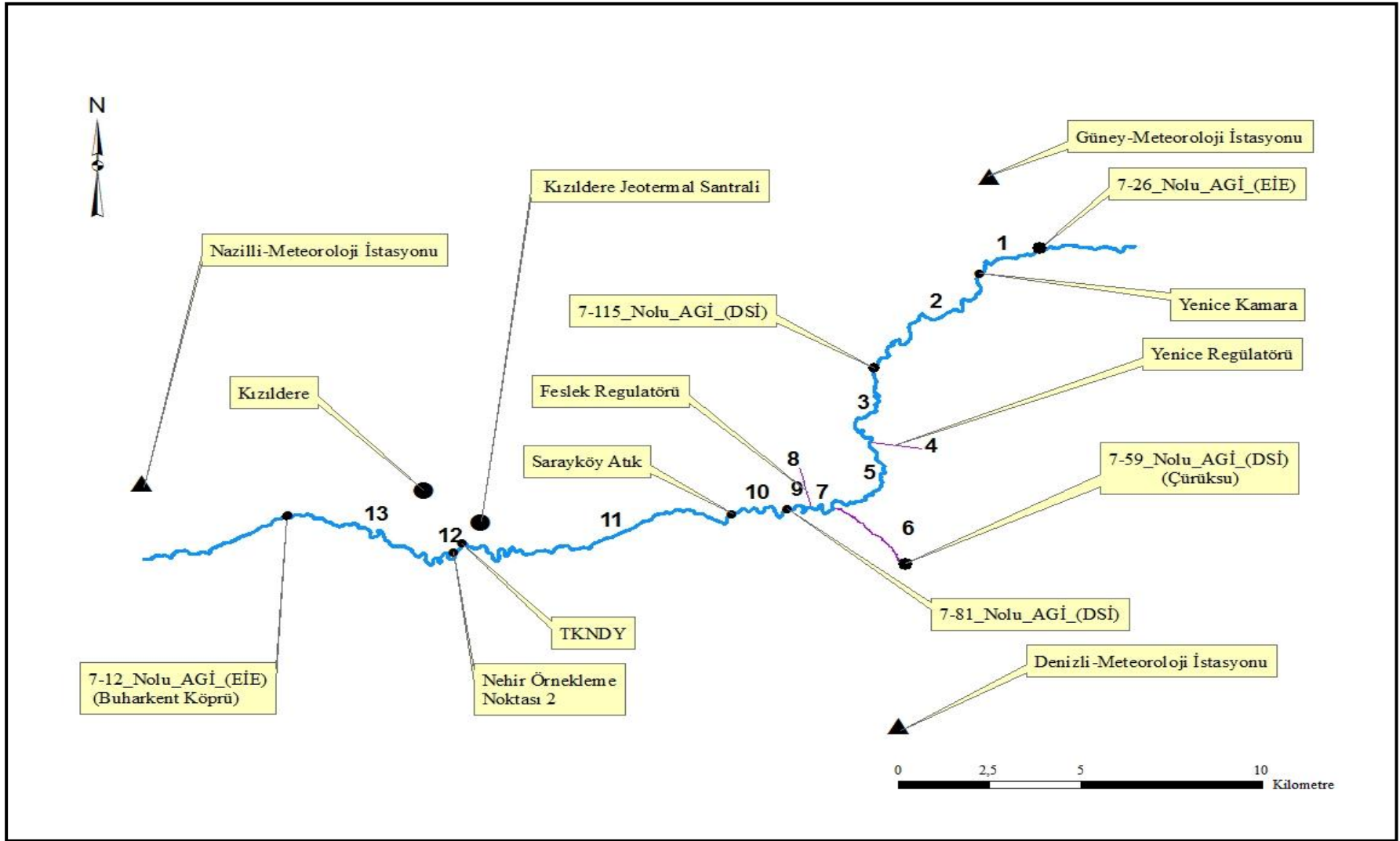
Büyük Menderes Nehri'nin ortalama debisi $110 \text{ m}^3/\text{sn}$ dolaylarındadır. Ortalama akışın en yüksek olduğu aylar Ocak ve Şubat'tır (ortalama $164 \text{ m}^3/\text{sn}$). Buna karşılık yaz aylarında bu debi oldukça azalmaktadır (Ağustos ayında ortalama $12 \text{ m}^3/\text{sn}$). Sulak yıllarda debinin $300 \text{ m}^3/\text{sn}$ değerini aştığı gözlenmiştir. Eriyen kar sularının da etkisiyle en yüksek debi (taşkın) Mart ve Nisan aylarında görülmekte olup; bu durumda, akış aşağısında Büyük Menderes Ovası sular altında kalmaktadır (Özkan, 2005).

8.2.1.2. Nehir geometrisi

Model sınırları, Kızıldere Jeotermal Santrali'ni da kapsayacak şekilde, nehir üzerinde Elektrik İşleri Etüd İdaresi (EİEİ)'ne ait 7-26 ve 7-12 numaralı akarsu gözlem istasyonları (AGİ) ile bu iki istasyon arasında kalan bölgede, Büyük Menderes nehri ile birleşen Çürüksu Çayı üzerinde bulunan Devlet Su İşleri (DSİ)'ne ait 7-59 numaralı akarsu gözlem istasyonu olarak belirlenmiştir.

Belirlenen sınırlar arasında kalan nehir yatağı, WASP 7.2 su kalitesi benzetim modeli girdilerinin hazırlanması amacıyla 13 bölüme ayrılmıştır. Bu bölümler, nehir üzerinde su kalitesi parametrelerinin belirlenmesi amacıyla örnek alınan noktalar ile akarsu gözlem istasyonları arasında kalan kısımlar olarak belirlenmiştir (Şekil 8.2). Örnek alınan noktalar Yenice-Kamara, Sarayköy Atık, TKNDY (Toplam kanalın Büyük Menderes Nehri ile birleştiği nokta), Nehir Örnekleme Noktası 2 (N2) ve Buharkent Köprü olarak gösterilmiştir. Bölümlere ait geometrik bilgiler Tablo 8.1'de verilmiştir. Bu bölümlerin uzunluk ve genişlikleri Harita Genel Komutanlığı'nca üretilen 1/25000 ölçekli haritalar ve akarsu gözlem istasyonlarında belirlenmiş eşel en kesit detayları kullanılarak belirlenmiştir. Nehir yatağı su derinliğinin belirlenmesi için ise akarsu gözlem istasyonlarındaki su seviyeleri ve yine eşel en kesit detayları kullanılmıştır. Her bölüm için belirlenen uzunluk ve genişlik değerlerinin çarpılmasıyla yüzey alanı, yüzey alanı değeri ile derinliğin çarpılmasıyla da hacim değerine ulaşılmıştır.

Bölümlerin başlangıç ve bitiş noktalarının arasındaki kot farkının parça uzunluğuna oranı hesaplanarak, her bölüm için eğim değeri hesaplanmıştır. Bölümlerin başlangıç ve bitiş noktaları için kot değerleri, akarsu gözlem istasyonları için EİEİ ve DSİ tarafından belirlenmiş değerler olup, örnek alınan noktalar için ise Harita Genel Komutanlığı'nca üretilen 1/25000 ölçekli haritalar kullanılarak belirlenmiş değerlerdir. Bu değerler Tablo 8.2'de gösterilmiştir.



Şekil 8.2. Nehir üzerinde seçilen model alanı ve modellenen nehir kolları.

Tablo 8.1. Model bölümleri geometrik bilgileri.

Bölüm no.	Modellenen bölümün adı	Uzunluk (m)	Genişlik (m)	Yüzey alanı (m²)	Derinlik (m)	Hacim (m³)	Hız (m/sn)	Eğim (°)	Pürüzlülük katsayısı (-)
1	7-26 Nolu AGİ (EİE)---Yenice_Kamara	4771	24	114504	2.50	286260	0.26	0.0052	0.0117
2	Yenice_Kamara---7-115_Nolu AGİ (DSİ)	12407	28	347396	1.51	524568	0.36	0.0024	0.0117
3	7-115 Nolu AGİ (DSİ)---Yenice Regülatör Girişi	7947	25	198675	1.51	299999	0.41	0.0012	0.0117
4	Yenice Regülatörü	100	10	1000	1.05	1050	1.47	0.0010	0.0117
5	Yenice Regülatör Girişi---Çürüksu Girişi	8046	25	201150	1.51	303737	0.41	0.0012	0.0117
6	Çürüksu	16366	18	294588	2.41	709957	0.35	0.0012	0.0117
7	Çürüksu Girişi---Feslek Regülatör Girişi	2123	25	53075	0.72	38214	0.86	0.0022	0.0117
8	Feslek Regülatörü	100	10	1000	1.05	1050	1.47	0.0010	0.0117
9	Feslek Regülatör Girişi---7-81 Nolu AGİ (DSİ)	2222	25	55550	0.72	39996	0.86	0.0023	0.0117
10	7-81 Nolu AGİ (DSİ)---Sarayköy Atık	4928	27	133056	0.72	95800	0.79	0.0004	0.0117
11	Sarayköy Atık---TKNDY	7521	29	218109	1.50	327164	0.35	0.0004	0.0117
12	TKNDY---Nehir Örnekleme Noktası 2	839	24	20136	1.50	30204	0.43	0.0012	0.0117
13	Nehir Örnekleme Noktası 2---7-12 Nolu AGİ (EİE)	11914	29	345506	2.28	787754	0.23	0.0003	0.0117

Tablo 8.2. Model bölümleri eğim tablosu.

Bölüm no.	Başlangıç kotu (m)	Bitiş kotu (m)	Uzunluk (m)	Eğim (°)
1	215	190	4771	0.0052
2	190	160	12407	0.0024
3	160	150	7947	0.0012
4	150	149,9	100	0.0010
5	150	140	8046	0.0012
6	160	140	16366	0.0012
7	140	135	2123	0.0022
8	135	134,9	100	0.0010
9	135	130	2222	0.0023
10	130	128	4928	0.0004
11	128	125	7521	0.0004
12	125	124	839	0.0012
13	124	120	11914	0.0003

Büyük Menderes nehri için pürüzlülük katsayısını belirlemek için Meyer-Peter ve Müler, (1948) tarafından geliştirilen ve pürüzlülük katsayısını dane çapı cinsinden ifade eden formül kullanılmıştır (Yang, 1996). Büyük Menderes Nehri için belirlenmiş olan dane çapı dağılımı kullanılarak d_{90} değeri 0,0008 m olarak belirlenmiş ve pürüzlülük katsayısı 0,0117 olarak hesaplanmıştır.

$$n = \frac{(d_{90})^{(1/6)}}{26} \quad (8.1)$$

8.3. Nümerik Model (WASP 7.2)

8.3.1. Genel Özellikler

Su kalitesi analizi simülasyon programı (WASP), ABD Çevre Koruma Kurumu (USEPA) tarafından geliştirilmiş, çok boyutlu ve dinamik bir su kalitesi simülasyonu programıdır. Modelin güncel sürümü (Sürüm 7.2), USEPA tarafından ücretsiz olarak dağıtılmaktadır. Eski bir sürümü (sürüm 5.10) ise Center for Exposure Analysis and Modeling (CEAM) birimi tarafından ücretsiz olarak dağıtılmaktadır. Sürüm 5.10, MS-DOS işletim sistemi altında çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Ancak önemli bir özelliği, kaynak kodunun erişilebilir olmasıdır. Böylece programın kullanıcı ihtiyaçlarına göre yeniden derlenip uygulamaya özel uyarlamalarının geliştirilmesi mümkündür. Program için model girdi verilerinin hazırlanması çok karmaşıktır. Türkiye'de de uygulamaya özel uyarlamalar vardır. Bu uyarlamalardan birisi Muhammetoğlu (1998) tarafından sığ göllerde köklü su bitkilerinin su kalitesi üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amacıyla geliştirilmiştir. Kıyı alanlarında ekosistem modellenmesinde kullanılmak üzere diğer bir uyarlamasının geliştirilmesine Ertürk (2004) tarafından başlanmıştır

ve bu uyarlamaların ilk testleri Kaner (2005) tarafından yapılmıştır. Bu uyarlamada girdi verilerinin daha kolay girilmesi de sağlanmıştır.

WASP, su ekosistemlerinin değişik kısımlarını temsil edebilen dört katman içermektedir. Bu katmanlar;

- 1) Atmosfer ile teması olan su kolonu,
- 2) Atmosfer ile teması olmayan su kolonu,
- 3) Su ile teması olan sediment yatağı,
- 4) Su ile teması olmayan sediment yatağı olarak tanımlanmıştır.

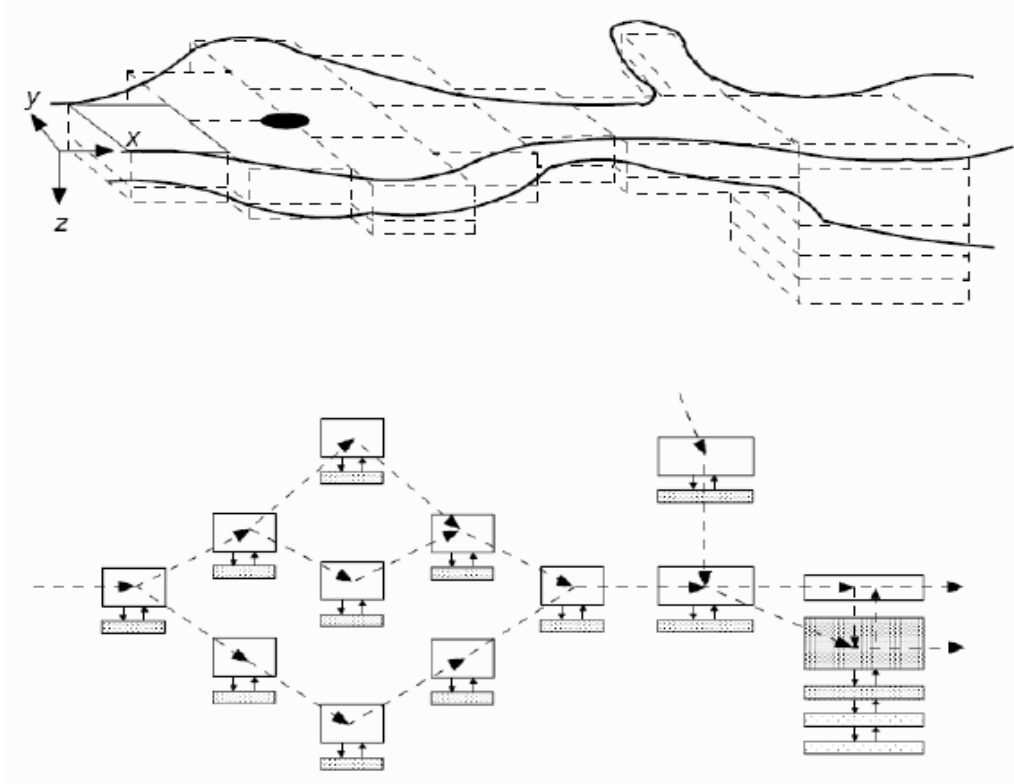
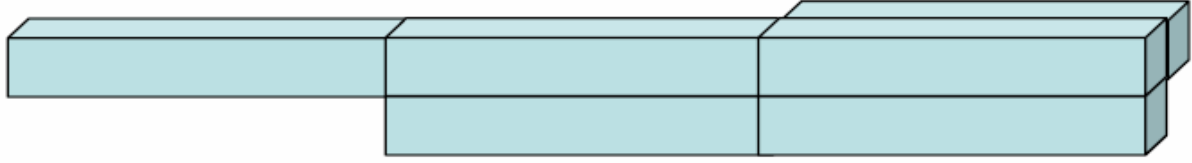
Katmanlar arasındaki su ve katı madde korunumu çözüldürken, su sütununda akıntı ile taşınım, yatak sedimenti boşluklarında taşınım, su sütununda çökme/yeniden askıya geçme ile taşınım, ve yağış/buharlaştırma ile taşınım hesaba katılmaktadır.

WASP sürüm 7.2, değişik veri kaynaklarından zaman serilerini okuyabilmektedir. Bu veri kaynaklarına dinamik olarak bağlanıp okunan verilerin değiştirilmesi durumunda model girdilerinin otomatik olarak güncellenmesini sağlayan şablonlar oluşturulması mümkündür. Ayrıca hidrolojik modellerle yayılı yük dosyası, hidrodinamik modellerle de hidrodinamik girdi dosyaları ile bağlanması mümkündür. EPA tarafından geliştirilmiş olan veri tabanı sistemine veri aktarabilmektedir.

WASP; yağış-akış hesapları gibi hidrolojik hesapları yapamamaktadır, ancak EPA tarafından geliştirilmiş hidrolojik simülasyon programlarından HSPF ve SWIMM tarafından üretilen verileri okuyabilmektedir. Ayrıca WASP7.2, kinematik dalga denkleminin çözümüne göre hidrodinamik hesaplar yapabilmekte, hidrodinamik hesap yeteneklerinin yetersiz kaldığı durumlarda, dış hidrodinamik model bağlantısıyla başka bir hidrodinamik model çalıştırılarak üretilen hidrodinamik verileri okuyabilmektedir. DYNHYD, RIVMOD, CE-QUAL-RIV1 ve EFDC modelleri tarafından üretilen hesap sonuçlarının WASP tarafından okunması mümkündür.

WASP 7.2, oldukça esnek model ağına sahip bir kutu modelidir. Model ağı su ortamlarını sıfır, bir, iki ve üç boyutlu temsil edecek şekilde ayarlanabilmektedir (Şekil 8.3).

WASP 7.2'de su kalitesi hesapları oldukça ayrıntılı olarak ele alınmaktadır. Program su kalitesi hesabı yapan 4 modül içermektedir. "EUTROPHICATION" modülü, besin maddesi ve çözülmüş oksijen döngülerinin simülasyonunu yapan modüldür. Bu modülde, organik azot, amonyum azotu, nitrat azotu, organik fosfor, fosfat fosforu, tuzluluk, üç adet farklı özellikte biyokimyasal oksijen ihtiyacı, çözülmüş oksijen, fitoplankton ve bentik alg su kalitesi değişkenlerinin hesabı yapılmaktadır. "TOXI" modülü, zehirli kimyasalların simülasyonunu yapmak üzere tasarlanıp geliştirilmiştir. WASP tarafından basit yapıda zehirli kimyasallar, iyonlaşmayan zehirli kimyasallar ve organik zehirli kimyasalların simülasyonu yapılması gerektiğinde çağırılmaktadır. "MERCURY" modülü, cıva kirliliğinin modellenmesi amacıyla tasarlanıp geliştirilmiştir. TOXI modülünün özel bir sürümüdür. "HEAT" modülü, sıcaklık ve koliform bakterilerin modellenmesi için geliştirilmiştir. Bu çalışmada, ilk modül kullanılarak su kalitesi modellenmiştir.



Şekil 8.3. WASP model kutuları ve model ağı (Ambrose ve diğ., 1993).

8.4. Verilerin Hazırlanması

8.4.1. Akım Verileri

Çalışma alanında DSİ'ye ait üç, EİEİ'ne ait iki adet akarsu gözlem istasyonu bulunmaktadır ve bu istasyonlarda günlük akım değerleri ölçülmektedir. 7-26 ve 7-12 numaralı akarsu gözlem istasyonları EİEİ tarafından işletilmekte olup, 7-115, 7-59, 7-81 numaralı akarsu gözlem istasyonları ise DSİ tarafından işletilmektedir. Bu akarsu gözlem istasyonlarına ait genel bilgiler Tablo 8.3'de verilmiştir.

Modelleme periyodu olarak seçilen 2006 su yılı için, Tablo 8.3'deki akarsu gözlem istasyonları için günlük akım değerleri ilgili kurumlardan temin edilmiştir.

Model sınırları içerisinde bulunan Yenice ve Feslek regülatörlerinden sulama amaçlı su alımı yapılmaktadır. Bu regülatörlerin işletmesi DSİ Aydın Bölgesi tarafından yürütülmektedir. Sulama zamanında bu regülatörlerden alınan su miktarları DSİ'den talep edilmiş ve 2006 su yılı için regülatörlerden alınan su miktarları temin edilmiştir (Tablo 8.4). Akhan-Böceli regülatöründen alınan akım miktarı diğerlerine göre oldukça düşüktür. Bu nedenle Akhan-Böceli regülatöründen alınan akımlar ihmal edilerek modele girdi olarak sadece Yenice ve Feslek regülatörlerine ait değerler kullanılmıştır.

Tablo 8.3. Akarsu gözlem istasyonları genel bilgileri.

Akarsu gözlem istasyonu	Pafta (1/25000)	Yaklaşık kot (m)	Koordinatlar	Yağış alanı (km ²)
7-26 Büyük Menderes---Güney	L 22	215	29°03' – 38°07'	9633.6
7-115 Büyük Menderes---Yenice Regülatör Girişi	L 21	160	28°58' – 38°02'	9457.2
7-59 Çürüksu---Yukarı Şamlı	M 22	160	29°04' – 37°55'	1726.0
7-81 Büyük Menderes---Sarayköy	M 21	150	37°57' – 28°55'	11852.0
7-12 Büyük Menderes---Burhaniye	M 21	120	28°44' – 37°56'	12798.8

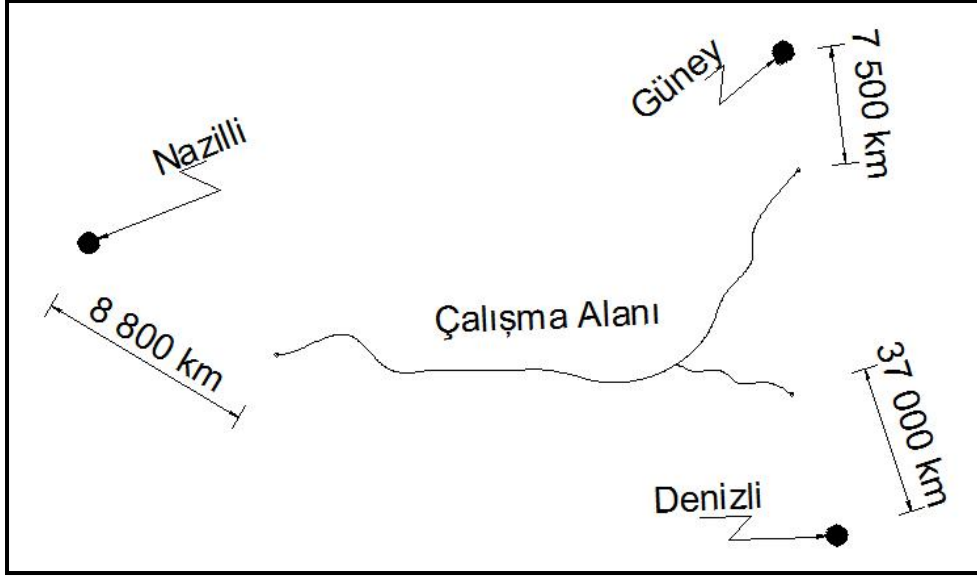
Tablo 8.4. 2006 su yılında kanallara alınan sular (m³).

10.01.2005-30.09.2006	Akhan - Böceli regülatörü	Yenice regülatörü	Feslek regülatörü
Toplam	14 378 000	198 574 000	251 041 000

Tablo 8.4'deki değerler aylık toplam akım miktarları olduğundan, bu verilerin akım girdisi olarak kullanılabilmesi için günlük değerlere dönüşümü yapılmıştır. Bu dönüşüm için regülatörlerin bulunduğu bölgedeki akarsu gözlem istasyonlarında ölçülen akım verilerine göre yapılan kütle hesabına göre akımların günlük dağılım yüzdeleri belirlenmiştir. Belirlenen bu yüzde oranlarına göre regülatörlerden alınan akım miktarları günlük değerlere dönüştürülmüştür.

8.4.2. Meteorolojik Veriler

Çalışma alanına en yakın meteoroloji istasyonları, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nce işletilen Denizli, Nazilli ve Güney meteoroloji istasyonları olarak belirlenmiş, en yakın istasyon olmasından dolayı Güney istasyonuna ait günlük ortalama hava sıcaklığı (°C), rüzgar hızı (m/s) güneş ışınımı (cal/cm²) değerleri, 2006 su yılı için model girdisi olarak kullanılmıştır. Çalışma alanındaki bu üç istasyonun model sınırlarına olan mesafeleri Şekil 8.4'de gösterilmiştir.



Şekil 8.4. Meteoroloji istasyonlarının model sınırlarına olan mesafeleri.

7-12 numaralı akarsu gözlem istasyonunda ölçülen su sıcaklığı değerleri aylık değerler olduğundan, Nazilli meteoroloji istasyonunda ölçülen hava sıcaklığı ile 7-12 numaralı akarsu gözlem istasyonunda aynı günlerde ölçülen su sıcaklığı arasında oluşturulan bağıntı ile tüm su yılı için günlük su sıcaklığı değerlerine ulaşılmıştır.

8.4.3. Su Kalitesi Parametreleri

Model sınırları içerisinde su kalitesi parametrelerinin ölçümü, Şekil 8.2'de gösterilen Yenice-Kamara, Menderes Tekstil, Sarayköy Atık, TKNDY, N1, N2 ve Buharkent Köprü noktalarında yapılmıştır. Menderes Tekstil noktası, Çürüksu ile nehrin birleşiminden hemen sonra, N1 noktası ise TKNDY'den yaklaşık 150 metre mansab yönündedir. Bu noktalarda ölçülen parametreler ayda bir kez düzenli olarak 2006 yılı temmuz ayından sonra ölçülmüştür. Bu nedenle simülasyon süresi olan 2006 su yılı için son üç aylık veriler kullanılmıştır.

Buharkent Köprü noktasında, EİEİ tarafından ölçülen aylık su sıcaklıkları ve aynı günlerde Nazilli meteoroloji istasyonunda ölçülen hava sıcaklıkları arasında,

$$T_s = 0.487 * T_h + 8.6027 \quad (8.2)$$

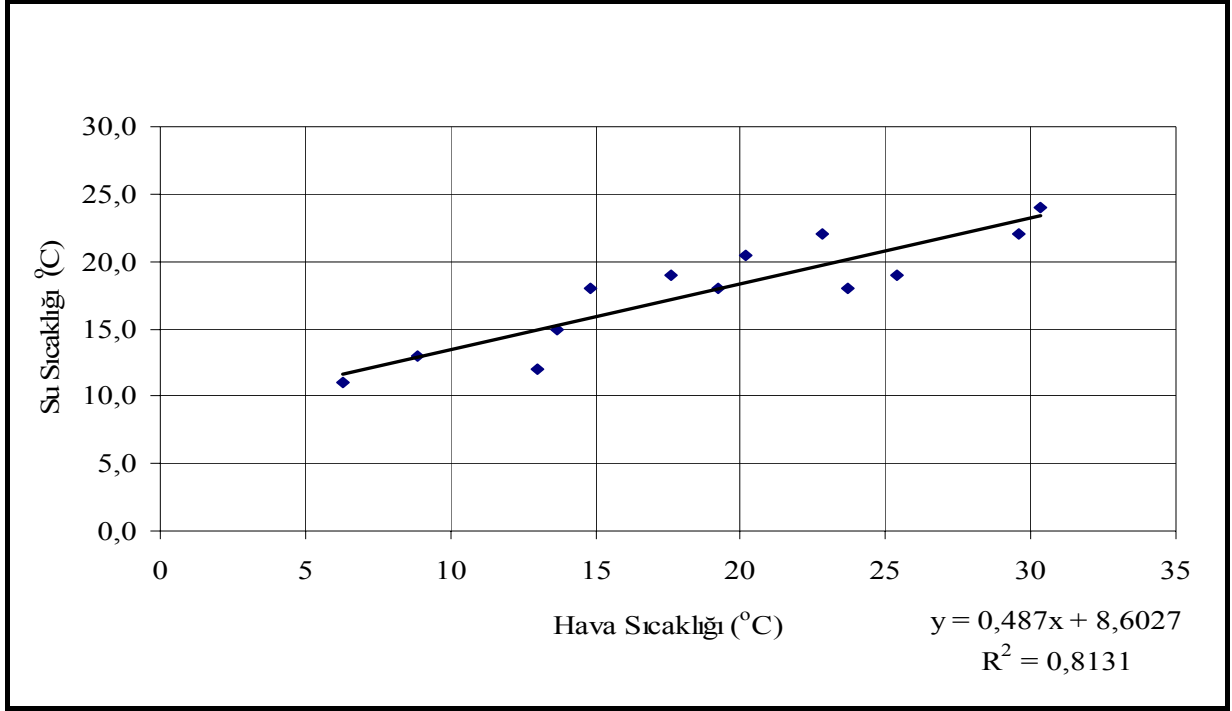
bağıntısı oluşturulmuş ve 2006 su yılı için günlük su sıcaklığı değerlerine ulaşılmıştır (Şekil 8.5).

Bağıntıda, T_s : su sıcaklığını ($^{\circ}\text{C}$), T_h : hava sıcaklığını ($^{\circ}\text{C}$) ifade etmektedir.

Çözünmüş oksijen (ÇO) ve toplam tuz konsantrasyonu değerleri literatürde kullanılan ve aşağıda belirtilen yöntemler kullanılarak belirlenmiş ve model girdi verisi olarak kullanılmıştır. Çözünmüş oksijen (ÇO) değerleri, numune alınan noktalardaki su sıcaklığı değerleri ile arasında Bell ve diğ. (2005) tarafından verilen bağıntı kullanılarak elde edilmiştir.

$$\text{ÇO} = 0.0043 * T_s - 0.36 * T_s + 14.48 \quad (8.3)$$

Bu bağıntıda, ÇO: çözünmüş oksijen miktarını (ppm); T_s : su sıcaklığını ($^{\circ}\text{C}$) ifade etmektedir.



Şekil 8.5. Hava sıcaklığına bağlı su sıcaklığı değerleri.

Sulama sularındaki çözülmüş tuzların toplam konsantrasyonu ise, elektriksel iletkenlik (EC) değeri yardımıyla kolaylıkla belirlenebilir. Toplam tuz konsantrasyonu ile elektriksel iletkenlik arasındaki oran (M), deneysel çalışmalar sonucunda bir kere belirlendikten sonra sürekli kullanılabilir. Bu katsayı 25°C'deki iletkenlikler (mikroohm) ve tuz konsantrasyonları (mg/L) ile ifade edildiğinde 0.6-0.7 arasında bir değer alır (Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği, 1991). 7-12 numaralı akarsu gözlem istasyonunda, EİEİ tarafından belirlenen su kalitesi parametrelerinden, bu oranın 0.64 olduğu görülmüştür. Toplam tuz konsantrasyonu Eşitlik 8.4'e göre hesaplanabilir.

$$Tuzluluk = 0.64 * EC \quad (8.4)$$

8.5. Modelin Doğrulanması

Su kalitesi parametrelerinin modellenmesinden önce nehir boyunca akımların doğru olarak simüle edilip edilmediğinin kontrolü amacıyla model sonuçları gözlenen değerlerle karşılaştırılmıştır. Bu amaçla yapılan simülasyonlarda model tipi olarak önce Eutrophication modülü seçilerek hidrodinamik modelleme için 1-D Kinematik Dalga Metodu kullanılmıştır. Modelde zaman adımı olarak 1.44 dakika seçilerek ve 2006 su yılı için günde bir çıktı istenmiştir. Bölümler (segments) kısmında, daha önce belirlenen nehir bölümleri için geometrik bilgilerin girişi yapılmıştır. Başlangıç koşulları için su yılı başlangıcındaki ölçümler kullanılmıştır. Hava sıcaklığı, rüzgar hızı, güneş ışınımı ve su sıcaklıklarının 2006 su yılı için günlük değerleri, modele girdi verisi olarak girilmiştir.

Akımlar bölümünde, model sınırları içerisindeki akım değişimini gösteren akım fonksiyonları, akarsu gözlem istasyonlarında ölçülen günlük akım verileri olarak girilmiştir. Bu bölümde 726 nolu AGİ-Yenice Kamara, Yenice regülatörü, Feslek regülatörü ve Çürüksu olmak üzere 4 farklı akım fonksiyonu tanımlanmıştır. Sınır şartları olarak su kalitesi parametrelerinin değerleri, numune alınan noktaya olan mesafelerine göre nehir kolları için sınır değerler olarak modelde kullanılmıştır.

Yükleme bölümünde ise su kalitesi parametreleri, numune alım noktalarına bağlı olarak model parçaları için girdi verisi olarak kullanılmıştır. Yenice Kamara verileri, 1 ve 2 numaralı parça için, Menderes Tekstil verileri, 7 ve 9 numaralı parça için, Sarayköy Atık verileri, 10 ve 11 numaralı parça için, Nehir 1 verileri, 12 numaralı parça için, Nehir 2 verileri ise 13 numaralı parça için yüklemeler (loads) bölümünde girdi verisi olarak kullanılmıştır.

Organic toxicant modülü nehir sularındaki bor ve diğer kirleticilerin konsantrasyon değerlerinin belirlenmesi için kullanılmıştır. Eutrophication modülü ile birçok girdi verisi benzerlik göstermektedir. Yüklemeler ve sınır bölümünde toksik madde konsantrasyonu verileri olarak, ölçülen konsantrasyon değerleri kullanılmıştır.

Model sınırları içerisindeki 7-26, 7-59 numaralı akarsu gözlem istasyonları akım verileri ile Yenice regülatörü ve Feslek regülatöründen alınan akım verileri, akım fonksiyonu olarak modele girilmiştir. Simülasyon sonucunda elde edilen model verileri ile akarsu gözlem istasyonlarında ölçülen akım verileri karşılaştırılmış ve sonuçlar arasında büyük benzerlik görülmüştür.

Şekil 8.6 (7-26 ve 7-115 numaralı akarsu gözlem istasyonları) ve Şekil 8.7 (7-59, 7-81 ve 7-12 numaralı akarsu gözlem istasyonları)de, model sınırları içerisinde bulunan beş adet akarsu gözlem istasyonunda ölçülen akım değerleri ile model sonuçları arasındaki ilişki görülmektedir. Şekillerden de görüldüğü gibi model sonuçları ve ölçülen değerlerin birbirine oldukça yakın değerler olması, modelin Büyük Menderes Nehri için uygulanabilir bir model olduğunu göstermektedir.

8.6. Santralin Nehir Su Kalitesine Etkilerinin Araştırılması

Kızıldere Jeotermal Santralının çıkış noktası olan TKNDY noktasından alınan su ve toprak örnekleri bazı su kalite parametrelerinin bu noktada artış gösterdiğini ve su kalitesinin bozulduğunu göstermiştir. WASP modeli kullanılarak Büyük Menderes nehri boyunca çeşitli noktalarda ölçülen kalite parametreleri kullanılarak nehir boyunca konsantrasyonlarındaki değişim modellenmiştir. Santralin etkisini araştırmak amacıyla Santraldan gelen kirleticiler hesaba katılmayarak nehir boyunca konsantrasyonların nasıl değişeceği modellenerek sonuçlar arasındaki farklar tartışılmıştır.

Su kalite modelinin uygunluğu modellenen sıcaklık parametreleri ile ölçülen değerlerin yıl boyunca değişimi karşılaştırılarak görülmüştür (Şekil 8.8).

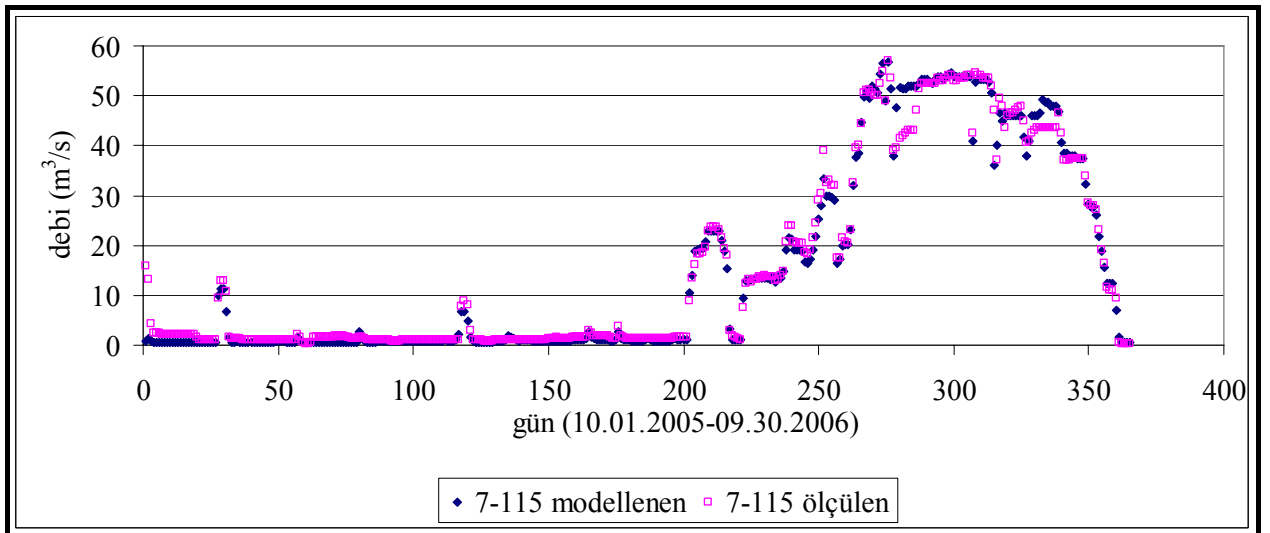
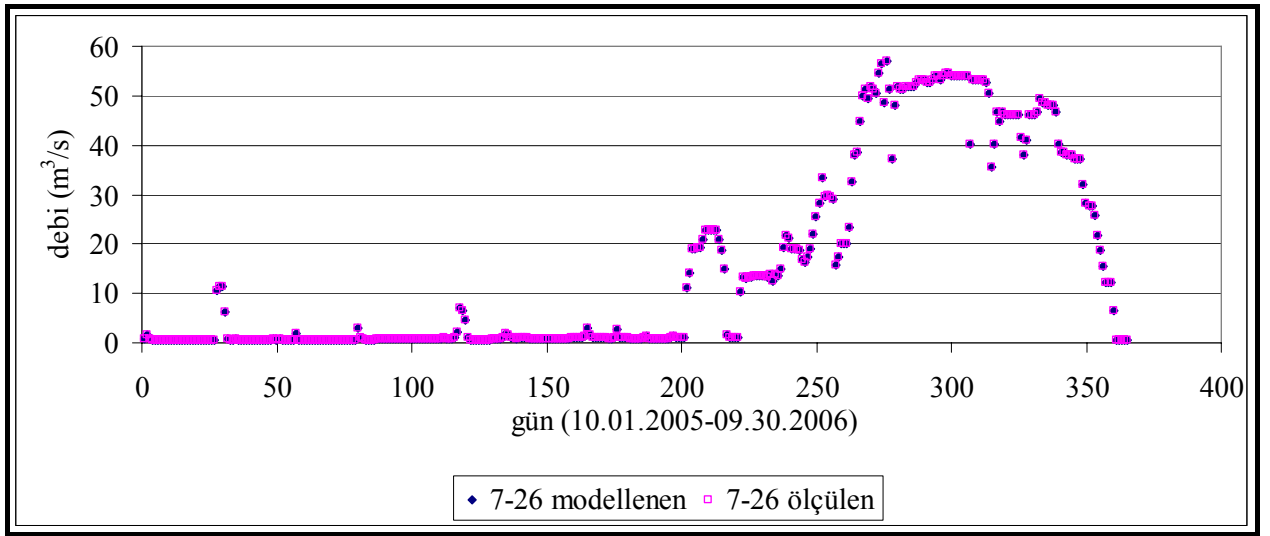
Jeotermal santralların atık suyunda lityum, borik asit, arsenik, civa ve amonyak gibi kirleticilerin olması beklenmektedir. Atık sular ayrıca yüksek tuz konsantrasyonlarına sahip olabilirler ve antimon, gümüş ve selenyum gibi eser elementler ölçülebilir. Kızıldere atık suyu örneklerinde gümüş ve selenyum'a rastlanmamıştır.

Organic Toxicant modeli kullanılarak bor konsantrasyonları nehir boyunca modellenmiştir. Modelleme iki tip veri kullanılarak yapılmıştır. İlk durumda Santralin deşarjının yapıldığı toplama kanalının mansabındaki nehir parçasında halihazırdaki ölçülen değerler kullanılmış, ikinci veri seti ise Santral olmama durumunda kirleticilerin olmayacağı varsayımı yapılarak oluşturulmuştur. Grafiklerde Santrallı ve Santralsız olarak nitelendirilen bu iki veri seti ile çalıştırılan modelin sonuçları Şekil 8.9'da verilmiştir. Görüldüğü üzere debi değerlerinin düşük olduğu kış aylarında (suyun barajda tutulmasından dolayı), Santralin etkisi bor konsantrasyonlarında artışa neden olmaktadır (Şekil 8.10). Akımın yüksek olduğu bahar ve yaz aylarında ise (sulama için su verilmesinden dolayı) bor konsantrasyonu verilen temiz suyun etkisiyle düşmekte, bu aylarda Santralin etkisi hissedilmemektedir. **Bor sudaki katı maddelerce kolayca emilebilmekte, yıllar içinde nehir dibinde biriken maddelerde ve Nehir**

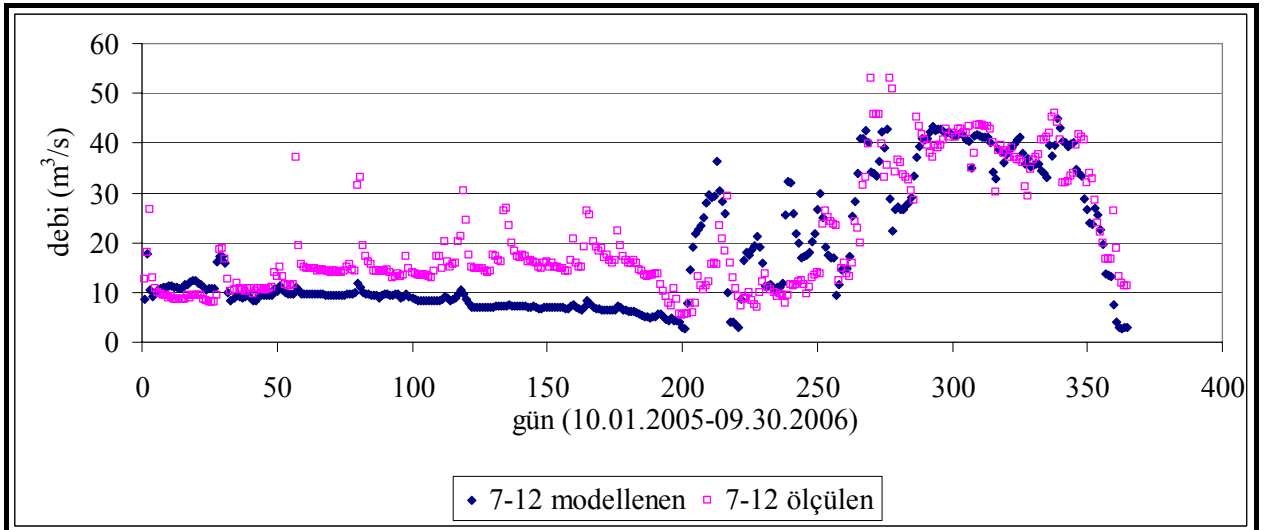
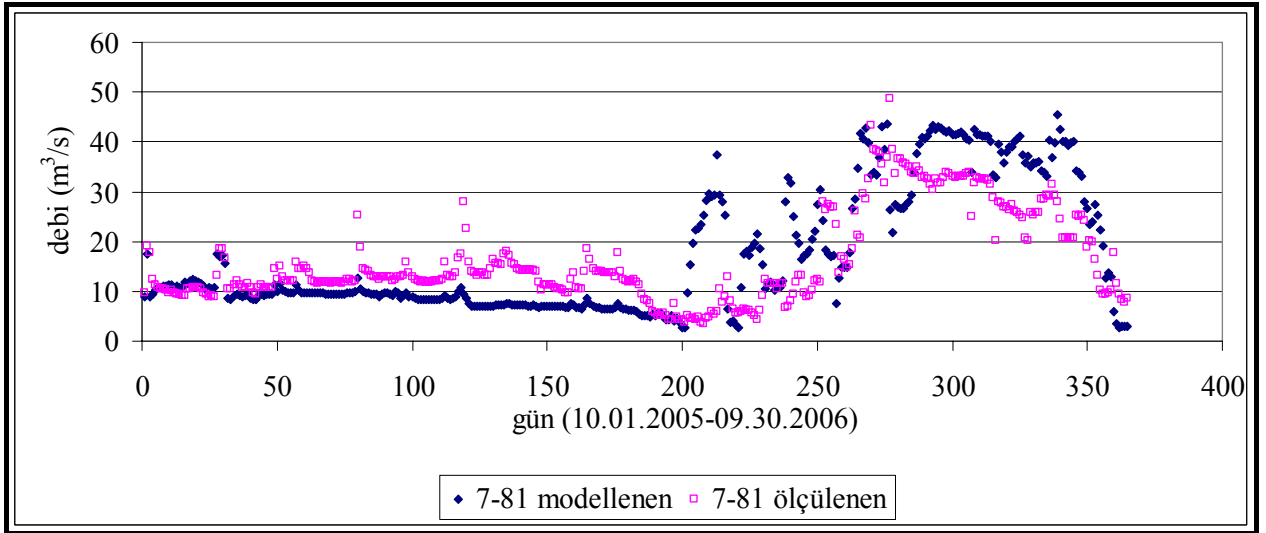
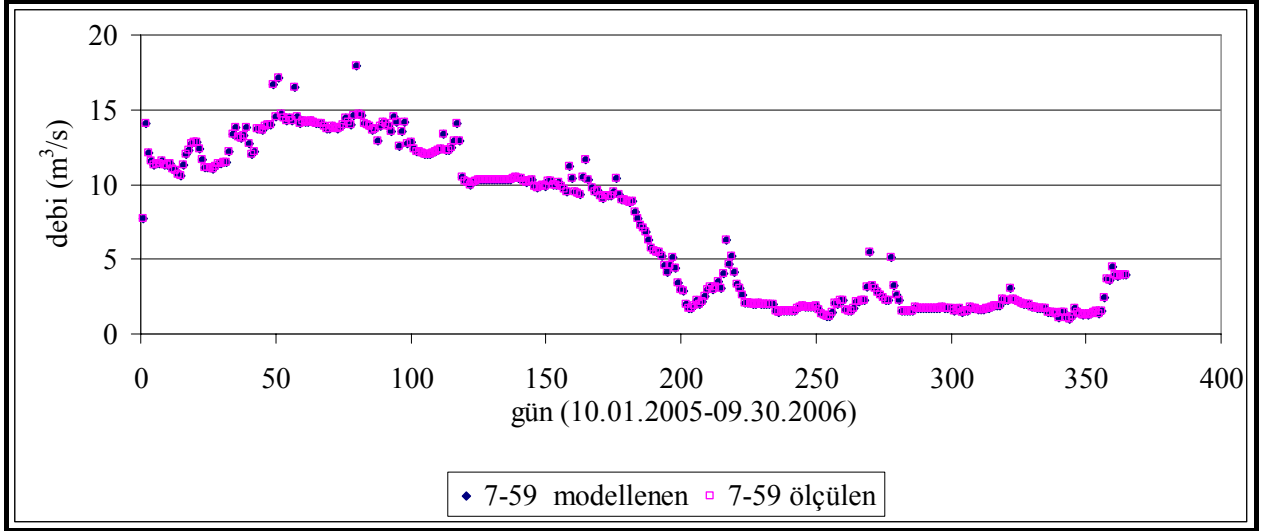
sulama amaçlı kullanılıyorsa tarım topraklarında bor konsantrasyonu görülebilmektedir. Bölüm 5'de verildiği gibi Nehir yakınlarından alınan toprak örneklerinde yüksek konsantrasyonlara rastlanmıştır.

Çok zararlı bir zehir olan arseniğe (As) suda çok kolay çözünmesinden dolayı genel olarak jeotermal santrallerin atık su boru hattı boyunca ya da yüzey sularında rastlanmaktadır. Akımın düşük olduğu aylarda görüldüğü gibi Santral'e bağlı As konsantrasyonlarında artış olmaktadır (Şekil 8.11).

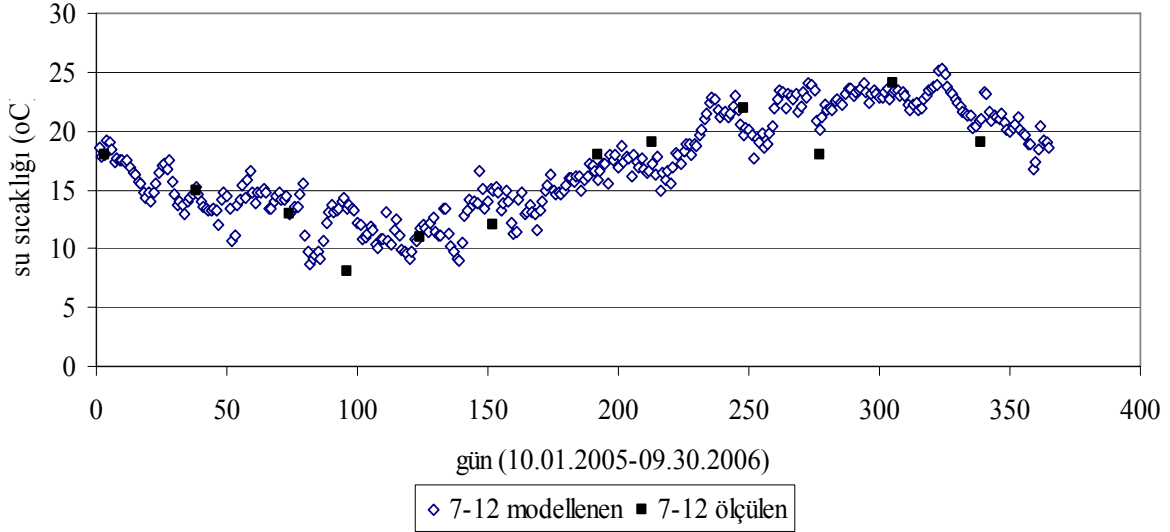
Lityum (Li), atık su boru hatlarında ve yüzey sularında Li olarak kalıp reaksiyona girmemesinden dolayı yüksek konsantrasyonlarda görülmektedir (Şekil 8.12). Büyük Menderes Nehri'nin sulamada kullanılması nedeniyle ürünler ağaç yapraklarına zararlı olan yüksek bor ve lityum konsantrasyonları ile olumsuz etkilenebilmektedir. Antimon ise az da olsa Santral'e bağlı artış göstermiştir (Şekil 8.13).



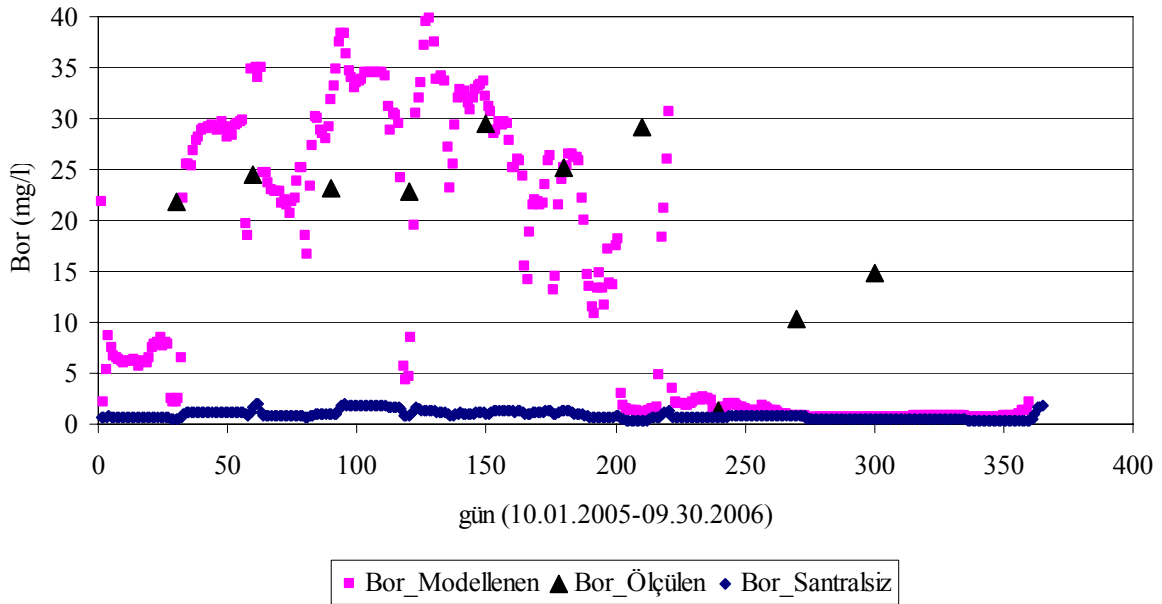
Şekil 8.6. 7-26 ve 7-115 numaralı akarsu gözlem istasyonlarında ölçülen akım değerleri ile modellenmiş değerlerin karşılaştırılması.



Şekil 8.7. 7-59, 7-81 ve 7-12 numaralı akarsu gözlem istasyonlarında ölçülen akım değerleri ile modellenmiş değerlerin karşılaştırılması.

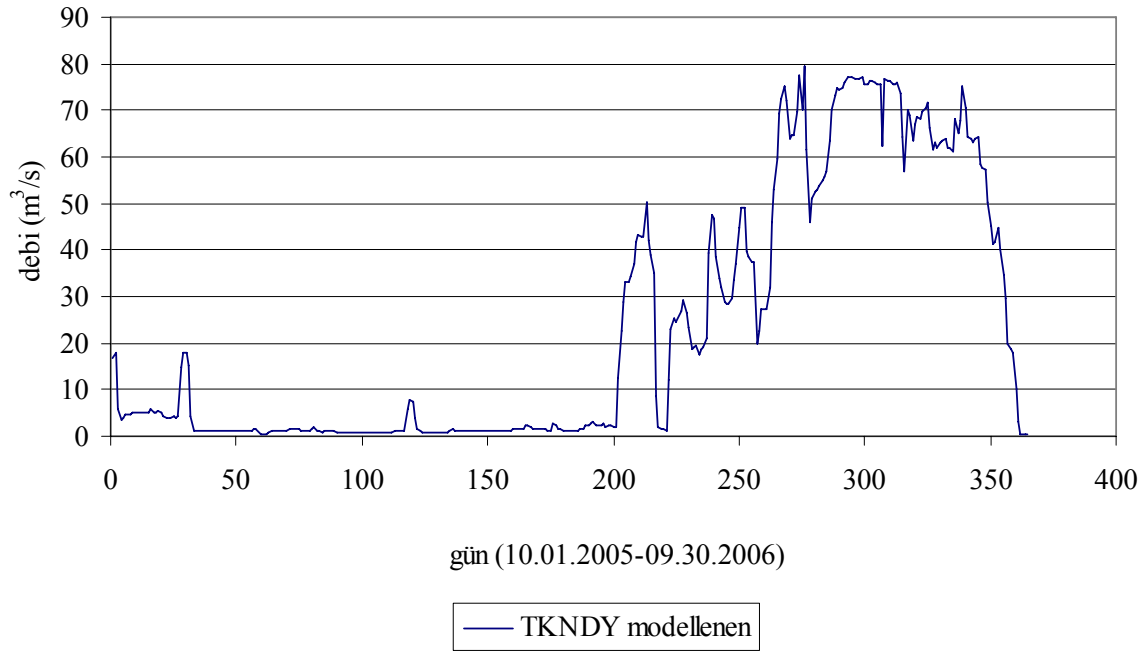


Şekil 8.8. 7-12 numaralı akarsu gözlem istasyonunda aylık ölçülen sıcaklık değerleri ile modellenmiş günlük değerlerin karşılaştırılması.

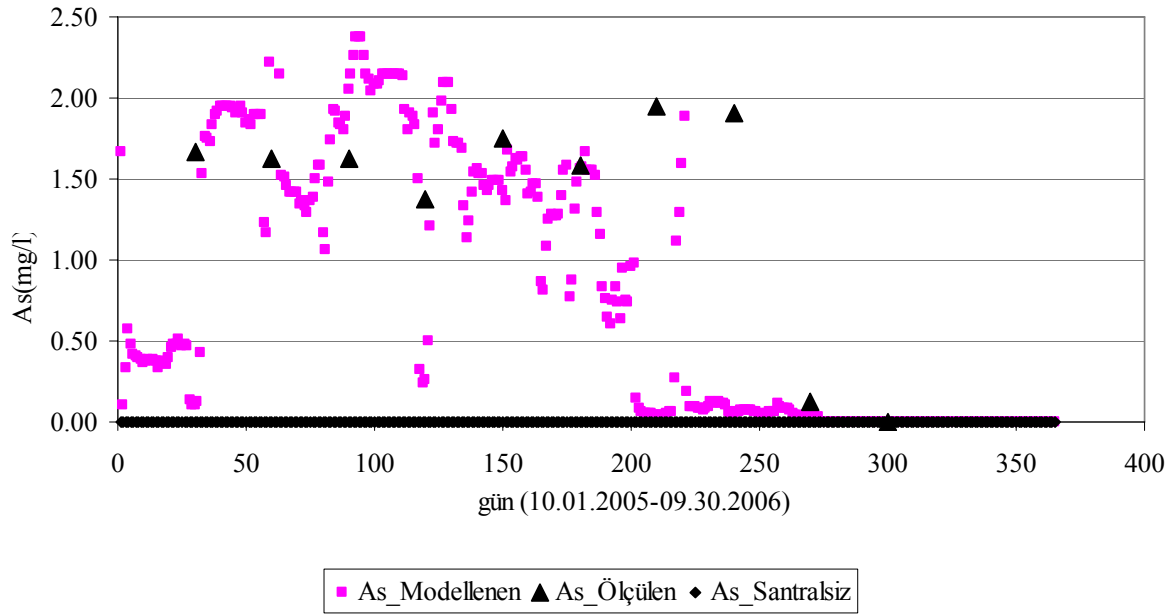


Şekil 8.9. Santralin mansabında yer alan 12 nolu nehir bölümünde Santral olma ve olmama durumunda modellenen bor konsantrasyonlarının karşılaştırılması.

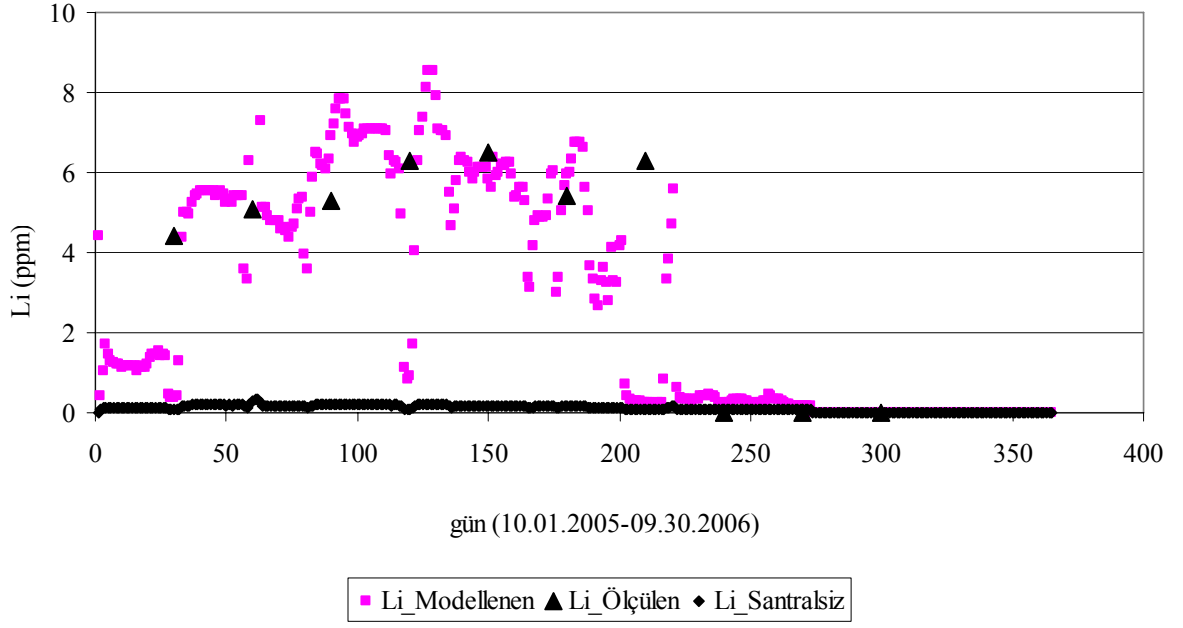
Eutrophication modülü ile yapılan ötrafikasyon hesapları sonucu çözünmüş oksijen, tuzluluk ve amonyum gibi parametrelerin Santral olmama durumunda nasıl değiştiği gözlenmiştir. Modelleme yapılırken yükler, ilk konsantrasyon değerleri, sıcaklık değerleri gibi parametreler değiştirilmiştir. Çözünmüş oksijen değerlerinin değişimde Santralin etkisi Şekil 8.14'de gösterilmiştir. Bu beklenene bir etkidir çünkü çözünmüş oksijen konsantrasyonu doğrudan sıcaklıkla orantılıdır. Benzer şekilde Santralin tuzluluğa ve amonyuma etkisi Şekil 8.15 ve 8.16'da görülmektedir.



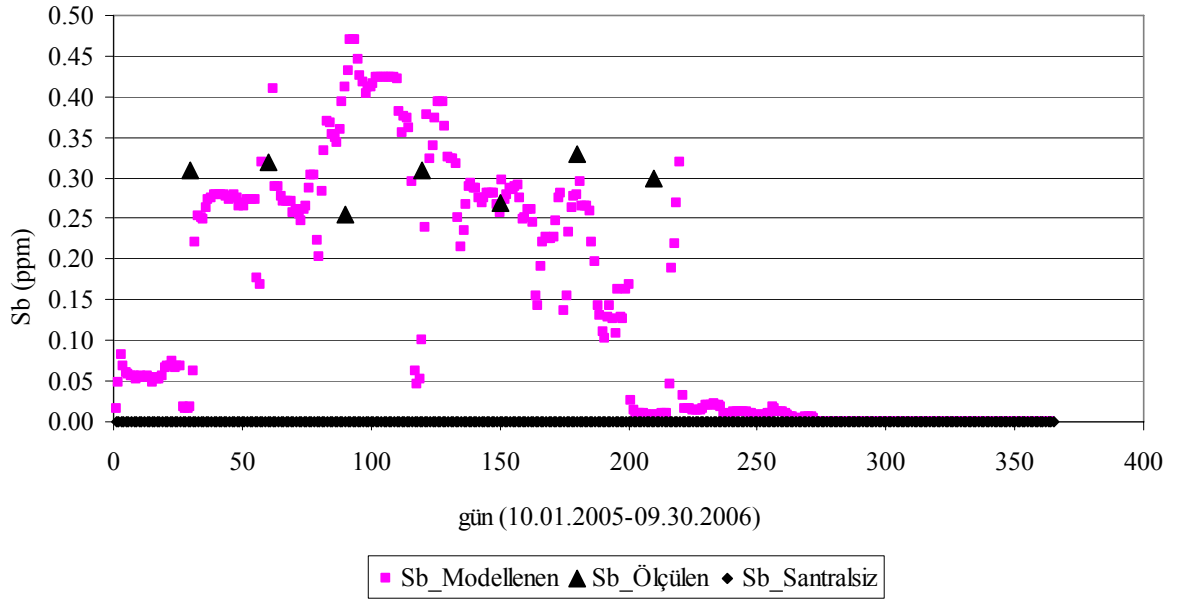
Şekil 8.10. Santralin mansabında yer alan 12 nolu nehir bölümünde modellenen akım değerleri.



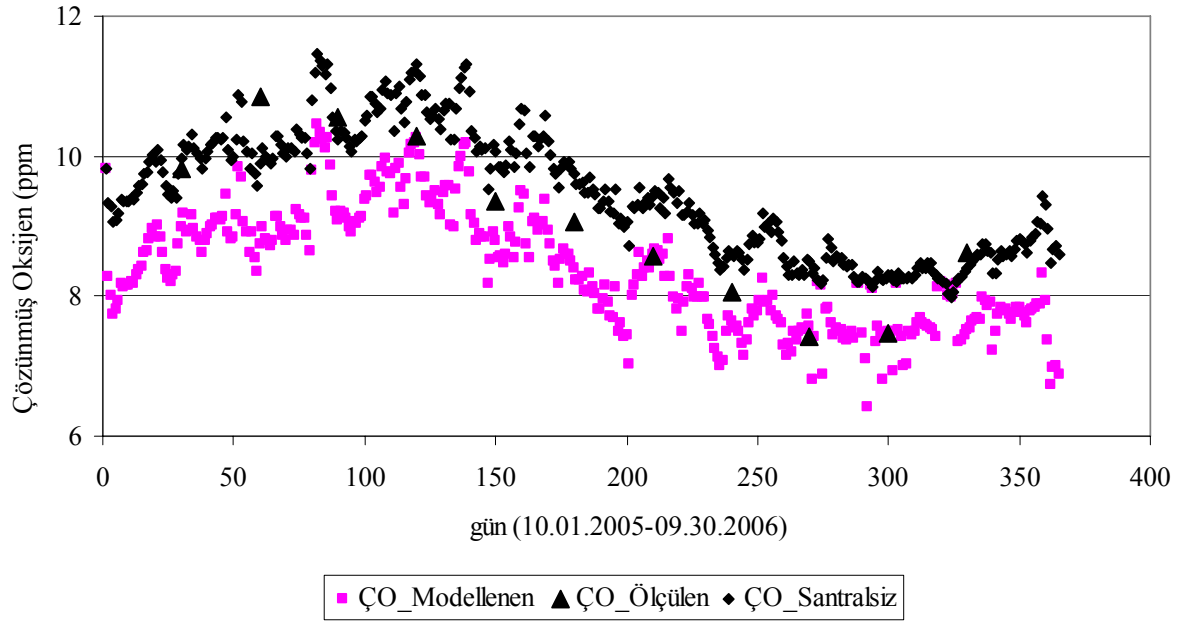
Şekil 8.11. Santralin mansabında yer alan 12 nolu nehir bölümünde santral olma ve olmama durumunda modellenen arsenik konsantrasyonlarının karşılaştırılması.



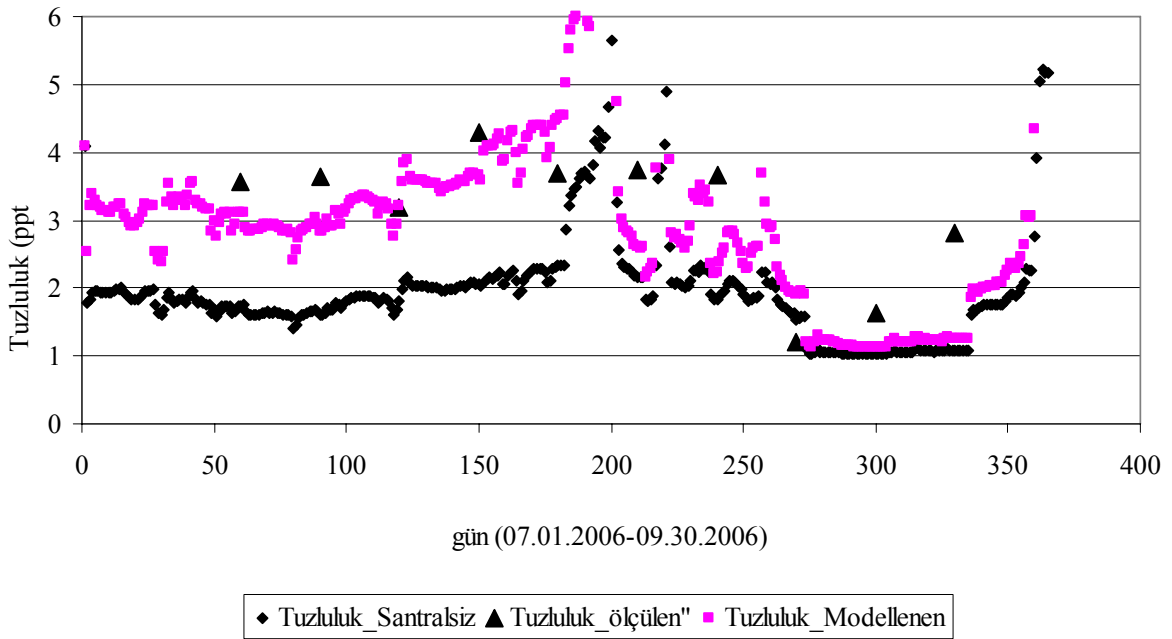
Şekil 8.12. Santralin mansabında yer alan 12 nolu nehir bölümünde santral olma ve olmama durumunda modellenen lityum konsantrasyonlarının karşılaştırılması.



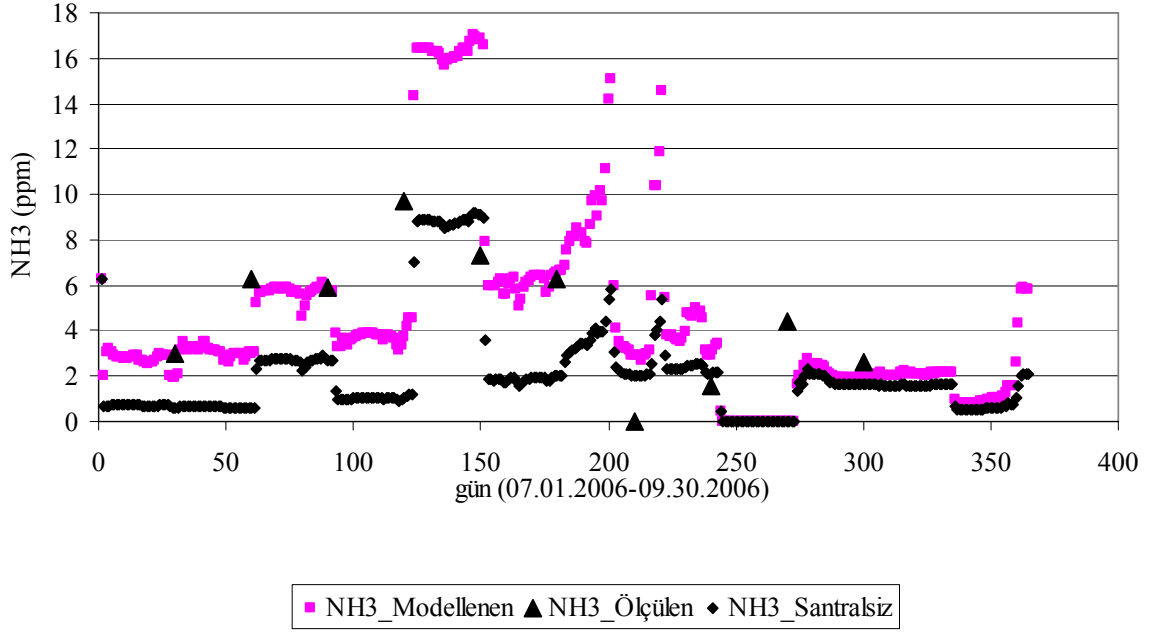
Şekil 8.13. Santralin mansabında yer alan 12 nolu nehir bölümünde santral olma ve olmama durumunda modellenen antimon konsantrasyonlarının karşılaştırılması.



Şekil 8.14. Santralin mansabında yer alan 12 nolu nehir bölümünde santral olma ve olmama durumunda modellenen çözünmüş oksijen konsantrasyonlarının karşılaştırılması.



Şekil 8.15. Santralin mansabında yer alan 12 nolu nehir bölümünde santral olma ve olmama durumunda modellenen tuzluluk konsantrasyonlarının karşılaştırılması.



Şekil 8.16. Santralin mansabında yer alan 12 nolu nehir bölümünde santral olma ve olmama durumunda modellenen NH₃ konsantrasyonlarının karşılaştırılması.

Kaynaklar

1. AMBROSE, R.B., Wool, T., Martin, J.L., WASP User's Manual, US Environmental Protection Agency, Environmental Research Laboratory, Athens, Georgia, (1993).
2. BELL, V.A., George, D.G., Moore, R.J., Parker, J., Using A 1-Dimensional Mixing Model to Simulate The Vertical Flux of Heat and Oxygen In A Lake Subject to Episodic Mixing (2005). Pp: 46.
3. ERTÜRK, A., Kerestecioğlu, M., Gönenç, İ.E., Use of Mathematical Stream Modelling as a Decision Making Tool for Upgrading The Wastewater Treatment Plants: Ankara Case Study, 4th IWA World Water Congress and Exhibition, 19-24 September, Marrakes-Fas, (2004).
4. KANER, K., *Sülüngür Gölü'nde Besi Maddesi Döngülerinin Ön Modelleme Çalışması*, (Bitirme Ödevi), Çevre Mühendisliği Bölümü, İnşaat Fakültesi, İTÜ, (2005).
5. MUHAMMETOĞLU, A.B., *A Three Dimensional Water Quality Macrophyte for Shallow Lakes*, (Doktora Tezi), Orta Doğu Teknik Üniversitesi, (1998).
6. ÖZKAN, Ö. Ö., *Büyük Menderes ve Küçük Menderes Havzaları Bölgesel Taşkın Analizi*, (Yüksek Lisans Tezi), İnşaat Mühendisliği Bölümü, Dokuz Eylül Üniversitesi, (2005).
7. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği, (1991).
8. YANG, C.T., Sediment Transport, Resistance to Flow and Bed Forms, (1996), Pp:60.
9. YEŞİLIRMAK, E., *Büyük Menderes Akarsuyu Bazı Su Kalitesi Parametrelerinin Zaman ve Mekan Boyutundaki Değişiminin İstatiksel Analizi*, (Doktora Tezi), Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Ege Üniversitesi, (2006).

9. ÇEVRESEL ETKİ DEĞERLENDİRME

9.1. Giriş

Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED), belirli bir proje veya gelişmenin, çevre üzerindeki önemli etkilerinin belirlendiği bir süreçtir. Bu, kendi başına bir karar verme süreci değil karar verme süreci ile birlikte gelişen ve onu destekleyen bir süreç olup yeni proje ve uygulamaların, çevreye olabilecek sürekli veya geçici potansiyel etkilerinin sosyal sonuçlarını ve alternatif çözümlerini de içine alacak şekilde analizi ve değerlendirilmesidir.

ÇED'in amacı; ekonomik ve sosyal gelişmeye engel olmaksızın, çevre değerlerini ekonomik politikalar karşısında korumak, planlanan bir faaliyetin yol açabileceği bütün olumsuz çevresel etkilerin önceden tesbit edilip, gerekli tedbirlerin alınmasını sağlamaktır.

ÇED'in temel görevi; projelerle ve gelişmelerle ilgili karar vericilerin daha bütünsel, yani karara etkiyecek birden fazla faktörü göz önüne alacak bir şekilde daha sağlıklı karar vermelerini sağlamak için onlara projelerden kaynaklanabilecek çevresel etkileri net bir şekilde göstermektir.

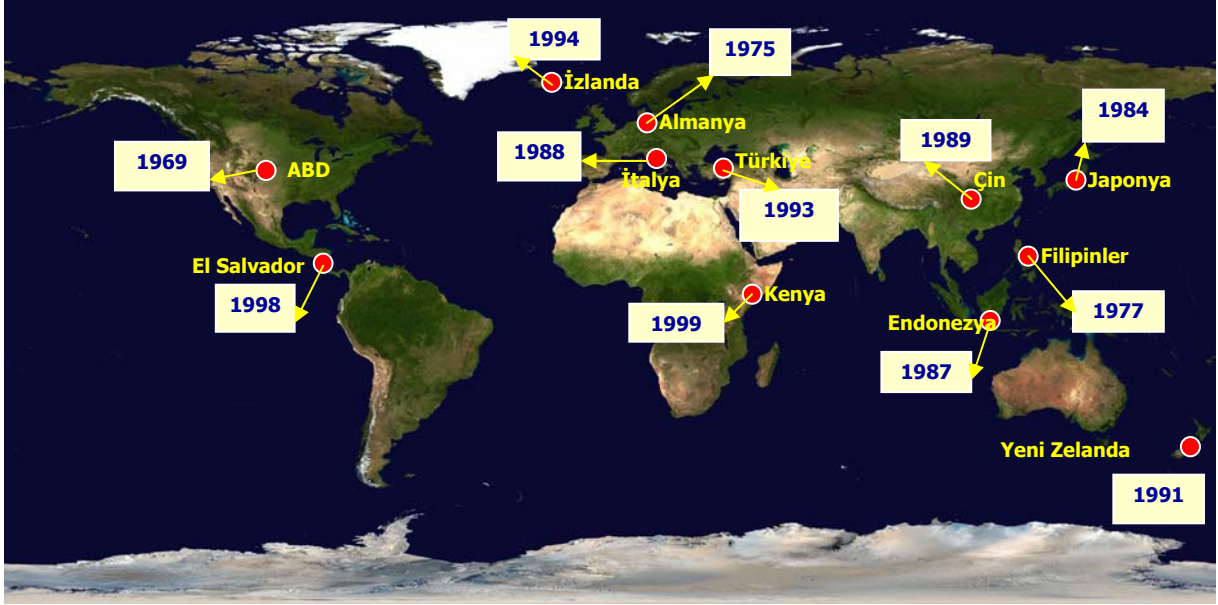
ÇED, projelerle ilgili bütün tarafların bir araya geldiği ve görüş, kaygı ve önerilerini ortaya koyabildikleri demokratik ve şeffaf bir süreçtir. İlgili taraflar bu süreç içerisinde ortaya koydukları teknik bilgi ve görüşlerle projenin en optimum şekilde gelişimine katkı sağlarlar.

İyi işleyen bir ÇED sürecinin şeffaf tabiatı sayesinde, halka/diğer ilgili taraflara danışarak ve olabildiğince gerçekleştirilmesi istenen projeye ilişkin ve geniş çapta bilgi toplayarak, projenin uygulanması sırasında ortaya çıkabilecek olası problemler, henüz projenin tasarım aşamasında çözülebilir veya hafifletilebilir. Bu yolla (bazen öngörülen) problemlerin pek çoğu, fiili uygulama başlamadan çözülmeye çalışılır ve böylelikle maliyetli zaman kaybı önlenmiş olur.

Önerilen projeye getirilen çeşitli alternatiflerin ÇED çalışması kapsamında incelenmesi, çevresel faydaları artırırken, proje sahibinin maliyetlerini azaltabilecek başka seçenekler de sunabilir. Halkın katılım süreci sayesinde, ilgili taraflar, proje sahibi ile kamu kurum ve kuruluşları arasında güven duygusu oluşturur ve katılımcı tabiatı sayesinde de ÇED süreci, o ülkenin genel demokratik sürecine katkıda bulunur (Pınarlı ve Salihoğlu, 2007).

9.2. ÇED'in Dünyada Kullanımı

ÇED çevre yönetiminde yaygın olarak kullanılan bir araçtır. İlk ÇED prosesi 1969 yılında ABD'de oluşturulmuştur. Daha sonra diğer ülkeler tarafından da değişik formlarda ve isimlerde ÇED prosesleri kullanılmaya başlanmıştır. ABD'yi, 1973'te Kanada, 1974'te Avustralya, 1975'te Almanya, 1976'da Fransa takip etmiştir. Türkiye'de ise ÇED kullanımına 1993 yılında başlanmıştır. Dünya'da ÇED uygulayan ülkelerden bazıları ve uygulamaya başlangıç yılları Şekil 9.1'de gösterilmiştir (Baba, 2003).



Şekil 9.1. Dünya'da ÇED uygulayan ülkelerden bazıları ve uygulamaya başlangıç yılları (Baba, 2003).

Her ülkede ÇED uygulamaları birbirinden farklı olmakla birlikte ana aşamalar benzerlik gösterir. Aşağıda hem elektrik hem de bölgesel ısıtma sistemi uygulamalarının yaygın olduğu ABD ve İzlanda'da uygulanmakta olan ÇED prosedürleri örnek olarak verilmiştir.

9.2.1. ABD

ABD'deki jeotermal projeler, geniş kapsamlı ve kaynağa özel olduğu için federal, eyalet ve yerel düzeylerde kanunlar geliştirilmiştir.

Çevresel düzenlemeler; hava, su, toprak ve sosyo-kültürel çevreyi korumak amacıyla düzenlenen spesifik kanunlar kadar, teklif edilen bir proje için çevresel etki değerlendirme prosesinin gerekliliğini de içerir. Jeotermal projelerin uyması gereken çevreselyasalar:

- National Environment Policy Act (NEPA) (Ulusal Çevre Politikası Anlaşması),
- Geothermal Resources Operational Orders (GROs) (Jeotermal Kaynakların İşletilmesi Düzenlemesi),
- Specific Resource Protection Laws (Kaynak Koruma Yasaları).

Çevreyi korumak için düzenlenen öncelikli Amerikan yasalarından biri NEPA'dır ve ulusal topraklardaki projelere uygulanır. NEPA'nın amacı, doğa ve insanın yaşadığı üretici denge içerisinde var olan koşulları yaratma ve korumadır.

Çevresel Etki Belirleme (EA) dökümanı ve Çevresel Etki Sözleşmesi (EIS), teklif edilen bir projeden sonuçlanacak potansiyel veya belirli herhangi bir çevresel etkinin objektif analizi ve proje ile ilgili kabul edilebilir tüm alternatifleri sağlamaya yöneliktir. NEPA prosesi ana başlıklar altında Şekil 9.2'de verilmektedir.

NEPA federal kurumların, belirli potansiyel olumsuz çevresel etkilerini gözönünde bulundurmalarını gerektirir. Bunun yanı sıra, Amerikan Kongresi'nin NEPA altındaki politikası ile ekonomik gelişme ihtiyaçları da tanınmıştır. Federal hükümet amacı şöyle yönlendirmiştir: "Çevresel amaçlar kadar şu andaki ve gelecekteki Amerikan neslinin sosyal, ekonomik ve diğer gereksinimlerini karşılamak".

NEPA, EA (Çevresel etki belirleme)'nin önerilen projeler için hazırlanmasını, projenin insan çevresindeki kaliteye belirli bir etkisi olup olmayacağını belirlemek için gerektirir.

Eğer projenin çevresel analizinde belirli bir etki tesbit edilmediyse, ilgili kurum tarafından herhangi bir belirti-etki bulgusu yok (FONSI) raporu hazırlanır ve kurum proje için gerekli izni verir. Eğer proje önemli çevresel etkilere sahipse o zaman bir Çevresel Etki Sözleşmesi (EIS) hazırlanmalıdır.

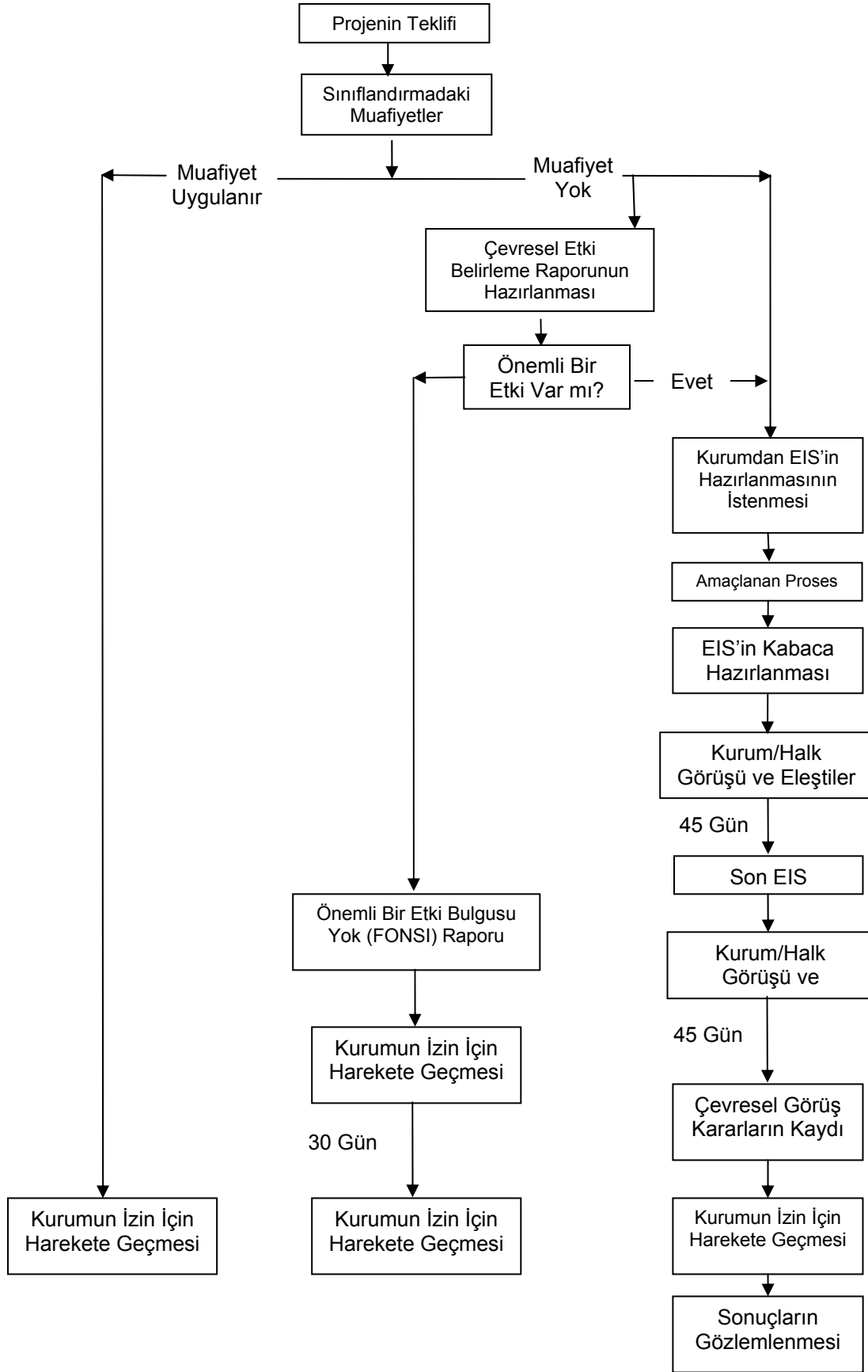
Proje başvurusu teklifini verdikten sonra ilgili kurum çevre dökümanlarını hazırlar. Bununla birlikte proje uygulayıcısı, dokümanların bir danışman tarafından hazırlanmasını isteyebilir. Danışmanların ilgili kurum doğrultusunda objektif bir analiz yapmaları gerekir. Çoğu durumda başvurusunun EA ve EIS'nin hazırlanmasına katılmasına izin verilmez. Fakat halkın görüşlerinin istendiği aşamada başvuru yorum yapılabilir.

NEPA ayrıca ilgili kurumu izleme ve ölçüm yapmaya da zorlar. NEPA'nın geniş zorunluluklarına ek olarak; hava kalitesi, su kaynakları, balık ve vahşi yaşam, bitki örtüsü, kültürel ve arkeolojik kaynaklar ile halk sağlığı ve emniyeti gibi spesifik parametreler için çevrenin korunması ile ilgili bir seri ulusal, bölgesel ve yerel düzenlemeler mevcuttur.

Spesifik çevresel yasalar: Temiz Hava Anlaşması, Temiz Su Anlaşması, Tehlikedeki Türler Anlaşması, Arkeolojik Kaynakları Koruma Anlaşması, Tehlikeli Atıklar ve Malzemeler Yönergeleri, İş Sağlığı ve Emniyeti Anlaşması.

Jeotermal Kaynak İşletim Kuralları (GROs), işletme sırasında uygulanması gereken kuralları belirlemek için geliştirilmiştir. GRO'lar arama ve üretim sondajı yanında, sondaj ve kullanım sırasında çevresel etkileri minimize etmek amacıyla teknik konuları işaret eder. Bunlar:

- Arama işlemleri
- Sondaj, testler ve kuyuların tamamlanması
- Kuyuların kapatılması
- Genel çevresel koruma
- İşletme planları, izinler, raporlar, kayıtlar ve formlar
- Boru hatları ve yüzeysel üretim faaliyetleri
- Üretim ve güvenilir ölçümler, ekipman ve test prosedürü (Gökçen, 2001; Baba, 2003).

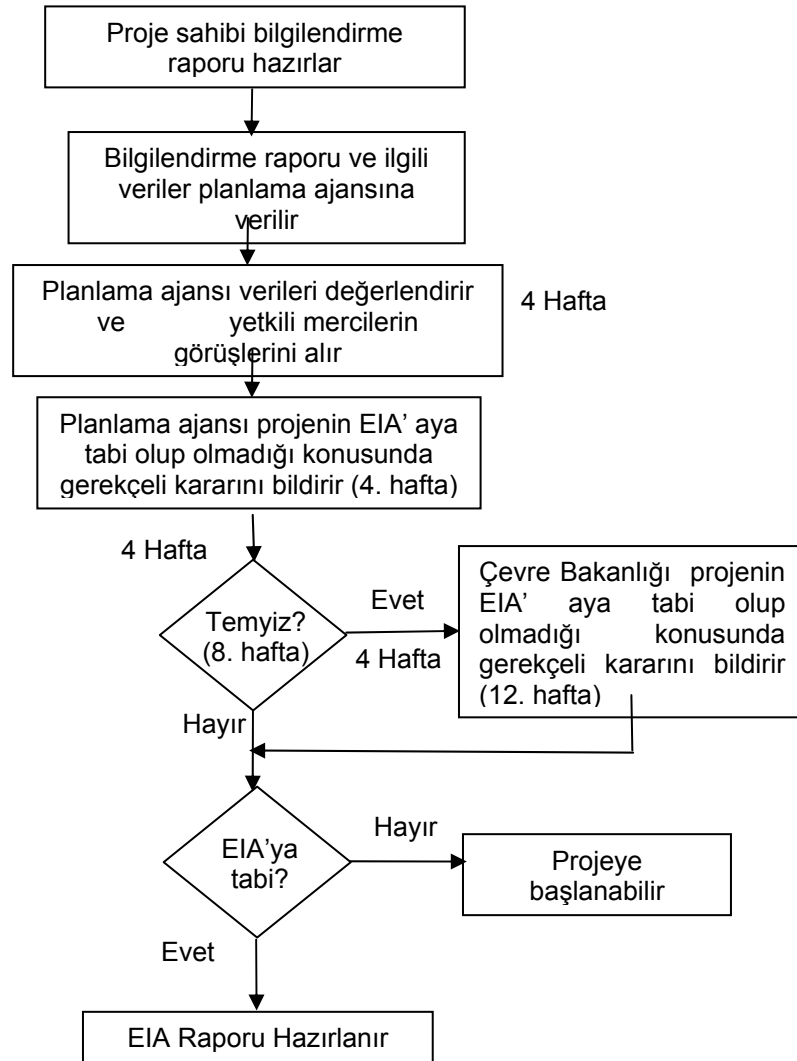


Şekil 9.2. NEPA ÇED Prosesi (Gökçen, 2001; Baba, 2003).

9.2.2. İzlanda

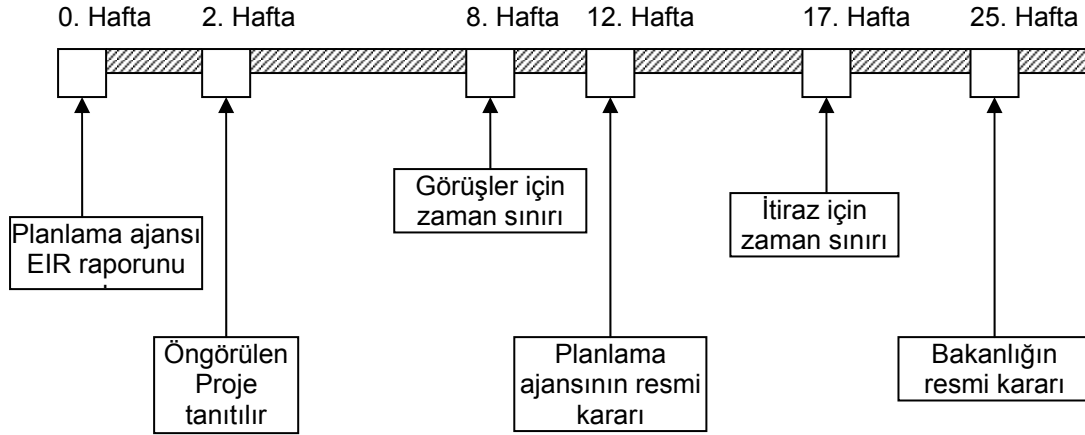
İzlanda'da ÇED ile ilgili kanun 1994 Mayıs ayından çıkarılmış, 2000 yılında ise güncellenmiştir. Çevre Bakanlığı, bu konuda otorite sahibidir. Planlama Kurumu, Bakanlığın danışmanlığını yapar ve temel noktaların elde edilmesi ve direktiflerin yerine getirilmesi konularında denetim ve danışmanlık yapmakla sorumludur.

Kanun ile; çevre, toprak, bölgesel sular, bölgesel hava sahası ya da İzlanda'nın bölgesel olarak kirlenmesi konularında önemli etkileri olan bütün projeler ÇED kapsamına alınmıştır. Jeotermal projelerde, 10 MW_e'ten daha büyük elektrik santralleri ya da 50 MW_t'den büyük jeotermal sistemler için ÇED gerekmektedir. Fakat potansiyel etkilerinin belirtildiği ek yönetmeliğe göre, jeotermal projeler ÇED kapsamına dahil edilmeyebilirler. Ek yönetmelikle ilgili proses Şekil 9.3'de gösterilmektedir (Baba, 2003).



Şekil 9.3. İzlanda'da uygulanan ÇED için ek yönetmelik prosedürü (Baba, 2003).

ÇED raporu gerekli kararı verilen bir proje için uygulanan ÇED prosedürü ise Şekil 9.4'de verilmektedir.



Şekil 9.4. İzlanda'da uygulanan ÇED prosedürü (Baba, 2003).

9.3. ÇED'in Türkiye'de Kullanımı

Türkiye, son yirmi yılda, çevre sorunlarına eğilmek üzere çeşitli mekanizmaların oluşturulmasında büyük ilerlemeler kaydetmiştir. 1982 Anayasası, yurttaşlara sağlıklı ve dengeli bir çevrede yaşama hakkı tanımaktadır. 1983 yılında 2872 Sayılı Çevre Kanunu çıkarılmış, 1991 yılında ise Çevre Bakanlığı kurulmuştur.

1982 Anayasasınının 56. maddesinde "Herkes sağlıklı ve dengeli bir çevrede yaşama hakkına sahiptir" denilmekte ve çevreyi geliştirmek, çevre sağlığını korumak ve çevre kirlenmesini önlemek devletin ve vatandaşların ödevidir hükmünü getirmektedir.

11 Ağustos 1983 tarihinde yayımlanmış olan 2872 Sayılı Çevre Kanunu, çevreyle doğrudan ilgili olarak hazırlanmış olan bir dizi yasal düzenlemenin başında gelmektedir. Bu yasanın çağdaş bir çevre koruma ilkesi olan "kirleten öder" ölçüsünü benimsemiş olması en büyük kirleticisi olan devlete düşen sorumlulukları da artırmıştır.

Çevre Kanunu'nda yer alan temel ilkeler; çevrenin korunması konusunda devlet yanında vatandaşın da sorumluluk taşıdığı, çevre korunması ve kirliliğine ilişkin karar ve önlemlerin tespit ve uygulamasından bunların kalkınma çalışmalarına olan etkileri dikkate alınarak değerlendirilmesi gerektiğidir (Çevre Kanunu, 1983).

ÇED, ülkemizde 7 Şubat 1993 tarihinden bu yana uygulanmaktadır (Pınarlı ve Salihoğlu, 2007). ÇED Yönetmeliği ile ilgili revizyon yapılmış ve 16.12.2003 tarih ve 25318 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanmıştır. Bu yönetmeliğe dayanılarak 24.02.2004 tarih ve 25383 sayılı Resmi Gazete'de Yeterlik Tebliği yayımlanarak yürürlüğe girmiş ve ÇED Raporu hazırlayacak kurum ve kuruluşlarda Yeterlik Belgesi şartı getirilmiştir (Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği, 2003).

9.3.1. Çevresel Etki Değerlendirme (ÇED) Prosedürü

Gerçekleştirmeyi planladıkları faaliyetleri sonucu, çevre sorunlarına yol açabilecek kurum, kuruluş ve işletmelerin çevreye yapabileceği tüm olumsuz etkileri göz önünde bulundurularak, çevre kirlenmesine sebep olabilecek artık ve atıkların ne şekilde zararsız hale getirileceğini ve bu hususta alınacak tedbirleri belirten rapordur.

ÇED Prosedürü, Çevre ve Orman Bakanlığı'na bağlı Çevresel Etki Değerlendirmesi ve Planlama Müdürlüğü tarafından kontrol edilmektedir.

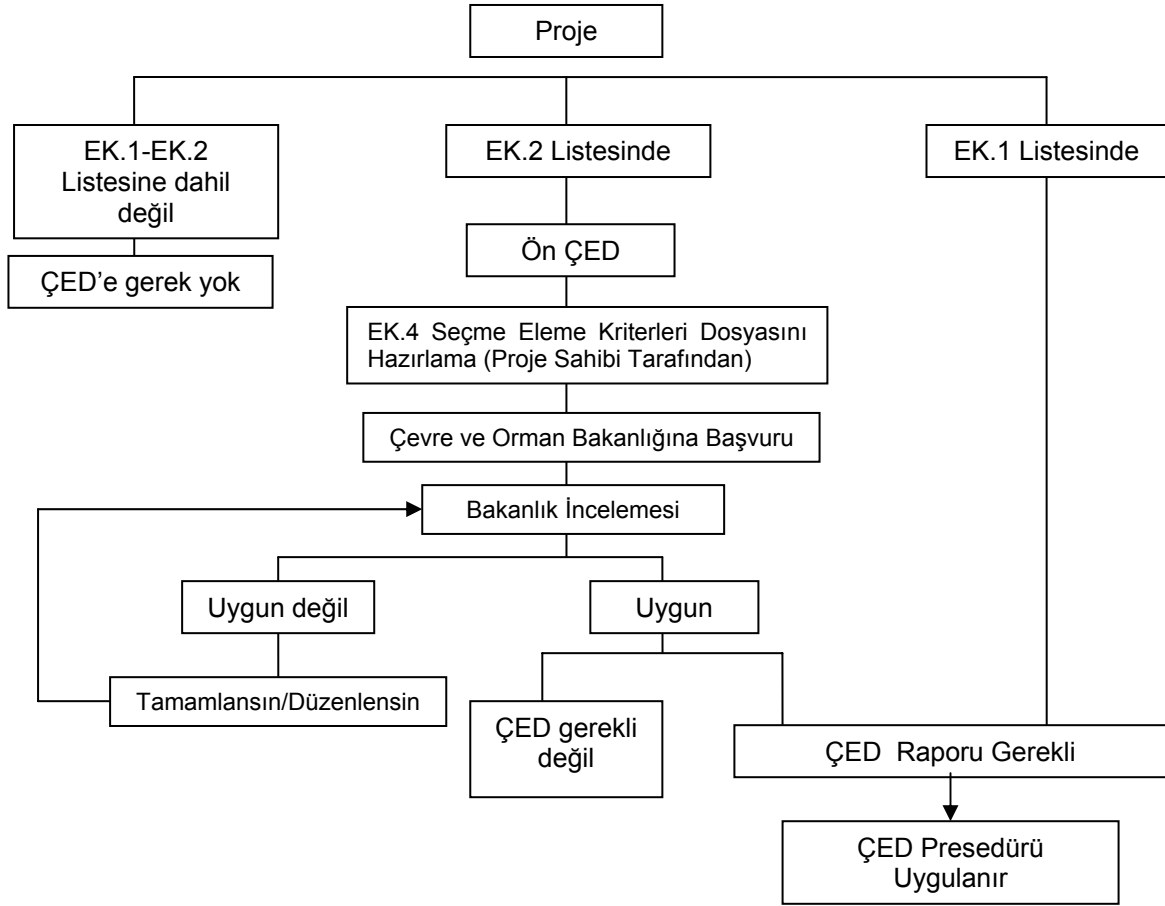
ÇED Yönetmeliğine göre (Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği, 2003), ÇED Raporuna tabi kurum, kuruluş ve işletmeler özelliklerine göre iki gruba ayrılmıştır. Birinci grupta yönetmeliğin EK-1 listesinde yer alan veya Bakanlıkça "ÇED Gerekli"dir kararı verilen bir proje için özel bir formata göre hazırlanacak ÇED Raporu yer alır. İkinci grupta ise, yönetmeliğin EK-2 listesinde yer alan projelere ÇED uygulanmasının gerekli olup olmadığının belirlenmesi amacıyla, proje sahibi, bir dilekçe ekinde Ek-IV'e göre hazırlayacağı üç adet Proje tanıtım dosyası ve eklerinde yer alan bilgi belgelerin doğru olduğunu belirtir taahhüt yazısını ve imza sirkülerini Bakanlığa sunar. Bakanlık, proje için hazırlanan proje tanıtım dosyasını Ek-IV'de yer alan kriterler çerçevesinde toplam yirmibeş işgünü içinde inceler. Dosya kapsamındaki bilgi ve belgelerde eksikliklerin bulunması halinde bunların tamamlanmasını proje sahibinden ister. Bu süreç sonucunda ÇED Gerekli" veya "ÇED Gerekli Değildir" kararı verilir. ÇED gerekli değildir kararı alınan faaliyetler için 5 iş günü askıda ilan ve halkın bilgilendirilmesi yapılır ve 5 yıl içinde yatırıma başlanmalıdır.

ÇED Raporu hazırlanması gerektiren faaliyetler için; Bakanlık, planlanan faaliyetin belirtilen yerde gerçekleştirilmesinin mevzuat açısından uygun olup olmadığına, ilgili kamu kurum ve kuruluşları nezdinde yapacağı araştırma sonucunda karar verir. EK-1 listesinde yer alan faaliyetler için proje tanıtım dosyasının uygunluğu, halkın katılımıyla oluşturulan özel format yatırımcıya verilir ve bunun sonucunda hazırlanan ÇED Raporu Bakanlığa sunulur. EK-2 listesinde yer alan faaliyetler için ÇED gerekli kararı verilmişse, ÇED prosedürü uygulanır. ÇED prosesi iş akım şeması Şekil 9.5'de verilmiştir.

ÇED gerektiren faaliyetler için hazırlanan proje tanıtım dosyası Bakanlığa sunulur. Bakanlıkça uygunluk yönünden incelenir ve İnceleme Değerlendirme Komisyonu (İDK) kurulur. İDK Genel Değerlendirme Toplantısı ilgili kurum ve kuruluş temsilcileri Bakanlık yetkileri ile proje sahibi ve/veya temsilcilerinden oluşur. Komisyonun kapsam belirleme toplantısından önce, halkı yatırım hakkında bilgilendirmek, projeye ilişkin görüş ve önerilerini almak üzere proje sahibi tarafından projenin gerçekleştirileceği yerde Bakanlık ile mutabakat sağlanarak belirlenen tarihte, halkın katılımı toplantısı düzenlenir. ÇED sürecinden önce proje sahibi tarafından, halkı bilgilendirmek amacıyla anket, seminer vb. çalışmalar yapılabilir. Komisyon çalışmalarından önce halkın katılımı sağlanmış olur. Komisyon tarafından projeye ilişkin olarak hazırlanacak olan ÇED Raporunun formatı belirlenir. Halkın Katılımı Toplantısındaki görüş ve öneriler de dikkate alınarak özel format ile ÇED Raporunu hazırlayacak çalışma grubu belirlenir. Halkın Katılımı, Bilgilenme, Kapsam Belirleme ve Özel format verme işlemleri, 12 işgünü içerisinde tamamlanır.

Özel formata uygun olduğu tesbit edilen ÇED Raporu, proje sahibi tarafından yeterli sayıda çoğaltılarak maksimum bir yıl içerisinde Bakanlığa sunulur. Bakanlık, ÇED Raporunu incelemek ve değerlendirmek üzere yapılacak toplantının tarihini ve yerini belirten bir yazı ekinde raporu komisyon üyelerine gönderir.

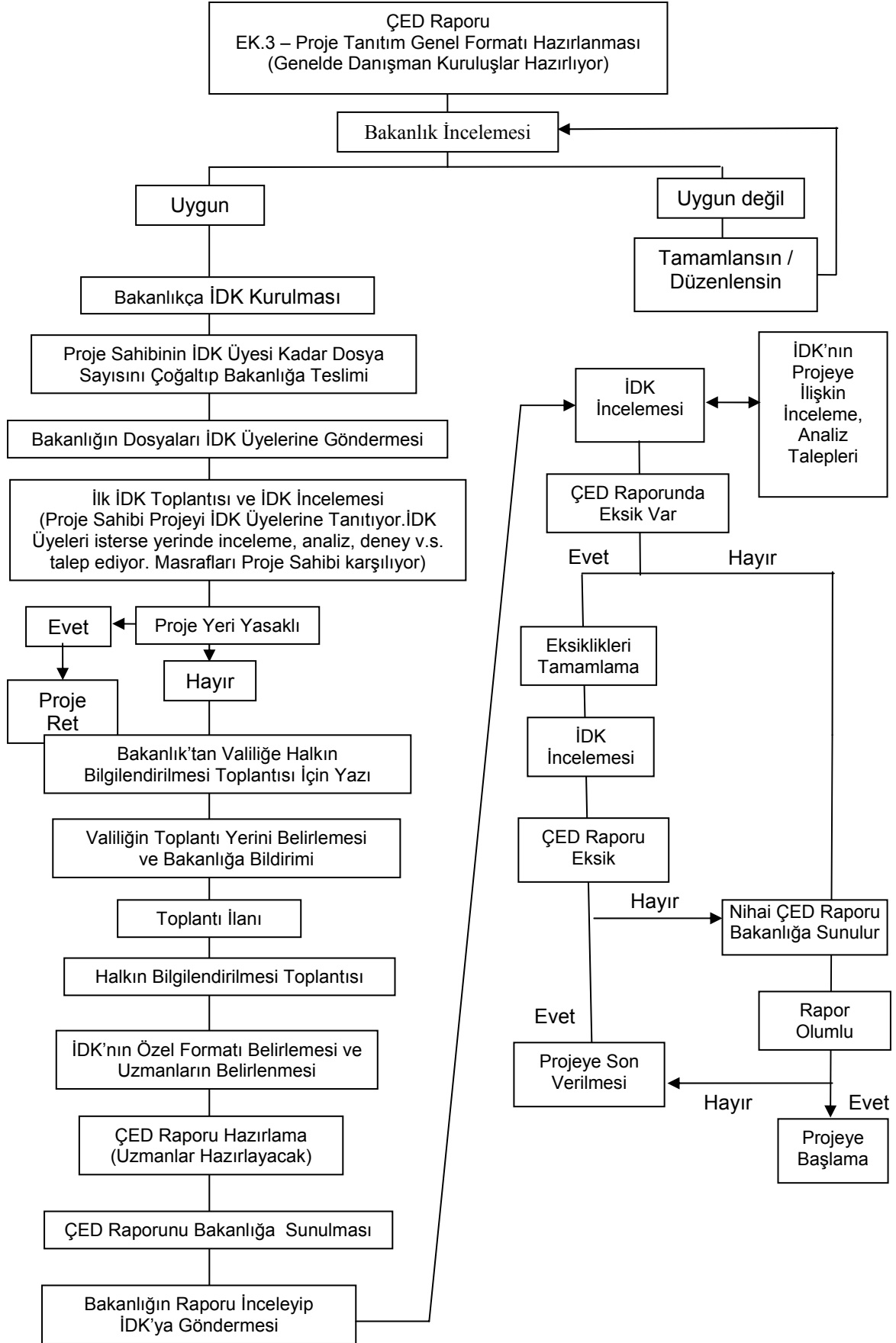
ÇED Raporunu incelemek isteyenler, Bakanlık merkezinde veya İl Çevre ve Orman Müdürlüğünde duyuru tarihinden itibaren raporu inceleyerek proje hakkında Bakanlığa veya Valiliğe görüş bildirebilirler. Valiliğe bildirilen görüşler Bakanlığa iletilir. Bu görüşler komisyon tarafından dikkate alınır. İnceleme, değerlendirme sürecinin tamamlanmasından sonra bildirilen görüşler dikkate alınmaz.



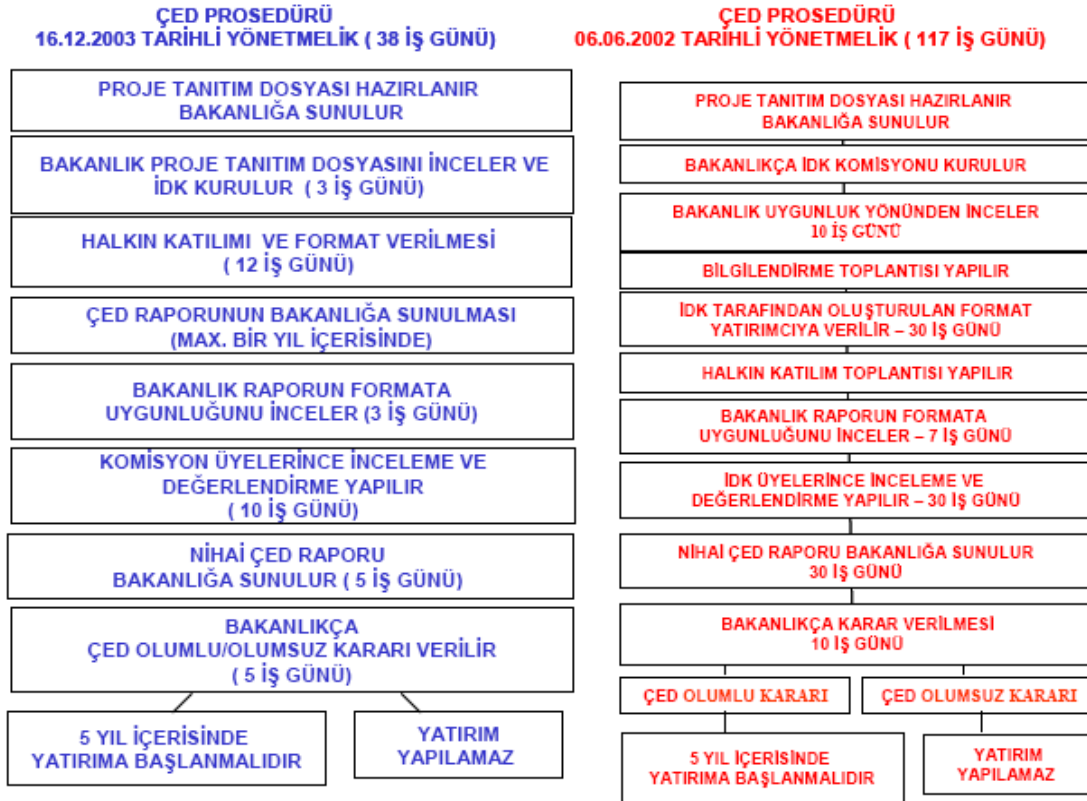
Şekil 9.5. ÇED prosesi iş akım şeması (Pınarlı ve Salihoğlu, 2007; Baba, 2003).

Komasyon ÇED Raporunu, ilk inceleme değerlendirme toplantısından sonraki on işgünü içinde inceler ve değerlendirir. Komasyonun değerlendirmeleri, üyeler tarafından imzalanmış bir tutanakla saptanır. Nihai ÇED Raporu ile diğer belgelerin Bakanlığa sunulmasını takiben, inceleme Değerlendirme Komasyonu'nun Rapor hakkındaki kararını esas alarak, Bakanlık "ÇED Olumlu Karan" ya da "ÇED Olumsuz Karan" verir. 5 iş günü askıda ilan edilir ve 5 yıl içerisinde yatırıma başlanmalıdır (Pınarlı ve Saligoğlu, 2007). Uygulanmakta olan ÇED prosedürü Şekil 9.6'da gösterilmektedir.

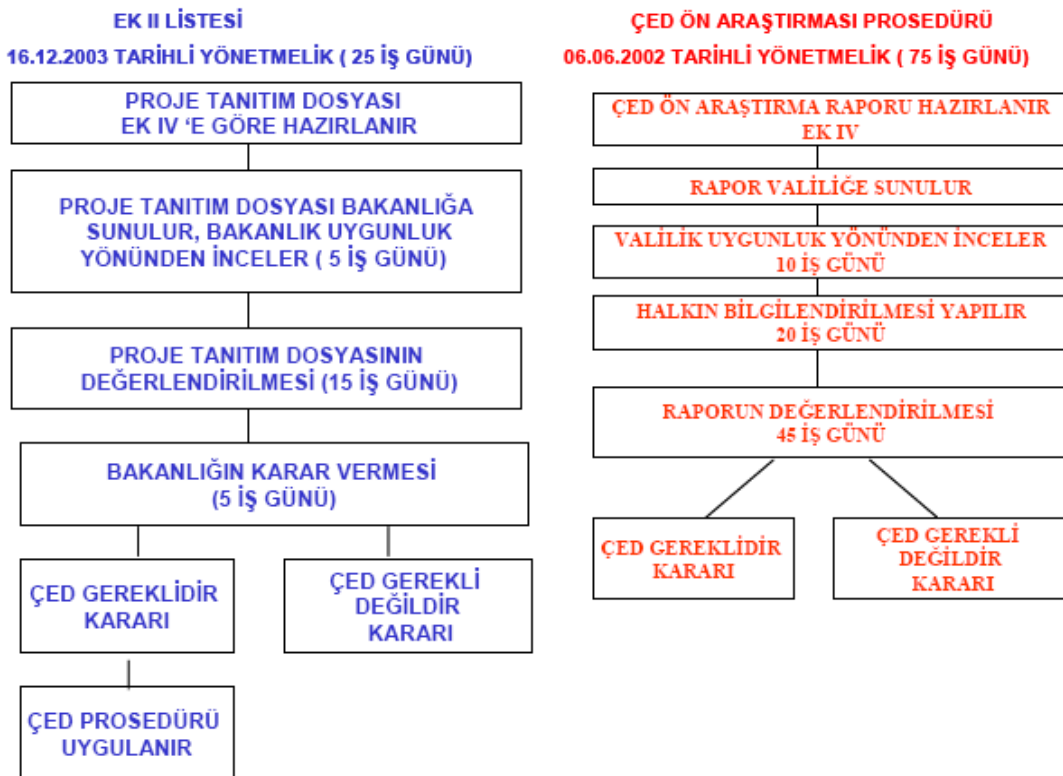
06.06.2002 tarihli ÇED yönetmeliğinde toplam 117 iş günü olan ÇED süreci, 16.12. 2003 tarihli yönetmelikle 38 iş gününe indirilmiştir. Yönetmeliklerdeki iş akışı ve gerekli süreler Şekil 9.7'de gösterilmektedir.



Şekil 9.6. ÇED prosedürü. (Pınarlı ve Saligoğlu, 2007, Baba, 2003).



ÇEVRESEL ETKİ DEĞERLENDİRMESİ YÖNETMELİĞİ AKIM ŞEMASI



Şekil 9.7. ÇED prosedürü (Pınarlı ve Salihoğlu, 2007).

9.3.2. Stratejik Çevresel Değerlendirme (SÇD) Prosedürü

“Stratejik ÇED”, ihtiyaç duyulan yeni bir işletmenin, henüz yer seçimi yapılmadan, ülke genelinde çevresel, sosyal ve ekonomik açıdan en uygun yer alternatifinin belirlenmesi ve bunlar içinden özellikle çevresel sorunlara en az neden olabilecek yerin seçilmesi ve daha sonrasında, o yerde kurulacak tesis için ÇED çalışmalarının yapılmasını öngörmektedir (Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği, 2003).

Temmuz 2004’de AB Stratejik Çevresel Değerlendirme (SÇD) Direktifi (20001/42), hem plan ve programların geliştirilmesindeki hem de bu plan ve programlar hakkında karar verme sürecindeki potansiyel çevresel etkileri dikkate alma hedefini sağlamak için yürürlüğe girmiştir. Direktif, çevre üzerinde olası önemli etkilere sahip tüm düzenleyici plan ve programlara uygulanmasını amaçlamaktadır. Direktif, plan ve programlara ait etkilerin sistematik bir süreci için temel gerekçelerin ana hatlarını belirlemektedir. Direktif, temel çevresel bilgilerin toplanmasını ve sunumunu, plan ve program alternatiflerinin çevresel etkilerine göre geliştirilmesini ve karşılaştırılmasını, ve halkın ve ilgili kamu kuruluşlarının SÇD sürecindeki danışılmalarını belirtmektedir.

SÇD Yönetmeliği, tam anlamıyla uygulandığı zaman, daha iyi bilgilendirilmiş ve daha geniş biçimde destek bulmuş planlama kararlarının üretilmesine yardımcı olacaktır. Bu sırasıyla, çevre için daha üst seviyede koruma ve daha sürdürülebilir bir kalkınma sağlayacaktır.

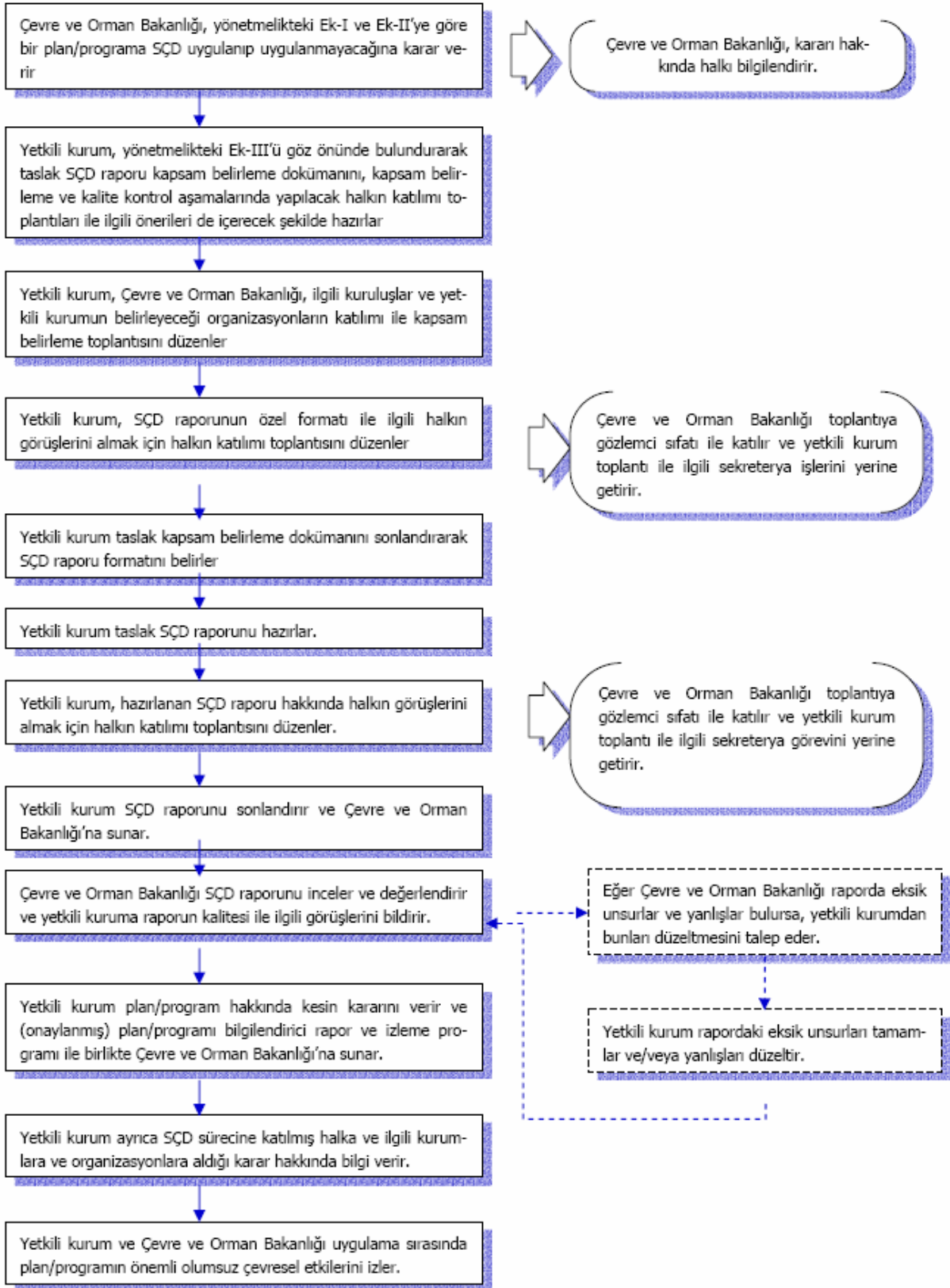
Öngörülen Avrupa Birliği’ne katılımı, Türkiye yaklaşım sürecini başlatmıştır ve AB SÇD Direktifi gerekliliklerini kendi ulusal mevzuatına uyarlamıştır. Bu sürecin sonucu olarak Taslak Türk SÇD Yönetmeliği oluşturulmuştur (Türkiye Çevre Durumu Raporu, 2008).

Stratejik Çevresel Değerlendirme (SÇD) prosedürü Şekil 9.8’de gösterilmektedir.

9.4. Jeotermal Kaynakların Mevzuattaki Yeri

Ülkemizde jeotermal kaynaklardan değişik adlar altında herhangi bir hak/ruhsat aranmaksızın yüzyıllardır yararlanılmıştır. Bu kaynaklarla ilgili ilk hak verme işlemleri, uygun ve yeterli bir mevzuatın olmadığı 1900’lü yılların başlarına doğru bazı padişahların fermanları ve Atatürk’ün vermiş olduğu bazı imtiyazlar ile başlamıştır. Daha sonra Bakanlar Kurulu kararı ile bazı jeotermal kaynaklar ve mineralli sulara işletme imtiyazları verilmiştir. Bu kaynaklarla ilgili doğrudan sağlıklı düzenlemenin olmadığı o yıllardan bu güne, bu kaynaklardan bilimsel ve teknik olarak tüm özelliklerine dayalı faydalanmadan ziyade, kamu yararı gözetilerek özellikle **ılıca/kaplıca ve içmece** amaçlı geleneksel/klasik şekilde yararlanılmakta olduğu bilinmektedir.

Ağırlıklı olarak **26.03.1322 (1906) tarihli Maadin Nizamnamesi** ile başlayan dönemde bazı içmece, maden suları/mineralli su, ılıca ve kaplıcalara işletme imtiyazlarının verilmesiyle bu kaynakların bir hak verme sistemine bağlandığı görülmektedir. Bunun yanında, **17.06.1942 tarihinde yürürlüğe giren 4268 sayılı Madenlerin Aranma ve İşletilmesi Hakkında Kanun** ile içmeye ve yıkanmaya mahsus olup, keşfedilmiş veya henüz keşfedilmemiş sıcak ve soğuk **suların** rüsum ve temettü hisselerinin İl Özel İdarelerine bırakıldığı belirtilerek hususi idareler bu suları doğrudan işletebilecekleri gibi taliplerine de işletme ruhsatnamesi vermek sureti ile de ihale edilebileceği hususu belirtilmiştir. Bu Kanun, daha çok önceki hakların korunması amacıyla düzenlenmiş olup, mülga olan bu kanunun belirtilen hususla ilgili 2 nci maddesi **1957 yılında yürürlüğe giren 6977 sayılı kanunla** değiştirilmiş olup daha sonar **927 sayılı kanuna** derç edilmiş ve halen yürürlüktedir.



Şekil 9.8. Stratejik Çevresel Değerlendirme (SÇD) prosedürü (Türkiye Çevre Durumu Raporu, 2008).

30.06.1926 tarihinde yürürlüğe giren 927 sayılı Sıcak ve Soğuk Maden Suların İstismarı ile Kaplıcalar Tesisatı hakkında Kanun yürürlükte olup, bu düzenleme, esasında İl Özel İdarelerine sadece maden sularının/minerali suların şifa amaçlı kullanımı ve jeotermal kaynakların düşük entalpili kesimin yıkanma amaçlı yararlanmada rüsum ve temettü hisselerinin alımı için görev ve yetki vermekte, ihale ile ilgili hususlar belirtilmektedir. Bu düzenleme ile pek çok hak verilmiş olup, bu düzenleme esasında sadece jeotermal kaynakların ve minerali suların bir kesimine, yani içmeye ve yıkanmaya mahsus olan ve sıcaklığı ortalama 40°C cevap verebilen bir düzenleme niteliğindedir.

23.06.1945 tarih ve 6039 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren **4759 sayılı İller Bankası Kanunu** dayanak gösterilerek İller Bankası tarafından 25.06.2001 tarihinde çıkarılan **İller Bankası Jeotermal Enerji Tesisi Projelerinin Hazırlanmasına Ait Yönetmelik** ile de jeotermal enerjinin aranabileceği, bu kaynağın aranmasına ve işletilmesine yönelik etüt ve sondaj çalışmalarına dair sonuç raporlarının düzenleneceği hususu öngörülerek, yönetmelik normlu bir düzenleme ile jeotermal kaynakların il, ilçe ve beldelerde aranabileceği yönünde de hükümler getirilmiş ve yönetmelik sonrası düzenlenen şartnamelerle jeotermal kaynaklara yönelik faaliyetler yürütülmektedir.

11.03.1954 tarih ve 8655 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren **6309 sayılı Maden Kanunda** bu kaynaklarla ilgili bir hüküm yer almamıştır. 18.06.1983 tarihinde **jeotermal enerji** kaynaklarının, içmeye ve yıkanmaya mahsus şifalı sular hakkındaki hükümler saklı kalmak kaydıyla bu kaynakların Maden Kanununa tabi tutulması, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının 05.05.1983 tarih ve 110/144-439/66317 sayılı yazısı üzerine 6309 sayılı Maden Kanununun 11.07.1963 tarih ve 271 sayılı Kanunla değişik 2 nci maddesinin birinci fıkrasına göre Bakanlar Kurulunca 09.05.1983 tarihinde kararlaştırılmıştır. Bakanlar Kurulunun 83/6568 sayılı bu kararı ile jeotermal kaynaklar kapsam itibariyle tamamen 6309 sayılı Maden Kanunu kapsamına alınmıştır. 6309 sayılı Kanuna, Bakanlar Kurulu kararıyla 1983 yılında ilk kez “**jeotermal**” ibaresi eklenmiş ve “**jeotermal enerji**” konseptinden bahsedilmiştir. Böylece, bu kaynaklara bir sistem ve bütüncül bir anlayışla yaklaşılması yirmi beş yıl öncesinden itibaren benimsenmeye başlanmıştır. Ancak, 1985 yılında çıkarılan ve **6309 sayılı Maden Kanununu yürürlükten kaldıran (15.06.1985) 3213 sayılı Maden Kanununda bu kaynaklarla ilgili düzenlemenin yer almaması, bu kaynaklarla ilgili mevzuat boşluğunu yeniden gündeme getirmiştir** (Güngör ve Tombul, 2008; Güneş, 2001).

Bu mevzuat yetersizliği ve boşluğunun uzun sürmesi bu alana yatırım yapmak isteyenler üzerinde uzun süre caydırıcı rol oynamıştır. Bu nedenle ilk kez 04.07.2002 tarihinde İzmir Valiliği tarafından çıkarılan **tebliğ** ile bir çözüm aranmaya başlanmıştır. Bu pratik çözümün gerekçesi, «**İlimizin yeraltı zenginlikleri arasında önemli bir yeri olan jeotermal kaynaklarının son zamanlarında denetimsiz olarak açılan ve kullanılan kuyular nedeniyle tahrip edilmekte olduğu ve mevcut rezervlerin yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kaldığı...**» şeklinde devam etmektedir. **İzmir ilinde bulunan jeotermal kaynakların araştırılması kuyu açılması ve işletilmesiyle ilgili ruhsatlandırılmasına ilişkin esas ve usullerin uygulanmasına dair karar tebliğ** ile bu kaynaklarla ilgili faaliyetler, 927 sayılı Kanunun yanında bu tebliğ vasıtasıyla bazı vilayetlerce yürütülmektedir (İzmir Valiliği Jeotermal Tebliği, 2002).

Jeotermal kaynaklarla doğrudan ilgisi olmadığı halde soğuk su ile ilgili arama ve araştırma yapılırken değişik nedenlerle jeotermal kaynak kapsamında kalan kaynağı aramak, araştırmak ve işletmek/üretmek de diğer bir uygulamaya gelen önemli bir sorundur. Halbuki 23/12/1960 tarih ve 10688 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan **167 sayılı Yer Altı Suları Hakkında Kanun’un** istisnalar başlıklı 19 uncu maddesi “**6309 sayılı Kanun hükümleri gereği maden telakki edilen sularla 927, 4268 ve 6977 sayılı Kanunların hükümlerine tabi bulunan içmeye ve yıkanmaya mahsus şifalı maden suları, bu Kanun hükümlerinden istisna edilmiştir....**” denilmektedir.

27.10.1988 tarihinde **2634 sayılı Turizm Teşvik Kanununa** eklenen (ek madde-1) **3487 sayılı Kanunla** Kültür ve Turizm Bakanlığına bu kaynaklarla ilgili bazı yetkiler verilmiştir. Buna göre ilan edilen turizm alanı ve merkezleri içerisinde yer alan yıkanmaya mahsus şifalı sıcak ve soğuk maden suları/minerali sular için verilmiş ve kullanılmakta olan haklar, tapuda müseccel haklar saklı tutulmak üzere turizm yatırımcılarına bu kaynakların kullanımı için bazı haklar verilmiştir. Yürürlükte olan bu kanun (ek madde-1) ile ilgili uygulamalar devam etmektedir. Bu kanun, ilk bakışta sadece şifa ve turizm amaçlı kullanımlar ile ilgiliymiş gibi görünmekle beraber, **31.12.1993 tarihinde yayımlanan Turizm Alan ve Merkezlerinde Termal Suların Kullanma Hakkı ve İşletme Usul ve Esasları Hakkında Yönetmelik** incelendiğinde; Turizm Alan ve Merkezlerinde yeralan termal suların değerlendirilmesi, yeni bulunacak termal suların kullanılması, termal suların araştırılarak, alanların potansiyellerinin belirlenmesi, potansiyellerin artırılması ile ilgili çalışmalar, bu kaynağın jeotermal enerjisinden yararlanma, jeotermal enerjiden entegre olarak ısıtma, soğutma gibi uygulamalara izin verme yetkisi, rezervuar performansının belirlenmesi ve rere-enjeksiyon uygulamaları ile ilgili karar, görev ve yetkiler, Kültür ve Turizm Bakanlığına geçmiştir. Ancak, bu yönetmelik hükümleri tam olarak uygulanamamıştır. Pek çok uygulamalara imkan veren bu düzenlemeler halen yürürlükte olup bu düzenlemeye dayalı elde edilen haklar bazı çevrelerce tartışılmaktadır.

18.05.2005 tarih ve 25819 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren **5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanıma İlişkin Kanun**da yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan **jeotermal kaynağa da** yer verilmiş olup elektrik enerjisi üretimine yönelik jeotermal kaynak alanlarının belirlenmesi, korunması ve kullanılmasını öngören bir teşvik yasası niteliğindedir ve sektöre alım garantisi de verilmektedir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) ve bakanlığın ilgili genel müdürlüklerinin görevlendirdiği bu kanunla yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımının yaygınlaştırılması, teşvik edilmesi, sera gazı emisyonlarının azaltılması ve çevrenin korunması gibi amaçları bulunuyor (Güngör ve Tombul, 2008; Güneş, 2001; Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretim Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun, 2005).

24.04.1930 tarihinde çıkarılan 1593 sayılı Hıfzıssıhha Kanununun 9 uncu bölümünde maden suları ve kaplıcalarla ilgili (madde 200-210 maddeleri arası) şifa hassaları, himaye mıntıkası ve kimyevi terkibi ile yurtdışından getirilecek maden sularının/minerali sularının ithalinin müsaadesi ile ilgili hususlar yer almakta olup bu kanun da halen yürürlükte. Bu kanuna dayanılarak 24.08.2001 tarihinde çıkarılan ve 09.12.2004 tarihinde de bazı maddeleri değiştirilen **kaplıcalar yönetmeliği** ile 01.12.2004 tarihinde çıkarılan **doğal minerali sular yönetmeliği** gibi düzenlemeler de sadece jeotermal kaynakların yıkanmaya uygun kesimi ve minerali suların içilebilir nitelikleri ile ilgili hususları içermekte olup, bu kanun ve yönetmeliklerin uygulanması Sağlık Bakanlığının görev ve yetkisinde devam etmektedir. Bu düzenlemeler ağırlıklı olarak bu kaynakların şifa özellikleri ile ilgilidir.

3213 sayılı Maden Kanununda 15.06.1985 tarihinden itibaren bu kaynaklara yönelik düzenleme olmaması nedeniyle daha önce bazı düzenlemelere göre verilmiş hakların devamının sağlanması veya uzatılması ile ilgili hususlar dikkate alınarak 05.06.2004 tarihinde yürürlüğe giren **5177 sayılı Kanunun** geçici 5 inci maddesi ile mülga 1322 ve 4268 tarih/ sayılı nizamname ve kanunla daha önce bir hakka bağlanmış ve temdidi gelmiş ancak, hem yatırımcının muhatap bulamaması hem de mevzuat boşluğu gibi nedenlerle zamanında yapılamamış bazı içmece, maden suları/minerali sular, ılıca/kaplıcaların temditleri öngörülmüştür. Bununla ilgili temdit projeleri Maden İşleri Genel Müdürlüğüne (MİGEM) intikal etmiş, bu projeler değerlendirilerek intibak işlemleri tamamlanmış ve bu kaynaklara dayalı bazı işletme imtiyazları yirmi yıla kadar uzatılmıştır.

Yine 5177 sayılı Kanunun **geçici 4 üncü maddesine** göre jeotermal kaynaklara ve mineralli sulara yönelik faaliyet izni verilmeden önce Maden İşleri Genel Müdürlüğü'nün uygun görüşünün alınması zorunluluğu getirilmiştir. Bu maddeye göre;

- Talepler Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğüne inceletirilir. Uygun bulunmayan faaliyetlere izin verilmez.
- Jeotermal kaynaklar ve mineral suların bulunduğu yerlerde; bu kaynakların işletilmesi ve değerlendirilmesine yönelik tesisler için ihtiyaç duyulan araziler, çevresinde bulunan arazilere zarar vermeyecek tedbirlerin alınması şartıyla, kullanım şekline ve niteliğine ve vasfına bakılmaksızın bu amaçla kullanılmak üzere tahsis edilir.
- Jeotermal kaynak ve mineralli su sahalarında kaynak koruma alanlarının belirlenmesi zorunlu olup, bu alanlara ilişkin öngörülen tedbirlerin uygunluğu ve denetlenmesi Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü tarafından yapılır.
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü tarafından yapılan incelemeler sonucunda, faaliyetlerin bilim ve tekniğine, kaynağın ve çevrenin korunmasına ve koruma alanları için öngörülen tedbirlere uygun yürütülmediğinin tespiti halinde, alınacak tedbirler Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü tarafından belirlenir. İlgili kişi, kurum ve kuruluşlar bu tedbirleri yerine getirmekle yükümlüdür. Aksi takdirde faaliyetlere izin verilmez.
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nün almış olduğu buluculuk hakları saklıdır. Ayrıca Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü yatırım programları çerçevesinde yaptığı çalışmalar ile kaynak varlığını ortaya çıkardığı alanların veya sondaj ile elde ettiği akışkanın bulucusu olarak tescil edilir.

5177 sayılı Kanunun geçici 4 üncü maddesi ile hem Yüksek Çevre Kurulunun tavsiyesine uyulmuş hem de gelişigüzel kaçak kuyu açmanın ve buna dayalı olarak çevrenin kirlenmesinin önlenmesi amaçlanmıştır. **05.06.2004 tarihinden itibaren jeotermal kaynaklar ve mineralli sular ile ilgili işlem ve izinler, 5177 sayılı Kanun bu geçici maddesi çerçevesinde yürütülmeye başlanmıştır** (Güngör ve Tombul, 2008; Güneş, 2001; Maden Kanunu, 2004).

03.06.2007 tarihinde jeotermal ve doğal mineralli su kaynaklarının etkin bir şekilde aranması, araştırılması, geliştirilmesi, üretilmesi, korunması, bu kaynaklar üzerinde hak sahibi olunması ve hakların devredilmesi, çevre ile uyumlu olarak ekonomik şekilde değerlendirilmesi ve terk edilmesi ile ilgili usûl ve esasları düzenlemek amacıyla **5686 sayılı Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu** (Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu, 2007) çıkarılmıştır. Bu kanunun uygulanmasına dair usûl ve esasları düzenlemek için ise 11.12.2007 tarihinde **Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu Uygulama Yönetmeliği** (Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu Uygulama Yönetmeliği, 2007) oluşturulmuştur.

9.5. Sonuçlar ve Öneriler

Diğer fosil enerji kaynakları ile kıyaslandığında temiz ve çevre dostu olarak bilinen jeotermal enerjinin uygulamalarında gerekli hassasiyet gösterilmezse çevreye karşı birçok olumsuz etkiler ortaya çıkabilmektedir. Bu olumsuz etkiler nedeniyle, hava, toprak ve su ortamlarında önemli kirlenmeler oluşurken bütün bunlar biyolojik ve sosyo-ekonomik hayatı da etkilemektedir.

Dünya'da 1969 yılında ABD'de çevreyi korumak amacıyla birçok yasal düzenlemeler oluşturulmaya başlanırken, ülkemizde çevre konusundaki ilk ciddi düzenlemeler 1983 yılında Çevre kanununun çıkarılması ile başlamış olup, belirli bir proje veya uygulamanın, çevre üzerindeki önemli etkilerinin belirlendiği bir süreç olan Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) ile ilgili yönetmelik ise ancak 1993 yılında çıkartılabilmektedir. Jeotermal enerji ve kullanımıyla

ilgili hukuki konularda önemli mevzuat sorunları yaşanmıştır. Jeotermal enerji kaynakları uzun yıllar Maden Kanunu kapsamında yer almış ve ilk defa 2007 yılında **5686 sayılı Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu** ile “jeotermal” kelimesi bir kanun adında kullanılmıştır. Fakat bu Kanun’la da jeotermal kaynaklar ve doğal mineralli suların niteliklerinin farklılığı göz önüne alınmadan tek bir yasa ile düzenlemeye gidilmiştir. Jeotermal ve doğal mineralli su kaynaklarının etkin bir şekilde aranması, araştırılması, geliştirilmesi, üretilmesi, korunması, bu kaynaklar üzerinde hak sahibi olunması ve hakların devredilmesi, çevre ile uyumlu olarak ekonomik şekilde değerlendirilmesi ve terk edilmesi ile ilgili usûl ve esasları düzenlemek amacıyla çıkarılan 5686 sayılı kanunun uygulanmasına dair usûl ve esasları belirten ve 2007 yılı Aralık ayında çıkarılan **Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu Uygulama Yönetmeliği**’nde de durum farklı değildir. Yönetmelik verimlilik ve geri dönüşümün sağlanmasına, kaynakların etkin kullanımına denetimine uygun hükümleri içermediği gibi çevresel konularda da çok net ve açık tabirler yer almamaktadır. Genelde çevre mevzuatına uygun olmak ve çevre limitlerini aşmamak gibi genel ibareler kullanılmakta olup net olarak ilgili kanunlardan bahsedilmemektedir.

Çevre yönetiminde yaygın olarak kullanılan bir araç olan Çevresel Etki Değerlendirmesi ile ilgili 1993 yılında çıkartılıp, en son güncellemesi 16.12.2004 tarihinde yapılan 25672 sayılı ÇED Yönetmeliği jeotermal enerji açısından incelendiğinde, öncelikli olarak yönetmeliğin EK-2 listesinde (Seçme, Eleme Kriterleri Uygulanacak Projeler Listesi) Enerji başlığı altında 24. maddede “*ısıtma kapasitesi 5 MW_t ve üzeri olan jeotermal kaynağın çıkartılması ve jeotermal enerji kullanan tesisler*” den bahsedildiği görülmektedir. EK-2’ de yer alan tesisler için ise ÇED raporu tamamen zorunlu bir hale getirilmemiştir. Bu tesislerde öncelikli olarak bir Ön ÇED raporu oluşturup Çevre ve Orman Bakanlığı’na bağlı Çevresel Etki Değerlendirmesi ve Planlama Müdürlüğü, Çevre Envanteri Dairesi Başkanlığı’na başvuruda bulunulur ve incelemeler sonucu ÇED Raporu’nun gerekli olup olmadığı kararı verilir. ÇED Raporu gerekli değildir kararı verilen tesisler İşletme Ruhsatı’nı alarak faaliyete geçerler. Nitekim özellikle Jeotermal Binary Santralleri’ndeki değerlendirmeler genelde bu yönde olmuştur. Örneğin, Salavatlı-Aydın’da kurulan ve 2006 yılında faaliyete geçen 7.3 MW_e kapasiteli Jeotermal Elektrik Santrali için ÇED Raporu istenmezken, yine Tuzla-Çanakkale’de kurulması planlanan 7.5 MW_e kapasiteli Jeotermal Elektrik Santrali için de “ÇED Raporu gerekli değildir” kararı çıkmıştır. Rere-enjeksiyon yapmayı taahhüt etmeleri, sistemin kapalı çevrimden oluşması (su atığının olmaması) ve hava soğutmalı kondensere sahip olmaları bu tip Santraller için ÇED Raporu konusunda avantajlı duruma geçmelerine neden olmuştur (Tuzla 7.5 MW Jeotermal Kuvvet Santrali, Paydaslar Konsültasyonu için Proje Tasarım Dokümanı, 2008). Jeotermal sistemler dinamik yapıya sahip olduklarından zaman içerisinde akışkan özelliklerinde değişim söz konusu olabilmektedir. Bu durum jeotermal sistemlerde izleme faaliyetlerini işletmenin her anında çok önemli kılmaktadır. Gerek Santralin kurulumu sırasında, gerek faaliyete başlangıç ve de gerekse işletme süresince düzenli olarak jeotermal sistemler ve etkilediği çevresel ortama yönelik ön ÇED raporunda belirtilen ve taahhüt edilen hususların gerçekleştirilip gerçekleştirilmediğinin kontrolü için izleme faaliyetleri yapılmalıdır. Nitekim, ÇED yönetmeliği Madde 2’de yönetmelik kapsamına giren projelerin işletme öncesi, işletme sırası ve işletme sonrası dönemde izlenmesi ve denetlenmesi yönetmelik kapsamına alınmıştır. Bu nedenle, jeotermal uygulamalar da ÇED kapsamında düşünülmeli ve onlar için de izleme ve denetlemenin zorunlu hale getirilmelidir.

Jeotermal Elektrik Santralleri’nin en önemli gaz emisyonlarından biri karbondioksit (CO₂)’dir. ÇED Yönetmeliği’nde CO₂ ile ilgili olarak da Madencilik başlığı altında 35/d maddesinde “*Karbondioksit ve diğer gazların çıkartıldığı, depolandığı ve işlendiği 10.000 ton/yıl ve üzeri kapasiteli tesisler*” EK-2 de yer almakta olup yine bunlar için de ÇED Raporu gerekliliği Ön ÇED raporunun sonucuna göre belirlenmektedir.

ÇED yönetmeliğinde jeotermal enerji uygulamalarıyla ilgili olabilecek diğer bir kriter de yer altı suyu kullanma miktarıdır. Yönetmeliğin EK-1 listesinde (ÇED Uygulanacak Projeler

Listesi) 13. maddede 10 milyon m³/yıl ve üzeri yer altı suyu çıkarma veya depolama projeleri ÇED kapsamına alınmıştır.

Diğer yandan 31 Aralık 2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği’nin, su ortamına doğrudan boşaltımı esasa bağlayan 27. Madde’sine göre; “.....Yer altından çıkarılarak enerji üretme ve ısıtma gibi çeşitli amaçlarla kullanılan jeotermal kaynak sularının debisi 50 L/sn ve üzerinde ise suyun alındığı formasyona rere-enjeksiyon ile bertaraf edilmesi zorunludur. Rere-enjeksiyon ile bertaraf etmeyenlere işletme ruhsatı verilemez. Rere-enjeksiyonun mümkün olmadığı bilimsel olarak ispatlanmış bu tür termal suların bertaraf yöntemi yapılacak bir çevresel etki değerlendirmesi sonucu belirlenir” denmektedir. Dolayısıyla, jeotermal sisteme mümkün olması durumunda rere-enjeksiyon zorunluluk kapsamına alınmıştır. Aksi takdirde, ÇED kapsamındaki değerlendirme sonucunda bertaraf yöntemi belirlenecektir. Yönetmelikte jeotermal kaynaklar için verilen alıcı ortama deşarj standartları Tablo 9.1’de listelenmiştir.

Tablo 9.1. Enerji üretme tesisleri (Jeotermal kaynaklar ve çeşitli amaçlarla kullanılan sıcak sular) (Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 2004).

Parametre	Kompozit örnek	
	2 saatlik	24 saatlik
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) (mg/L)	60	30
Yağ ve Gres (mg/L)	20	10
Toplam Siyanür (CN ⁻) (mg/L)	-	0,5
Sıcaklık (°C)	-	35
pH	6-9	6-9

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği’nin 37. maddesi’ne göre alıcı su ortamına atıksu deşarj izni; “... bir alıcı su ortamının, mevcut kullanım amaçlarının olumsuz yönde etkilenmesini önlemek veya kalitesini düzeltmek amacı ile alıcı su ortamına, bilimsel çalışmalar sonucu oluşturulan Havza Koruma Planı çalışması yapıncaya kadar alıcı ortamdaki su kaynaklarının minimum debileri ve kirlilik seviyesi dikkate alınarak mevcut atıksu deşarjlarında bu Yönetmelikte öngörülen sınırların ötesinde kısıtlamalar yapılabilir...” şeklinde esasa bağlanmıştır. Dolayısıyla, tesislerin deşarj standartları değil alıcı ortam standartları uygulanmaya başlanmıştır (Güneş, 2008).

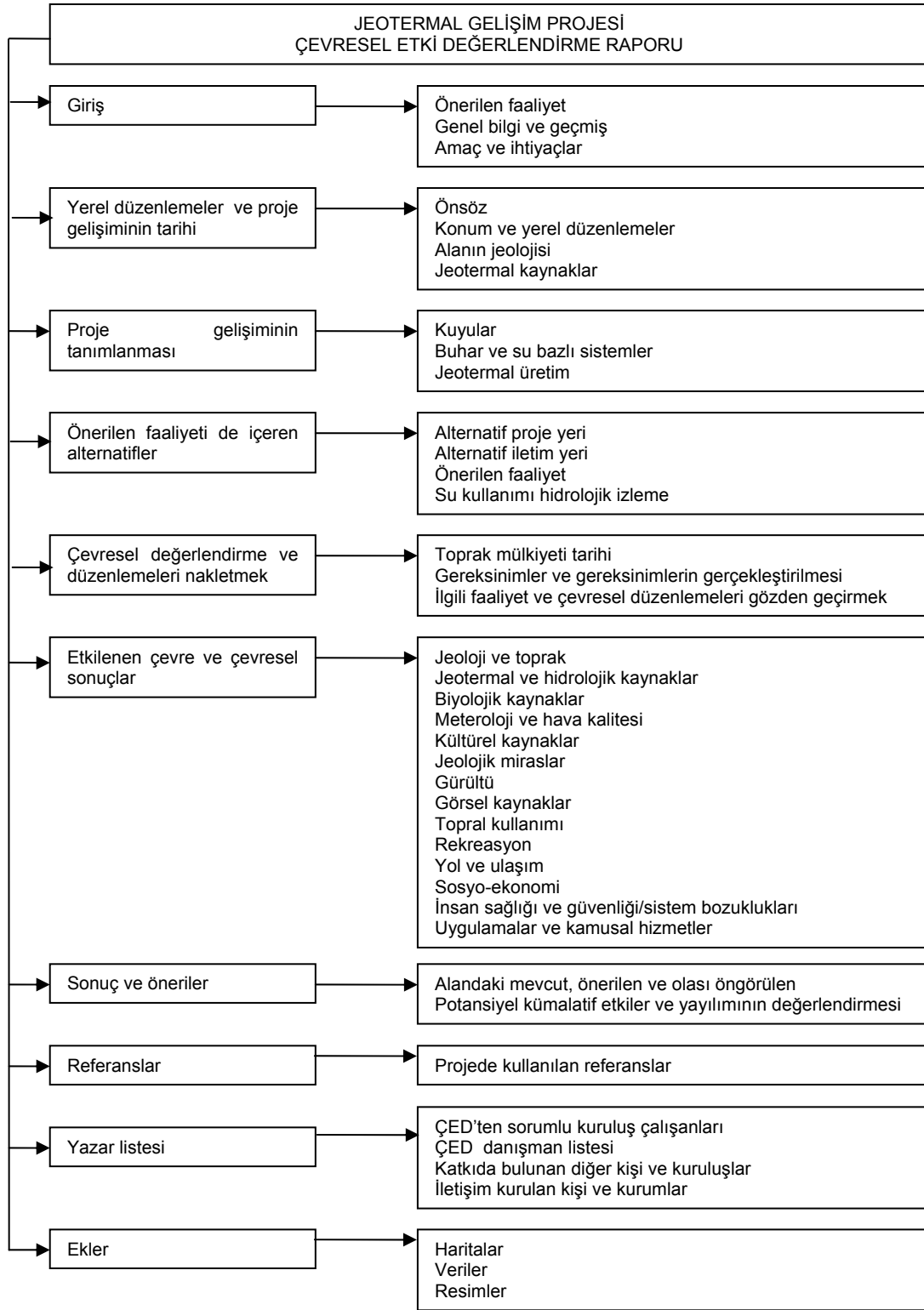
Hava kirliliği açısından jeotermal tesisler incelendiğinde, en önemli kirletici gazlar; karbondioksit (CO₂, genellikle en önemli bileşen), hidrojen sülfür (H₂S), civa (Hg), amonyak (NH₃) ve borik asit (H₃BO₃) olarak verilebilir. 01.11.2004 tarihli ve 19269 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği’ne göre kısa vadeli sınır değerler µg/m³ olarak; H₂S için 40, SOx’ler için 400, NO için 300, NO₂ için 600 ve hidrokarbonlar için 140 olarak verilmektedir. Sınır değeri aşan işletmelerde filtre sistemlerinin kullanılması gerekmektedir (Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği, 2004).

Gürültü ve vibrasyon etkisi insan sağlığı üzerine doğrudan etkileri (fiziksel, fizyolojik, psikolojik ve performans kaybı) nedeniyle jeotermal sistemlerde izlenmesi gereken bir diğer parametredir. Gürültü Kontrolü Yönetmeliği (2003)’e göre; günde 7.5 saat çalışmada maksimum maruz kalınabilecek gürültü seviyesi 80 dBA’dır. Oysa, sondaj sırasında gürültü seviyeleri bu değerlerin üzerindedir. Dolayısıyla, kaynağında gürültünün önlenmesine yönelik olarak tedbir alınması, Saha’da çalışanların ve yakın yerleşik halkın sağlığını koruyacaktır (Güneş ve Türkman, 2001, Gürültü Kontrol Yönetmeliği, 2003).

16.12.2003 tarih ve 25318 sayılı Resmî Gazete’de yayınlanan Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği’ne göre, jeotermal sahalar onaylı Çevre Düzeni Planlarında, mevcut özellikleri korunacak alan olarak tesbit edilen ve yapılaşma yasağı getirilen alanlar kapsamına alınmıştır.

Fakat ÇED yönetmeliğinde jeotermal sistemler için çevresel açıdan çok net zorunluluklar getirilmemiştir. Ön ÇED raporu istenilmekte ve genelde bu raporun değerlendirilmesi ile ÇED uygulaması gerekli değildir kararı verilmektedir ve bu şekilde projeler hayata geçirilmektedir. Diğer yandan Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu (JKDMSK) Uygulama ve ÇED Yönetmeliği ve Çevre Kanunu arasında çelişkiler söz konusudur. Örneğin, JKDMSK Uygulama yönetmeliğinde İşletme ruhsatı verildikten sonra Çevresel Etki Değerlendirme işlemlerinin yapılacağı yönünde düzenleme mevcuttur. Oysa Çevre Kanununun 10. maddesinde "*Çevresel Etki ve Değerlendirmesi olumlu kararı veya Çevresel Etki Değerlendirmesi gerekli değildir kararı alınmadıkça projelerle ilgili onay, izin, teşvik, yapı ve kullanım ruhsatı verilmez*" hükmü getirilmiştir. Kanunun bu açık ifadesine karşı Yönetmelikte getirilen düzenleme açıkça Kanunun emredici hükmüne aykırıdır. Jeotermal sistemler için işletme ruhsatı, jeotermal sistemin fiziksel, kimyasal ve radyoaktivite özellikleri ile bir bütün olarak tanımlanması ve ilgili alanda çevresel ekosistemin hali hazır durumun belirlenmesi çalışmaları tamamlandıktan sonra verilmelidir. Bu gibi nedenlerle yönetmelikte düzenlemelere gidilmeli ve jeotermal enerji sistemleri için de ÇED zorunlu hale getirilmelidir. Jeotermal enerji sistemleri için hazırlanan ÇED raporu Şekil 9.9’da belirtilen içerikleri kapsamalıdır.

Sonuç olarak en önemli yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan ve ülkemizin de bu kaynaklar açısından zengin olduğu jeotermal enerji ve kullanımı ile ilgili Türkiye’de önemli hukuki eksiklikler ve yanlışlıklar söz konusudur. Öncelikle jeotermal enerjiyi tamamen bağımsız şekilde ele alan, bilimsel ve teknik gelişmelere uygun olarak kaynaklarının etkin bir şekilde aranması, araştırılması, geliştirilmesi, üretilmesi, korunması, bu kaynaklar üzerinde hak sahibi olunması ve hakların devredilmesi, kaynaklarda ve uygulanacak projelerde verimlilik ve geri dönüşümün sağlanmasına, kaynakların etkin kullanımına denetimine ve bütün bu süreçlerde çevrenin korunmasına yönelik dinamik ve uygulanabilir anlayışla açık ve net hükümleri içeren kanun ve yönetmeliğin oluşturulması gerekmektedir.



Şekil 9.9. Jeotermal enerji sistemleri için önerilen ÇED Raporu içeriği (Baba, 2003).

Kaynaklar

1. BABA, A., Geothermal Environmental Impact Assessment with Special Reference to the Tuzla Geothermal Area, Canakkale, Turkey, Geothermal Training in Iceland 2003, Reports of the United Nations University Geothermal Training Programme, 2003, ISBN 9979-68-142-X, (2003). Pp. 75-114.

2. Çevre Kanunu, Sayı:2872, (1983).
3. Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği, Resmi Gazete No: 25318, (2003).
4. GÖKÇEN G. G., Jeotermal Enerji Uygulamalarının Çevresel Etkileri, Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu (Yeksem 2001), TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, İzmir, (2001) Pp: 76-83.
5. GÜNEŞ, S. T., Jeotermal Kaynakların ve Mineralli Sular Kanun Tasarısının Çevresel Açından Değerlendirilmesi, Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, İzmir, (2001). Pp. 69.
6. GÜNEŞ, S. T., Jeotermal Enerji ve Çevre, http://www.izmir-dikili.bel.tr/haber/yukle/down/sevgi_tokgoz.doc, (2008).
7. GÜNEŞ, S. T., Türkman, A., Jeotermal Enerjinin Çevresel Etkileri, Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, İzmir, (2001). Pp. 33.
8. GÜNGÖR, N., Tombul, M., Ülkemizde Su İle İlgili Mevzuata Genel Bir Bakış, http://www.izmir-dikili.bel.tr/haber/yukle/down/nusret_gungor.doc, (2008).
9. Gürültü Kontrol Yönetmeliği, Resmi Gazete No: 19308, (2003).
10. Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği, Resmi Gazete No: 19269, (2004).
11. İzmir Valiliği Jeotermal Tebliği, <http://rega.basbakanlik.gov.tr/Eskiler/2002/07/20020704.htm#7>, (2002).
12. Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu Uygulama Yönetmeliği, Resmi Gazete No: 26727, (2007).
13. Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu, Sayı: 5686, (2007).
14. PINARLI, V., Salihoğlu, G., Çevresel Etki Değerlendirmesi Dersi Notları, Uludağ Üniversitesi, <http://home.uludağ.edu.tr/users/gurays>, (2007).
15. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Resmi Gazete No: 25687, (2004).
16. Tuzla 7.5 MW Jeotermal Kuvvet Santrali, Paydaslar Konsültasyonu için Proje Tasarım Dokümanı–Project Design Document (PDD) Özeti, http://www.iklimlerdegisiyor.info/turkce/downloads/31/0/Tuzla_PDD_ozet_turkce.pdf, (2008).
17. Türkiye Çevre Atlası, Çevresel Etki Değerlendirmesi ve Planlama Müdürlüğü, Çevre Envanteri Dairesi Başkanlığı, <http://www.cedgm.gov.tr/dosya/cevreatlasi.htm>, (2008).
18. Türkiye Çevre Durumu Raporu, Çevresel Etki Değerlendirmesi ve Planlama Müdürlüğü, <http://www.cedgm.gov.tr/dosya/ulkecevredurumraporu.pdf>, (2008).
19. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretim Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun, Sayı: 5346, (2005).
20. Maden Kanunu, Sayı: 5177, (2004).

10. SONUÇLAR

Jeotermal enerjinin hem elektrik üretiminde hem de elektrik dışı kullanımlarında (konut, sera, havuz ısıtma, balık yetiştirme vb.), fiziksel, kimyasal, biyolojik ve sosyo-ekonomik çevreye olumlu ve olumsuz etkiler sözkonusudur. Pek çok jeotermal uygulamanın görüldüğü ülkemizde, elektrik üretimi ve elektrik dışı kullanımlarda oluşan çevresel etkilerin belirlenmesi amacıyla seçilen iki örnek Saha; elektrik üretimi için mevcut ilk ve tek konvansiyonel jeotermal santral olan Kızıldere Jeotermal Santrali-Denizli, elektrik dışı kullanım için ise Türkiye'nin en büyük jeotermal bölgesel ısıtma sistemi olan Balçova Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemi-İzmir'dir.

Seçilen her bir örnek Saha'nın fiziksel çevreye olan etkileri (sondaj ve işletme sırasında oluşan gürültü, katı atıklar), kimyasal çevreye olan etkileri (gaz emisyonu, su ve toprak kirliliği, yeraltı ve yüzey sularında kirlilik yayılımı), biyolojik çevreye olan etkileri (insan, hayvan sağlığı, bitki örtüsü), jeotermal akışkanlarda üreyen mikroorganizmaların belirlenmesi ve bunun ışığında çok amaçlı biyoteknolojik enzim üretimi ve toplum üzerindeki sosyo-ekonomik etkileri (hayat standardının yükselmesi, yeni iş olanakları, konut ve toprak fiyatlarının artışı, sosyo-politik organizasyonlar, sosyo-kültürel problemler) detaylı olarak incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiş ve tartışılmıştır:

1. Genel

- Jeotermal kaynakların fiziksel ve kimyasal özellikleri sahadan sahaya hatta aynı saha içinde kuyudan kuyuya farklılıklar gösterir. Kuyunun sahip olduğu sıcaklık ve kuyubaşı akışkanının buhar içeriği ve akışkanın üretim şekline bağlı olarak çevresel etkiler değişim gösterebilir. Kızıldere Jeotermal Sahası'nda rezervuar sıcaklıkları 200-242°C iken, Balçova Jeotermal Sahası'nda 90-136°C'dir. Yüksek sıcaklıklarda jeotermal akışkan rezervuar kayaçlarından daha fazla element çözeceği için konsantrasyonlar daha yüksek, dolayısıyla da çevresel etkiler daha fazladır.
- Kızıldere Jeotermal Santrali'nde; üretim kuyuları artezyenik olduğu için kuyubaşında akışkan iki fazlıdır. Türbin sadece buhar kullandığı için bu iki fazı birbirinden ayırmak gerekir. Bu işlem ile Santral'da kullanılmayan atık su üretilir ve bu suyun %13-17'si re-enjeksiyona gönderilirken geri kalanı kanallar yolu ile de Büyük Menderes Nehri'ne deşarj edilir. Bu da su ve su canlılarını, sulama yolu ile de toprak, bitki ve bu bitkileri yiyen canlıları etkiler. Saha'da ayrıca kuyubaşlarında susturuculardan, soğutma kulesinden, Karbogaz'ın ihtiyaç fazlası gazların atmosfere salındığı kompresör çıkışından ve kanal boyunca atık sudan atmosfere su buharı ve gaz emisyonu yapılmaktadır. Sondaj, kuyu temizliği ve devreye alma ile Santral'in işletilmesi sırasında gürültü önemli bir problemdir ve çalışanları etkiler.
- Balçova Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemi'nde kuyu içi pompalar kullanılarak sadece su çekilmekte, bu nedenle de artezyenik kuyu kullanımında görülen gaz atımı olmamaktadır. Sahada görülebilecek gaz atımı sadece sondaj sırasında ve üretim kuyularında kuyubaşında olabilir. Kuyu içinde gaz birikmesini önlemek için kuyu başına teçhiz edilen sızma (bleeding) vanasından düşük debide gaz atımı yapılır. Bu nedenle atmosfere gaz atımı nedeniyle oluşabilecek kirlilik Balçova için geçerli değildir. Üstelik bölgede fosil yakıtların kullanımının önemli ölçüde azalması nedeniyle gerçekleşen hava kalitesi artışı gözlemlenebilmektedir. Sahada etkin olabilecek kirlenme, su ve toprak ile sondaj ve işletme sırasında oluşan gürültü kirliliğidir.

2. Fiziksel Çevreye Olan Etkiler

- Jeotermal sahalarda karşılaşılan en önemli fiziksel etki olan gürültü seviyeleri, özellikle sondaj sırasında çok yüksektir fakat sürekli değildir. 2-3 aylık sondaj süresi sonunda sona erecek geçici bir etkidir. Kızıldere Jeotermal Sahası yakınında yerleşim bölgesi

bulunmadığı için sadece çalışanlar açısından bir problemdir ve gerekli tedbirlerin alınması ile zararları en aza indirilebilir. Balçova Jeotermal Sahası'nda yerleşim bölgesi ile içiçe olunması, sondaj yapılacak yer bulunmaması konutlara çok yakın parklarda sondaj yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Bunun da nedeni çarpık şehirleşmedir ve jeotermal uygulamaların sosyo-ekonomik etkileri kapsamına girmektedir. Yerleşim bölgeleri yakınında bulunan jeotermal sahaların sit alanı ilan edilerek yapılaşmaya izin verilmemesi, sahanın geliştirilmesi sırasındaki bir zorunluluk olan sondaj işlemlerinin olumsuz bir çevresel etki olarak karşımıza çıkmasını önleyecektir. MTA'nın sahip olduğu sondaj makinalarının eski teknoloji ürünü olmaları da gürültü seviyesini artıran önemli bir etkidir.

3. Kimyasal Çevreye Olan Etkiler

3.1. Hava Ortamına Olan Etkiler

- Kızıldere Jeotermal Santralının yarı çevresini saran çam ağaçlarının kabuklarından örnekler toplanarak analiz edilmiş ve Santral'in oluşturduğu çevresel koşullar biyolojik bir varlık üzerinden tanımlanmaya çalışılmıştır. Örneklerde flor ve klor ile nitrat, fosfat ve sülfat konsantrasyonlarına bakılmış, flor ve sülfat konsantrasyonlarının diğerlerine göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca çam kabuklarında inorganik maddelerde biyo-indikatör indeks (maksimum içerik/minimum içerik) hesaplanmış ve lityum, krom, kobalt, bakır, gümüş ve bizmutun çam kabuklarında birikim eğiliminin yüksek olduğu görülmüştür. Kızıldere Jeotermal Sahası'nda çam kabuğu yapısında biriken elementlerin daha çok toprak kökenli olduğu söylenebilir.
- Jeotermal sahalarda en yüksek oranda görülen gaz CO₂'dur. Diğer gazlar daha düşük konsantrasyonlarda bulunur. Kızıldere Jeotermal Sahası'nda jeotermal buharda bulunan yoğunlaşmayan gazlar içinde CO₂ oranı %96-99'dur. Jeotermal buharın içerdiği diğer gazların konsantrasyonunu belirleyebilmek amacıyla Saha'da baskın rüzgar yönü olan kuzey-batı ve güney-doğu yönlerine NH₃ ve H₂S pasif örnekleme kartuşları yerleştirilmiştir. H₂S her iki yönde benzer konsantrasyon değerine sahiptir ve 402(±219) - 493(±331) µg/m³ olarak belirlenmiştir. Duyarlı bitkiler, yaşayan organizma ve insan sağlığını etkileyebilecek sınır değer 260 µg/m³ olarak verilmiştir. Saha içinde H₂S konsantrasyonu bu değer iki katıdır. NH₃ konsantrasyon değerleri ile ilgili literatür bilgisi mevcut olmadığı için bulunan değerler ile ilgili yorum yapılamamaktadır. Ancak atmosferik ortamda yapılan ölçümlerde amonyak değeri oldukça düşük bulunmaktadır.
- Bir çok bitki ve hayvanın metil-civa (Hg)'i absorpladığı ve metil-Hg'nin en zehirli form olduğu göz önüne alındığında, jeotermal akışkandaki Hg konsantrasyonlarının belirlenmesi önemlidir. Bu amaçla, jeotermal buharın içerdiği ve Saha içinde fumeroller ve pasif örnekleme noktalarının bulunduğu yerlerden örnekleri alınmıştır. Bu konuda çalışmalar yeni başlatıldığı için örnekleme ve analiz yöntemine tam olarak güvenmemekle birlikte belirlenen değerler literatürde verilen jeotermal sahalarda buhar fazında bulunan Hg konsantrasyonu aralığı olan 2-20 µg/m³ arasındadır. Pasif örnekleme noktalarında civa konsantrasyonu 0.008-0.4 µg/m³ aralığında değişmektedir. Su fazında ise civa konsantrasyonları analiz cihazının algılama limitinin altındadır. Bu da Saha'da civanın tehlike arzemediğini göstermektedir.

3.2. Su Ortamına Olan Etkiler

- Kızıldere Jeotermal Sahası'nda ölçülen fiziksel parametreler; sıcaklık, pH, EC ve TDS, analiz edilen anyonlar; kalsiyum karbonat, bikarbonat, klor, sülfat, amonyum ve flor iyonları, katyonlar ise bor, alüminyum, arsenik, baryum, nikel, kobalt, krom, mangan, sodyum, kurşun, kadmiyum, lityum, potasyum, kalsiyum, stronsiyum, magnezyum, bakır, çinko, selenyum, antimon, gümüş ve silikadır. EC, TDS, kalsiyum karbonat ve bikarbonat dışında aynı elementler Balçova Jeotermal Sahası için de belirlenmiştir.

- B, jeotermal sularda oldukça sık rastlanan bir kirleticidir. Özellikle suyun pH değerine göre farklı formlarda yer alır. Asitli sularda $B(OH)_3$, bazik sularda $B(OH)_4$ şeklinde bulunur. Yüksek B konsantrasyonu, bitkiler ve insanlar için zararlıdır. Özellikle sulama sularında yüksek bor konsantrasyonu, toprağın permeabilite değerini düşürür ve bitki köklerinin hava almasını engelleyerek kurumalarına neden olur. B, jeotermal kaynaklı bir element olmasının yanısıra tekstil endüstrisinde temizleme, beyazlatma ve boyama sırasında kullanılan kimyasallar perborat içerir. Menderes Tekstil'de artan B konsantrasyonunun kaynağı tekstil atıkları olabilir. Bir diğer kaynak ise; Yenice-Kamara'dan itibaren küçük kaplıcalar, seralar ve Nehre ulaşan doğal çıkışlar ile Menderes Tekstil noktasından önce Nehre katılan Çürüksu çayının beraberinde getirdiği kirleticilerdir. TKNDY'de Nehre 29.2 mg/L'ye varan yüksek konsantrasyonlarda B girişi olmaktadır. Su seviyesinin düşük olduğu dönemlerde Nehir1-Buharkent Köprü arasında B konsantrasyonu 7-3 mg/L değerlerindedir. Sulama suyu olarak kullanılması sakıncalıdır. Balçova Jeotermal Sahası'nda da B konsantrasyonları yüksektir. Üretim kuyularında 16.7 mg/L'ye ulaşır. Jeotermal deşarjın yapıldığı Termal Köprü'de B konsantrasyonu 1.3-6 mg/L arasındadır. Sulama sularında izin verilen en yüksek B konsantrasyonu 2 mg/L'dir. Balçova'da soğuk su kuyularında da jeotermal girişim belirlenmiş olup bu kuyuların sulama amaçlı kullanımı uygun değildir.
- As; pirit, arsenopirit, demir, bakırlı şeylerden ve fosfatlı kayaların oksidasyonundan sıcak sulara kolaylıkla geçer. Bu nedenle sıcak sularda As, içme suyu standartlarının üzerinde değerler verir. Bu konuda yapılan çalışmalarda, Ege bölgesinde yer alan bazı jeotermal havzalarda standartların üzerinde As belirlenmiştir. Özellikle, içme ve kullanma sularında yüksek olması halinde, insan ve aquatik yaşamda kronik veya akut zehirlenmeye neden olur. Özellikle, yüksek As içeren suların doğrudan insanlar üzerine kanser yapıcı etkisi olduğu ve dikkatle incelenmesi gerektiği belirtilmektedir. Sürekli sulamada As konsantrasyonu limit değeri 0.1 mg/L'dir. TKNDY'den önceki örnekleme noktalarında As bulunmaması ve kuyularda da As'in belirlenmiş olması, jeotermal kökenli bir kirletic olduğunu kanıtlamaktadır. Bu noktada As konsantrasyonu 1.95 mg/L'ye kadar çıkmaktadır. Nehir suyu ile karıştığında konsantrasyonun düşmesine rağmen yaz aylarında Nehir'de su seviyesi düşük olduğunda sulama suyu için verilen limitlerin üzerindedir. Balçova Jeotermal Sahası'nda da As konsantrasyonu yüksektir. Üretim kuyularında 0.41 mg/L'ye ulaşır, Termal Köprü'de ise 0.05-0.18 mg/L aralığında belirlenmiştir. Sulama suyu olarak kullanılması uygun değildir.
- Kuyulardan gelen kirleticilerin Nehir yada Dere'deki konsantrasyonları su debisine bağlı olarak değiştiğinden Sahaların sürekli olarak gözlemlenmesi ve kimyasal analizlerin en az ayda bir yapılması gerekir.
- Mn, doğada toprak, kayalık ve suda bulunabilen doğal bir elementtir ve yer kabuğunun %0.1 miktarında yaygınlıkla görülmektedir. Antropojenik kaynaklı olarak ise evsel atık sular, lağım ve madencilikten kaynaklanır. Menderes Nehri boyunca TKNDY dışında tüm noktalarda benzer konsantrasyonlarda bulunması antropojenik olmadığını göstermiştir. Ayrıca üretim kuyuları ile atık su kanalında da Mn'a rastlanmaması jeotermal kaynaklı olmadığını gösterir. Balçova Jeotermal Sahası'nda tüm noktalarda sulama için izin verilen 0.2 mg/L'nin altındadır.
- Ni, endüstriyel yada antropojenik kaynaklı bir kirleticidir. Ni, Menderes Tekstil'de belirlenmiş iken, su akış yönünde seyrelme yada çevresel su-sediment ara-fazında gerçekleşen transfer olayları nedeniyle konsantrasyon azalmaktadır. Daha sonra jeotermal atıktan Ni konsantrasyonuna bir katkı olmamasına rağmen Nehir 1 noktasında konsantrasyon değerleri yaklaşık olarak Menderes Tekstil'de belirlenen değerlere ulaşmaktadır. Bu ise su-sediment ara-fazında kütle transferi olaylarının tersine dönmesi ile açıklanabilir. Yani daha önce konsantrasyon yüksekken sedimente doğru olan kütle akışı daha sonra sudaki Ni konsantrasyonunun düşmesi ile sedimentten su yönüne

gerçekleşiyor olabilir. Ni değeri Nehir II'de düşmüş, Buharkent Köprü'de ise belirlenememiştir. Balçova Jeotermal Sahası'nda ise Ni' rastlanmamıştır.

- Ni ve Cd, boya pigmentlerinde gelebilir. Cd'un sadece Menderes Tekstil noktası'nda görülmüş olması da tekstil atıklarından kaynaklandığı ihtimalini kuvvetlendirmektedir.
- Co, toprak kökenli bir element olup boya pigmentlerinde bulunur. Jeotermal kuyularda belirlenememiş olması endüstriyel aktivite sonucu Nehre verildiğini göstermektedir.
- Ba konsantrasyonu tüm noktalarda yaklaşık 0.02-0.08 mg/L arasında iken Menderes Tekstil'de 0.02-0.24 mg/L değerlerine ulaşmıştır.
- Kızıldere'de kuyular ve TKNDY'de Li konsantrasyonu yüksek olmasına rağmen Nehir I'den itibaren sulama sularında izin verilen 2.5 mg/L'nin altına düşmektedir. Balçova'da ise tüm noktalarda düşüktür. Her iki Saha'da da Al konsantrasyonu sürekli sulamada izin verilen limitlerin altındadır.
- Tüm noktalarda analiz cihazının duyarlılık değerinin altında kalan elementler Kızıldere'de Pb ve Cr iken, Balçova'da Cr, Cd, Co, Ni, Cu, Zn, Se, Ag ve Pb'dur.
- Yüksek sıcaklıklı jeotermal akışkanlar yüzey sularına deşarj edildiklerinde lokal olarak ısıl kirlilik yaratırlar. Yenice-Kamara'da su sıcaklığı 21°C iken TKNDY'de yüksek kuyu sıcaklıkları nedeni ile 46.9°C'dir. Nehir I ve II'de sıcaklıklar yaklaşık 35.8°C, Buharkent Köprü'de ise 30.3°C'dir. Sıcaklığın >30°C olduğu sular kıta içi su kaynakları sınıflarına göre en düşük kalite değerlerine sahip olan IV. kalite su sınıfındadır.
- Doğal suların pH değeri 6.5-8.5 iken jeotermal akışkanlar baziktir ve Kızıldere kuyu savaklarında pH 6.7-9.3 ölçülmüştür. Nehir I ve II noktalarında ise pH 7.8-8.7'dir. Bazik sular bitkinin ihtiyacı olan bazı metalleri ve besinleri sağladığı için asidik sulara göre daha uygundur. Fakat suyun fiziksel yapısını bozan kalsiyum karbonat çökelmesine neden olur. Bu nedenle sulama suları için ideal pH değeri 7-8 arasındadır.
- Elektriksel iletkenlik (EC) ve toplam çözünmüş katı madde (TDS) tuzluluk değerinin ölçüsüdür. Toprakta tuzluluk önemli bir problemdir, zamanla birikim artar ve toprak çoraklaşır. Bu durum ya sulama suyundaki çözünmüş minerallerden ya da yeraltı suyunun tuzluluğunda kaynaklanır. Genellikle, EC<700 µS/cm ve TDS<450 mg/L olan sular sulamaya uygundur (Ayers ve Westcot, 1985). Nehir örneklerinde her iki değer de yüksek olup Nehir sulama suyu olarak kontrollü kullanılmalıdır. Bölgede çiftçilerle yapılan görüşmelerde tarım alanlarında tuzlanma olduğu bilgisi alınmıştır. Ovada açık alanda toprakta yapılan tarım yavaş yavaş kendini topraksız ortamda tarım yapılan seralara bırakmaktadır. Bölgede son 2 yıldır seracılık hızla yayılmaktadır.
- Cl, B ve Na sulama sularında toksik maddeler olarak belirtilmektedir. Bunların zararı, zamana, konsantrasyona, ürünün duyarlılığına ve su kullanımına bağlıdır. Bu elementlerin her biri tek başlarına yada bileşik halinde etki gösterebilirler. Genelde ürün rekoltesinde düşüşe neden olurlar. En yaygın toksisite klordan kaynaklanmaktadır. Klor toprak tarafından adsorbe edilmemesine rağmen toprak-su aracılığı ile ilerleyerek bitki yapraklarında birikir ve yapraklarda yanma ve kurumaya neden olur. Yenice-Kamara ve Buharkent Köprü dışında diğer noktalarda kontrollü kullanım yapılmalıdır.
- SO₄⁻², CaSO₄ (gypsum) içeren kayalarda yaygın olarak bulunan bir mineral olup suyun bu kayalardan geçişi sırasında veya atmosferik depozisyon yoluyla suya geçebilir. Ayrıca arıtma tesislerinde, deri, kağıt ve tekstil enüstrisi atıklarından, gübre olarak kullanıldığı topraklardan yağmur yolu ile Nehre ulaşır. Sülfat genelde normal

konsantrasyonlarda bitki ve hayvan için toksik olmamakla birlikte 500-750 ppm insanlarda geçici laksatif etki yaratır. Genelde yüksek konsantrasyonlar suyun pH'ını etkiler. Sulama suyunda bulunması gereken aralık 0-575 ppm'dir. 575-960 aralığında kontrollü kullanılmalı, 960 ppm'in üzerindeki değerlerde kullanılmamalıdır. Yenice-Kamara dışındaki noktalarda kontrollü kullanım yapılmalıdır. Balçova'da tüm noktalarda konsantrasyonlar sulamada izin verilen limitin altındadır.

- Jeotermal akışkanlar yüksek konsantrasyonlarda HCO₃ içerirler. Kuyularda belirlenen bikarbonat aralığı, 1717-3056 ppm'dir. Bu da TKNDY'de 1868 ppm değerini verir. Diğer örnekleme noktalarında 397-693 ppm arasında değişen konsantrasyonlar ile Yenice-Kamara kontrollü kullanılmalı, diğer noktalar ise sulamada kullanılmamalıdır.
- Kızıldere'de kuyularda F konsantrasyonu yüksek olmasına rağmen Nehir örneklerinde F ve NH₄ konsantrasyonları sulama suyu kriterlerine uygundur. Balçova'da kuyularda (5.5-10.7 ppm) ve Termal Köprü'de (0.6-4.2 ppm) F konsantrasyonu sürekli sulamada önerilen 1 ppm'in çok üzerindedir. NH₄ değerleri ise sulama suyu kriterlerine uygundur.

3.3. Toprak Ortamına Olan Etkiler

- Büyük Menderes Nehri arasındaki tarım toprakları kanallar aracılığı ile Adıgüzel barajından salınan sular ile sulanmasına rağmen, Büyük Menderes Nehri üzerindeki örnekleme noktaları civarında tuzlanma olduğu bilgisi alınmıştır. Nehir boyunca Nehre yakın tarlalardan alınan toprak örneklerinde bor, lityum, stronsiyum, nikel, krom, çinko, baryum, molibden, mangan, kobalt, bakır, arsenik, selenyum, kadmiyum, antimon, alüminyum, gümüş ve kurşun analizleri yapılmıştır. Toprak örneklerinde ağır metal konsantrasyonları sınır değerlerin altındadır. Kobalt, baryum, arsenik ve nikel toprak kirlilik parametreleri sınır değerlerinin üzerinde, krom sınır değerindedir. Selenyum, civa, kurşun, kadmiyum, krom, bakır ve çinko değerleri ise sınır değerlerin altındadır. B konsantrasyonu atık sularda olduğu gibi toprak örneklerinde de yüksektir ve konsantrasyonları 9-135 ppm arasında değişir. Nehir I ve II'de 28 ve 36 ppm B konsantrasyonunun bulunması gübrelere gelen B dışında jeotermal akışkanın sulamada kullanılmış olduğunu doğrulamaktadır. Jeotermal Santral'in katkısı ile TKNDY'de bor, baryum, stronsiyum, arsenik, antimon ve demir konsantrasyonlarında önemli artışlar görülmektedir. Bir diğer önemli jeotermal katkı olan Sarayköy Atık'ta, nikel konsantrasyonu çalışma alanı içinde en yüksek seviyededir.

4. Biyolojik Çevreye Olan Etkiler

- Balçova ve Kızıldere Jeotermal Sahaları'ndan su ve çamur örnekleri toplanarak in vitro total DNA eldesi ve kültürde büyüme yöntemleri ile değerlendirilerek bölgede baskın termofilik ve hipertermofilik bazı türler kısmen tanımlanmıştır. Proje önerisinde yer alan *Bacillus* cinsine ait tür üyelerinin tanımlanması bir başka proje kapsamında gerçekleştirilmiş olduğundan bu projede yer verilmemiştir. Toprak örneklerinde bulunan bazı fenolik bileşiklerin varlığı, özütlenmiş total DNA'nın daha sonraki işlemlerde verimli kullanılmasında bazı güçlükler ortaya çıkarmıştır. Su örneklerinden mikrofiltrasyon ile yoğunlaştırılmaya çalışılan mikroorganizmalardan yeteri kadar DNA özütü elde etmede zorluklar yaşanmıştır. Bu sorunlar proje takviminde gecikmelere yol açtığından, kültüre alma ve çevrede baskın olarak bulunan belirli mikroorganizma cinslerinin karakterize edilmesi yoluna gidilmiştir.
- Balçova Jeotermal Sahası'ndan yapılan kültürasyonlarda 50°C'de iyi gelişen *Shizotrix* türü izole edilmiştir. Bu tür Nostocales ordosu, Oscillatoriaceae familyası üyesidir. Bu tür kılıflı, yığın oluşturan filamentöz yapıya sahip, heterosist yapısı içermeyen, hücreleri 2.5-4 µm genişliğinde uç hücreleri konikal olan, kılıfları renksiz veya scytonemin içeren bir yapıdadır.

- Yüksek sıcaklıktaki KD13 kuyusunun kenarındaki biyomastan alınan örneklerde (94.3°C) filogenetik çeşitliliğin sıcaklık azalması ile mikrobiyal çeşitlilikte artış görülmüştür. Bazı türler (*Thermus* ve *Meiothermus*) KD13 dışında tüm örneklerde gözlenmiştir. Bu durum sıcak suyun akışı yönünde bu türlerin de dağıldığını ve uygun yüzeylere tutunmaları neticesinde diğer örneklerde de görülmesine neden olduğu sonucuna varılmıştır. KD13 no'lu kuyunun savağından alınan örnekte iki adet ve kanal-yüzey toprak örneğinde bir adet *Hydrogenobacter* türü tanımlanmıştır. *Hydrogenobacter* türleri mikroaerofilik koşullarda yaşayabilen hidrojen oksitleyen bir türdür. Yüksek sıcaklıklardaki sıcak su ve çevresinde çözünmüş oksijen miktarının az olması böyle ortamlarda bulunmalarını açıklamaktadır. Aynı tür kanal yüzey toprak örneğinde de bulunmuştur.
- Deinococci-Thermus phylumu üyelerine KD12 kuyusu hariç Saha'dan alınan tüm örneklerde rastlanmıştır. Obligat aerobik ve heterotrofik *Thermus* ve *Meiothermus* türleri bu tip çevrelerde en sık ve en çok çeşitlilikte rastlanan türlerdir. Özellikle Cyanobacterial komunitelerle aynı ortamda bol bulunurlar. *Thermus* türleri kültüre edilebilmektedir.
- Kızıldere'de, kanal-sarı flok (59.8°C), kanal-yüzey toprak (72°C) ve koyu yeşil biyomasta (67.5°C) *Meiothermus* ve *Thermus* türleri saptanmıştır. *Thermus* türlerinin daha yüksek sıcaklıklardan alınan örneklerde, *Meiothermus* türlerinin ise daha düşük sıcaklıklardan alınan örneklerde bulunduğu bildirilmiştir.
- Chloroflexi phylumu da termofilik türleri içermektedir. Tip türü olan *Chloroflexus aurantiacus* genomu tam olarak ortaya çıkarılmıştır ve bilinen canlılar arasında en ilksel ve ilk fotosentetik canlı olarak kabul edilmektedir. Fotosentezin 70°C üzerinde gerçekleşmeyeceği dikkate alındığında, 70°C'nin üzerindeki örneklerde bu türün bulunmaması doğaldır. *Chloroflexus aurantiacus* ile %98 benzerlik gösteren iki klon kanal- sarı flok ve koyu yeşil biyomas örneğinde saptanmıştır.
- Bacteria domaininde yer alan oksijenik fototrofik cyanobacteria türlerinin de termofilik olanları mevcuttur. *Fisherella* sp. türü kanal-sarı flok örneklerinde saptanmıştır. Bu tür termofilik *Synecooccus* sp türüne göre daha düşük sıcaklıklarda 30-60°C yaşayabilirler. Kızıldere Jeotermal Sahası'nda bulunan yoğun mikrobiyal kütlere bakıldığında termofilik cyanobacteria çeşitliliğinin daha yüksek olabileceği düşünülebilir. Ancak sıcak su içindeki kimyasal bileşim örneğin sülfid miktarı bu sınırlamanın bir nedeni olabilir.
- Kızıldere Jeotermal Sahası'nın atık sıcak suyu ile oluşan savak, kanal ve çevresindeki ilksel prokaryotik türler, farklı renklerde oluşturduğu yığınlardaki primer üreticileri, heterotrofları, su içindeki bazı kükürt bileşiklerini okside veya redükte ederek onların eukaryotik canlılarla oluşturabileceği zararı engelleyen kemolitotrofik türleri ile ekonomik çıkarlar için de verimli bir şekilde kullanılan bu kaynak mikrobiyal çeşitliliğin ve canlı bilimleri ile uğraşan kişiler için ise mikrobiyal süksesyonun kayda değer bir örneğini oluşturmaktadır.

5. Sosyo-Ekonomik Çevreye Olan Etkiler

- Sosyo-ekonomik etki çalışmaları her iki Saha için yapılmış fakat yerleşim alanında kurulduğu için Balçova Bölgesel Isıtma Sistemi'nde yoğunlaştırılmıştır.
- Kızıldere ve Balçova Jeotermal Sahaları'nın sosyo-ekonomik etkilerine yönelik çalışmada, kullanım çeşitliliğinde özellikle sektörel bazda bir hareket gözlenmektedir. Jeotermal Saha'larda; elektrik üretimi, hacim ısıtma, sıcak su üretimi, sera ısıtma, termal tesislerde sağlık amaçlı kullanım ile kumaş boyama gibi küçük sanayide kullanım gibi sektörel örnekler görülmüştür.

- Elektrik Santrali'nin yerleşim yerlerinin uzağında kırsal kesimde olması, bölge halkının Santral atığı olan sıcak sudan faydalanmasını engellemektedir. Ancak suyun taşınarak Bölgesel Isıtma Sistemi kurulması ile yöre halkına ulaşılabilir. Yerel halkın ilgili tesislerde çalışmaya yönelik bir fayda sağlamamış olması ve bu yerleşimler ile jeotermal çalışmaların entegrasyonunun oluşturulamaması, yerli halkın ve yerleşimlerin potansiyellerinin değerlendirilememiş olduğu sonucunu vermektedir. Diğer yandan Kızıldere Jeotermal Santrali'nin jeotermal elektrik üretiminde Türkiye'de ilk örnek olması ve bu kullanıma entegre pek çok kullanım alanının bir arada bulunması hem kaynağın kullanım verimini artırmakta hem de kullanım çeşitliliği açısından diğer jeotermal sahalarla örnek teşkil etmektedir. Anket sonuçlarına göre bu uygulamalar, kullanıcı memnuniyeti açısından da olumlu örnekler olarak ortaya konmuştur. Bu açıdan bakıldığında da potansiyeli yüksek ve geliştirilebilir çalışmalar olarak göze çarpmaktadırlar.
- Özellikle jeotermal özelinde arazi kullanım planlaması başlı başına önemli bir yaklaşımdır. Balçova gibi Türkiye'de jeotermal enerjiye dayalı kent ısıtma sistemleri içerisinde en büyük kapasiteye sahip bir alanda kent planlama ile jeotermal enerji kavramları arasındaki ilişki gözler önüne serilmiştir. Burada elde edilen sonuçlar ışığında ülke bütününde bulunan diğer potansiyelli alanlarda da sistemler yeterince yayılmadan gerekli önlemler alınabilecektir.
- Genel olarak jeotermal havzaların planlanması, jeotermal zonların oluşturulması konusunda ise hem yasal süreçte hem de uygulama süreçlerinde ciddi problemler bulunmaktadır. Bu bağlamda;
- Jeotermal enerjinin mekansal etkileri konusunda Balçova Jeotermal Sahası'nda yapılan çalışmalarda, genel olarak mevcut konut dokusu, yapılaşma nizamı, kullanım biçimi, kat yüksekliği gibi kullanım tipleri bağlamında jeotermal enerjinin Balçova bölgesinde tam olarak etkin bir biçimde kullanıldığı söylenemez.
- Özellikle kentsel kullanıma yönelik olarak jeotermal gibi önemli bir yerel kaynağa sahip bölgelerde karma kentsel kullanım türü tercih edilmelidir.
- Yine bu tür avantajlı bölgelerde konut alanlarının yoğunluğunun artırılması, belirli minimumlarda konut sayılarının ve kat yüksekliklerinin sağlanması hem ekonomik olarak jeotermal sistemin kurulması ve işletilmesi aşamalarında avantaj sağlar, hem de sistemin devamlılığı ve kontrol edilebilirliği anlamında yararlıdır.
- Bu tür kaynak alanlarında konut alanlarının yoğunluğunun artırılması aynı zamanda koruma zonlarının ve potansiyel alanların birer kentsel boşluklara dönüşmesi anlamında da çok önemli bir yaklaşımdır. Jeotermal kaynağın korunması, kaynağın yüzeydeki izdüşümü alanlarındaki olası tehlikeli alanlar, yeni potansiyel kuyu açma alanları ve aynı zamanda fay hatları ile ilişkisi sebebiyle bu tür boş alanlara jeotermal kaynak çevresinde ihtiyaç bulunmaktadır.
- Ayrıca bu tür konut ısıtması yapılan bölgelerde uygun şartlar altında sera alanları ve termal turizm alanları ile bir bütün olarak entegre kullanım kaynağın verimini artıracaktır.
- Jeotermal potansiyelin bulunduğu kentsel bölgelerde kentsel kullanım türleri, birim büyüklükleri, doluluk ve boşluk oranları, koruma kuşakları, konut tipolojileri çok hassas yaklaşılması gereken konulardır.
- Özellikle jeotermal özelinde arazi kullanım planlaması başlı başına önemli bir yaklaşımdır. Balçova gibi Türkiye'de jeotermal enerjiye dayalı kent ısıtma sistemleri içerisinde en büyük kapasiteye sahip bir alanda kent planlama ile jeotermal enerji

kavramları arasındaki ilişki gözler önüne serilmiştir. Burada elde edilen sonuçlar ışığında ülke bütününde bulunan diğer potansiyelli alanlarda da sistemler yeterince yayılmadan gerekli önlemler alınabilecektir.

6. Kızıldere Jeotermal Santrali'nin Büyük Menderes Nehri Su Kalitesine Etkilerinin Modellenmesi

- Genellikle sulama suyu olarak kullanılan nehir suyundaki söz konusu parametrelerin değişimini modelleyebilmek amacıyla, Kızıldere Jeotermal Santrali'nden gelen atık suların Nehir ile birleşmesiyle su kalitesinde oluşacak değişimler, mevcut su analizleri kullanılarak modellenmiş ve yerinde yapılan kalite ölçümleri ile karşılaştırılmıştır. Santralin etkisini araştırmak amacıyla; model, Santral'dan gelen atık suyun olmaması durumuna göre çalıştırılmış, su kalitesindeki değişimler Santral olma ve olmama durumlarında bor, arsenik, lityum antimon, çözünmüş oksijen, tuzluluk ve amonyum iyonu için karşılaştırılmıştır.
- Debi değerlerinin düşük olduğu aylarda (suyun barajda tutulmasından dolayı), Santralin etkisi bor (B) konsantrasyonlarında artışa neden olmaktadır Akımın yüksek olduğu aylarda ise (sulama için su verilmesinden dolayı) bor konsantrasyonu verilen temiz suyun etkisiyle düşmekte, bu aylarda Santralin etkisi hissedilmemektedir. Bor sudaki katı maddelerce kolayca emilebilmekte, yıllar içinde nehir dibinde biriken maddelerde ve Nehir sulama amaçlı kullanılıyorsa tarım topraklarında bor konsantrasyonu görülebilmektedir. Nehir yakınlarından alınan toprak örneklerinde yüksek konsantrasyonlara rastlanmıştır.
- Çok zararlı bir zehir olan arseniğe (As) suda çok kolay çözünebilmesinden dolayı genel olarak jeotermal santrallerin atık su kanalı boyunca ya da yüzey sularında rastlanmaktadır. Akımın düşük olduğu aylarda görüldüğü gibi Santral'e bağlı As konsantrasyonlarında artış olmaktadır.
- Lityum (Li), atık su boru hatlarında ve yüzey sularında Li olarak kalıp reaksiyona girmemesinden dolayı yüksek konsantrasyonlarda görülmektedir. TKNDY'de Büyük Menderes Nehri'nin sulamada kullanılması nedeniyle ürünler ağaç yapraklarına zararlı olan yüksek bor ve lityum konsantrasyonları ile olumsuz etkilenebilmektedir. Antimon ise az da olsa Santral'e bağlı artış göstermiştir. Tuzluluk ve amonyuma Santral'in katkısı da modelde görülebilmektedir.

11. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

- Su ve toprak analizleri ile modelleme çalışmasında Kızıldere Jeotermal Santrali'nin Büyük Menderes Nehri'ne olan katkısı bor, arsenik, tuzluluk, klor, sülfat, bikarbonat, sodyum ve amonyum iyonlarındaki konsantrasyon değişimleri ile görülmektedir. Nehir TKNDY'ın mansabında ve çoğu zaman Yenice-Kamara ve Buharkent Köprü dışında tüm noktalarda sulama amaçlı kullanılmamalıdır. 1984 yılında kurulan Santral 24 yıldır atık sularını Nehre vermekte ve civardaki tarım alanları da Nehir suyunu kullanmaktadır. Toprak analizlerinde bor, baryum, stronsiyum, arsenik, antimon ve demir konsantrasyonlarında önemli artışlar görülmektedir. Çiftçiler tarafında tuzluluk olduğu bilgisi alınmıştır. Nehir'de jeotermal katkıdan dolayı tuzluluk yüksektir. Bu da Nehrin sulama suyu olarak kullanıldığıının bir diğer kanıtıdır.
- Jeotermal atık suyun yüksek konsantrasyonlarda sodyum, bikarbonat, karbonat ve sülfat içermesi, su fazında yoğunlaşan bu kimyasalların kuyularda, boru hatlarında, seperatörlerde kabuklaşmaya neden olmalarını sağlar. Kabuklaşma Santral kapasitesi düşürür. Bu nedenle kuyularda her yıl sonbahar aylarında üretimi en fazla düşen kuyudan başlanarak mekanik temizlik yapılır.
- Kimyasal analizler sonucu Nehir'de yüksek olan fakat jeotermal kökenli olmayan bazı kirleticiler de belirlenmiştir. Ni, Cd, Co ve Ba endüstriyel yada antropojenik kaynaklıdır ve çevredeki tekstil ve deri endüstrisinin atıklarında gelmektedirler.
- Kızıldere Jeotermal Santrali içinde H₂S seviyesi yüksek bulunmuştur. H₂S asit yağmuru ve elektronik ekipmanlarda korozyona neden olabilir. Saha'da izlenmesi gereken bir gazdır.
- Bölgesel ısıtma sistemlerinin çevresel etkileri konvansiyonel elektrik üretimine göre çok daha azdır. Kuyu içi pompalarla sadece su üretildiği için gaz çıkışı yoktur. Eğer re-enjeksiyon uygulanıyorsa tamamen kapalı çevrimden oluştuğu için kaza, sızıntı ve kaçalar dışında su ve toprak ortamları ile ilişkileri yoktur. Balçova Jeotermal Sahası %80-85 re-enjeksiyon oranı ile Termal Köprü'ye yapılan bir miktar atık su deşarjı dışında çevreye bir emisyonu yoktur.
- Gürültü jeotermal sahalarda önemli bir problemdir. Her iki Saha'da da çalışanların önlem almadığı görülmüştür. Gürültü ve vibrasyonunun insan sağlığı üzerindeki fiziksel, fizyolojik, psikolojik ve performans kaybı etkileri gözönünde bulundurularak hem çalışanlar hem de çevrede yaşayanlar için gerekli önlemler alınmalıdır. Perdeleme, susturucu kullanımı, düşük gürültü seviyesine sahip ekipman seçiminin yanısıra her iki Saha'da da çalışanların mutlaka kulaklık kullanmaları sağlanmalıdır.
- Elektrik santralleri yerleşim bölgelerinden uzakta kurulduğu için sosyo-ekonomik çevre çalışanlar ve atık jeotermal akışkandan yararlanan çeşitli sektörlerdir. Fakat bölgesel ısıtma sistemleri şehir içinde kuruldukları için çevrelerinde çok önemli sosyo-ekonomik etki yaratırlar. Ayrıca şehir planlamada enerji bileşenin önemi Balçova'da gerçekleştirilen sosyo-ekonomik çalışma ile ortaya konmuştur. Yeni geliştirilecek olan bölgesel ısıtma sistemlerinde baştan itibaren sistemin gelişimi ve yapılaşma arasındaki ilişki belirlenmelidir. Balçova'da yaşanan problemler ve sistemin Balçova'ya kazandırdıkları değerlendirilmelidir.
- Jeotermal kaynaklar sosyo-ekonomik ve biyoteknolojik katkıları yanında bazı olumsuz çevresel etkilere de neden olmaktadır. Bu projede, özellikle yüksek sıcaklıklı ve konvansiyonel elektrik üretiminde kullanılan jeotermal kaynakların, fosil yakıtlara göre

daha temiz olmalarına rağmen tamamen temiz enerji kaynakları olmadığı, sahadan sahaya değişkenlik gösteren olumsuz çevresel etkilerinin de bulunduğu ortaya konmuştur. Projenin amacı, mevcut uygulamalardaki etkileri gözönüne sererek jeotermal uygulamaların çevresel etkileri konusunda bilinç oluşturmak ve yeni projelerde bu etkilerin dikkate alınmasını sağlamaktır. Bu da "Çevresel Etki Değerlendirme" ile ilgili yasal düzenlemelerin yapılmasını gerektirir.

- Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED), belirli bir proje veya gelişmenin, çevre üzerindeki önemli etkilerinin belirlendiği bir süreçtir. Bu, kendi başına bir karar verme süreci değil karar verme süreci ile birlikte gelişen ve onu destekleyen bir süreç olup yeni proje ve uygulamaların, çevreye olabilecek sürekli veya geçici potansiyel etkilerinin sosyal sonuçlarını ve alternatif çözümlerini de içine alacak şekilde analizi ve değerlendirilmesidir. 16.12.2003 tarih ve 25318 sayılı Resmî Gazete'de yayınlanan Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği'ne göre, jeotermal sahalar onaylı Çevre Düzeni Planlarında, mevcut özellikleri korunacak alan olarak tesbit edilen ve yapılaşma yasağı getirilen alanlar kapsamına alınmıştır. Fakat ÇED yönetmeliğinde jeotermal sistemler için çevresel açıdan çok net zorunluluklar getirilmemiştir. Ön ÇED raporu istenilmekte ve genelde bu raporun değerlendirilmesi ile ÇED uygulaması gerekli değildir kararı verilmektedir ve bu şekilde projeler hayata geçirilmektedir. Diğer yandan Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu (JKDMSK) Uygulama ve ÇED Yönetmeliği ve Çevre Kanunu arasında çelişkiler söz konusudur. Örneğin, JKDMSK Uygulama yönetmeliğinde İşletme ruhsatı verildikten sonra Çevresel Etki Değerlendirme işlemlerinin yapılacağı yönünde düzenleme mevcuttur. Oysa Çevre Kanununun 10. maddesinde "*Çevresel Etki ve Değerlendirmesi olumlu kararı veya Çevresel Etki Değerlendirmesi gerekli değildir kararı alınmadıkça projelerle ilgili onay, izin, teşvik, yapı ve kullanım ruhsatı verilmez*" hükmü getirilmiştir. Kanunun bu açık ifadesine karşı Yönetmelikte getirilen düzenleme açıkça Kanunun emredici hükmüne aykırıdır. Jeotermal sistemler için işletme ruhsatı, jeotermal sistemin fiziksel, kimyasal ve radyoaktivite özellikleri ile bir bütün olarak tanımlanması ve ilgili alanda çevresel ekosistemin hali hazır durumun belirlenmesi çalışmaları tamamlandıktan sonra verilmelidir. Bu gibi nedenlerle yönetmelikte düzenlemelere gidilmeli ve jeotermal enerji sistemleri için de ÇED zorunlu hale getirilmelidir.
- Projenin kimyasal etki çalışmalarında kimyasal analizlerin (su, hava, toprak) tamamı İYTE Kimya Bölümü ile Çevre Ar-Ge Laboratuvarları'nda yapılmıştır. Proje kapsamında alınan makina-teçhizat ile Çevre Ar-Ge bünyesinde bir Jeokimya Laboratuvarı oluşturulmuştur. Biyolojik etkiler bölümünde ise DNA dizi analizi dışındaki analizler Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü'nde gerçekleştirilmiştir. Bu sayede üniversitemizin laboratuvar alt yapısı geliştirilmiş, öğrenciler sıcak su, gaz, toprak analizleri konusunda deneyim kazanmışlardır.
- Proje önerisinde sözü geçen hedefler gerçekleştirilmiştir.
- Proje konusu ile ilgili 2 Doktora, 1 Yüksek Lisans öğrencisi tez çalışmalarını sürdürmektedirler.

TEŞEKKÜR

Bu projenin gerçekleşmesinde finansal desteği sağlayan TÜBİTAK'a, çalışma alanları ile ilgili veri sağlayan ve arazi çalışmalarına izin veren İzmir Jeotermal A.Ő. ve EÜAŞ Kızıldere Jeotermal Santrali yöneticilerine ve çalışanlarına teşekkür ederiz. Ayrıca Büyük Menderes Nehri akım ve kalite verileri için DSİ ve EİEİ'ye, Balçova Cengiz Saran Barajı'ndan örnek toplamamıza izin veren İZSU Genel Müdürlüğü'ne, meteorolojik veriler için Devlet Meteoroloji İŞleri Genel Müdürlüğü'ne, Balçova Jeotermal Sahası sosyo-ekonomik etki çalışmasına veri sağlayan İzmir İl Sağlık Müdürlüğü Balçova Sağlık Grup Başkanlığı ve MTA İzmir Bölge Müdürlüğü'ne teşekkür ederiz.

Projenin çeşitli aşamalarında burslu olarak alışan Yüksek Lisans öğrencileri Semira Ünal, Eda Kalender ve Adem Erdem, Doktora öğrencileri Ayça akın, Kıvanç Kutluca, Nurdan Yıldırım, B. Hilal Çadircı ve kimyasal etkiler bölümü için örnek toplama ve analiz çalışmalarındaki çok büyük katkılarından ve üzerine düşenin fazlasını yaptığından dolayı Doktora öğrencisi Sinan Yılmaz'a sonsuz teőekkürlerimizi sunarız. Yine arazi ve analiz çalışmalarındaki yardımlarından dolayı İYTE evre Ar-Ge teknisyenlerinden Yunus Yılmaz'a ve analizler için İYTE evre Ar-Ge uzmanlarına, katkılarından dolayı İYTE JEOMER alışanlarına, Kızıldere Jeotermal Sahası'ndaki çalışmalarda önemli katkılarından ve desteğinden dolayı MTA Kamp Őefi Hüseyin Dünya'ya, arazi çalışmalarında yardımlarından dolayı İYTE Őöförlerine teőekkürü borç biliriz.

TÜBİTAK PROJE ÖZET BİLGİ FORMU

Proje No: 104M301
Proje Başlığı: Türkiye’de Gerçekleştirilen Jeotermal Enerji Projelerinin Temiz Enerji Bağlamında Değerlendirilmesi: Balçova Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemi-İzmir ve Kızıldere Jeotermal Santrali-Denizli
Proje Yürütücüsü ve Araştırmacılar: Proje Yürütücüsü: Doç.Dr. Gülten GÖKÇEN Araştırmacılar: Doç.Dr. Aysun Çakan SOFUOĞLU, Doç.Dr. Ali Fazıl YENİDÜNYA, Yard.Doç.Dr. İhsan YAŞA, Prof.Dr. Ahmet E. EROĞLU, Doç.Dr. Semahat ÖZDEMİR, Yard.Doç.Dr. Şebnem ELÇİ
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi: İYTE Enerji Müh.Böl., Urla, 35430 İzmir
Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi: EÜAŞ Kızıldere Jeotermal Santrali Sarayköy-Denizli Balçova Jeotermal Ltd. Şti. Korutürk Mah. İmbat Sok. No:2 Balçova-İzmir (yeni adıyla İzmir Jeotermal A.Ş.).
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri: 1 Nisan 2005 – 1 Nisan 2008
Öz (en çok 70 kelime): Bu projede, jeotermal elektrik üretimi ve ısıtma uygulamalarına birer örnek Saha seçilerek bu uygulamaların fiziksel, kimyasal, biyolojik ve sosyo-ekonomik çevreler üzerine etkileri incelenmiştir. Fosil yakıtlara göre daha temiz bir kaynak olan jeotermal kaynakların olumlu ve olumsuz çevresel etkilerinin bulunduğu ve projelerin arama, geliştirme ve işletme aşamalarında farklı şekillerde görülen bu etkilerin bilincinde olunarak kullanılması, ÇED yönetmeliğinde ve diğer jeotermal enerji ile ilgili kanun ve yönetmeliklerde bu etkilerin dikkate alınması gerektiği vurgulanmıştır.
Anahtar Kelimeler: Jeotermal elektrik üretimi, jeotermal bölgesel ısıtma sistemi, çevresel etkiler, Balçova, Kızıldere
Projeden Yapılan Yayınlar: <ol style="list-style-type: none">1. ÇAKIN, A., Kutluca, A.K. ve Çadırcı, B.H., Jeotermal Uygulamaların Fiziksel, Kimyasal, Biyolojik ve Sosyo-Ekonomik Etkileri, III. Ege Enerji Sempozyumu, Muğla Üniversitesi, Muğla, (2006).2. ÇADIRCI, B., Tüney, I., Yaşa, I. Sukatar, A., Gökçen, G., Isolation and Identification of a Thermophilic Cyanobacterium From Balçova Geothermal Field, Izmir-Turkey, 38th CIESM (The Mediterranean Marine Research Network) Congress, (2007).3. KUTLUCA, A.K. ve Gökçen, G., Jeotermal Elektrik Üretiminin Sosyo-Ekonomik Etkileri: Kızıldere Jeotermal Sahası”, Jeotermal Enerjiden Elektrik Üretimi Semineri, VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, 323-337, İzmir, (2007).4. URUŞUK, O., Alkan, G., Ocak, Y., Sofuoğlu, A., Biomonitoring of Airborne Inorganic Pollutants by Means of Pine Tree Barks Around the Geothermal Area, Bitirme Projesi, İYTE Kimya Mühendisliği Bölümü, İzmir, (2007). <p>5 yılda bir düzenlenen Dünya Jeotermal Kongresi 2010’a projeden bildiriler ile başvurulacaktır. Yeni yayınlar yapıldığında MAG’a bilgi verilecektir.</p>

EKLER

Türkiye’de Gerçekleştirilen Jeotermal Enerji Projelerinin Temiz Enerji Bağlamında Değerlendirilmesi: Balçova Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemi-İzmir ve Kızıldere Jeotermal Santrali-Denizli

Proje No: 104M301

Doç.Dr. Gülden GÖKÇEN
Doç.Dr. Aysun Çakan SOFUOĞLU
Doç.Dr. Ali Fazıl YENİDÜNYA
Yard.Doç.Dr. İhsan YAŞA
Prof.Dr. Ahmet E. EROĞLU
Doç.Dr. Semahat ÖZDEMİR
Yard.Doç.Dr. Şebnem ELÇİ

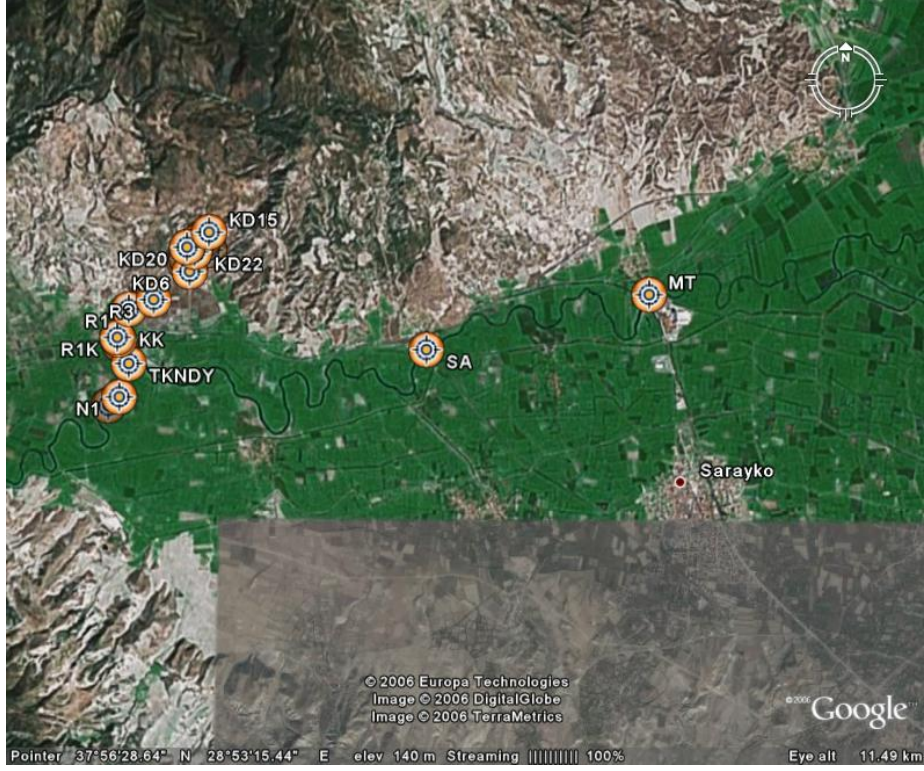
HAZİRAN 2008
ANKARA

Şekil Listesi

Şekil

Sayfa No

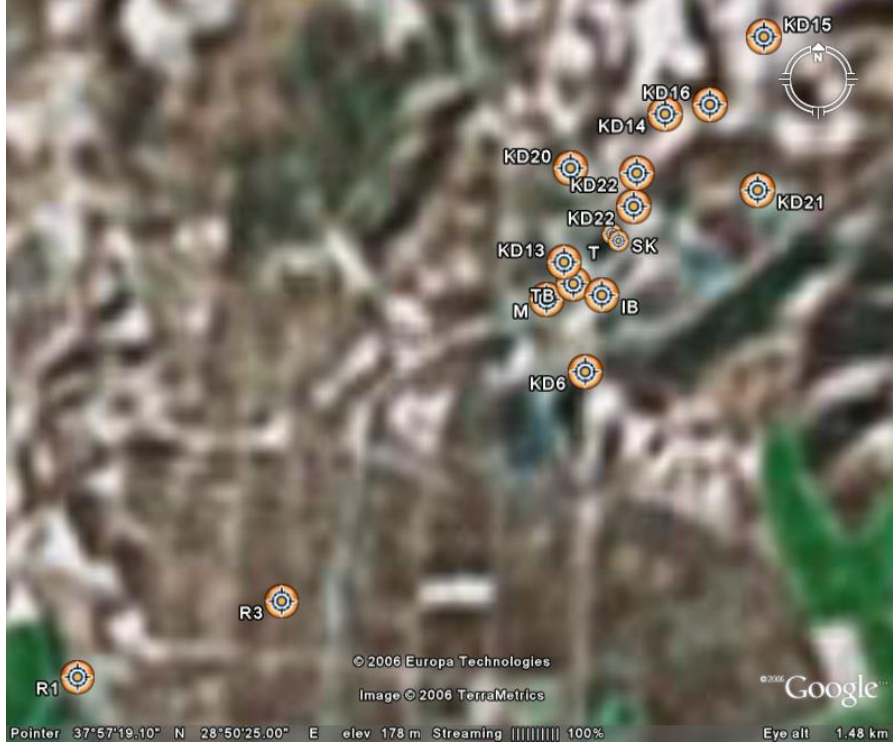
Şekil E.5. 1. Yenice-Kamara ve Buharkent Köprü dışında kalan tüm örnekleme noktaları.....	3
Şekil E.5. 2. Tüm kuyu ve kanal örnekleme noktaları ile Nehir I ve Nehir II.....	3
Şekil E.5. 3. Tüm kuyuların yerleşimi.....	4
Şekil E.5. 4. Kanal örnekleme noktaları ile Nehir I ve Nehir II.....	4
Şekil E.5. 5. Santral içindeki kuyuların ve diğer binaların yerleşimi.	5
Şekil E.5. 6. Balçova örnekleme çalışmaları-1.....	6
Şekil E.5. 7. Balçova örnekleme çalışmaları-2.....	7
Şekil E.5. 8. Kızıldere örnekleme çalışmaları-1.	8
Şekil E.5. 9. Kızıldere örnekleme çalışmaları-2.....	9
Şekil E.5. 10. Kızıldere örnekleme çalışmaları-3.....	10



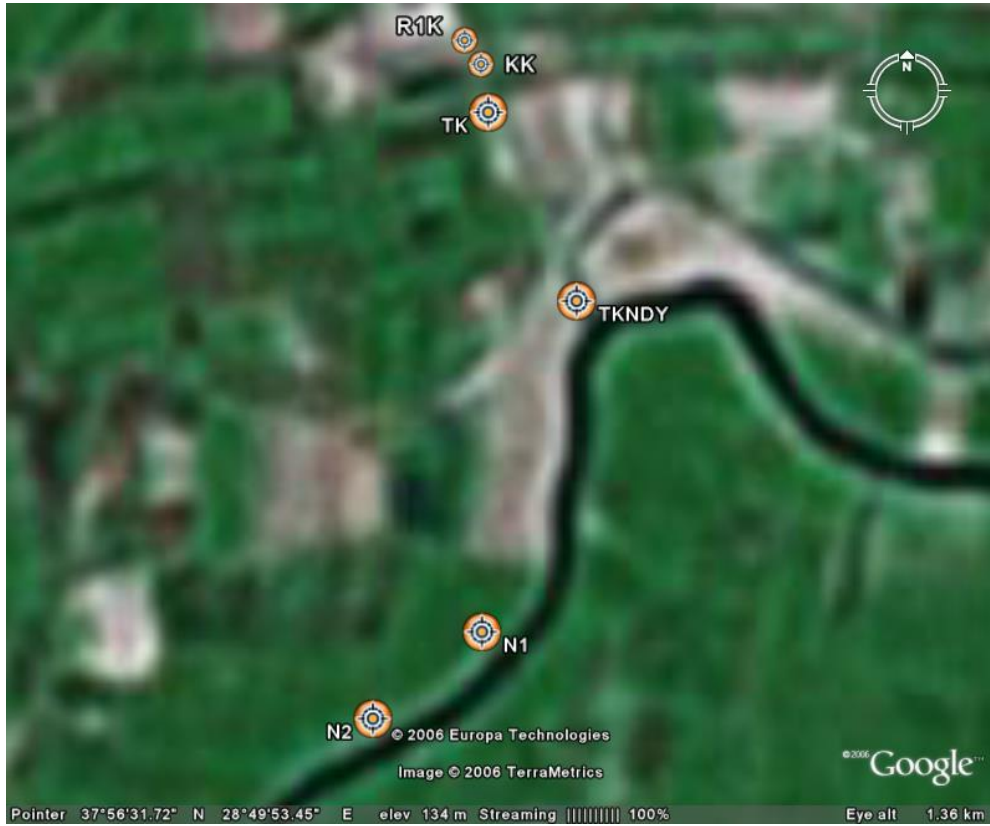
Şekil E.5. 1. Yenice-Kamara ve Buharkent Köprü dışında kalan tüm örnekleme noktaları.



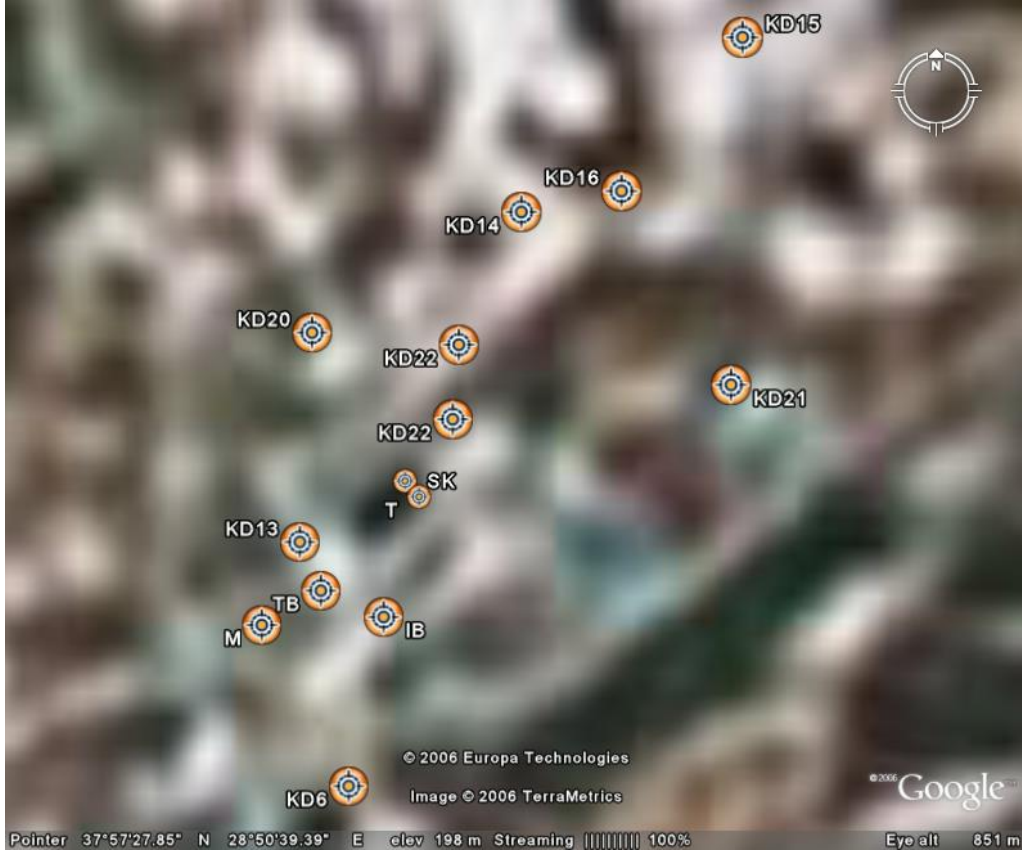
Şekil E.5. 2. Tüm kuyu ve kanal örnekleme noktaları ile Nehir I ve Nehir II.



Şekil E.5. 3. Tüm kuyuların yerleşimi.



Şekil E.5. 4. Kanal örnekleme noktaları ile Nehir I ve Nehir II.



Şekil E.5. 5. Santral içindeki kuyuların ve diğer binaların yerleşimi.



Şekil E.5. 6. Balçova örnekleme çalışmaları-1.



Şekil E.5. 7. Balçova örnekleme çalışmaları-2.



Şekil E.5. 8. Kızıldere örnekleme çalışmaları-1.



Şekil E.5. 9. Kızıldere örnekleme çalışmaları-2.



Şekil E.5. 10. Kızıldere örnekleme çalışmaları-3.

Tablo Listesi

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa No</u>
Tablo E.5. 1. Kızıldere Jeotermal Sahası, anyon örnekleri.....	12
Tablo E.5. 2. Kızıldere Jeotermal Sahası (kuyular, soğutma kulesi), katyon örnekleri.	22
Tablo E.5. 3. Kızıldere Jeotermal Sahası (kanallar, nehir), katyon örnekleri.....	30
Tablo E.5. 4. Balçova Jeotermal Sahası, katyon örnekleri.....	38
Tablo E.5. 5. Balçova Jeotermal Sahası, anyon örnekleri.....	44
Tablo E.5. 6. Kızıldere Jeotermal Sahası, toprak analizi.....	47
Tablo E.7. 1. Denizli (Kızıldere – Karataş) hane halkı anketi.....	48
Tablo E.7. 2. İşletme anketi.....	50
Tablo E.7. 3. Seracılık anketi.....	53
Tablo E.7. 4. Termal turizm tesisi anketi.....	56
Tablo E.7. 5. Balçova bina Ddküm analizi kağıdı.....	59

Tablo E.5. 1. Kızıldere Jeotermal Sahası, anyon örnekleri.

Örnekleme Noktası	Tarih	T °C (kuyubaşı)	T °C (ölçüm)	pH	TDS	EC mS	CaCO ₃ (ppm)	HCO ₃ ⁻ (*) (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	SO ₄ ²⁻ (ppm)	NH ₄ ⁺ (ppm)	F ⁻ (ppm)
KD6	17.07.2006	92.2	29.5	9.52	2.87 ppt	5.72 mS	333	2012	110	789	11.9	21.4
KD6	21.08.2006	93.5	29.0	9.42	2.31 ppt	4.59 mS	312	2093	118	788	13.5	19.9
KD6	26.09.2006	91.2	28.0	9.49	2.72 ppt	5.43 mS	315	2045	117	605	8.6	17.0
KD6	24.12.2006		6.1	9.44	2.67 ppt	5.32 mS	330	2028	110	740	7.0	20.1
KD6	30.01.2007	93.7	6.6	9.55	2.69 ppt	5.34 mS	320	1948	112	742	7.5	20.0
KD6	26.02.2007	93.7	17.5	9.54	2.25 ppt	4.71 mS	383	1806	108	751	11.7	19.1
KD6	30.03.2007	96.7	28.2	9.48	2.67 ppt	5.34 mS	297	2009	84	703	7.9	18.1
KD6	03.05.2007		24.9	9.45	2.48 ppt	4.94 mS	283	2058	80	670	8.5	16.5
KD6	30.05.2007		23.4	9.24	2.61 ppt	5.23 mS	282	1875	69	779	()	19.5
KD6	14.06.2007	93.5	25.3	9.28	2.60 ppt	5.21 mS	373	1610	73	714	()	17.6
KD13	17.07.2006	96.7	26.9	9.67	3.18 ppt	6.15 mS	376	2064	99	619	9.4	18.5
KD13	21.08.2006	93.8	32.6	9.55	1.97 ppt	3.88 mS	307	2213	113	737	11.7	17.1
KD13	26.09.2006	94.8	19.8	9.62	2.87 ppt	5.72 mS	381	2018	113	600	7.5	15.7
KD13	13.11.2006	93.2	14.0	9.48	2.92 ppt	5.84 mS	267	2452	117	683	6.9	16.0
KD13	24.12.2006		15.2	9.44	2.80 ppt	5.17 mS	233	2287	110	687	6.8	16.6
KD13	30.01.2007	93.5	27.8	9.50	2.99 ppt	5.97 mS	370	1964	108	699	7.3	16.7
KD13	26.02.2007	93.7	23.5	9.49	2.94 ppt	5.88 mS	347	2306	119	690	10.8	21.4
KD13	30.03.2007	93.8	29.1	9.47	2.84 ppt	5.7 mS	227	2261	114	675	9.7	16.7
KD13	03.05.2007		28.3	9.50	2.84 ppt	5.75 mS	323	2066	80	657	7.5	14.9
KD13	30.05.2007		23.0	9.27	2.57 ppt	5.15 mS	314	1931	89	752	()	17.0
KD13	14.06.2007	94.1	25.8	9.29	2.57 ppt	5.15 mS	303	2068	103	670	()	15.4

Tablo E.5.1. Devam.

Örnekleme Noktası	Tarih	T °C (kuyubaşı)	T °C (ölçüm)	pH	TDS	EC mS	CaCO ₃ (ppm)	HCO ₃ ⁻ (^(*) ppm)	Cl ⁻ (ppm)	SO ₄ ²⁻ (ppm)	NH ₄ ⁺ (ppm)	F ⁻ (ppm)
KD14	13.11.2006	94.9	27.4	9.51	2.94 ppt	5.88 mS	300	2473	132	716	8.1	21.1
KD14	24.12.2006		7.5	9.51	2.88 ppt	5.79 mS	390	2340	119	754	8.1	22.5
KD14	30.01.2007	94.2	6.1	9.52	2.67 ppt	5.4 mS	337	2131	121	853	7.6	22.5
KD14	26.02.2007	93.5	12.1	9.52	3.04 ppt	6.08 mS	393	2635	130	805	11.3	22.9
KD14	30.03.2007	96.7	20.5	9.51	2.84 ppt	5.61 mS	337	2013	132	801	8.6	22.6
KD14	03.05.2007		18.8	9.51	3.23 ppt	6.45 mS	410	2111	136	786	9.6	18.9
KD14	30.05.2007		22.9	9.32	2.76 ppt	5.53 mS	333	2050	133	609	(<u> </u>)	11.7
KD14	14.06.2007	95.0	25.4	9.34	2.80 ppt	5.6 mS	445	1964	136	965	(<u> </u>)	26.1
KD15	21.08.2006	96.0	28.2	9.42	0.94 ppt	1.89 mS	264	2066	121	906	14.0	22.7
KD15	13.11.2006	98.6	25.8	9.39	3.15 ppt	6.31 mS	267	2058	130	824	8.3	20.0
KD15	30.01.2007	98.3	17.5	9.46	2.95 ppt	5.91 mS	313	2082	123	956	6.3	22.5
KD15	26.02.2007	98.1	11.4	9.47	2.48 ppt	5.01 mS	320	1813	129	806	12.3	17.5
KD15	30.03.2007	98.2	29.3	9.37	2.66 ppt	5.3 mS	233	2119	129	897	7.4	20.0
KD15	03.05.2007		25.3	9.37	2.75 ppt	5.5 mS	250	2021	129	858	9.6	22.7
KD15	30.05.2007		22.6	9.18	2.69 ppt	5.38 mS	197	2049	128	1010	(<u> </u>)	11.7
KD15	14.06.2007	96.5	25.4	9.22	2.72 ppt	5.45 mS	327	1769	134	945	(<u> </u>)	21.7
KD16	17.07.2006	94.2	32.0	9.43	2.78 ppt	5.56 mS	317	2328	117	672	20.2	23.0
KD16	21.08.2006	94.4	28.4	9.44	1.05 ppt	2.21 mS	360	2223	123	830	13.7	24.6
KD16	26.09.2006	93.4	20.6	9.42	2.21 ppt	4.38 mS	331	2217	130	613	9.9	18.5
KD16	13.11.2006	81.1	15.3	9.35	3.13 ppt	6.23 mS	283	2428	129	823	7.6	20.0
KD16	24.12.2006		6.1	9.44	2.86 ppt	5.67 mS	330	2430	118	726	8.1	21.9
KD16	30.01.2007	94.5	12.6	9.52	2.87 ppt	5.76 mS	377	2033	113	759	8.5	22.2
KD16	26.02.2007	94.5	10.6	9.55	3.23 ppt	4.71 mS	330	2556	126	758	14.1	22.0
KD16	30.03.2007	93.0	30.6	9.34	2.92 ppt	5.79 mS	280	2367	125	746	8.0	20.8
KD16	03.05.2007		25.0	9.49	2.62 ppt	5.31 mS	347	2155	123	725	8.2	18.8
KD16	14.06.2007	95.1	25.6	9.31	2.73 ppt	5.47 mS	374	2151	143	763	(<u> </u>)	19.8

Tablo E.5.1. Devam.

Örnekleme Noktası	Tarih	T °C (kuyubaşı)	T °C (ölçüm)	pH	TDS	EC mS	CaCO ₃ (ppm)	HCO ₃ ⁻ (^(*) ppm)	Cl ⁻ (ppm)	SO ₄ ²⁻ (ppm)	NH ₄ ⁺ (ppm)	F ⁻ (ppm)
KD20	17.07.2006	90.3	43.8	9.62	3.16 ppt	6.33 mS	344	2305	118	802	9.4	22.0
KD20	21.08.2006	90.1	28.8	9.48	2.67 ppt	5.34 mS	301	2174	123	750	13.7	21.6
KD20	26.09.2006	90.8	20.5	9.56	2.93 ppt	5.85 mS	349	2074	132	693	10.3	19.3
KD20	13.11.2006	90.0	25.2	9.42	3.14 ppt	6.28 mS	290	2192	131	716	7.5	20.6
KD20	24.12.2006		6.1	9.39	2.84 ppt	5.68 mS	283	2295	121	794	7.1	20.0
KD20	30.01.2007	92.8	15.1	9.53	2.45 ppt	4.88 mS	383	1871	116	786	7.7	19.6
KD20	26.02.2007	96.2	10.4	9.51	3.14 ppt	6.33 mS	340	2444	128	811	14.4	21.0
KD20	30.03.2007	94.9	27.9	9.48	3.13 ppt	6.25 mS	373	2257	135	851	8.6	21.4
KD20	03.05.2007		25.9	9.47	2.48 ppt	4.96 mS	363	2119	131	801	9.0	17.9
KD20	30.05.2007		23.1	9.26	2.70 ppt	5.4 mS	307	2159	129	890	(<u> </u>)	20.7
KD20	14.06.2007	92.7	25.9	9.28	2.71 ppt	5.42 mS	387	1948	134	897	(<u> </u>)	18.6
KD21	17.07.2006	96.0	30.5	9.62	3.28 ppt	6.59 mS	384	2162	109	831	10.3	20.9
KD21	21.08.2006	94.7	28.8	9.48	2.60 ppt	5.22 mS	323	2229	108	750	11.9	23.0
KD21	24.12.2006		25.9	9.45	2.64 ppt	5.27 mS	286	2263	108	751	7.6	20.2
KD21	30.01.2007	93.1	17.9	9.46	2.95 ppt	5.91 mS	280	2094	111	756	8.0	20.1
KD21	26.02.2007	93.1	12.1	9.47	2.53 ppt	5.06 mS	300	2151	123	761	10.6	20.3
KD21	30.03.2007	94.4	26.5	9.47	2.80 ppt	5.61 mS	347	2058	123	727	8.4	18.6
KD21	03.05.2007		16.3	9.46	3.17 ppt	6.33 mS	320	2241	120	657	9.2	15.5
KD21	30.05.2007		22.7	9.26	2.69 ppt	5.38 mS	333	1717	123	800	(<u> </u>)	19.4
KD21	14.06.2007	93.9	25.4	9.27	2.66 ppt	5.32 mS	349	1727	126	843	(<u> </u>)	20.2

Tablo E.5.1. Devam.

Örnekleme Noktası	Tarih	T °C (kuyubaşı)	T °C (ölçüm)	pH	TDS	EC mS	CaCO ₃ (ppm)	HCO ₃ ⁻ (^(*) ppm)	Cl ⁻ (ppm)	SO ₄ ²⁻ (ppm)	NH ₄ ⁺ (ppm)	F ⁻ (ppm)
KD22	17.07.2006	98.2	29.1	9.63	3.11 ppt	6.20 mS	349	2172	107	549	9.3	19.6
KD22	21.08.2006	98.5	28.4	9.50	2.27 ppt	4.59 mS	355	2174	114	707	11.4	21.2
KD22	26.09.2006	98.2	20.9	9.59	2.98 ppt	5.93 mS	405	2181	120	600	14.4	17.0
KD22	13.11.2006	98.3	16.2	9.51	2.84 ppt	5.70 mS	280	2186	123	744	7.6	19.0
KD22	24.12.2006		27.2	9.37	2.60 ppt	5.21 mS	266	2200	112	705	7.5	18.4
KD22	30.01.2007	97.9	14.6	9.36	2.92 ppt	5.83 mS	217	2170	107	713	7.7	18.1
KD22	26.02.2007	97.5	11.1	9.42	3.17 ppt	6.31 mS	293	2195	122	691	12.5	18.1
KD22	30.03.2007		22.4	9.39	3.03 ppt	6.04 mS	243	2183	121	710	8.6	18.3
KD22	03.05.2007		16.6	9.38	3.07 ppt	6.19 mS	280	2186	124	670	8.4	16.5
KD22	30.05.2007		23.0	9.15	2.62 ppt	5.25 mS	285	2069	134	796	(<u> </u>)	18.8
KD22	14.06.2007	98.4	25.5	9.20	2.63 ppt	5.25 mS	288	2107	137	695	(<u> </u>)	16.6
R1	17.07.2006	96.9	29.3	9.51	3.52 ppt	7.12 mS	333	2865	137	750	12.4	27.9
R1	21.08.2006	96.4	30.5	9.40	3.08 ppt	6.16 mS	347	2864	147	1022	12.0	30.5
R1	26.09.2006	97.0	25.9	9.59	3.09 ppt	6.20 mS	395	2643	157	669	12.2	24.9
R1	13.11.2006	97.6	24.2	9.38	3.63 ppt	7.28 mS	243	2839	157	758	9.9	25.6
R1	24.12.2006		7.8	9.33	3.24 ppt	6.47 mS	269	2860	139	758	9.7	26.5
R1	30.01.2007	92.8	25.0	9.39	3.12 ppt	6.80 mS	307	2676	138	771	9.9	25.7
R1	26.02.2007	94.8	14.8	9.44	1.39 ppt	2.81 mS	307	2595	139	787	16.7	26.5
R1	30.03.2007	99.3	28.0	9.40	3.46 ppt	6.92 mS	300	2814	146	805	11.2	24.7
R1	03.05.2007		23.2	9.52	3.42 ppt	6.88 mS	340	2643	150	827	11.4	24.3
R1	30.05.2007		22.7	9.22	3.11 ppt	6.24 mS	336	2247	180	754	(<u> </u>)	24.6
R1	14.06.2007	97.4	24.6	9.23	3.11 ppt	6.21 mS	333	2147	165	811	(<u> </u>)	24.7

Tablo E.5.1. Devam.

Örnekleme Noktası	Tarih	T °C (kuyubaşı)	T °C (ölçüm)	pH	TDS	EC mS	CaCO ₃ (ppm)	HCO ₃ ⁻ (^o)ppm)	Cl ⁻ (ppm)	SO ₄ ²⁻ (ppm)	NH ₄ ⁺ (ppm)	F ⁻ (ppm)
S.Kulesi	17.07.2006	33.4	29.2	8.21	450 ppm	809 µS	-	246	18	69	25.9	0.2
S.Kulesi	21.08.2006	32.5	29.5	7.89	438 ppm	877 µS	-	271	33	120	39.4	0.1
S.Kulesi	26.09.2006	31.5	21.2	8.13	415 ppm	834 µS	-	180	5	38.7	46.4	0.0
S.Kulesi	13.11.2006	22.3	14.4	8.06	484 ppm	972 µS	-	305	17	72.8	55.0	0.0
S.Kulesi	24.12.2006		16.3	8.05	288 ppm	580 µS	-	277	2	33	68.9	0.0
S.Kulesi	30.01.2007	21.9	15.3	8.20	365 ppm	728 µS	-	333	2	35	68.6	0.0
S.Kulesi	26.02.2007	24.9	14.8	8.14	317 ppm	643 µS	-	313	3	30	41.3	0.2
S.Kulesi	30.03.2007	25.7	23.1	8.01	380 ppm	760 µS	-	293	13	18	64.3	0.0
S.Kulesi	03.05.2007		18.3	8.06	345 ppm	695 µS	-	228	13	43	52.6	0.0
S.Kulesi	30.05.2007		22.6	7.81	290 ppm	590 µS	-	215	14	33	()	0.0
S.Kulesi	14.06.2007	32.4	25.2	7.91	337 ppm	674 µS	-	211	15	56	()	0.0
Y.Kamara	17.07.2006	21.0	32.9	8.24	557 ppm	1109 µS	-	392	54	133	1.9	0.3
Y.Kamara	21.08.2006	12.3	32.0	8.05	547 ppm	1095 µS	-	453	59	237	1.2	0.8
Y.Kamara	26.09.2006	21.4	26.5	7.80	724 ppm	1444 µS	-	405	53	136	0.2	0.0
Y.Kamara	13.11.2006	12.4	18.6	7.83	455 ppm	904 µS	-	850	27	93.3	0.2	0.0
Y.Kamara	24.12.2006		11.2	8.02	0.38 ppt	0.75 mS	-	377	28	90	0.3	0.0
Y.Kamara	30.01.2007	7.7	12.8	8.10	375 ppm	764 µS	-	329	23	119	0.2	0.0
Y.Kamara	26.02.2007	14.0	16.2	8.25	373 ppm	745 µS	-	346	25	91	1.3	0.0
Y.Kamara	30.03.2007	18.5	21.7	8.18	391 ppm	784 µS	-	342	27	103	0.4	0.9
Y.Kamara	03.05.2007		25.4	8.33	557 ppm	1116 µS	-	309	55	122	0.5	0.2
Y.Kamara	30.05.2007		24.9	7.91	610 ppm	1222 µS	-	267	33	169	()	0.0
Y.Kamara	14.06.2007	15.5	24.6	8.20	586 ppm	1172 µS	-	296	54	156	()	0.6

Tablo E.5.1. Devam.

Örnekleme Noktası	Tarih	T °C (kuyubaşı)	T °C (ölçüm)	pH	TDS	EC mS	CaCO ₃ (ppm)	HCO ₃ ⁻ (^(*) ppm)	Cl ⁻ (ppm)	SO ₄ ²⁻ (ppm)	NH ₄ ⁺ (ppm)	F ⁻ (ppm)
K.Kanal	17.07.2006	39.5	34.5	9.62	3.32 ppt	6.64 mS	376	2363	118	237	7.8	22.4
K.Kanal	21.08.2006	47.4	33.2	9.58	2.76 ppt	5.56 mS	323	2382	121	847	8.9	23.2
K.Kanal	26.09.2006	41.7	24.5	9.63	2.32 ppt	4.62 mS	323	2223	125	691	5.8	20.7
K.Kanal	13.11.2006	41.2	18.1	9.27	2.41 ppt	4.84 mS	200	2314	135	763	4.9	13.3
K.Kanal	24.12.2006		11.1	9.41	2.62 ppt	5.31 mS	238	2210	111	767	7.3	21.3
K.Kanal	30.01.2007	35.9	14.1	9.56	3.03 ppt	6.05 mS	347	1928	110	759	8.5	18.7
K.Kanal	26.02.2007	38.1	16.4	9.56	2.96 ppt	5.95 mS	313	2139	115	722	16.4	17.9
K.Kanal	30.03.2007	43.9	20.4	9.44	3.14 ppt	5.82 mS	307	2261	117	791	8.7	20.5
K.Kanal	03.05.2007		27.8	9.55	2.85 ppt	5.69 mS	350	2161	125	787	7.9	19.0
K.Kanal	30.05.2007		22.0	9.30	2.83 ppt	5.90 mS	323	2274	121	904	(_)	22.3
R1 Kanal	17.07.2006	41.7	34.4	9.55	4.17 ppt	8.35 mS	437	3056	147	996	11.1	30.6
R1 Kanal	21.08.2006	47.1	33.5	9.46	2.78 ppt	5.55 mS	355	2558	145	710	13.6	27.2
R1 Kanal	26.09.2006	38.8	23.6	9.44	2.20 ppt	4.45 mS	261	1882	131	1078	7.1	32.0
R1 Kanal	13.11.2006	43.8	16.8	9.40	3.56 ppt	7.10 mS	387	2790	156	851	9.0	26.1
R1 Kanal	24.12.2006		13.6	9.37	3.23 ppt	5.41 mS	296	3074	150	847	9.2	26.3
R1 Kanal	30.01.2007	37.6	25.3	9.51	3.95 ppt	7.94 mS	437	2473	143	824	9.1	24.0
R1 Kanal	26.02.2007	43.9	13.8	9.45	3.10 ppt	6.25 mS	313	2346	125	767	12.3	24.3
R1 Kanal	30.03.2007	47.1	19.0	9.44	3.57 ppt	7.11 mS	437	2704	152	885	8.2	27.8
R1 Kanal	03.05.2007		19.5	9.42	3.58 ppt	7.19 mS	393	2590	157	824	9.9	22.8
R1 Kanal	30.05.2007		22.6	9.29	3.12 ppt	6.25 mS	400	2063	162	823	(_)	23.1
R1 Kanal	14.06.2007	49.6	24.8	9.29	3.03 ppt	6.06 mS	426	2073	164	801	(_)	23.5
R1 Kanal	17.07.2006	41.7	34.4	9.55	4.17 ppt	8.35 mS	437	3056	147	996	11.1	30.6

Tablo E.5.1. Devam.

Örnekleme Noktası	Tarih	T °C (kuyubaşı)	T °C (ölçüm)	pH	TDS	EC mS	CaCO ₃ (ppm)	HCO ₃ ⁻ (^(*) ppm)	Cl ⁻ (ppm)	SO ₄ ²⁻ (ppm)	NH ₄ ⁺ (ppm)	F ⁻ (ppm)
T. Kanal	17.07.2006	41.1	32.9	9.62	3.52 ppt	7.02 mS	-	610	127	946	10.2	24.9
T. Kanal	21.08.2006	46.8	32.3	9.54	2.99 ppt	5.95 mS	333	2561	132	784	10.4	22.0
T. Kanal	26.09.2006	40.6	24.2	9.55	2.02 ppt	4.08 mS	261	652	130	1325	6.1	19.0
T. Kanal	13.11.2006	42.2	17.8	9.36	3.07 ppt	6.1 mS	270	2615	142	822	6.2	18.6
T. Kanal	24.12.2006		16.2	9.36	2.73 ppt	5.4 mS	261	2400	121	783	6.5	21.0
T. Kanal	30.01.2007	35.9	14.1	9.53	3.03 ppt	6.05 mS	413	2131	117	739	6.5	20.0
T. Kanal	26.02.2007	40.8	14.8	9.53	2.91 ppt	5.8 mS	313	2383	115	771	11.5	22.0
T. Kanal	30.03.2007	43.9	20.5	9.44	2.60 ppt	5.23 mS	540	2220	130	794	7.6	21.8
T. Kanal	03.05.2007		26.4	9.47	3.27 ppt	6.55 mS	293	2436	134	850	8.8	21.7
T. Kanal	30.05.2007		23.1	9.31	2.86 ppt	5.73 mS	282	2330	123	871	(<u> </u>)	22.7
T. Kanal	14.06.2007	44.6	24.9	9.34	2.90 ppt	5.8 mS	413	2192	133	833	(<u> </u>)	20.8
T.K.N.D.Y	17.07.2006	22.9	31.4	8.84	958 ppm	1887 µS	-	410	65	270	1.7	2.0
T.K.N.D.Y	21.08.2006	26.9	30.7	8.71	1.26 ppt	2.54 mS	-	918	92	104	4.7	0.0
T.K.N.D.Y	26.09.2006	32.6	22.2	9.33	2.18 ppt	4.34 mS	187	1488	141	1386	2.8	24.0
T.K.N.D.Y	13.11.2006	39.2	16.0	9.34	3.17 ppt	6.38 mS	320	2664	131	820	6.7	19.3
T.K.N.D.Y	24.12.2006		11.7	9.40	2.80 ppt	5.57 mS	347	2125	123	784	6.2	19.6
T.K.N.D.Y	30.01.2007	34.7	12.9	9.53	2.83 ppt	5.68 mS	390	2037	118	748	6.2	21.8
T.K.N.D.Y	26.02.2007	39.8	14.0	9.53	2.50 ppt	5.04 mS	373	1944	113	679	10.3	21.6
T.K.N.D.Y	30.03.2007	42.7	18.2	9.45	3.58 ppt	6.67 mS	350	2086	126	772	7.8	20.0
T.K.N.D.Y	03.05.2007		19.7	9.55	2.86 ppt	5.74 mS	397	2289	135	822	6.7	20.4
T.K.N.D.Y	30.05.2007		22.4	9.31	2.92 ppt	5.83 mS	299	2319	128	921	(<u> </u>)	22.7
T.K.N.D.Y	14.06.2007	46.9	25.8	9.34	2.86 ppt	5.74 mS	415	2265	120	824	(<u> </u>)	20.9

Tablo E.5.1. Devam.

Örnekleme Noktası	Tarih	T °C (kuyubaşı)	T °C (ölçüm)	pH	TDS	EC mS	CaCO ₃ (ppm)	HCO ₃ ⁻ (^(*) ppm)	Cl ⁻ (ppm)	SO ₄ ²⁻ (ppm)	NH ₄ ⁺ (ppm)	F ⁻ (ppm)
M. Tekstil	17.07.2006	21.9	33.1	8.60	781.00 ppm	1559 µS	-	462	73	285	0.9	0.5
M. Tekstil	21.08.2006	15.2	31.1	8.37	797 ppm	1589 µS	-	512	78	425	1.5	0.0
M. Tekstil	26.09.2006	20.4	26.3	7.80	1.35 ppt	2.69 mS	-	577	205	1425	0.6	1.7
M. Tekstil	13.11.2006	15.3	17.9	8.18	1.34 ppt	2.65 mS	-	557	131	699	0.5	0.0
M. Tekstil	24.12.2006		11.6	8.03	1.27 ppt	2.58 mS	-	647	196	700	2.4	0.0
M. Tekstil	30.01.2007	11.7	14.2	8.26	1.24 ppt	2.84 mS	-	598	173	737	0.6	0.2
M. Tekstil	26.02.2007	14.9	20.7	8.17	1.32 ppt	2.66 mS	-	590	144	761	5.7	0.4
M. Tekstil	30.03.2007	17.7	20.9	8.32	1.39 ppt	2.77 mS	-	638	251	674	1.3	0.3
M. Tekstil	03.05.2007		20.2	8.38	1.68 ppt	3.38 mS	-	675	162	1023	2.2	0.9
M. Tekstil	30.05.2007		24.3	8.02	1.33 ppt	2.68 mS	-	659	153	683	(₋)	0.5
M. Tekstil	14.06.2007	30.6	27.6	8.32	1.42 ppt	2.84 mS	35	529	174	1095	(₋)	1.0
S. Atık	17.07.2006	21.7	35.8	8.40	592 ppm	1179 µS	-	412	67	238	1.8	0.4
S. Atık	21.08.2006	14.9	30.5	8.05	812 ppm	1621 µS	-	463	78	385	1.2	0.0
S. Atık	26.09.2006	20.5	24.7	8.16	1.45 ppt	2.86 mS	-	535	205	1402	0.5	1.8
S. Atık	13.11.2006	15.2	17.7	8.01	1.32 ppt	2.63 mS	-	854	139	720	0.4	0.0
S. Atık	24.12.2006		13.4	8.13	1.30 ppt	2.53 mS	-	603	185	772	2.7	0.8
S. Atık	30.01.2007	11.0	14.4	8.25	1.20 ppt	2.44 mS	-	577	167	673	0.8	0.4
S. Atık	26.02.2007	14.4	15.5	8.19	1.19 ppt	2.39 mS	-	590	119	793	6.0	0.5
S. Atık	30.03.2007	17.8	21.8	7.96	1.25 ppt	2.51 mS	-	626	233	800	1.1	0.8
S. Atık	03.05.2007		20.6	8.18	1.60 ppt	2.87 mS	-	716	162	1030	1.1	1.3
S. Atık	30.05.2007		23.1	8.22	1.23 ppt	2.49 mS	-	643	142	842	(₋)	0.8
S. Atık	14.06.2007	31.8	27.5	8.59	1.36 ppt	2.73 mS	45	618	147	1001	(₋)	0.6

Tablo E.5.1. Devam.

Örnekleme Noktası	Tarih	T °C (kuyubaşı)	T °C (ölçüm)	pH	TDS	EC mS	CaCO ₃ (ppm)	HCO ₃ ⁻ (^(*) ppm)	Cl ⁻ (ppm)	SO ₄ ²⁻ (ppm)	NH ₄ ⁺ (ppm)	F ⁻ (ppm)
B. Köprü	17.07.2006	22.0	25.0	8.15	878 ppm	1760 µS	-	480	65	317	1.4	0.6
B. Köprü	21.08.2006	17.5	30.5	8.07	380 ppm	761 µS	-	512	87	485	1.5	0.0
B. Köprü	26.09.2006	20.4	25.1	8.04	1.07 ppt	2.13 mS	-	512	110	1252	0.6	1.9
B. Köprü	13.11.2006	15.6	20.3	7.90	955 ppm	1908 µS	-	671	143	715	0.6	0.0
B. Köprü	24.12.2006		14.8	7.93	1.37 ppt	2.73 mS	-	667	180	671	2.9	0.4
B. Köprü	30.01.2007	10.8	12.7	8.21	1.40 ppt	2.82 mS	-	589	117	736	0.7	0.4
B. Köprü	26.02.2007	14.6	16.7	8.20	1.35 ppt	2.72 mS	-	272	138	794	2.7	0.0
B. Köprü	30.03.2007	17.8	20.3	8.21	1.42 ppt	2.90 mS	-	281	176	854	1.1	1.3
B. Köprü	03.05.2007		25.5	8.17	1.64 ppt	3.29 mS	-	301	137	1369	1.2	0.8
B. Köprü	30.05.2007		24.3	8.11	1.38 ppt	2.68 mS	-	675	137	1066	(_)	1.9
B. Köprü	14.06.2007	30.3	27.8	7.76	1.63 ppt	3.27 mS	-	781	159	1286	(_)	2.6
Nehir1	21.08.2006	15.6	29.0	8.19	439.0 ppm	859 µS	-	492	78	348	1.3	1.0
Nehir1	26.09.2006	20.7	23.2	8.21	1.30 ppt	2.57 mS	-	587	194	1458	1.4	2.7
Nehir1	13.11.2006	15.5	15.5	8.06	1.09 ppt	2.16 mS	-	634	136	725	0.6	0.6
Nehir1	24.12.2006		10.9	8.26	1.36 ppt	2.76	-	739	201	706	0.5	0.4
Nehir1	30.01.2007	10.7	10.7	8.65	1.35 ppt	2.70 mS	-	573	177	716	2.4	0.4
Nehir1	26.02.2007	12.8	14.8	8.50	1.39 ppt	2.81 mS	-	675	193	722	1.4	0.1
Nehir1	30.03.2007	18.8	19.6	8.34	1.41 ppt	2.8 mS	-	703	238	631	3.8	0.9
Nehir1	03.05.2007		20.1	8.17	1.45 ppt	2.92 mS	-	773	157	983	1.2	2.0
Nehir1	30.05.2007		22.8	8.22	1.43 ppt	2.86 mS	-	752	153	982	(_)	2.7
Nehir1	14.06.2007	35.8	28.1	8.59	1.75 ppt	1.75 mS	51	1004	179	1043	(_)	8.4

Tablo E.5.1. Devam.

Örneklem Noktası	Tarih	T °C (kuyubaşı)	T °C (ölçüm)	pH	TDS	EC mS	CaCO ₃ (ppm)	HCO ₃ ⁻ (^(*) ppm)	Cl ⁻ (ppm)	SO ₄ ²⁻ (ppm)	NH ₄ ⁺ (ppm)	F ⁻ (ppm)
Nehir 2	17.07.2006	21.2	29.7	8.21	820 ppm	1636 µS	-	454	66	255	0.8	0.5
Nehir 2	21.08.2006	15.4	30.4	8.07	876 ppm	1749 µS	-	541	78	378	1.4	1.0
Nehir2	26.09.2006	20.8	22.9	8.21	1.31 ppt	2.61 mS	-	568	203	1402	0.5	2.3
Nehir2	13.11.2006	15.9	16.2	8.04	1.31 ppt	2.60 mS	-	703	117	780	0.7	0.2
Nehir2	24.12.2006		13.0	8.25	1.33 ppt	2.72 mS	-	678	199	773	1.8	0.2
Nehir2	30.01.2007	10.8	11.1	8.65	1.37 ppt	2.75 mS	-	614	183	747	1.6	0.4
Nehir2	26.02.2007	14.0	15.1	8.46	1.23 ppt	2.47 mS	-	691	195	732	3.3	0.6
Nehir2	30.03.2007	18.6	19.6	8.36	1.36 ppt	2.74 mS	-	703	235	758	1.4	1.2
Nehir2	03.05.2007		19.8	8.06	1.80 ppt	3.59 mS	-	716	175	1194	2.3	1.8
Nehir2	30.05.2007		22.2	8.15	1.37 ppt	2.74 mS	-	671	154	922	(<u> </u>)	3.7
Nehir2	14.06.2007	33.9	28.0	8.18	1.59 ppt	3.17 mS	37	939	163	1017	(<u> </u>)	3.4

Tablo E.5. 2. Kızıldere Jeotermal Sahası (kuyular, soğutma kulesi), katyon örnekleri.

(mg/L)	Tarih	KD6	KD14	KD13	KD15	KD16	KD20	KD21	KD22	R1	S. Kulesi
B LOQ ~0.03 mg/L (ppm)	17.07.2006	18.2	(-)	19.0	(-)	22.1	21.9	19.6	18.6	28.2	2.6
	21.08.2006	18.9	(-)	19.0	23.3	24.7	21.9	22.2	22.0	28.2	1.1
	26.09.2006	21.7	(-)	20.8	(-)	24.1	22.9	(-)	21.8	28.8	0.7
	13.11.2006	(-)	22.5	19.5	22.6	23.1	20.0	(-)	19.6	28.9	0.9
	24.12.2006	20.7	29.4	21.0	(-)	25.7	23.6	23.9	21.7	31.7	0.3
	30.01.2007	20.3	26.2	19.0	23.1	23.2	21.3	20.9	20.2	29.2	0.6
	26.02.2007	19.2	24.8	18.7	22.7	24.7	22.7	21.8	21.2	30.3	1.4
	30.03.2007	23.0	29.1	23.5	24.9	27.5	24.2	26.0	23.2	33.3	1.0
	03.05.2007	22.1	28.4	21.3	25.3	26.7	24.2	25.2	22.2	32.4	<LOQ
	30.05.2007	23.7	29.3	22.5	27.6	28.6	24.7	24.9	24.3	34.1	0.3
14.06.2007	23.9	29.4	23.8	28.2	29.2	25.2	26.4	24.7	34.9	0.4	
As LOQ ~0.05 mg/L(ppm)	17.07.2006	1.27	(-)	1.27	(-)	1.48	1.47	1.46	1.34	2.04	<LOQ
	21.08.2006	As ANALİZİ YAPILMADI.									
	26.09.2006	As ANALİZİ YAPILMADI.									
	13.11.2006	(-)	1.72	1.32	1.69	1.78	1.34	(-)	1.35	2.30	<LOQ
	24.12.2006	1.22	1.78	1.22	(-)	1.65	1.50	1.47	1.31	2.21	<LOQ
	30.01.2007	1.15	1.54	1.05	1.54	1.36	1.26	1.18	1.15	1.92	<LOQ
	26.02.2007	1.02	1.21	0.95	1.30	1.15	1.22	1.09	1.07	1.71	<LOQ
	30.03.2007	1.32	1.85	1.32	1.71	1.72	1.52	1.61	1.34	2.32	<LOQ
	03.05.2007	1.25	1.73	1.17	1.69	1.60	1.47	1.46	1.28	2.21	<LOQ
	30.05.2007	1.38	1.95	1.28	1.85	1.78	1.69	1.51	1.49	2.43	<LOQ
14.06.2007	1.39	1.86	1.33	1.78	1.75	1.65	1.56	1.45	2.35	<LOQ	
Na LOQ ~ 0,05 mg/L (ppm)	17.07.2006	1235	(-)	1252	(-)	1322	1430	1341	1338	1500	46
	21.08.2006	1495	(-)	1532	1599	1613	1513	1527	1523	1618	48
	26.09.2006	1469	(-)	1548	(-)	1533	1621	(-)	1468	1886	22
	13.11.2006	(-)	1438	1419	1471	1551	1272	(-)	1359	1723	16
	24.12.2006	1473	1817	1511	(-)	1607	1617	1591	1485	1923	9
	30.01.2007	1321	1446	1286	1385	1389	1330	1263	1280	1530	22
	26.02.2007	1544	1635	1509	1582	1655	1713	1594	1595	2003	17
	30.03.2007	1625	1775	1766	1595	1708	1680	1877	1588	1955	5
	03.05.2007	1551	1679	1558	1595	1586	1605	1590	1493	1851	2
	30.05.2007	1597	1893	1597	1895	1794	1744	1666	1760	2056	6
14.06.2007	1706	1785	1702	1768	1666	1942	1719	1726	2095	10	

Tablo E.5.2. Devam.

(mg/L)	Tarih	KD6	KD14	KD13	KD15	KD16	KD20	KD21	KD22	R1	S. Kulesi
Li LOQ ~0,02 mg/L (ppm)	17.07.2006	Li ANALİZİ YAPILMADI.									
	21.08.2006	Li ANALİZİ YAPILMADI.									
	26.09.2006	Li ANALİZİ YAPILMADI.									
	13.11.2006	(-)	4.2	4.3	4.2	4.6	4.2	(-)	4.3	5.7	<LOQ
	24.12.2006	4.4	5.8	4.9	(-)	5.2	5.2	5.1	4.8	6.9	<LOQ
	30.01.2007	4.0	4.8	4.3	4.3	4.5	4.5	4.1	4.2	5.7	<LOQ
	26.02.2007	4.5	5.2	4.9	4.7	5.3	5.3	5.1	5.1	6.9	<LOQ
	30.03.2007	4.9	5.8	5.7	4.9	5.6	5.4	6.2	5.3	7.1	<LOQ
	03.05.2007	4.9	6.1	5.3	5.5	5.9	5.6	5.6	5.8	7.4	<LOQ
	30.05.2007	4.7	5.5	5.2	4.9	5.3	5.4	5.3	5.0	6.8	<LOQ
14.06.2007	4.8	5.8	5.6	5.4	6.0	6.3	5.6	5.7	7.5	<LOQ	
Mg LOQ ~0,02 mg/L (ppm)	17.07.2006	0.9	(-)	0.7	(-)	1.0	0.5	0.5	0.6	0.9	9.7
	21.08.2006	0.7	(-)	0.7	0.3	0.4	0.4	1.3	0.8	1.0	14.4
	26.09.2006	0.8	(-)	0.5	(-)	0.4	0.3	(-)	0.4	1.0	2.2
	13.11.2006	(-)	1.0	0.6	0.6	0.5	0.4	(-)	0.5	0.3	9.9
	24.12.2006	0.4	0.2	0.5	(-)	0.3	0.4	0.3	0.4	0.3	0.7
	30.01.2007	0.4	0.1	0.4	0.2	0.3	0.8	0.6	0.4	0.4	0.3
	26.02.2007	0.5	0.1	0.5	0.2	0.3	0.4	0.3	0.4	0.3	0.7
	30.03.2007	0.6	0.1	0.7	0.2	0.2	0.4	0.5	0.5	0.3	0.4
	03.05.2007	0.3	0.1	0.5	0.8	0.3	0.3	0.2	0.3	0.4	0.4
	30.05.2007	0.3	0.1	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	0.5	0.2
14.06.2007	0.6	0.1	1.2	0.4	0.3	0.3	0.2	0.6	1.2	3.1	
Sr LOQ ~ 0,01 mg/L (ppm)	17.07.2006	0.2	(-)	0.2	(-)	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3
	21.08.2006	0.3	(-)	0.2	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.8
	26.09.2006	0.3	(-)	0.2	(-)	0.3	0.4	(-)	0.2	0.3	0.1
	13.11.2006	(-)	0.4	0.3	0.5	0.4	0.4	(-)	0.3	0.3	0.4
	24.12.2006	0.3	0.4	0.3	(-)	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.1
	30.01.2007	0.3	0.4	0.3	0.5	0.5	0.6	0.6	0.4	0.4	0.1
	26.02.2007	0.3	0.4	0.2	0.4	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.1
	30.03.2007	0.3	0.4	0.3	0.4	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.1
	03.05.2007	0.3	0.4	0.3	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.4	0.1
	30.05.2007	0.3	0.4	0.3	0.5	0.6	0.4	0.3	0.4	0.4	0.1
	14.06.2007	0.3	0.4	0.3	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.2

Tablo E.5.2. Devam.

(mg/L)	Tarih	KD6	KD14	KD13	KD15	KD16	KD20	KD21	KD22	R1	S. Kulesi
Ca LOQ ~0.01 mg/L(ppm)	17.07.2006	1.3	(-)	1.1	(-)	1.3	1.0	0.9	0.9	1.5	14.1
	21.08.2006	1.3	(-)	1.0	0.9	1.1	0.8	2.3	1.2	2.3	30.0
	26.09.2006	1.9	(-)	2.2	(-)	1.4	1.7	(-)	1.4	2.9	8.8
	13.11.2006	(-)	0.8	1.0	0.8	1.6	0.6	(-)	1.3	0.6	4.4
	24.12.2006	1.2	1.6	1.6	(-)	1.2	1.7	1.9	1.6	2.2	2.5
	30.01.2007	1.1	0.6	1.3	1.2	1.6	1.6	0.8	1.5	1.1	2.6
	26.02.2007	0.4	0.4	0.4	0.5	0.6	0.5	0.4	0.4	0.6	1.1
	30.03.2007	1.6	1.8	1.4	1.0	1.5	3.4	1.4	1.5	1.8	4.4
	03.05.2007	0.9	1.7	1.8	1.9	2.9	1.4	0.9	1.1	1.9	4.2
	30.05.2007	1.0	1.1	0.8	1.2	1.2	1.8	0.8	1.2	1.1	6.6
14.06.2007	1.2	1.4	1.2	1.4	1.4	1.1	1.2	1.9	1.8	10.1	
Si LOQ ~0.05 mg/L(ppm)	17.07.2006	Si ANALİZİ YAPILMADI.									
	21.08.2006	Si ANALİZİ YAPILMADI.									
	26.09.2006	Si ANALİZİ YAPILMADI.									
	13.11.2006	(-)	234.8	191.1	217.4	242.5	176.0	(-)	184.7	342.1	7.3
	24.12.2006	155.0	231.9	163.3	(-)	203.3	200.1	185.9	164.8	317.3	5.3
	30.01.2007	136.8	189.7	139.9	162.3	174.3	161.3	152.5	149.5	247.8	6.2
	26.02.2007	138.4	180.5	131.3	154.2	176.6	183.5	165.2	161.9	255.4	7.7
	30.03.2007	149.8	203.0	170.1	153.9	191.5	183.7	203.0	173.9	267.9	1.8
	03.05.2007	144.7	183.0	153.6	169.0	144.7	174.5	169.7	155.8	246.0	2.1
	30.05.2007	162.1	216.2	154.1	190.6	203.9	199.2	168.7	177.1	275.7	LOQ
14.06.2007	156.3	194.3	169.5	185.4	202.6	198.9	181.9	174.9	272.1	0.6	
K LOQ ~0,05 mg/L (ppm)	17.07.2006	129	(-)	133	(-)	146	136	136	133	208	6
	21.08.2006	144	(-)	151	174	182	164	167	173	220	7
	26.09.2006	163	(-)	174	(-)	178	184	(-)	165	258	16
	13.11.2006	(-)	180	159	168	194	143	(-)	159	252	3
	24.12.2006	156	180	162	(-)	185	173	174	165	265	4
	30.01.2007	144	172	143	152	162	144	144	147	215	1
	26.02.2007	156	179	156	158	178	171	164	167	256	3
	30.03.2007	155.9	209.0	192.9	170.6	181.7	210.2	209.0	181.1	274.5	2.7
	03.05.2007	165.1	192.0	166.0	170.1	183.0	170.0	176.7	166.4	248.0	0.7
	30.05.2007	183.7	224.2	172.6	197.5	212.1	190.1	187.0	197.5	288.1	0.2
14.06.2007	183.4	210.3	186.4	193.4	215.7	210.2	195.8	193.6	289.0	0.4	

Tablo E.5.2. Devam.

(mg/L)	Tarih	KD6	KD14	KD13	KD15	KD16	KD20	KD21	KD22	R1	S. Kulesi
Ba LOQ ~0.005 mg/L(ppm)	17.07.2006	<LOQ	(-)	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.06	<LOQ
	21.08.2006	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.06	<LOQ
	26.09.2006	<LOQ	(-)	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	0.06	<LOQ
	13.11.2006	(-)	0.07	0.06	0.07	0.09	0.07	(-)	0.06	0.09	<LOQ
	24.12.2006	<LOQ	0.06	<LOQ	(-)	0.05	<LOQ	0.05	<LOQ	0.07	<LOQ
	30.01.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.11	0.08	<LOQ	0.05	<LOQ
	26.02.2007	0.06	0.07	0.05	0.06	0.07	0.07	0.07	0.06	0.09	<LOQ
	30.03.2007	0.03	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.03	0.06	<LOQ
	03.05.2007	0.04	0.03	0.01	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.05	<LOQ
	30.05.2007	0.08	0.08	0.06	0.07	0.08	0.07	0.07	0.06	0.10	<LOQ
	14.06.2007	0.08	0.06	0.06	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.10	0.01
Al LOQ ~0,01 mg/L (ppm)	17.07.2006	0.29	(-)	0.34	(-)	0.51	0.40	0.44	0.42	1.18	0.03
	21.08.2006	0.72	(-)	0.70	0.66	0.66	0.72	0.79	0.75	1.50	0.03
	26.09.2006	0.47	(-)	0.53	(-)	0.71	0.71	(-)	0.61	1.74	0.04
	13.11.2006	(-)	0.73	0.49	0.64	1.01	0.66	(-)	0.60	1.75	0.07
	24.12.2006	0.43	0.81	0.53	(-)	0.81	0.68	0.69	0.60	1.91	0.06
	30.01.2007	0.37	0.64	0.45	0.68	1.06	0.96	0.91	0.74	1.79	0.06
	26.02.2007	0.37	0.72	0.45	0.52	0.76	0.68	0.62	0.60	1.83	0.05
	30.03.2007	0.40	0.69	0.50	0.49	0.77	0.70	0.68	0.59	1.65	0.05
	03.05.2007	0.34	0.60	0.44	0.51	0.34	0.61	0.55	0.49	1.71	<LOQ
	30.05.2007	0.39	0.74	0.45	0.60	0.81	0.67	0.61	0.59	1.91	<LOQ
	14.06.2007	0.42	0.69	0.50	0.66	0.80	0.71	0.63	0.62	1.87	0.03
Sb LOQ ~0.005 mg/L(ppm)	17.07.2006	0.06	(-)	0.12	(-)	0.07	0.11	0.08	0.14	0.14	<LOQ
	21.08.2006	Sb ANALİZİ YAPILMADI.									
	26.09.2006	Sb ANALİZİ YAPILMADI.									
	13.11.2006	(-)	0.20	0.18	0.19	0.24	0.19	(-)	0.16	0.17	<LOQ
	24.12.2006	0.19	0.18	0.18	(-)	0.16	0.28	0.13	0.17	0.23	<LOQ
	30.01.2007	0.17	0.17	0.06	0.08	0.08	0.08	0.07	0.12	0.24	<LOQ
	26.02.2007	0.10	0.05	0.06	0.06	<LOQ	0.07	0.06	0.07	0.07	<LOQ
	30.03.2007	0.22	0.29	0.22	0.27	0.28	0.26	0.27	0.23	0.38	<LOQ
	03.05.2007	0.21	0.22	0.19	0.26	0.21	0.24	0.24	0.19	0.21	<LOQ
	30.05.2007	0.23	0.31	0.20	0.30	0.23	0.27	0.24	0.25	0.36	<LOQ
	14.06.2007	0.23	0.30	0.21	0.30	0.30	0.29	0.27	0.24	0.35	<LOQ

Tablo E.5.2. Devam.

(mg/L)	Tarih	KD6	KD14	KD13	KD15	KD16	KD20	KD21	KD22	R1	S. Kulesi
Ag LOQ ~0.002 mg/L(ppm)	17.07.2006	0.03	(-)	0.03	(-)	0.02	0.03	0.02	0.02	0.04	<LOQ
	21.08.2006	0.02	(-)	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
	26.09.2006	0.03	(-)	0.03	(-)	0.02	0.03	(-)	0.03	0.03	0.04
	13.11.2006	(-)	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	(-)	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	24.12.2006	<LOQ	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	30.01.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	26. 02.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	30.03.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	03.05.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	30.05.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
14.06.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	
Ni LOQ ~0.005 mg/L(ppm)	17.07.2006	< LOQ	(-)	< LOQ	(-)	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	21.08.2006	< LOQ	(-)	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	26.09.2006	< LOQ	(-)	< LOQ	(-)	< LOQ	< LOQ	(-)	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	13.11.2006	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	24.12.2006	<LOQ	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	30.01.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	26. 02.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	30.03.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	03.05.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	30.05.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
14.06.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	
Cu LOQ ~0.005 mg/L(ppm)	17.07.2006	< LOQ	(-)	< LOQ	(-)	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	21.08.2006	< LOQ	(-)	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	26.09.2006	< LOQ	(-)	< LOQ	(-)	< LOQ	< LOQ	(-)	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	13.11.2006	(-)	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	(-)	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	24.12.2006	<LOQ	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	30.01.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	26. 02.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	30.03.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	03.05.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	30.05.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
14.06.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	

Tablo E.5.2. Devam.

(mg/L)	Tarih	KD6	KD14	KD13	KD15	KD16	KD20	KD21	KD22	R1	S. Kulesi
Mn LOQ ~0,001 mg/L (ppm)	17.07.2006	< LOQ	(-)	< LOQ	(-)	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	21.08.2006	< LOQ	(-)	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	26.09.2006	< LOQ	(-)	< LOQ	(-)	< LOQ	< LOQ	(-)	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	13.11.2006	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	24.12.2006	<LOQ	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	30.01.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	26. 02.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	30.03.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	03.05.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	30.05.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	14.06.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Se LOQ ~0.005 mg/L(ppm)	17.07.2006	<LOQ	(-)	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	21.08.2006	Se ANALİZİ YAPILMADI.									
	26.09.2006	Se ANALİZİ YAPILMADI.									
	13.11.2006	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	24.12.2006	<LOQ	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	30.01.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	26. 02.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	30.03.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	03.05.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	30.05.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	14.06.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Pb LOQ ~0.005 mg/L(ppm)	17.07.2006	<LOQ	(-)	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	21.08.2006	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	26.09.2006	<LOQ	(-)	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	13.11.2006	(-)	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	(-)	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	24.12.2006	<LOQ	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	30.01.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	26. 02.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	30.03.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	03.05.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	30.05.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	14.06.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ

Tablo E.5.2. Devam.

(mg/L)	Tarih	KD6	KD14	KD13	KD15	KD16	KD20	KD21	KD22	R1	S. Kulesi
Cd LOQ ~0.005 mg/L(ppm)	17.07.2006	<LOQ	(-)	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	21.08.2006	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	26.09.2006	<LOQ	(-)	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	13.11.2006	(-)	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	(-)	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	24.12.2006	<LOQ	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	30.01.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	26. 02.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	30.03.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	03.05.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	30.05.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	14.06.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ

Tablo E.5. 3. Kızıldere Jeotermal Sahası (kanallar, nehir), katyon örnekleri.

(mg/L)	Tarih	K. Kanal	R1 Kanal	T. Kanal	Y. Kamara	M. Tekstil	S. Atık	TKNDY	Nehir 1	Nehir 2	B. Köprü
B LOQ ~0,03 mg/L (ppm)	17.07.2006	21.1	27.9	24.0	<LOQ	0.8	<LOQ	11.3	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	21.08.2006	22.1	26.9	23.0	<LOQ	0.7	1.5	10.3	0.8	0.5	0.9
	26.09.2006	21.5	20.5	18.3	<LOQ	0.5	0.4	14.9	1.2	1.1	0.8
	13.11.2006	18.3	28.7	22.3	<LOQ	0.6	0.6	21.8	1.2	1.0	1.1
	24.12.2006	19.1	25.0	18.9	<LOQ	0.5	0.5	24.5	1.2	1.1	1.1
	30.01.2007	20.3	22.7	20.9	<LOQ	0.9	0.8	23.2	0.8	0.9	0.9
	26.02.2007	21.3	25.5	22.7	<LOQ	0.6	0.7	22.9	0.9	0.9	0.9
	30.03.2007	24.9	34.0	26.9	<LOQ	0.8	1.0	29.5	2.0	1.8	1.9
	03.05.2007	24.3	34.1	26.7	<LOQ	0.6	0.4	25.1	3.0	2.6	1.5
	30.05.2007	26.7	36.0	27.6	<LOQ	0.8	0.6	29.2	3.8	2.9	1.8
14.06.2007	27.4	34.3	29.6	<LOQ	1.1	0.9	29.2	7.0	5.2	3.0	
As LOQ ~0.05 mg/L(ppm)	17.07.2006	1.35	2.27	1.68	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.12	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	21.08.2006										
	26.09.2006										
	13.11.2006	1.37	2.30	1.73	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1.67	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	24.12.2006	1.35	2.00	1.37	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1.62	0.06	0.06	<LOQ
	30.01.2007	1.40	2.05	1.51	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1.62	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	26.02.2007	1.22	1.67	1.37	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1.38	0.05	0.05	<LOQ
	30.03.2007	1.47	2.35	1.65	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1.75	0.09	0.08	<LOQ
	03.05.2007	1.48	2.41	1.69	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1.58	0.12	0.11	0.05
	30.05.2007	1.75	2.45	1.82	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1.95	0.30	0.20	0.05
14.06.2007	1.69	2.42	1.95	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1.91	0.55	0.32	0.06	
Na LOQ ~ 0,05 mg/L (ppm)	17.07.2006	1442	1569	1463	56	85	73	186	94	91	93
	21.08.2006	1567	1726	1663	92	141	113	722	145	143	141
	26.09.2006	1614	1208	1362	68	275	271	374	280	281	256
	13.11.2006	1434	1713	1545	28	133	126	1506	164	152	170
	24.12.2006	1333	1600	1311	29	215	214	1583	254	246	245
	30.01.2007	1361	1607	1364	30	218	218	1504	283	270	177
	26.02.2007	1651	1693	1667	36	189	176	1682	293	286	244
	30.03.2007	1669	2022	1696	40	331	311	1886	373	372	347
	03.05.2007	1550	2019	16250	51	227	226	1561	364	338	304
	30.05.2007	1902	2110	1842	77	360	243	1971	558	437	347
14.06.2007	1857	1997	1938	114	414	460	1875	828	660	469	

Tablo E.5.3. Devam.

(mg/L)	Tarih	K. Kanal	R1 Kanal	T. Kanal	Y. Kamara	M. Tekstil	S. Atık	TKNDY	Nehir 1	Nehir 2	B. Köprü
Li LOQ ~0,02 mg/L (ppm)	17.07.2006										
	21.08.2006										
	26.09.2006										
	13.11.2006	3.7	5.7	4.5	<LOQ	0.1	0.1	4.4	0.1	0.2	0.2
	24.12.2006	4.2	5.7	4.3	<LOQ	0.1	0.1	5.1	0.2	0.2	0.2
	30.01.2007	4.4	5.7	4.6	<LOQ	0.1	0.1	5.0	0.2	0.2	0.2
	26.02.2007	5.0	5.7	5.2	<LOQ	0.1	0.1	5.3	0.2	0.2	0.2
	30.03.2007	5.5	7.1	5.8	<LOQ	0.1	0.1	6.3	0.3	0.2	0.2
	03.05.2007	6.0	7.5	6.2	<LOQ	0.1	0.1	6.5	1.0	0.6	0.4
	30.05.2007	5.2	7.2	5.7	<LOQ	0.1	0.1	5.4	0.6	0.5	0.2
14.06.2007	6.0	7.1	6.3	<LOQ	0.1	0.1	6.3	1.9	1.2	0.6	
Mg LOQ ~0,02 mg/L (ppm)	17.07.2006	1.0	2.9	1.0	39.3	55.1	52.3	49.7	56.3	58.5	67.1
	21.08.2006	0.9	5.8	1.9	32.0	46.8	45.0	29.9	49.3	47.6	54.2
	26.09.2006	0.5	14.1	5.9	30.3	96.2	102.8	27.6	94.1	95.8	87.3
	13.11.2006	1.2	5.7	2.7	30.9	121.2	116.3	3.0	122.6	119.7	126.9
	24.12.2006	0.3	2.9	0.8	26.8	119.2	112.6	1.0	108.1	107.3	122.9
	30.01.2007	0.3	2.4	0.8	28.1	129.6	129.2	1.1	118.3	112.7	119.7
	26.02.2007	0.7	6.9	2.8	29.4	130.5	136.1	3.5	124.8	120.2	132.0
	30.03.2007	0.3	1.8	0.6	36.3	158.2	163.4	0.9	153.4	144.7	179.3
	03.05.2007	0.4	8.2	2.3	43.5	223.8	227.8	2.9	210.5	212.9	245.0
	30.05.2007	0.3	4.1	1.4	52.8	216.2	205.3	1.3	169.6	181.9	218.1
14.06.2007	0.4	5.0	1.3	50.1	252.8	215.9	2.6	172.6	221.7	279.2	
Sr LOQ ~ 0,01 mg/L (ppm)	17.07.2006	0.2	0.4	0.3	0.9	1.3	1.3	1.2	1.3	1.3	1.5
	21.08.2006	0.3	0.6	0.3	1.9	2.4	2.3	0.8	2.6	2.4	2.8
	26.09.2006	0.3	0.9	0.5	1.4	4.9	5.1	1.1	4.6	4.8	4.0
	13.11.2006	0.4	0.7	0.5	1.0	5.9	5.6	0.5	5.9	5.8	5.7
	24.12.2006	0.7	0.5	0.6	1.0	6.0	5.7	0.7	5.5	5.4	5.8
	30.01.2007	0.4	0.6	0.4	1.0	6.4	6.5	0.5	5.9	5.6	5.9
	26.02.2007	0.3	0.3	0.3	0.9	6.0	6.2	0.4	5.7	5.5	5.6
	30.03.2007	0.3	0.5	0.4	1.0	6.4	6.6	0.6	6.2	5.9	6.3
	03.05.2007	0.4	0.7	0.5	1.5	7.1	7.4	0.5	6.1	6.3	7.0
	30.05.2007	0.4	0.5	0.5	1.8	6.5	7.0	0.5	4.1	5.0	6.5
14.06.2007	0.4	0.4	0.5	1.9	6.5	4.9	0.5	3.5	7.2	7.8	

Tablo E.5.3. Devam.

(mg/L)	Tarih	K. Kanal	R1 Kanal	T. Kanal	Y. Kamara	M. Tekstil	S. Atık	TKNDY	Nehir 1	Nehir 2	B. Köprü
Ca LOQ ~0.01 mg/L(ppm)	17.07.2006	1.3	2.5	1.6	38.0	47.1	44.8	37.5	53.9	55.8	49.8
	21.08.2006	1.8	6.4	2.7	72.9	76.2	75.5	10.6	77.9	78.6	83.2
	26.09.2006	1.6	14.5	6.6	59.4	109.5	113.0	15.1	105.3	110.9	94.7
	13.11.2006	0.8	1.8	1.1	11.3	37.1	34.4	1.1	38.6	36.0	33.1
	24.12.2006	1.6	2.6	1.3	37.1	124.7	114.9	2.4	109.6	109.5	116.0
	30.01.2007	1.6	3.1	1.8	37.9	126.8	129.5	2.1	113.4	106.4	109.0
	26.02.2007	0.6	1.6	1.0	13.1	54.6	55.8	1.2	50.8	48.9	48.6
	30.03.2007	1.4	4.5	1.5	41.1	145.6	148.1	2.3	139.1	130.2	133.6
	03.05.2007	3.3	6.5	3.1	60.6	133.9	136.6	3.5	93.3	99.9	130.2
	30.05.2007	1.5	5.8	3.5	62.6	92.0	123.5	2.4	46.3	69.5	114.5
	14.06.2007	4.8	4.9	2.8	74.9	91.7	63.3	4.6	29.1	51.1	116.7
Si LOQ ~0.05 mg/L(ppm)	17.07.2006										
	21.08.2006										
	26.09.2006										
	13.11.2006	194.0	307.3	231.4	9.9	20.1	18.6	212.6	27.8	23.7	22.0
	24.12.2006	158.2	220.3	137.0	6.5	13.7	13.4	184.7	16.9	15.8	17.4
	30.01.2007	162.9	241.8	171.0	8.0	14.5	12.7	185.3	17.5	16.0	12.2
	26.02.2007	164.8	215.7	175.3	7.0	17.1	18.3	171.2	22.6	21.3	19.8
	30.03.2007	168.5	259.1	175.1	9.6	25.0	24.0	202.2	31.8	30.5	26.5
	03.05.2007	138.6	251.2	163.9	3.8	12.6	13.0	150.7	30.5	28.1	15.7
	30.05.2007	194.5	266.9	182.5	<LOQ	12.6	10.7	270.3	42.5	28.6	18.8
	14.06.2007	189.6	248.7	203.2	12.6	17.9	12.6	197.5	88.0	62.2	39.2
K LOQ ~0,05 mg/L (ppm)	17.07.2006	146	201	169	6	9	7	16	9	9	9
	21.08.2006	167	168	182	12	15	12	82	15	15	13
	26.09.2006	182	164	164	8	28	26	48	30	29	38
	13.11.2006	139	244	180	5	9	8	175	13	12	12
	24.12.2006	149	217	150	5	11	11	180	16	15	15
	30.01.2007	156	224	165	5	11	11	181	17	16	13
	26.02.2007	169	215	184	5	10	10	183	17	17	16
	30.03.2007	184.3	278.5	202.6	7.9	13.0	12.4	228.3	20.5	18.2	18.7
	03.05.2007	166.7	274.3	191.3	2.7	11.0	10.5	179.3	27.0	24.8	14.5
	30.05.2007	213.3	289.2	217.2	5.9	19.5	13.3	232.8	45.6	31.2	22.9
	14.06.2007	210.1	276.9	229.6	10.3	18.9	21.3	224.4	82.5	57.0	33.6

Tablo E.5.3. Devam.

(mg/L)	Tarih	K. Kanal	R1 Kanal	T. Kanal	Y. Kamara	M. Tekstil	S. Atık	TKNDY	Nehir 1	Nehir 2	B. Köprü
Ba LOQ ~0.005 mg/L(ppm)	17.07.2006	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.06	0.06	0.06	<LOQ	0.06	0.06	0.06
	21.08.2006	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.11	0.20	0.07	<LOQ	0.10	0.09	0.07
	26.09.2006	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.11	0.24	0.06	<LOQ	0.08	0.08	0.08
	13.11.2006	<LOQ	0.09	0.06	0.10	0.50	0.06	<LOQ	0.06	0.06	0.06
	24.12.2006	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.09	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	30.01.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.09	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	26.02.2007	0.06	<LOQ	<LOQ	0.06	<LOQ	<LOQ	0.05	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	30.03.2007	0.02	0.06	0.03	0.08	<LOQ	<LOQ	0.04	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	03.05.2007	0.02	0.05	0.02	0.06	0.02	0.02	0.02	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	30.05.2007	0.06	0.09	0.005	0.08	0.03	0.07	0.08	0.04	0.05	0.09
	14.06.2007	0.07	0.07	0.07	0.10	0.03	0.03	0.07	0.02	0.02	0.06
Al LOQ ~0,01 mg/L (ppm)	17.07.2006	0.30	0.97	0.48	0.11	0.05	0.04	0.07	0.06	0.04	0.04
	21.08.2006	0.88	1.39	0.84	0.07	0.36	0.01	0.67	0.07	0.03	0.05
	26.09.2006	0.38	0.88	0.48	0.06	0.13	0.01	0.22	0.05	0.04	0.05
	13.11.2006	0.41	1.46	0.76	0.04	0.16	0.04	0.75	0.07	0.06	0.07
	24.12.2006	0.43	1.21	0.49	0.04	0.03	0.03	0.64	0.04	0.04	0.04
	30.01.2007	0.47	1.49	0.69	0.04	0.08	0.06	0.77	0.06	0.06	0.06
	26.02.2007	0.46	1.14	0.67	0.03	0.04	0.03	0.66	0.05	0.05	0.05
	30.03.2007	0.37	1.65	0.65	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.74	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	03.05.2007	0.34	1.48	0.59	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.54	0.05	0.04	<LOQ
	30.05.2007	0.49	1.65	0.79	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.72	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	14.06.2007	0.49	1.46	0.80	0.02	0.07	0.05	0.89	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Sb LOQ ~0.005 mg/L(ppm)	17.07.2006	0.18	0.25	0.20	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	21.08.2006										
	26.09.2006										
	13.11.2006	0.17	0.36	0.24	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.24	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	24.12.2006	0.26	0.38	0.27	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.31	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	30.01.2007	0.28	0.38	0.28	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.32	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	26.02.2007	0.24	0.30	0.25	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.26	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	30.03.2007	0.26	0.39	0.28	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.31	<LOQ	LOQ	<LOQ
	03.05.2007	0.25	0.37	0.28	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.27	0.03	0.02	<LOQ
	30.05.2007	0.30	0.39	0.31	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.33	0.05	0.03	0.01
	14.06.2007	0.28	0.38	0.32	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.30	0.11	0.01	0.02

Tablo E.5.3. Devam.

(mg/L)	Tarih	K. Kanal	R1 Kanal	T. Kanal	Y. Kamara	M. Tekstil	S. Atık	TKNDY	Nehir 1	Nehir 2	B. Köprü
Ag LOQ ~0.002 mg/L(ppm)	17.07.2006	0.02	0.04	0.03	0.08	0.04	0.09	0.03	<LOQ	<LOQ	0.02
	21.08.2006	0.02	0.02	0.02	0.04	0.13	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03
	26.09.2006	0.02	0.03	0.03	0.03	0.07	0.03	0.03	0.05	0.03	0.03
	13.11.2006	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	24.12.2006	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	< LOQ	< LOQ	<LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	30.01.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	< LOQ	< LOQ	<LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	26. 02.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	< LOQ	< LOQ	<LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	30.03.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	< LOQ	< LOQ	<LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	03.05.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	< LOQ	< LOQ	<LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	30.05.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	< LOQ	< LOQ	<LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	14.06.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	< LOQ	< LOQ	<LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Ni LOQ ~0.005 mg/L(ppm)	17.07.2006	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	21.08.2006	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0.128	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	26.09.2006	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0.135	< LOQ	< LOQ	0.033	0.015	< LOQ
	13.11.2006	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	24.12.2006	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	30.01.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	26. 02.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	30.03.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	03.05.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	30.05.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	14.06.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Cu LOQ ~0.005 mg/L(ppm)	17.07.2006	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	21.08.2006	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	26.09.2006	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	13.11.2006	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	24.12.2006	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.11	0.12	<LOQ	0.12	0.12	0.12
	30.01.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.19	0.20	<LOQ	0.18	0.18	0.21
	26. 02.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.14	0.13	<LOQ	0.16	0.16	0.16
	30.03.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	03.05.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	30.05.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	14.06.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ

Tablo E.5.3. Devam.

(mg/L)	Tarih	K. Kanal	R1 Kanal	T. Kanal	Y. Kamara	M. Tekstil	S. Atık	TKNDY	Nehir 1	Nehir 2	B. Köprü
Zn LOQ ~0.005 mg/L(ppm)	17.07.2006	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	21.08.2006	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0.171	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	26.09.2006	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0.133	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	13.11.2006	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	24.12.2006	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	30.01.2007	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	26. 02.2007	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	30.03.2007	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	03.05.2007	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	30.05.2007	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	14.06.2007	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Co LOQ ~0.001 mg/L(ppm)	17.07.2006	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	21.08.2006	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0.13	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	26.09.2006	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0.11	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	13.11.2006	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	24.12.2006	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0.11	0.12	< LOQ	0.12	0.12	0.12
	30.01.2007	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0.19	0.20	< LOQ	0.18	0.18	0.21
	26. 02.2007	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0.14	0.13	< LOQ	0.16	0.16	0.16
	30.03.2007	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	03.05.2007	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	30.05.2007	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	14.06.2007	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Cr LOQ ~0.001 mg/L(ppm)	17.07.2006	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	21.08.2006	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	26.09.2006	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	13.11.2006	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	24.12.2006	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	30.01.2007	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	26. 02.2007	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	30.03.2007	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	03.05.2007	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	30.05.2007	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	14.06.2007	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ

Tablo E.5.3. Devam.

(mg/L)	Tarih	K. Kanal	R1 Kanal	T. Kanal	Y. Kamara	M. Tekstil	S. Atık	TKNDY	Nehir 1	Nehir 2	B. Köprü
Mn LOQ ~0,001 mg/L (ppm)	17.07.2006	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0.05	0.03	0.03	0.01	0.01	0.01	< LOQ
	21.08.2006	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0.28	0.24	0.08	< LOQ	0.04	0.02	< LOQ
	26.09.2006	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0.19	0.20	0.11	< LOQ	0.06	0.05	< LOQ
	13.11.2006	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.09	0.07	<LOQ	0.10	0.09	0.10
	24.12.2006	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.14	0.06	0.07	<LOQ	0.09	0.08	0.09
	30.01.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.21	0.08	0.10	<LOQ	0.10	0.10	0.12
	26. 02.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.22	0.07	0.08	<LOQ	0.08	0.09	0.13
	30.03.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.03	0.03	0.06	<LOQ	0.05	0.05	0.08
	03.05.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.03	0.13	0.14	<LOQ	0.10	0.09	0.16
	30.05.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.07	0.01	0.08	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.11
	14.06.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.04	<LOQ	0.01	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.17
Se LOQ ~0.005 mg/L(ppm)	17.07.2006	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	21.08.2006										
	26.09.2006										
	13.11.2006	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	24.12.2006	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	30.01.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	26. 02.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	30.03.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	03.05.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	30.05.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	14.06.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Pb LOQ ~0.005 mg/L(ppm)	17.07.2006	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	21.08.2006	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	26.09.2006	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	13.11.2006	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	24.12.2006	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	< LOQ	< LOQ	<LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	30.01.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	< LOQ	< LOQ	<LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	26. 02.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	< LOQ	< LOQ	<LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	30.03.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	03.05.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	30.05.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	14.06.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ

Tablo E.5.3. Devam.

(mg/L)	Tarih	K. Kanal	R1 Kanal	T. Kanal	Y. Kamara	M. Tekstil	S. Atık	TKNDY	Nehir 1	Nehir 2	B. Köprü
Cd LOQ ~0.005 mg/L(ppm)	17.07.2006	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	21.08.2006	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.093	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	26.09.2006	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.065	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	13.11.2006	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	24.12.2006	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	30.01.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	26.02.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	30.03.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	03.05.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	30.05.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	14.06.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	30.05.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	14.06.2007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ

Tablo E.5. 4. Balçova Jeotermal Sahası, katyon örnekleri.

(mg/L)	Tarih	B1	B5	B7	B10	BD2	BD5	BD6	BD7	BD9	Re.enj	P. Dönüş	T. Köprü	Baraj	Dere	K. Çeşme
B LOQ ~0,03 mg/L (ppm)	11.12.2006	8.6	8.3	9.6	8.6	12.1	12.9	11.8	9.6	13.1	10.6	(-)	1.3	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	25.01.2007	8.0	8.2	(-)	(-)	(-)	11.7	10.9	8.3	13.0	9.5	8.5	6.0	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	26.02.2007	(-)	8.8	(-)	9.0	13.5	13.3	12.5	(-)	14.4	11.7	9.2	2.0	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	02.04.2007	(-)	9.2	(-)	11.4	(-)	16.7	15.2	(-)	15.5	13.5	11.7	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	07.05.2007	(-)	9.3	(-)	10.6	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	10.8	10.6	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Na LOQ ~ 0,05 mg/L (ppm)	11.12.2006	328	324	346	357	427	424	414	354	439	389	(-)	42	11	9	14
	25.01.2007	343	347	(-)	(-)	(-)	437	450	351	524	384	354	247	10	11	15
	26.02.2007	(-)	353	(-)	371	485	451	472	(-)	488	431	383	105	11	12	14
	02.04.2007	(-)	398	(-)	439	(-)	526	544	(-)	521	505	452	(-)	9	9	14
	07.05.2007	(-)	389	(-)	423	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	431	430	(-)	9	10	14
Li LOQ ~0,02 mg/L (ppm)	11.12.2006	1.2	1.2	1.3	1.2	1.5	1.4	1.4	1.3	1.5	1.3	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	25.01.2007	1.2	1.2	(-)	(-)	(-)	1.5	1.5	1.2	1.8	1.3	1.2	0.8	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	26.02.2007	(-)	1.4	(-)	1.5	1.9	1.8	1.9	(-)	2.0	1.7	1.5	0.3	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	02.04.2007	(-)	1.4	(-)	1.4	(-)	1.8	1.8	(-)	1.7	1.7	1.5	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	07.05.2007	(-)	1.3	(-)	1.3	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	1.4	1.4	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Mg LOQ ~0,02 mg/L (ppm)	11.12.2006	9.2	7.0	6.6	4.6	2.4	2.5	1.9	5.9	2.0	4.4	(-)	27.8	20.1	31.8	4.1
	25.01.2007	8.5	6.6	(-)	(-)	(-)	2.3	2.1	6.0	2.3	4.2	6.0	12.1	22.2	30.2	3.8
	26.02.2007	(-)	8.2	(-)	5.3	3.5	2.9	2.5	(-)	3.1	3.8	5.5	22.5	19.0	28.7	3.4
	02.04.2007	(-)	10.4	(-)	5.5	(-)	3.1	2.4	(-)	2.4	5.4	6.2	(-)	28.2	39.3	4.7
	07.05.2007	(-)	10.5	(-)	5.8	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	5.6	6.5	(-)	29.2	40.3	5.2

Tablo E.5.4. Devam.

(mg/L)	Tarih	B1	B5	B7	B10	BD2	BD5	BD6	BD7	BD9	Re.enj	P. Dönüş	T. Köprü	Baraj	Dere	K. Çeşme
K LOQ ~0,05 mg/L (ppm)	11.12.2006	29.0	30.0	25.0	27.0	34.0	35.0	33.0	30.0	36.0	32.0	(-)	0.5	1.5	1.9	1.8
	25.01.2007	29.0	31.0	(-)	(-)	(-)	35.0	36.0	30.0	42.0	32.0	31.0	0.8	1.6	1.8	1.7
	26.02.2007	(-)	33.9	(-)	30.0	40.0	33.9	39.6	(-)	40.5	36.9	31.0	0.9	1.5	1.8	1.7
	02.04.2007	(-)	34.5	(-)	30.1	(-)	40.5	40.9	(-)	40.3	37.5	32.0	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	07.05.2007	(-)	33.6	(-)	30.6	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	33.8	33.4	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Ca LOQ ~0.01 mg/L (ppm)	11.12.2006	4.2	3.3	3.4	3.0	1.6	2.0	0.4	2.7	1.3	3.1	(-)	7.9	5.6	8.7	1.6
	25.01.2007	14.2	12.1	(-)	(-)	(-)	6.0	2.2	11.8	8.7	14.0	12.3	14.5	7.6	9.7	1.9
	26.02.2007	(-)	5.4	(-)	5.2	4.4	2.5	0.5	(-)	2.9	3.9	5.3	9.6	8.2	12.0	1.2
	02.04.2007	(-)	16.6	(-)	10.9	(-)	9.6	0.1	(-)	4.0	12.5	12.2	(-)	29.8	43.7	4.7
	07.05.2007	(-)	17.1	(-)	12.2	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	13.6	11.5	(-)	24.6	47.3	6.8
Sr LOQ ~ 0,01 mg/L (ppm)	11.12.2006	0.70	0.58	0.62	0.54	0.48	0.50	0.11	0.58	0.38	0.61	(-)	0.33	0.31	0.23	0.05
	25.01.2007	0.66	0.58	(-)	(-)	(-)	0.50	0.14	0.61	0.64	0.72	0.58	0.45	0.24	0.26	0.04
	26.02.2007	(-)	0.63	(-)	0.58	0.67	0.49	0.09	(-)	0.50	0.60	0.59	0.35	0.22	0.29	0.04
	02.04.2007	(-)	0.80	(-)	0.58	(-)	0.70	0.13	(-)	0.44	0.78	0.60	(-)	0.27	0.34	0.02
	07.05.2007	(-)	0.70	(-)	0.57	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	0.71	0.57	(-)	0.27	0.36	0.03
Mn LOQ ~0,001 mg/L (ppm)	11.12.2006	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	25.01.2007	0.05	0.05	(-)	(-)	(-)	<LOQ	<LOQ	0.02	0.02	0.05	0.04	0.04	0.05	0.05	<LOQ
	26.02.2007	(-)	0.07	(-)	0.07	0.03	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	0.03	0.08	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	02.04.2007	(-)	0.08	(-)	0.06	(-)	<LOQ	<LOQ	(-)	0.01	0.04	0.06	(-)	<LOQ	0.01	<LOQ
	07.05.2007	(-)	0.04	(-)	0.01	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	0.07	0.06	(-)	0.04	0.05	<LOQ

Tablo E.5.4. Devam.

(mg/L)	Tarih	B1	B5	B7	B10	BD2	BD5	BD6	BD7	BD9	Re.enj	P. Dönüş	T. Köprü	Baraj	Dere	K. Çeşme
Al LOQ ~0,01 mg/L (ppm)	11.12.2006	0.03	0.05	0.03	0.05	0.07	0.12	0.09	0.06	0.09	0.10	(-)	0.02	0.02	0.02	0.01
	25.01.2007	0.07	0.04	(-)	(-)	(-)	0.08	0.08	0.04	0.06	0.07	0.04	0.04	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	26.02.2007	(-)	0.04	(-)	0.03	0.05	0.05	0.08	(-)	0.07	0.06	0.05	0.04	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	02.04.2007	(-)	0.04	(-)	0.02	(-)	0.06	0.07	(-)	0.06	0.05	0.03	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	07.05.2007	(-)	<LOQ	(-)	0.08	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	0.01	0.03	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Cr LOQ ~0.001 mg/L (ppm)	11.12.2006	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	25.01.2007	<LOQ	<LOQ	(-)	(-)	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	26.02.2007	(-)	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	02.04.2007	(-)	<LOQ	(-)	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	07.05.2007	(-)	<LOQ	(-)	<LOQ	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Co LOQ ~0.001 mg/L (ppm)	11.12.2006	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	25.01.2007	<LOQ	<LOQ	(-)	(-)	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	26.02.2007	(-)	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	02.04.2007	(-)	<LOQ	(-)	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	07.05.2007	(-)	<LOQ	(-)	<LOQ	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Ni LOQ ~0.005 mg/L (ppm)	11.12.2006	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	25.01.2007	<LOQ	<LOQ	(-)	(-)	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	26.02.2007	(-)	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	02.04.2007	(-)	<LOQ	(-)	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	07.05.2007	(-)	<LOQ	(-)	<LOQ	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ

Tablo E.5.4. Devam.

(mg/L)	Tarih	B1	B5	B7	B10	BD2	BD5	BD6	BD7	BD9	Re.enj	P. Dönüş	T. Köprü	Baraj	Dere	K. Çeşme
Cu LOQ ~0.005 mg/L (ppm)	11.12.2006	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	25.01.2007	<LOQ	<LOQ	(-)	(-)	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	26.02.2007	(-)	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	02.04.2007	(-)	<LOQ	(-)	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	07.05.2007	(-)	<LOQ	(-)	<LOQ	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Zn LOQ ~0.005 mg/L (ppm)	11.12.2006	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	25.01.2007	<LOQ	<LOQ	(-)	(-)	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	26.02.2007	(-)	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	02.04.2007	(-)	<LOQ	(-)	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	07.05.2007	(-)	<LOQ	(-)	<LOQ	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ
As LOQ ~0.05 mg/L (ppm)	11.12.2006	0.25	0.23	0.16	0.25	0.40	0.25	0.41	0.22	0.36	0.34	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	25.01.2007	0.25	0.29	(-)	(-)	(-)	0.23	0.38	0.21	0.39	0.29	0.25	0.18	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	26.02.2007	(-)	0.22	(-)	0.21	0.33	0.22	0.35	(-)	0.32	0.30	0.20	0.05	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	02.04.2007	(-)	0.23	(-)	0.30	(-)	0.28	0.39	(-)	0.37	0.32	0.28	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	07.05.2007	(-)	0.23	(-)	0.29	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	0.30	0.28	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Se LOQ ~0.005 mg/L (ppm)	11.12.2006	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	25.01.2007	<LOQ	<LOQ	(-)	(-)	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	26.02.2007	(-)	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	02.04.2007	(-)	<LOQ	(-)	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	07.05.2007	(-)	<LOQ	(-)	<LOQ	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ

Tablo E.5.4. Devam.

(mg/L)	Tarih	B1	B5	B7	B10	BD2	BD5	BD6	BD7	BD9	Re.enj	P. Dönüş	T. Köprü	Baraj	Dere	K. Çeşme
Cd LOQ ~0.02 mg/L (ppm)	11.12.2006	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	25.01.2007	<LOQ	<LOQ	(-)	(-)	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	26.02.2007	(-)	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	02.04.2007	(-)	<LOQ	(-)	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	07.05.2007	(-)	<LOQ	(-)	<LOQ	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Sb LOQ ~0.05 mg/L (ppm)	11.12.2006	0.05	0.05	<LOQ	0.06	0.08	<LOQ	0.08	<LOQ	0.09	0.13	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	25.01.2007	0.06	0.48	(-)	(-)	(-)	<LOQ	0.07	<LOQ	0.09	<LOQ	0.05	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	26.02.2007	(-)	0.22	(-)	0.05	0.07	0.05	0.06	(-)	0.07	0.06	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	02.04.2007	(-)	0.12	(-)	0.07	(-)	0.11	0.07	(-)	0.07	0.11	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	07.05.2007	(-)	0.08	(-)	0.12	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	0.18	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Ag LOQ ~0.002 mg/L (ppm)	11.12.2006	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	25.01.2007	<LOQ	<LOQ	(-)	(-)	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	26.02.2007	(-)	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	02.04.2007	(-)	<LOQ	(-)	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	07.05.2007	(-)	<LOQ	(-)	<LOQ	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Ba LOQ ~0.005 mg/L (ppm)	11.12.2006	0.18	0.17	0.15	0.13	0.13	0.12	0.05	0.15	0.10	0.15	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	25.01.2007	0.13	0.13	(-)	(-)	(-)	0.07	0.05	0.10	0.12	0.14	0.12	0.06	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	26.02.2007	(-)	0.17	(-)	0.14	0.16	0.11	0.05	(-)	0.12	0.15	0.13	0.05	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	02.04.2007	(-)	0.20	(-)	0.15	(-)	0.17	0.07	(-)	0.12	0.18	0.16	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	07.05.2007	(-)	0.16	(-)	0.10	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	0.17	0.14	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ

Tablo E.5.4. Devam.

(mg/L)	Tarih	B1	B5	B7	B10	BD2	BD5	BD6	BD7	BD9	Re.enj	P. Dönüş	T. Köprü	Baraj	Dere	K. Çeşme
Pb LOQ ~0.005 mg/L (ppm)	11.12.2006	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	25.01.2007	<LOQ	<LOQ	(-)	(-)	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	26.02.2007	(-)	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	02.04.2007	(-)	<LOQ	(-)	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ
	07.05.2007	(-)	<LOQ	(-)	<LOQ	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	<LOQ	<LOQ	(-)	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Si LOQ ~0.05 mg/L (ppm)	11.12.2006	58	61	44	62	85	88	85	67	99	76	(-)	16	5	6	1.0
	25.01.2007	53	54	(-)	(-)	(-)	76	75	52	95	64	56	40	5	5	0.8
	26.02.2007	(-)	52	(-)	51	71	74	75	(-)	88	67	53	17	<LOQ	5	0.7
	02.04.2007	(-)	54	(-)	55	(-)	82	80	(-)	86	68	56	(-)	<LOQ	<LOQ	0.3
	07.05.2007	(-)	56	(-)	62	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	56	56	(-)	<LOQ	<LOQ	1.1

Tablo E.5. 5. Balçova Jeotermal Sahası, anyon örnekleri.

Numune Noktası	Tarih	T °C	pH	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻ (ppm)	F ⁻	NH ₄ ⁺
		(kuyubaşı)		(ppm)		(ppm)	(ppm)
B1	12.12.2006		6.93	136	158	6.0	2.1
B1	25.01.2007		7.75	145	160	6.1	3.6
B1	01.03.2007	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
B1	02.04.2007	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
B1	07.05.2007	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
B5	12.12.2006		7.06	127	153	5.5	1.9
B5	25.01.2007		7.79	145	165	5.8	2.4
B5	01.03.2007	91.8	7.81	135	160	6.5	6.6
B5	02.04.2007	90.7	7.06	117	146	4.8	5.6
B5	07.05.2007	88.2	7.02				6.5
B7	12.12.2006		6.85	115	144	6.0	1.9
B7	25.01.2007		(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
B7	01.03.2007	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
B7	02.04.2007	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
B7	07.05.2007	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
B10	12.12.2006		7.12	130	157	6.9	1.6
B10	25.01.2007		(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
B10	01.03.2007	88.1	7.07	(-)	(-)	(-)	(-)
B10	02.04.2007	92.5	7.01	151	176	7.8	5.8
B10	07.05.2007	86.9	8.01	149	167	7.6	6.2
BD2	12.12.2006		8.56	180	180	8.0	1.6
BD2	25.01.2007		(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
BD2	01.03.2007	97.1	8.51	189	188	7.9	6.6
BD2	02.04.2007	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
BD2	07.05.2007	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
BD5	12.12.2006		8.63	191	167	7.9	2.3
BD5	25.01.2007		8.34	195	186	8.3	2.5
BD5	01.03.2007	97.2	8.66	193	183	7.6	7.5
BD5	02.04.2007	97.7	8.28	169	158	7.2	6.8
BD5	07.05.2007	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)

Tablo E.5.5. Devam.

Numune Noktası	Tarih	T °C	pH	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻ (ppm)	F ⁻	NH ₄ ⁺
		(kuyubaşı)		(ppm)		(ppm)	(ppm)
BD6	12.12.2006		8.82	179	165	10.7	2.2
BD6	25.01.2007		8.64	182	184	8.1	2.5
BD6	01.03.2007	94.5	8.94	190	192	8.3	8.0
BD6	02.04.2007	99.1	8.78	187	187	8.5	6.2
BD6	07.05.2007	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
BD7	12.12.2006		8.39	137	155	10.5	2.1
BD7	25.01.2007		8.43	155	174	6.8	2.4
BD7	01.03.2007	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
BD7	02.04.2007	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
BD7	07.05.2007	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
BD9	12.12.2006		8.67	204	184	7.3	2.5
BD9	25.01.2007		8.62	202	188	7.9	2.5
BD9	01.03.2007	98	8.51	199	190	8.1	9.0
BD9	02.04.2007	98.6	8.73	198	185	8.0	6.7
BD9	07.05.2007	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Re.enj.	12.12.2006		6.74	163	169	7.2	3.5
Re.enj.	25.01.2007		6.60	168	173	7.5	3.5
Re.enj.	01.03.2007	57.2	7.33	172	175	7.7	6.7
Re.enj.	02.04.2007	56.3	7.48	162	170	7.4	7.4
Re.enj.	07.05.2007	62.5	6.80	168	175	7.5	6.5
Prens D.	12.12.2006		(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Prens D.	25.01.2007		7.91	152	168	6.7	2.2
Prens D.	01.03.2007	61.8	7.82	144	165	8.1	7.7
Prens D.	02.04.2007	54.7	7.97	145	178	7.4	5.8
Prens D.	07.05.2007	63.3	7.72				7.3
Termal Köp.	12.12.2006		8.11	25	49	0.6	0.3
Termal Köp.	25.01.2007		8.39	101	124	4.2	2.6
Termal Köp.	01.03.2007	15.9	8.44	125	691	1.8	1.8
Termal Köp.	02.04.2007	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Termal Köp.	07.05.2007	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)

Tablo E.5.5. Devam.

Numune Noktası	Tarih	T °C	pH	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻ (ppm)	F ⁻	NH ₄ ⁺
		(kuyubaşı)		(ppm)		(ppm)	(ppm)
Baraj	12.12.2006		7.85	13	25	0.0	0.1
Baraj	25.01.2007		7.99	9	26	0.0	0.2
Baraj	01.03.2007	10.8	8.47	9	25	0.0	0.7
Baraj	02.04.2007	11.9	8.37	9	25	0.0	0.8
Baraj	07.05.2007	21.9	8.46	10	28	0.0	0.7
Dere	12.12.2006		8.04	0	48	12.4	0.1
Dere	25.01.2007		8.10				0.1
Dere	01.03.2007	11.2	8.47	11	50	0.0	0.4
Dere	02.04.2007	11.8	8.05	10	48	0.0	0.7
Dere	07.05.2007	16.9	7.82				0.6
K. Çeşme	12.12.2006		7.69				0.1
K. Çeşme	25.01.2007		7.69	14	10	0.0	0.2
K. Çeşme	01.03.2007	16.3	7.55	15	10	0.0	0.5
K. Çeşme	02.04.2007	17.2	7.44	14	10	0.0	0.7
K.Çeşme	07.05.2007	22.8	6.57				0.9

Tablo E.5. 6. Kızıldere Jeotermal Sahası, toprak analizi.

mg/kg	KD13	KD14	KD15	R1	K. Kanal	R1 Kanal	T. Kanal	Yenice Kamara	Sarayköy Atık	TKNDY	Nehir 1	Nehir 2
B	16	282	330	69	118	59	48	9	38	135	28	36
Ba	6709	1714	1529	477	882	334	349	239	438	551	296	276
Li	23	85	120	81	92	51	65	15	40	101	39	40
Mo	14.1	2.9	5.7	4.5	2.5		5.1	3.4	3.5	2.6	3.9	4.0
Sr	44913	5000	9717	3314	8309		2580	1472	1819	3172	1333	1165
Mn	626	1728	1169	1042	1303		1242	703	1037	785	1351	1358
Cr	34	112	51	45	40		47	25	104	43	66	65
Co	36	151	88	94	9.3		106	44	198	106	138	140
Ni	132	679	349	283	1181		352	114	969	374	568	600
Cu	27	45	32	32	959		41	20	43	37	48	45
Zn	96	114	62	74	52		97	56	91	78	116	112
As	253	273	548	404	116		257	430	224	291	187	192
Se	0.4	1.0	1.1	0.9	454		0.7	0.2	0.7	0.6	0.6	0.8
Cd	0.4	0.4	0.3	0.2	36		0.3	0.2	0.4	0.3	0.4	0.3
Sb	31	11	73	37	94	12	41	18	10	38	10	11
Ag	1.3	2.2	1.2	0.9	164	1.2	2.2	1.5	1.8	1.4	2.4	1.5
Pb	28	27	22	13	1.0	13	14	13	15	12	18	17
Al	12988	99590	51235	49822	0.3	47781	36408	13651	49315	29975	42202	39534
Fe	24057	57956	34384	36873	18924	41226	40464	41532	38893	48232	43273	42139

Tablo E.7. 1. Denizli (Kızıldere – Karataş) hane halkı anketi.

ANKETÖR:

<p>1. Bu mahallede bulunma nedeniniz? İşyerine yakınlık <input type="checkbox"/> Kent merkezine yakınlık <input type="checkbox"/> Okula yakınlık <input type="checkbox"/> Doğal güzellikler <input type="checkbox"/> Yatırım amaçlı <input type="checkbox"/> Sakinlik <input type="checkbox"/> Ucuz olması <input type="checkbox"/> Arkadaş ve aile yakınlığı <input type="checkbox"/> Sadece Yazlık <input type="checkbox"/> Diğer</p>	<p>8. Kızıldere Elektrik Santrali kurulumu sonrası köyde tarla tapularında değişim gözlemlendi mi? Hayır <input type="checkbox"/> Evet <input type="checkbox"/> Ek:</p>
<p>2. Başka yere taşınmak istiyor musunuz? Hayır <input type="checkbox"/> Evet <input type="checkbox"/> Nereye? Neden?</p>	<p>9. Kızıldere Elektrik Santrali kurulumunun herhangi bir olumsuz etkisi oldu mu? Gürültü <input type="checkbox"/> Koku <input type="checkbox"/> Isı <input type="checkbox"/> Sağlık <input type="checkbox"/> Ek:</p>
<p>3. Kızıldere Elektrik Santrali kurulumu sonrası köy nüfusunda değişiklik (artış) oldu mu? Hayır <input type="checkbox"/> Evet <input type="checkbox"/> Ek:</p>	<p>10. Kızıldere Elektrik Santrali kurulumu sonrası toprakta verim düştü mü? Hayır <input type="checkbox"/> Evet <input type="checkbox"/> Ek:</p>
<p>4. Kızıldere Elektrik Santrali kurulumu üretim miktarında arttırım ve ürün profilinde çeşitlilik yarattı mı? Hayır <input type="checkbox"/> Evet <input type="checkbox"/> (Ürün miktarı) Hayır <input type="checkbox"/> Evet <input type="checkbox"/> (Ürün Çeşitliliği) Ek:</p>	<p>11. Kızıldere Elektrik Santrali kurulumu sonrası toprakta borlanma oldu mu? Hayır <input type="checkbox"/> Evet <input type="checkbox"/> Ek:</p>
<p>5. Kızıldere Elektrik Santrali kurulumu sonrası köyde istihdam oluştu mu? Hayır <input type="checkbox"/> Evet <input type="checkbox"/> Ek:</p>	<p>12. Kızıldere Elektrik Santrali kurulumu sonrası çevre kuyularda kuruma oldu mu? Hayır <input type="checkbox"/> Evet <input type="checkbox"/> Ek:</p>

<p>6. Kızıldere Elektrik Santrali kurulumu sonrası emlak piyasasını hareketlendirdi mi (emlak fiyat artışı)?</p> <p>Hayır <input type="checkbox"/> Evet <input type="checkbox"/></p> <p>Ek:</p>	<p>13. Jeotermal kaynağı veya enerjisini herhangi bir şekilde evde yada iş yerinde kullanıyor musunuz?</p> <p>Hayır <input type="checkbox"/> Evet <input type="checkbox"/></p> <p>Ek:</p>
<p>7. Kızıldere Elektrik Santrali kurulumu sonrası köyde ev ve işyeri tapularında değişim gözlemlendi mi?</p> <p>Hayır <input type="checkbox"/> Evet <input type="checkbox"/></p> <p>Ek:</p>	<p>14. Jeotermal ile ilgili çevrede bulunan mevcut tesisleri kullanıyor musunuz?</p> <p>Hayır <input type="checkbox"/> Evet <input type="checkbox"/> (Termal, Sera, Isıtma, Diğer)</p> <p>Ek:</p>

Tablo E.7. 2. İşletme anketi.

ANKETÖR:

Pafta: **Ada:** **Parsel:** **Mahalle:** **Cadde/Sokak:** **No:**

1. KÜÇÜK SANAYİNİN TÜRÜ: Deri ve Mamul <input type="checkbox"/> Giyim İmalatı <input type="checkbox"/> Gıda sanayi <input type="checkbox"/> Enerji Üretimi <input type="checkbox"/> Isıtma- Soğutma <input type="checkbox"/> Diğer	12. ÇALIŞANLARIN İŞYERLERİNE GELİŞ-GİDİŞ BİÇİMLERİ Özel Oto Kişi Servis Kişi Otobüs Kişi Bisiklet Kişi Yaya Kişi Diğer Kişi
2. İŞYERİ SAHİPLİĞİ: Kira <input type="checkbox"/> TL Mülk <input type="checkbox"/> TL	13. BU İŞİ SEÇME NEDENİNİZ? BU İŞİ YAPMA SÜRENİZ?
3. BULUNDUĞU BÖLGEYİ SEÇME NEDENİNİZ?	14. İŞYERİ YAKININDA ÇALIŞANLAR İÇİN SPOR VE DİNLENME OLANAĞI VAR MI? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/> Neler?
4. İŞYERİNİZİ DEĞİŞTİRMEK İSTİYOR MUSUNUZ? Evet <input type="checkbox"/> (Neden?) Hayır <input type="checkbox"/> Nereye gitmek istiyorsunuz?	15. İŞLETMENİN OLUMSUZ ETKİLERİ VAR MI? Atık <input type="checkbox"/> Gürültü <input type="checkbox"/> Koku <input type="checkbox"/> Duman <input type="checkbox"/> Görüntü <input type="checkbox"/> Yangın Teh. <input type="checkbox"/> Diğer
5. İŞYERİ ALANININ Parsel Büyüklüğü: Yapı Taban Alanı: Yapı İnşaat Alanı: Yapı Yüksekliği:	16. İŞYERİ ÇALIŞANLARI SAĞLIK PROBLEMİ YAŞADIMI? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/> Neler?
6. İŞYERİ ÇALIŞANLARININ ADETİ Mühendis Teknisyen UstaDiğer.....	17. ALTYAPI SORUNU VAR MI? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/> Neler?
7. İŞYERİNDE ÇALIŞANLARIN TAMAMININ SOSYAL GÜVENCESİ VAR MI? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/> (Kaç Kişi Sigortasız?))	18. AŞAĞIDAKİ OLANAKLARA SAHİP MİSİNİZ? Yükleme <input type="checkbox"/> Boşaltma <input type="checkbox"/> Otopark <input type="checkbox"/> Depolama <input type="checkbox"/>
8. ÜRETİLEN MAMULÜN Gönderildiği Yerler Nakliyat Biçimi	19. HAMMADDENİN Geldiği Yer Nakliyat Biçimi
9. ÇALIŞANLARIN OTURDUĞU YERLER (MAHALLELER)?	20. ÜRETİM BİÇİMİ Stok <input type="checkbox"/> Sipariş <input type="checkbox"/>
10. SON İKİ YIL İÇERİSİNDE İŞGÜCÜNDEKİ DEĞİŞİM? Artış <input type="checkbox"/> Azalış <input type="checkbox"/>kişi kişi	21. SON İKİ YIL İÇERİSİNDE ÜRETİM KAPASİTENİZDEKİ DEĞİŞİM? Artış <input type="checkbox"/> Azalış <input type="checkbox"/> ton/adet ton/adet
11. AYRICA KULLANILAN BİR ALAN VEYA BİNA VAR MI?	22. MESLEKTAŞLARINIZIN BULUNDUĞU BİR ÇARŞIDA BULUNMAK

..... semtinde m2 semtindem2	İSTER MİSİNİZ? NEDEN?
23. İŞLETMENİN RUHSATI VAR MI? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/> Ek Bilgi?	30. İŞLETME SAHİBİNİN ÖNCEDEN BENZER UYGULAMALARI VAR MI? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/> Ek Bilgi?
24. İŞLETMENİN MEVZİ İMAR PLANI VAR MI? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/> Ek Bilgi?	31. İŞLETME SAHİBİNİN GELECEĞE YÖNELİK YATIRIM EĞİMLERİ NELERDİR? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/> Ek Bilgi?
25. İŞLETMENİN PLAN RAPORU VE PLAN KOPYASI VAR MI? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/> Ek Bilgi?	32. SICAK SU/BUHAR'I KENDİ KUYUNUZDAN MI, SANTRALDEN Mİ KARŞILIYORSUNUZ ? Kendi Kuyumuz <input type="checkbox"/> Santral <input type="checkbox"/> Ek Bilgi?
26. İŞLETMENİN PLAN MÜELLİFİ VAR MI? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/> Ek Bilgi?	33. AÇILAN KUYULARINIZDA SORUNLA KARŞILAŞIYOR MUSUNUZ? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/> Ek Bilgi?
27. ZAMAN İÇERİSİNDE PLAN DEĞİŞİKLİĞİ VAR MI? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/> Ek Bilgi?	34. AÇILAN KUYULARIN KAPASİTELERİNDE AZALMA OLDU MU? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/> Ek Bilgi?
28. PLANA AYKIRI UYGULAMA VAR MI? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/> Ek Bilgi?	35. KUYU SAYISINI ARTTIRMAYI DÜŞÜNÜYOR MUSUNUZ? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/> Ek Bilgi?
29. İŞLETMENİN DIŞSAL ISI ANLAMINDA OLUMSUZ ETKİSİ (ŞİKAYET) VAR MI? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/> Ek Bilgi?	36. SANTRALİN KULLANIMA GİRMESİ SONRASI ÇEVRE KUYULARDA KURUMA OLDU MU? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/> Ek Bilgi?
30. AÇILAN KUYULARDA SORUNLA KARŞILAŞIYOR MUSUNUZ? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/> Ek Bilgi?	37. KULLANILAN SU/BUHAR'I NE YAPIYORSUNUZ? Kaynağa geri yolluyoruz <input type="checkbox"/> Derelere bırakıyoruz <input type="checkbox"/> Toprağa bırakıyoruz <input type="checkbox"/>

	Ek Bilgi?
	ANKETÖRÜN NOTU

Tablo E.7. 3. Seracılık anketi.

ANKETÖR:

Pafta:	Ada:	Parsel:	Mahalle:	Cadde/Sokak:	No:
1. SERALARIN TÜRÜ:			SERALARIN ÜRÜN ÇEŞİDİ:		12. ÇALIŞANLARIN İŞYERLERİNE GELİŞ-GİDİŞ BİÇİMLERİ
İl Özel İdare	<input type="checkbox"/>	Meyve – Sebze	<input type="checkbox"/>	Özel Oto	Kişi
Belediye	<input type="checkbox"/>	Tahıl- Hububat	<input type="checkbox"/>	Servis	Kişi
Özel	<input type="checkbox"/>	Kesme Çiçek	<input type="checkbox"/>	Otobüs	Kişi
Diğer		Diğer		Bisiklet	Kişi
				Yaya	Kişi
				Diğer	Kişi
2. SERA SAHİPLİĞİ:			13. BU İŞİ SEÇME NEDENİNİZ?		
Kira <input type="checkbox"/> TL	Mülk <input type="checkbox"/> TL	BU İŞİ YAPMA SÜRENİZ?	
3. BULUNDUĞU BÖLGEYİ SEÇME NEDENİNİZ?			14. İŞYERİ YAKININDA ÇALIŞANLAR İÇİN SPOR VE DİNLENME		
.....			OLANAĞI VAR MI? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/>		
.....			Neler?		
4. İŞYERİNİZİ DEĞİŞTİRMEK İSTİYOR MUSUNUZ?			15. İŞLETMENİN OLUMSUZ ETKİLERİ VAR MI?		
Evet <input type="checkbox"/>	(Neden?	Hayır <input type="checkbox"/>	Atık <input type="checkbox"/> Gürültü <input type="checkbox"/> Koku <input type="checkbox"/> Duman <input type="checkbox"/> Görüntü <input type="checkbox"/> Yangın Teh. <input type="checkbox"/>		
Nereye gitmek istiyorsunuz?			Diğer		
5. SERA ALANININ			16. İŞYERİ ÇALIŞANLARI SAĞLIK PROBLEMİ YAŞADIMI?		
Parsel Büyüklüğü:	Yapı Taban Alanı:	Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/>			
Yapı İnşaat Alanı:	Yapı Yüksekliği:	Neler?			
6. SERA ÇALIŞANLARININ ADETİ			17. AŞAĞIDAKİ OLANAKLARA SAHİP MİSİNİZ?		
Usta	İşçi	Diğer	Yükleme <input type="checkbox"/> Boşaltma <input type="checkbox"/> Otopark <input type="checkbox"/> Depolama <input type="checkbox"/>		
7. SERALARDA ÇALIŞANLARIN TAMAMININ SOSYAL GÜVENCESİ VAR MI?			18. HAMMADDENİN		
Evet <input type="checkbox"/>	Hayır <input type="checkbox"/>	(Kaç Kişi Sigortasız?	Geldiği Yer		
8. ÜRETİLEN MAMULÜN			19. ÜRETİM BİÇİMİ		
Gönderildiği Yerler	Nakliyat Biçimi	Stok <input type="checkbox"/> Sipariş <input type="checkbox"/>			
9. ÇALIŞANLARIN OTURDUĞU YERLER (MAHALLELER)?			20. SON İKİ YIL İÇERİSİNDE ÜRETİM KAPASİTENİZDEKİ DEĞİŞİM?		
.....			Artış <input type="checkbox"/> Azalış <input type="checkbox"/>		
.....		 ton/adet		
10. SON İKİ YIL İÇERİSİNDE İŞGÜCÜNDEKİ DEĞİŞİM?			21. ALTYAPI SORUNU VAR MI?		
Artış <input type="checkbox"/>	Azalış <input type="checkbox"/>	Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/>			
.....kişikişi	Neler?			
11. AYRICA KULLANILAN BİR ALAN VEYA BİNA VAR MI?			ANKETÖRÜN NOTU:		
..... semtinde			M2		

<p>22. İŞLETMENİN RUHSATI VAR MI? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/> Ek Bilgi?</p>	<p>33. SERA SAHİBİNİN ÖNCEDEN BENZER UYGULAMALARI VAR MI? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/> Ek Bilgi?</p>
<p>23. İŞLETMENİN MEVZİ İMAR PLANI VAR MI? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/> Ek Bilgi?</p>	<p>34. SERA SAHİBİNİN GELECEĞE YÖNELİK YATIRIM EĞİMLERİ NELERDİR? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/> Ek Bilgi?</p>
<p>24. İŞLETMENİN PLAN RAPORU VE PLAN KOPYASI VAR MI? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/> Ek Bilgi?</p>	<p>35. SICAK SU/BUHAR'I KENDİ KUYUNUZDAN MI, SANTRALDEN Mİ KARŞILIYORSUNUZ ? Kendi Kuyumuz <input type="checkbox"/> Santral <input type="checkbox"/> Ek Bilgi?</p>
<p>25. İŞLETMENİN PLAN MÜELLİFİ VAR MI? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/> Ek Bilgi?</p>	<p>36. AÇILAN KUYULARINIZDA SORUNLA KARŞILAŞIYOR MUSUNUZ? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/> Ek Bilgi?</p>
<p>26. ZAMAN İÇERİSİNDE PLAN DEĞİŞİKLİĞİ VAR MI? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/> Ek Bilgi?</p>	<p>37. AÇILAN KUYULARIN KAPASİTELERİNDE AZALMA OLDU MU? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/> Ek Bilgi?</p>
<p>27. PLANA AYKIRI UYGULAMA VAR MI? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/> Ek Bilgi?</p>	<p>38. KUYU SAYISINI ARTTIRMAYI DÜŞÜNÜYOR MUSUNUZ? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/> Ek Bilgi?</p>
<p>28. SERALARIN DIŞSAL ISI ANLAMINDA OLUMSUZ ETKİSİ (ŞİKAYET) VAR MI? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/> Ek Bilgi?</p>	<p>39. SANTRALİN KULLANIMA GİRMESİ SONRASI TOPRAKTA VERİM KURUMA, ÇÜRÜME) DÜŞTÜ MÜ? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/> Ek Bilgi?</p>
<p>29. SERALARDA JEOTERMAL KAYNAK KULLANIMI SONRASI ÜRÜN PROFİLİNDE DEĞİŞİM OLDU MU? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/> Ek Bilgi?</p>	<p>40. SANTRALİN KULLANIMA GİRMESİ SONRASI TOPRAKTA BORLANMA OLDU MU? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/> Ek Bilgi?</p>
<p>30. SERALARDA JEOTERMAL KAYNAK KULLANIMI SONRASI</p>	<p>41. SANTRALİN KULLANIMA GİRMESİ SONRASI ÇEVRE KUYULARDA</p>

TOPRAKTA VERİM KURUMA, ÇÜRÜME) DÜŞTÜ MÜ? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/> Ek Bilgi?	KURUMA OLDU MU? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/> Ek Bilgi?
31. SERALARDA JEOTERMAL KAYNAK KULLANIMI SONRASI TOPRAKTA BORLANMA OLDU MU? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/>	42. KULLANILAN SU/BUHAR'I NE YAPIYORSUNUZ? Kaynağa geri yolluyoruz <input type="checkbox"/> Derelere bırakıyoruz <input type="checkbox"/> Toprağa bırakıyoruz <input type="checkbox"/> Ek Bilgi?
32. AÇILAN KUYULARDA SORUNLA KARŞILAŞIYOR MUSUNUZ? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/>	ANKETÖRÜN NOTU:

Tablo E.7. 4. Termal turizm tesisi anketi.

İŞLETMENİN SINIFI: Türü:..... Yapım Yılı..... Yıldızı..... Sunduğu Hizmetler:..... Oda Adedi:.....Yatak Adedi:.....Toplam Kapasite:.....		ÇALIŞANLARIN İŞYERLERİNE GELİŞ-GİDİŞ BİÇİMLERİ Özel Oto Kişi Servis Kişi OtobüsKişi BisikletKişi Yaya Kişi	
İşyerindeki Toplam Çalışan Sayısı:..... İşyerinde Çalışanların Oturduğu Yerleşimler:.....		KULLANILAN MALLARIN TEMİN EDİLDİĞİ YER NERESİ? <input type="checkbox"/> Denizli İçi <input type="checkbox"/> Denizli Dışı Nereden?..... Nereden?.....	
HİZMETİN YAPILDIĞI ALANIN: Parsel Büyüklüğü:..... Yapı Taban Alanı:..... Yapı İnşaat Alanı:.....	TESİSTEKİ DONATILAR <input type="checkbox"/> Havuz <input type="checkbox"/> Spor tesisleri <input type="checkbox"/> Otopark Diğer.....	İŞLETME TÜM YIL BOYUNCA HİZMET VERİYOR MU? <input type="checkbox"/> Evet <input type="checkbox"/> Hayır Doluluk Oranı Hangi Dönemde Çalışılmıyor..... Doluluk Oranı.....	
BULUNDUĞUNUZ MEKAN BÜYÜKLÜĞÜ YETERLİ Mİ? <input type="checkbox"/> Evet <input type="checkbox"/> Hayır Ne Kadar Alan gerekiyor?.....		ULAŞIM VE NAKLİYATA İLİŞKİN SORUNLAR <input type="checkbox"/> Müşteri Ulaşımı <input type="checkbox"/> Mal Yükleme <input type="checkbox"/> Mal Boşaltma <input type="checkbox"/> Otopark Diğer.....	
İŞYERİNİZİN DAHA ÖNCEKİ KULLANIM ŞEKLİ NEDİR?		TURLARA HİZMET EDİYOR MUSUNUZ? <input type="checkbox"/> Evet <input type="checkbox"/> Hayır	
MÜŞTERİLER DAHA ÇOK NEREDEN GELİYOR? <input type="checkbox"/> Türkiye İçi <input type="checkbox"/> Yurtdışı Nereden? Nereden?.....		İŞYERİ SAHİPLİĞİ <input type="checkbox"/> Kendi Mülkü <input type="checkbox"/> KiraTL	
İŞYERİ ÇALIŞANLARININ ADETİ Sağlık Personeli Teknik Personel İdari Personel Diğer		İŞYERİNDE ÇALIŞANLARIN TAMAMININ SOSYAL GÜVENCESİ VAR MI? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/> (Kaç Kişi Sigortasız?)	
İŞLETMENİN OLUMSUZ ETKİLERİ VAR MI? Atık <input type="checkbox"/> Gürültü <input type="checkbox"/> Koku <input type="checkbox"/> Duman <input type="checkbox"/> Görüntü <input type="checkbox"/> Yangın Teh. <input type="checkbox"/> Diğer		İŞYERİ ÇALIŞANLARI SAĞLIK PROBLEMİ YAŞADIMI? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/> Neler?	
ÇALIŞANLARIN OTURDUĞU YERLER (MAHALLELER)?		ŞYERİ YAKININDA ÇALIŞANLAR İÇİN SPOR VE DİNLENME OLANAĞI VAR MI? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/>	
İŞLETME SAHİBİNİN BAŞKA İŞLERİ VE MÜLKLERİ VAR MI?		GELİR DURUMU Yıllık..... Aylık.....	

<p>İŞLETMENİN RUHSATI VAR MI? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/> Ek Bilgi? </p>	<p>İŞLETMENİN YAPISI NASIL? Yerel <input type="checkbox"/> Ulusal <input type="checkbox"/> Uluslararası <input type="checkbox"/> Ek Bilgi? </p>
<p>İŞLETMENİN MEVZİ İMAR PLANI VAR MI? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/> Ek Bilgi? </p>	<p>İŞLETMENİN ÖNCEDEN BENZER UYGULAMALARI VAR MI? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/> Ek Bilgi? </p>
<p>İŞLETMENİN PLAN RAPORU VE PLAN KOPYASI VAR MI? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/> Ek Bilgi? </p>	<p>İŞLETMENİN GELECEĞE YÖNELİK YATIRIM EĞİLLİMLERİ NELERDİR? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/> Ek Bilgi? </p>
<p>İŞLETMENİN PLAN MÜELLİFİ VAR MI? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/> Ek Bilgi? </p>	
<p>ZAMAN İÇERİSİNDE PLAN DEĞİŞİKLİĞİ VAR MI? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/> Ek Bilgi? </p>	<p>SICAK SU/BUHAR'I KENDİ KUYUNUZDAN MI, SANTRALDEN Mİ KARŞILIYORSUNUZ ? Kendi Kuyumuz <input type="checkbox"/> Santral <input type="checkbox"/> Ek Bilgi? </p>
<p>PLANA AYKIRI UYGULAMA VAR MI? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/> Ek Bilgi? </p>	<p>AÇILAN KUYULARINIZDA SORUNLA KARŞILAŞIYOR MUSUNUZ? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/> Ek Bilgi? </p>
<p>ALTYAPI SORUNU VAR MI? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/> Neler?</p>	<p>AÇILAN KUYULARIN KAPASİTELERİNDE AZALMA OLDU MU? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/> Ek Bilgi? </p>
<p>İŞLETMENİN DIŞSAL ISI ANLAMINDA OLUMSUZ ETKİSİ (ŞİKAYET) VAR MI? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/> Ek Bilgi? </p>	<p>KUYU SAYISINI ARTTIRMAYI DÜŞÜNÜYOR MUSUNUZ? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/> Ek Bilgi? </p>
<p>İŞLETMENİN FAALİYETE GEÇMESİ SONRASI TOPRAKTA VERİM (KURUMA, ÇÜRÜME) DÜŞTÜ MÜ? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/> Ek Bilgi?</p>	<p>KULLANILAN SU/BUHAR'I NE YAPIYORSUNUZ? Kaynağa geri yolluyoruz <input type="checkbox"/> Derelere bırakıyoruz <input type="checkbox"/> Toprağa bırakıyoruz <input type="checkbox"/> Ek Bilgi?</p>

.....
AÇILAN KUYULARDA SORUNLA KARŞILAŞIYOR MUSUNUZ? Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/> Ek Bilgi?	ANKETÖRÜN NOTU:
.....

TÜBİTAK PROJE ÖZET BİLGİ FORMU

Proje No: 104M301
Proje Başlığı: Türkiye’de Gerçekleştirilen Jeotermal Enerji Projelerinin Temiz Enerji Bağlamında Değerlendirilmesi: Balçova Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemi-İzmir ve Kızıldere Jeotermal Santrali-Denizli
Proje Yürütücüsü ve Araştırmacılar: Proje Yürütücüsü: Doç.Dr. Gülden GÖKÇEN Araştırmacılar: Doç.Dr. Aysun Çakan SOFUOĞLU, Doç.Dr. Ali Fazıl YENİDÜNYA, Yard.Doç.Dr. İhsan YAŞA, Prof.Dr. Ahmet E. EROĞLU, Doç.Dr. Semahat ÖZDEMİR, Yard.Doç.Dr. Şebnem ELÇİ
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi: İYTE Enerji Müh.Böl., Urla, 35430 İzmir
Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi: EÜAŞ Kızıldere Jeotermal Santrali Sarayköy-Denizli Balçova Jeotermal Ltd. Şti. Korutürk Mah. İmbat Sok. No:2 Balçova-İzmir (yeni adıyla İzmir Jeotermal A.Ş.).
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri: 1 Nisan 2005 – 1 Nisan 2008
Öz (en çok 70 kelime): Bu projede, jeotermal elektrik üretimi ve ısıtma uygulamalarına birer örnek Saha seçilerek bu uygulamaların fiziksel, kimyasal, biyolojik ve sosyo-ekonomik çevreler üzerine etkileri incelenmiştir. Fosil yakıtlara göre daha temiz bir kaynak olan jeotermal kaynakların olumlu ve olumsuz çevresel etkilerinin bulunduğu ve projelerin arama, geliştirme ve işletme aşamalarında farklı şekillerde görülen bu etkilerin bilincinde olunarak kullanılması, ÇED yönetmeliğinde ve diğer jeotermal enerji ile ilgili kanun ve yönetmeliklerde bu etkilerin dikkate alınması gerektiği vurgulanmıştır.
Anahtar Kelimeler: Jeotermal elektrik üretimi, jeotermal bölgesel ısıtma sistemi, çevresel etkiler, Balçova, Kızıldere
Projeden Yapılan Yayınlar: <ol style="list-style-type: none">1. ÇAKIN, A., Kutluca, A.K. ve Çadırcı, B.H., Jeotermal Uygulamaların Fiziksel, Kimyasal, Biyolojik ve Sosyo-Ekonomik Etkileri, III. Ege Enerji Sempozyumu, Muğla Üniversitesi, Muğla, (2006).2. ÇADIRCI, B., Tüney, I., Yaşa, I. Sukatar, A., Gökçen, G., Isolation and Identification of a Thermophilic Cyanobacterium From Balçova Geothermal Field, Izmir-Turkey, 38th CIESM (The Mediterranean Marine Research Network) Congress, (2007).3. KUTLUCA, A.K. ve Gökçen, G., Jeotermal Elektrik Üretiminin Sosyo-Ekonomik Etkileri: Kızıldere Jeotermal Sahası”, Jeotermal Enerjiden Elektrik Üretimi Semineri, VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, 323-337, İzmir, (2007).4. URUŞUK, O., Alkan, G., Ocak, Y., Sofuoğlu, A., Biomonitoring of Airborne Inorganic Pollutants by Means of Pine Tree Barks Around the Geothermal Area, Bitirme Projesi, İYTE Kimya Mühendisliği Bölümü, İzmir, (2007). 5 yılda bir düzenlenen Dünya Jeotermal Kongresi 2010’a projeden bildiriler ile başvurulacaktır. Yeni yayınlar yapıldığında MAG’a bilgi verilecektir.