

2005-24



TÜRKİYE BİLİMSEL VE
TEKNİK ARAŞTIRMA KURUMU

THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL
RESEARCH COUNCIL OF TURKEY

UZLA (ÇANAKKALE) JEOTERMALİNİN
OLGEDEKİ AKİFERE TOPRAĞA VE SUYA
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

55595

PROJE NO: YDABAG-103Y010

Yer Deniz ve Atmosfer Bilimleri Araştırma Grubu

Earth Marine and Atmospheric Sciences
Researches Grant Group



**TÜRKİYE BİLİMSEL VE
TEKNİK ARAŞTIRMA KURUMU**

**THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL
RESEARCH COUNCIL OF TURKEY**

**TUZLA (ÇANAKKALE) JEOTERMALİNİN
BÖLGEDEKİ AKİFERE TOPRAĞA VE SUYA
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

55595

PROJE NO: YDABAG-103Y010

*Çanakkale Onsekiz
Mart Univ.*

48.2003

1.2.2005

**Yer Deniz ve Atmosfer Bilimleri
Araştırma Grubu**

**Earth Marine and Atmospheric Sciences
Research Grant Group**

**TUZLA (ÇANAKKALE) JEOTERMALİNİN BÖLGEDEKİ
AKİFERE TOPRAĞA VE SUYA ETKİLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

PROJE NO: YDABAG-103Y010

**YRD.DOÇ.DR. ALPER BABA
DOÇ.DR. HASAN ÖZCAN
DOÇ.DR. SELAHATTİN YILMAZ
YRD.DOÇ.DR. YASEMİN KAVDIR
ARAŞ.GÖR.OZAN DENİZ
ARAŞ.GÖR.YUSUF YİĞİNİ
ARAŞ.GÖR. SEVİNÇ YILMAZ
BARIŞ BABA**

**ŞUBAT 2005
ÇANAKKALE**

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	I
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	III
TABLolar LİSTESİ.....	XI
ÖZ.....	XII
ABSTRACT.....	XIII
1. GİRİŞ.....	1
2. TUZLA BÖLGESİNİN JEOLojİSİ.....	5
3. TUZLA JEOTERMAL SİSTEMİ.....	10
4. TUZLA SAHASINDAKİ YÜZEY VE YERALTI SULARININ ÖZELLİKLERİ.....	12
4.1. Yeraltısuyu Düzeyi ve Değişimi.....	12
4.2. Sıcak ve Soğuk Su Kaynaklarının Analiz Yöntemleri.....	12
4.3. Tuzla Sahasındaki Sıcak ve Soğuk Su Kaynaklarının Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	15
4.4. Tuzla Sahasındaki Sıcak ve Soğuk Su Kaynaklarında Ağır Metaller.....	38
4.5. Tuzla Sahasındaki Sıcak ve Soğuk Su Kaynaklarının Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri ile İlgili Genel Değerlendirme.....	68
5. TUZLA SAHASINDA SULARDA İZOTOP ÇALIŞMALARI.....	73
5.1. İnceleme alandaki su kaynaklarının izotopik açıdan değerlendirilmesi.....	73
6. TUZLA SAHASINDAKİ TOPRAKLARIN GENEL ÖZELLİKLERİ.....	90
7. TUZLA SAHASINDAKİ TOPRAKLARDA RADYOAKTİVİTE ÇALIŞMALARI.....	115
8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	117
YARARLANILAN KAYNAKLAR.....	121
ÖZET.....	127

Şekil 16c: İnceleme alanındaki suların $\log Cl-\log t$ ilişkisi	21
Şekil 16d: İnceleme alanındaki	
ŞEKİLLER LİSTESİ	
Şekil 17a: İnceleme alanındaki suların $\log Na-\log Cl$ ilişkisi	21
Şekil 1: Çalışma alanının yeri	2
Şekil 2: İnceleme sahasından genel bir görünüm	3
Şekil 3: Tuzla doğusundaki vadide gözlenen jeotermal sızıntı noktalarından birinin görünümü	3
Şekil 4: Çalışma alanı ve çevresinin jeoloji haritası	6
Şekil 5: Tuzla jeotermal sahasının jeoloji haritası	7
Şekil 6: İnceleme alanının jeoloji haritası	8
Şekil 7: İnceleme alanında gözlenen arjilik alterasyon zonları	9
Şekil 8: İnceleme alanında gözlenen silisleşmiş zonlar	9
Şekil 9: İnceleme sahasında bulunan kaplıca ve seralar	11
Şekil 10: İnceleme sahasında Tuzla köylüleri tarafından kullanılan havuzlar	11
Şekil 11: İnceleme alanına ait yeraltısuyu düzeyi haritası (Temmuz- 2004)	13
Şekil 12: Tuzlu su ile beslenen bitkiler	14
Şekil 13: Su numunelerinin alındığı lokasyonlar	14
Şekil 14a: İnceleme alanındaki suların Elektriksel İletkenliği (EC) (Ağustos- 2003)	15
Şekil 14b: İnceleme alanındaki suların Elektriksel İletkenliği (EC) (Aralık- 2003)	16
Şekil 14c: İnceleme alanındaki suların Elektriksel İletkenliği (EC) (Mart- 2004)	16
Şekil 14d: İnceleme alanındaki suların Elektriksel İletkenliği (EC) (Haziran- 2004)	17
Şekil 14e: İnceleme alanındaki suların Elektriksel İletkenliği (EC) (Temmuz- 2004)	17
Şekil 15a: İnceleme alanındaki suların pH değerleri (Ağustos- 2003)	18
Şekil 15b: İnceleme alanındaki suların pH değerleri (Aralık- 2003)	18
Şekil 15c: İnceleme alanındaki suların pH değerleri (Mart- 2004)	19
Şekil 15d: İnceleme alanındaki suların pH değerleri (Haziran- 2004)	19
Şekil 15e: İnceleme alanındaki suların pH değerleri (Temmuz- 2004)	20
Şekil 16a: İnceleme alanındaki suların $\log Cl-\log t$ ilişkisi	21
Şekil 16b: İnceleme alanındaki suların $\log Cl-\log t$ ilişkisi	21

Şekil 16c: İnceleme alanındaki suların logCl-logt ilişkisi.....	22
Şekil 16d: İnceleme alanındaki suların logCl-logt ilişkisi.....	22
Şekil 17a: İnceleme alanındaki suların logNa-logCl ilişkisi.....	22
Şekil 17b: İnceleme alanındaki suların logNa-logCl ilişkisi.....	23
Şekil 17c: İnceleme alanındaki suların logNa-logCl ilişkisi.....	23
Şekil 17d: İnceleme alanındaki suların logNa-logCl ilişkisi.....	23
Şekil 18a: İnceleme alanındaki suların logNa-logCa ilişkisi.....	24
Şekil 18b: İnceleme alanındaki suların logNa-logCa ilişkisi.....	24
Şekil 18c: İnceleme alanındaki suların logNa-logCa ilişkisi.....	24
Şekil 18d: İnceleme alanındaki suların logNa-logCa ilişkisi.....	25
Şekil 19: İnceleme alanındaki suların logB-logNa ilişkisi.....	25
Şekil 20: İnceleme alanındaki suların logB-logCl ilişkisi.....	26
Şekil 21a: İnceleme alanındaki suların logCa-logCl ilişkisi.....	26
Şekil 21b: İnceleme alanındaki suların logCa-logCl ilişkisi.....	27
Şekil 21c: İnceleme alanındaki suların logCa-logCl ilişkisi.....	27
Şekil 21d: İnceleme alanındaki suların logCa-logCl ilişkisi.....	27
Şekil 22a: İnceleme alanındaki suların Durov Diyagramında Değerlendirilmesi (Ağustos - 2003).....	30
Şekil 22b: İnceleme alanındaki suların Durov Diyagramında değerlendirilmesi (Aralık 2003).....	30
Şekil 22c: İnceleme alanındaki suların Durov Diyagramında değerlendirilmesi (Mart -2004).....	31
Şekil 22d: İnceleme alanındaki suların Durov Diyagramında değerlendirilmesi (Haziran- 2004).....	31
Şekil 23a: İnceleme alanındaki suların Piper Diyagramında değerlendirilmesi (Ağustos -2003).....	32
Şekil 23b: İnceleme alanındaki suların Piper Diyagramında değerlendirilmesi (Aralık- 2003).....	32
Şekil 23c: İnceleme alanındaki suların Piper Diyagramında değerlendirilmesi (Mart- 2004).....	33
Şekil 23d: İnceleme alanındaki suların Piper Diyagramında değerlendirilmesi (Haziran- 2004).....	33
Şekil 24a: İnceleme alanındaki suların Schoeller Diyagramında değerlendirilmesi	

(Ağustos- 2003).....	34
Şekil 24b: İnceleme alanındaki suların Schoeller Diyagramında değerlendirilmesi (Aralık- 2003).....	34
Şekil 24c: İnceleme alanındaki suların Schoeller Diyagramında değerlendirilmesi (Mart-2004).....	35
Şekil 24d: İnceleme alanındaki suların Schoeller Diyagramında değerlendirilmesi (Haziran- 2004).....	35
Şekil 25a: İnceleme alanındaki suların Scatter Diyagramında değerlendirilmesi (Ağustos- 2003).....	36
Şekil 25b: İnceleme alanındaki suların Scatter Diyagramında değerlendirilmesi (Aralık- 2003).....	36
Şekil 25c: İnceleme alanındaki suların Scatter Diyagramında değerlendirilmesi (Mart- 2004).....	37
Şekil 25d: İnceleme alanındaki suların Scatter Diyagramında değerlendirilmesi (Haziran- 2004).....	37
Şekil 26a: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Arsenik (As) Konsatrasyonu (Ağustos- 2003).....	39
Şekil 26b: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Arsenik (As) Konsatrasyonu (Aralık- 2003).....	39
Şekil 26c: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Arsenik (As) Konsatrasyonu (Mart- 2004).....	40
Şekil 26d: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Arsenik (As) Konsatrasyonu (Haziran- 2004).....	40
Şekil 27a: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Cıva (Hg) Konsatrasyonu (Ağustos- 2003).....	41
Şekil 27b: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Cıva (Hg) Konsatrasyonu (Aralık- 2003).....	41
Şekil 27c: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Cıva (Hg) Konsatrasyonu (Mart- 2004).....	42
Şekil 27d: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Cıva (Hg) Konsatrasyonu (Haziran- 2004).....	42
Şekil 28: Sıcak su kaynaklarının desarj olduğu alanın (Pb) Konsatrasyonu.....	43
Şekil 29a: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Stronsyum (Sr) Konsatrasyonu.....	43

(Ağustos- 2003)..... alanındaki su kaynaklarında Stronsyum (Sr) Konsatrasyonu	44
Şekil 29b: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Stronsyum (Sr) Konsatrasyonu (Aralık- 2003)..... alanındaki su kaynaklarında Stronsyum (Sr) Konsatrasyonu	44
Şekil 29c: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Stronsyum (Sr) Konsatrasyonu (Mart- 2004)..... alanındaki su kaynaklarında Stronsyum (Sr) Konsatrasyonu	45
Şekil 29d: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Stronsyum (Sr) Konsatrasyonu (Haziran- 2004)..... alanındaki su kaynaklarında Stronsyum (Sr) Konsatrasyonu	45
Şekil 30a: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Mangan (Mn) Konsatrasyonu (Ağustos- 2003)..... alanındaki su kaynaklarında Mangan (Mn) Konsatrasyonu	46
Şekil 30b: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Mangan (Mn) Konsatrasyonu (Aralık- 2003)..... alanındaki su kaynaklarında Mangan (Mn) Konsatrasyonu	46
Şekil 30c: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Mangan (Mn) Konsatrasyonu (Mart- 2004)..... alanındaki su kaynaklarında Mangan (Mn) Konsatrasyonu	47
Şekil 30d: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Mangan (Mn) Konsatrasyonu (Haziran- 2004)..... alanındaki su kaynaklarında Mangan (Mn) Konsatrasyonu	47
Şekil 31a: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Demir (Fe) Konsatrasyonu (Ağustos- 2003)..... alanındaki su kaynaklarında Demir (Fe) Konsatrasyonu	48
Şekil 31b: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Demir (Fe) Konsatrasyonu (Aralık- 2003)..... alanındaki su kaynaklarında Demir (Fe) Konsatrasyonu	48
Şekil 31c: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Demir (Fe) Konsatrasyonu (Mart- 2004)..... alanındaki su kaynaklarında Demir (Fe) Konsatrasyonu	49
Şekil 31d: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Demir (Fe) Konsatrasyonu (Haziran- 2004)..... alanındaki su kaynaklarında Demir (Fe) Konsatrasyonu	49
Şekil 32: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Bor (B) Konsatrasyonu (Haziran- 2004)..... alanındaki su kaynaklarında Bor (B) Konsatrasyonu	50
Şekil 33a: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Kurşun (Pb) Konsatrasyonu (Ağustos- 2003)..... alanındaki su kaynaklarında Kurşun (Pb) Konsatrasyonu	50
Şekil 33b: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Kurşun (Pb) Konsatrasyonu (Aralık- 2003)..... alanındaki su kaynaklarında Kurşun (Pb) Konsatrasyonu	51
Şekil 33c: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Kurşun (Pb) Konsatrasyonu (Mart- 2004)..... alanındaki su kaynaklarında Kurşun (Pb) Konsatrasyonu	51
Şekil 33d: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Kurşun (Pb) Konsatrasyonu (Haziran- 2004)..... alanındaki su kaynaklarında Kurşun (Pb) Konsatrasyonu	52

Şekil 34a: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Kadmiyum (Cd) Konsatrasyonu (Ağustos- 2003).....	52
Şekil 34b: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Kadmiyum (Cd) Konsatrasyonu (Aralık- 2003).....	53
Şekil 34c: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Kadmiyum (Cd) Konsatrasyonu (Mart- 2004).....	53
Şekil 34d: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Kadmiyum (Cd) Konsatrasyonu (Haziran- 2004).....	54
Şekil 35a: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Alüminyum (Al) Konsatrasyonu (Ağustos- 2003).....	55
Şekil 35b: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Alüminyum (Al) Konsatrasyonu (Aralık- 2003).....	55
Şekil 35c: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Alüminyum (Al) Konsatrasyonu (Mart- 2004).....	56
Şekil 35d: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Alüminyum (Al) Konsatrasyonu (Haziran- 2004).....	56
Şekil 36a: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Demir (Fe) Konsatrasyonu (Ağustos- 2003).....	57
Şekil 36b: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Demir (Fe) Konsatrasyonu (Aralık- 2003).....	57
Şekil 36c: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Demir (Fe) Konsatrasyonu (Mart- 2004).....	58
Şekil 36d: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Demir (Fe) Konsatrasyonu (Haziran- 2004).....	58
Şekil 37a: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Çinko (Zn) Konsatrasyonu (Ağustos- 2003).....	59
Şekil 37b: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Çinko (Zn) Konsatrasyonu (Aralık- 2003).....	59
Şekil 37c: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Çinko (Zn) Konsatrasyonu (Mart- 2004).....	60
Şekil 37d: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Çinko (Zn) Konsatrasyonu (Haziran- 2004).....	60
Şekil 38a: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Krom (Cr) Konsatrasyonu	

(Ağustos- 2003).....	61
Şekil 38b: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Krom (Cr) Konsatrasyonu (Aralık- 2003).....	61
Şekil 38c: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Krom (Cr) Konsatrasyonu (Mart- 2004).....	62
Şekil 38d: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Krom (Cr) Konsatrasyonu (Haziran- 2004).....	62
Şekil 39a: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Bakır (Cu) Konsatrasyonu (Ağustos- 2003).....	63
Şekil 39b: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Bakır (Cu) Konsatrasyonu (Aralık- 2003).....	63
Şekil 39c: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Bakır (Cu) Konsatrasyonu (Mart- 2004).....	64
Şekil 39d: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Bakır (Cu) Konsatrasyonu (Haziran- 2004).....	64
Şekil 40: İnceleme alanındaki sıcak su kaynaklarında As ile pH ilişkisi.....	65
Şekil 41: İnceleme alanındaki sıcak su kaynaklarında As ile sıcaklık ilişkisi.....	66
Şekil 42: İnceleme alanındaki sıcak su kaynaklarında As ile Cl ilişkisi.....	67
Şekil 43: Sıcaksu kaynağının Tuzla Çayına deşarj olduğu alanlardaki minerallerin birikimi.....	71
Şekil 44: Tuzla sıcak su kaynaklarından etkilenen tarım arazileri.....	72
Şekil 45: İnceleme alanı sularında T- δD ilişkisi.....	74
Şekil 46a: İnceleme alanı sularında Cl-T ilişkisi.....	75
Şekil 46b: İnceleme alanı sularında Cl-T ilişkisi.....	75
Şekil 47a: İnceleme alanı sularında Cl- δD ilişkisi.....	76
Şekil 47b: İnceleme alanı sularında Cl- δD ilişkisi.....	77
Şekil 48a: İnceleme alanı sularında Cl- $\delta^{18}O$ ilişkisi.....	78
Şekil 48b: İnceleme alanı sularında Cl- $\delta^{18}O$ ilişkisi.....	78
Şekil 49a: İnceleme alanı sularında $\delta^{18}O$ - δD ilişkisi (Mart-2004).....	80
Şekil 49b: İnceleme alanı sularında $\delta^{18}O$ - δD ilişkisi (Haziran 2004).....	81
Şekil 49c: İnceleme alanı sularında $\delta^{18}O$ - δD ilişkisi.....	82
Şekil 50a: İnceleme alanı sularında T- $\delta^{18}O$ ilişkisi.....	83
Şekil 50b: İnceleme alanı sularında T- $\delta^{18}O$ ilişkisi.....	83

Şekil 51a: İnceleme alanı sularında T-EC ilişkisi.....	84
Şekil 51b: İnceleme alanı sularında T-EC ilişkisi.....	84
Şekil 52a: İnceleme alanı sularında TDS- $\delta^{18}\text{O}$ ilişkisi.....	85
Şekil 52b: İnceleme alanı sularında TDS- $\delta^{18}\text{O}$ ilişkisi.....	85
Şekil 53a: İnceleme alanı sularında TDS- δD ilişkisi.....	86
Şekil 53b: İnceleme alanı sularında TDS- δD ilişkisi.....	86
Şekil 54a: İnceleme alanı sularında T dağılımı.....	87
Şekil 54b: İnceleme alanı sularında T dağılımı.....	87
Şekil 55a: İnceleme alanı sularında $\delta^{18}\text{O}$ dağılımı.....	88
Şekil 55b: İnceleme alanı sularında $\delta^{18}\text{O}$ dağılımı.....	88
Şekil 56a: İnceleme alanı sularında δD dağılımı.....	89
Şekil 56b: İnceleme alanı sularında δD dağılımı.....	89
Şekil 57: Toprak örnekleme noktaları.....	90
Şekil 58: Auger burgu ile belirlenmiş lokasyonlarda toprak örneklerinin alınması.	91
Şekil 59: İnceleme alanındaki topraklarda Zn dağılımı (a: 0-30 cm; b: 30-60 cm derinlik).....	95
Şekil 60: İnceleme alanındaki topraklarda Sr dağılımı (a: 0-30 cm; b: 30-60 cm derinlik).....	95
Şekil 61: İnceleme alanındaki topraklarda Pb dağılımı (a: 0-30 cm; b: 30-60 cm derinlik).....	96
Şekil 62: İnceleme alanındaki topraklarda Na dağılımı (a: 0-30 cm; b: 30-60 cm derinlik).....	96
Şekil 63: İnceleme alanındaki topraklarda Mn dağılımı (a: 0-30 cm; b: 30-60 cm derinlik).....	97
Şekil 64: İnceleme alanındaki topraklarda Mg dağılımı (a: 0-30 cm; b: 30-60 cm derinlik).....	97
Şekil 65: İnceleme alanındaki topraklarda K dağılımı (a: 0-30 cm; b: 30-60 cm derinlik).....	98
Şekil 66: İnceleme alanındaki topraklarda Fe dağılımı (a: 0-30 cm; b: 30-60 cm derinlik).....	98
Şekil 67: İnceleme alanındaki topraklarda Cu dağılımı (a: 0-30 cm; b: 30-60 cm derinlik).....	99
Şekil 68: İnceleme alanındaki topraklarda Cr dağılımı (a: 0-30 cm; b: 30-60 cm	

derinlik).....	99
Şekil 69: İnceleme alanındaki topraklarda Cd dağılımı (a: 0-30 cm; b: 30-60 cm derinlik).....	100
Şekil 70: İnceleme alanındaki topraklarda Ca dağılımı (a: 0-30 cm; b: 30-60 cm derinlik).....	100
Şekil 71: İnceleme alanındaki topraklarda Al dağılımı (a: 0-30 cm; b: 30-60 cm derinlik).....	101
Şekil 72: İnceleme alanındaki topraklarda Thoryum dağılımı.....	115
Şekil 73: İnceleme alanındaki topraklarda Uranyum dağılımı.....	116
Şekil 74: İnceleme alanındaki topraklarda Potasyum dağılımı.....	116

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 1: Tuzla'da MTA Genel Müdürlüğü tarafından açılmış sondajlara ait veriler	10
Tablo 2: Toprak numune lokasyonu bilgileri.....	92
Tablo 3: Çalışma alanındaki toprak örneklerinde bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları (Ağustos).....	92
Tablo 4: Yerkabuğunda ve Toprakta Elementlerin Bolluğu.....	102
Tablo 5: Bazı bitkilerin topraktaki değişebilir sodyuma (ESP) karşı duyarlılıkları.	105
Tablo 6: Genel tanımlayıcı istatistik.....	108
Tablo 7: 0-30 cm toprak derinliğinde çoklu korelasyon analiz sonuçları.....	109
Tablo 8: 30-60 cm çoklu korelasyon sonuçları.....	110
Tablo 9: Bazı bitki besin maddelerinin tam yararlı olduğu pH değerleri.....	113

TUZLA (CANAKKALE) JEOTERMALİN BÖLGEDEKİ AKİFERLERE, TOPRAĞA VE SUYA ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

ÖZ

Türkiye'nin sıcaklık bakımından üçüncü önemli sahası durumunda olan Tuzla jeotermal sahasındaki akışkanın yöredeki toprağa ve suya olan etkileri irdelenmiştir. Soğuk ve sıcak su kaynaklarının özelliklerini ve birbirleri ile olan ilişkilerini belirlemek amacıyla Ağustos 2003, Aralık 2003, Mart 2004 ve Haziran 2004 tarihlerinde su numuneleri alınmıştır. Bu su numunelerinden major anyon, katyon, ağır metal ve çevresel izotop (^{18}O , ^2H , ^3H) analizleri yapılmıştır. Ayrıca 0-30; 30-60; 60-90; 90-120 cm derinliklerinde ise toprak numunelerinde ise bazı fizikokimyasal özellikler, ağır metal ve radyoaktivite çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Sıcak sular, denizel kökenli evaporitik yatlardan çözünerek gelen sular olup, tatlı sular ile karışım göstermektedir. Sahadaki tüm sular meteorik kökenli olup, tatlı yeraltı suları ile connate (hapis) tuzlu suyun karışımından ibarettir. Sahasının güneydoğusundan gelen EC'si düşük (600-800 micromho/cm) yeraltı sularının jeotermal sular etkisi ile EC'sinin (1400-3200 micromho/cm) yükseldiği görülmektedir. Nitekim CaHCO_3 'lü sular fasiyesinde yer alan yeraltı suları sıcak suların etkisi ile CaCl_2 'li sulara geçiş göstermektedir.

Proje sahasındaki jeotermal suların Tuzla tatlı yeraltı suyu akiferine olan olumsuz etkileri iki şekilde olmaktadır:

- Jeotermal suların yeraltı sularına mevsimlik etkisi, ki buna dolaylı etki denebilir: kurak dönemde yüzeyde biriken tuz ve ağır metal bileşimlerinin, kışın yağışlar vasıtası ile yeraltına süzülmesi,
- Sahada çıkan yüksek basınca sahip jeotermal suların yukarıya doğru dikey çatlak, kırık veya faylar vasıtası ile yükselimi, yani genel anlamda yeraltı suyuna etkisi. Jeotermal suların yukarıda belirtilen her iki etkisinden ötürü yeraltı suyunun duraylı izotop değerleri beklenilenden daha pozitif değerlerdedir. Genel olarak, inceleme alanındaki sıcak suların da yukarıya doğru çıkarken soğuk yeraltı suyu akiferine karışımından ötürü $\delta^{18}\text{O}$ ve δD değerlerinde bir azalma da söz konusu olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Yeraltı suyu kirliliği, toprak kirliliği, jeotermal ve çevre, izotop, Tuzla

ABSTRACT

This project has investigated the effects of water derived from Tuzla geothermal on water resources and soil in the study area. Tuzla is the third most important geothermal area in terms of high water temperature in Turkey. Water and shallow aquifers samples inside and outside of the Tuzla geothermal field were sampled in August 2003, December 2003, March 2004 and June 2004 to determine properties of hot and cold water sources and relationships among them. Major anions, cations, heavy metals and environmental isotope analyses (^{18}O , ^2H , ^3H) have been done in these samples. Additionally soil samples have been collected from 0-30, 30-60, 60-90 and 90-120 cm depths to determine some of their physicochemical properties, heavy metals contents and radioactivity.

The origins of hot water are evaporated beds that originated from sea, and mixed with fresh water. All water in study area is meteoric and formed by the mixing of fresh water with connate salty water. Water comes from the south-east part of the area had low EC contents (600-800 micromhos/cm) and their EC values increased and reached up to 1400-3200 micromhos/cm after they mixed up with geothermal groundwater. Thus groundwater classified as water with CaHCO_3 can change and turn into water with CaCl_2 because of hot water.

There are two ways that negative effects of geothermal water influence Tuzla fresh groundwater aquifers in study area.

- a) Seasonal effects of geothermal water on groundwater which can be also called as indirect way: Accumulation of salts and heavy metals on the soil surface in arid seasons and leaching of these to the groundwater in winter seasons.
- b) Rising of high pressure geothermal water through the vertical cracks and faults to the upper layers, in general it can be called as influence of geothermal water on groundwater. Due to geothermal water effects, stable isotope values of ground water is more positive than it is expected. In general due to mixing of hot water with cold groundwater aquifer, $\delta^{18}\text{O}$ and δD values dropped.

Keywords: Groundwater pollution, soil pollution, geothermal and environment, isotope, Tuzla

1. GİRİŞ

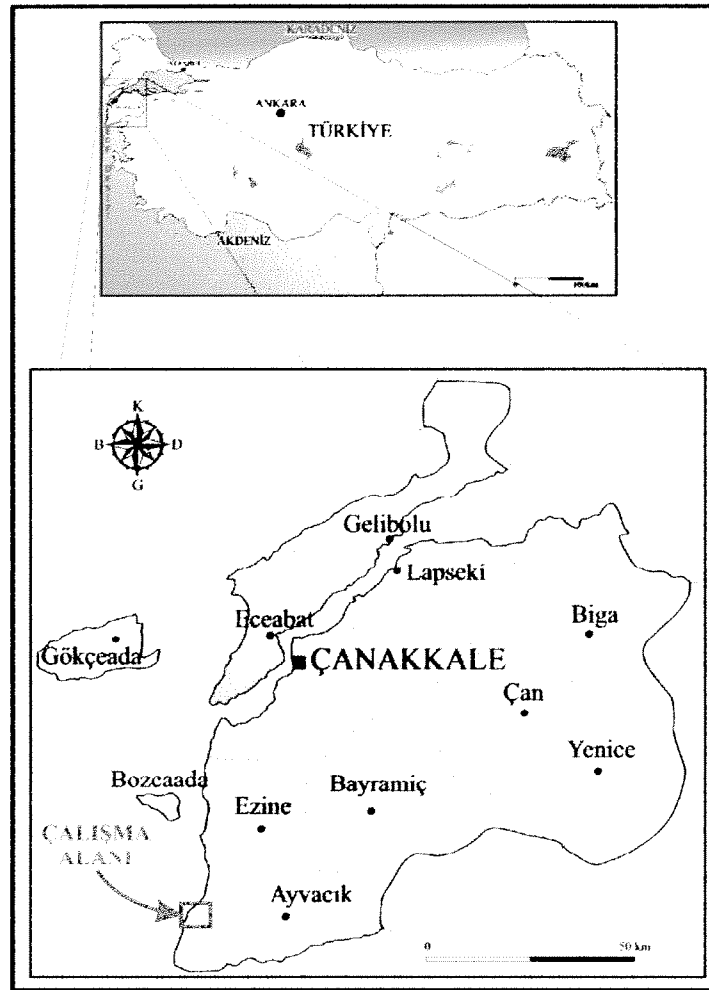
Jeotermal sahalarda yer kabuğunun çeşitli derinliklerde birikmiş ısının oluşturduğu, sıcaklıkları sürekli olarak bölgesel atmosferik ortalama sıcaklığın üzerinde olan ve çevredeki normal yeraltı ve yerüstü sularına göre daha fazla erimiş mineral içerirler. Genç tektonik hareketler sonucunda; Batı Anadolu'da sıcaklıkları yer yer 100 °C'yi aşan (Kızıldere, Germencik, Seferihisar ve Tuzla gibi) jeotermal enerji potansiyeline sahip saha oluşmuştur. Ülkemiz ekonomisinde gittikçe önemli bir yer tutan jeotermal kaynaklarında bulunan yüksek element içerikler (kurşun, bor, arsenik gibi.) yeraltı, yerüstü ve toprak kirliliğine neden olmaktadır. Ülkemizde jeotermal kaynaklar çoğunda yüzey kullanımları sonucunda reenjeksiyon yapılmadıklarında toprak ve yüzeysel su kaynaklarında değişik seviyelerde kirliliğe neden olmaktadır. Jeotermal akışkanın korozyona ve kireçlenmeye sebep olabileceği, içerdiği bor yüzünden tarımsal sulamaya uygun olmadığı, yapısındaki karbondioksit ve hidrojen sülfür gibi gazların açığa çıktığı bilindiğinden, jeotermal enerji uygulamalarında bazı teknolojik önlemlerin alınması gerekmektedir. Jeotermal sahalardaki eriyik konsantrasyonu ve içeriğine bağlı olarak doğal kaynaklar üzerindeki etkileri farklılık göstermektedir. Bu proje kapsamında ise, Biga Yarımadasında yer alan Tuzla jeotermal kaynaklarının soğuk su kaynaklarına ve toprak üzerine olan etkileri irdelenecektir.

Çalışma alanı Biga Yarımadasının batı bölümünde, Ayvalık il6-d3 ve il6d4 paftalarında 3878000-43884000 enlemleri ile 422000-431000 boylamları arasında, Çanakkale ilinin 80 km güneyinde, Ayvacık ilçesi batısındaki Tuzla köyü ve çevresini içerir (Şekil 1).

Çalışma alanı içindeki tek yerleşim yeri olan Tuzla köyü, bu incelemenin konusuna kaynak olan jeotermal sızıntıların olduğu noktalara yaklaşık 300 m batıda kurulmuştur (Şekil 2). Bu köy Ayvacık ilçesine 20 km uzaklıktadır. Tuzla köyünün kuzeydoğusundaki Tuzla tepe ile doğusundaki Himmetgediği tepe arasındaki vadi boyunca ve Tuzla tepenin batı yamacında birçok noktadan sıcak ve mineralli sular çıkmaktadır (Şekil 3). Bu suların yüzeye çıktığı noktalarda gerek basınç gerekse sıcaklık azalışı nedeniyle su içinde erimiş halde bulunan mineraller katı faza geçerek yüzeyi ince bir örtü şeklinde kaplamakta ve toprak üzerinde ince bir kabuk oluşturarak yüzeyde beyaz bir görüntü oluşmasına neden olmaktadır.

Bu proje kapsamında, Türkiye'nin sıcaklık bakımından üçüncü önemli sahası durumunda olan Tuzla jeotermal sahasındaki akışkanın yöredeki toprağa ve suya olan etkileri irdelenmiştir. Proje kapsamında soğuk ve sıcak su kaynaklarının su kimyası, ağır metal ve

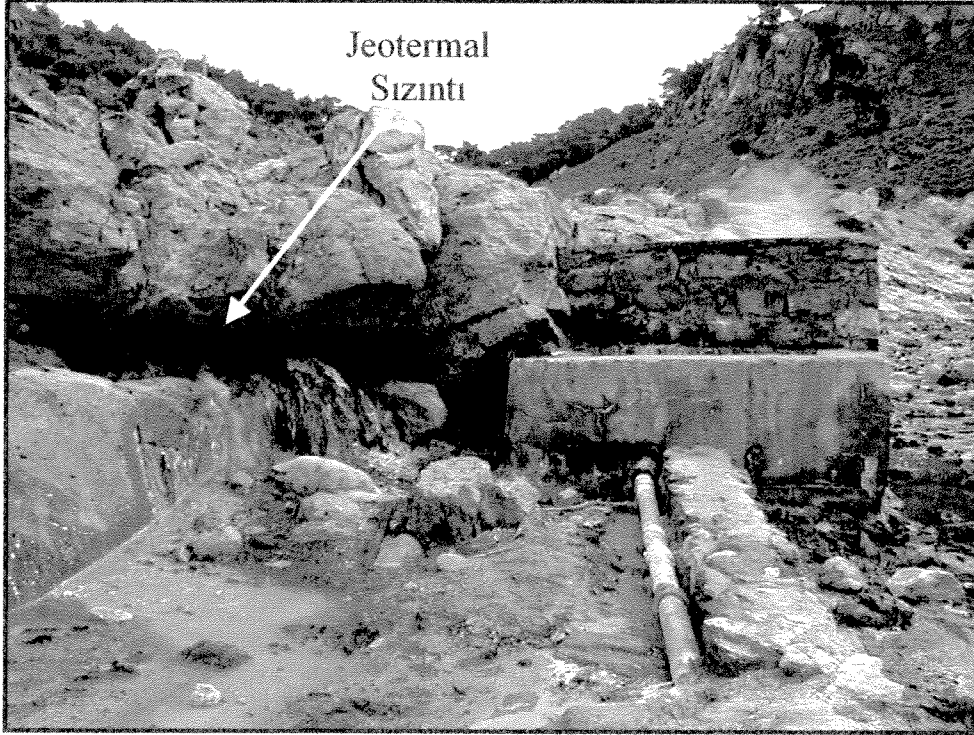
izotop içerikleri belirlenmiştir. Sıcak su kaynakların soğuk su kaynaklarına olan etkileri değerlendirilmiştir. Ayrıca yöre topraklarının bazı fiziksel özellikleri, major element analizleri ve radyoaktivite değişimleri grafiklerle yorumlanmıştır. Proje sahasında soğuk ve sıcak su kaynaklarının özelliklerini belirlemek amacıyla Ağustos 2003, Aralık 2003, Mart 2004 ve Haziran 2004 tarihlerinde su numuneleri alınmıştır. Alınan bütün su numunelerinde major anyon, katyon ve ağır metal analizleri yapılmıştır. Alınan örneklerden Ca^{++} , Mg^{++} analizleri Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Merkezi Laboratuvarlardaki Varian Liberty ICP-AES ile, Na^{++} ve K^{++} analizleri alevfotometresi yöntemi, $SO_4^{=}$ içerikleri gravimetrik, Cl^- , $HCO_3^{=}$, $CO_3^{=}$ değerleri titrimetrik yöntemler ile yapılmıştır. İnceleme alanındaki suların bazı fiziksel özellikleri (sıcaklık, pH ve Elektriksel İletkenlik (EC)) arazide WTW Multi340i/SET cihazı ile yerinde ölçülmüştür. İnceleme alanından alınan su numunelerinden Al, As, B, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Pb, Sr ve Zn element analizleri TÜBİTAK Bursa Test ve Analiz Laboratuvarlarında ve Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Laboratuvarlarında Atomik Absorpsiyon ve ICP-AES ile yapılmıştır.



Şekil 1. Çalışma alanının yeri



Şekil 2. İnceleme sahasından genel bir görünüm



Şekil 3. Tuzla doğusundaki vadide gözlenen jeotermal sızıntı noktalarından birinin görünümü

Tuzla sahasındaki sıcak ve soğuk su kaynaklarının (yeraltı ve yüzey suyu) ilişkilerini belirlemek amacıyla alınan sularda Oksijen -18 (^{18}O) ve Döteryum (D) izotopları Devlet Su

İşleri Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Dairesi İzotop Laboratuvarlarında, Tritiyum (T) analizleri ise Hacettepe Üniversitesi Hidrojeoloji Mühendisliği Laboratuvarlarında yaptırılmıştır.

Tuzla Jeotermal sahasından alınan toprak örneklerinin fiziksel özellikleri Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Laboratuvarlarında, ağır metal analizleri Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Laboratuvarlarında ICP-AES ile yapılmıştır. Toprak numunelerinde radyoaktivite (U, Th ve K) analizleri ise Celal Bayar Üniversitesi Fizik Bölümü Laboratuvarlarında yapılmıştır.

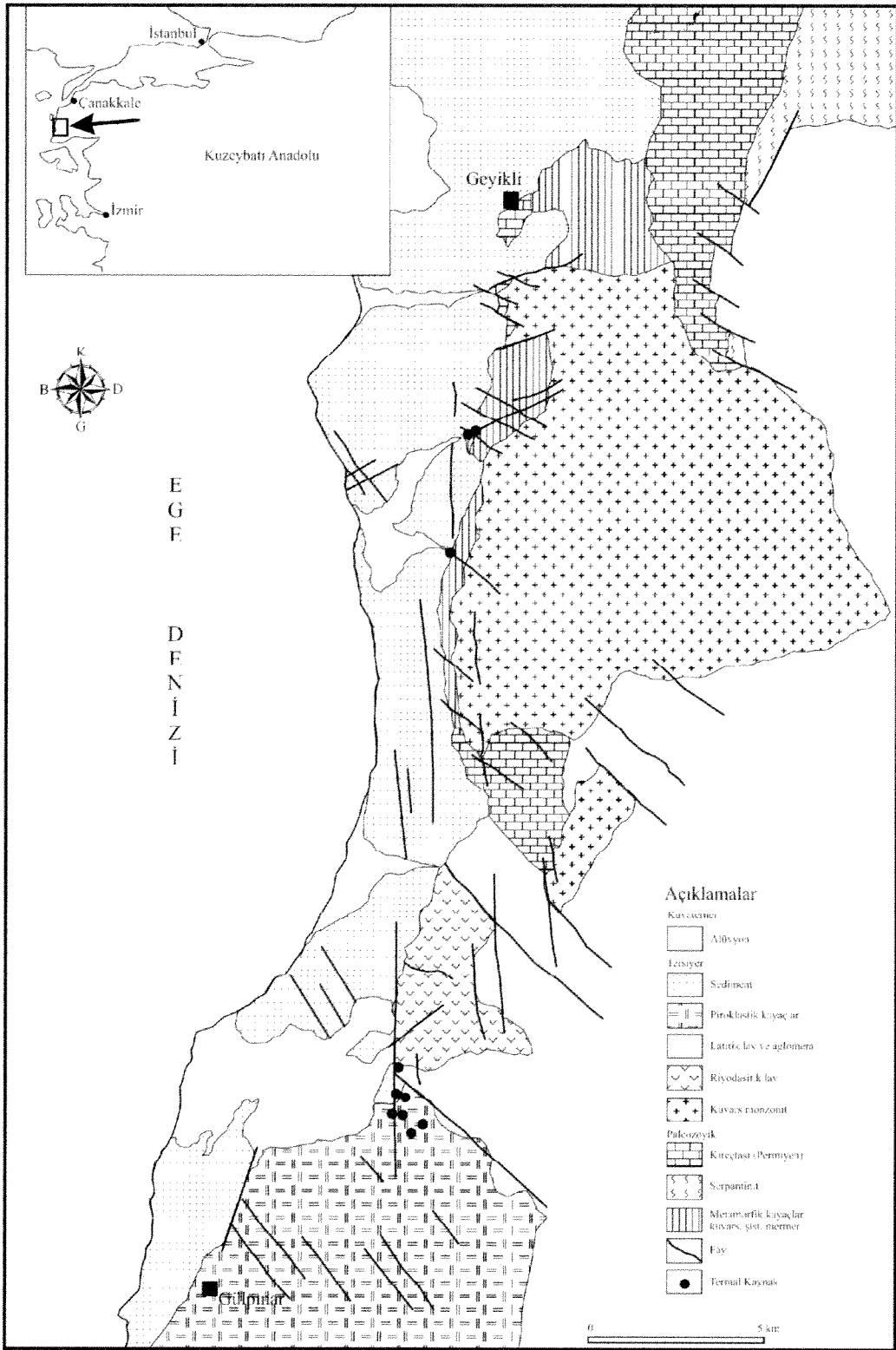
Elde edilen bütün veriler birbirleri ile denştirilerek sıcak su kaynaklarının özellikleri, kökenleri ve bu kaynakların soğuk su kaynaklarına olan etkileri ile alandaki topraklara olan etkileri belirlenmiştir. Kirlilik yayılımının olduğu alanlar saptanmış ve kirliliğin yayılmasının önlenmesine yönelik önerilerde bulunulmuştur.

2. TUZLA BÖLGESİNİN JEOLJİSİ

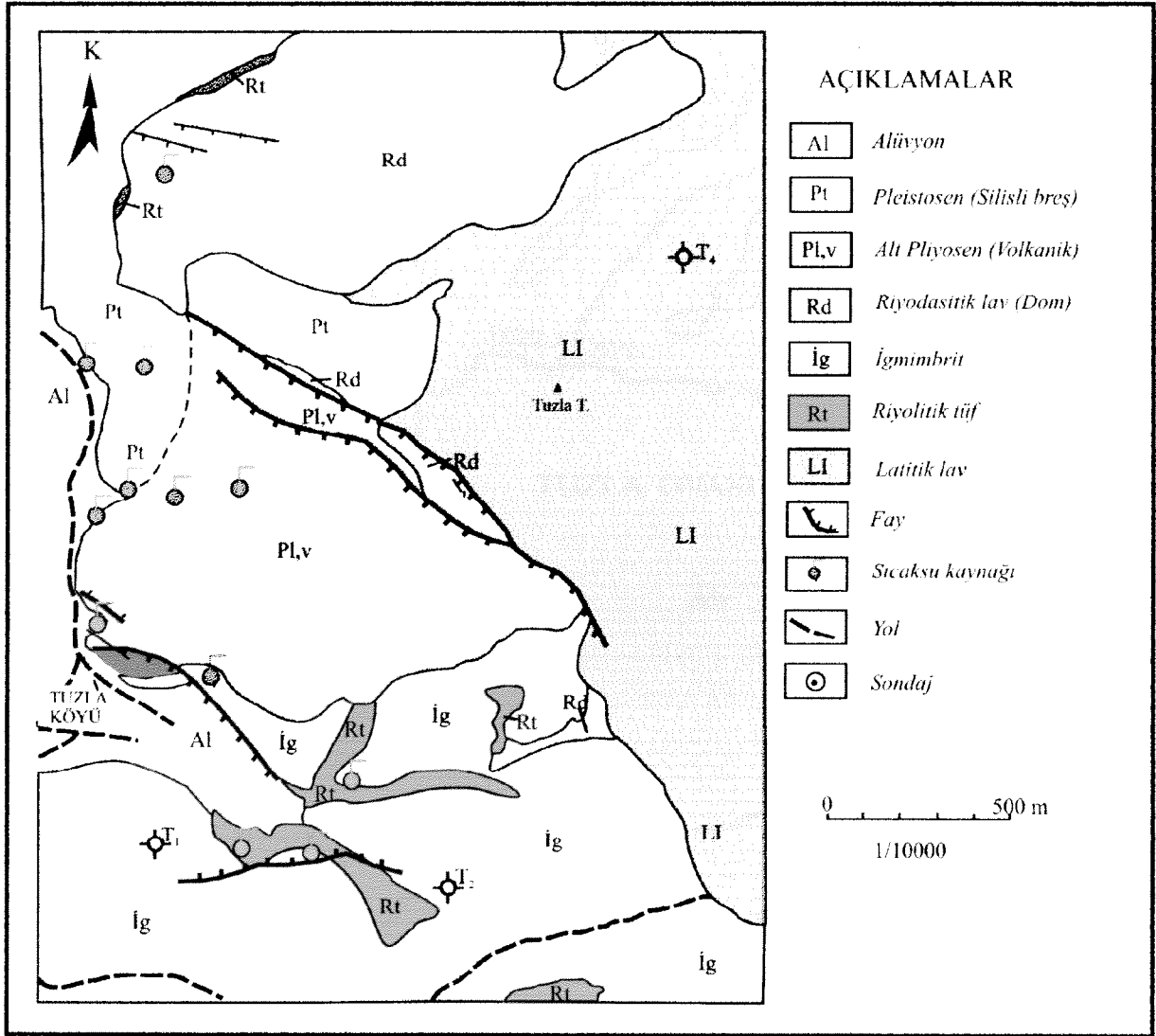
Tuzla ve çevresi, gerek aktif bir fay zonu üzerinde olması gerekse jeotermal açıdan Türkiye'nin en önemli jeotermal sahalarından biri olması nedeniyle daha önce çeşitli jeolojik araştırmalara konu olmuştur (Batik ve diğ., 2000; Ercan ve Türkecan, 1984; Gevrek ve diğ., 1986; Karaman, 1986; Mützenber, 1991; Şamilgil, 1966,1983; Şener ve Gevrek, 1985, 2000). Çalışma alanının temelini Paleozoyik yaşlı metamorfik kayalar oluşturur. Bu temeli açısız uyumsuzlukla Paleozoyik yaşlı rekristalize kireçtaşları örter. Bu formasyon açısız uyumsuzlukla Miyosen yaşlı riolitik tüf ve aglomera tarafından örtülür. Bölgeye, Kestanbol plutonu (Kestanbol graniti) olarak adlandırılan bir sokulum kendinden yaşlı formasyonları keserek yerleşmiştir ve bu plutonun çevresinde yer yer milonitleşmiş siyenit daykları gözlenir (Ercan ve Türkecan, 1984; Gözler ve diğ., 1993). Plutonda K/Ar yöntemi ile yapılan yaş belirlemesi tüm kaya yaşını 28 my olarak vermektedir (Fytikas ve diğ., 1976). Stratigrafik istifin üst bölümü Miyosen yaşlı kalsik volkanizma ürünü olan riolitik tüfler, ignimbirit, latitik lavlar ve riolitik lavlardan oluşur (Şener ve Gevrek, 2000), (Şekil 4).

Bölgedeki volkanizmanın son aşamasında oluşan ignimbiritler Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı, konglomera, kumtaşı, kireçtaşı ve killi kireçtaşı ardalanmasından oluşan tortullar tarafından örtülmüştür (Şekil 5). Stratigrafik istifin en üst bölümünde yer alan Kuvaterner yaşlı Alüvyon Tuzla ovasını oluşturmuştur (Şekil 6).

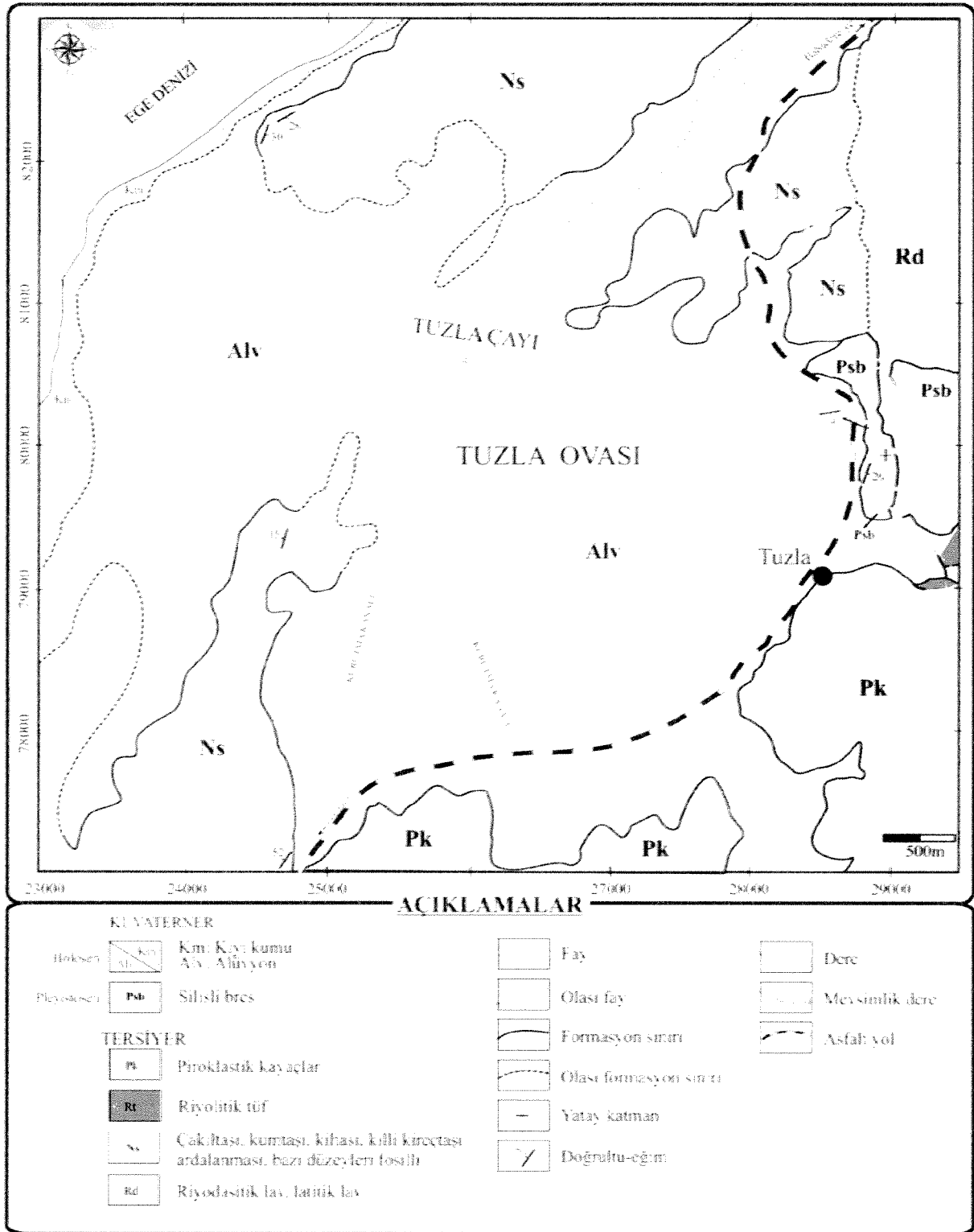
Bölgedeki pluton jeotermal sistemin ısıtıcı kayasını, lavların altere kesimleri hazne kayayı, çalışma alanında yaygın olarak gözlenen ignimbiritik tüfler ve tortullar ise sistemin örtü kayasını oluşturmaktadır (Gevrek ve diğ. 1986). Tuzla jeotermal suyu aktif termal rejimi temsil edip, Miyosen volkanizmasını izleyen hidrotermal aktivite ile ilişkili bir bölgedir (Şener ve Gevrek, 2000). İnceleme alanında Miyosen yaşlı volkanik kayalar KB-GD doğrultulu faylardan etkilenmişlerdir. Sıcak su kaynaklarının oluşumunu sağlayan bu fayların çevresinde silisfiye ve arjilik alterasyon belirgin olarak gözlenmektedir (Şekil 7 ve 8).



Şekil 4. Çalışma alanı ve çevresinin jeoloji haritası (Mützenber, 1991'den alınmıştır)



Şekil 5. Tuzla jeotermal sahasının jeoloji haritası (Şamilgil, 1983'den alınmıştır)



Şekil 6. İnceleme alanının jeoloji haritası



Şekil 7: İnceleme alanında gözlenen arjilik alterasyon zonları



Şekil 8: İnceleme alanında gözlenen silisleşmiş zonlar

3. TUZLA JEOTERMAL SİSTEMİ

Türkiye’de jeotermal ile ilgili çalışmalar ilk olarak 1960’lı yıllara dayanmaktadır. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü tarafından başlatılan çalışmalara dayanarak, sıcaklığı 40°C’nin üzerinde olan jeotermal akışkan içeren 170 adet jeotermal sahanın varlığı ortaya konulmuştur. Bunlardan Aydın-Germencik (232°C), Denizli-Kızıldere (242°C), Çanakkale-Tuzla (173°C) ve Aydın-Salavatlı (171°C) elektrik üretimine uygun, diğerleri ise doğrudan kullanıma uygun olarak belirlenmiş, ancak gelişmiş teknoloji ve finansman ihtiyacının karşılanması ile de Manisa-Salihli-Caferbeyli (155°C), Kütahya-Simav (162°C), İzmir-Sefersar (153°C)-Dikili (130°C) elektrik üretilebilir olarak nitelendirilmektedir (Tuncer ve Eskibalci, 2003).

Tuzla jeotermal sahası sıcaklık bakımından Türkiye’nin üçüncü önemli sahası durumundadır. Gerek bölgenin istifinin belirlenmesi gerekse jeotermal sistemin özelliklerinin belirlenmesi açısından MTA Genel Müdürlüğü tarafından Tuzla ve çevresinde 10 adet sıg, 4 adet derin sondaj çalışmaları yapılmıştır. Açılan sondajlardan T1 kuyusunda 174°C kuyu dibi sıcaklığı, 155°C kuyu başı sıcaklığı ölçülmüştür (Tablo 1).

Tablo 1. Tuzla’da MTA Genel Müdürlüğü tarafından açılmış sondajlara ait veriler

Kuyu No.	Tarih	Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)	Debi (lt/sn)	Üretim Şekli
T-1	1982	814	174 (Kuyu Dibi)	113 t/h	Artezyen
T-2	1983	1020	168 (Kuyu Dibi)	--	--
T-3	1993	81	90 (Kuyu Başı)	44	Artezyen
T-4	1993	128	90 (Kuyu Başı)	44	Artezyen

Ülkemizin ekonomisine önemli katkı sağlayabilecek olan Tuzla Jeotermal sahasında şu ana kadar aktif olarak mühendislik çalışmaları yapılmamıştır. İnceleme sahasında tuz üretimi yapan küçük ölçekli bir işletme, çok az sayıda sera ve çok ilkel sistemle işletilen bir kaplıca yer almaktadır (Şekil 9). Ayrıca inceleme alanındaki bazı sıcak su kaynaklarının çıkış noktalarına yakın kesimlerinde Tuzla köylüleri tarafından oluşturulan küçük havuzlar bulunmaktadır (Şekil 10).



Şekil 9: İnceleme sahasında bulunan kaplıca ve seralar



Şekil 10: İnceleme sahasında Tuzla köylüleri tarafından kullanılan havuzlar

4. TUZLA SAHASINDAKİ YÜZEY VE YERALTI SULARININ ÖZELLİKLERİ

4.1. Yeraltısuyu Düzeyi ve Değişimi

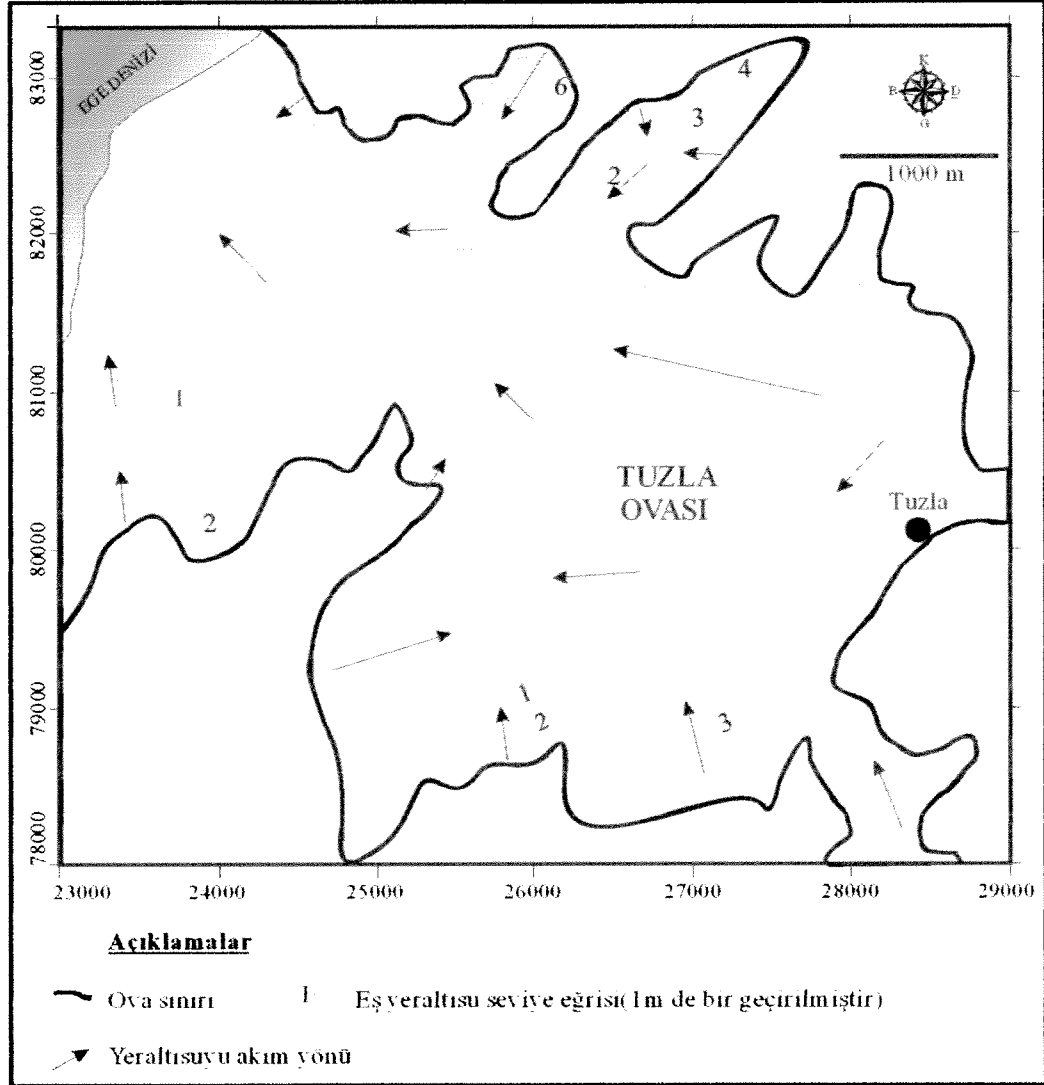
Tuzla ovasında yüzeyleyen alüvyondaki yeraltısuyu düzeyi 0.5 ila 6 m arasında değişmektedir. Bu seviye alüvyonda açılmış olan kuyularda genelde 3 ila 6 m arasındadır. Proje sahasının batısında, Tuzla Çayının denize döküldüğü alanlara yakın kesimlerde ise yeraltısuyu düzeyi 0.5 m civarındadır. Tuzla ovasında yeraltısuyu düzeyinin en kurak ve en yağışlı aylar arasındaki ortalama değişimi 1 m civarındadır. Derinlikleri 3 ila 8 m arasında değişen keson kuyulardan, su numuneleri alınarak aynı anda yeraltı suyu seviyesi ölçümleri yapılmış ve Tuzla ovasında Ağustos 2003'te yeraltısuyu seviyesinin (YAS) 4 ila 6 m arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Aralık 2003'te ise, yeraltısuyu seviyesi değişiminin 0.5 m ile 4 m arasında olduğu izlenmiştir.

Yapılan arazi çalışmalarında uygun olan kuyularda yeraltısuyu seviyesi ölçülmüştür. Bu kuyulardan elde edilen verilerden yararlanılarak Temmuz 2004 dönemi için "yeraltısuyu düzeyi haritası" hazırlanmıştır (Şekil 11). Şekilde de görüldüğü gibi yeraltısuyunun genel akım yönü doğudan batıya doğrudur. Tuzla çayına yakın kesimlerde Tuzla çayı yeraltısuyunu beslemektedir. Doğu-batı yönlü Tuzla çayının olduğu alanlarda tuzlu suyla beslenen ağaçlar büyümüştür (Şekil 12). Ovada yeraltısuyu düzeyi, kurak ve yağışlı mevsimler arasında büyük değişimler göstermemektedir.

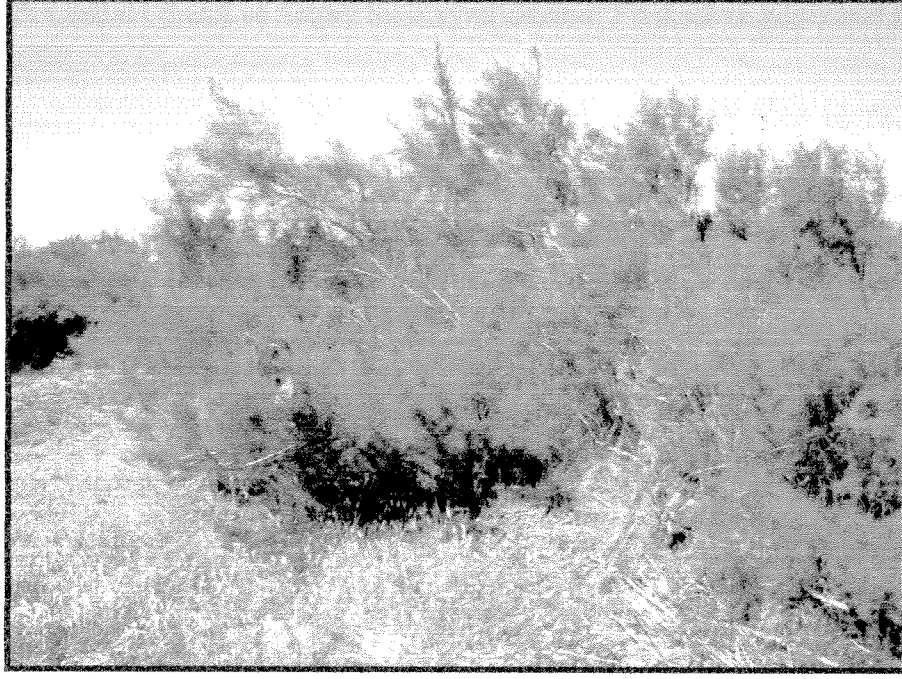
4.2. Sıcak ve Soğuk Su Kaynaklarının Analiz Yöntemleri

Proje sahasında soğuk ve sıcak su kaynaklarının özelliklerini belirlemek amacıyla Ağustos 2003, Aralık 2003, Mart 2004 ve Haziran 2004 tarihlerinde su numuneleri alınmıştır (Şekil 13). Alınan bütün su numunelerinde major anyon, katyon ve ağır metal analizleri yapılmıştır (EK- 1 ve EK- 2). İnceleme sahasında standartlara uygun şekilde alınan örneklerden Ca^{++} , Mg^{++} analizleri Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Merkezi Laboratuvarlardaki Varian Liberty ICP-AES ile, Na^{++} ve K^{++} analizleri alevfotometresi yöntemi, $SO_4^{=}$ içerikleri gravimetrik, Cl^- , HCO_3^- , $CO_3^{=}$ değerleri titrimetrik yöntemler ile proje araştırmacılarından Analitik Kimya Anabilim Dalı akademik personelinden Doç.Dr. Selahattin YILMAZ ve Sevinç YILMAZ tarafından yapılmıştır. İnceleme

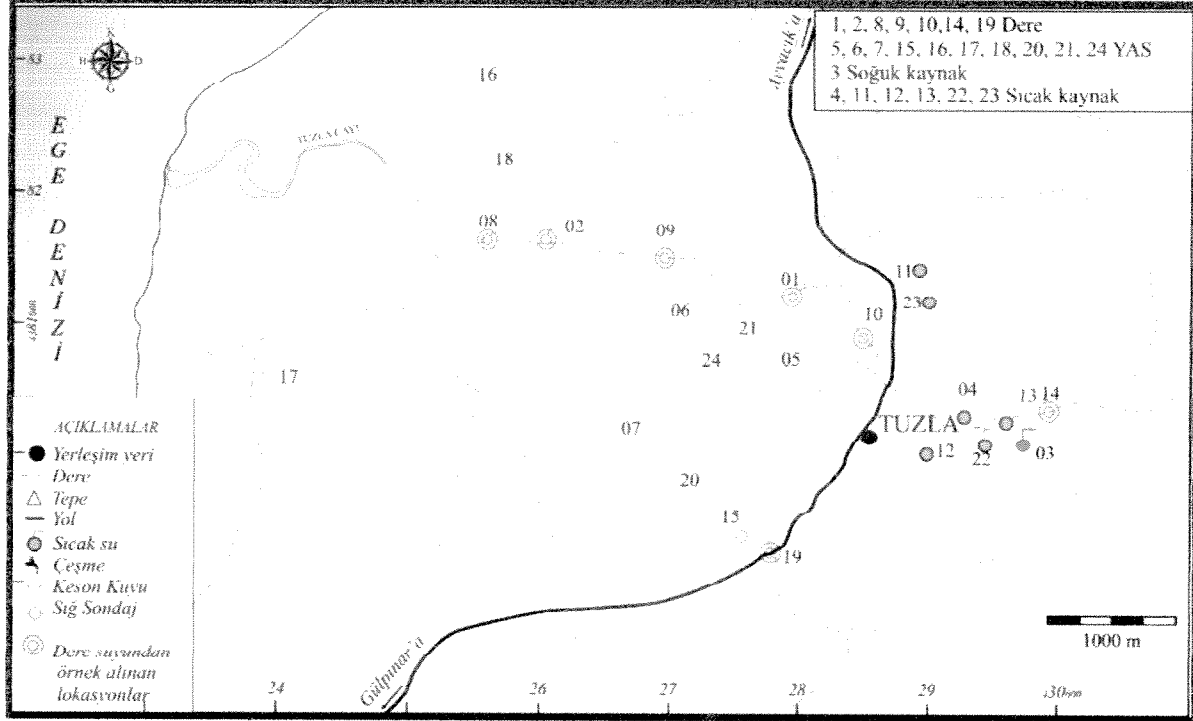
alanındaki suların bazı fiziksel özellikleri (sıcaklık, pH ve Elektriksel İletkenlik (EC)) arazide WTW Multi340i/SET cihazı ile yerinde ölçülmüştür.



Şekil 11: İnceleme alanına ait yeraltı suyu düzeyi haritası (Temmuz- 2004)



Şekil 12: Tuzlu su ile beslenen bitkiler

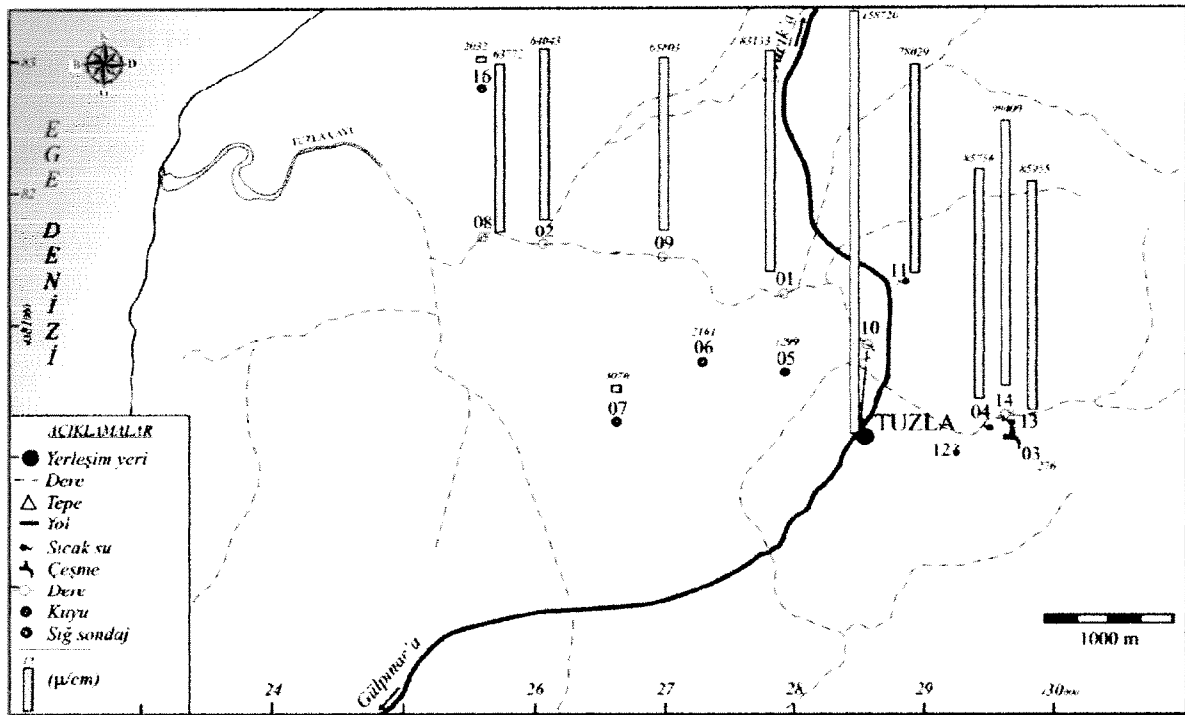


Şekil 13: Su numunelerinin alındığı lokasyonlar

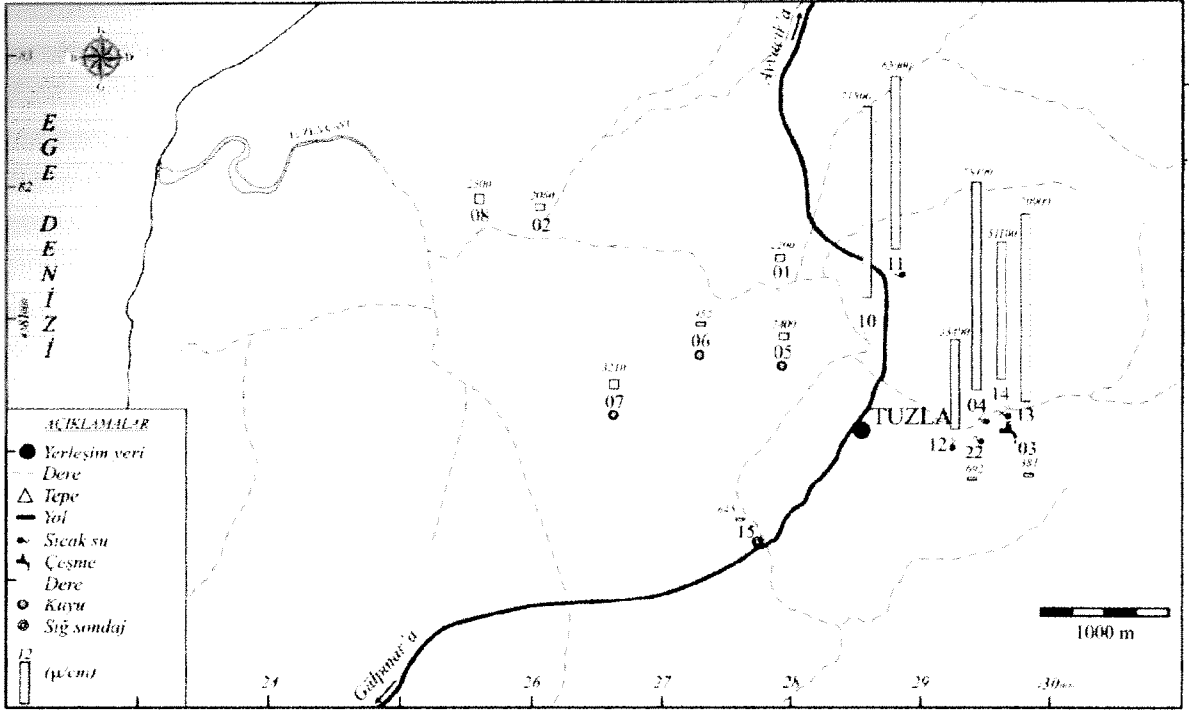
4.3. Tuzla Sahasındaki Sıcak ve Soğuk Su Kaynaklarının Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

İnceleme alanındaki Ağustos-2003, Aralık-2003, Mart- 2004, Haziran-2004 ve Temmuz-2004'e ait EC değerleri Şekil 14'de ve pH değerleri ise Şekil 15 sunulmuştur. Genel olarak sıcak suların ve Tuzla çayındaki (yüzey suyu) suların EC değerleri çok yüksektir. Bu değerler özellikle yaz aylarında (Haziran, Temmuz ve Ağustos) daha da artmaktadır. Bunun sebebi, bu aylarda Tuzla çayının, Tuzla köyü yakınında bir set ile kapatılması ve sıcak su kaynaklarının Tuzla çayına boşalmasının fazla olmasıdır. Ayrıca yöredeki sıcak ve soğuk su kaynakları karşılaştırıldığında, sıcak su kaynaklarının EC değerlerinin çok yüksek olduğu görülmektedir.

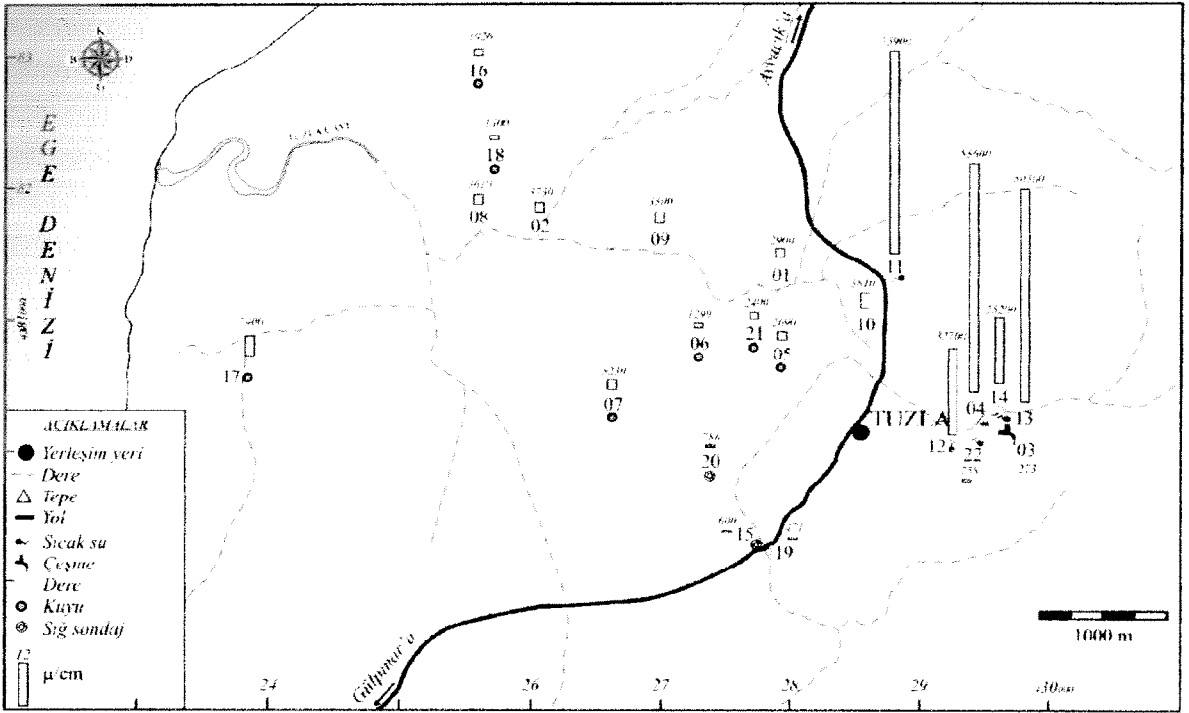
İnceleme alanındaki suların pH'ı 5.4 ila 10 arasında değişmektedir. Sular genel olarak bazik karakterdedir. 11 ve 12 nolu sıcak su kaynaklarının suları asidik özellikte olup, pH'ları 5.4 ila 6.5 arasında değişmektedir.



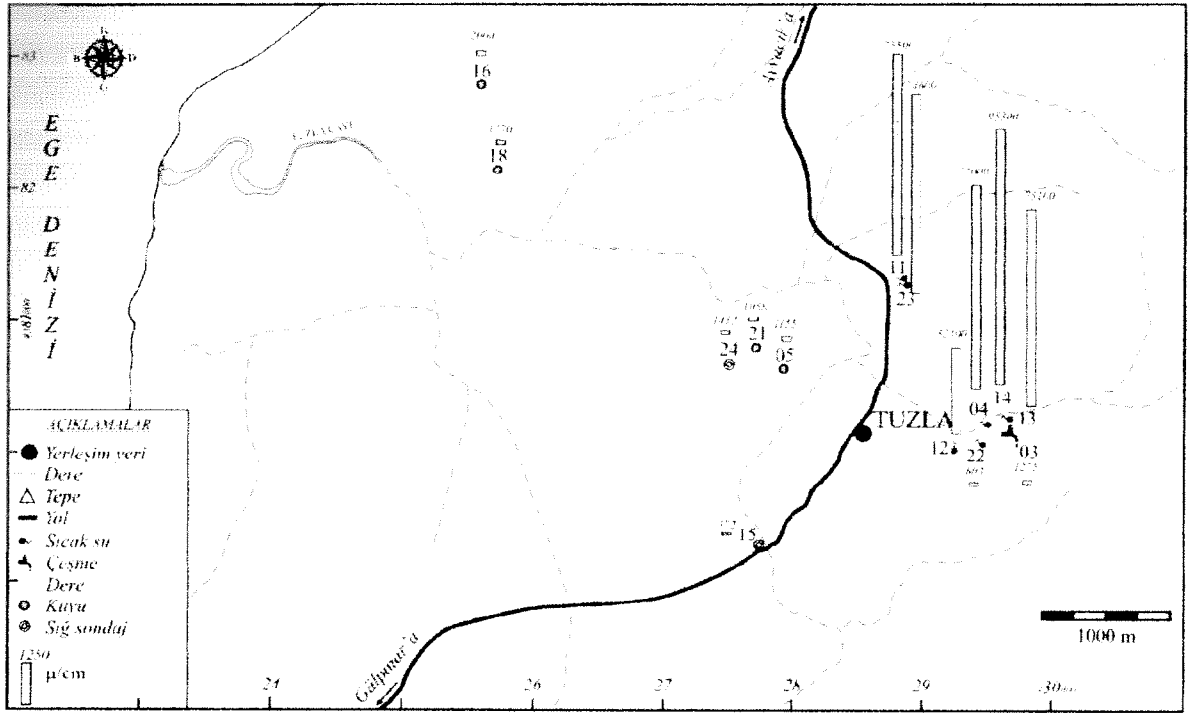
Şekil 14a: İnceleme alanındaki suların Elektriksel İletkenliği (EC) (Ağustos- 2003)



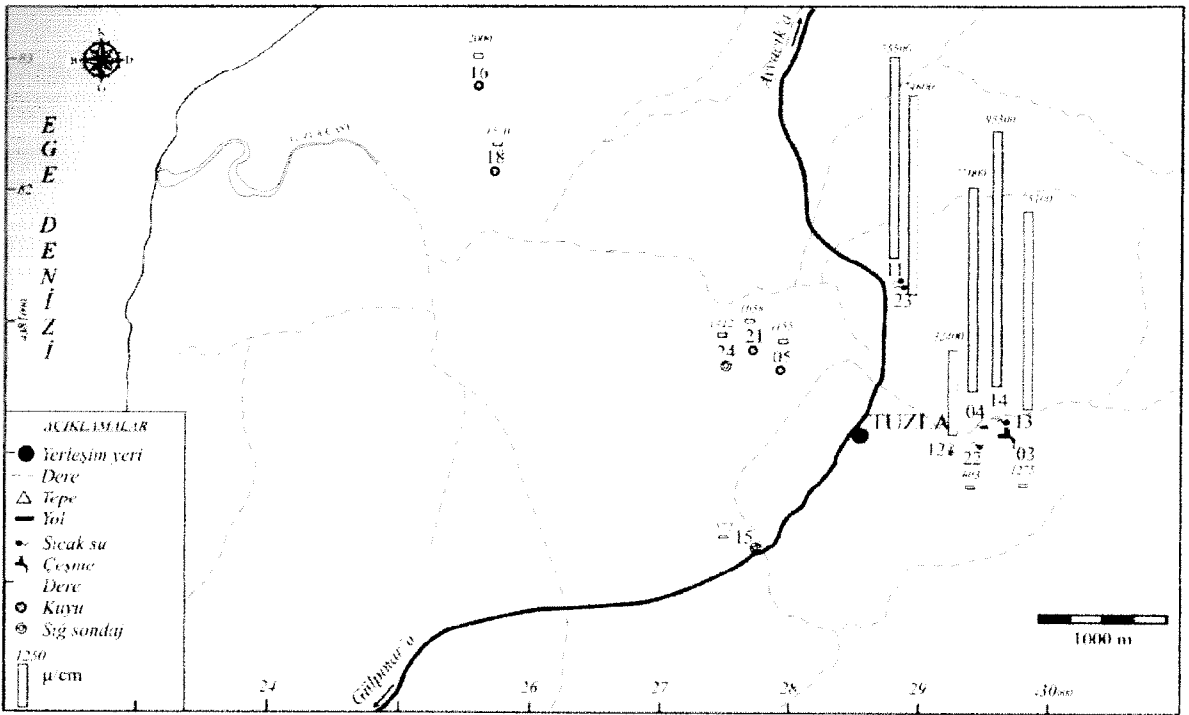
Şekil 14b: İnceleme alanındaki suların Elektriksel İletkenliği (EC) (Aralık- 2003).



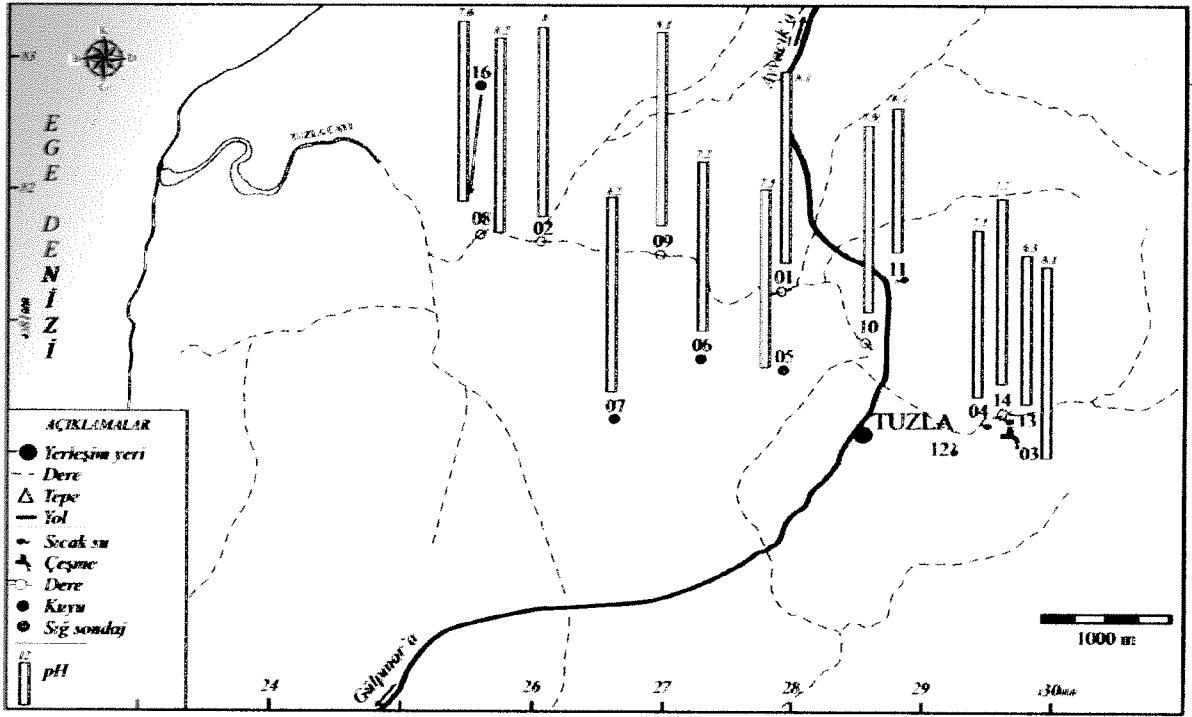
Şekil 14c: İnceleme alanındaki suların Elektriksel İletkenliği (EC) (Mart- 2004).



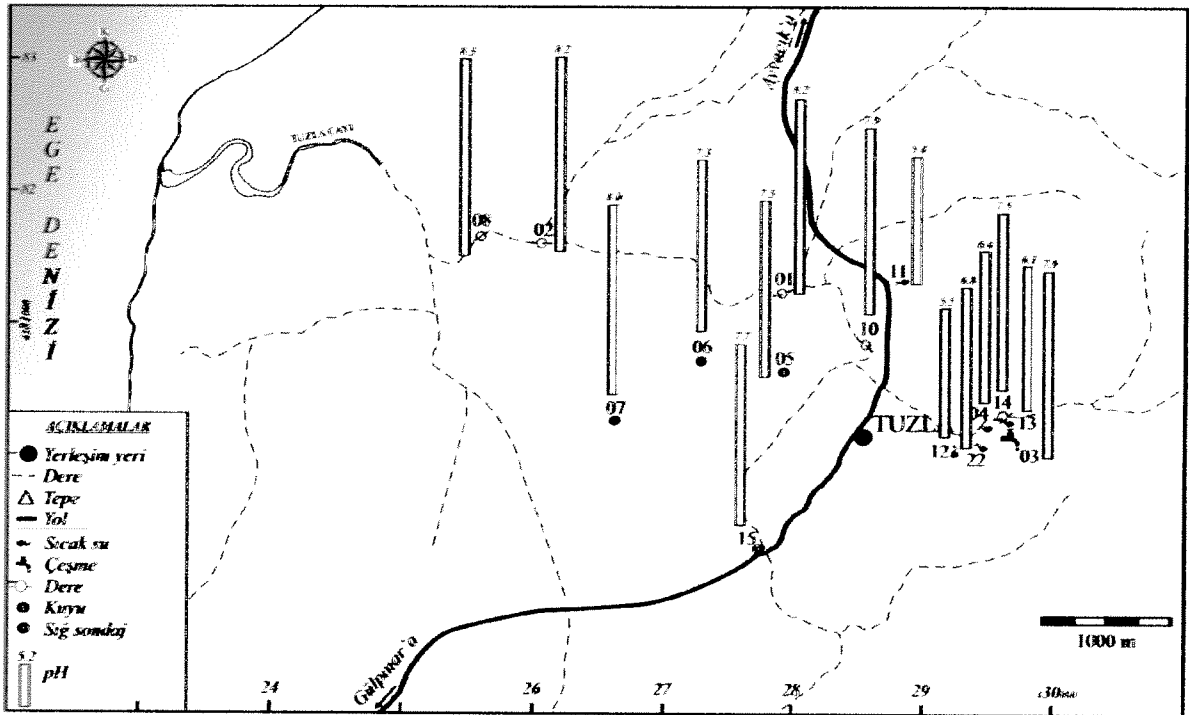
Şekil 14d: İnceleme alanındaki suların Elektriksel İletkenliği (EC) (Haziran- 2004).



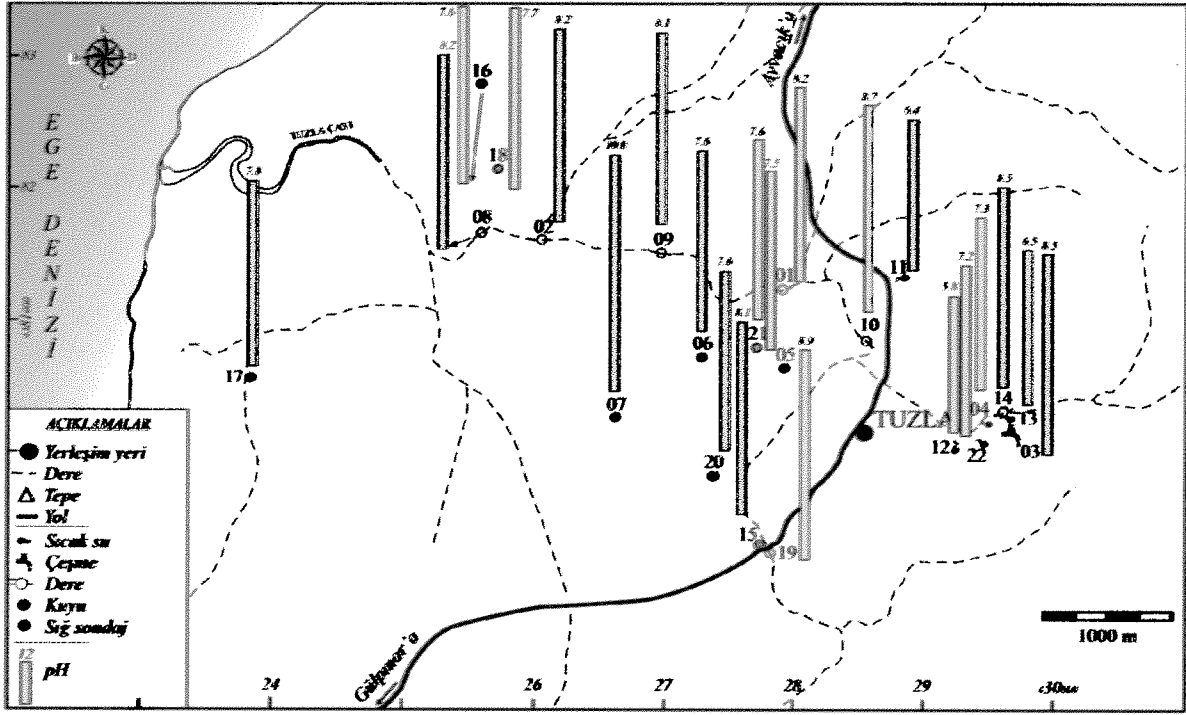
Şekil 14e: İnceleme alanındaki suların Elektriksel İletkenliği (EC) (Temmuz- 2004).



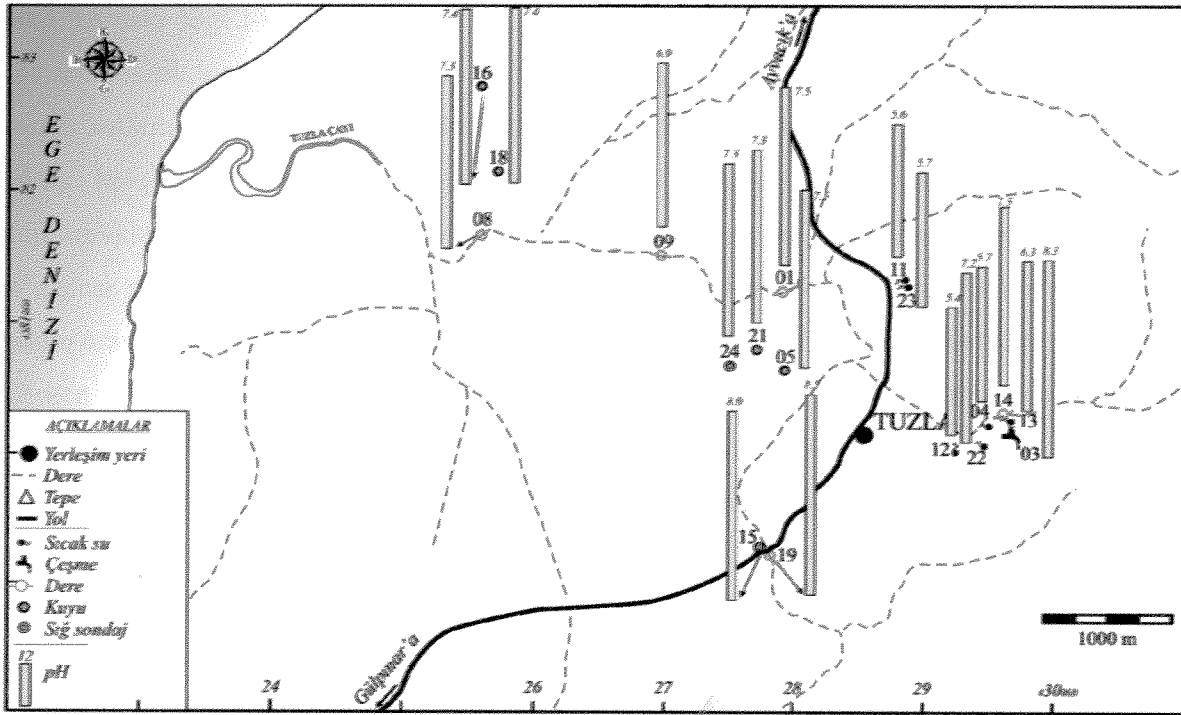
Şekil 15a: İnceleme alanındaki suların pH değerleri (Ağustos- 2003)



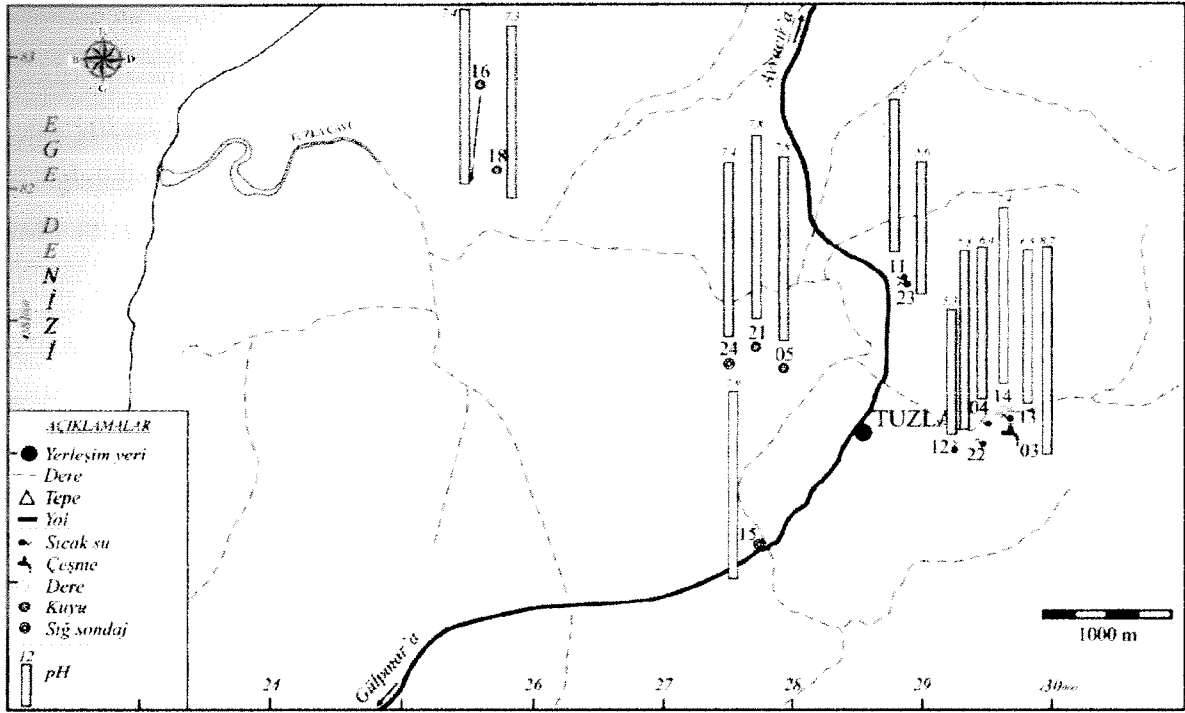
Şekil 15b: İnceleme alanındaki suların pH değerleri (Aralık- 2003)



Şekil 15c: İnceleme alanındaki suların pH değerleri (Mart- 2004)



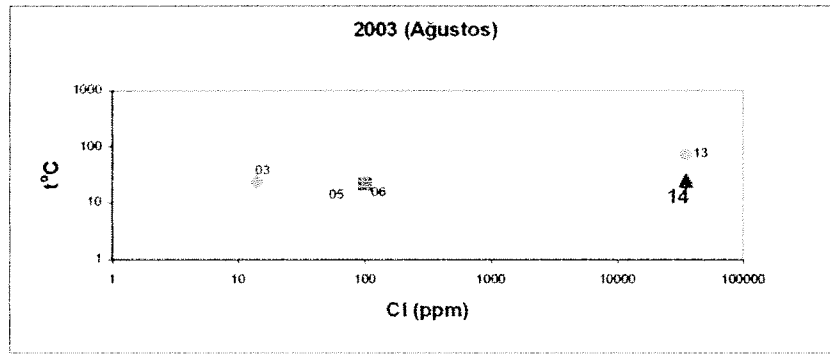
Şekil 15d: İnceleme alanındaki suların pH değerleri (Haziran- 2004)



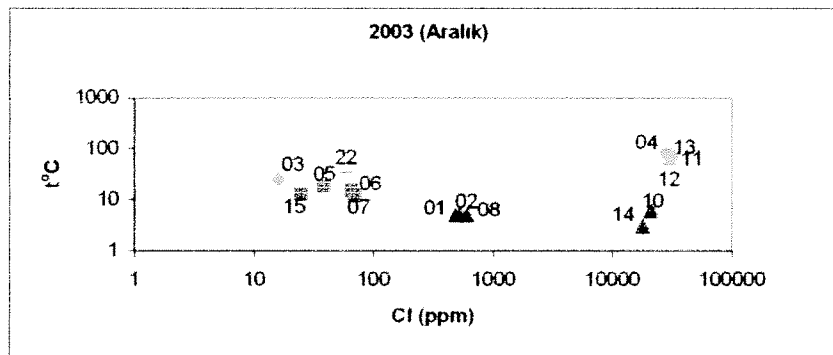
Şekil 15e: İnceleme alanındaki suların pH değerleri (Temmuz- 2004)

Şekil 16'deki logCl-logt grafiğinden de görüleceği gibi sıcak suların yağışlı dönemde yüzey sularına önemli bir etkisi olmaz iken, kurak dönemde ise yüzey sularının Cl⁻ içeriği artmaktadır. Yeraltı sularında ise yağışlı dönemde görülen Cl artışı, yüzeyde biriken (kurak dönem boyunca) (güncel halit) tuz tabakasının yağış ile yeraltına süzülmesinden kaynaklanmaktadır (5, 7, 6 ve 21 nolu örnekler). Cl değerlerinde kurak dönemde görülen yarı yarıya azalmanın nedeni (11 ve 13 nolu sıcak sular) güncel halit (NaCl) çökeltiminden kaynaklanmaktadır. Zira, Na tuzlarının jips ve kalsite oranla daha çabuk çözüldüğü bilinmektedir (Drever, 1997). Klorürün çözünürlüğü devam ederken sodyum çözünürlüğü azalır (Postma, 1992). Bu ise deniz suyunun tipik evaporitleşmesi ile ilgilidir. Zira klorür buharlaşmadan ötürü artmaya devam ederken sodyum azalmaktadır. Log Cl-log Na grafiği (Şekil 17): kurak dönemde gruplaşan sıcak sular ile yeraltı sularını göstermektedir. Yeraltı suyu yağışlı dönemde Na⁺ ve Cl⁻ açısından yükselmektedir (5 nolu örnek). Tuz örtüsünün (salt crust) yağış ile yeraltına süzülmesi yolu ile, yağışlı dönemde karışım grafiği şeklinde görülmektedir. Log Ca-log Na grafiği (Şekil 18): yağışlı dönemde sıcak sularda Ca ile baz değişimi gösteren Na azalmış, buna karşın Ca artışı izlenmiştir. Kurak dönemde CO₂ gaz çıkışı, CaCO₃ çökeltiminden dolayı Ca²⁺ nin azalmasına yol açar ve killerdeki bozunma sonucu Na artışı izlenmektedir. Log Na-log B grafiği (Şekil 19): sıcak sular yüksek Na ve B

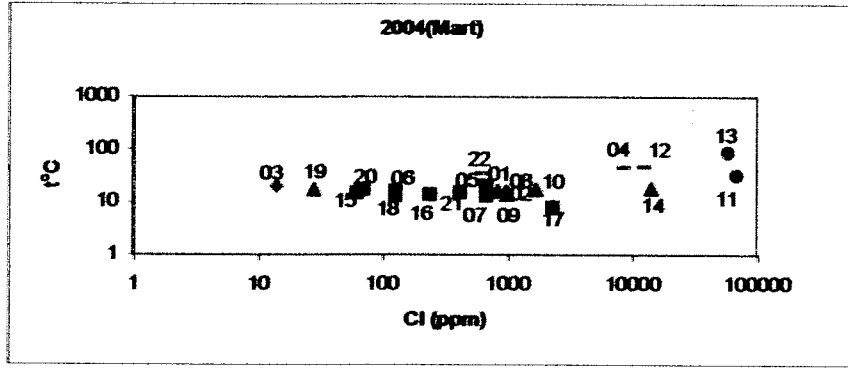
değerleri ile yeraltı sularından farklı bölgededir (4, 12, 11, 13, 23). 3 ve 22 nolu sularda bor, sıcaklık etkisinden çok, düşey yöndeki tektonik hatlarla ilişkili olan düşey geçirgenliğe bağlı olarak yüksektir. Çıkış yerindeki volkanik kayalarda apatit, turmalin gibi minerallerin yüksekliği ile ilişkilidir. Log Cl-log B grafiği (Şekil 20): sıcak sular yüksek Cl ve B ile yeraltı sularından ayrılır (4, 12, 13, 23, 11). Log Cl- log Ca grafiği (Şekil 21): Sıcak sularda Ca yüksekliği, sıcak suların yoğun şekilde su-kayaç ilişkisi içerisinde olduğunu işaret etmektedir (Postma, 1992). Ayrıca deniz suyuna göre daha yüksek Ca, jips gibi evaporitik kayaların varlığı nedeniyle Ca çözünürlüğü artmıştır. Sıcak sularda Mg azalması, dolomit veya klorit çökeliminde harcanması ile ilişkili olabilir. Yeraltısuları CaHCO_3 ve CaCl_2 fasiyesinde yer almaktadır. Özellikle sıcaksu çıkışlarına yakın civarda yer alan (5, 7, 21, 24 nou örnekler) yeraltı suyu, NaCl'li sıcak suların etkisi ile (tıpkı deniz suyunun intrüzyonu gibi) CaCl_2 'li sulara dönüşmüştür (Şekil 22-25). Burada Na büyük oranda killer tarafından tutunmuştur.



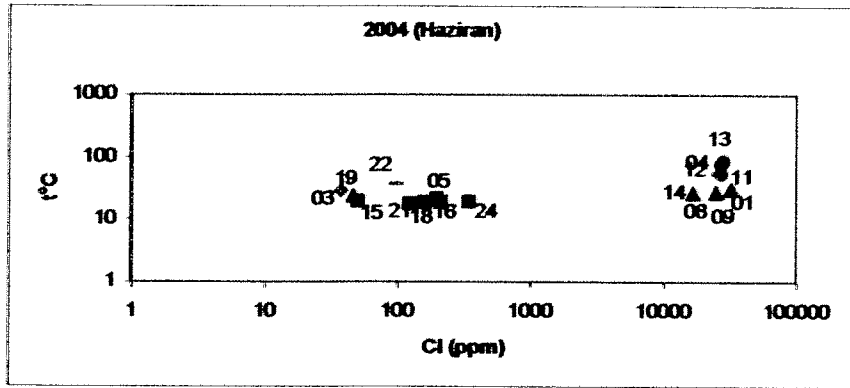
Şekil 16a: İnceleme alanındaki suların logCl-logt ilişkisi



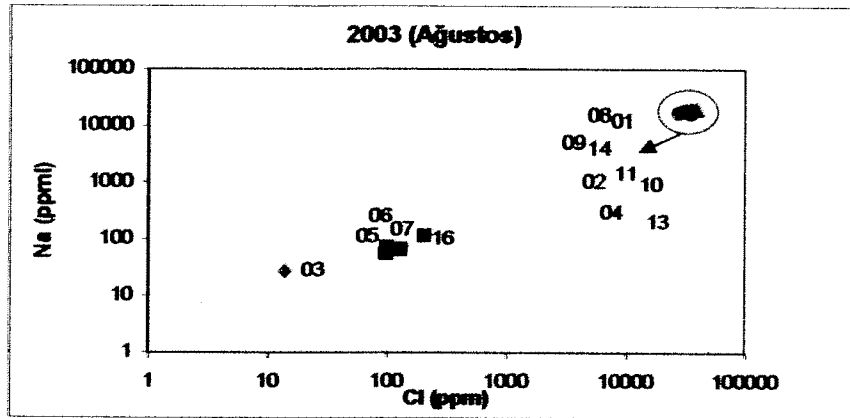
Şekil 16b: İnceleme alanındaki suların logCl-logt ilişkisi



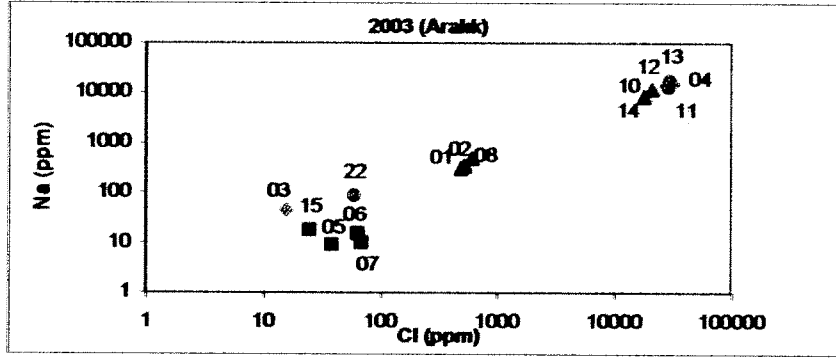
Şekil 16c: İnceleme alanındaki suların logCl-logt ilişkisi



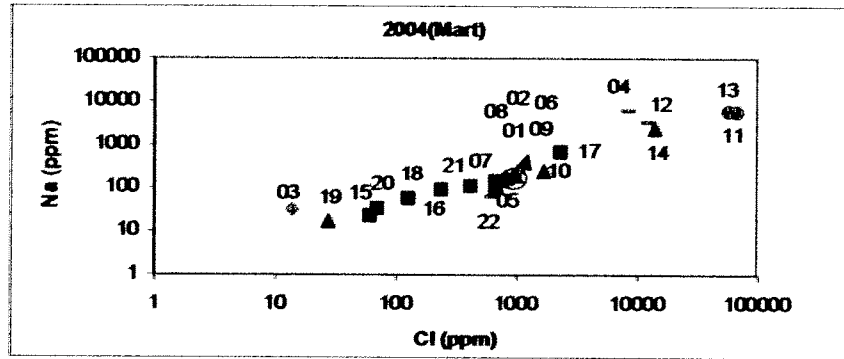
Şekil 16d: İnceleme alanındaki suların logCl-logt ilişkisi



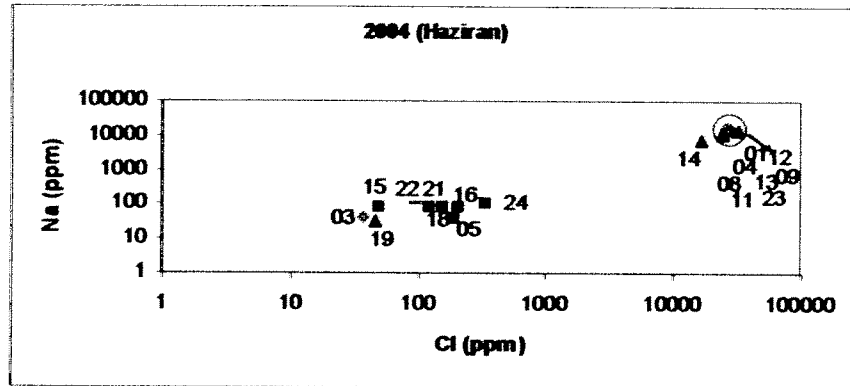
Şekil 17a: İnceleme alanındaki suların logNa-logCl ilişkisi



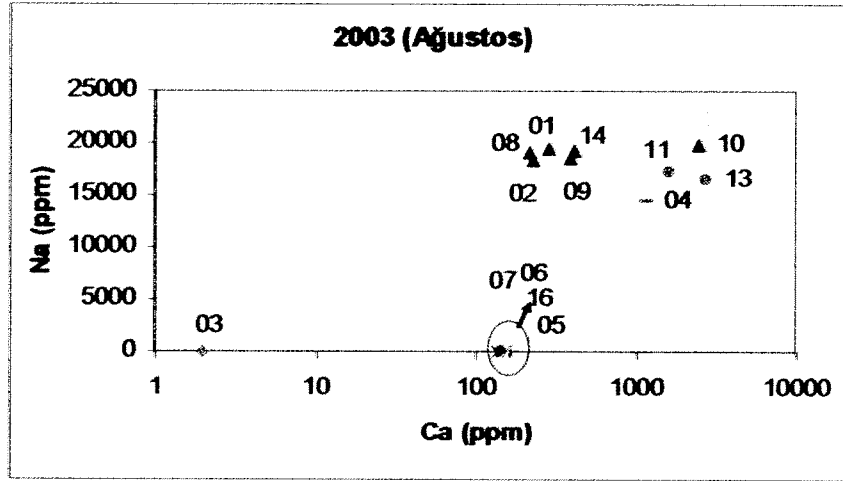
Şekil 17b: İnceleme alanındaki suların logNa-logCl ilişkisi



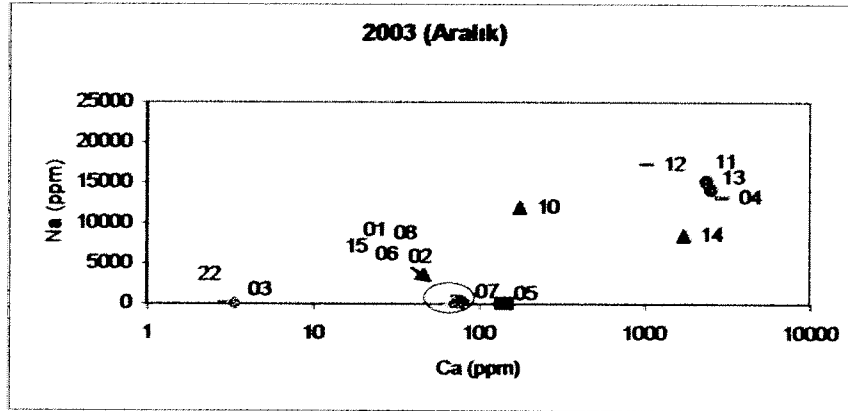
Şekil 17c: İnceleme alanındaki suların logNa-logCl ilişkisi



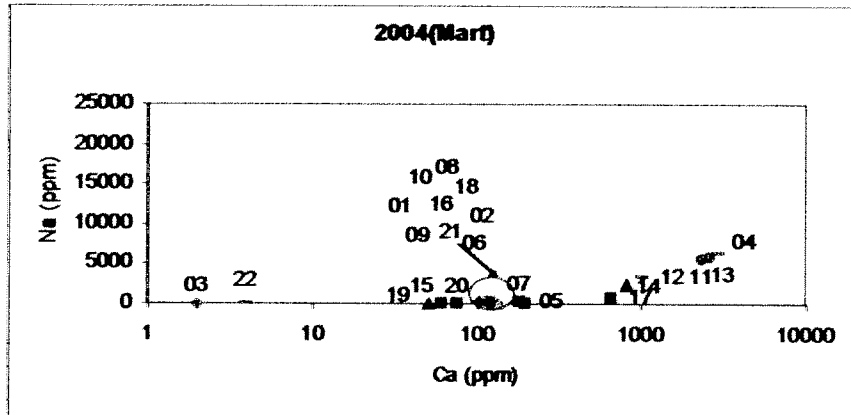
Şekil 17d: İnceleme alanındaki suların logNa-logCl ilişkisi



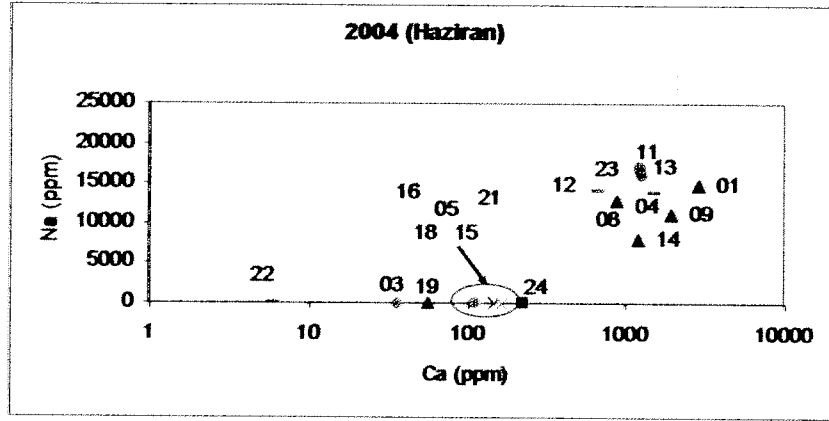
Şekil 18a: İnceleme alanındaki suların logNa-logCa ilişkisi



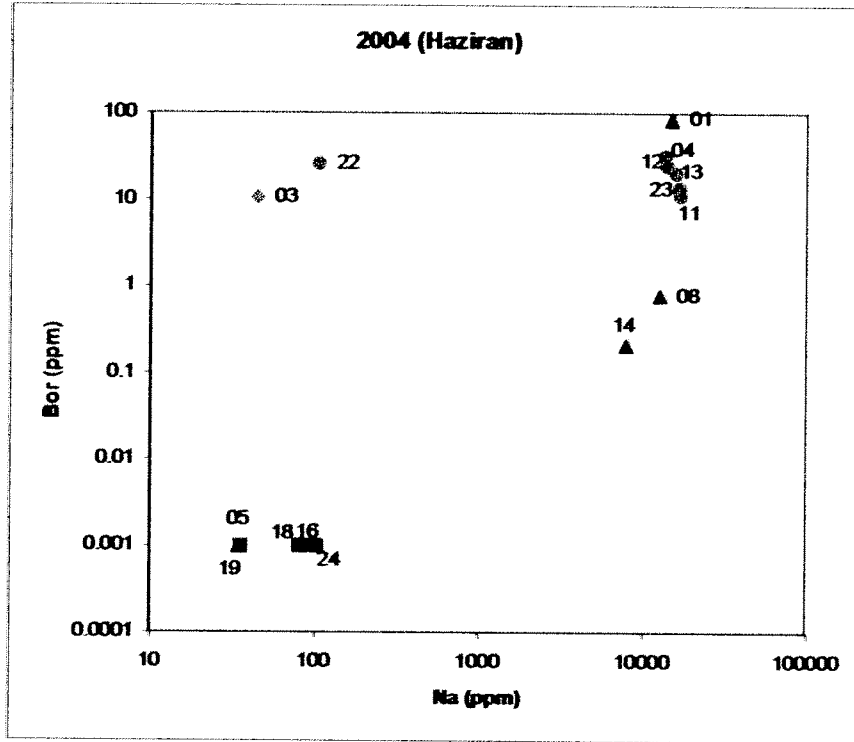
Şekil 18b: İnceleme alanındaki suların logNa-logCa ilişkisi



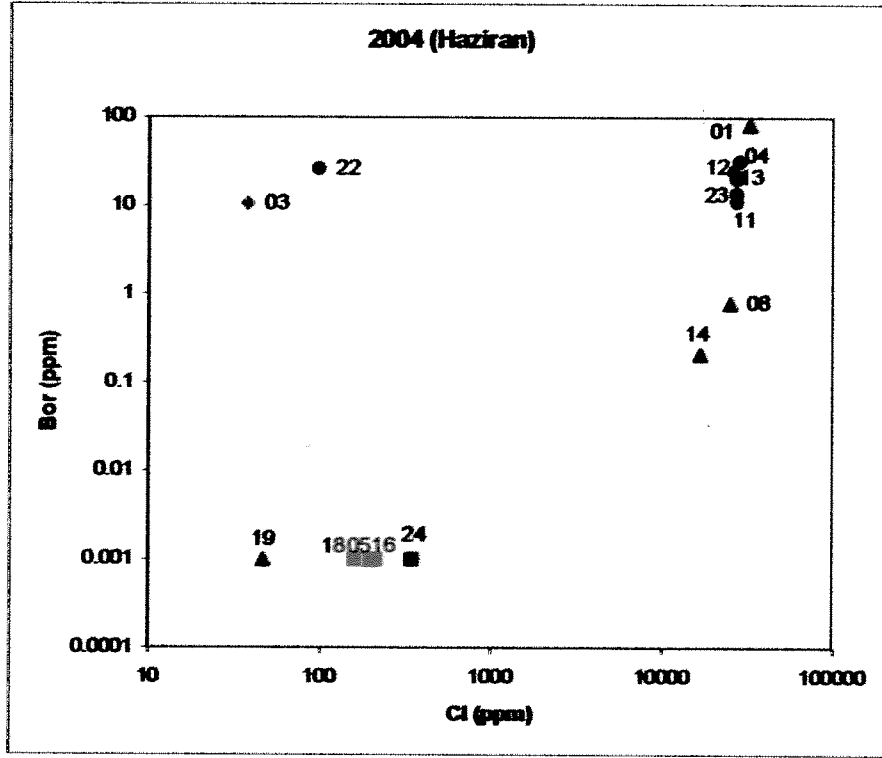
Şekil 18c: İnceleme alanındaki suların logNa-logCa ilişkisi



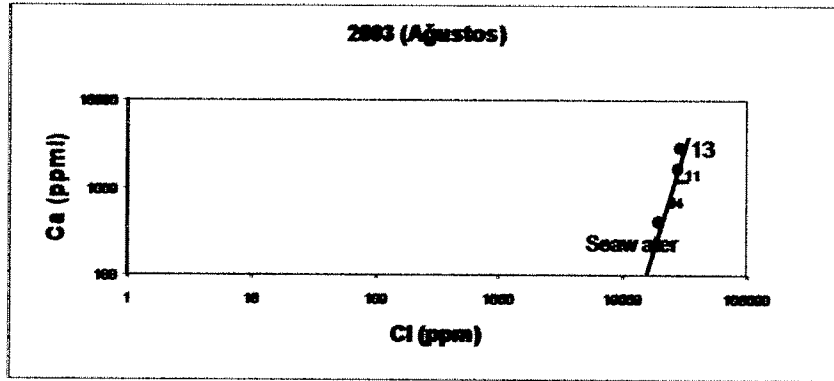
Şekil 18d: İnceleme alanındaki suların logNa-logCa ilişkisi



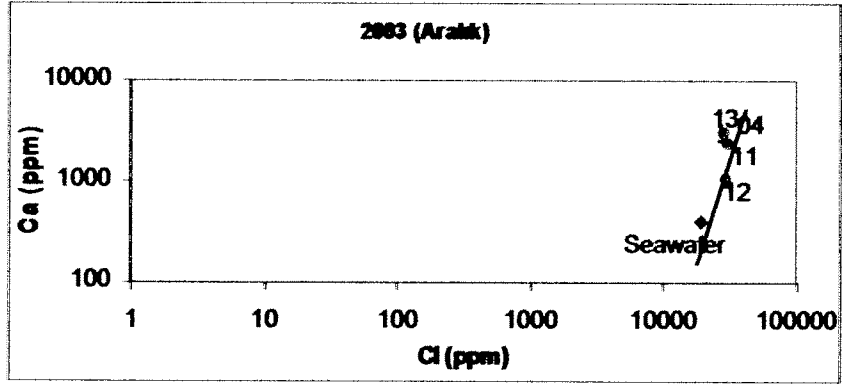
Şekil 19: İnceleme alanındaki suların logB-logNa ilişkisi



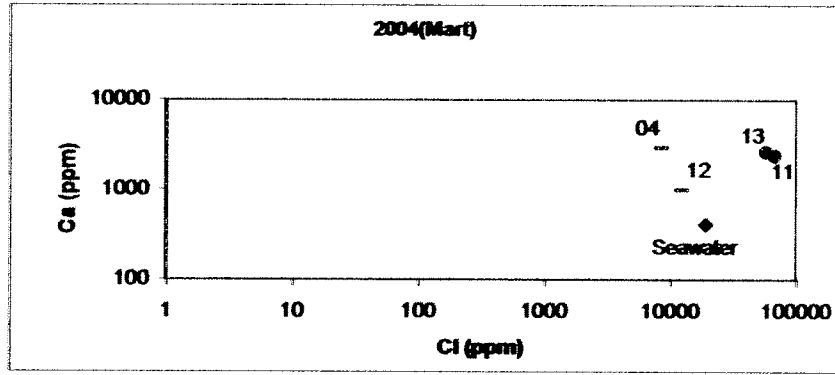
Şekil 20: İnceleme alanındaki suların logB-logCl ilişkisi



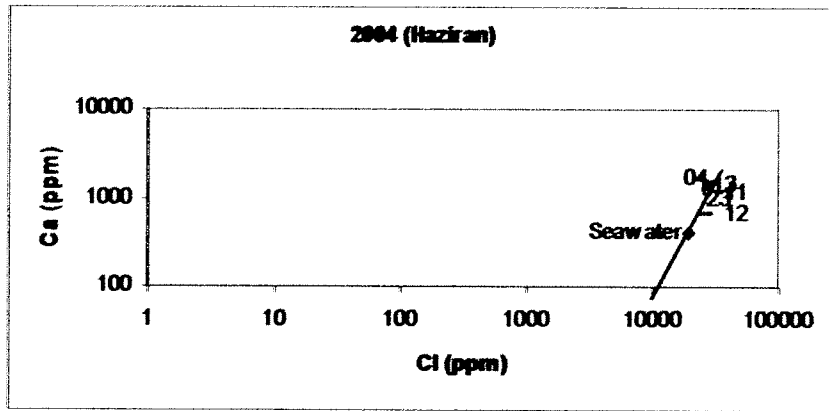
Şekil 21a: İnceleme alanındaki suların logCa-logCl ilişkisi



Şekil 21b: İnceleme alanındaki suların logCa-logCl ilişkisi



Şekil 21c: İnceleme alanındaki suların logCa-logCl ilişkisi



Şekil 21d: İnceleme alanındaki suların logCa-logCl ilişkisi

İnceleme alanındaki su örneklerinde Na, K, Ca, Mg, HCO₃, Cl ve SO₄ element analizleri yapılmıştır. Elde edilen verilerden yararlanarak Tuzla sahasındaki sular, diyagramlar kullanılarak

(Durov Diyagramı, Scholler Diyagramı, Piper Diyagramı ve Scatter Diyagramı,) çeşitli özelliklere göre sınıflanmıştır (Şekil 22-25). Durov Diyagramı inceleme alanındaki soğuk ve sıcak suların farklı alanlarda yoğunlaştığını belirgin bir şekilde ortaya koymaktadır (Şekil 22). Durov Diyagramı diyagramına göre sıcak sular Na-Cl, yeraltı suları ise genel olarak Ca-Mg-HCO₃ iyonlarınca zengin sular grubuna girdiğini göstermektedir. Mart 2004 döneminde alınan su örneklerinde ise yağışlar nedeni ile alandaki sular da Cl konsantrasyonunun arttığı görülmektedir (Şekil 22c). Bu da yöredeki Cl'ca zengin sıcak suların ve inceleme alanında topraklar üzerine birikmiş olan tuzların yağışlar nedeni ile çözünerek soğuk su kaynaklarına karışmasından kaynaklanmaktadır. Piper diyagramına göre yapılan sınıflamaya göre sıcak sular Na-Cl, kuyu suları ise Ca-Mg-HCO₃, SO₄'lı sulardır (Şekil 23). Sıcak sular, kurak ve yağışlı dönemde NaCl fasiyesinde yer almakta (deniz suyu ile aynı bölgede), yalnızca 22 ve 3 nolu sular kurak dönemde kimyasal değişim göstermektedir. 22 nolu su yağışlı dönemde NaCl'lü iken, kurak dönemde klorürün azalması ile birlikte NaCl HCO₃'lı sular fasiyesine geçmektedir. Bunda klorürün tuz şeklinde ortamdan ayrılmasının rol oynadığı gibi, yeraltı suyu karışımının arttığı düşünülmektedir. 3 nolu yeraltı suyu kaynağı da yağışlı dönemde NaHCO₃'lü sular sınıfında yer alırken, kurak dönemde CaSO₄ artışı ile karışık sular sınıfına geçmektedir. Bunda Na-Ca baz değişiminin ve jips çözünmesinin rol oynadığı öngörülmektedir.

Sıcak suların boşalım etkisindeki Tuzla dere suları, yağışlı ve kurak dönemde, NaCl'lü sular sınıfında yer almakta iken kurak dönemde daha etkin tuzlu sıcak su karışımından dolayı NaCl artışı daha belirgindir (Şekil 23c,d). 19 nolu diğer bir dere suyu Ca, Mg SO₄'lı sulardan kurak dönemde CaHCO₃ artışı ile karışık sular sınıfına geçmektedir.

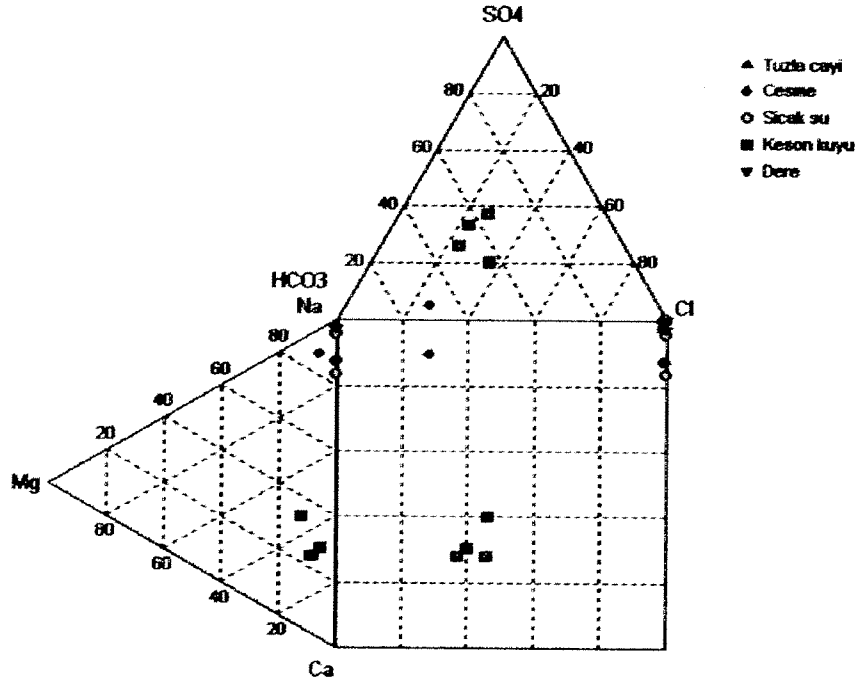
Yeraltı sular genelde yağışlı dönemde CaHCO₃ lü sular fasiyesinde yer alırken (6, 15, 16, 18, 20), bazıları (5, 7, 17, 21) karışık sular sınıfında yer almaktadır. Kurak dönemde 16, 18 nolu sular CaSO₄ çözünmesiyle birlikte karışık sular sınıfına geçiş gösterirken; 5 ve 21 nolu yeraltı su örneklerinde kurak dönemde Cl azalması ile birlikte karışık sular sınıfından CaHCO₃ lü sular sınıfına geçmektedir. Burada kurak dönemde yüzeyde biriken klorür tuzlarının yağışlı dönemde yıkanarak, yeraltı suyuna ulaşması nedeniyle yeraltı suyunda yağışlı dönemde klorür değerlerinin daha yüksek olduğu açıktır.

Scholler Diyagramında göre ise inceleme alanındaki sıcak sular ve Tuzla çayına ait sular Na-Cl zengin sular grubunda yer aldığı görülmektedir (Şekil 24). Yağışlı ve kurak dönemde sıcak sularda NaCl hakimdir. Sıcak suların aynı kökenli olduğu görülmektedir (Şekil 24c,d). 22 nolu suyun yeraltı suyu karışmasından dolayı toplam tuz konsantrasyonu düşüktür.

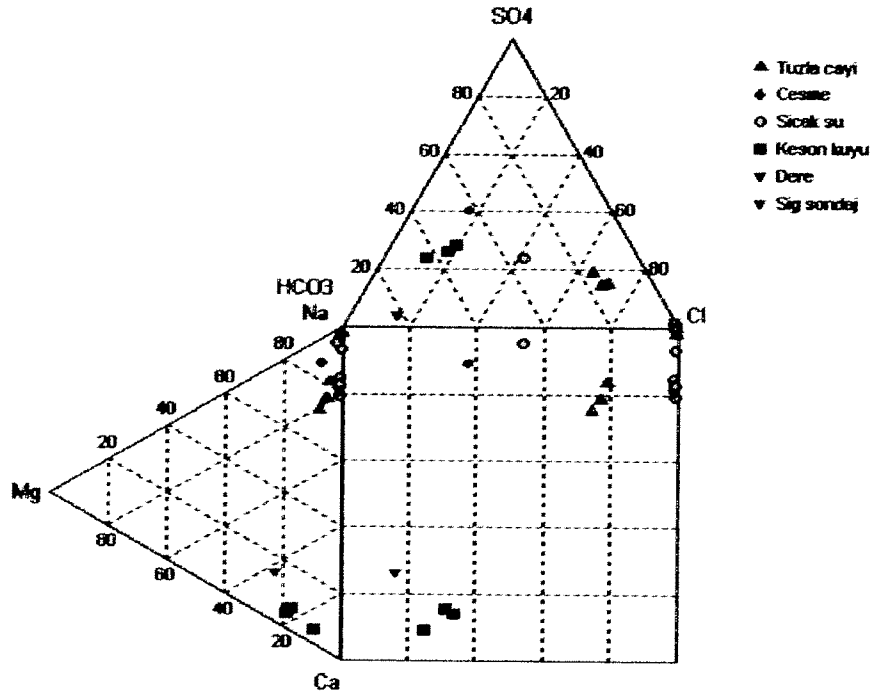
Tuzla dere suları da sıcak suların etkisi ile NaCl lü sular fasiyesinde yer almaktadır. 10 nolu lokasyonda sülfat indirgemesi olduğu görülmektedir (Şekil 24c,d). NaCl kurak dönemde dere sularında sıcak suların etkisiyle çok daha baskın görülmektedir. 19 nolu su yağışlı dönemde CaSO_4 lü iken, kurak dönemde CaHCO_3 lü sulara geçiş göstermiştir (güncel jips çökeli mi nedeni ile veya yeraltı suyu beslemesi ile)

Yeraltı suları genelde CaHCO_3 lü sular sınıfında yer almakta ve yağışlı dönemde 16, 18, 20 nolu sular aynı kökenli iken, diğerleri 5, 6, 7, 15, 21 nolu sular da aynı kökenlidir (Şekil 24 a,b). NaCl lü su fasiyesinde yer alan 17 nolu yeraltı suyu örneğinde yağışlı dönemde Pb, Cr, Cd, Mn ve Sr çok yüksek konsantrasyonlarda bulunmaktadır (Bölüm 4.6). Kurak dönemde ise yeraltı sularında HCO_3 daha baskın durumda bulunmaktadır. 16 ve 18 nolu su örneklerinde kurak dönemde SO_4 artışı olmuştur. Yağışlı dönemde yeraltı sularında çözünen iyon miktarı kurak döneme göre daha fazladır. Mg azalması dolomitizasyonda Mg'un harcanması ile ilişkili olabilir. 3 nolu soğuk su NaHCO_3 lü sular fasiyesinde yer almaktadır. 3 nolu su kurak dönemde CaSO_4 ile ilişkili olduğundan Ca ve SO_4 çözmüştür.

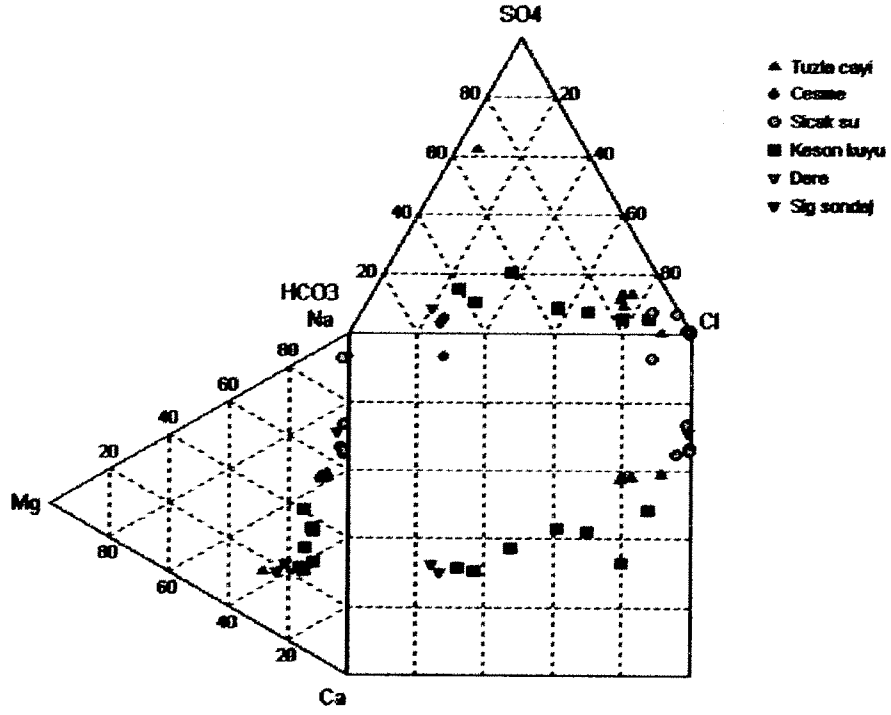
Scatter Diyagramı göre ise inceleme alanındaki sıcak sularda Ca-Na arasında genel olarak doğrusal bir ilişki olduğunu (Şekil 25) görülmektedir.



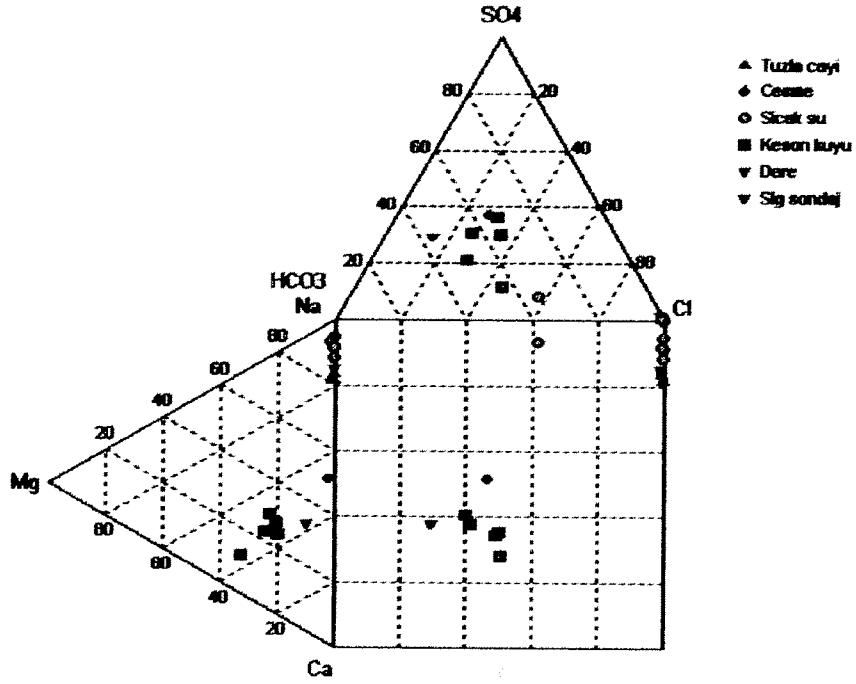
Şekil 22a: İnceleme alanındaki suların Durov Diyagramında Değerlendirilmesi (Ağustos - 2003)



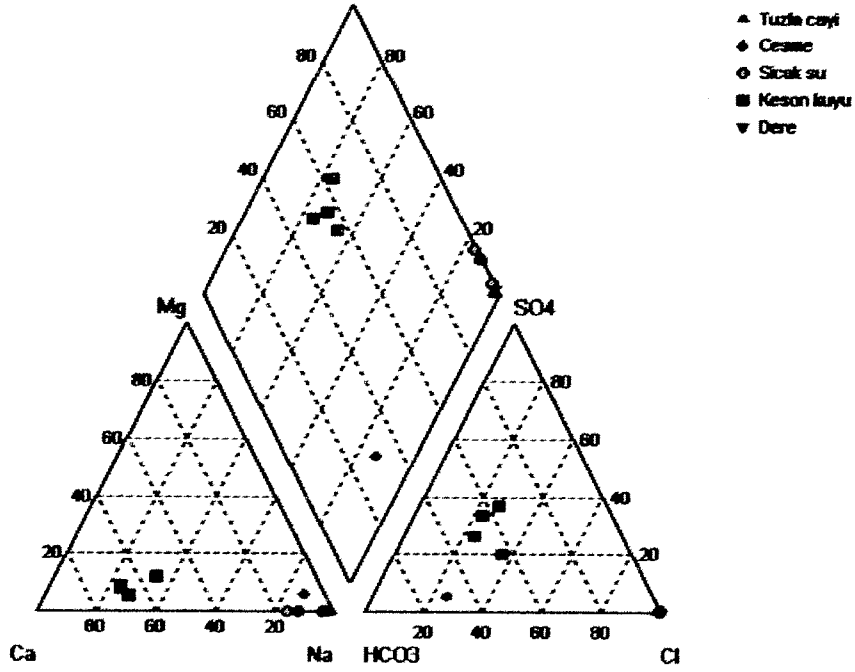
Şekil 22b: İnceleme alanındaki suların Durov Diyagramında değerlendirilmesi (Aralık 2003)



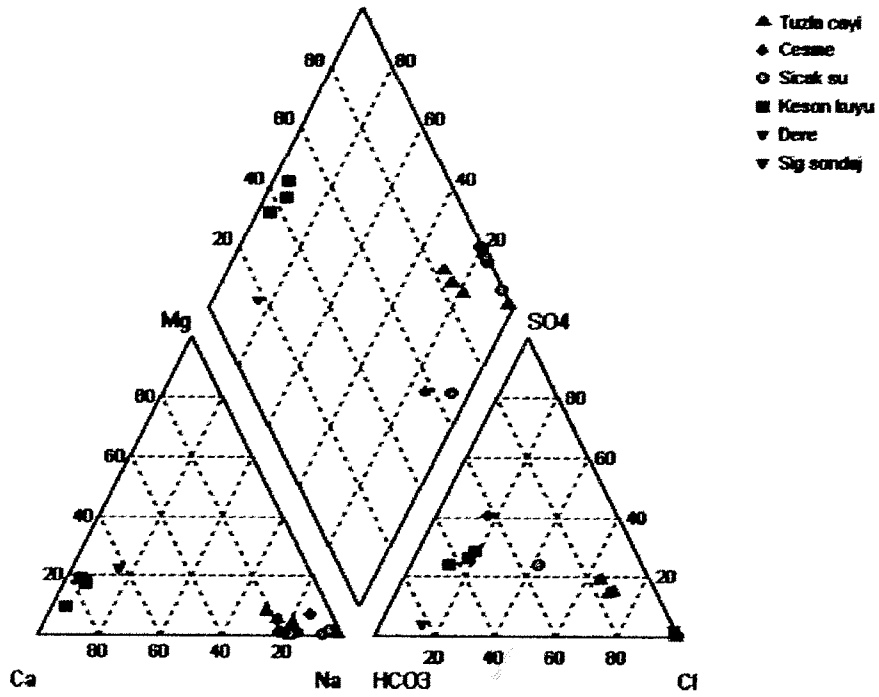
Şekil 22c: İnceleme alanındaki suların Durov Diyagramında değerlendirilmesi (Mart -2004)



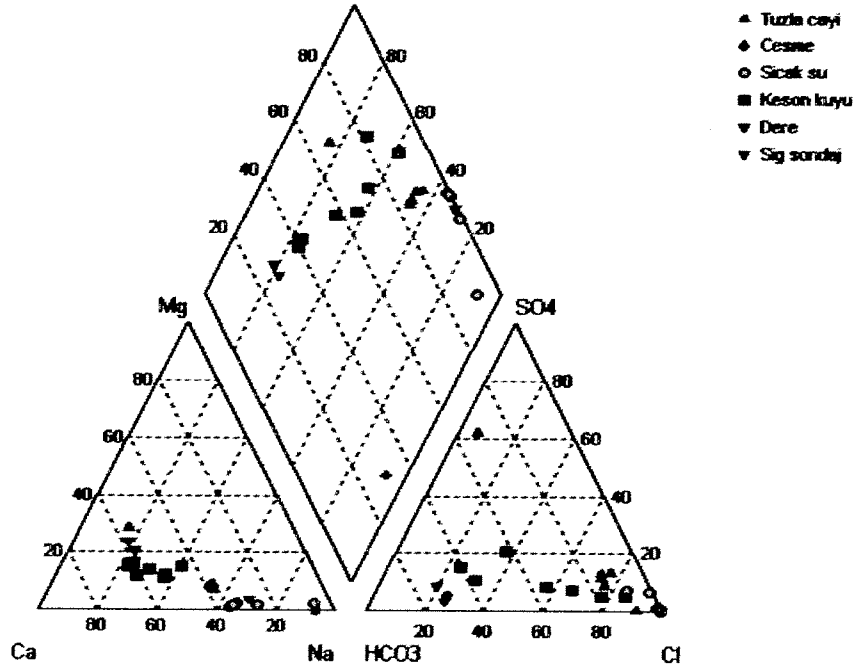
Şekil 22d: İnceleme alanındaki suların Durov Diyagramında değerlendirilmesi (Haziran- 2004)



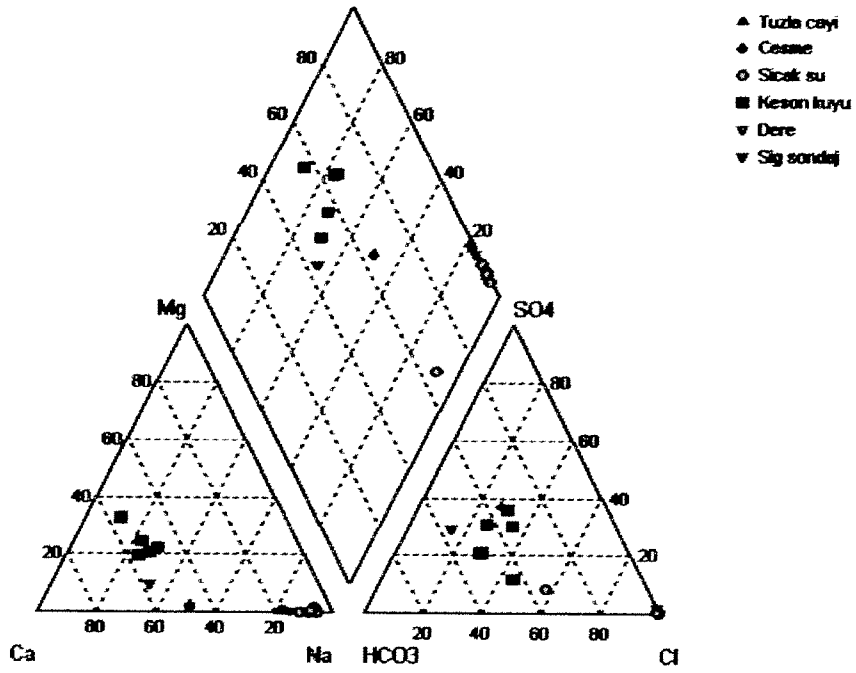
Şekil 23a: İnceleme alanındaki suların Piper Diyagramında değerlendirilmesi (Ağustos -2003)



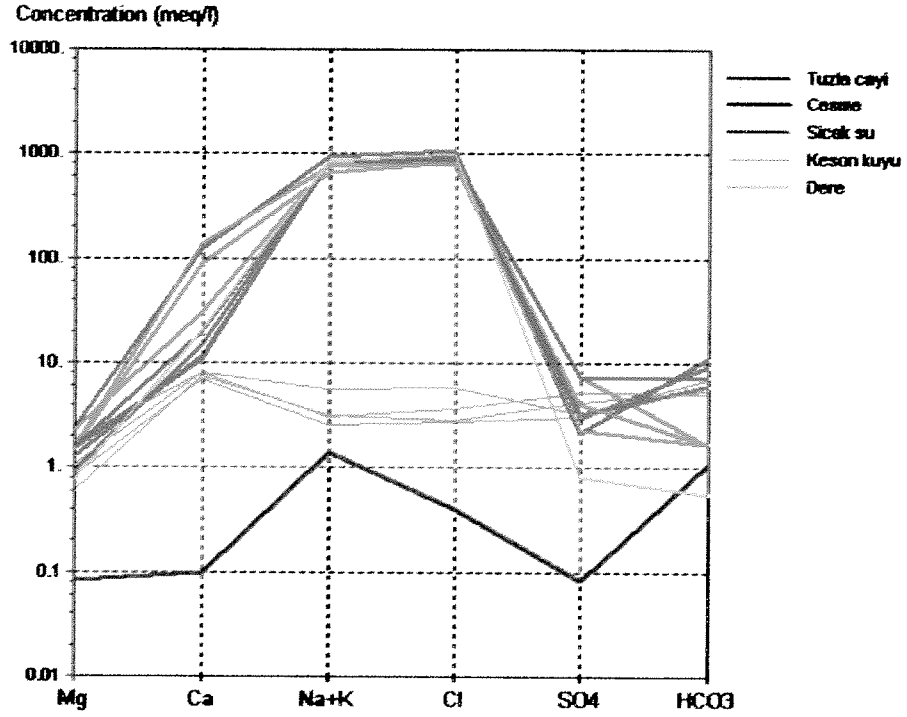
Şekil 23b: İnceleme alanındaki suların Piper Diyagramında değerlendirilmesi (Aralık- 2003)



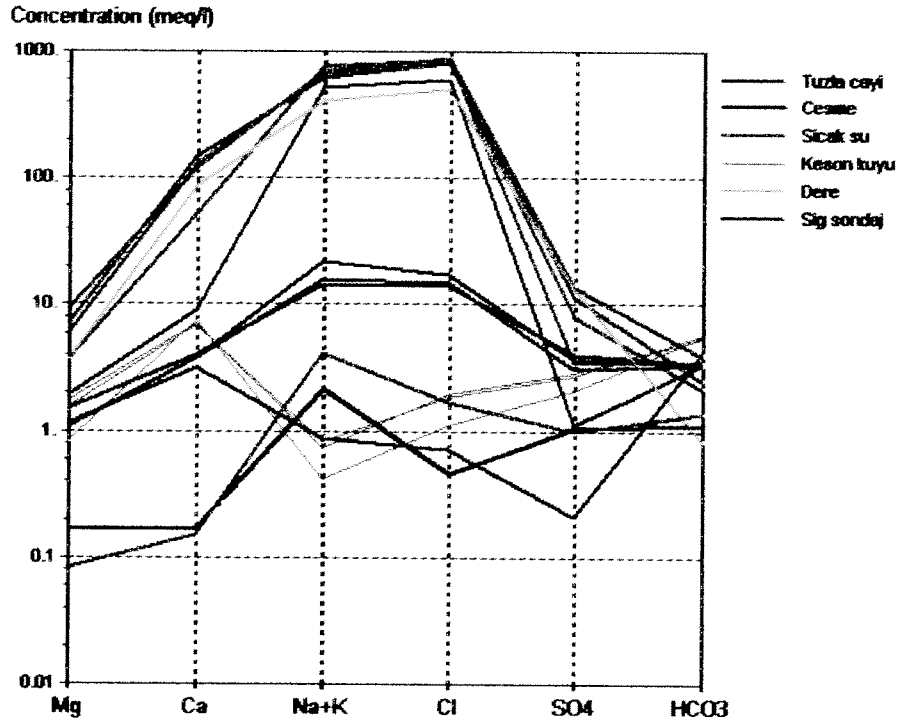
Şekil 23c: İnceleme alanındaki suların Piper Diyagramında değerlendirilmesi (Mart- 2004)



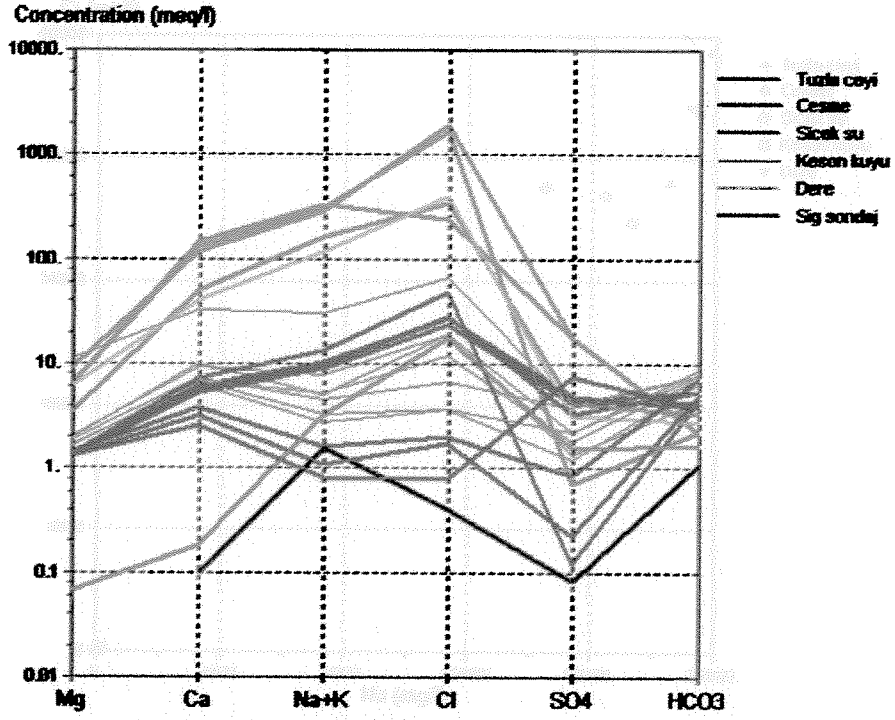
Şekil 23d: İnceleme alanındaki suların Piper Diyagramında değerlendirilmesi (Haziran- 2004)



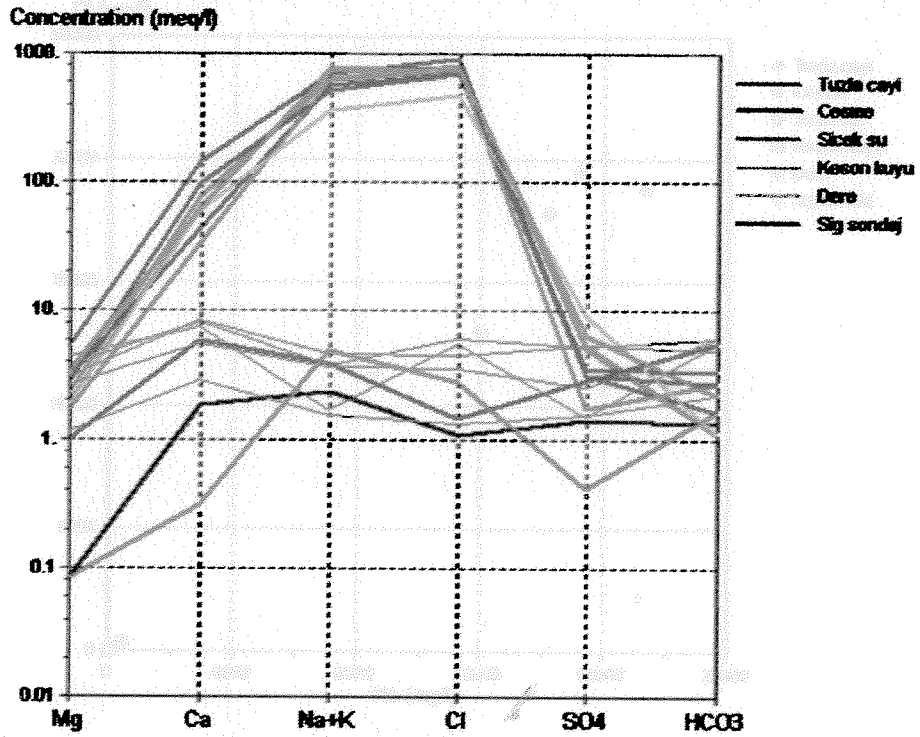
Şekil 24a: İnceleme alanındaki suların Schoeller Diyagramında değerlendirilmesi (Ağustos-2003)



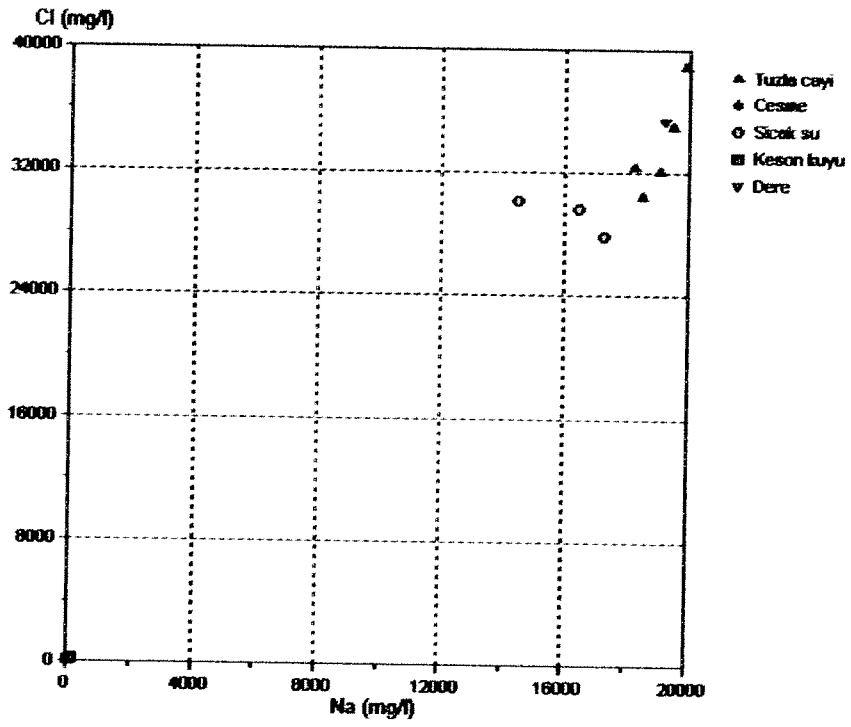
Şekil 24b: İnceleme alanındaki suların Schoeller Diyagramında değerlendirilmesi (Aralık-2003)



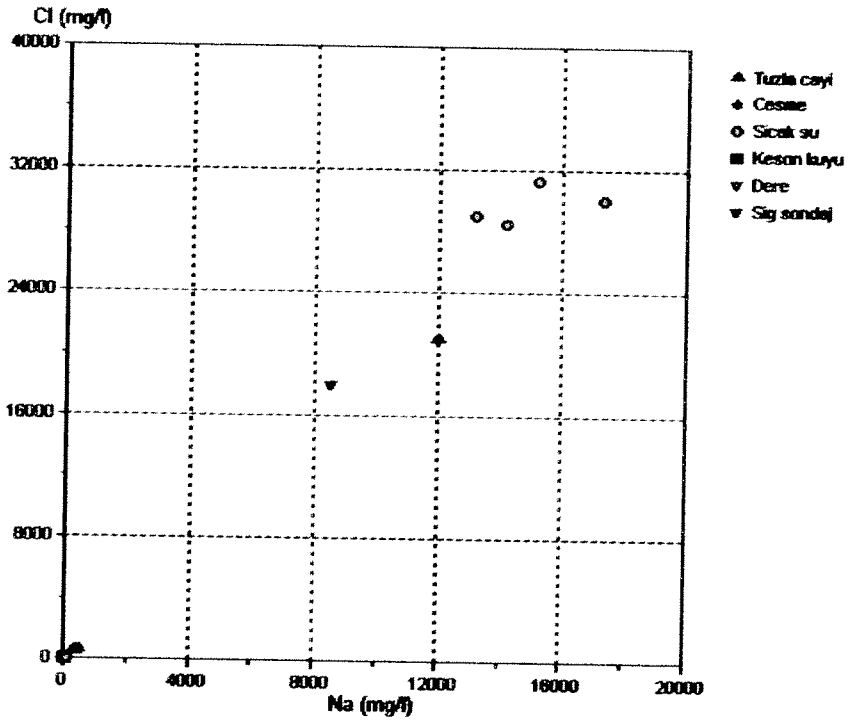
Şekil 24c: İnceleme alanındaki suların Schoeller Diyagramında değerlendirilmesi (Mart-2004)



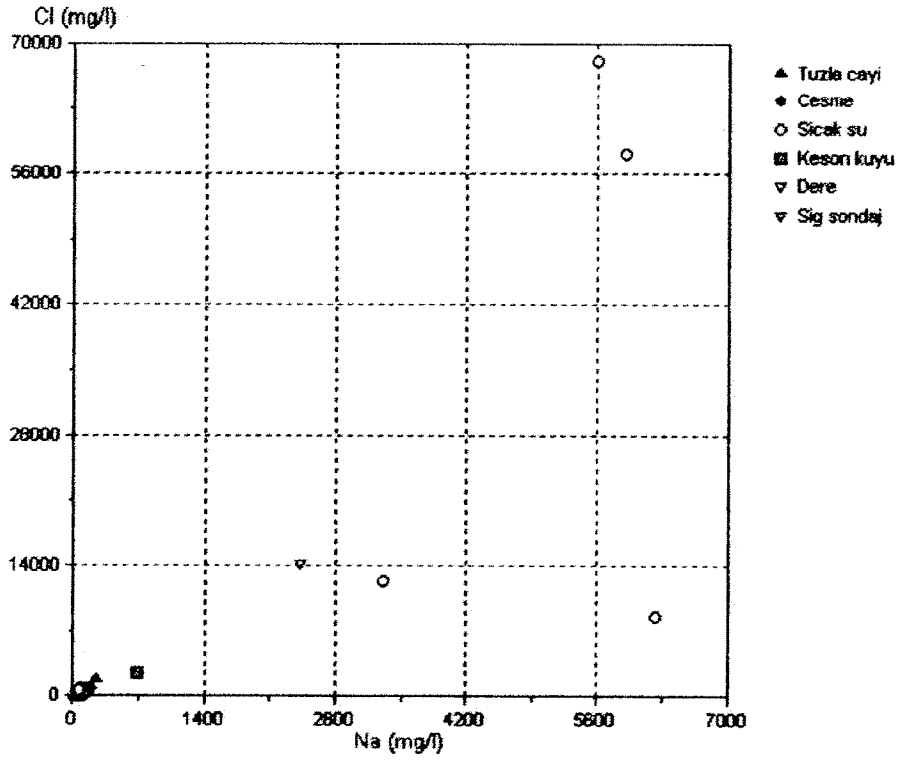
Şekil 24d: İnceleme alanındaki suların Schoeller Diyagramında değerlendirilmesi (Haziran-2004)



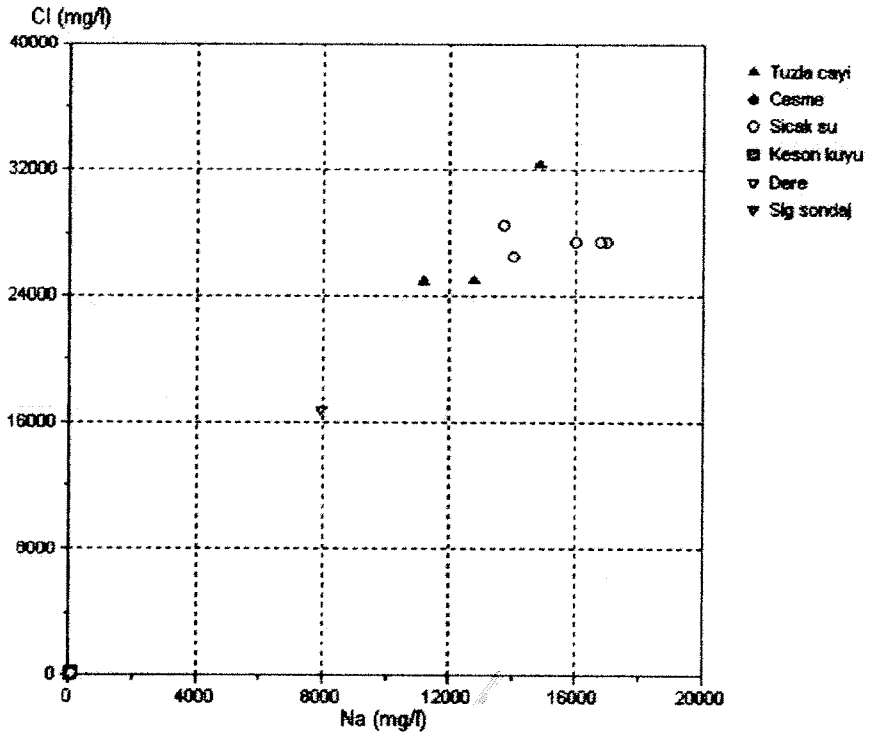
Şekil 25a: İnceleme alanındaki suların Scatter Diyagramında değerlendirilmesi (Ağustos- 2003)



Şekil 25b: İnceleme alanındaki suların Scatter Diyagramında değerlendirilmesi (Aralık- 2003)



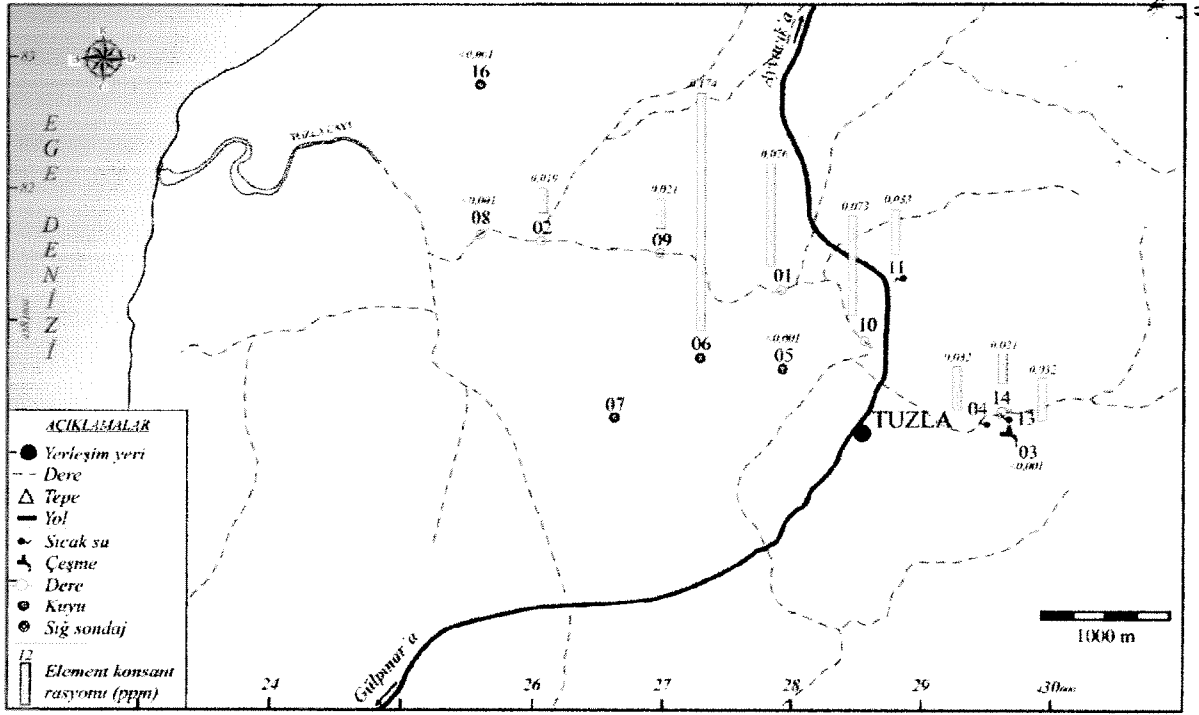
Şekil 25c: İnceleme alanındaki suların Scatter Diyagramında değerlendirilmesi (Mart- 2004)



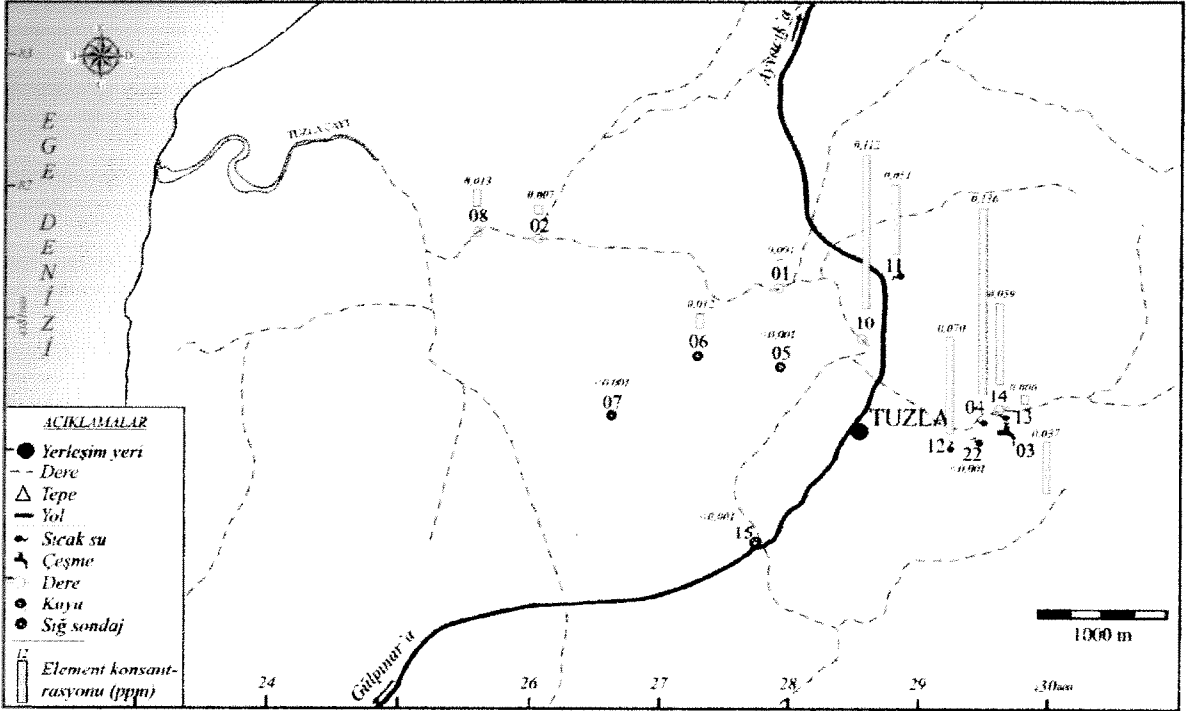
Şekil 25d: İnceleme alanındaki suların Scatter Diyagramında değerlendirilmesi (Haziran- 2004)

4.4. Tuzla Sahasındaki Sıcak ve Soğuk Su Kaynaklarında Ağır Metaller

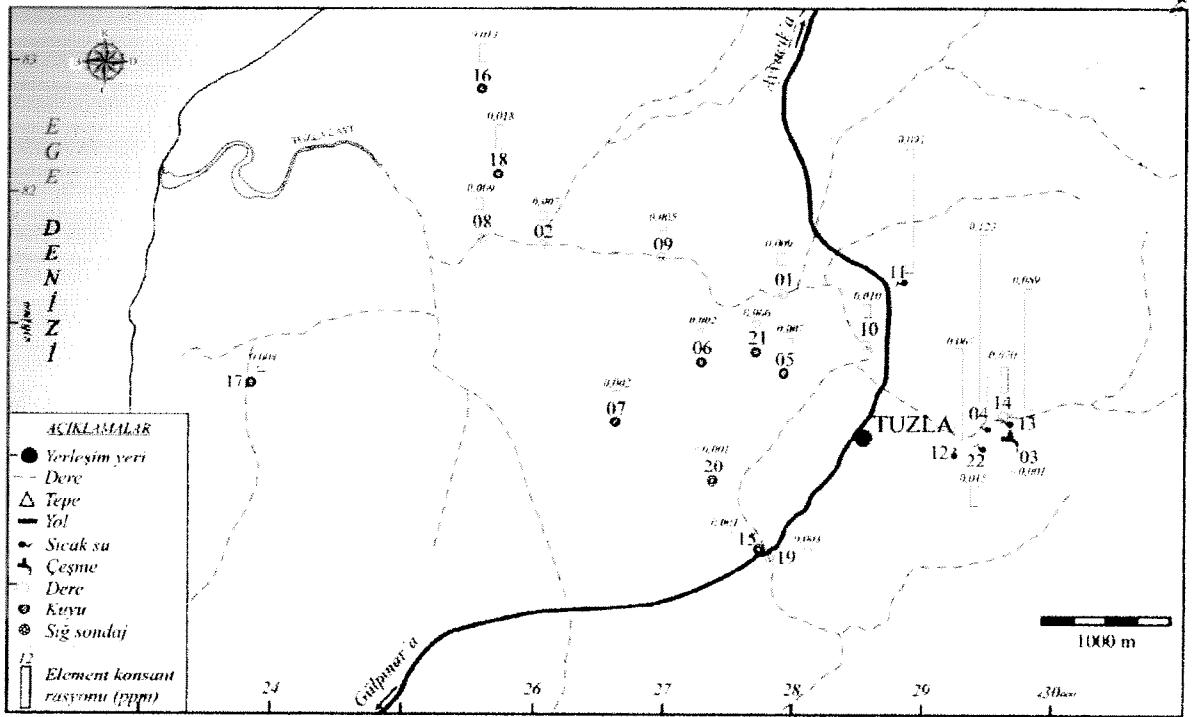
Tuzla ovasındaki, sıcak su kaynaklarının soğuk su akiferlerine etkisinin belirlenmesi amacıyla, sıcak su kaynaklarından, dereden, Tuzla çayından, çeşmeden ve keson kuyulardan periyodik olarak su örnekleri alınmıştır. Örneklerin alınmasında sıcak su kaynaklarının soğuk su akiferlerine ulaşabilirliği, alınan örneğin o noktadaki suyun niteliklerini temsil edebilir olması, yeraltısuyu kullanımı amacıyla açılmış kuyuların arazideki konumları, su örneklerine uygulanacak ölçüm ve analizlerin sayısı göz önünde tutulmuştur. İnceleme alanında alınan su numunelerinden Al, As, B, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Pb, Sr ve Zn element analizleri yapılmıştır. Bu analizler TÜBİTAK Bursa Test ve Analiz Laboratuvarlarında ve Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Laboratuvarlarında Atomik Absorpsiyon ve ICP-AES ile yapılmıştır. Elde edilen veriler EK-2'de sunulmuştur. EK-2 görüldüğü gibi sıcak sularda ağır metallerin içerikleri soğuk su kaynaklarına göre daha yüksektir. İnceleme alanındaki sıcak sularda arsenik (As) değerleri 0.006 ile 0.104 ppm, civa (Hg) değerleri ise <0.001 ile 0.008 ppm arasında değişmektedir (Şekil 26a,b,c,d ve 27a,b,c,d). İnceleme alanında Ağustos 2003 döneminde alınan 06 nolu yeraltısu örneğinde ve 01, 10 nolu dere örneklerinde As konsantrasyonları önemli oranda artış göstermektedir. 01 ve 10 nolu su örneğini alındığı nokta inceleme alanındaki sıcak su kaynaklarının boşaldığı noktaya karşılık gelmektedir (Şekil 28). Bu nedenle, bu alanda mineraller çökelmiş durumdadır. Bu alanda ki su kaynaklarında ağır metallerin artışına sebep olmaktadır. Bu su örneklerdeki artışlara örnek olarak B ve Hg'da verilebilir. Ayrıca inceleme alanının batısında Tuzla Çayına yakın kesimlerde (sıcak su kaynaklarının deşarj olduğu noktalar) yer alan kuyularda da Ağustos 2003'te alınan numunelerde (06 ve 22 nolu örnekler) de As, Hg gibi bazı ağır metallerin konsantrasyonlarında da artış gözlenmektedir. Bu kuyularda kurak dönemde meydana gelen ağır metal konsantrasyonu sebebi bu kuyularda bu dönemde aşırı yeraltısu çekimi ve buna bağlı olarak Tuzla Çayının bu kuyuları beslemesidir. Ancak Ağustos 2003 tarihinden sonra yağışlı dönemlerde (Aralık 2003 ve Mart 2004) bu lokasyonlarda alınan su numunelerinde As ve Hg konsantrasyonlarında artış gözlenmemektedir. Bu da, yağışlı dönemlerde seyrelmenin olduğunu göstermektedir.



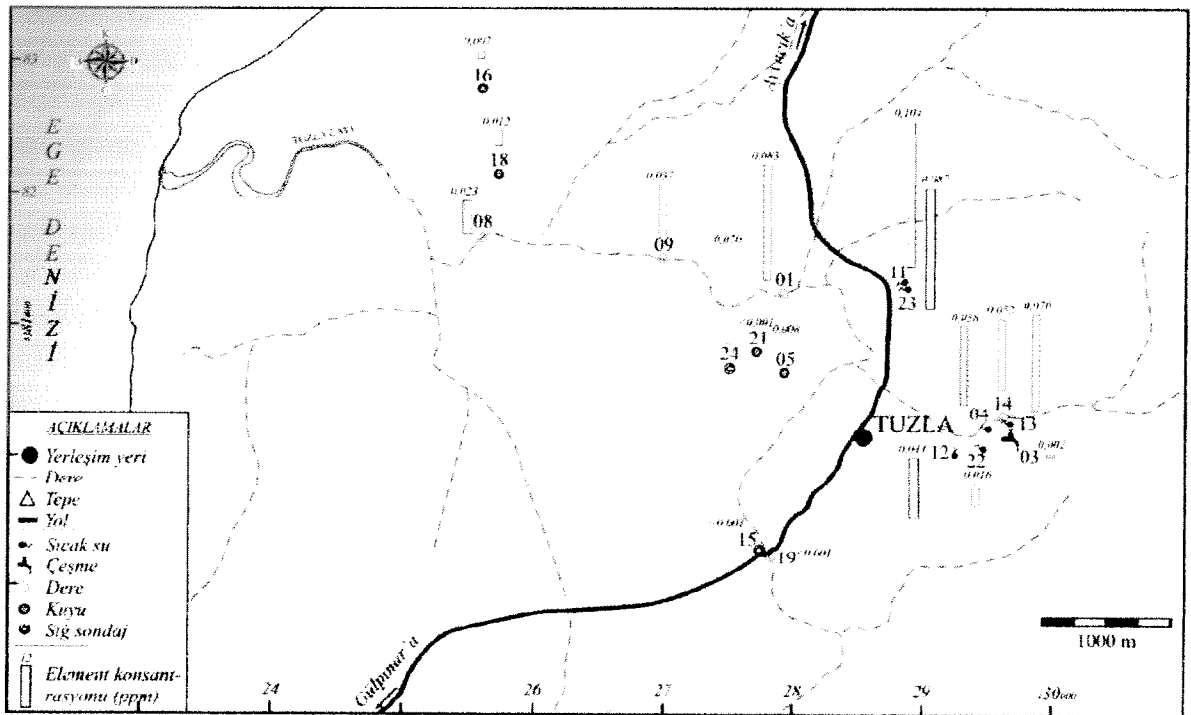
Şekil 26a: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Arsenik (As) Konsatrasyonu (Ağustos- 2003)



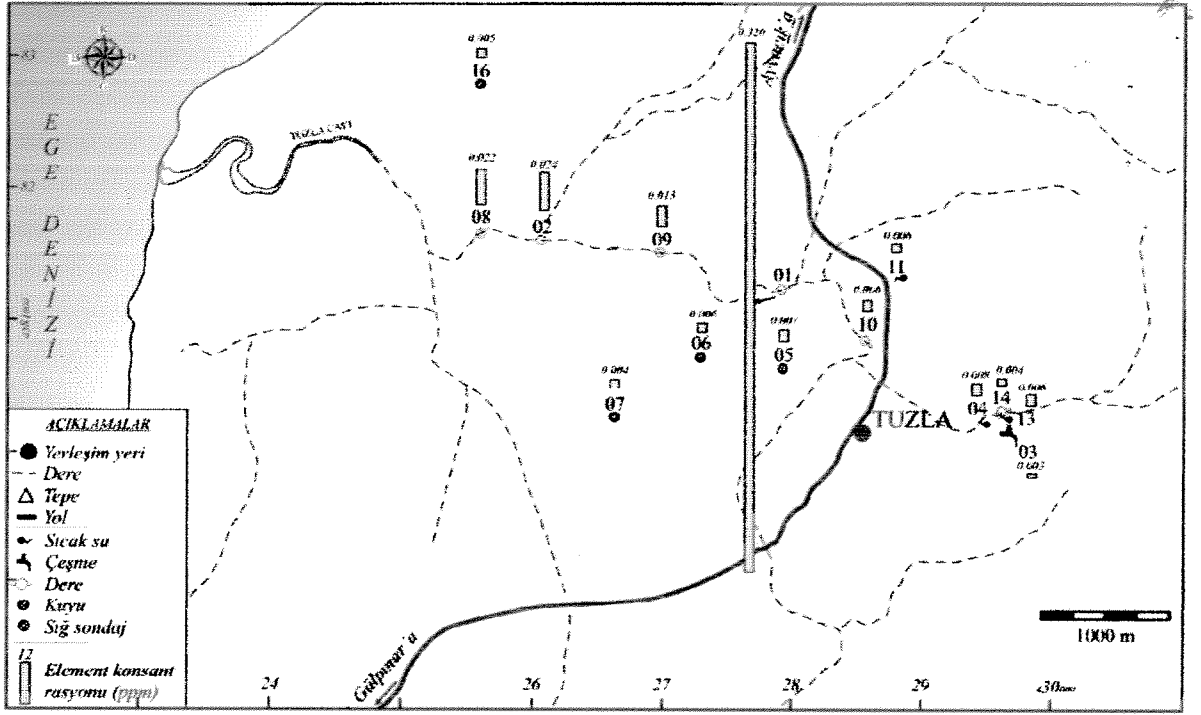
Şekil 26b: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Arsenik (As) Konsatrasyonu (Aralık- 2003)



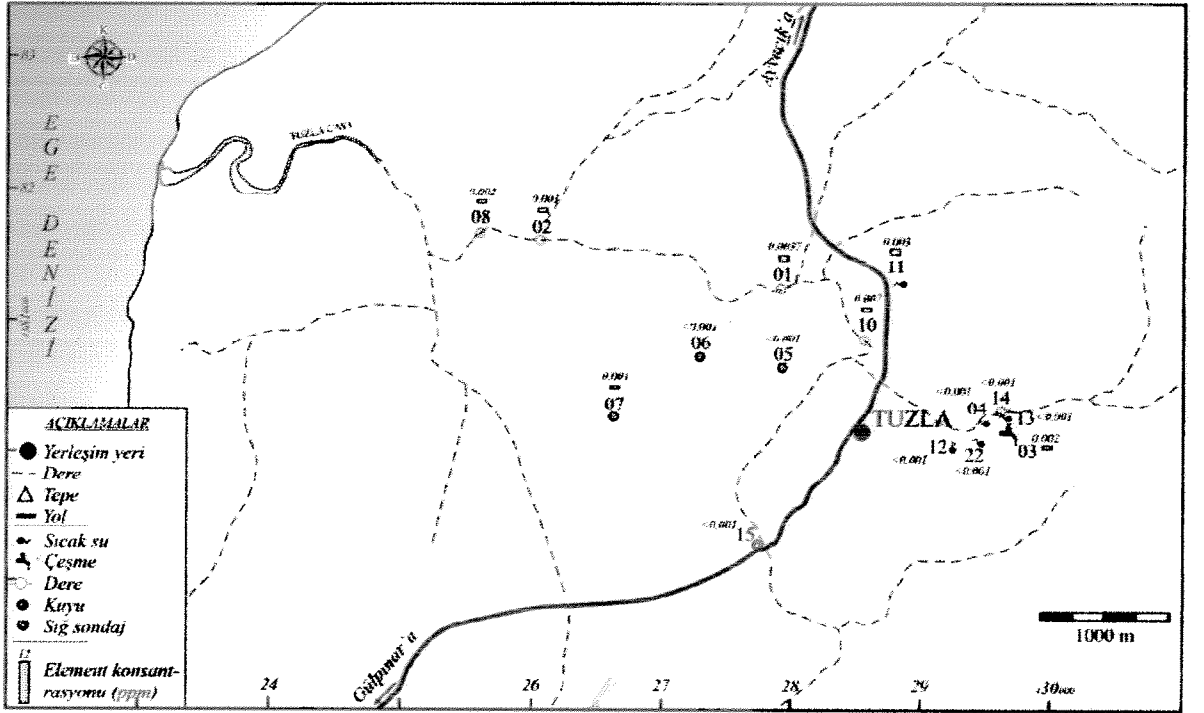
Şekil 26c: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Arsenik (As) Konsatrasyonu (Mart- 2004)



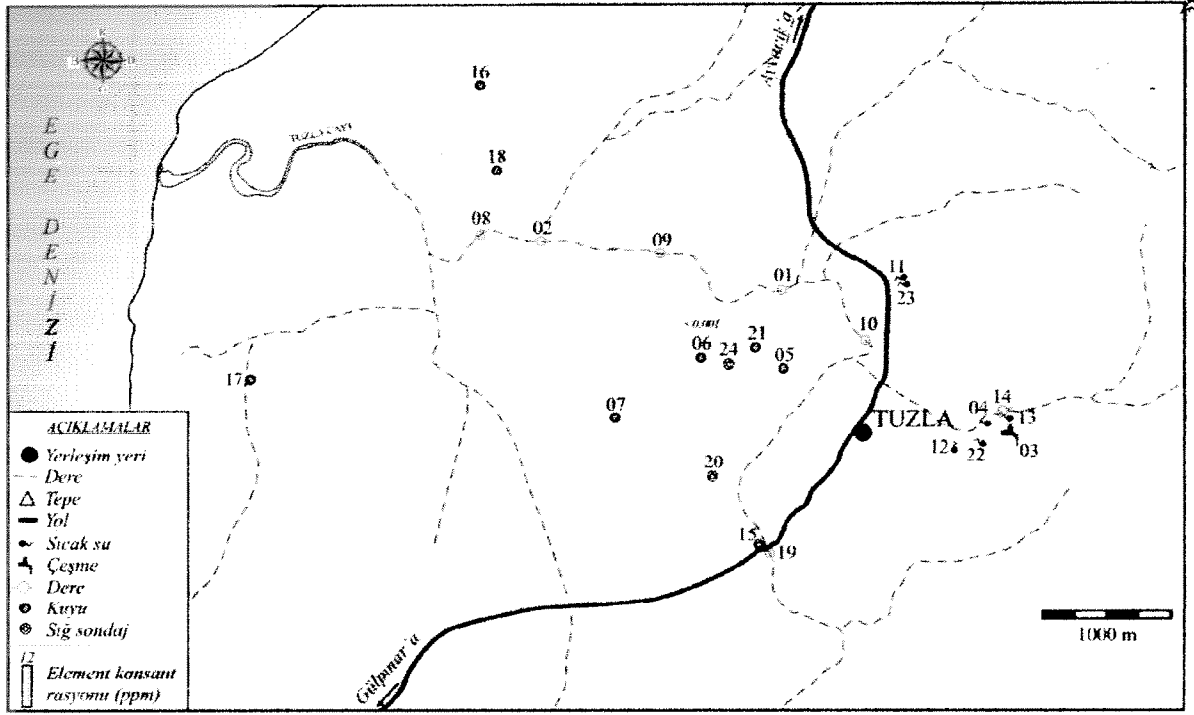
Şekil 26d: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Arsenik (As) Konsatrasyonu (Haziran- 2004)



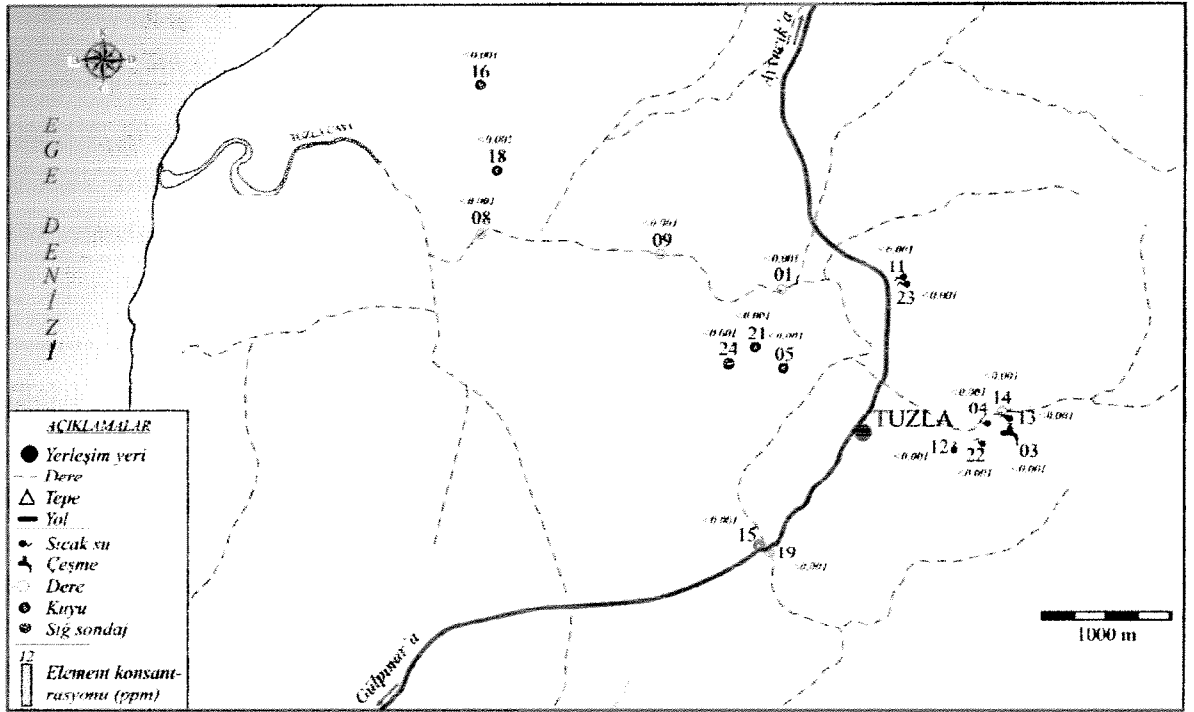
Şekil 27a: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Cıva (Hg) Konsantrasyonu (Ağustos- 2003)



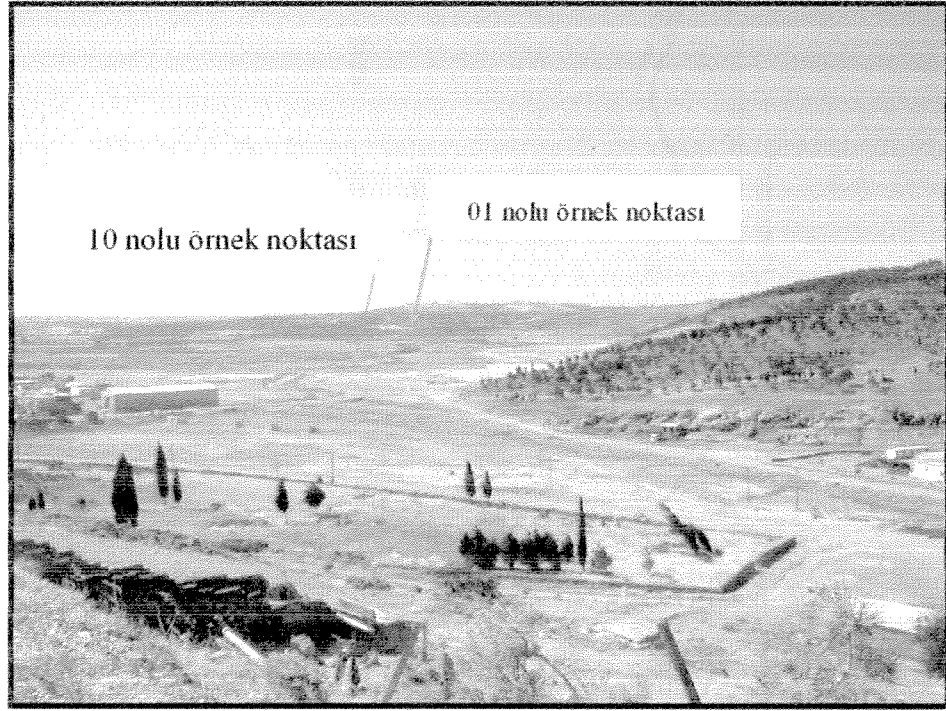
Şekil 27b: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Cıva (Hg) Konsantrasyonu (Aralık- 2003)



Şekil 27c: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Cıva (Hg) Konsantrasyonu (Mart- 2004)



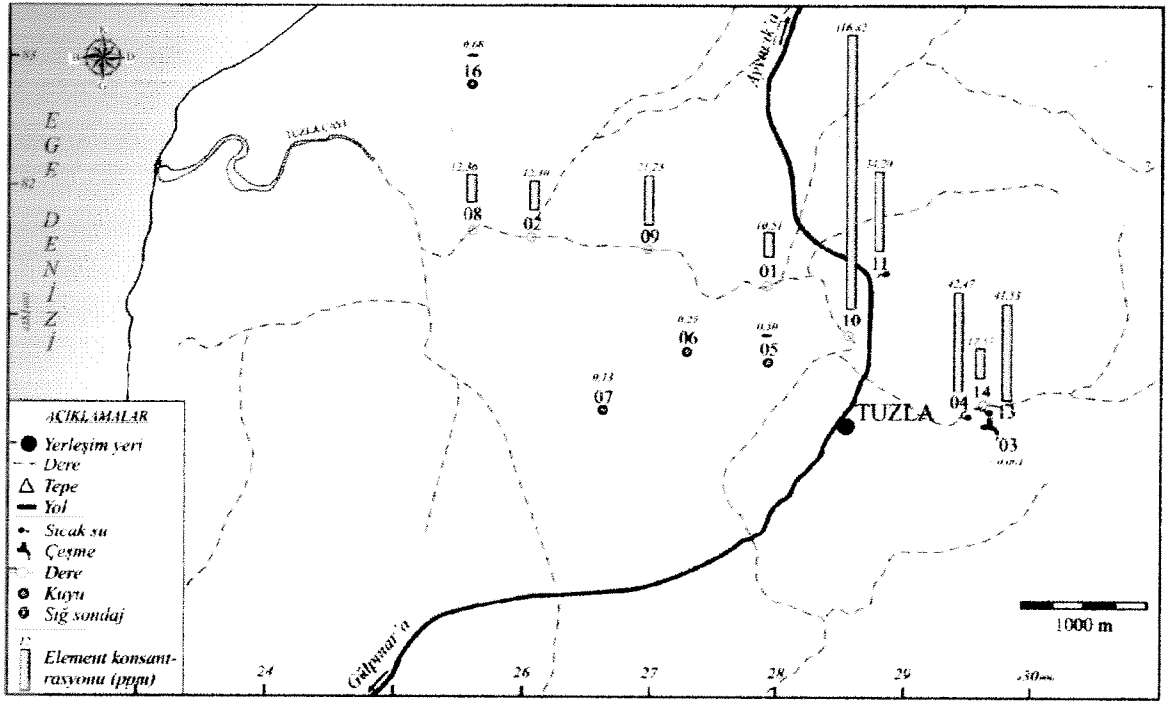
Şekil 27d: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Cıva (Hg) Konsantrasyonu (Haziran- 2004)



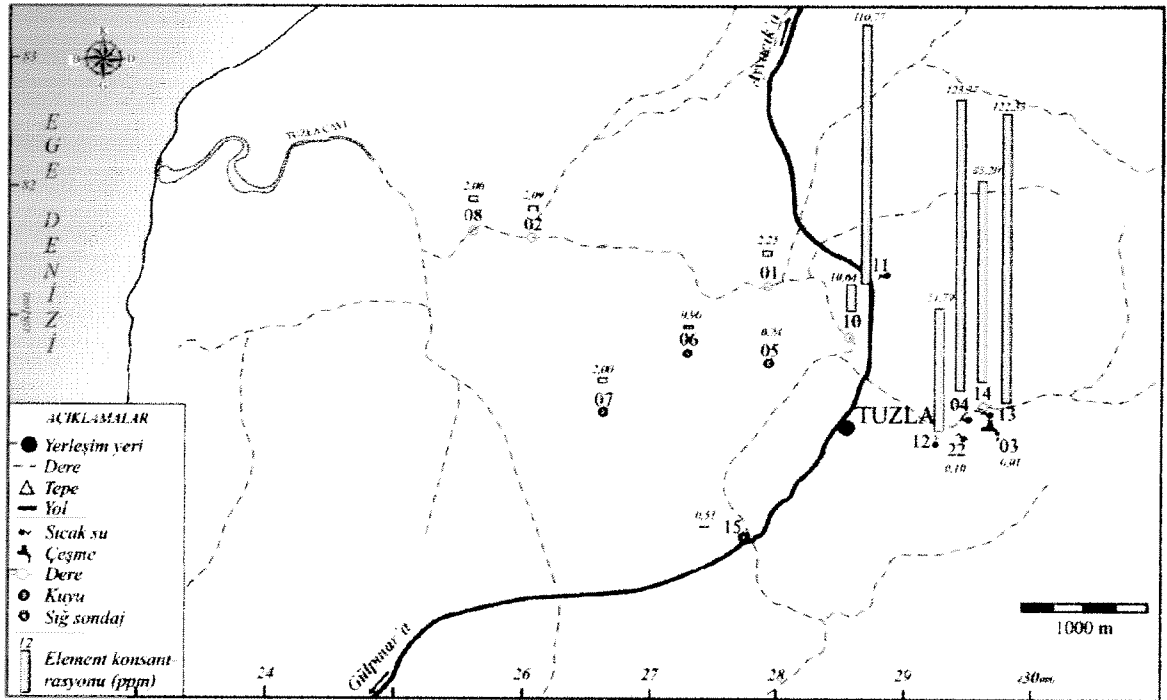
Şekil 28: Sıcak su kaynaklarının desarj olduğu alan

Beslenimden boşalırma doğru: 14 nolu Tuzla dere örneğinde Sr, Mn ve Fe yüksek nitekim 13 nolu kaynakta da aynı değerler yüksek çıkmıştır (29a,b,c,d, 30a,b,c,d ve 31a,b,c,d). Tuzla dere de özellikle kurak dönemde Sr ve Mn yüksek, yağışlı dönemde ise seyrelme ile bu değerler düşmektedir. Ağustos 2003'te Hg değerleri 1-2-8-9 boyunca Tuzla dere örneklerinde yüksek olup, 5-6-7-16 nolu YAS örneklerinde de bu değerler nispeten yükselmiştir. Dolayısıyla, sıcak sulardaki ağır metal içerikleri asiditesinin artması ile kurak dönemde artış göstermektedir. 10 nolu dere lokasyonu 11 ve 23 nolu sıcak su çıkışları ile 4, 12, 13 nolu sıcak suların beslemesi sonucunda tuz (As, Sr, Bor) konsantrasyonunun en yüksek olduğu yerdir (Şekil 32). Arsenik riyolitik tüflerden itibaren yüksek değerlerde olabilir (Stauffer ve Thompson, 1984). Bakırın yüksek olduğu depozitlerde de As yüksek bulunabilir. Deniz suyundaki As miktarı 0.004 ppm düzeyindedir.

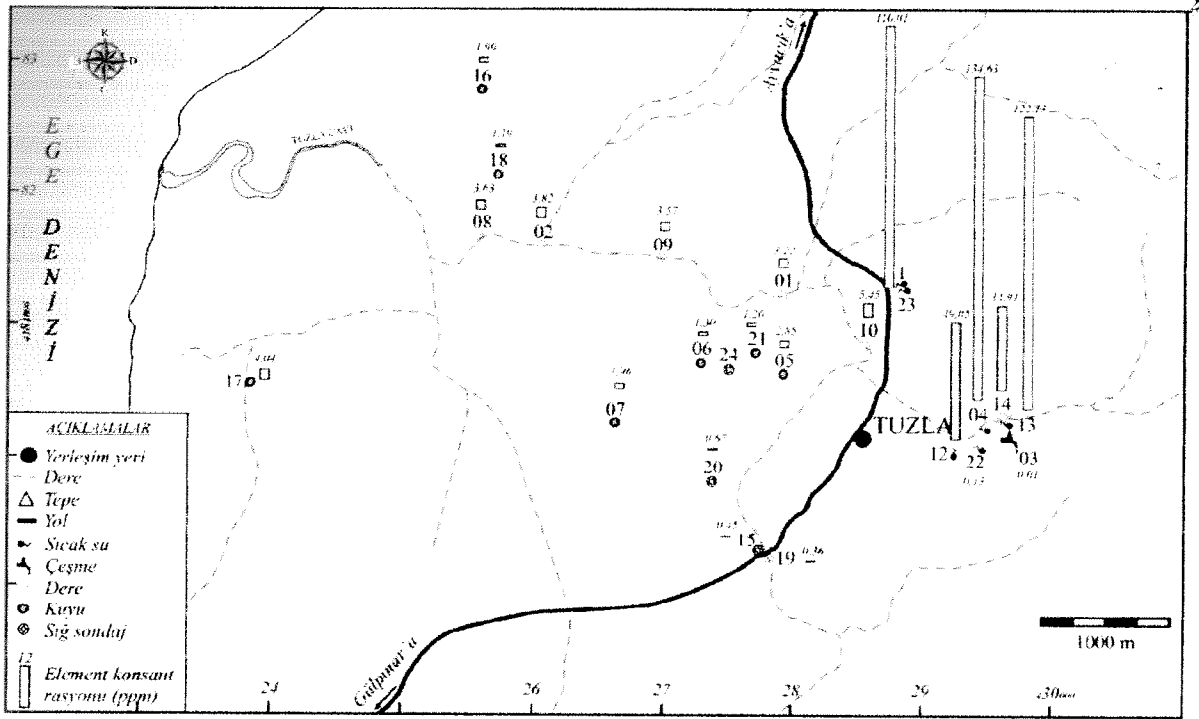
17 nolu yeraltısuyu örneğinde Sr, Pb, Mn, Cd değerleri yüksek, Cl değeri de yüksek olan bu suyun deniz suyu ile karıştığı söylenebilir (33a,b,c,d ve 34a,b,c,d). Klorür değeri baz alınarak 17 nolu yeraltı suyunda % 12 oranında deniz suyu karışımının yer aldığı anlaşılmaktadır (yağışlı dönem için).



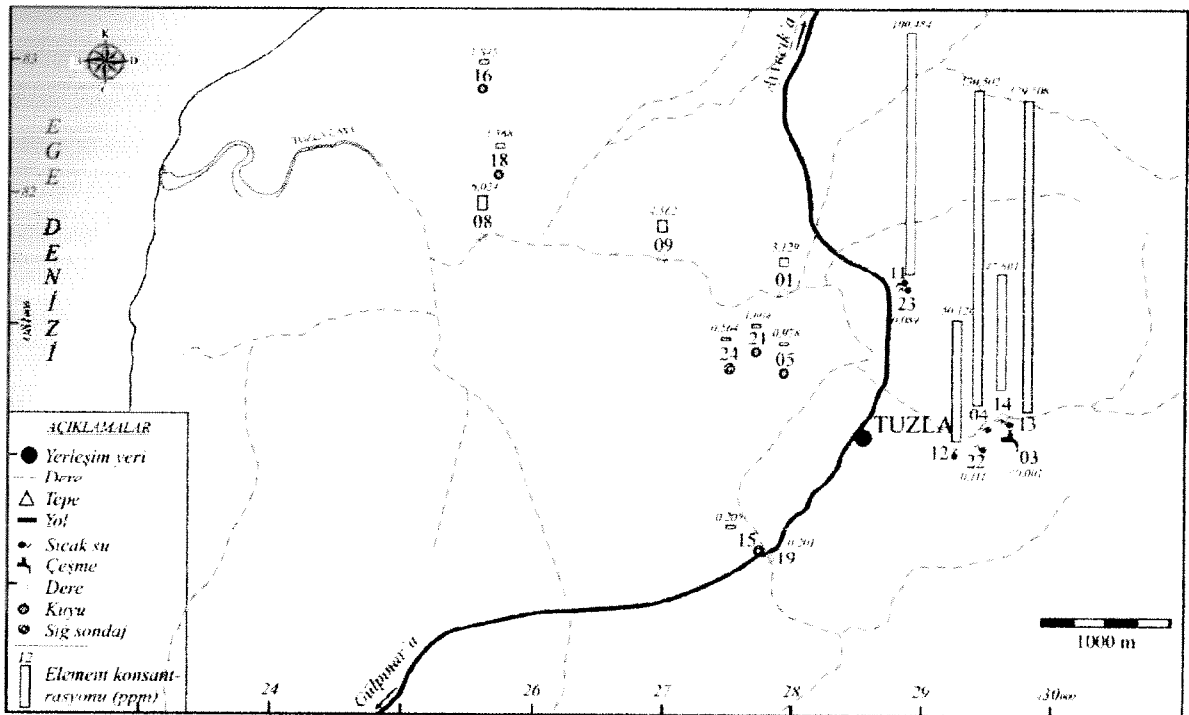
Şekil 29a: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Stronsyum (Sr) Konsatrasyonu (Ağustos-2003)



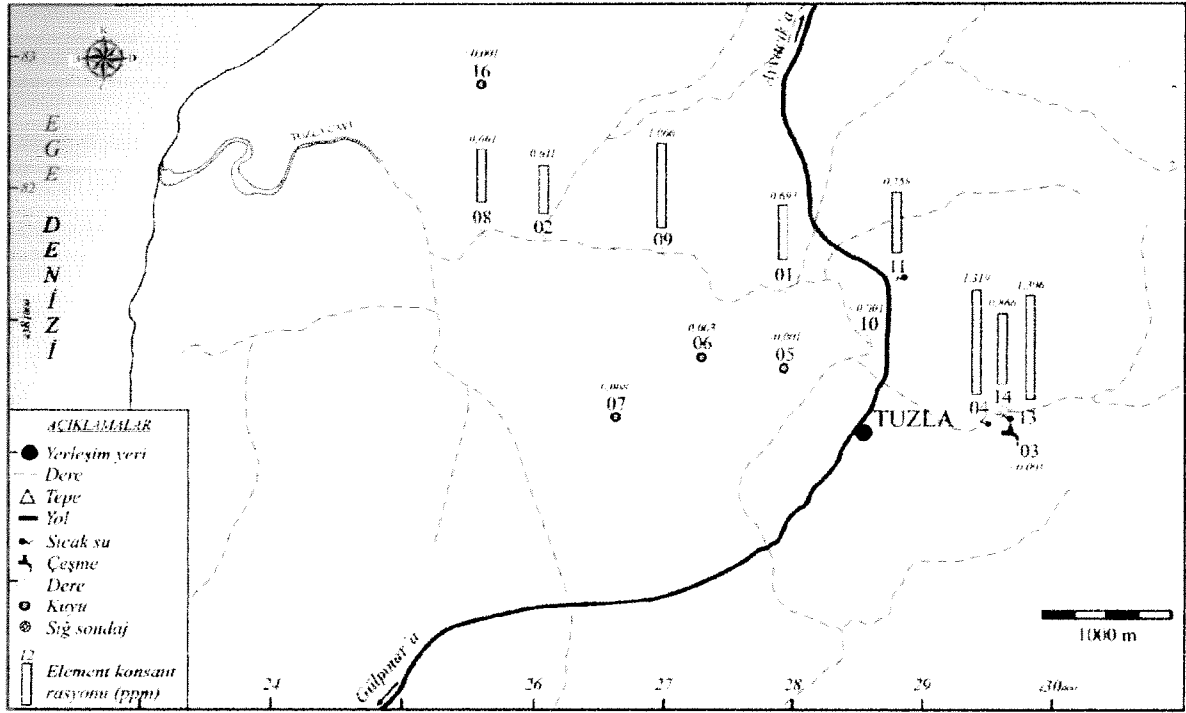
Şekil 29b: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Stronsyum (Sr) Konsatrasyonu (Aralık-2003)



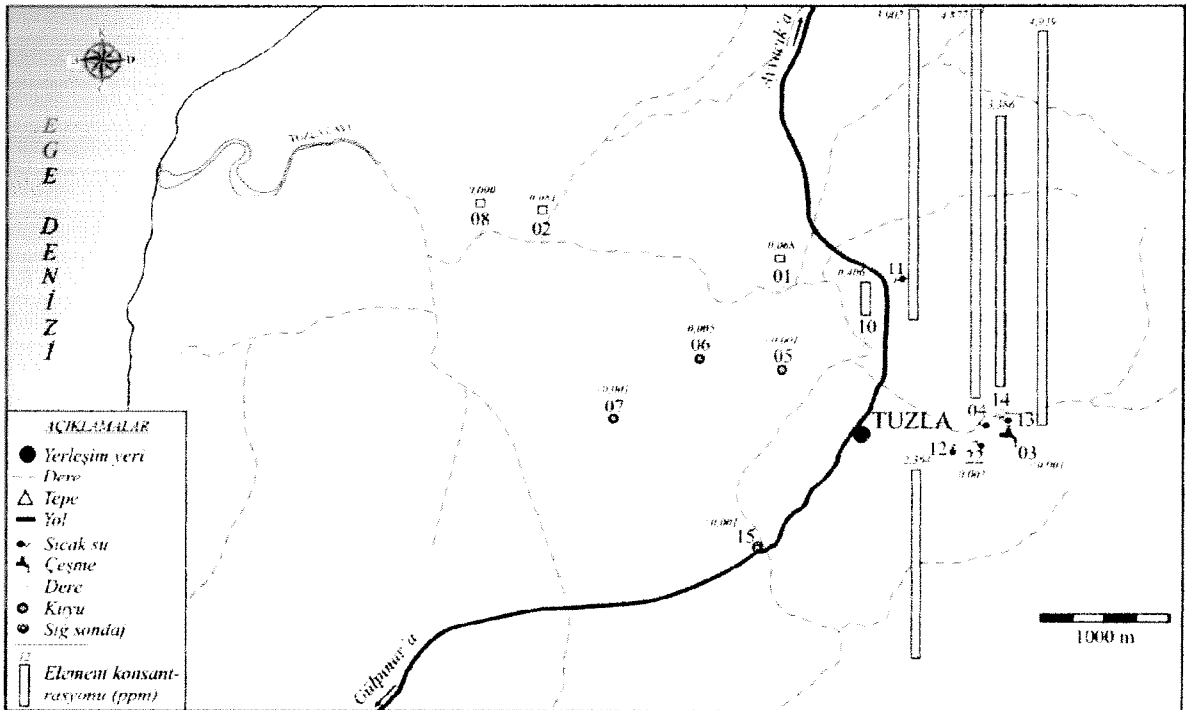
Şekil 29c: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Stronsiyum (Sr) Konsatrasyonu (Mart- 2004)



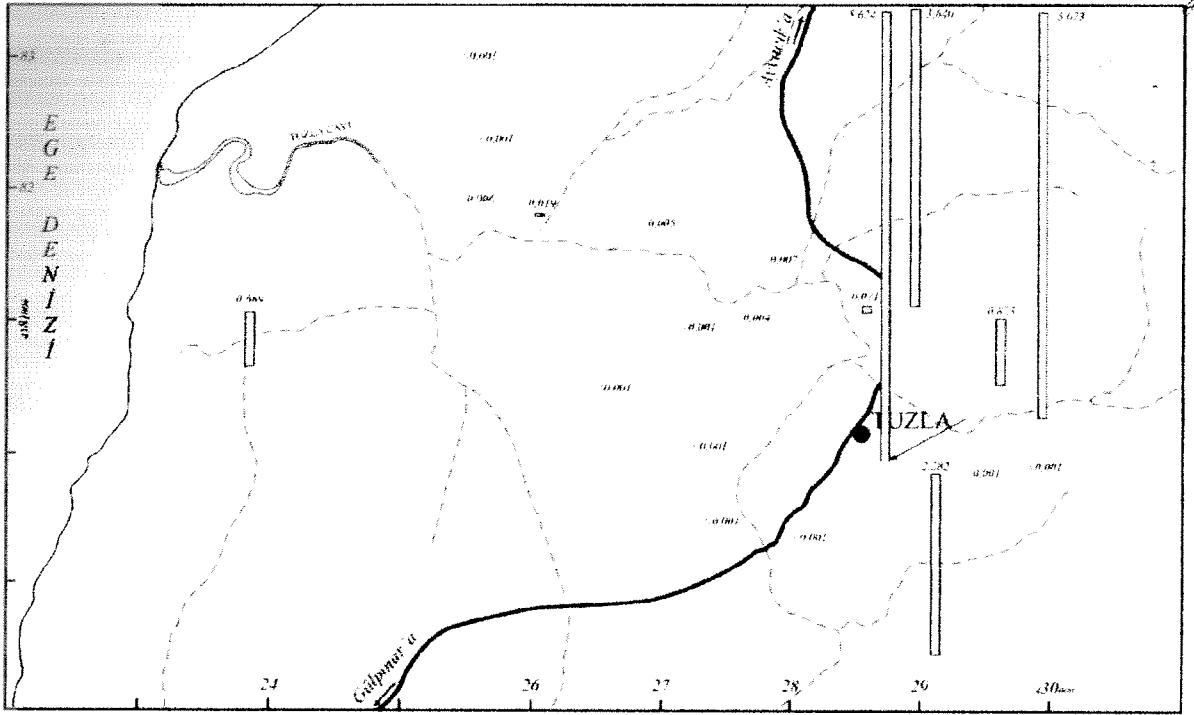
Şekil 29d: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Stronsiyum (Sr) Konsatrasyonu (Haziran- 2004)



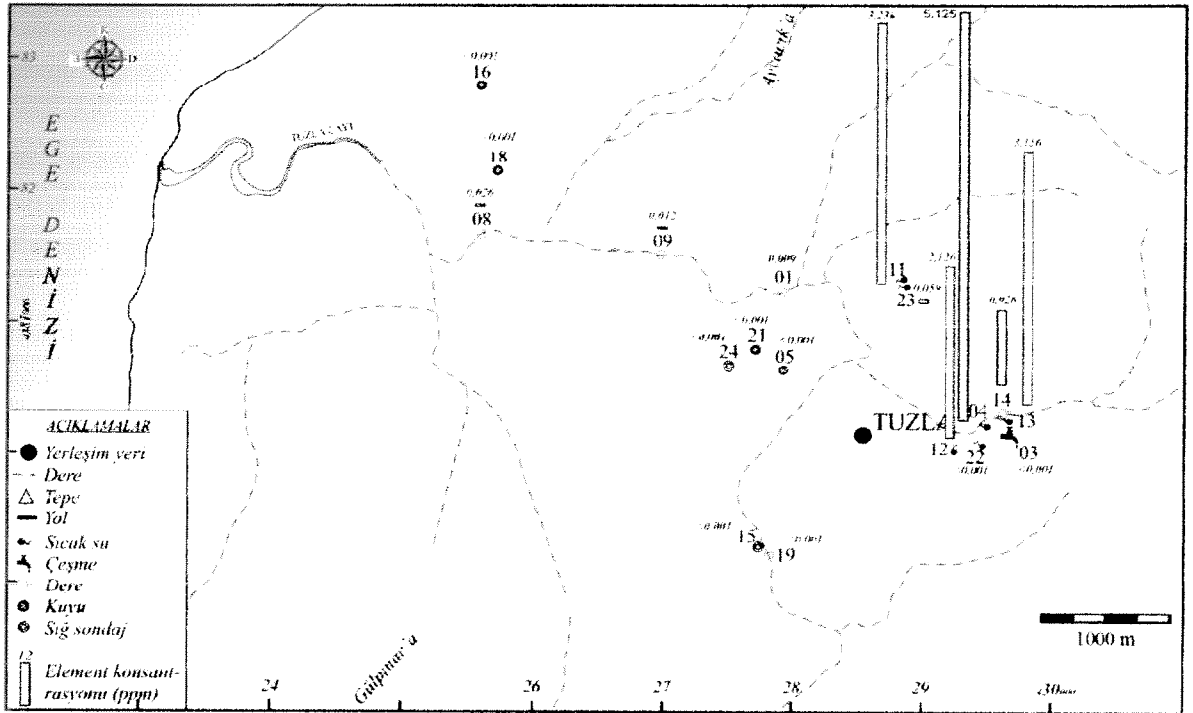
Şekil 30a: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Mangan (Mn) Konsantrasyonu (Ağustos-2003)



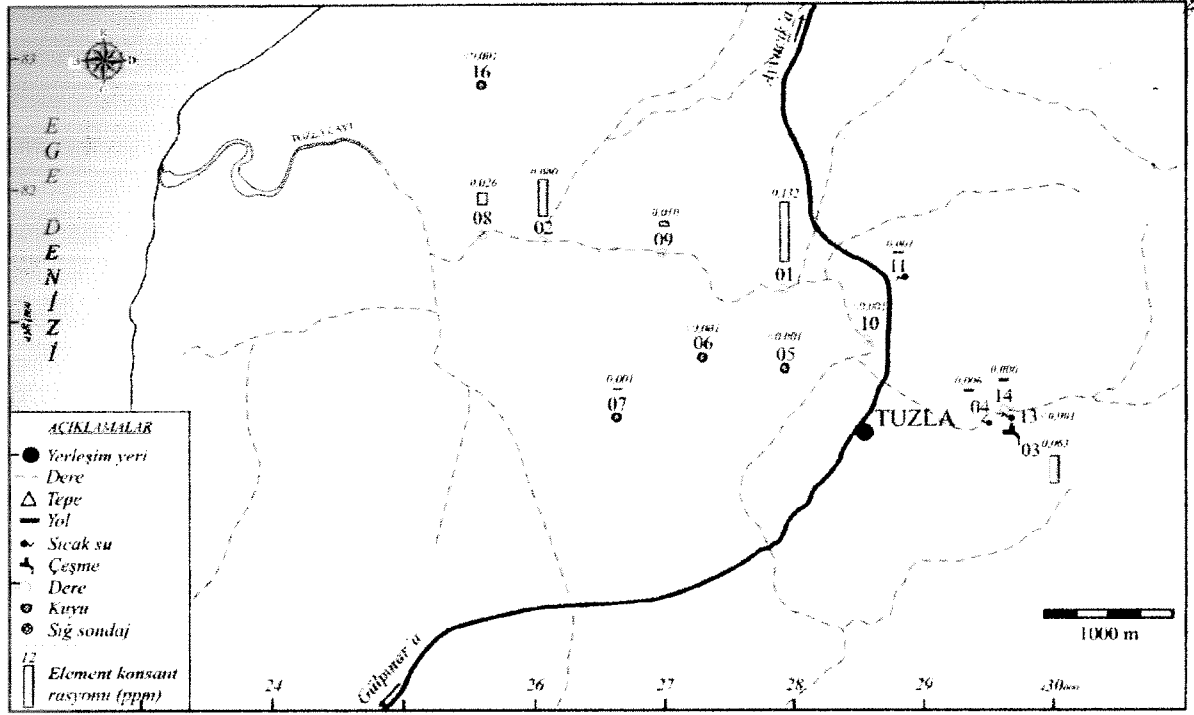
Şekil 30b: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Mangan (Mn) Konsantrasyonu (Aralık-2003)



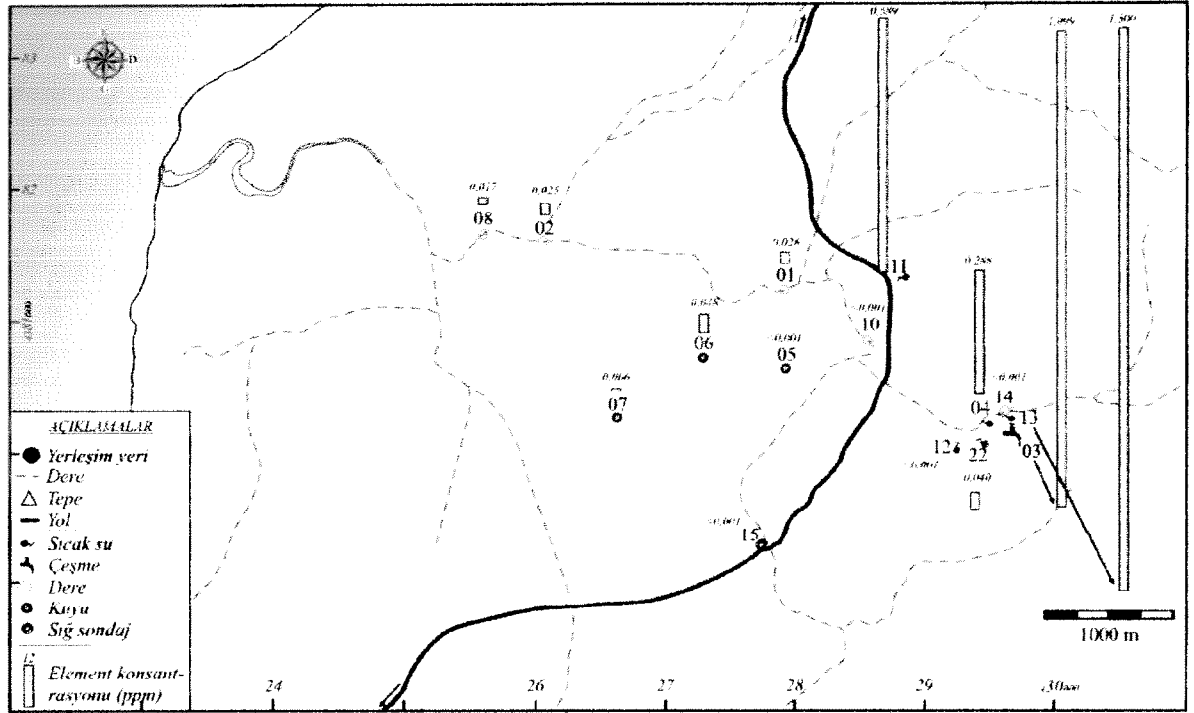
Şekil 30c: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Manganez (Mn) Konsantrasyonu (Mart- 2004)



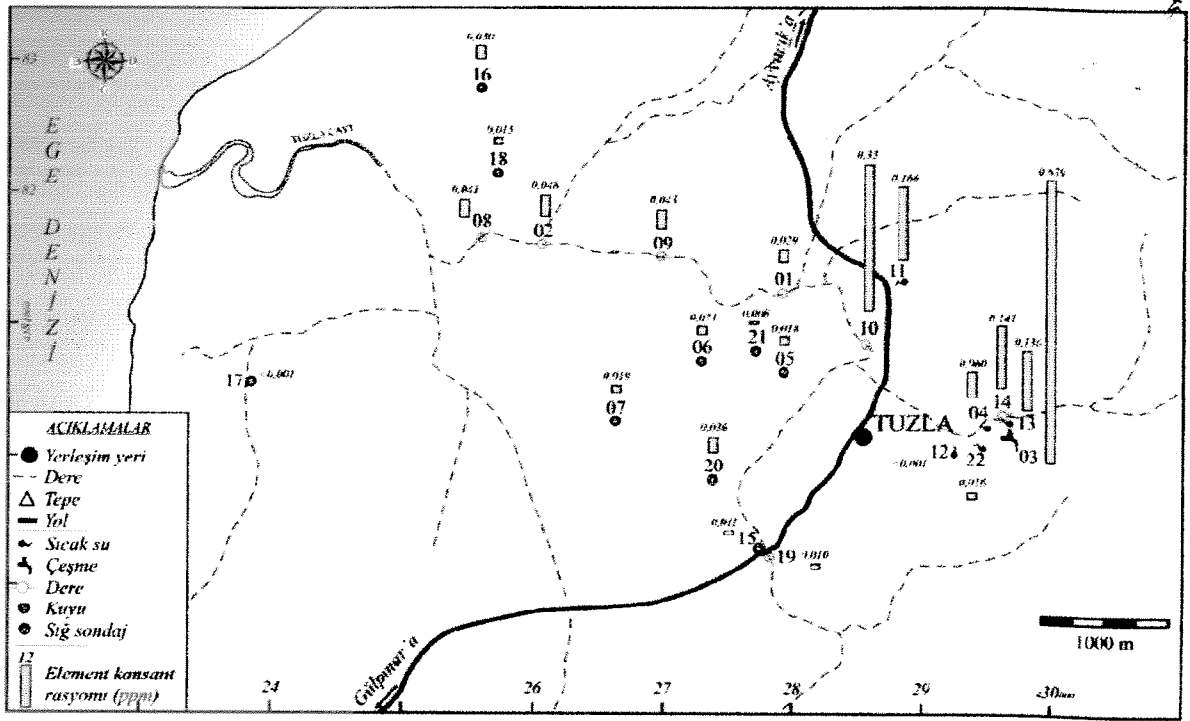
Şekil 30d: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Manganez (Mn) Konsantrasyonu (Haziran-2004)



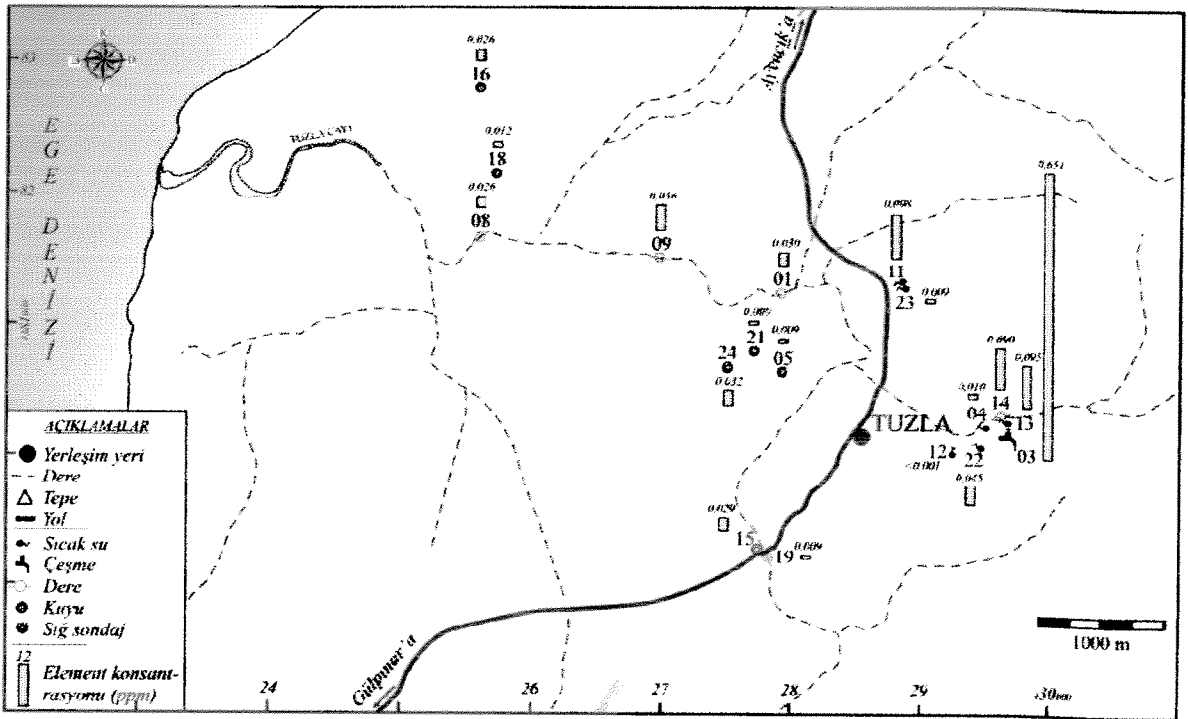
Şekil 31a: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Demir (Fe) Konsatrasyonu (Ağustos- 2003)



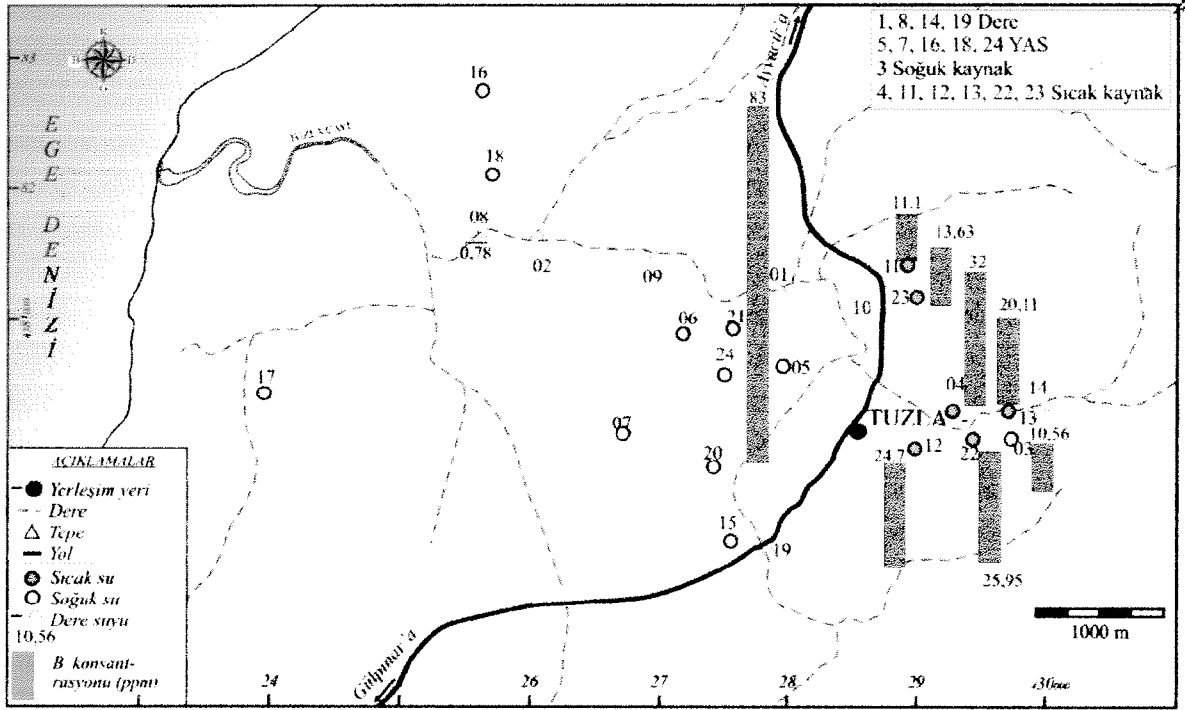
Şekil 31b: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Demir (Fe) Konsatrasyonu (Aralık- 2003)



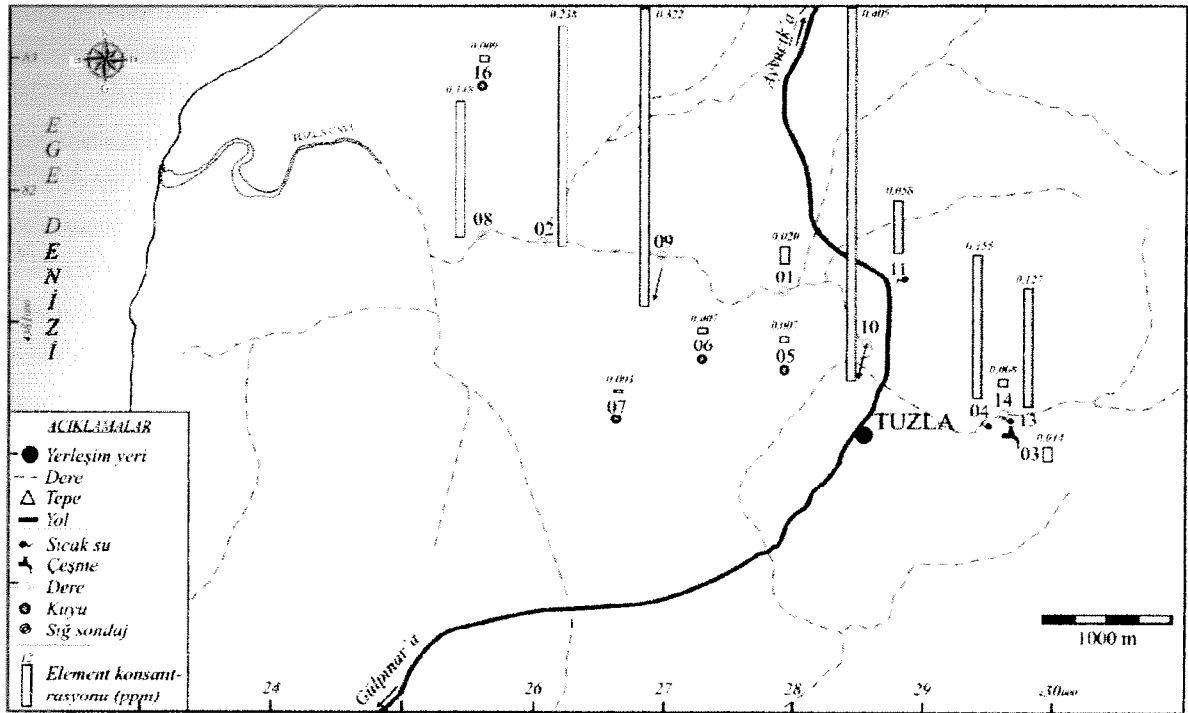
Şekil 31c: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Demir (Fe) Konsantrasyonu (Mart- 2004)



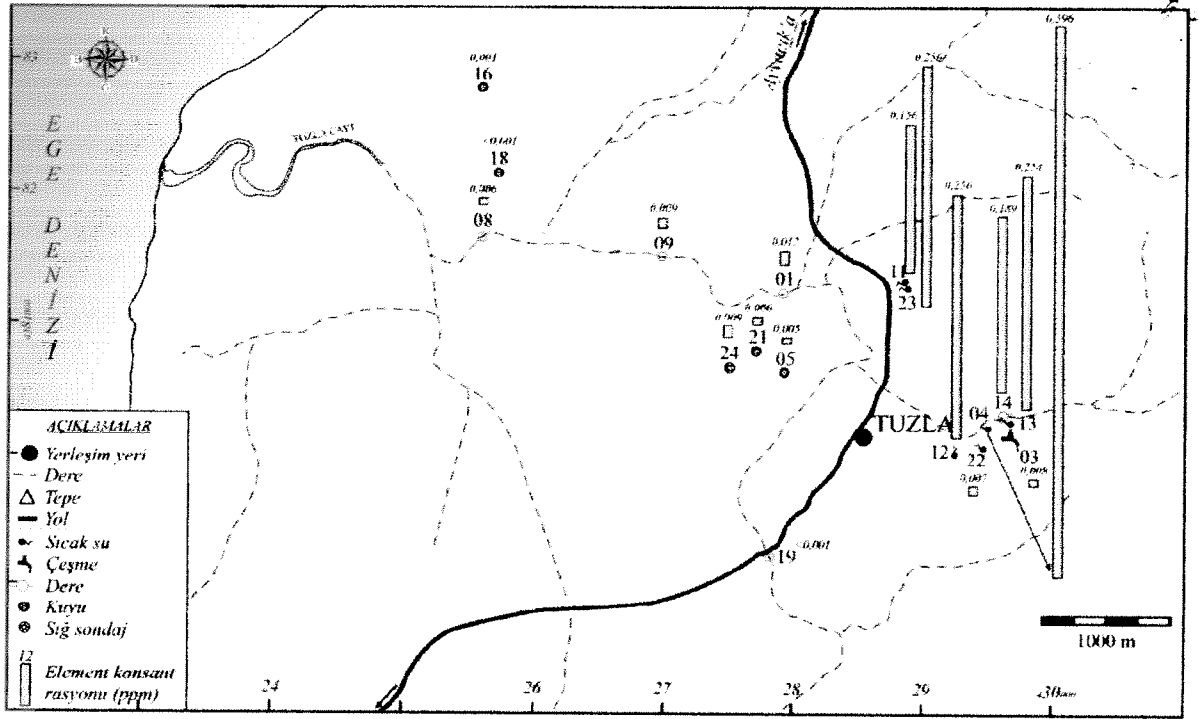
Şekil 31d: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Demir (Fe) Konsantrasyonu (Haziran- 2004)



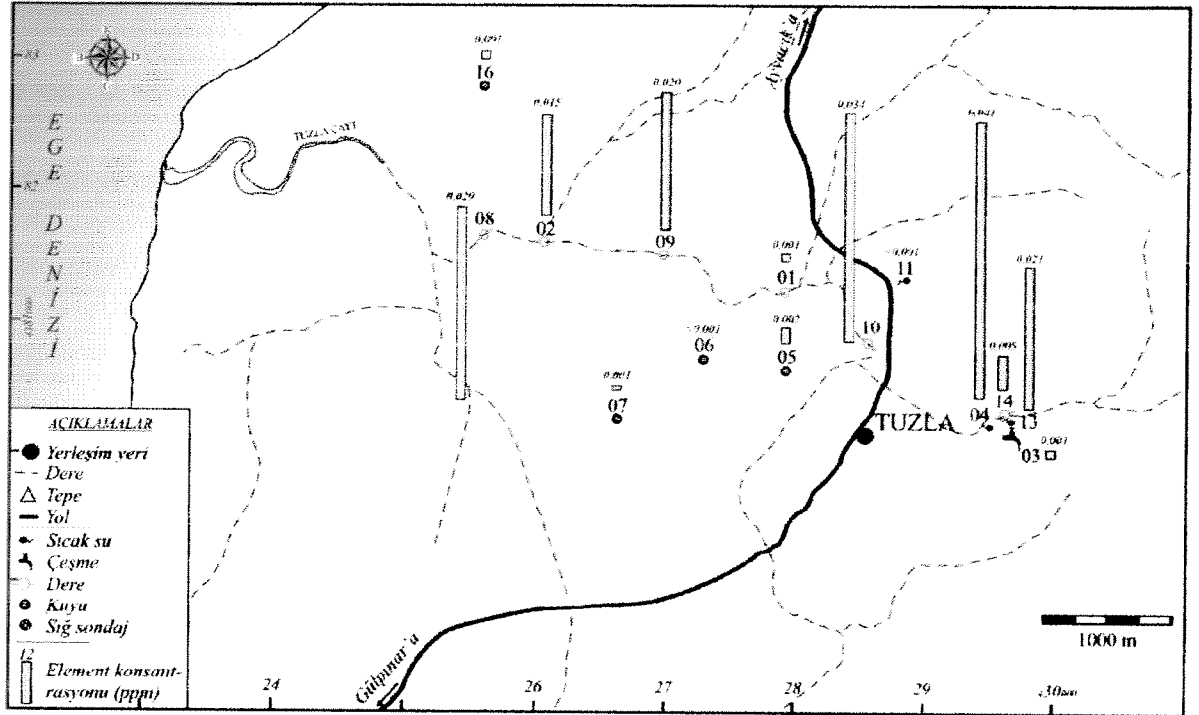
Şekil 32: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Bor (B) Konsatrasyonu (Haziran- 2004)



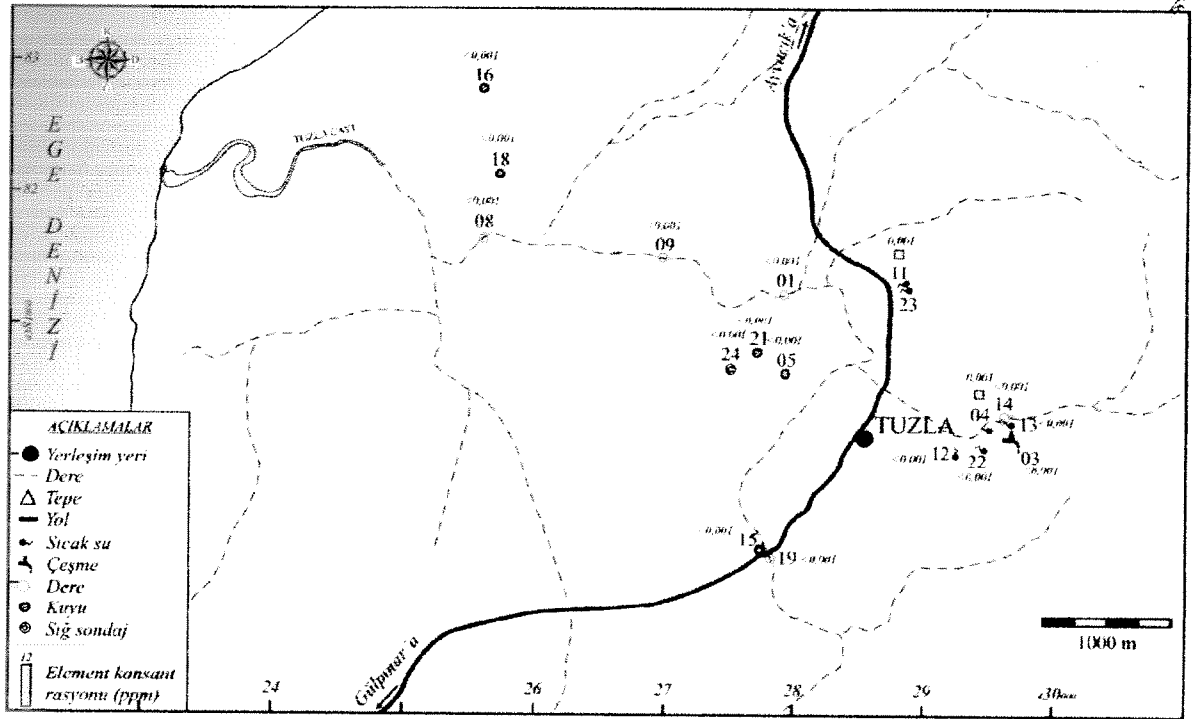
Şekil 33a: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Kurşun (Pb) Konsatrasyonu (Ağustos- 2003)



Şekil 33d: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Kurşun (Pb) Konsantrasyonu (Haziran- 2004)

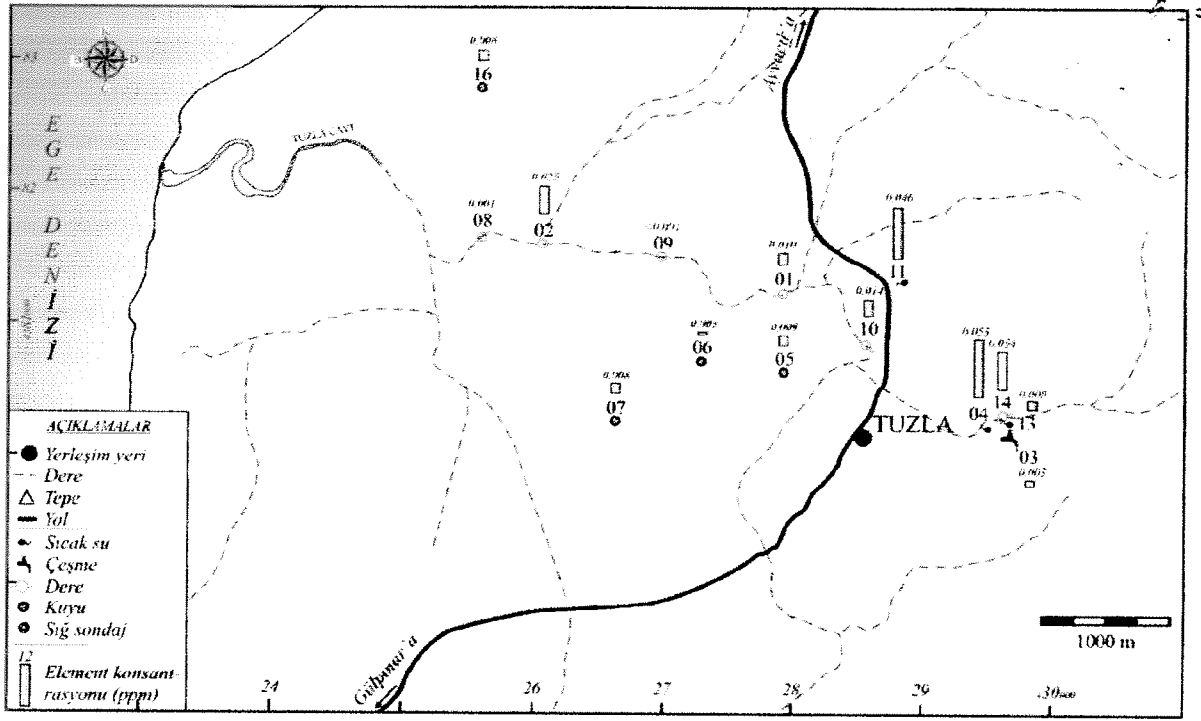


Şekil 34a: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Kadmiyum (Cd) Konsantrasyonu (Ağustos- 2003)

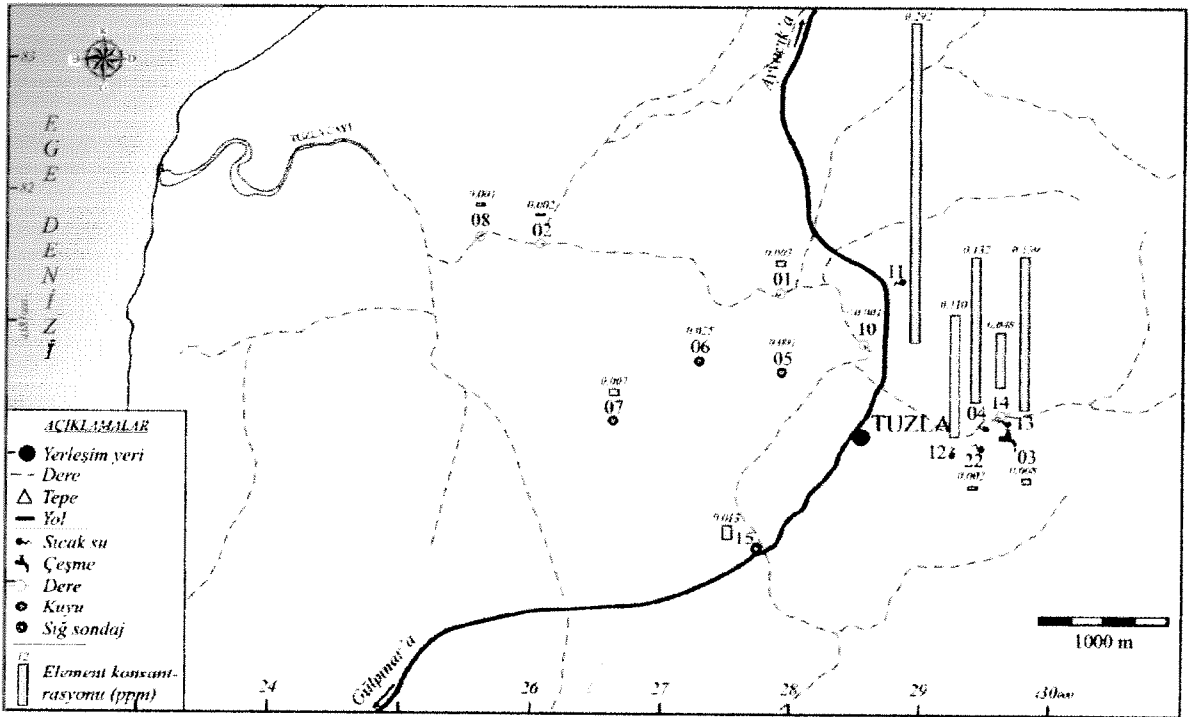


Şekil 34d: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Kadmiyum (Cd) Konsantrasyonu (Haziran-2004)

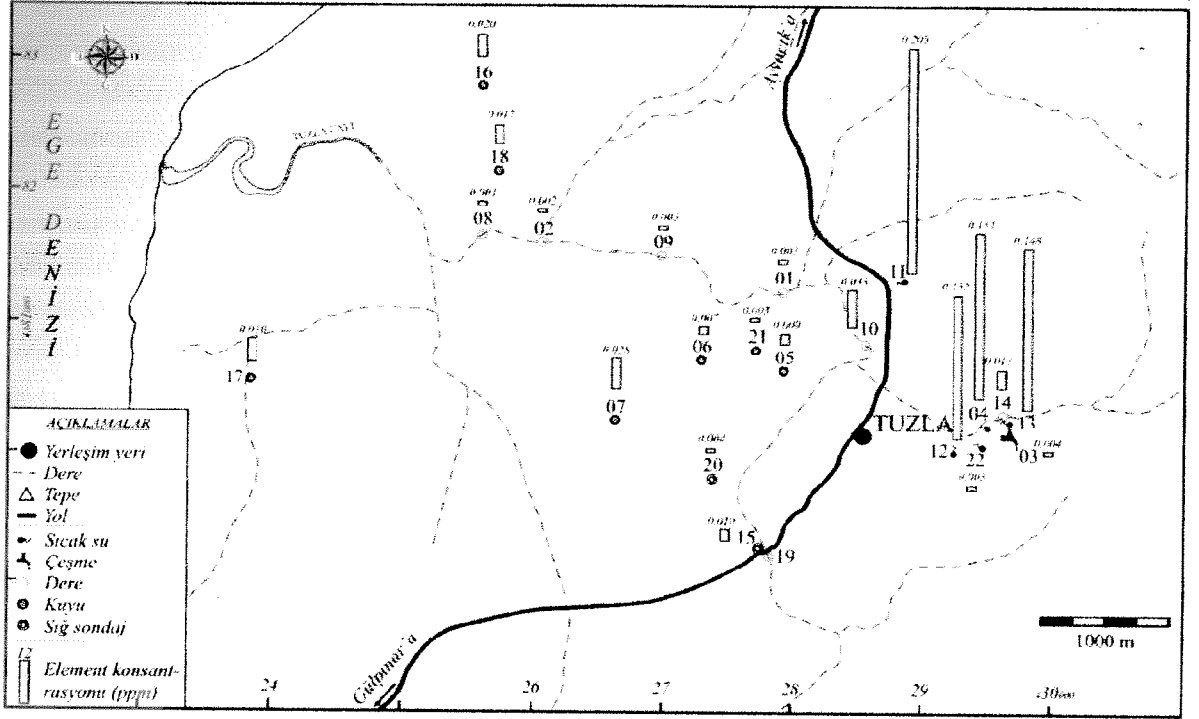
Sıcak sularda ağır metaller :13 nolu ömekte Sr, Mn, Fe, 4 nolu ömekte Sr, Mn, Pb, 22 nolu ömekte Sr, Al, Fe, Zn, Pb, 12 nolu ömekte Sr, Cd, Pb, 11 nolu ömekte Sr, Mn, Fe, Al, 23 nolu ömekte Pb, Sr, As, Mn, Cr, Fe, Cu yüksektir (35a,b,c,d-391a,b,c,d).



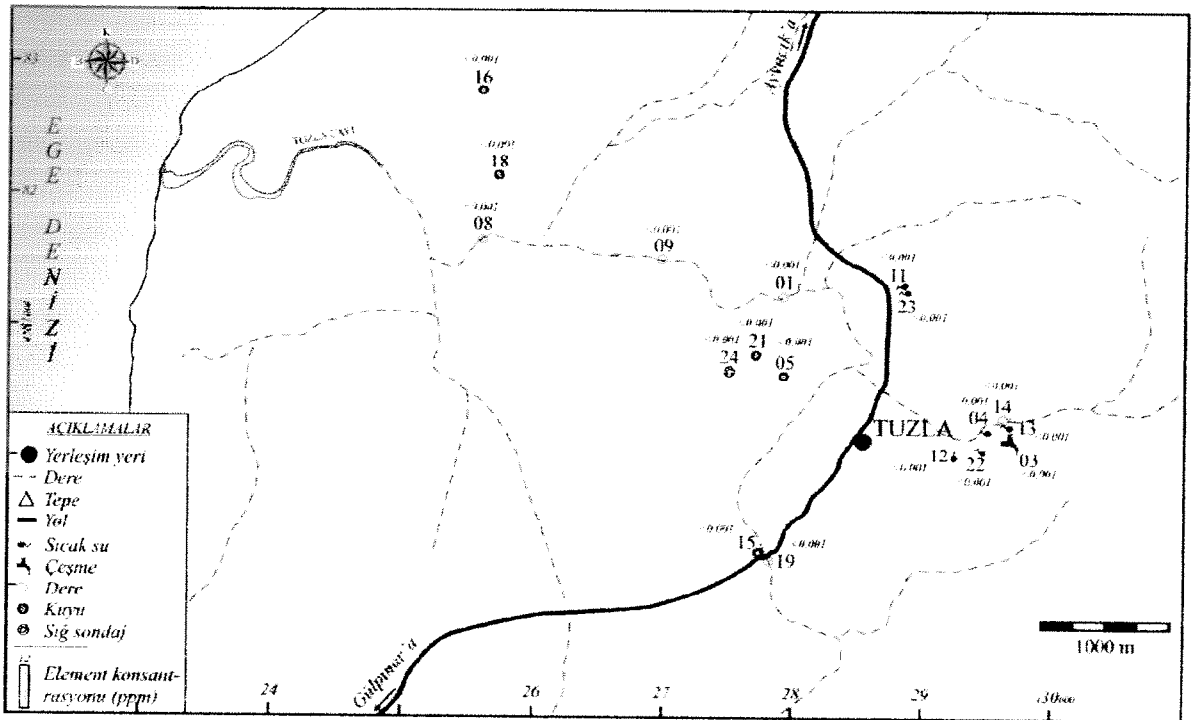
Şekil 37a: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Çinko (Zn) Konsatrasyonu (Ağustos- 2003)



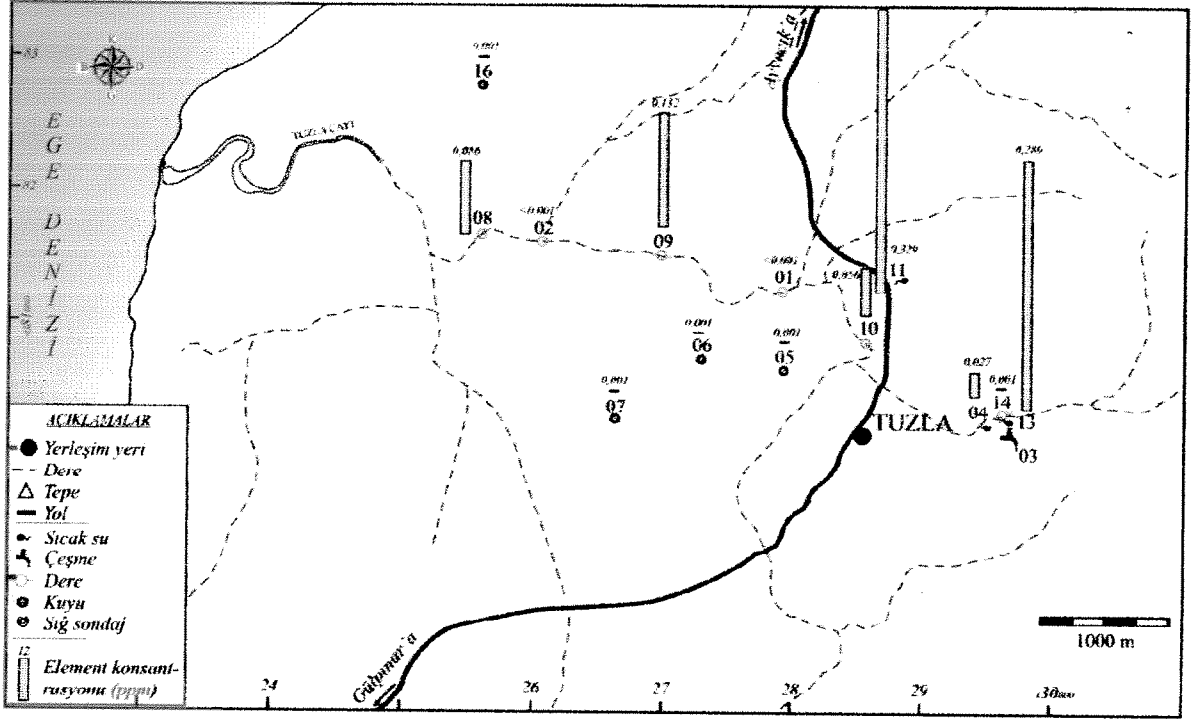
Şekil 37b: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Çinko (Zn) Konsatrasyonu (Aralık- 2003)



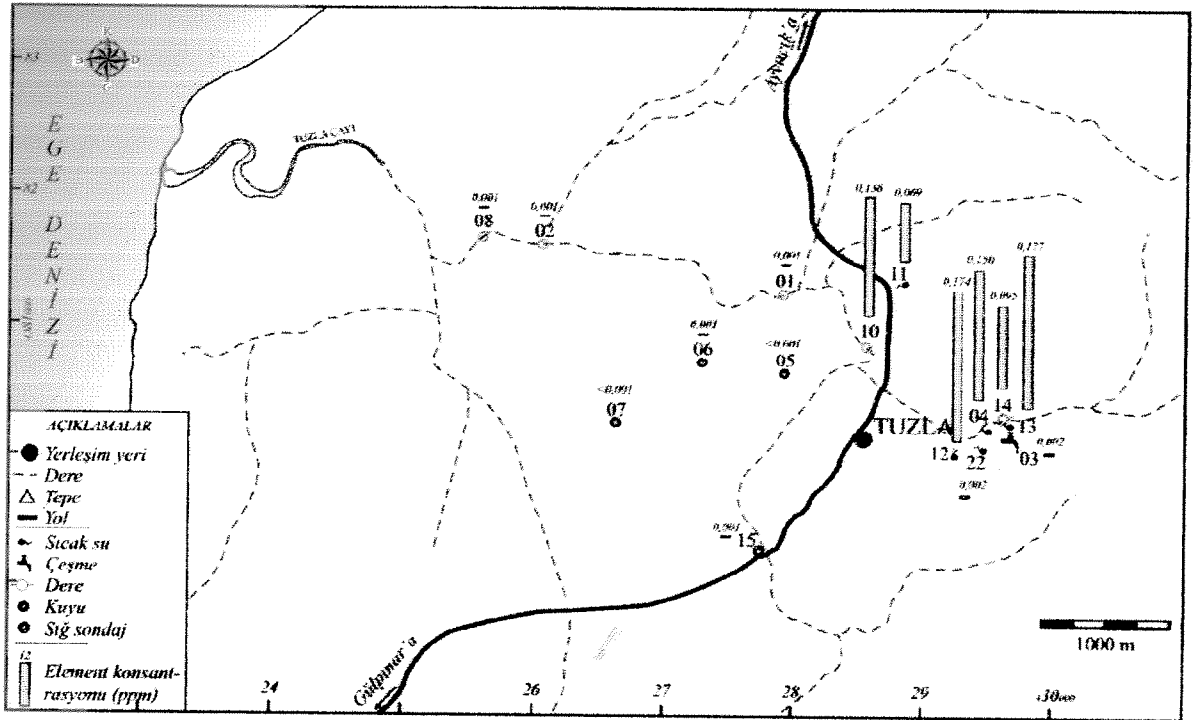
Şekil 37c: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Çinko (Zn) Konsatrasyonu (Mart- 2004)



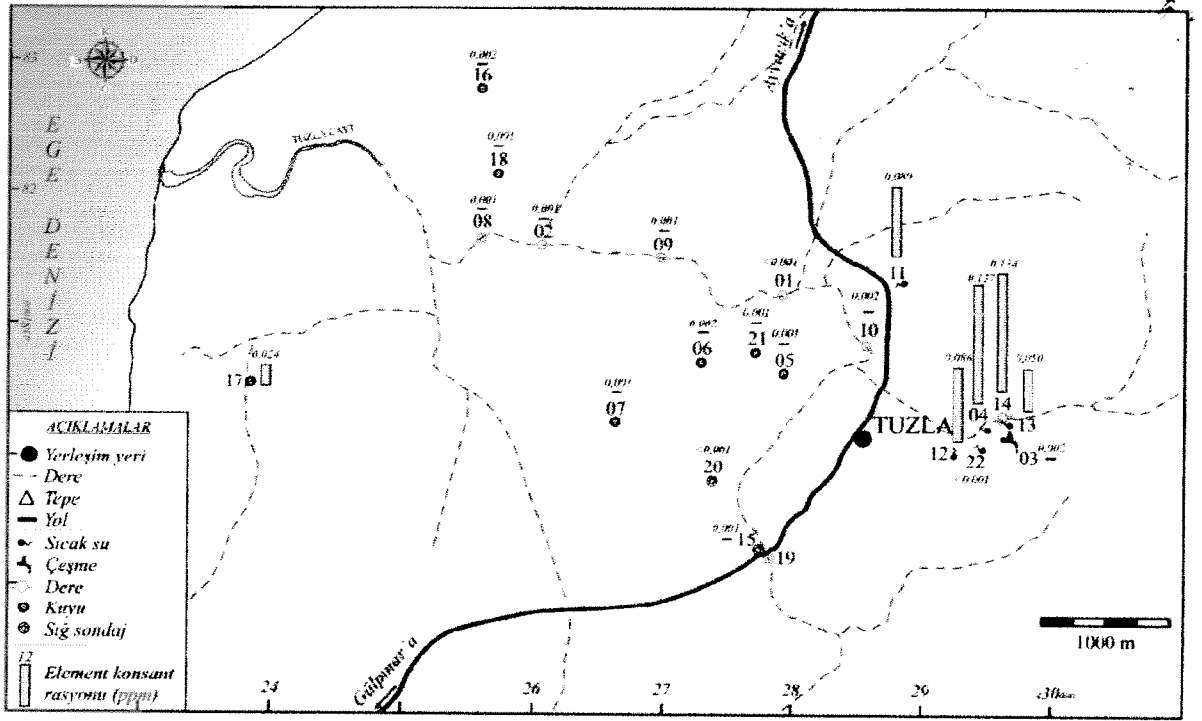
Şekil 37d: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Çinko (Zn) Konsatrasyonu (Haziran- 2004)



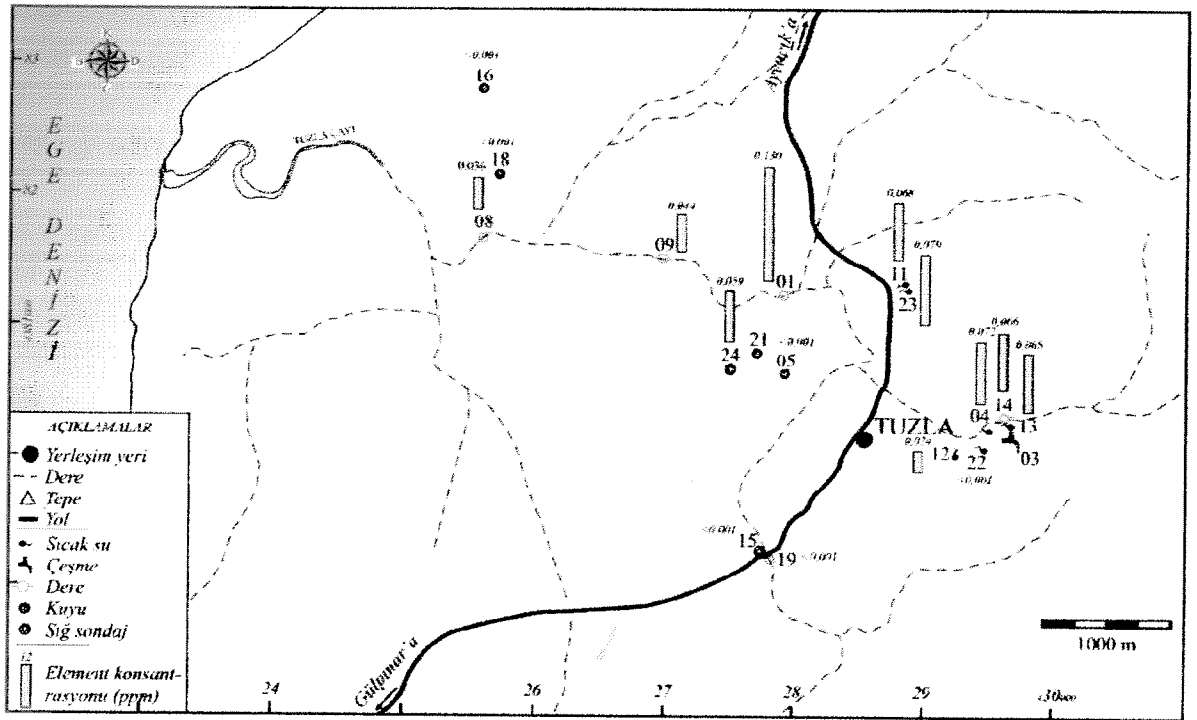
Şekil 38a: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Krom (Cr) Konsantrasyonu (Ağustos- 2003)



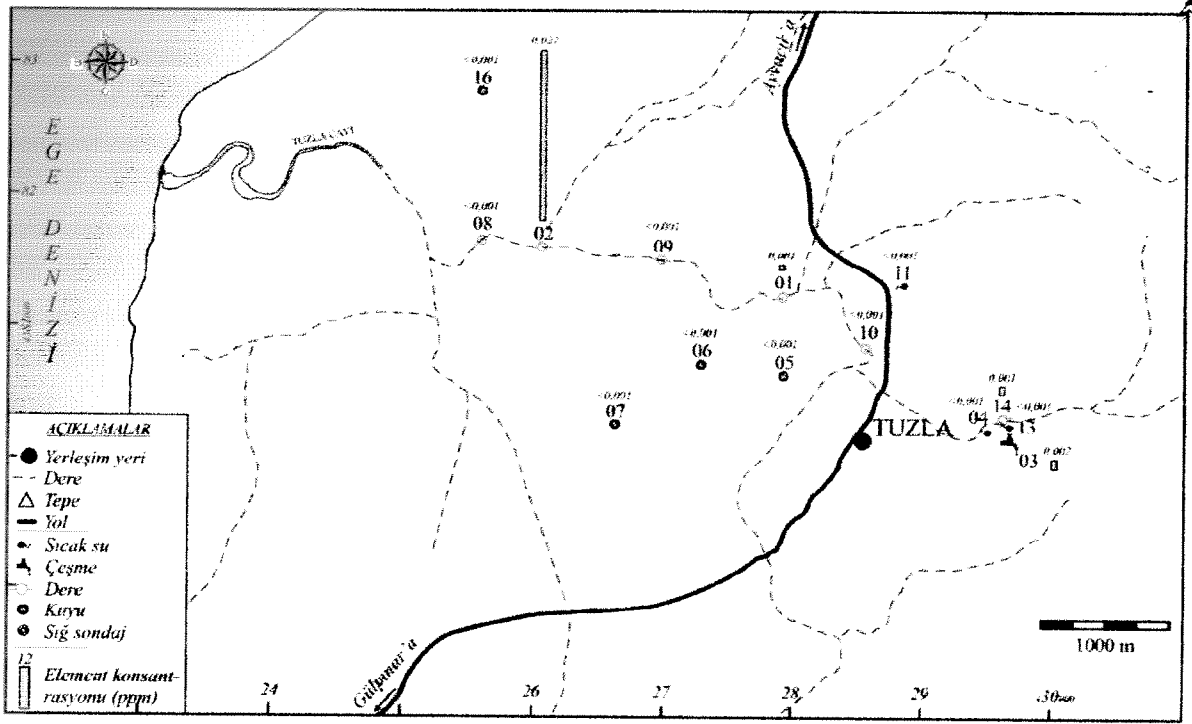
Şekil 38b: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Krom (Cr) Konsantrasyonu (Aralık- 2003)



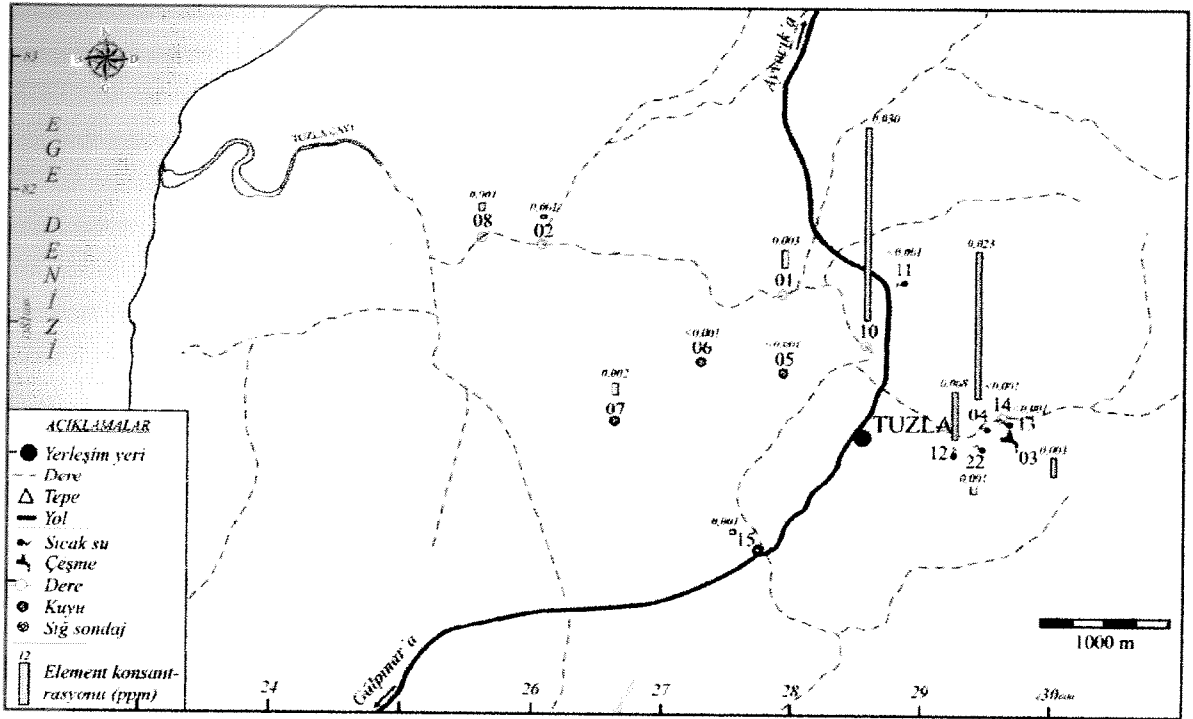
Şekil 38c: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Krom (Cr) Konsatrasyonu (Mart- 2004)



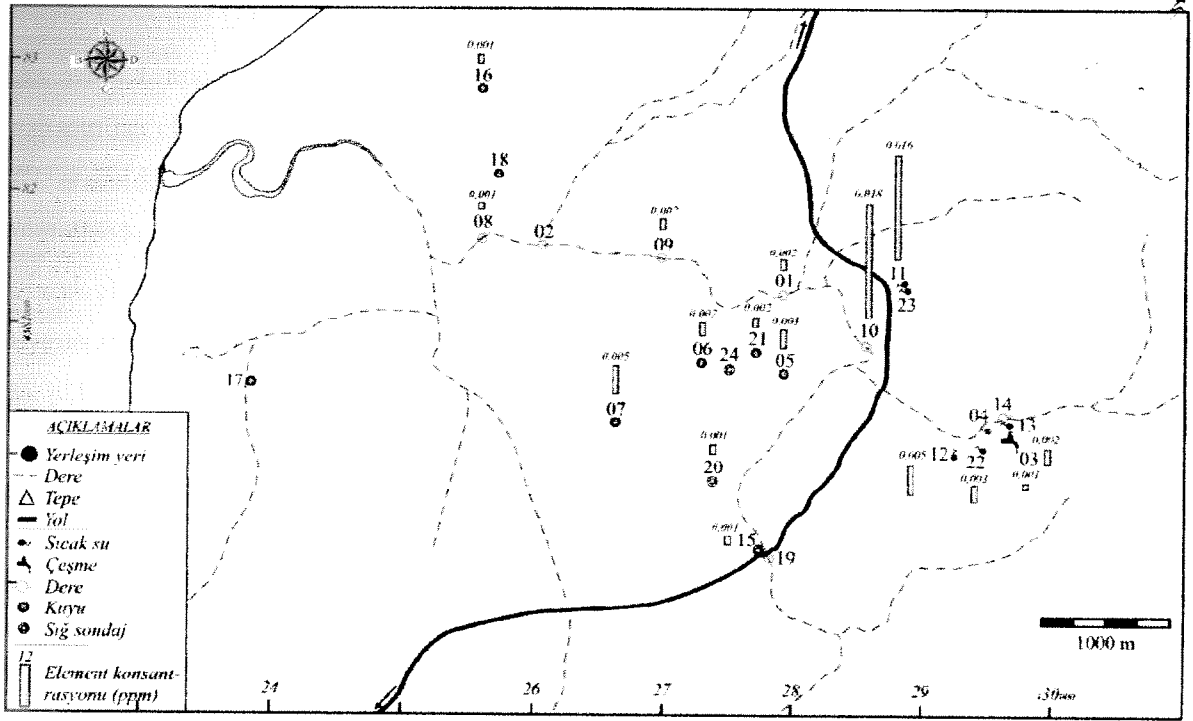
Şekil 38d: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Krom (Cr) Konsatrasyonu (Haziran- 2004)



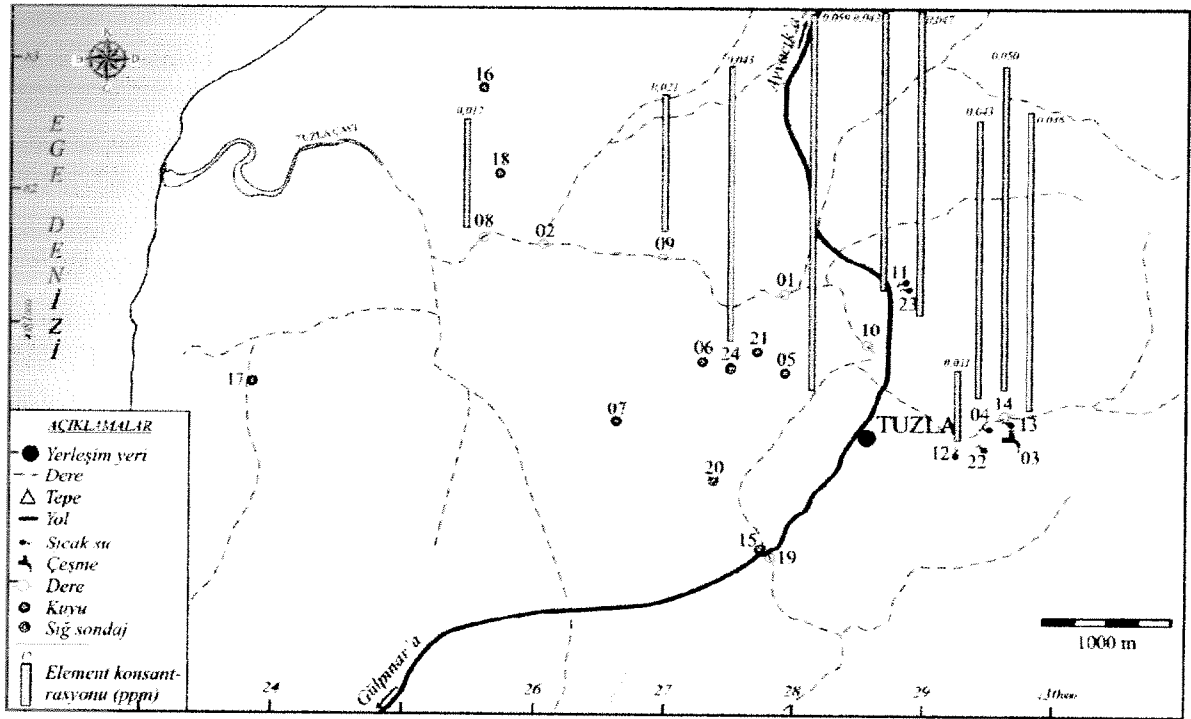
Şekil 39a: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Bakır (Cu) Konsatrasyonu (Ağustos- 2003)



Şekil 39b: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Bakır (Cu) Konsatrasyonu (Aralık- 2003)

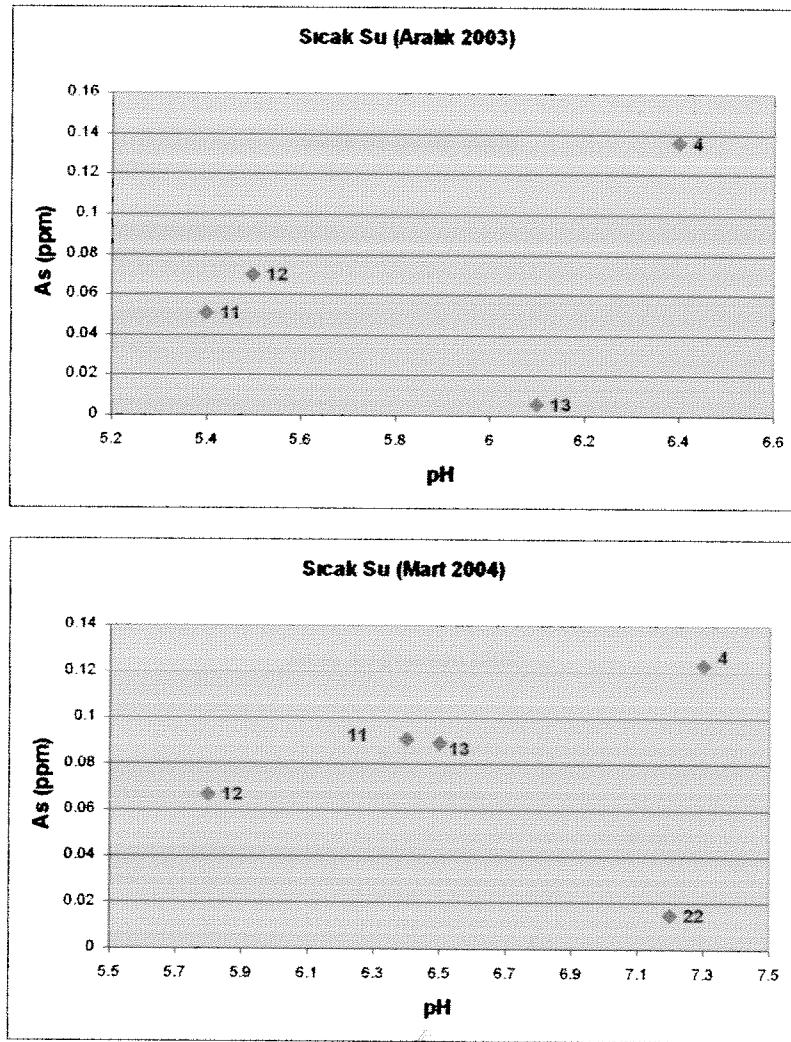


Şekil 39c: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Bakır (Cu) Konsantrasyonu (Mart- 2004)

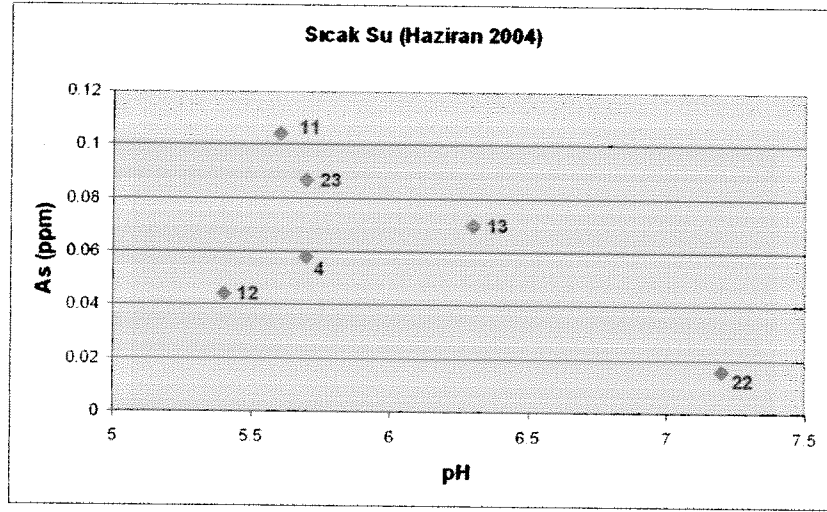


Şekil 39d: İnceleme alanındaki su kaynaklarında Bakır (Cu) Konsantrasyonu (Haziran- 2004)

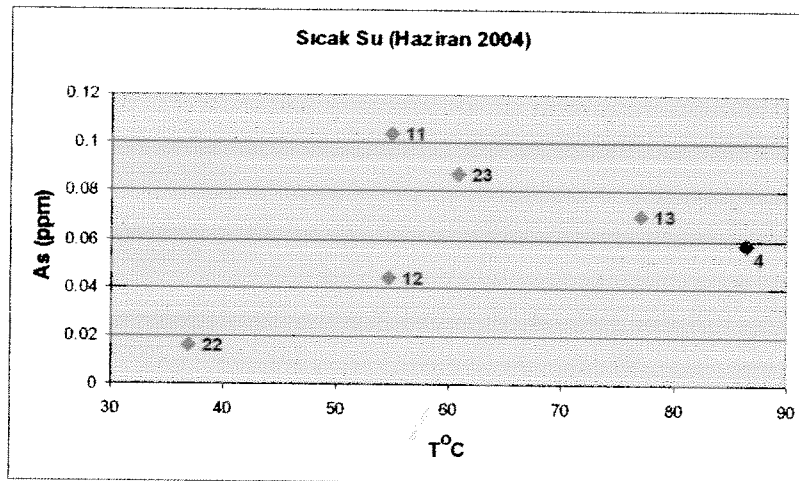
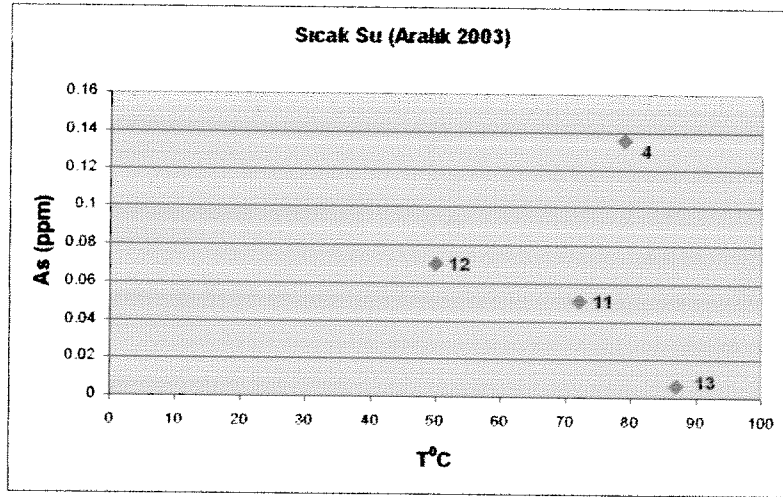
Tuzla Jeotermal sahasından alınan sıcak su örneklerinde As değerleri ile pH, As ile sıcaklık ve As ile Cl arasındaki ilişkileri irdelenmiştir (Şekil 40, 41, 42). Genel olarak inceleme sahasından elde edilen verilere göre yöredeki sıcak sularda As ile pH, As ile sıcaklık ve As ile Cl arasında matematiksel bir ilişkinin olmadığı görülmektedir. Benzer şekilde diğer ağır metallerde de aynı özellikler saptanmıştır. Ancak aynı sıcak su noktasından derinliğe bağlı olarak sıcak su numunelerinin alınmaması (proje sahasında böyle bir modeli oluşturmak için uygun sondajın bulunamaması) ve numune sayısının azlığından dolayı ağır metallerin sıcaklık ve pH ile değişimine ilişkin matematiksel bir ilişki ortaya konamamıştır.



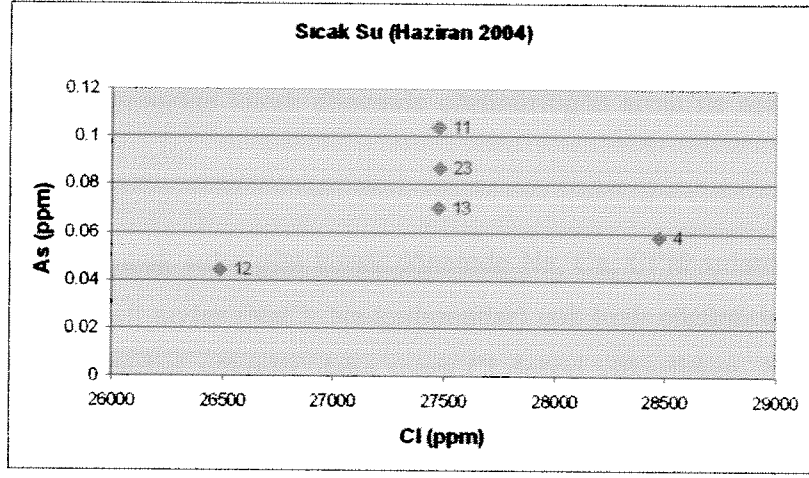
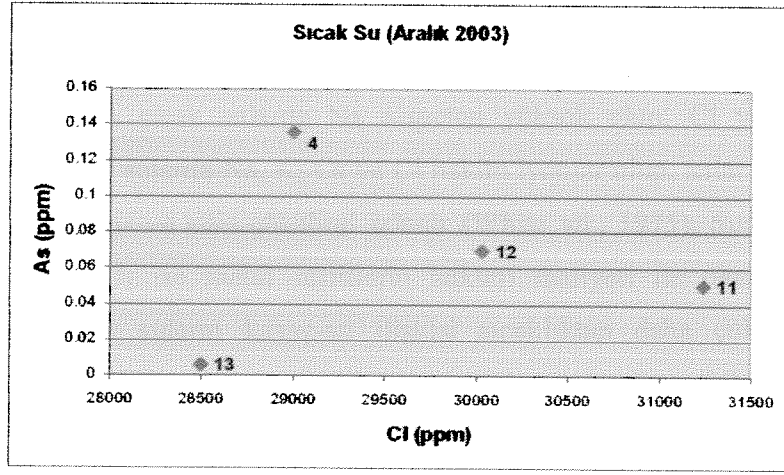
Şekil 40: İnceleme alanındaki sıcak su kaynaklarında As ile pH ilişkisi



Şekil 40: İnceleme alanındaki sıcak su kaynaklarında As ile pH ilişkisi



Şekil 41: İnceleme alanındaki sıcak su kaynaklarında As ile sıcaklık ilişkisi



Şekil 42: İnceleme alanındaki sıcak su kaynaklarında As ile Cl ilişkisi

4.5. Tuzla Sahasındaki Sıcak ve Soğuk Su Kaynaklarının Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri ile İlgili Genel Değerlendirme

Volkanik sahalardan çıkan sıcak sularda Na nispeten yüksek olup, Cl ve SO₄ da kısmen yüksektir. Cl tipli jeotermal sularda Na, K, Ca ve Cl hakim iyonlar olup, sular silisçe doygunluğa yakın, artezyen akış gösterir ve silis çökelişi izlenir (White vd., 1975). Sudaki Na yüksekliği albitin bozulmasından, SO₄ ise metal sülfidlerin bakteri faaliyeti ile oksidasyonundan ileri gelebilir. Tuzladaki, sıcak suların kayaç-su ilişkisi sıcaklıktan daha çok, CO₂ tarafından yönlendirilmektedir. Ortamın bazik veya asidik olmasını da yönlendiren CO₂ olup, CO₂ yüksek ise albitin (Na(AlSi₃O₈)) çözünürlüğü de artacaktır, sıcaklığın düşük olması CO₂'in yükselmesinde etkindir. Sıcak sularda yağışlı dönemde Cl yüksek, SO₄ çok düşük iken, kurak dönemde Cl düşmekte, SO₄ ve Na artmaktadır (4 ve 12 nolu örnekler dışında). Bu değişim Ca-Na iyon değişimi ve albitin bozulması nedeni ile olabilir. 4 ve 12 nolu sular yağışlı dönemde yüzeysel karışımdan etkilenmekte kurak dönemde çözünürlüğün artışı ile aşağıdan gelen sıcak suların özelliğini yansıtmaktadır.

Tuzla dere suyu da tıpkı sıcak sular gibi kurak dönemde Na, Ca, Cl'li sulardan NaCl'li sulara geçiş göstermektedir. Alkali tuzlar (NaCl, Na-karbonatlar) çok hızlı çözünürler. NaCl'e doygun olana kadar Na ve Cl değerleri yükselir, daha sonra Cl değeri yükselirken, Na konsantrasyonu albitleşmede harcanan Na'dan ötürü düşmeye başlar. Yüzeide oluşan güncel halit (NaCl) çökelişi yağışlı dönemde yıkanarak yeraltına inmektedir. 11 ve 13 nolu sıcak su örneklerinde kurak dönemden yağışlı döneme geçildiğinde benzer durum görülmektedir. Çünkü Na'ca doygunluğa erişmiştir. Sıcak sularda CO₂ basıncının kurak dönemde artması ile (alttaki sıcak su rezervinin etkisi ile) sıcak suların daha asidik özelliğinden dolayı fazlaca NaCl çözdüğü anlaşılmaktadır. Kurak dönemde ise CO₂'in bir bölümü ortamdan ayrılarak CaHCO₃ (Traverten) olarak çökmeden dolayı suda Ca değerleri azalmıştır. Ayrıca kurak dönemde Ca-Na iyon değişiminde, Ca killer üzerinde tutunup, Na⁺ ile yer değiştirmesi sonucu, suya Na⁺ geçmektedir. Ayrıca plajiyoklaslardaki feldispatların, silikatların bozulması ile Ca²⁺ yeraltı suyuna geçmektedir ve pH yükselerek, kalsitin çökelişimine neden olmaktadır. Tuzla sıcak sularında yağışlı dönemde pH silikatlarının bozulması ile artış gösteren Ca²⁺, kurak dönemde killerdeki Na⁺ ile yer değiştirmektedir (Sanford ve Plummer 2004). Ana aktif faylar termal suların dikey

hareketine neden olmaktadır. Sıcaklık, Cl ve As konsantrasyonlarının yükselmesi aktif faya yakın olunması ile ilişkili olabilir, derin akiferden yukarıya doğru olan sızmanın (düşey iletkenliğin) artışı ile ilişkilidir. Sıcak suların deniz suyundan daha yüksek tuzluluğa sahip olması sürekli tuz ve mineral çözünmesiyle ilişkilidir. Sıcak sularda kurak dönemde Na^+ yükselirken, K^+ ise düşmekte, yağışlı dönemde yüksek olan klorür değeri kurak dönemde düşmektedir. 11 ve 13 nolu sularda çok yüksek olan klorür değerleri kurak dönemde yarıya düşmüştür. 4 ve 12 nolu su örneklerinde ise klorür 2-4 kat artış göstermektedir. Çünkü 11 ve 13 nolu su örnekleri daha dipten gelen yaşlı sıcak su akiferini, 4-12 nolu su örnekleri ise daha üstteki yeraltı suyu ile karışımı temsil etmektedir. Tuzla'daki aşırı tuzlu jeotermal suların derinlerde yer alan ve geçmişte gözenekler arasında hapis olunan deniz suyu olduğu ileri sürülmektedir (Mützenberg, 1991). Üst Miyosen'de (Messiniyen) çökelen şeyler içerisinde deniz suyunun hapsediği ve NaCl artışının buradan kaynaklanabileceği öngörülmekte ise de, bu hipotezin karşısında olan bazı fikirler de (Vengosh vd., 2002) bulunmaktadır. Buradaki argüman, evaporitleşmiş (buharlaştan) deniz suyundan oluşan jeotermal tuzlu sularda $\delta^{11}B$ miktarı ‰ 39'un üzerinde olduğu, oysa Tuzla için bu değerin ‰18.7 olduğudur. Na/Cl oranları 1'den küçük ancak, Br/Cl oranları, Miyosen'de buharlaşmış deniz suyundan daha farklı değerdedir. Ayrıca, Tuzla jeotermal suyunun $\delta^{34}S$ izotopu değeri (‰12) olup, Miyosen'deki deniz suyunkinden (‰ 20) daha düşük ve $\delta^{87}Sr/^{86}Sr$ oranı Tuzla için 0.709633 iken, Miyosen'de buharlaşmış deniz suyunkini 0.7081 ile oldukça farklıdır (güncel deniz suyunun $\delta^{87}Sr/^{86}Sr$ oranı 0.709'dur). Bu fosil suyun, denizel kökenli evaporitlerin çözünmesinden itibaren geldiği ve birtakım bozunma süreçleri ile daha yüksek mineralizasyona uğradığı düşünülmektedir. Jeotermal sularda genelde oluşan kimyasal değişimlerin (Drever,1997) bir kısmının Tuzla jeotermal suyunda da etkin olduğu düşünülmektedir. Bunlar;

- a) halitin çözünmesi,
- b) dolomitizasyon (Ca artışı ve Mg uzaklaşması),
- c) bakteriyel sülfat azalımı,
- d) anhidrit çökelişi (sıcaklık artışı ile $CaSO_4$ çökelişi gerçekleşmektedir),
- e) silikatların diyajenetik reaksiyonları (smektitin illite dönüşmesi gibi),
- f) katyon değişimi (özellikle Ca ile Na değişimi) ve
- g) organik maddelerin reaksiyonları. Derinlerdeki eklem ve kırık sistemleri bu suların çıkışında önemli rol oynamıştır. Kırmızı ve siyah ferromanganez kabuk eklemler arasında, Üst Miyosen

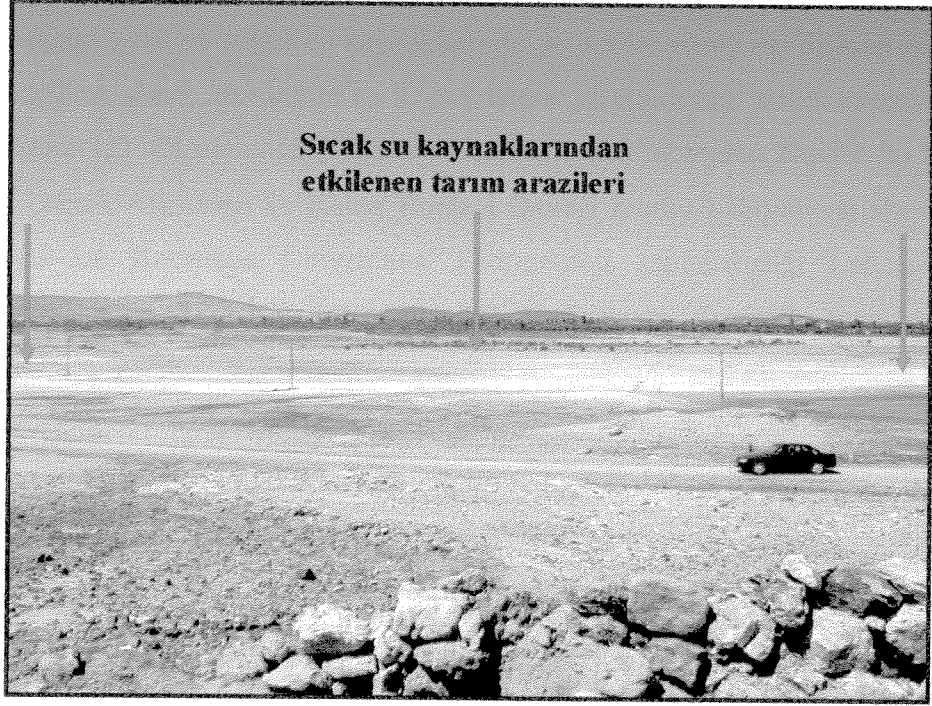
sedimentler içerisinde yer alır. Fe ve Mg'ü yüksek olan sıcak sular buralardan gelmektedir (11, 12, 13, 4 nolu sular). Sülfatın indirgenmesi sonucu sülfidler oluşmaktadır. Anoksik koşullar tuzlu sularda daha hızlı ilerlemekte (Drever, 1997) ve oluşan sülfidler metaller ile bileşik yaparak indirgenmekte, daha sonra metal sülfidlerin bakteri faaliyeti ile okside olması sonucu ağır metaller açığa çıkmaktadır. Tuzla'daki sıcak sularda As, genelde yağışlı dönemde yukarıda belirtilen nedenle yüksek değerlerde bulunurken, yeraltı suyunda As ve diğer ağır metallerde yağışlı dönemde artış göstermektedir. Çünkü, kurak dönemde kısmen oksijeni düşük olan (pH düşük) sulardaki ağır metaller bileşikler halinde yer alırken yağışlı dönemde oksidasyon ile (pH yükselir) yükseltgenerek suda çözünürler. Kurak dönemde sıcak suların Tuzla çayına olan boşalımı ve buharlaşma nedeniyle yüzeyde oluşan tuz çökelimlerinin (ağır metal tuzları da dahil), yağışlı dönemde yıkanarak sığ olan yeraltısuyuna ulaştığı düşünülmektedir. Yine de söz konusu yüzeyden süzülmenin çok fazla olmadığı analiz sonuçlarından anlaşılmaktadır. Yeraltı suları ile yaklaşık aynı klorür değerine sahip 3 nolu soğuksu kaynağı ile 22 nolu sıcak su kaynakları sıcak suların sahip olduğu bor konsantrasyonlarına benzer içeriğe sahiptirler. Bunda sıcak sular ile karışımın etkinliğinden çok, suların ilişkide bulunduğu lavlar ve trakiandezitler bünyesinde yer alan apatit mineralinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Kurak dönemde Tuzla dere suyunun EC, Cl, t değerleri, sıcak suların etkisi ile yükselmektedir. Sıcak sularda SO₄ konsantrasyonundaki artış bakteri faaliyeti ile metal sülfidlerin okside olması sonucu yükseldiği düşünülmektedir (Mützenberg, 1991). Özellikle yağışlı dönemde Tuzla dere EC, Cl, Na ve ağır metal içerikleri seyrelirken, bu dönemde yeraltı suyunda kurak döneme oranla daha yüksek ağır metal değerleri oluşu toprak yüzeyindeki yıkanma ile aşağıya infiltrasyondan (wash out) ötürüdür. Yani yağışlı dönemde özellikle Sr tuzları yıkanarak akifere geçiş göstermektedir. Ayrıca, elde edilen veriler sıcak su kaynaklarının inceleme alanındaki Tuzla deresini önemli ölçüde (yüzeysel suları) etkilediğini göstermektedir.

Çalışma alanının ana drenaj sistemini Tuzla çayı oluşturmakla birlikte kuzeyden, doğudan ve güneyden doğan dereler Tuzla çayı ile birleşerek Ege denizine dökülür. Tuzla çayı debisi yaz mevsiminde beslenmenin azalması ile birlikte çok düşmektedir. Tuzla sahasındaki sıcak su kaynaklarından sızan sular inceleme alanındaki derelere karışmaktadır. Bu alanlarda tuz konsantrasyonu oldukça yüksektir. Bazı alanlarda birikintiler oluşturmuştur. Kış mevsiminde, debisi özellikle yağışlarından ve doğudaki dağlarda karların erimesinden sonra artan Tuzla çayı,

yağış yoğunluğunun yüksek olduğu durumlarda yatağından taşarak çevredeki tarım arazilerine zarar verebilen düzensiz akışa sahip bir dere konumuna geçebilmektedir. Tuzla sahasındaki sıcak sular yüzeye çıktığı noktalarda gerek basınç gerekse sıcaklık azalışı nedeniyle su içinde erimiş halde bulunan mineraller katı faza geçerek yüzeyi ince bir örtü şeklinde kaplamakta ve toprak üzerinde ince bir kabuk oluşturarak yüzeyde beyaz bir görüntü oluşmasına neden olmaktadır (Şekil 43). Proje sahasının doğu kesimlerinde yer alan bu alanlar jeotermal sistemlerin toprağı etkilemesi nedeni ile tarım arazisi olarak kullanılmamaktadır (Şekil 44).



Şekil 43: Sıcaksu kaynağının Tuzla Çayına deşarj olduğu alanlardaki minerallerin birikimi



Şekil 44: Tuzla sıcak su kaynaklarından etkilenen tarım arazileri

5. TUZLA SAHASINDA SULARDA İZOTOP ÇALIŞMALARI

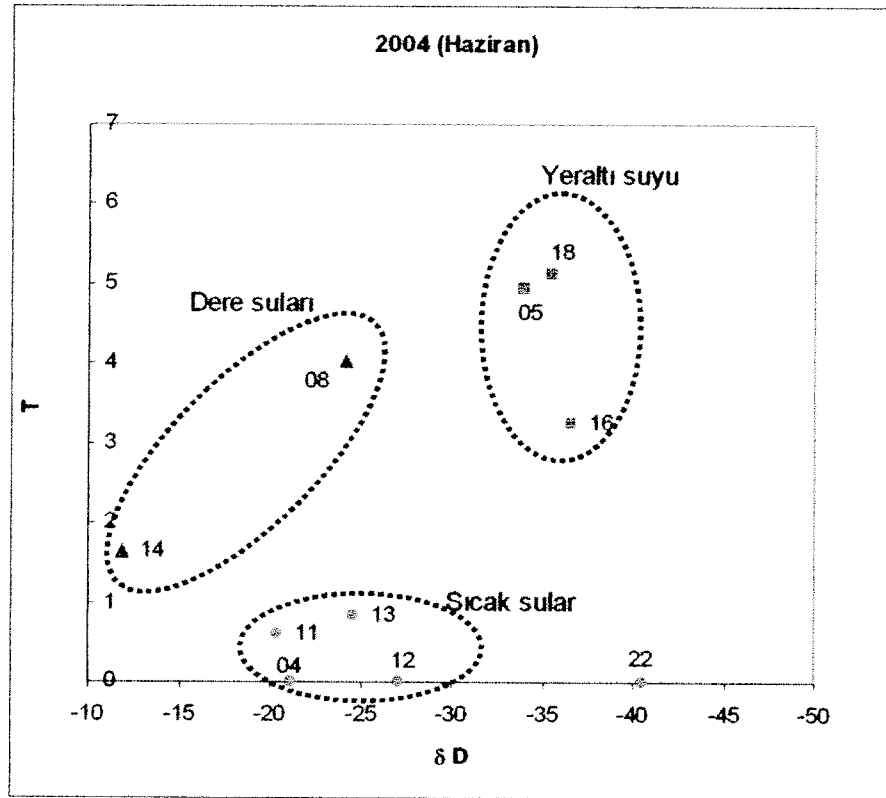
Tuzla sahasındaki sıcak ve soğuk su kaynaklarının (yeraltı ve yüzey su) ilişkilerini belirlemek amacıyla inceleme alanındaki bütün su kaynaklarının özelliklerini temsil edecek numuneler alınmıştır (Şekil 13). Oksijen -18 (^{18}O) ve Döteryum (D) izotopları Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Dairesi İzotop Laboratuvarlarında, Tritiyum (T) analizleri ise Hacettepe Üniversitesi Hidrojeoloji Mühendisliği Laboratuvarlarında yaptırılmıştır. Oksijen -18 (^{18}O), Döteryum (D) ve Tritiyum (T) analiz sonuçları EK-3'te sunulmuştur.

5.1. İnceleme alandaki su kaynaklarının izotopik açıdan değerlendirilmesi

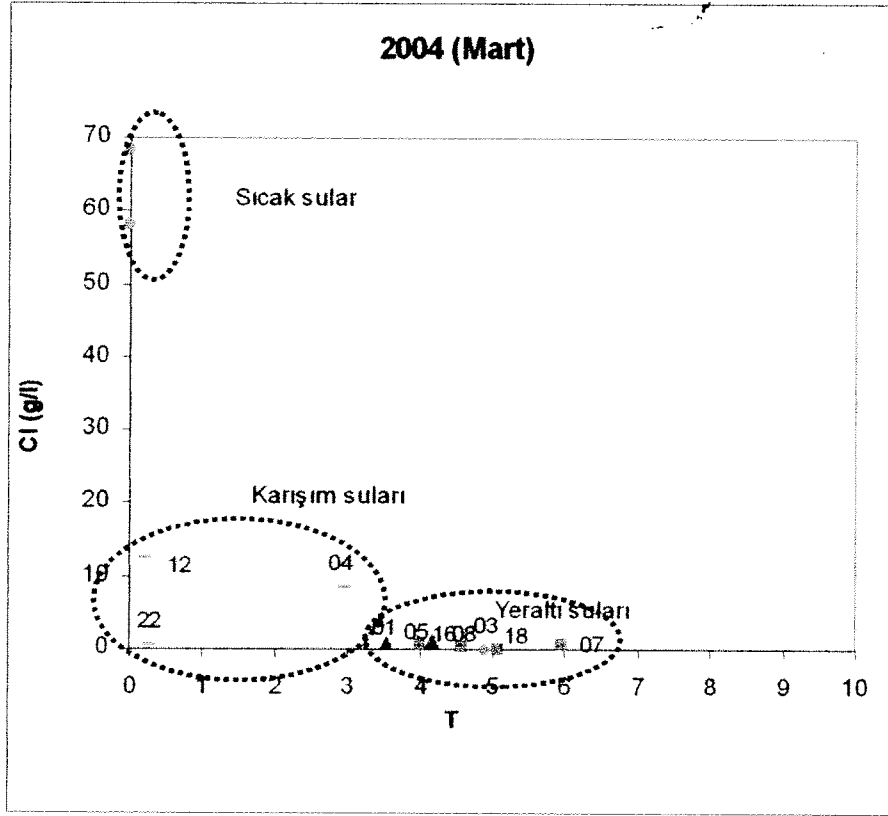
Tuzla sahasında yer alan sıcak sular esasen rezervuardan gelmekte olan ancak, üstteki soğuk yeraltı suları ile değişik oranlarda karışım gösteren sulardır. Sıcak sular, denizel kökenli evaporitik yataklardan çözünerek gelen sular olup, tatlı sular ile karışım göstermektedir. Sahadaki tüm sular meteorik kökenli olup, tatlı yeraltı suları ile connate (hapis) tuzlu suyun karışımından ibarettir. T- δD grafiği (Şekil 45) ile, yeraltı suları ile sıcak sular ve karışım suları ayırtlanmaktadır. Yüksek T ve düşük δD değerleri daha sık ve hızlı dolaşımdaki soğuksu akiferindeki yeraltı suyu dolaşımını gösterir iken, tuzlu sıcak sular daha pozitif δD ve daha düşük T değerlerine sahiptir. 4, 12 ve 22 nolu sular, yağışlı dönemde yeraltı suyu karışımını etkisi ile Cl, sıcaklık ve tritiyum değerlerinde azalma ile belirgindir. Ancak kurak dönemde 4 ve 12 nolu sular, derin sıcak su akiferinden gelen özelliklerine yeniden dönebilmektedir. Yani T değerleri düşük ve δD değerleri daha pozitif olan uzun süre dolaşımdaki sıcak suları temsil etmektedir. 22 nolu suda ise, sıcak su karışım miktarı son derece düşük, ancak alüvyondaki tatlı yeraltı suyuna göre daha derin dolaşımdaki bir suyu temsil etmektedir. Tatlı yeraltı sularına göre daha pozitif $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$ değerlerine sahip sıcak sular ile soğuksular arasındaki karışım mekanizması Cl-T, Cl- $\delta^{18}\text{O}$ ve Cl- δD grafiklerinden de görülmektedir. Cl-T grafiği (Şekil 46), sıcak sularda klorür yüksek ve T düşük, yeraltı suları ise düşük klorür ve nispeten yüksek T değerlerine sahiptir. Dere sularının da Cl oranları sıcak suların etkisiyle kurak dönemde artmaktadır. Bunun sonucu olarak kurak dönemde Tuzla dere suları da daha düşük tritiyum, $\delta^{18}\text{O}$ ve δD değerlerine sahip olmaktadır. Yine burada 4 ve 12 nolu sıcak sular yağışlı dönemde seyrelmiştir. Cl- δD (Şekil 47) ve Cl- $\delta^{18}\text{O}$ (Şekil 48) grafiklerinde karışım doğrusu görülmektedir. Burada yağışlı

dönemde yüksek Cl, $\delta^{18}\text{O}$ ve δD içerikli sıcak sular ile, düşük Cl, $\delta^{18}\text{O}$ ve δD içerikleri yeraltı suyu görülmektedir.

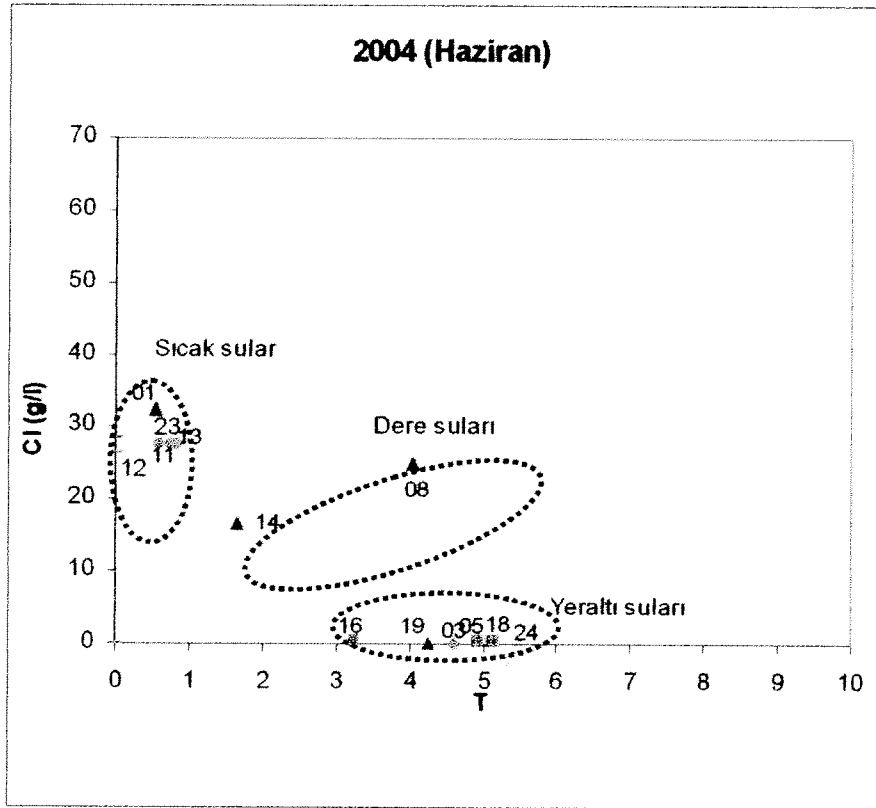
Yeraltı suyunun trityum değerleri yağışlı dönemde 4 - 5.96 TU, kurak dönemde 3.25- 5.15 TU arasında değişmektedir. 1 nolu Tuzla Dere kurak dönemde 0 trityumlu sıcak suların karışımı ile trityum değeri 3.55'den 0.55 TU değerine düşmektedir. Soğuk su kaynağında trityum değeri yeraltı suyu ile aynıdır. Kimyasal içerikleri benzer olan sular $\delta^{18}\text{O}$ ve δD için de benzer özelliklerdedir. 14 nolu dereye sıcak su karıştığı için trityum değeri düşük ve Na ve Cl yüksektir. Aslında 14 nolu dere örneği bir sıcak su çıkışının kendisidir. 11, 23, 04, 13 nolu sıcak su kaynakları yaklaşık aynı derinlikten gelmektedir. Yeraltı suyu karışımı 12 nolu soğuk su ile az, 22 nolu su ile çok oranda etkilidir. 22 nolu suya soğuk su karışımı çok olmaktadır. 12 nolu su ise karışım suyudur.



Şekil 45: İnceleme alanı sularında T- δD ilişkisi

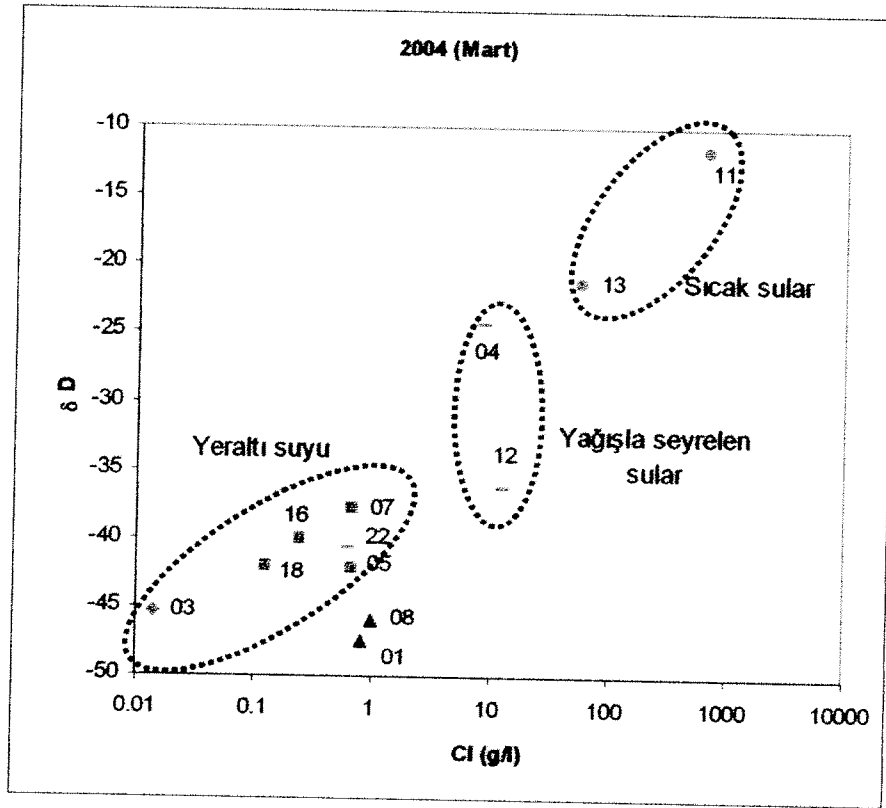


Şekil 46a: İnceleme alanı sularında Cl-T ilişkisi



Şekil 46b: İnceleme alanı sularında Cl-T ilişkisi

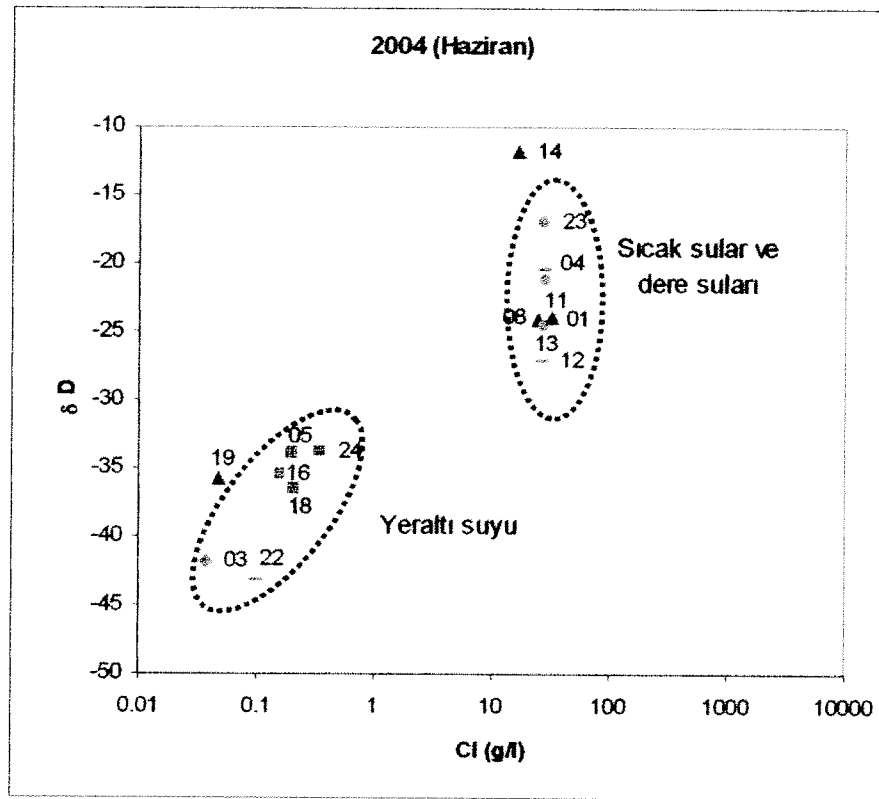
Tuzla'daki yeraltı suyu akiferi düşük verimli alüvyon akifer özelliğindedir. Tuzla sıcak sularının 45 nolu şekilde grafikte su-kayaç ilişkisinden dolayı $\delta^{18}\text{O}$ 'ce zenginleşmeye uğradıkları ve T değerleri 4-6 TU civarında değişen nispeten yaşlı yeraltı suyundan oldukça farklı bölgede olduğu, 12 nolu sıcak suyu, soğuk yeraltı suları ile karışım doğrusu üzerinde yer aldığı görülmektedir. Sıcaklığın 150 °C'nin üzerine çıkması ile water-rock ilişkisi gerçekleşir (Hoefs, 1987) ve $\delta^{18}\text{O}$ daha pozitif bir değer alır. 22 nolu sıcak suyun da yeraltı sularının yoğun etkisinde olduğu izlenmektedir. 1 ve 8 nolu Tuzla dere suları yağışlı dönemde çalışma sahasının yüksek kotlarına düşen yağışlardan beslenen yüzey suları özelliğinde iken, kurak dönemde sıcak suların etkisinde kalmakta ve akış özelliğini kimi zaman yitirerek ve buharlaşmaya maruz kalarak tuzluluk parametreleri bakımından (Cl ve EC) bazı sıcak sulardan daha yüksek değerlere ulaşmaktadır. Kurak dönemde sıcak suların etkisi ile karışım doğrusu üzerine yer değiştiren Tuzla dere'nin $\delta^{18}\text{O}$ ve δD değerlerinde bu nedenle zenginleşme olmaktadır.



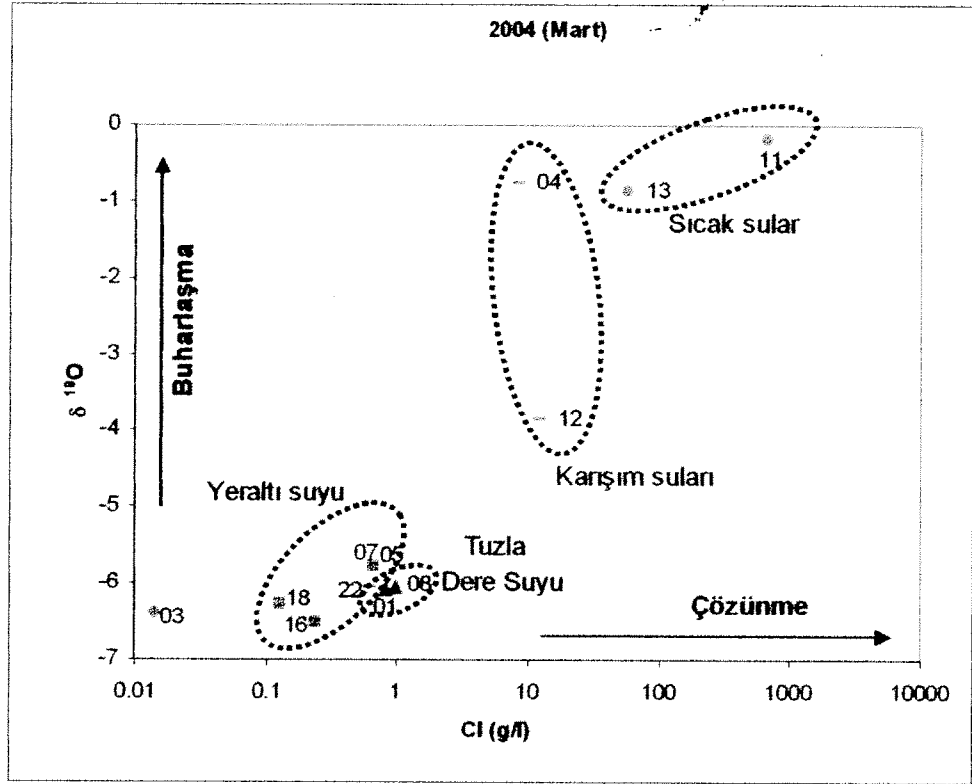
Şekil 47a: İnceleme alanı sularında Cl- δD ilişkisi

13, 4, 11 nolu sıcak sular kurak ve yağışlı dönemde izotopik içerikleri bakımından önemli değişme göstermezken, yeraltı sularında kurak dönemde buharlaşmanın etkisi ile $\delta^{18}\text{O}$ ve δD

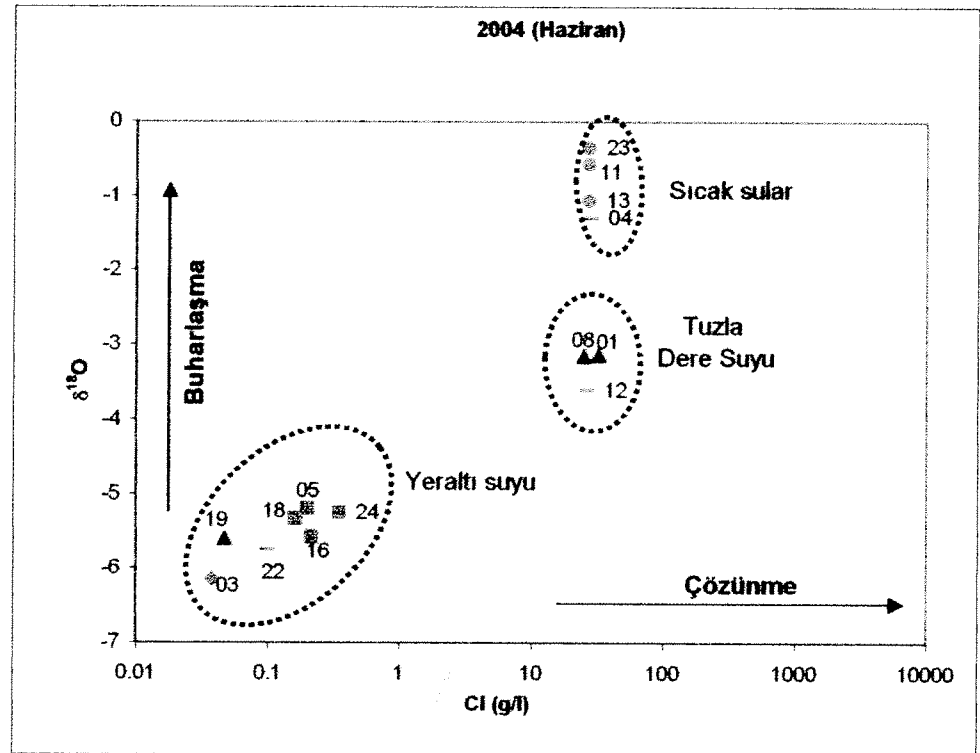
değerlerinde artış görülmektedir. $\delta^{18}\text{O}$ - δD grafiğinde (Şekil 49a,b,c) yeraltı suyunun lokal yağışlardan beslendiğini göstermektedir. Daha pozitif $\delta^{18}\text{O}$ ve δD değerlerinde sahip yaşlı sıcak sular ise daha düşük $\delta^{18}\text{O}$ ve δD değerlerindeki soğuk yeraltı sularından ayrılmaktadır. Karışım doğrusu üzerinde yer alan 12 nolu su örneği dışında kurak dönemde sıcak suların yoğun etkisi altında olan Tuzla dere suyu da karışım doğrusu üzerine gelmektedir. Sıcak suların δD değerleri deniz suyuna oranla daha düşüktür. 4, 11 ve 13 nolu sıcak suların $\delta^{18}\text{O}$ değerleri yaklaşık aynı ancak δD değerlerinde farklılık vardır. δD değerlerindeki azalma killerin ultrafiltrasyon etkisi ile açıklanabilir. Killerin dehidrate olması δD değerlerinde azalmaya yol açmaktadır (Savin ve Epstein,1970). 11 nolu sıcak su örneği başta Sr olmak üzere Mn, Al, Pb, Fe ve As yönünden yüksek değerlerdedir. Trityum değerinin "0" dolayında olması beslenimin eski ve beslenme yolunun uzun olduğuna işaret etmektedir. pH 5.6 civarında olup CO_2 yüksek olduğundan Na (3 kat artmış) çözünürlüğü artmıştır. Trityum değeri düşük $\delta^{18}\text{O}$ ve δD değerlerinin yüksek olması çevrimde uzun kaldığının ve derinden beslenen jeotermal su olduğunu göstermektedir.



Şekil 47b: İnceleme alanı sularında Cl- δD ilişkisi



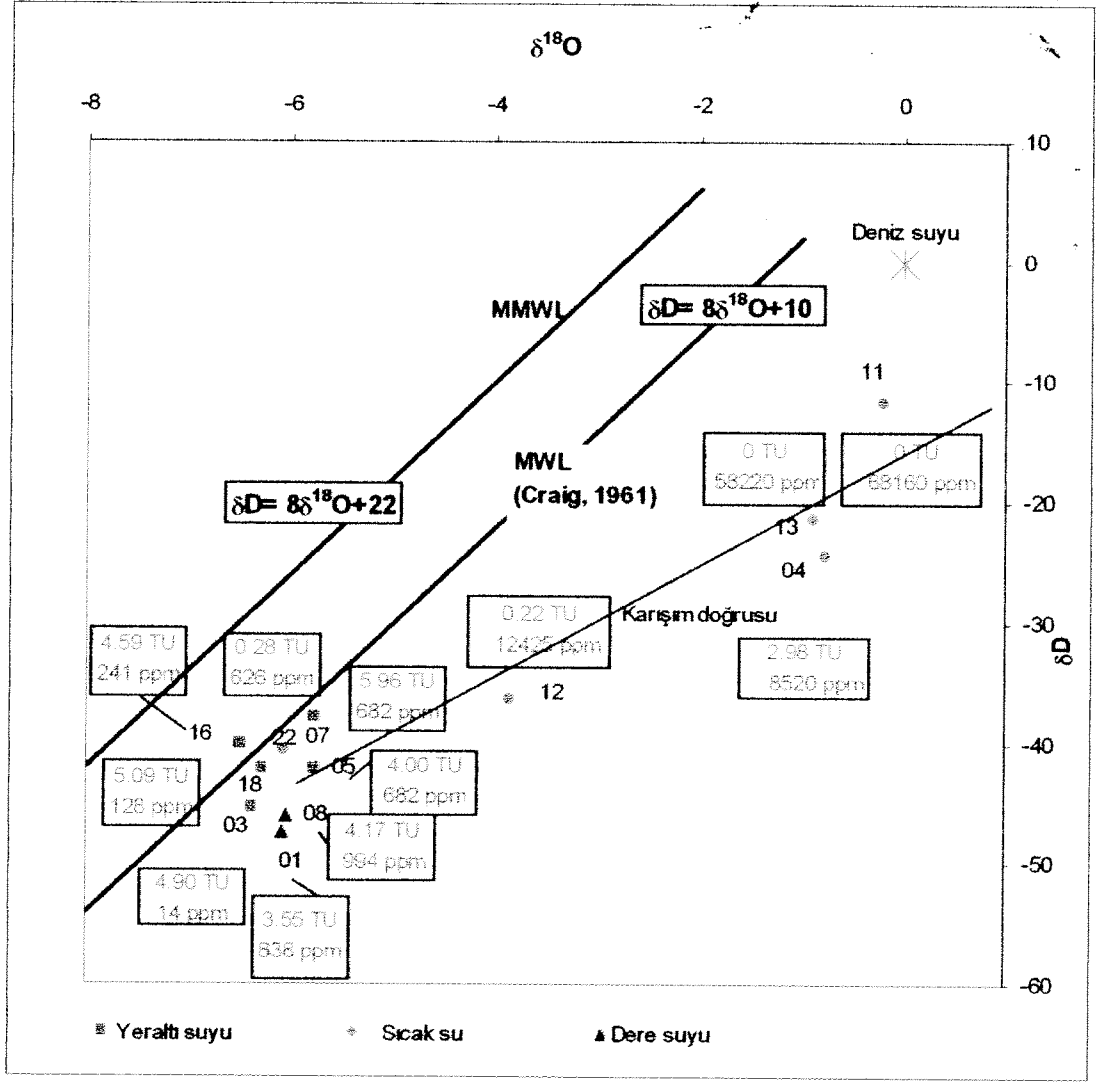
Şekil 48a: İnceleme alanı sularında Cl- $\delta^{18}O$ ilişkisi



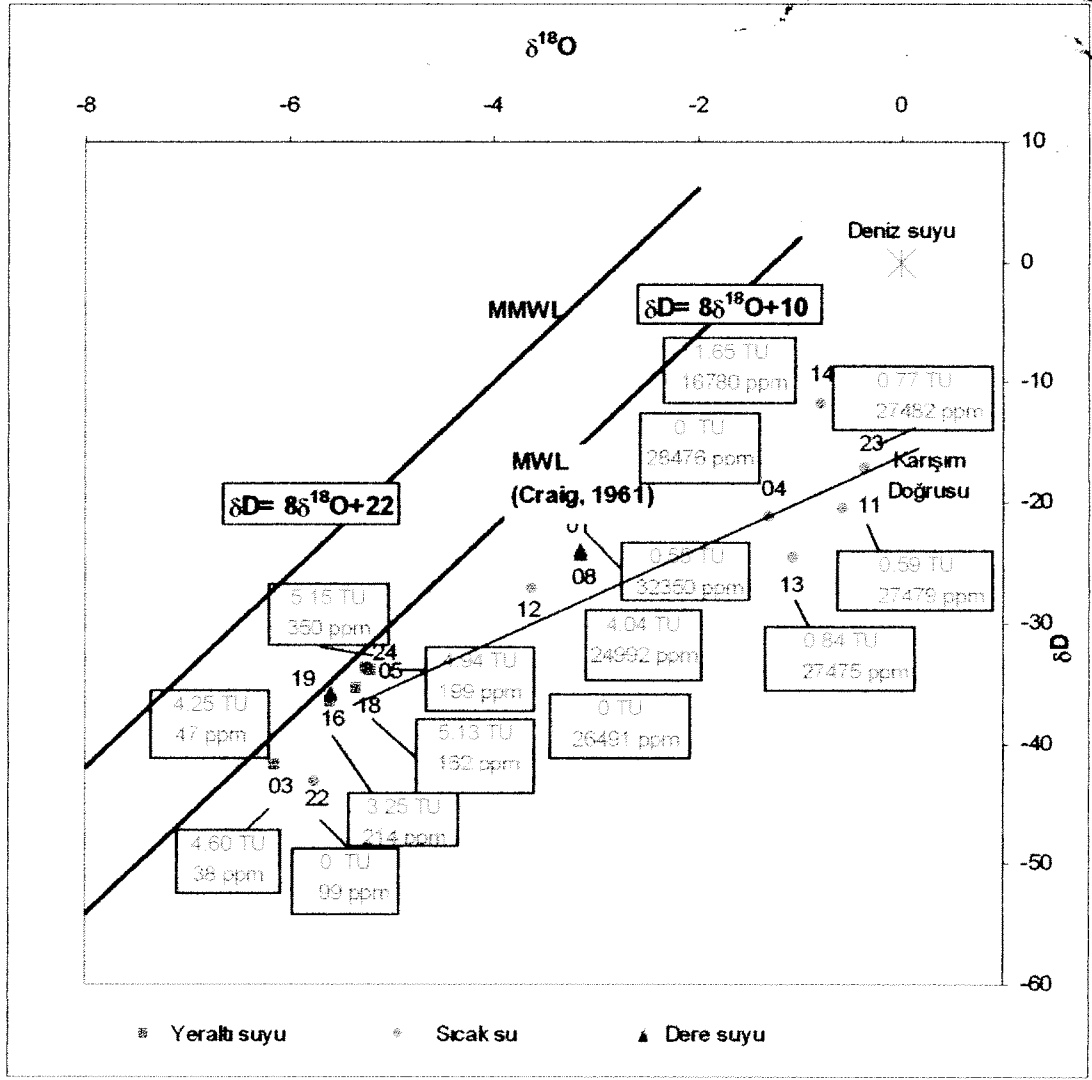
Şekil 48b: İnceleme alanı sularında Cl- $\delta^{18}O$ ilişkisi

T- $\delta^{18}\text{O}$ grafiğinde (Şekil 50) yeraltı suyu yüksek T ve düşük ^{18}O değerleri ile sıcak sular düşük T ve yüksek $\delta^{18}\text{O}$ değerlerine sahip sıcak suların karışımıdır. 4 ve 12 nolu sular daha yaşlı yeraltı suyu ile sıcak suların karışımıdır. log EC -T grafiğinde (Şekil 51) sığ dolaşımdaki yeraltı suyunun EC'si düşük, T değerleri yüksek, derin dolaşımdaki sıcak sular ise düşük T ve yüksek EC değerleri ile belirgindir. 12 ve 4 nolu örnekler yeraltı suyu karışımı ile seyrelmiştir. 22 nolu su derin kökenli ve 1952 öncesi yağışlar ile beslenen sularındandır. 22 nolu su kurak dönemde daha çok yeraltı suyunun etkisinde olan, önemli miktarda karışımın olmadığı (sıcaklık sabit, klorür değeri kurak dönemde düşmekte) bir akiferi temsil etmektedir.

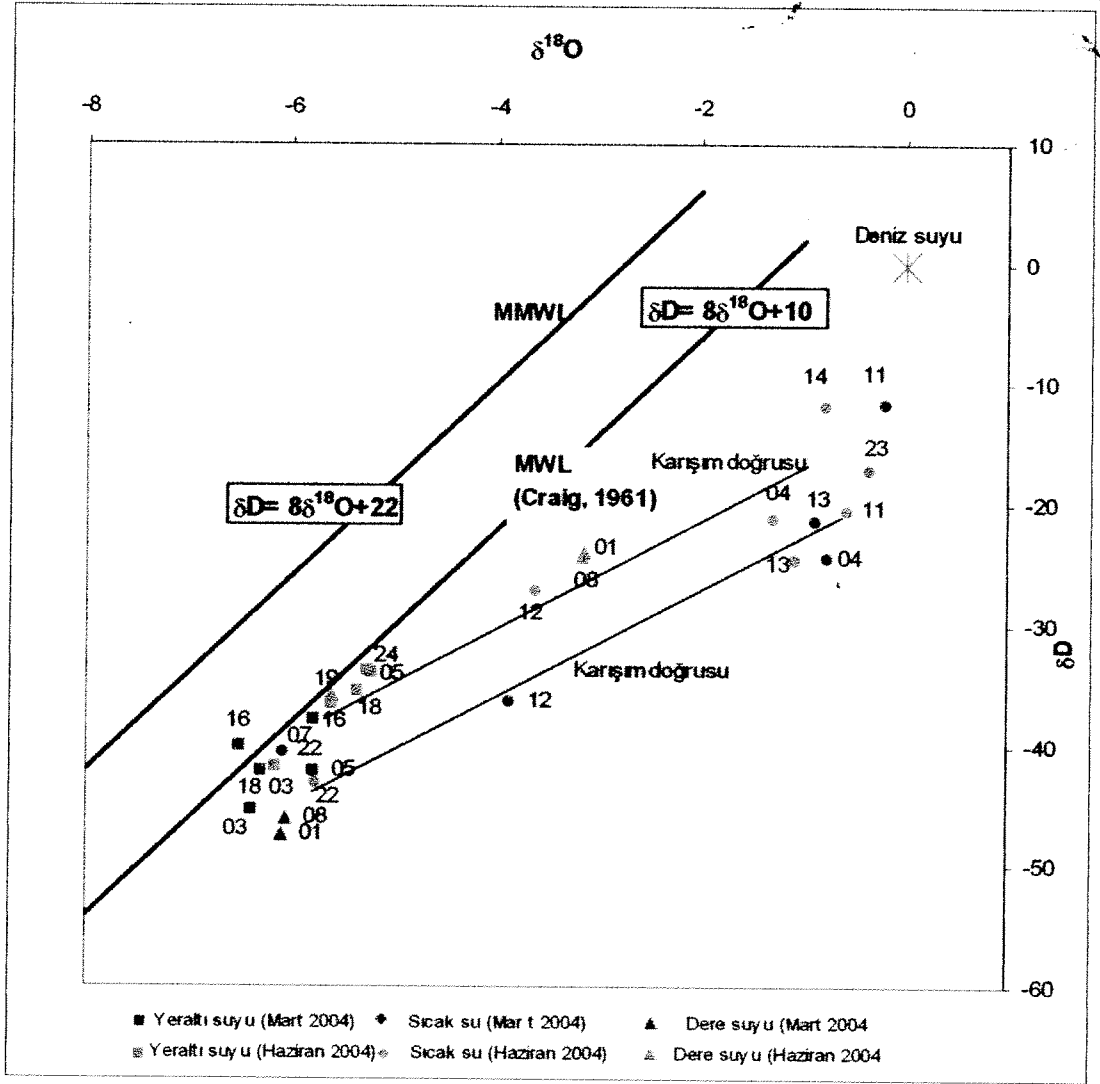
Yeraltı suyunda kurak dönemde $\delta^{18}\text{O}$ ve δD değerlerinde artış görülmektedir. Görülen bu artışın sıcak suların yeraltı suyuna dere vasıtası ile süzülmesinden değil buharlaşmadan kaynaklandığı, 1 ve 8 nolu Tuzla dere örneklerinde kurak dönemde görülen Cl ve EC' deki sırasıyla 30-40 ile 10-30 katlara varan artıştan 5, 24, 16 ve 18 nolu yeraltı suyu örneklerinin etkilenmediği görülmüştür. 4 ve 12 nolu sıcak su örnekleri ise, yağışlı dönemde gerek T ve pH değerlerindeki artış ve gerekse sıcaklık ve Cl değerlerindeki azalma ile yeraltı suyunun etkisi ile seyreltiği anlaşılmaktadır. 4 nolu su örneğinin yağışlı dönemdeki yeraltı suyu karışım oranı % 12.4 dolayındadır. Karışım doğrusu üzerinde yer alan 12 nolu su örneğinin klorür değerleri dikkate alındığından karışım oranı %18 civarındadır (%18 oranında yeraltı suyu karışmaktadır) (Şekil 49). Bununla birlikte log TDS'e karşı çizilen $\delta^{18}\text{O}$ ve δD grafiklerinde (sırasıyla Şekil 52 ve Şekil 53) 12 ve 4 nolu örneklerde $\delta^{18}\text{O}$ 'in kurak dönemde değişmesine karşın TDS'in 2 kat artış göstermesi buharlaşmadan değil, çözünmenin rol oynadığını göstermektedir. Termal su, güncel deniz suyuna göre daha yüksek oranda Cl içermekle birlikte daha düşük δD değerlerinde ise, bu durum sıcak suyun kaynama sürecinde değişikliğe uğradığını, olasılıkla denizel kökenli suların çökmesi ile oluşan evaporitik kayaçların çözünmesini izleyen derinlerdeki aşırı buharlaşmanın sonucu ortaya çıkabileceği ileri sürülmektedir (Panichi vd., 2000). 51 nolu şekilde 22 ve 3 nolu suların yıllık yağışlardan etkilenmemekte ve daha negatif $\delta^{18}\text{O}$ değerleriyle daha yüksek kotlardan beslendiği ancak trityumdaki farklılık nedeniyle 22 nolu sıcak suyun daha eski (1952'den önceki yağışlar) bir su olduğu söylenebilir. Yeraltı suları lokal yağışların uzun dönemdeki besleme etkisinde olup, yeni yağışların (yıllık yağışların) etkisi görülmemektedir. Yeraltı suyunun trityum değerleri (Şekil 54 a,b) 4-6 TU arasında değişmektedir. $\delta^{18}\text{O}$ (Şekil 55 a,b) ve δD (Şekil 56 a,b) ile kurak ve yağışlı dönemdeki değişimler harita üzerinde verilmiştir.



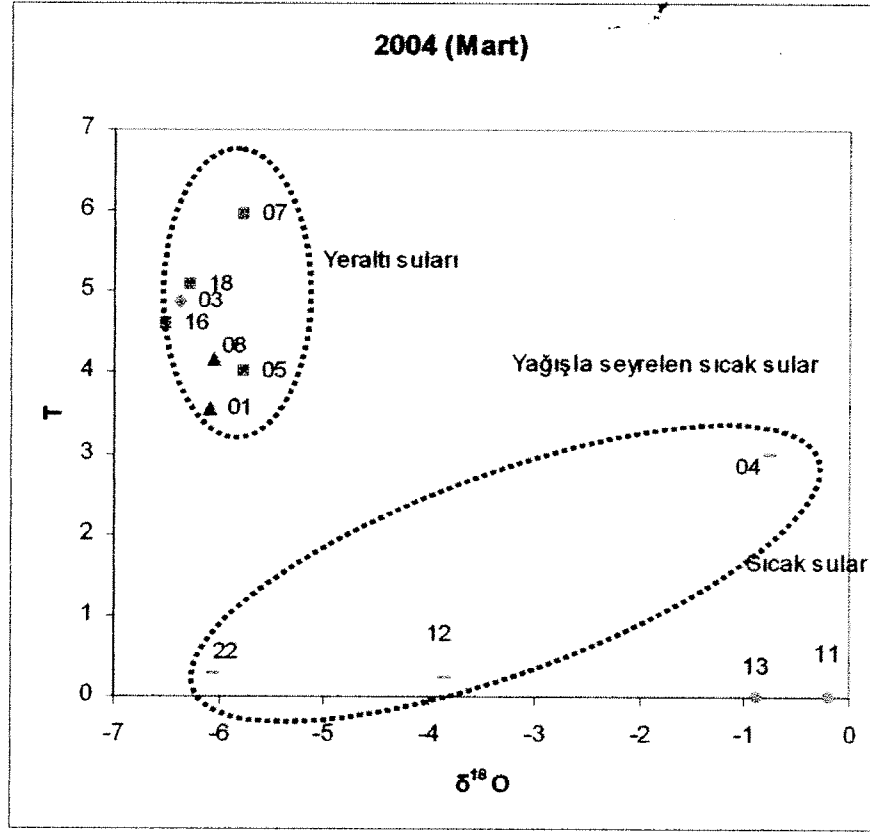
Şekil 49a: İnceleme alanı sularında $\delta^{18}O$ - δD ilişkisi (Mart-2004)



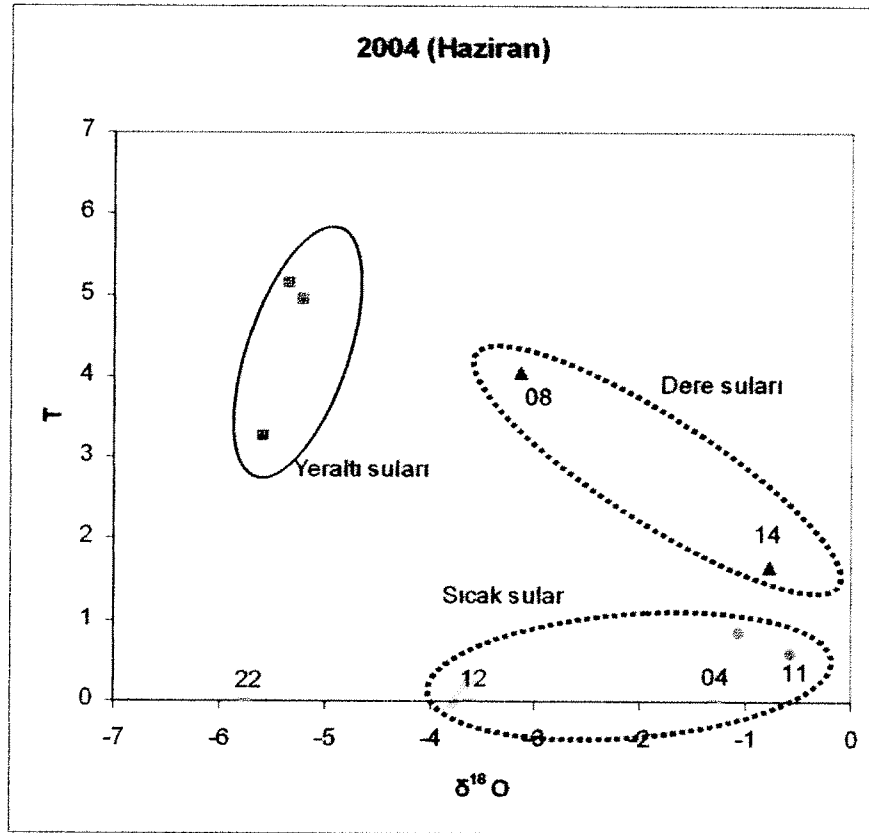
Şekil 49b: İnceleme alanı sularında $\delta^{18}\text{O}$ - δD ilişkisi (Haziran 2004)



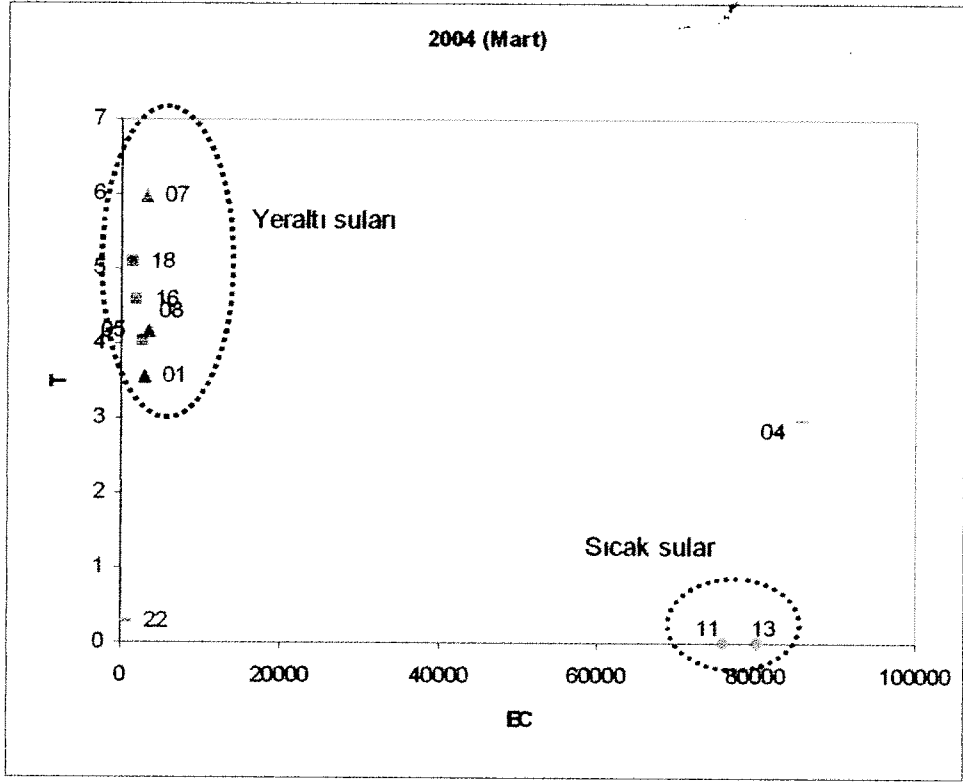
Şekil 49c: İnceleme alanı sularında $\delta^{18}\text{O}$ - δD ilişkisi



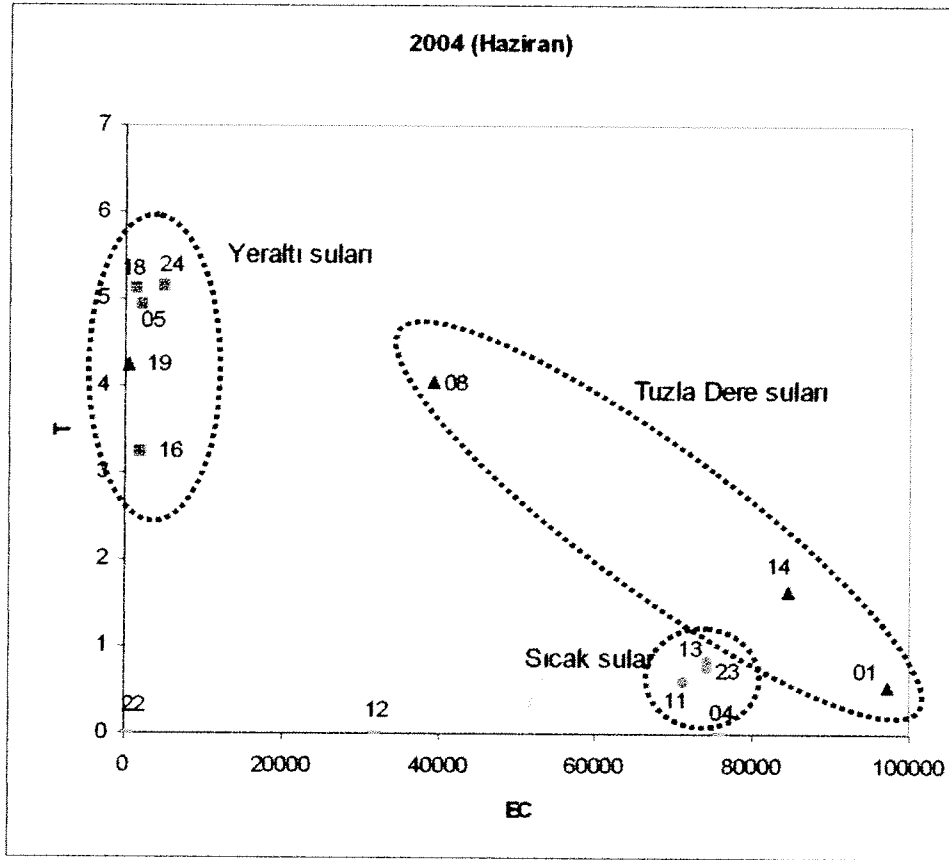
Şekil 50a: İnceleme alanı sularında T- $\delta^{18}O$ ilişkisi



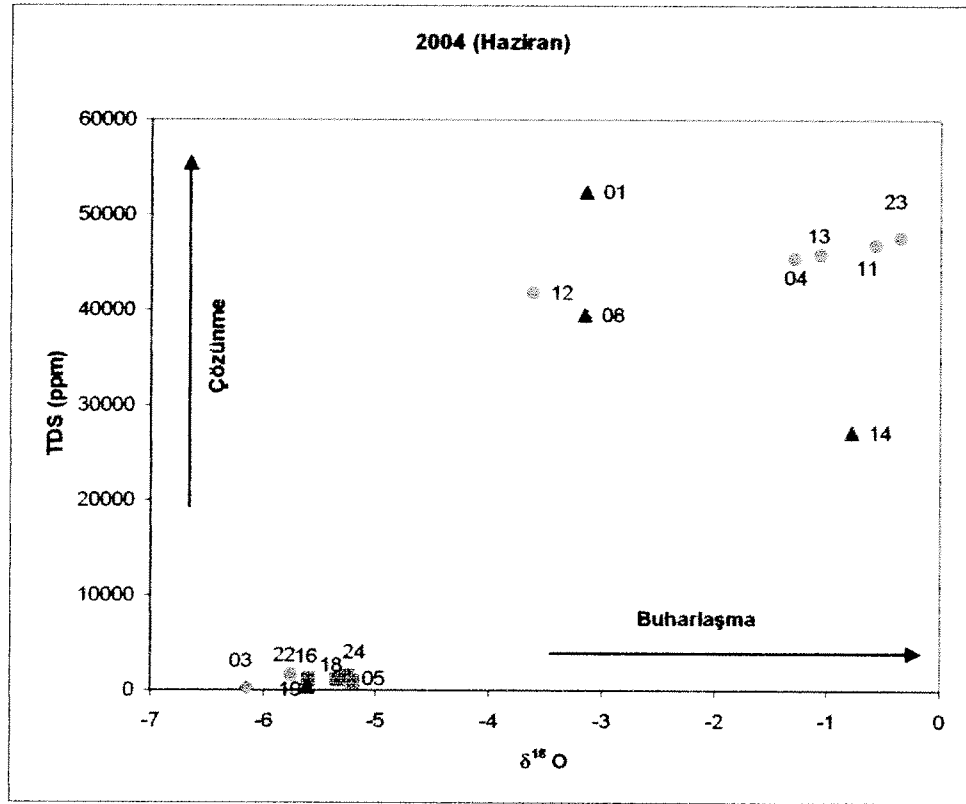
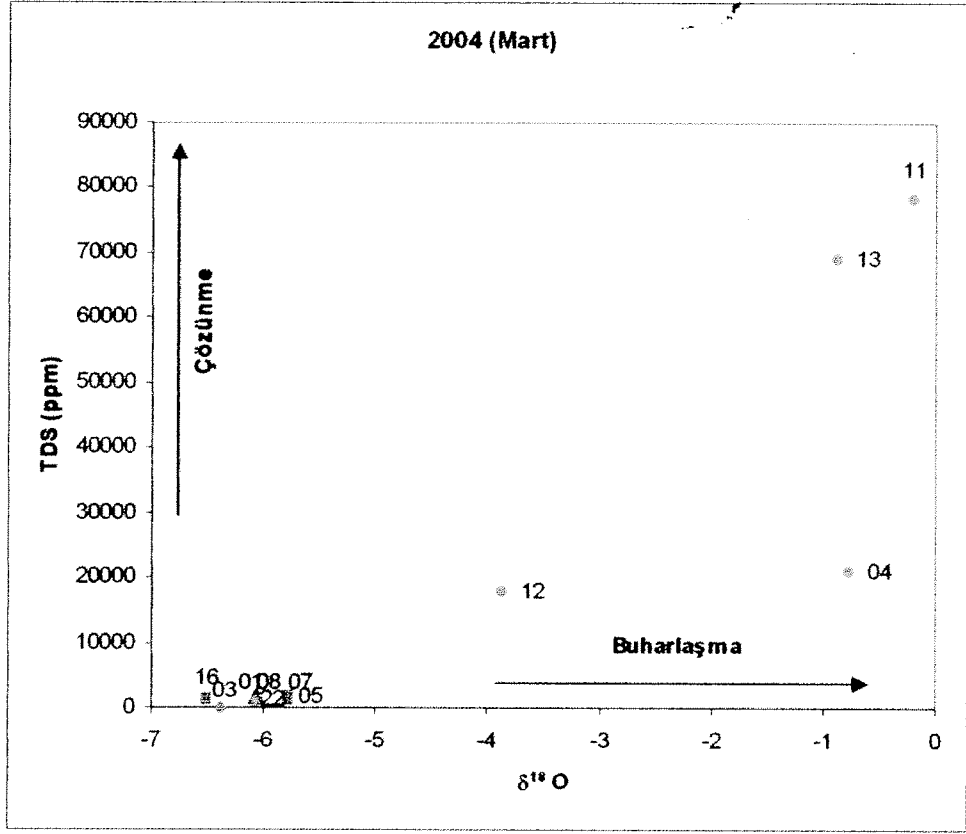
Şekil 50b: İnceleme alanı sularında T- $\delta^{18}O$ ilişkisi

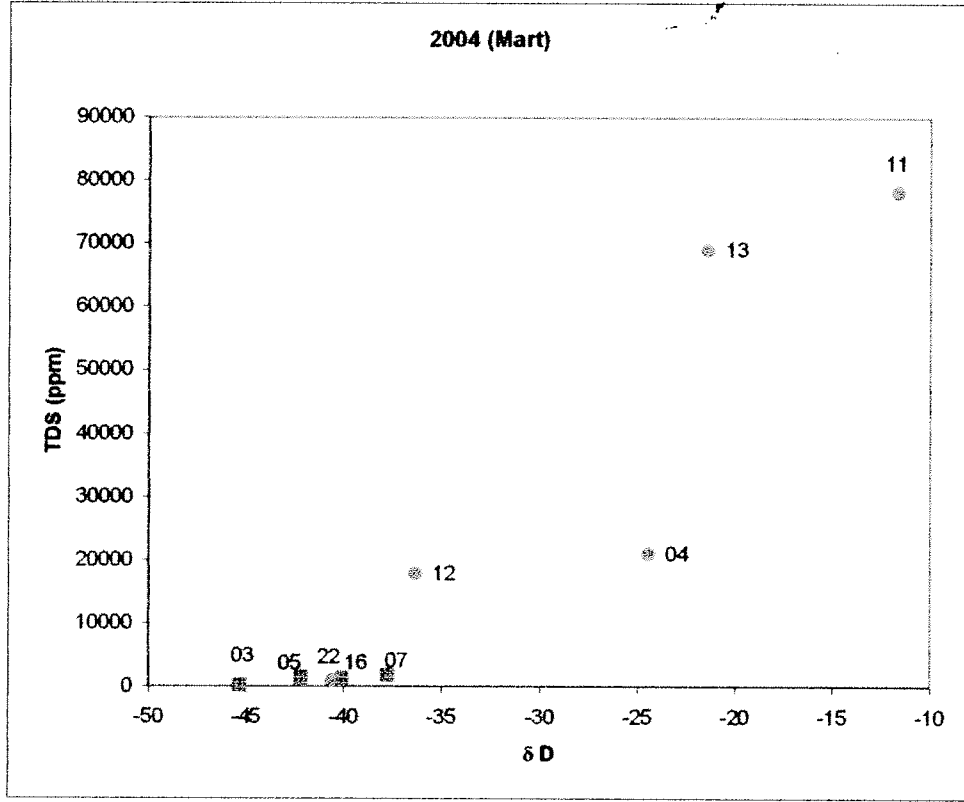


Şekil 51a: İnceleme alanı sularında T-EC ilişkisi

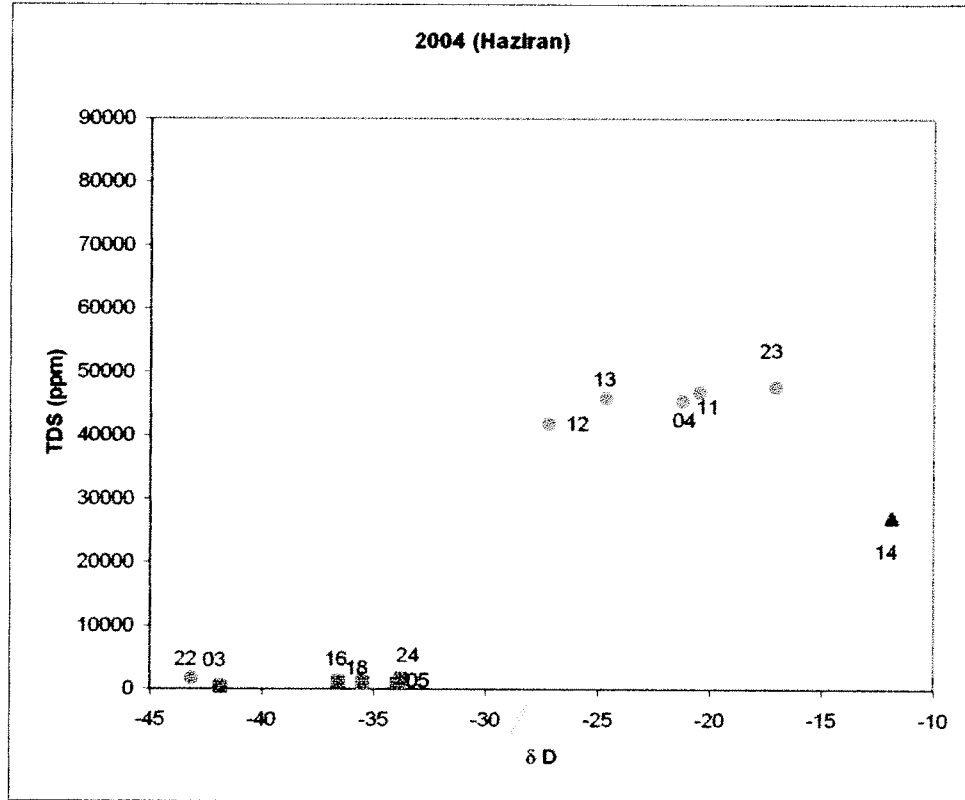


Şekil 51b: İnceleme alanı sularında T-EC ilişkisi

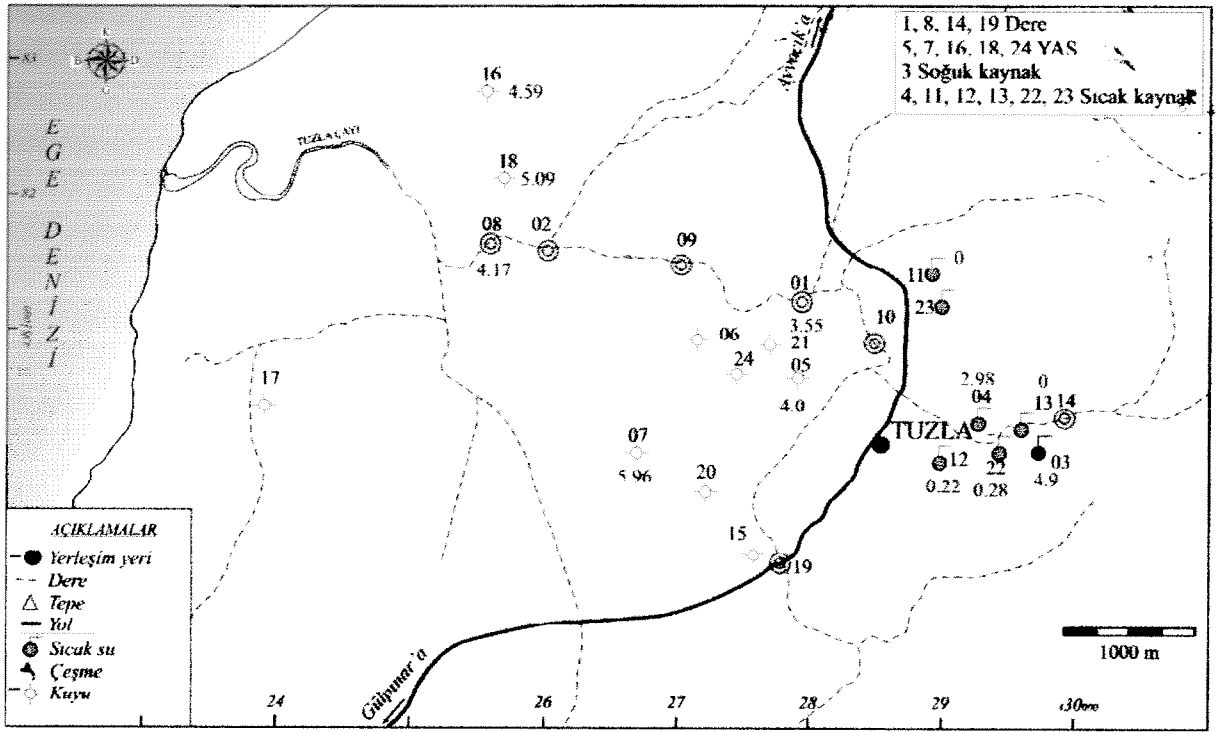




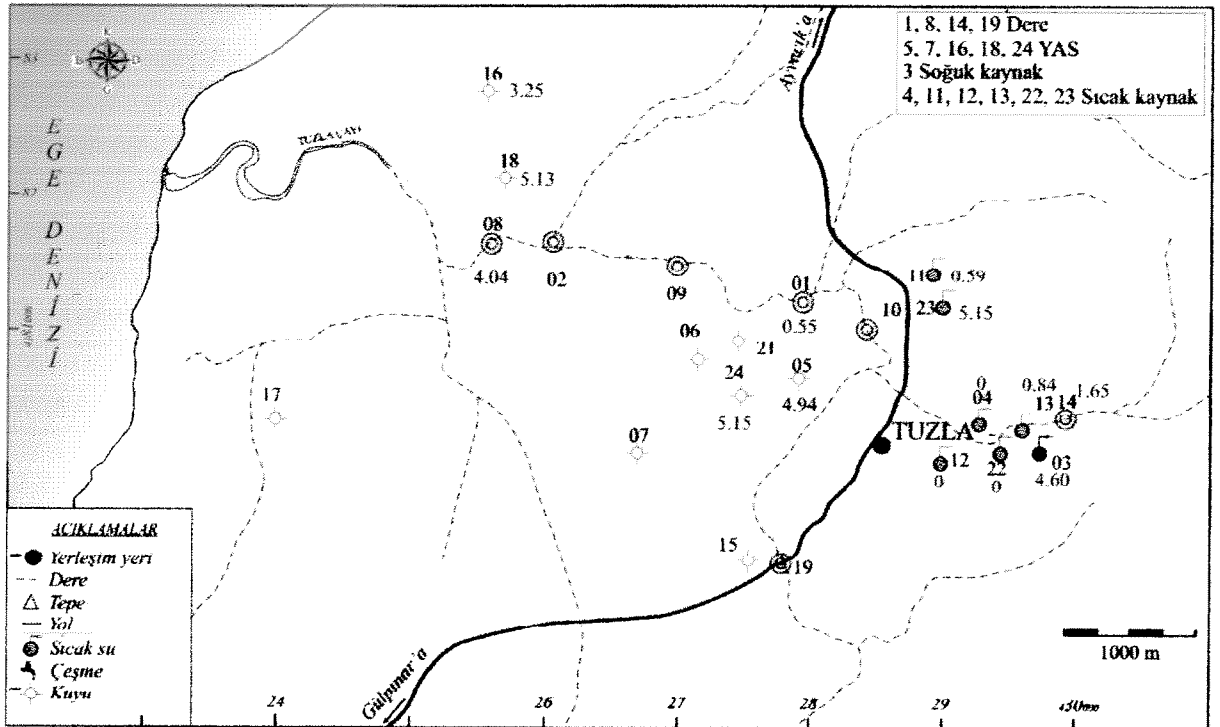
Şekil 53a: İnceleme alanı sularında TDS- δ D ilişkisi



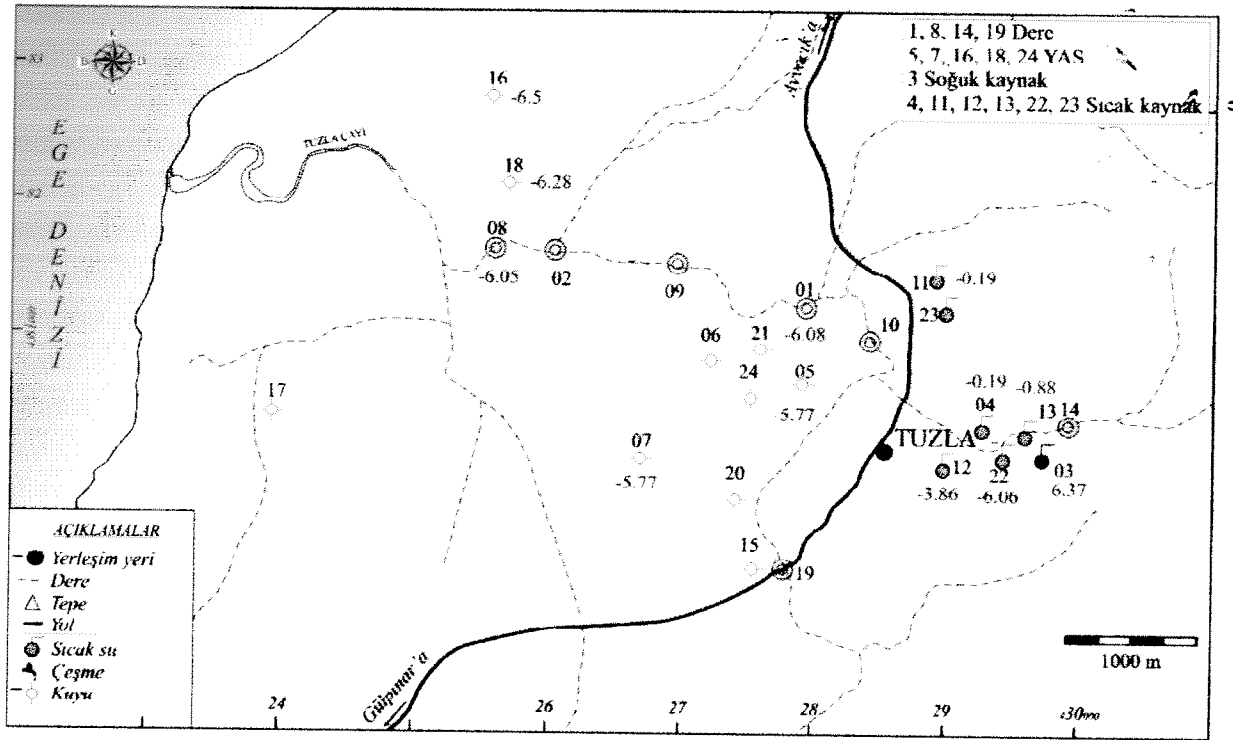
Şekil 53b: İnceleme alanı sularında TDS- δ D ilişkisi



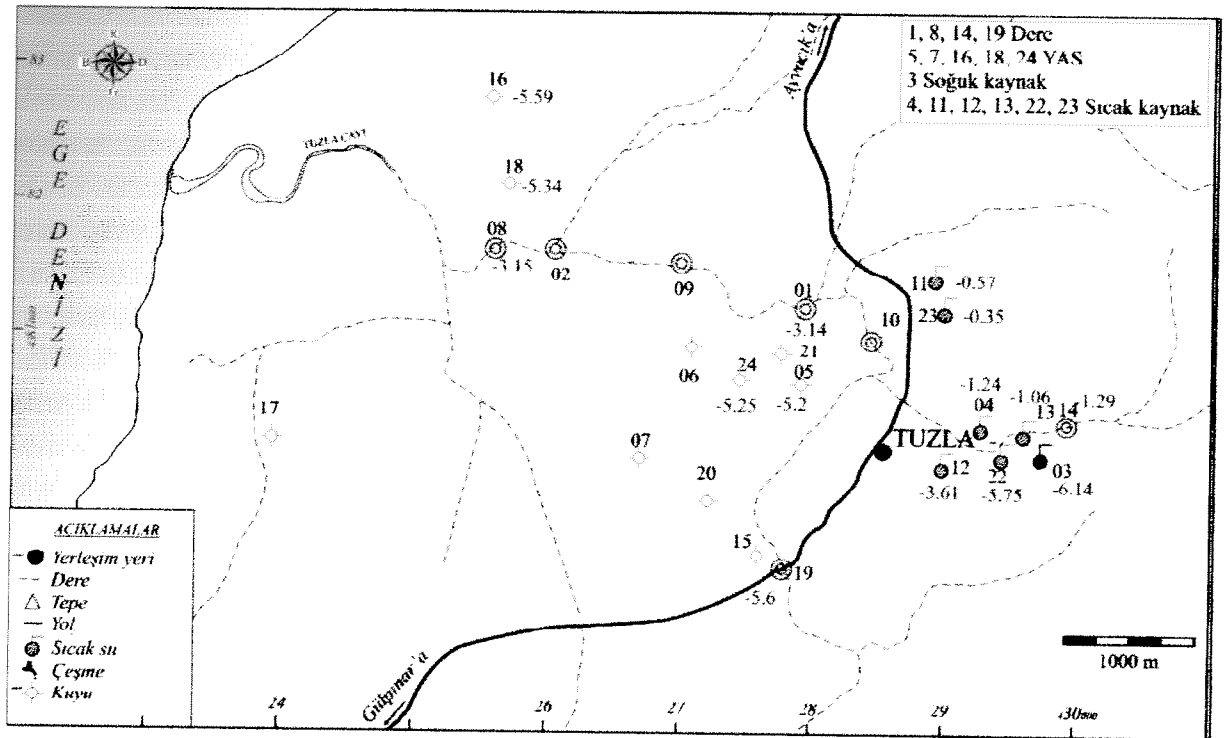
Şekil 54a: İnceleme alanı sularında T dağılımı



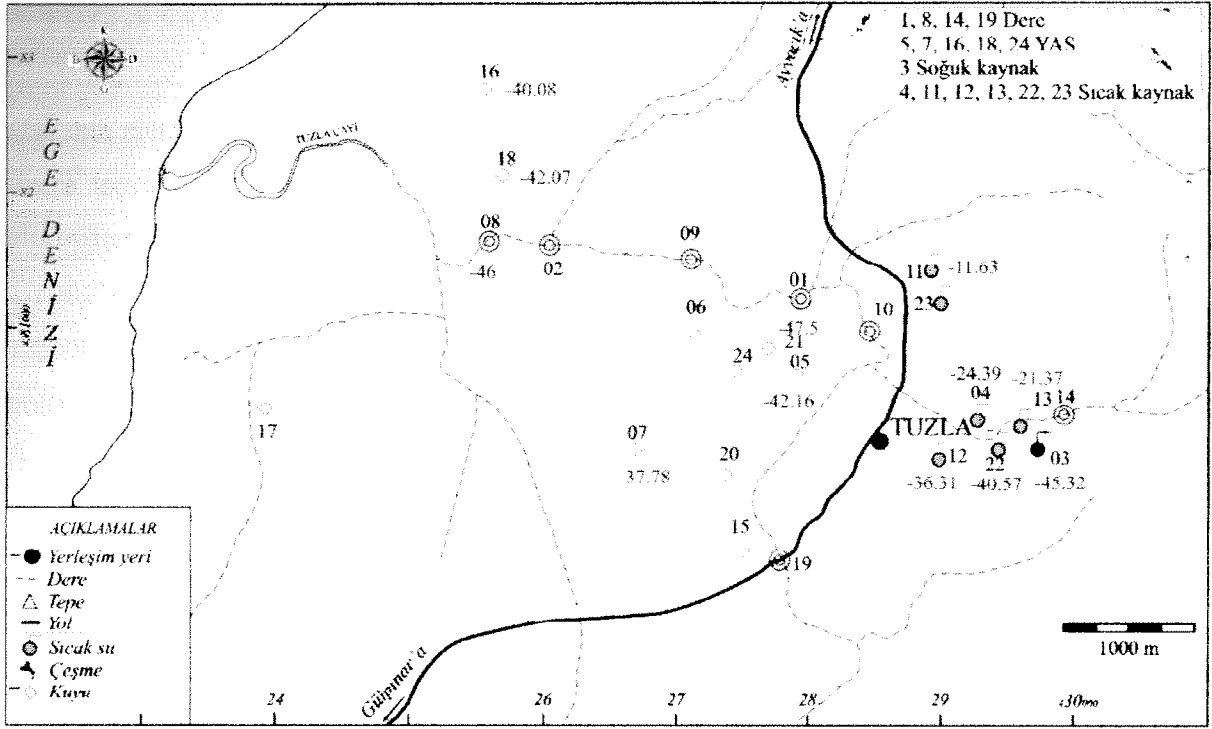
Şekil 54b: İnceleme alanı sularında T dağılımı



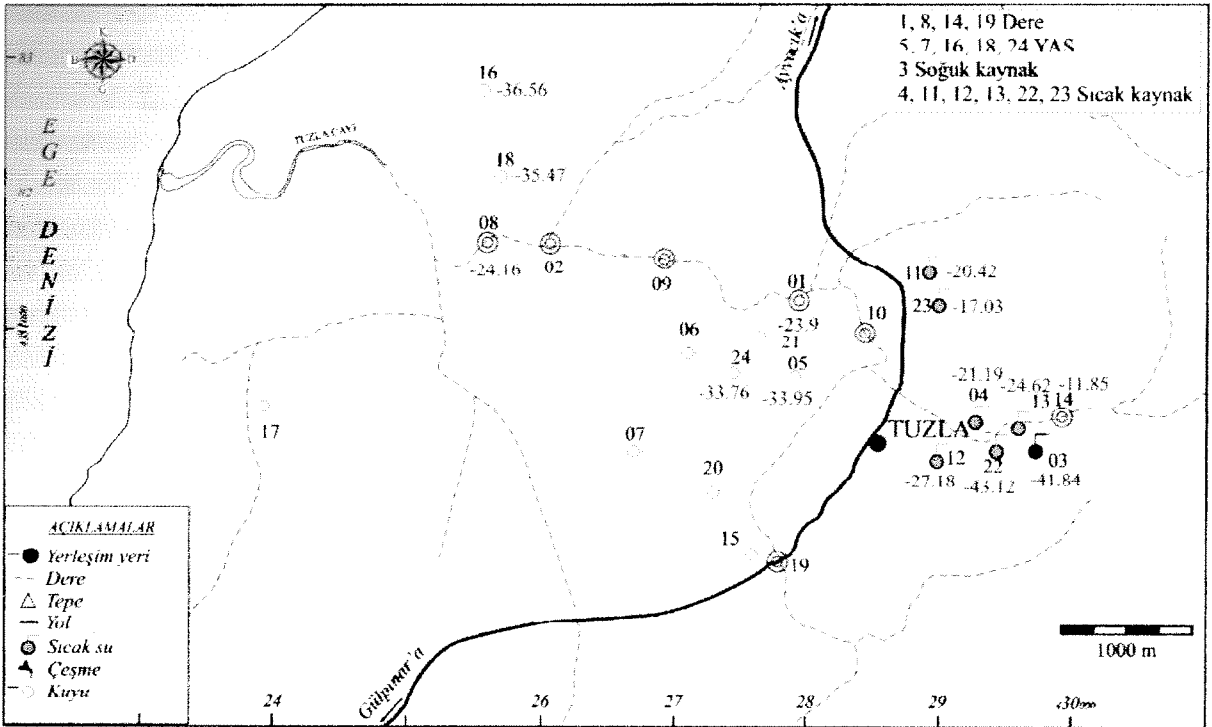
Şekil 55a: İnceleme alanı sularında $\delta^{18}\text{O}$ dağılımı



Şekil 55b: İnceleme alanı sularında $\delta^{18}\text{O}$ dağılımı



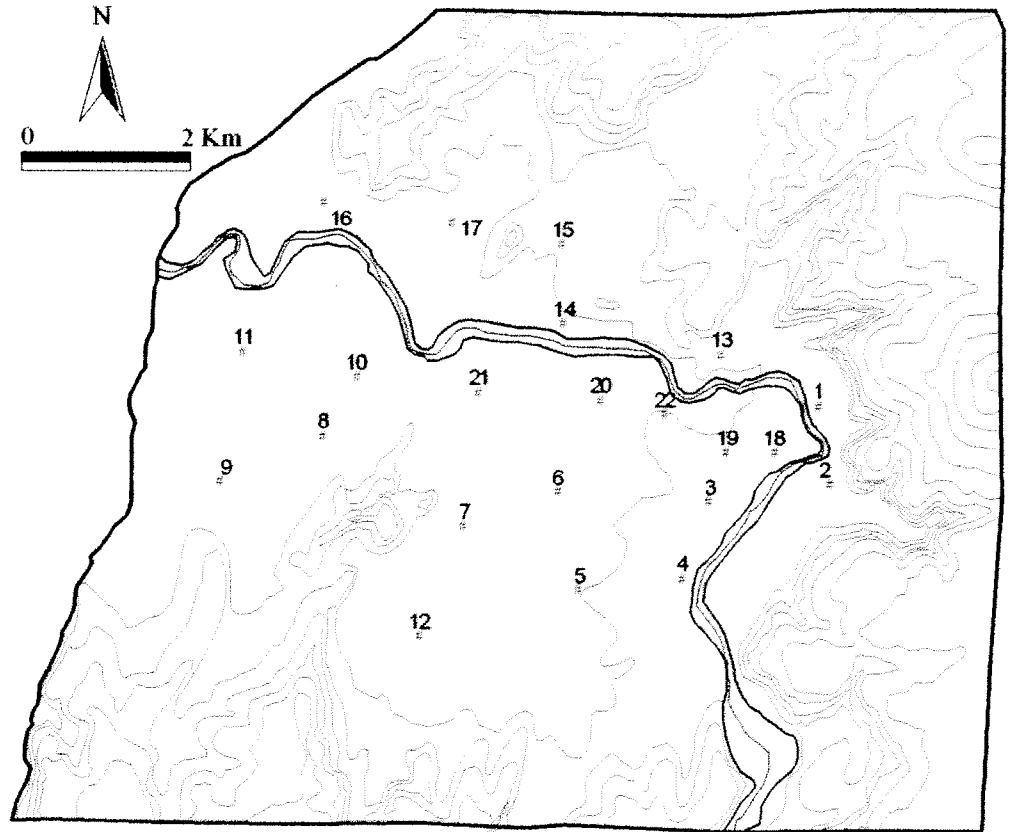
Şekil 56a: İnceleme alanı sularında δD dağılımı



Şekil 56b: İnceleme alanı sularında δD dağılımı

6. TUZLA SAHASINDAKİ TOPRAKLARIN GENEL ÖZELLİKLERİ

Çalışma alanında toplam 22 noktada profil derinliğinde 0-30, 30-60, 60-90, 90-120 cm olmak üzere toprak profil derinliğinin kısıtlayıcı etmenlere bağlı olarak toplam 86 toprak örneği alınmıştır (Şekil 57). Örnekleme noktalarının belirlenmesinde 1/25000 ölçekli jeoloji haritası, 1/100000 ölçekli toprak il envanter raporu (büyük toprak grubu bazında hazırlanmış), 1/25000 ölçekli topoğrafik harita ve 1/30000 ölçekli 1967 yılına ait hava fotoğrafları kullanılmıştır. Büro çalışmalarında mevcut haritaların incelenmesi sonucunda farklı fizyografik üniteler belirlenmiş ve belirlenen fizyografik üniteleri temsil edecek şekilde örnekleme noktaları seçilmiştir. Seçilen örnekleme noktaları arazide GPS aleti kullanılarak koordinatları belirlenmiştir. Profilde toprak örnekleri auger burgu kullanılarak alınmış ve arazide etiketlenmiştir (Şekil 58). Toprak örnekleri laboratuvarında kurutulmuş, 2mm'lik elekten elenmiş ve analize hazır hale getirilmiştir. Örneklerde (Tablo 2 ve 3),



Şekil 57: Toprak örnekleme noktaları

Toprak tekstürü: Toprak tane irilik dağılımı (toprak tekstürü) 2 mm'lik elekten elenmiş, bozulmuş toprak örneklerinde 2 paralelli olarak Bouyoucos (1951)'de belirtilen esaslara göre hidrometre yöntemiyle yapılmıştır.

Total tuz: Örnekler saf su ile 1:2.5 oranında karıştırılmış ve LF 320 model WTC marka EC metre ile ölçülmüştür.

pH: Örnekler saf su ile 1:2.5 oranında karıştırılmış ve hidrojen iyonu konsantrasyonu 420A model Orion marka pH-metre ile potansiyometrik olarak ölçülmüştür.

Kireç: Kireç, Scheibler kalsimetresi ile belirlenmiştir (Schlichting ve Blume, 1966).

Organik Madde: Dikromat oksidasyon tekniği kullanılarak belirlenmiştir (Nelson ve Sommers, 1996);



Şekil 58: Auger burgu ile belirlenmiş lokasyonlarda toprak örneklerinin alınması

Tablo 2. Toprak numune lokasyonu bilgileri

X	Y	Kuyu no	örnek sayısı
428539	4381091	1	4
428634	4380500	2	4
427653	4380372	3	4
427433	4379792	4	4
426594	4379706	5	4
426418	4380443	6	4
425652	4380180	7	4
424503	4380854	8	4
423673	4380511	9	4
424774	4381301	10	4
423850	4381483	11	4
425298	4379356	12	4
427700	4381250	13	4
426386	4381638	14	2
426185	4381882	15	4
424505	4382391	16	4
425558	4382455	17	4
428126	4380535	18	4
427797	4380737	19	4
427451	4380539	20	4
425240	4381188	21	4
427404	4380798	22	4

Tablo 3. Çalışma alanındaki toprak örneklerinde bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları (Ağustos)

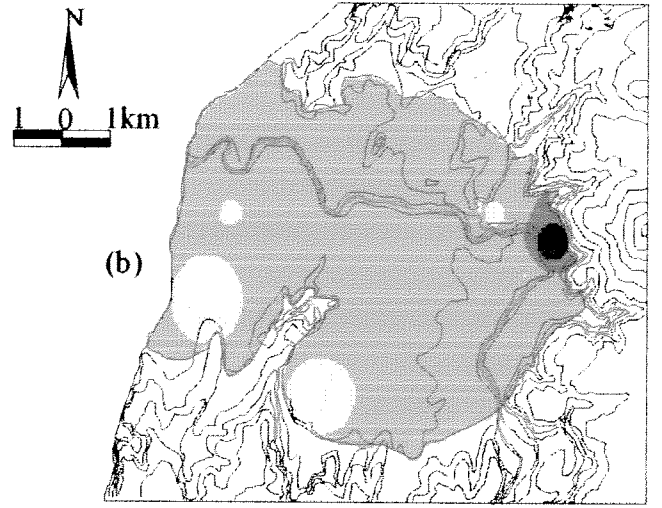
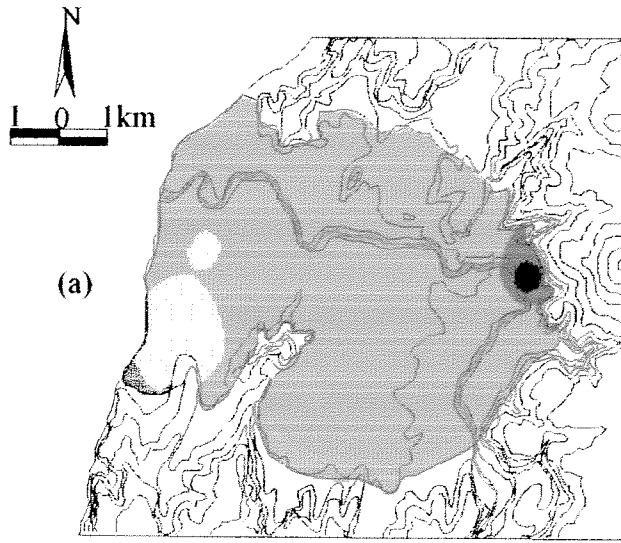
Örnek	Derinlik cm	EC µmhos/cm	pH	%				Organik Madde	Bünye
				Kil	Kum	Silt	CaCO ₃		
1	0-30	44600	7.11	28	45	28	4.59	1.08	CL
1	30-60	11870	7.12	10	69	21	3.36	0.16	SL
1	60-90	6750	7.40	8	87	5	0.16	0.24	LS
1	90-120	7000	7.37	8	86	6	0.49	0.37	LS
2	0-30	46200	7.61	12	37	51	8.20	1.35	SiL
2	30-60	30000	7.14	10	65	25	13.86	1.15	SL
2	60-90	22700	7.15	12	68	20	14.76	0.65	SL
2	90-120	22800	6.96	10	75	15	17.06	0.88	SL
3	0-30	1559	7.18	20	47	33	0.66	1.96	L
3	30-60	1694	7.04	12	46	42	0.08	1.02	L
3	60-90	1200	7.30	22	48	30	3.12	1.09	L
3	90-120	658	7.27	17	46	37	0.16	1.58	L
4	0-30	348	7.40	9	66	25	1.31	1.15	SL
4	30-60	230	7.50	15	66	19	3.44	0.60	SL
4	60-90	167	7.58	9	76	15	2.30	0.44	SL
4	90-120	186	7.90	12	80	8	2.46	0.31	SL
5	0-30	364	7.40	25	41	35	5.58	3.03	L

5	30-60	553	7.29	31	50	20	5.90	2.76	SCL
5	60-90	330	7.50	32	35	33	9.84	2.05	CL
5	90-120	268	7.40	28	37	36	13.45	0.90	CL
6	0-30	212	7.39	26	44	30	0.49	1.21	L
6	30-60	279	7.80	29	35	36	1.15	0.99	CL
6	60-90	429	7.61	32	35	33	1.56	1.00	CL
6	90-120	396	7.77	35	29	36	4.10	0.94	CL
7	0-30	509	7.61	26	40	34	0.33	1.94	L
7	30-60	901	8.02	31	26	43	3.69	1.43	CL
7	60-90	1804	7.94	36	25	39	9.35	1.19	CL
7	90-120	1492	8.71	13	67	21	9.59	0.52	SL
8	0-30	274	7.67	35	37	28	0.49	1.75	CL
8	30-60	297	7.46	14	59	27	0.33	1.24	SL
8	60-90	254	7.62	35	21	44	0.16	1.07	CL
8	90-120	340	7.40	35	28	37	5.99	1.12	CL
9	0-30	220	7.62	33	47	20	7.71	1.74	SCL
9	30-60	215	7.59	29	50	22	6.89	1.06	SCL
9	60-90	217	7.87	29	61	10	6.23	0.89	SCL
9	90-120	283	7.77	36	36	28	6.23	0.83	CL
10	0-30	207	7.65	23	49	28	0.49	1.01	SL
10	30-60	175	7.45	20	64	16	0.49	0.68	SCL
10	60-90	239	7.90	18	63	19	0.33	0.65	SL
10	90-120	154	8.01	12	81	7	2.46	0.20	SL
11	0-30	233	7.57	19	54	27	0.16	1.35	SL
11	30-60	246	7.60	19	50	31	6.89	0.78	L
11	60-90	203	7.70	24	59	17	9.68	0.68	SCL
11	90-120	204	7.77	12	75	13	8.53	0.06	SL
12	0-30	277	7.71	26	49	25	2.46	1.50	SCL
12	30-60	1907	7.94	42	24	34	4.76	1.13	C
12	60-90	236	8.54	31	42	27	4.59	0.76	CL
12	90-120	1176	8.77	25	43	33	6.89	0.27	L
13	0-30	460	7.46	24	62	14	0.16	1.26	SCL
13	30-60	423	7.30	19	60	21	0.33	1.18	SL
13	60-90	336	7.36	19	62	19	0.33	1.28	SL
13	90-120	335	7.46	19	66	15	0.98	0.92	SL
14	0-30	545	7.44	14	71	14	0.74	1.58	SL
14	30-60	530	7.39	13	73	14	0.16	1.23	SL
15	0-30	1177	7.25	17	46	37	1.97	1.17	L
15	30-60	498	7.50	15	50	36	0.00	1.63	L
15	60-90	461	7.28	22	45	33	0.00	1.28	L
15	90-120	656	7.61	19	48	33	1.15	0.99	L
16	0-30	955	7.40	17	49	34	0.33	1.51	L
16	30-60	310	7.44	21	52	27	0.49	1.02	SCL
16	60-90	270	7.68	23	45	31	2.95	0.38	L
16	90-120	534	7.82	20	44	37	5.41	0.58	L
17	0-30	4500	7.25	70	16	14	4.92	3.82	C
17	30-60	5000	7.17	68	15	17	7.38	2.80	C
17	60-90	4570	7.24	66	18	16	17.80	2.38	C
17	90-120	2880	7.55	65	19	16	27.88	0.68	C
18	0-30	400	7.47	6	83	11	1.31	0.74	LS

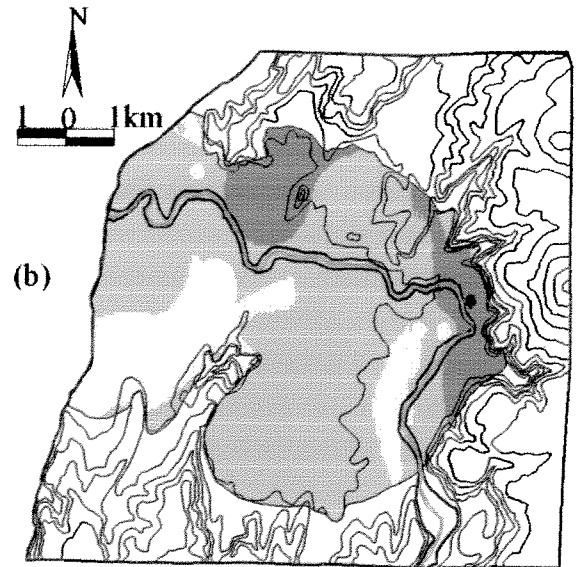
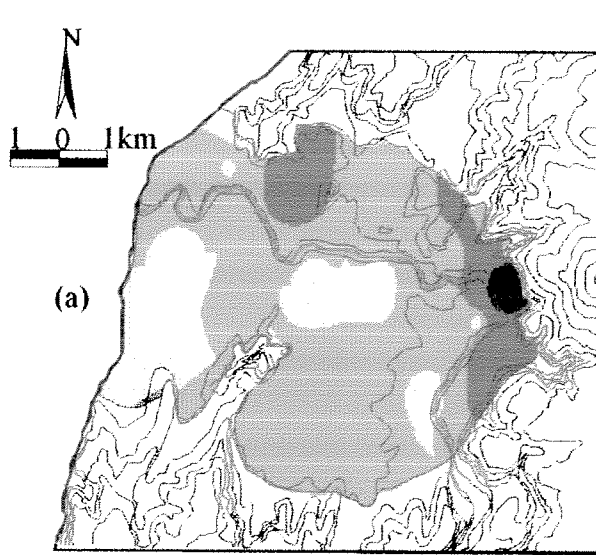
18	30-60	141	7.67	4	88	8	2.30	0.45	S
18	60-90	97	7.70	0	95	5	1.07	0.03	S
18	90-120	100	8.03	2	96	2	1.64	0.28	S
19	0-30	205	7.81	19	73	9	1.64	0.76	SL
19	30-60	138	7.90	13	75	13	1.97	0.85	SL
19	60-90	206	7.87	17	58	25	1.15	0.98	SL
19	90-120	157	8.86	21	45	34	1.80	1.21	L
20	0-30	560	7.36	8	75	17	9.02	1.10	L
20	30-60	524	7.50	25	28	47	9.35	0.93	L
20	60-90	409	7.60	8	70	22	2.13	0.44	SL
20	90-120	358	7.42	12	54	35	2.13	0.79	SL
21	0-30	103	7.30	13	73	15	0.16	0.99	SL
21	30-60	213	7.55	15	71	15	1.48	0.67	SL
21	60-90	84	7.91	21	65	14	0.66	0.53	SCL
21	90-120	70	7.92	15	75	11	0.00	0.29	SL
22	0-30	1061	7.30	24	39	37	4.26	2.36	L
22	30-60	292	7.39	28	36	36	5.17	1.90	CL
22	60-90	330	7.44	17	47	36	4.59	1.15	L
22	90-120	441	7.60	9	62	28	0.98	0.38	SL

% CaCO₃ içeriği toprak profilinde 0.16 ile 27.88 arasında değişmektedir. En yüksek içerik 17 nolu örnekte bulunmuştur. Ayrıca bu örnekte %kil içeriği en yüksektir. Vertisol olarak tanımlanan (Dinç ve ark., 1987) örnekleme noktası çevresine göre daha çukur topoğrafyada yer almakta, yazın 3-4 cm çaplı derin çatlaklar oluşturduğu görülmüştür. Çalışma alanı topraklarında 0-30 cm üst katmanda en yüksek organik madde 17 nolu örnekte %3.82, yüzey katmanında en düşük organik madde ise 18 nolu örnekte %0.74 olarak bulunmuştur (Tablo 3). 18 nolu örnekte toprak tekstürü tınlı kumdur. Organik madde toprak tekstürü, arazi kullanım türüne göre değişim göstermektedir. Genel olarak mera alanlarında yüksek, tek yıllıklarda düşük, hafif bünyeli topraklarda ağır bünyelilere göre daha düşük organik madde bulunur. Çalışma alanı topraklarında toprak tekstürü çok hafiften (S), ağıra (C) değişmekte olup çoğunlukla hafif-orta bünyelidir (Tablo 3).

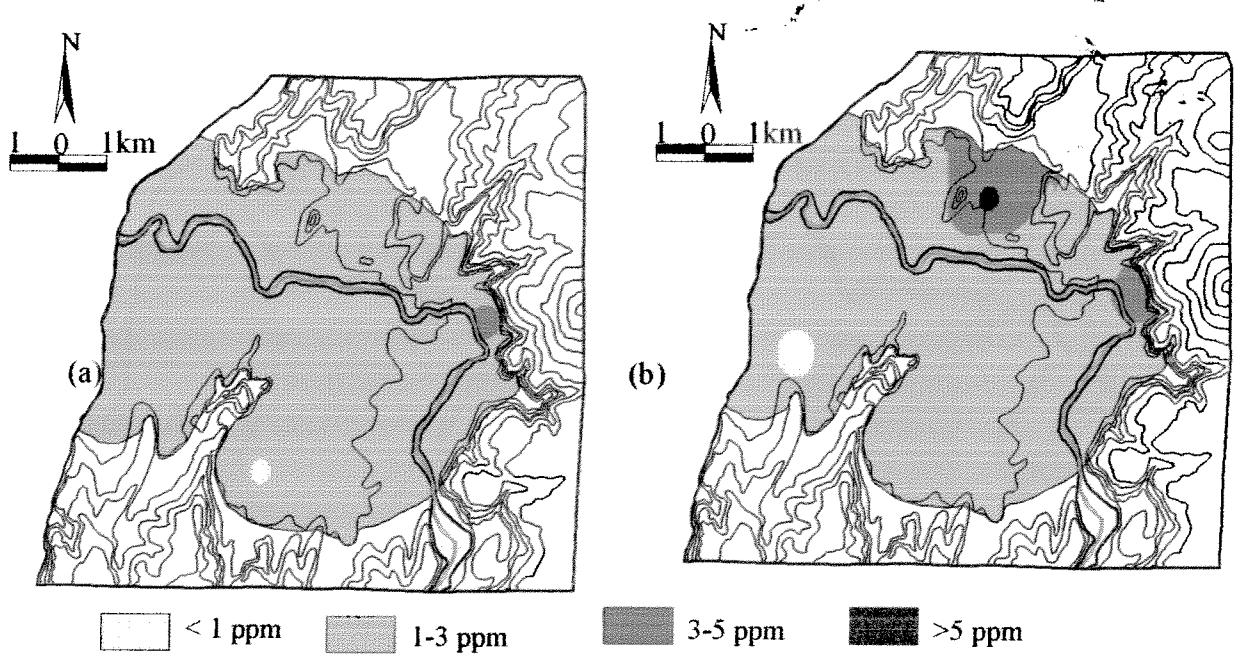
22 lokasyonda 0-30 ve 30-60 cm derinliklerinden alınan toprak örneklerden Zn, Sr, Pb, Na, Mn, Mg, K, Fe, Cu, Cr, Cd, Ca ve Al analizleri yapılmıştır (Şekil 59-71). Şekillerde de görüldüğü gibi genel olarak inceleme alanının doğusunda, sıcaksu kaynaklarının çevresindeki, topraklarda element yoğunlaşması daha yüksektir.



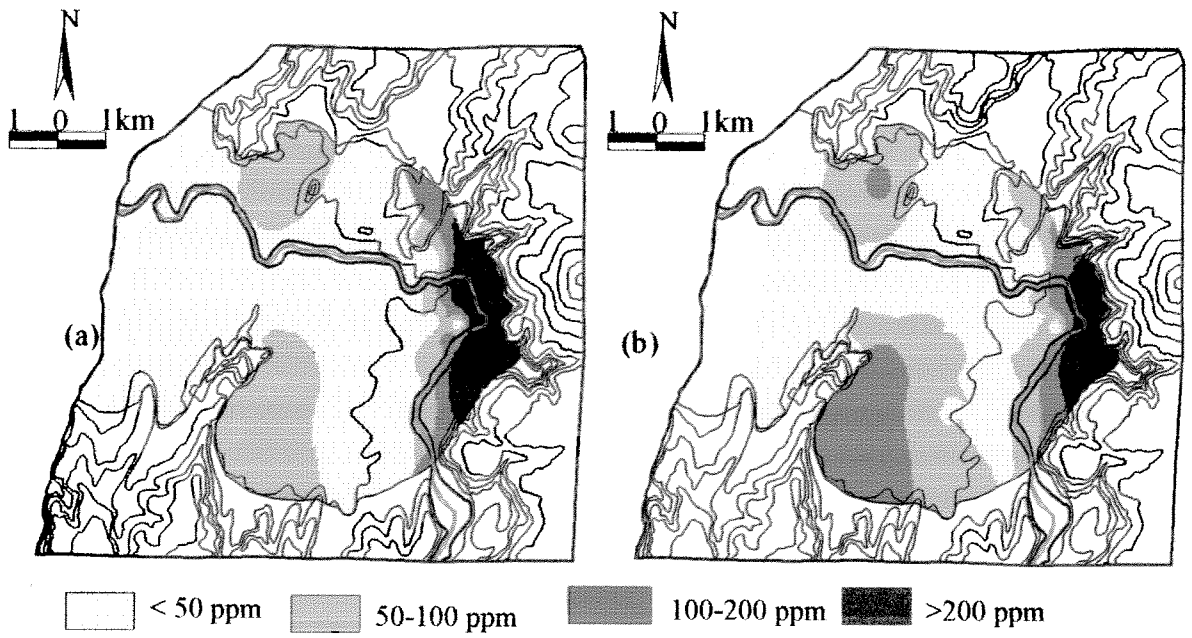
Şekil 59: İnceleme alanındaki topraklarda Zn dağılımı (a: 0-30 cm; b: 30-60 cm derinlik)



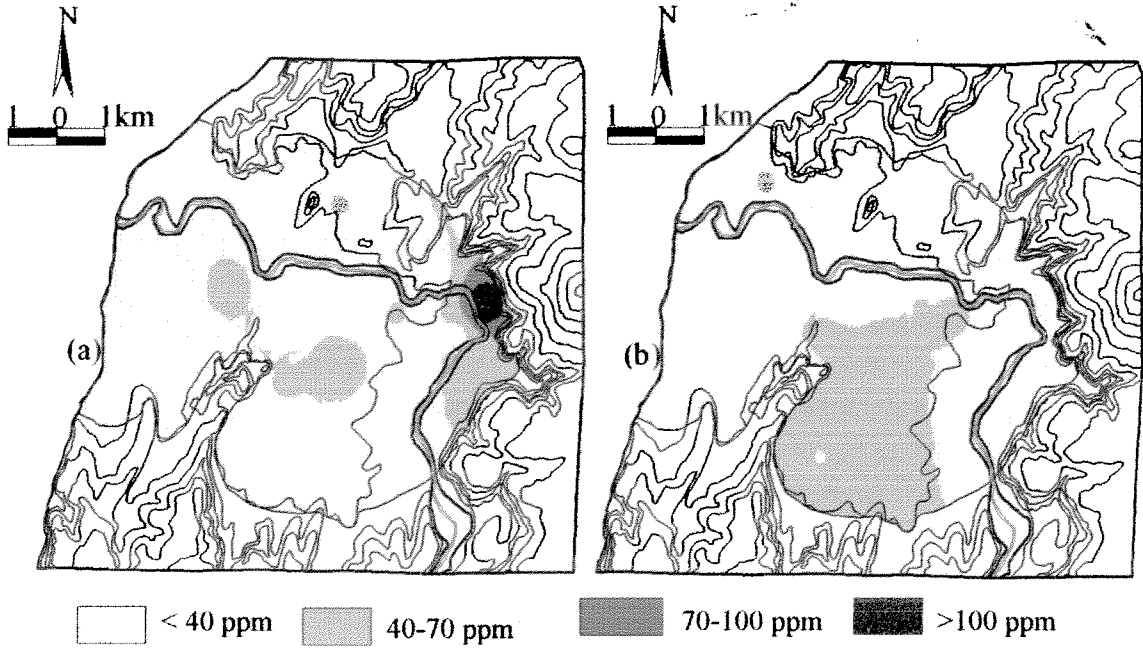
Şekil 60: İnceleme alanındaki topraklarda Sr dağılımı (a: 0-30 cm; b: 30-60 cm derinlik)



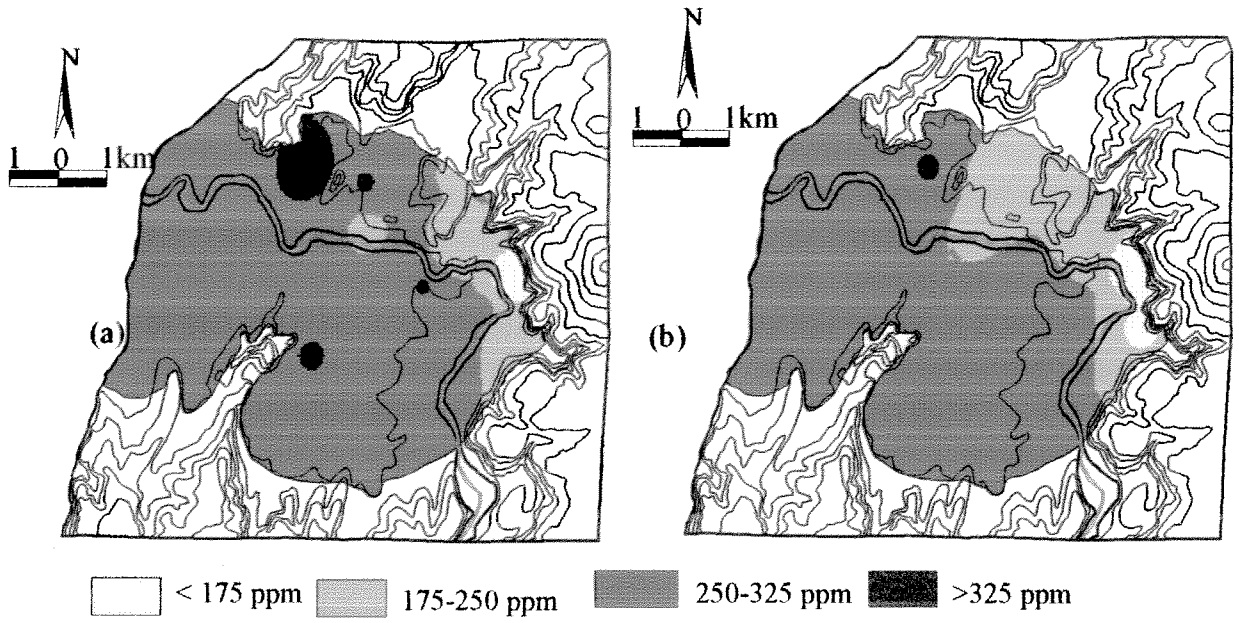
Şekil 61. İnceleme alanındaki topraklarda Pb dağılımı (a: 0-30 cm; b: 30-60 cm derinlik)



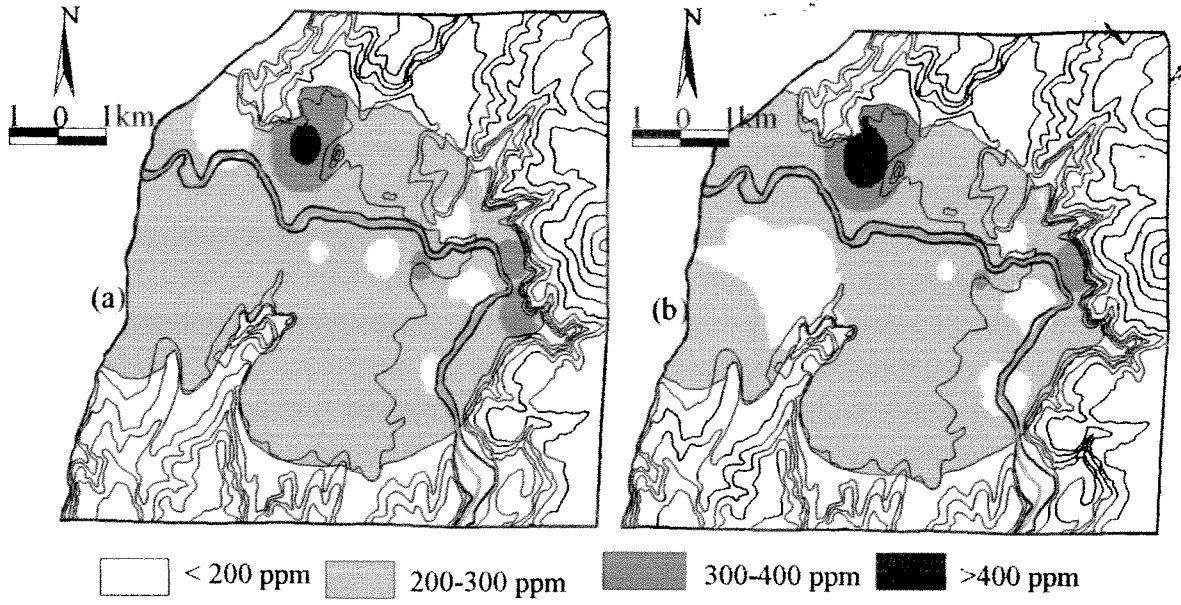
Şekil 62. İnceleme alanındaki topraklarda Na dağılımı (a: 0-30 cm; b: 30-60 cm derinlik)



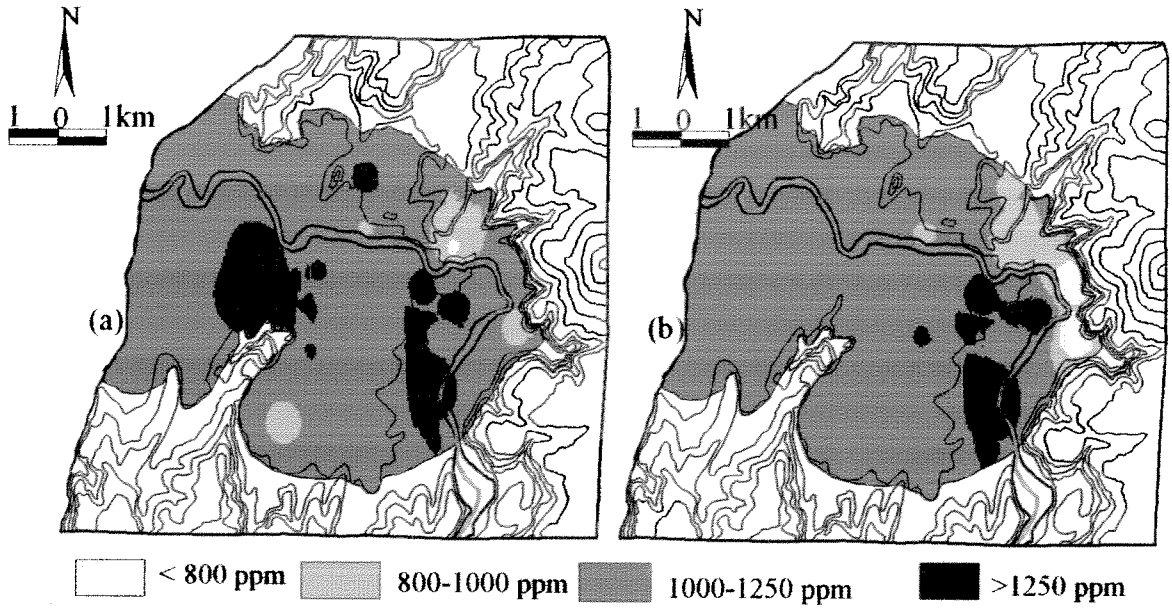
Şekil 63. İnceleme alanındaki topraklarda Mn dağılımı (a: 0-30 cm; b: 30-60 cm derinlik)



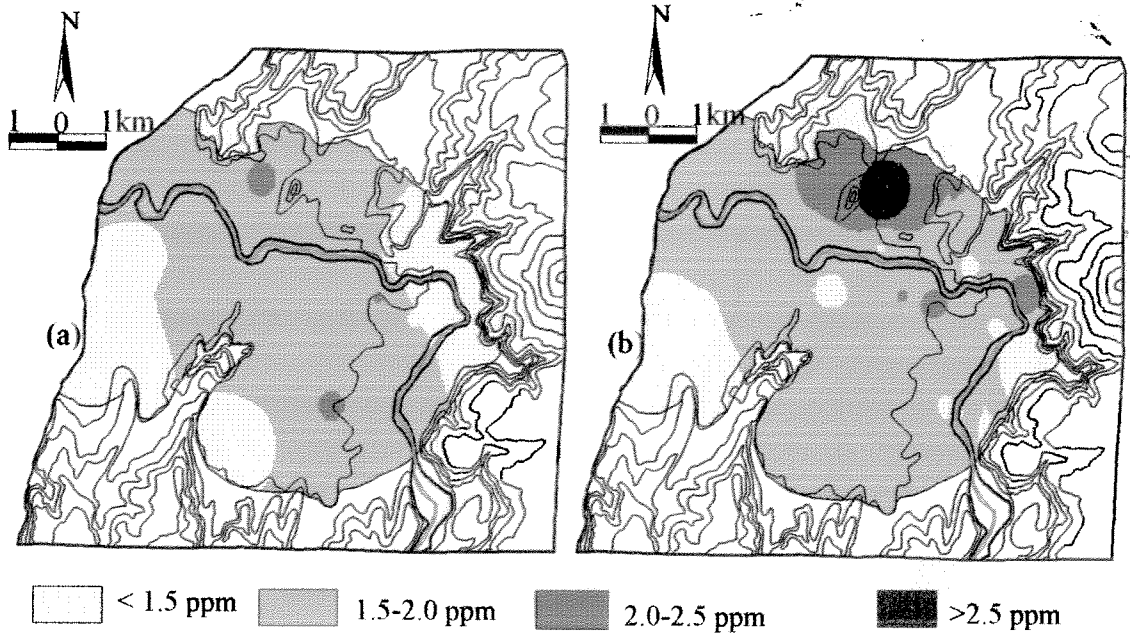
Şekil 64. İnceleme alanındaki topraklarda Mg dağılımı (a: 0-30 cm; b: 30-60 cm derinlik)



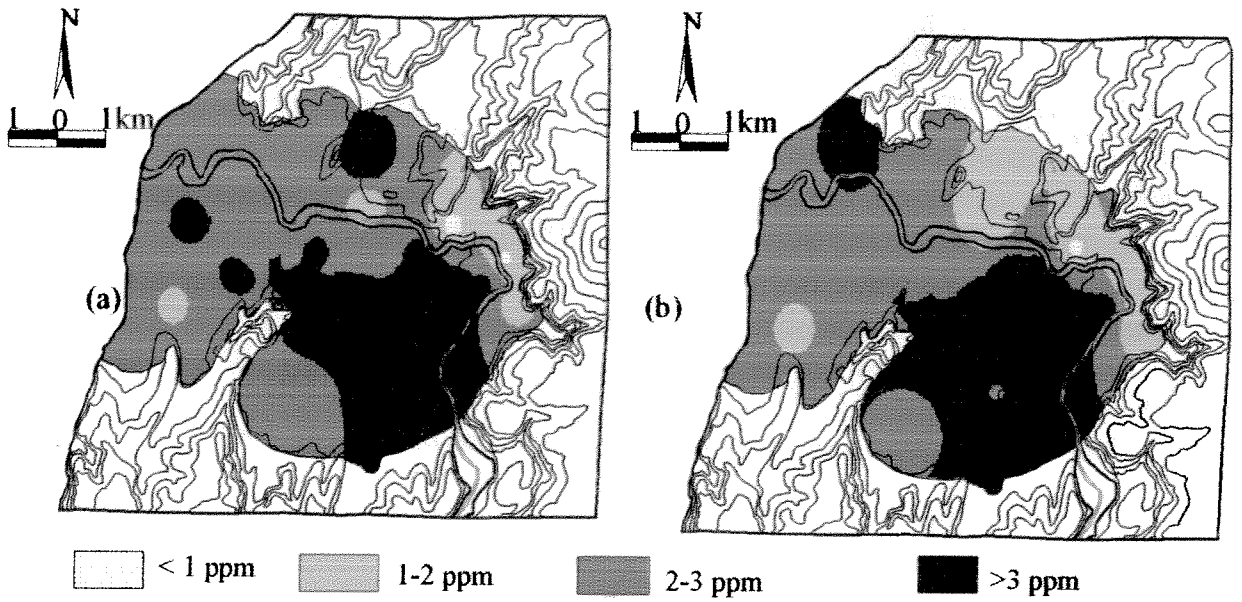
Şekil 65. İnceleme alanındaki topraklarda K dağılımı (a: 0-30 cm; b: 30-60 cm derinlik)



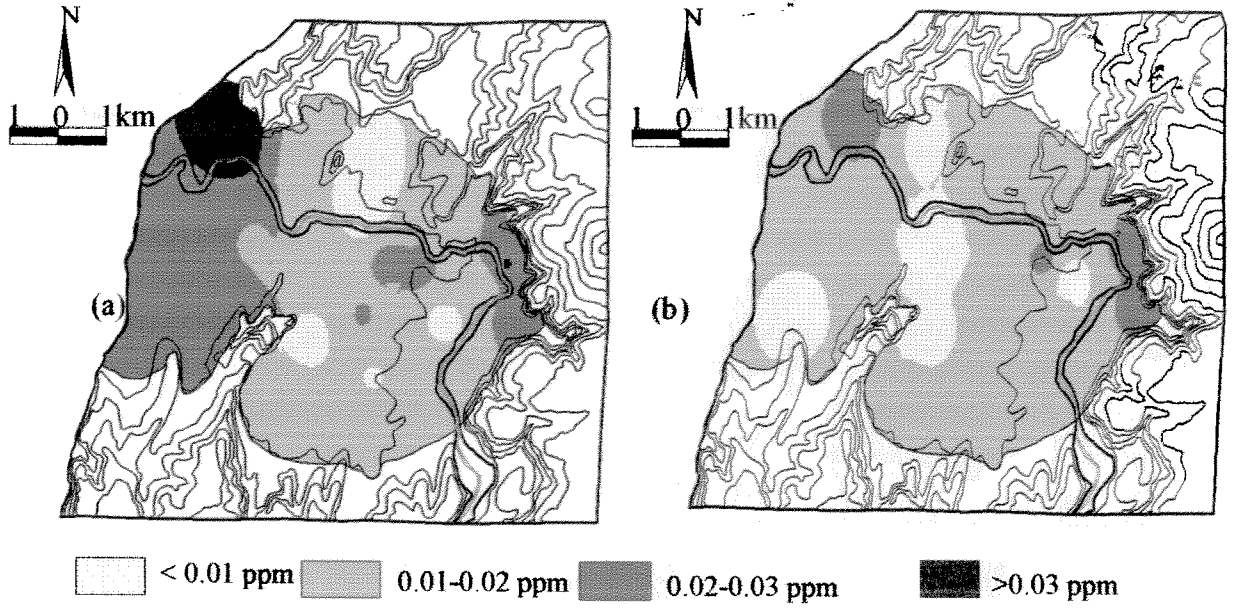
Şekil 66. İnceleme alanındaki topraklarda Fe dağılımı (a: 0-30 cm; b: 30-60 cm derinlik)



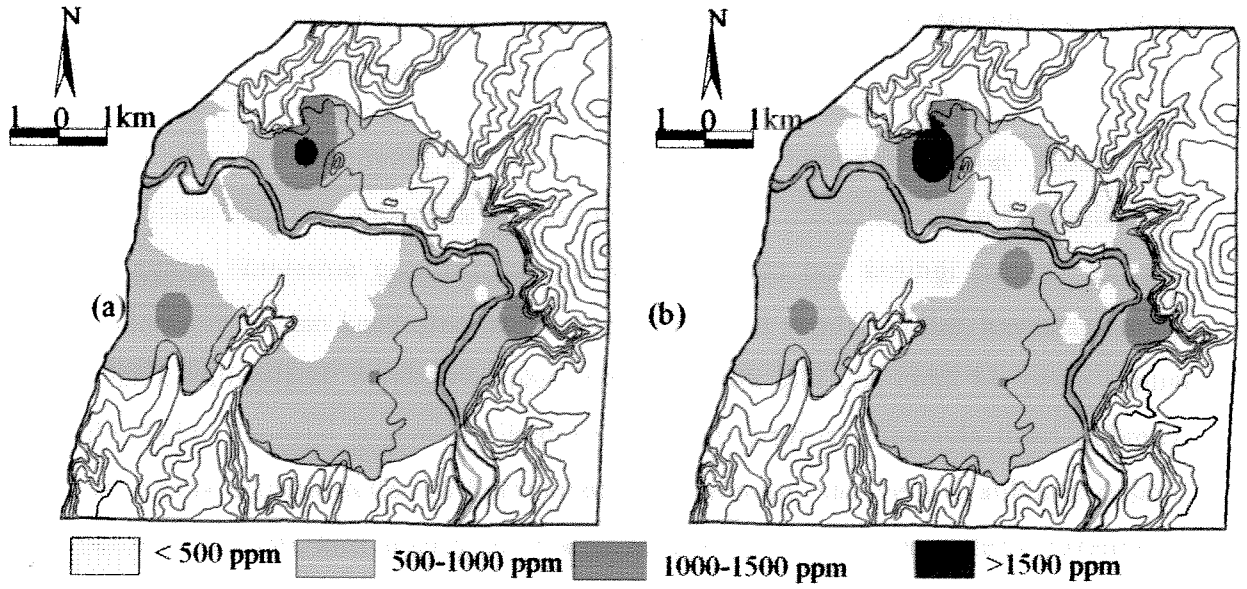
Şekil 67. İnceleme alanındaki topraklarda Cu dağılımı (a: 0-30 cm; b: 30-60 cm derinlik)



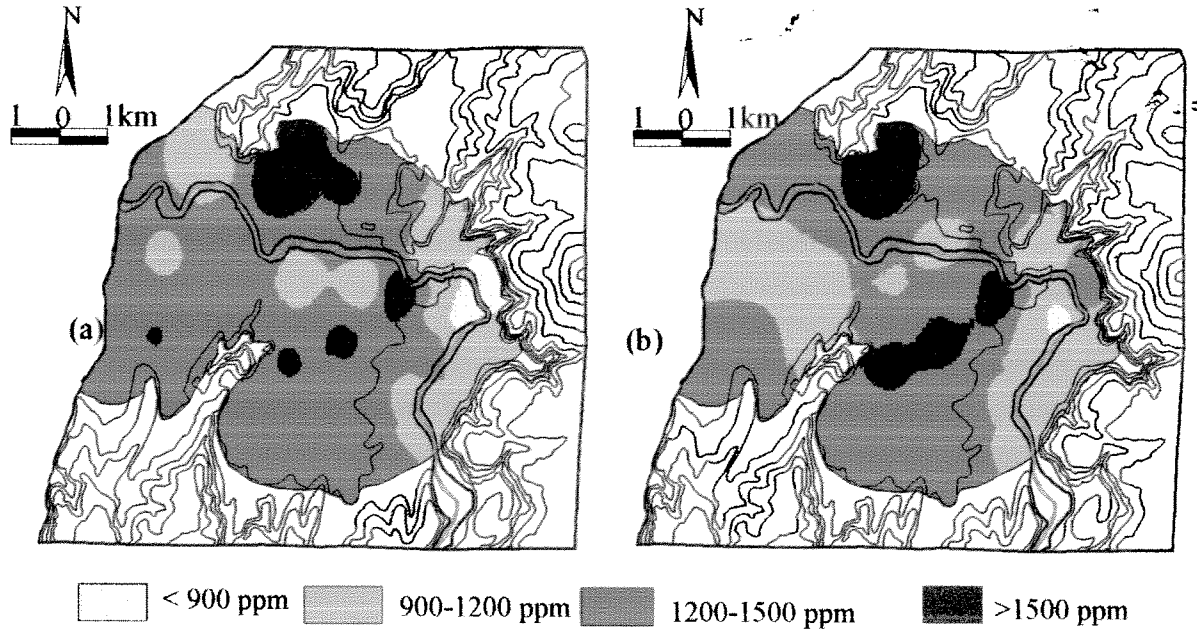
Şekil 68. İnceleme alanındaki topraklarda Cr dağılımı (a: 0-30 cm; b: 30-60 cm derinlik)



Şekil 69. İnceleme alanındaki topraklarda Cd dağılımı (a: 0-30 cm; b: 30-60 cm derinlik)



Şekil 70. İnceleme alanındaki topraklarda Ca dağılımı (a: 0-30 cm; b: 30-60 cm derinlik)



Şekil 71. İnceleme alanındaki topraklarda Al dağılımı (a: 0-30 cm; b: 30-60 cm derinlik)

Genel olarak Zn, Sr, Pb, Na, Mn, Cd ve Ca iyonları inceleme alanın doğusunda, sıcaksu kaynaklarının çevresindeki, topraklarda yoğunlaşmaktadır. Buna karşılık Mg, Fe ve K özellikle tarımsal amaçlı gübre olarakta inceleme alanı topraklarında kullanıldığı için bu elementler genel olarak tüm bölgede bulunmuştur.

Ülkemiz topraklarını en büyük ve önemli sorunlarının başında erozyon gelmektedir. Kirlenmiş suların tarımsal sulamada kullanılması sonucu kirleticiler (mikrobiyolojik, ağır metal vb) toprak bünyesine geçmektedir (Gediz ovasındaki bor kirliliği örneği). Bu gün toprak alanları, bir yandan kentleşme ve altyapı (endüstriyel yapılar, yollar, havaalanları vb) alanları olarak kullanılarak daralırken diğer yandan kirlilik gibi çok ciddi bir çevre sorunu tehditi altındadır. Tarımsal üretimin miktar ve kalitesini artırmak amacıyla ticari gübreler, pestisidler, toprak düzenleyiciler ve hormonların kullanılması, katı ve sıvı atıkların deşarjı, atık çamur uygulamaları, kirliliğin tarımsal sulamada kullanılması, atmosferik çökelmeler, radyoaktif serpintiler ve jeotermal sızıntılar nedeniyle topraklar kirlenmektedir. Bunun sonucu toprakların verimli ve sorunsuz kullanılabilme yeteneklerinin limitleri daralmakta her geçen gün sorun artarak devam etmektedir. Toprak kirliliğinin çevre sağlığı açısından en önemli etkisi; topraktaki kirleticilerin bitki bünyesine geçerek bu bitkilerin ya doğrudan yada bu bitkilerle beslenen hayvanların besin olarak tüketilmesi sonucu insan bünyesine geçmesidir (Tok, 1996). Toprak kirliliğinin diğer önemli bir yönü sekonder olup özellikle su kirliliği

açısından büyük önem taşımaktadır. Topraktaki kirleticiler sızarak yeraltı sularını, yüzey akışları ve erozyonla da yüzey su kaynaklarına taşınarak önemli ve ciddi sorunlara neden olmaktadır. Toprak bünyesi; dinamik olup son derece yüksek tamponlama gücüne sahip bir sistemdir. Yani toprağa giren bir zararlı yada kirletici koloidal yüzeyler adını verdiğimiz kuvvetler tarafından çok sıkı bir şekilde tutulmaktadır. Böylece zararlının etki ve sistemin tepkisi çok uzun bir süreç içinde ortaya çıkmakta hatta bazen herhangi etki görülmemektedir. Ancak bu tutma sonsuz olmadığı gibi topraktan toprağa değişmekte olup özellikle kumlu toprakların kapasitesi yok denecek kadar azdır. Tablo 3'te görüleceği gibi çalışma alanı topraklarının toprak tekstürü büyük çoğunlukla hafif-orta bünyelidir. Bu durum toprağa giren zararlı veya kirletici etmenlerin toprakta filtre ve/veya tutulamacağı ve büyük çoğunluğunun yağış ve sulama sularından kaynaklanacak yıkanma ile yeraltı sularına taşınacaktır. Proje alanı topraklarında 0-30 ve 30-60 cm derinliklere ait örneklerde yapılan element analiz sonuçları coğrafi bilgi sistemine (Arc View 3.2) aktarılmış ve yersel dağılım haritaları oluşturulmuştur (Şekil 59-71).

Toprak minerallerinin ana kaynağı kayalar oluşturmaktadır. Ancak, toprağın kimyasal ve mineralojik özellikleri toprağın oluşumunda rol oynayan ayrışma faktörlerinin etkinliği nedeniyle farklılaşmaktadır (Sayın, 1999). Tablo 4'te kayalarda ve topraklarda bulunan bazı elementler ve yüzde değerleri verilmiştir.

Tablo 4. Yerkabuğunda ve toprakta elementlerin bolluğu (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 4'te verilen değerler ve literatür verileri birlikte değerlendirildiğinde proje alanı topraklarında analizi yapılan bazı elementler ile ilgili olarak aşağıdaki değerlendirmeler yapılabilir;

Bakır

Yerkabuğunda konsantrasyonu ortalama 55-70 ppm, mağmatik kayaçların Cu iğeriği 10-100 ppm arasında, tortullarda ise 4-45 ppm dir. Topraklarda bakır iğeriği 1-40 ppm arasında olduğu görölmüş ve ortalama 9 ppm civarındadır. Toplam Cu kapsamı 1-2 ppm'e düşen topraklar bakır yönünden noksan topraklardır (Mortuedt ve ark., 1972). Proje alanında Cu konsantrasyonu toprak ana materyaline bağlı olarak değiştiği görölmektedir (şekil 67). Bitki gelişiminde Cu önemli bir mikro besin elementidir. Cu'lı gübre kullanılmaması nedeniyle yüzey toprağında alt katmanlara göre daha az olması normal karşılanmaktadır. Proje alanında özellikle vertisol toprağın yayılım gösterdiği alanda kil ve organik madde miktarına bağlı olarak bakır konsantrasyonu artmaktadır. Çalışma alanında Cu, genel olarak ise 1.5-2.0 ppm arasında değişmektedir. Jeotermal sızıntının olduğu alanlarda bakır konsantrasyonu en düşük seviyededir.

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. Proje alanı topraklarında Fe iğeriği toprak ana materyaline ve taşınma yerlerindeki jeolojik materyale bağlı olarak değişim göstermektedir. Jeotermal etkileşimlerin olduğu Tuzla Çayının sağ sahilinde Fe iğeriği proje alanında en düşük seviyede olduğu görölmektedir (şekil 66). Bu durum jeotermal etkiden kaynaklanmaktadır. Suların tuz konsantrasyonu ve pH değerleri ve bu etki sonucu toprakta oluşun reaksiyon nedeniyle oluşun yıkanmadan kaynaklanmaktadır. Proje alanında Fe iğeriği genel olarak 1000 ppm'in üzerindedir.

Mangan

Yerkabuğunda ortalama mangan 1000 ppm dir. Topraklarda manganın toplam miktarı genellikle 20-3000 ppm arasında olup ortalama 600 ppm dir. Proje alanı topraklarında Mn iğeriği (şekil 54) jeotermal etkisi nedeniyle özellikle 1 nolu örneğin temsil ettiği alanda yüksek (> 100 ppm) diğer alanlarda ise genel olarak < 40 ppm'dir. Tablo 4'te verilen veriler

dikkate alındığında jeotermal etkileşimin olduğu alanlarda Mn içeriği genel limitler civarında olduğu görülmektedir.

Çinko

Yerkabuğunda çinko yaklaşık 80 ppm civarındadır. Topraklarda toplam içeriği 10-300 ppm arasında ve ortalama 50 ppm dir. Bazalt ve granit gibi püskürük kayalar sırasıyla 100 ve 40 ppm çinko içerirler. Tortullardan şeyl 95 ppm, kireçtaşı 20 ppm, kumtaşı 16 ppm Zn içerir. Çinko dağılımı Şekil 59'de verilmiştir. Şekilde görüleceği gibi çinko 0-10 ppm arasında değişmektedir. Çinko jeotermal sızıntının en yüksek olduğu noktada (1 nolu örnek) en yüksek seviyededir. Proje alanı topraklarında çinko içeriği limit değerler arasında olup ortalamadan oldukça düşüktür.

Sodyum

Yerkabuğunda % 2,8 civarında bulunur, topraklarda ise % 0,1-1 arasında bulunur. Topraklarda ortalama konsantrasyonu % 0,63 dür. Sodyum çalışma alanında 1 ve 2 nolu örnekte %2 den fazla, buna karşılık 12 ve 17 nolu vertisol toprakların yer aldığı bölgelerde % 0.5'den fazla, diğer alanlarda ise daha düşük bulunmuştur. 30-60 cm ise tarımsal aktivite, yağış ve sulama ile yukardan aşağıya doğru yıkanma nedeniyle konsantrasyonunda artma olduğu görülmektedir (Şekil 62). Jeotermal sızıntının bulunduğu alanlarda sodyum konsantrasyonu Tablo 4'te ve literatürde verilen (Mortuedt ve ark., 1972) değerlerden yüksek olduğu, buda tamamen jeotermal suların niteliğinden kaynaklanmaktadır. Sodyum toksitesi bitkide klorda olduğu gibi kolayca tanımlanamaz. Ancak sudaki yüksek orandaki sodyumdan (SAR) tahmin edilebilmektedir. Meyveler, turunçgiller, yerfıstığı, fasulye gibi bazı bitkiler çok hassastırlar. Toprakta yeteri kadar kalsiyum varsa sodyum toksitesi azalır veya etkili olmaz. Tablo 5'de bazı bitkilerin sodyuma duyarlılıkları verilmiştir.

Değişebilir sodyum (ESP) değerleri duyarlı (hassas) bitkiler için $ESP < 15$, yarı dayanıklılar için $15-40$ ve dayanıklılar için ise > 40 'dır. ESP ve SAR değeri aşağıdaki eşitliklere göre hesaplanmaktadır (FAO-Unesco, 1973) ;

ESP değeri 30 dan büyük olan toprakların fiziksel yapısı bitki yetiştiriciliği açısından çok fakir olarak tanımlanmaktadır. Sulardaki yüksek SAR değeri toprak infiltrasyonu ve hidrolik iletkenlik üzerinde olumsuz etki yapmaktadır.

Tablo 5. Bazı bitkilerin topraktaki değişebilir sodyuma (ESP) karşı duyarlılıkları

(Pearson, 1960; FAO-Unesco, 1973; Abrol, 1982).

Duyarlı	Yarı-dayanıklı	Dayanıklı
Avocado(<i>Persea americana</i>)	Havuç (<i>Daucus carota</i>)	Alfalfa (<i>Medicago sativa</i>)
Yaprağını döken meyveler	Yonca (<i>Trifolium repens</i>)	Arpa (<i>Hordeum vulgare</i>)
Fındık	Çayır otu (<i>Festuca arundinacea</i>)	Pancar (<i>Beta vulgaris</i>)
Yeşil fasulye(<i>Phaseolus vulgaris</i>)	Salata (<i>Lactuca sativa</i>)	Pamuk (<i>Gossypium hirsutum</i>)
Pamuk (çimlenme aşamasında) (<i>Gossypium hirsutum</i>)	Şeker kamışı (<i>Saccharum officinarum</i>)	
Mısır(<i>Zea mays</i>)	Yulaf (<i>Avena sativa</i>)	
Bezelye(<i>Pisum sativum</i>)	Soğan (<i>Allium cepa</i>)	
Greyfurt (<i>Citrus paradisi</i>)	Turp (<i>Raphanus sativus</i>)	
Portakal (<i>Citrus sinensis</i>)	Çeltik (<i>Oryza sativus</i>)	
Şeftali (<i>Prunus persica</i>)	Çavdar (<i>Secale cereale</i>)	
Mandalina (<i>Citrus reticulata</i>)	Sorghum (<i>Sorghum vulgare</i>)	
Yerfıstığı (<i>Arachis hypogaea</i>)	Ispanak (<i>Spinacia oleracea</i>)	
Mercimek (<i>Lens culinaris</i>)	Domates (<i>Lycopersicon esculentum</i>)	
	Buğday (<i>Triticum vulgare</i>)	

Stronsyum

Proje alanı topraklarında Sr (Şekil 60) jeotermal sızıntı (1 ve 2 nolu örnek) ve vertisol toprağın yer aldığı (17 nolu örneğin) olduğu bölgede > 10 ppm'dir. Diğer alanlarda ise 10 ppm'den daha düşüktür.

Kurşun

Proje alanı toprakları, Tuzla Çayı ve bir çok yan derenin taşıdığı sedimentler üzerinde oluşmuştur. Volkanik kayaların ayrışması ve ayrışma ürünlerinin sularla taşınması çalışma alanının kurşun kaynağını oluşturmaktadır. Ayrıca, kurşun av fişeklerinde kullanılan ana metaldir. 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 toksik etki sınır değeri toprakta, total kurşun 30-40 mg/kg arasında kabul görmekte ve bu değer toprağın kil, organik madde içeriği ve kation değişim kapasitesine göre artırılmaktadır. Kurşun konsantrasyonu, proje alanında homojene yakın bir dağılım göstermekle birlikte 3 ppm'in altındadır. 30-60cm derinlikte ise ana materyale bağlı olarak çok küçük bir alanda farklılaşmaktadır (Şekil 61).

Magnezyum

Proje alanında Mg içeriği jeotermal etkileşimin olduğu alanlarda en düşük, vertisol (17 nolu örnek) toprakların yayılım gösterdiği alanlarda ise en yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 64). 0-30 cm üst toprakta Mg içeriği proje alanının büyük bir bölümünde 250 ppm'in üzerinde ve limitleri aşmaktadır (Tablo 4)

Potasyum

Proje alanında K içeriği toprak özellikleri ve kısmen jeotermal etkiye bağlı olarak değişmektedir (Şekil 65). Özellikle kil içeriğine bağlı olarak 17 nolu örneğin yer aldığı vertisol toprakta K içeriğinin % 4'ün üzerine çıkmaktadır. K konsantrasyonu üzerine kil minerali ve kil tipinin büyük etkisi bulunmaktadır. Vermiküllit kil mineralinin yoğun olduğu alanlarda K içeriği artmaktadır (Sayın, 1999). Tablo 4'te topraklardaki K içeriği %1.5 olarak verilmektedir. Proje alanında 17 nolu örnekte bu değer verilen limitin çok üzerindedir. Ancak bitkisel üretimde K mineral gübre olarak toprağa fazla miktarda verilmesi artış üzerinde rol oynamaktadır.

Krom

Proje alanında Cr konsantrasyonu özellikle Tuzla Çayının getirdiği sedimentler tarafından belirlenmektedir. Taşınan malzemenin kökeni belirleyici olduğu görülmektedir (Şekil 68). Çayın sol sahilindeki bu etki anılan alanın çukur topoğrafyada olmasıyla da özdeşleşmektedir. Sol sahilde ise jeotermal etki nedeniyle Cr içeriği en düşük seviyededir. Cr proje alanında genel olarak 1 ppm'in üzerindedir.

Kadmiyum

Proje alanında Cd içeriği Ege denizi ile sınır teşkil eden alanlarda rüzgarlarla denizden taşınım nedeniyle 0-30 cm yüzey toprağında en yüksek seviyede (> 0.02 ppm) olduğu görülmektedir (Şekil 69). Alt katmanlarda ise etkinin olmaması nedeniyle oldukça azalmaktadır.

Kalsiyum

Topraklardaki Ca değişimi üzerine toprak ana materyali, yağış, Na ve pH'nın büyük etkisi bulunmaktadır. Proje alanında Ca 17 nolu örneğin temsil ettiği vertisol toprağın bulunduğu alanda Ca en yüksek seviyede (> 1500 ppm), ovanın orta kesimini etkileyen jeotermal sızıntıdan sonra sağ sahilde yer alan yan derelerin taşıdığı sedimentlerin bulunduğu alanlarda

en düşük (< 500 ppm) olduğu, budurumun ise tamamen taşınan malzemenin kökeninden kaynaklanmaktadır. Özellikle derinlik kayaların yer aldığı alanlarda veya bu alanlardan taşınan malzemelerde Ca içeriği düşüktür.

Proje alanında Al içeriği toprak ana materyaline bağlı olarak değişmektedir (Şekil 71). Jeotermal etkileşimin bulunduğu alanlarda ise yüzey toprağında en düşük seviyededir. Al ovanın büyük bir bölümünde 1200 ppm'in üzerindedir. Tablo 4'te verilen limitler (%6) dikkate alındığında proje alanında Al konsantrasyonu oldukça yüksek (%12) olduğu görülmektedir

İnceleme alanındaki topraklardan ölçülen parametrelerin genel tanımlayıcı istatistikleri Tablo 6 verilmiştir. Ayrıca 0-30 cm ve 30-60 cm toprak derinliklerindeki parametrelerden çoklu korelasyon analizleri yapılmıştır (Tablo 7 ve 8). Tablo 6 incelendiğinde görüleceği gibi en yüksek değişim aralığı Ca iyonunda görülmüştür. Ca iyonunun Al, Na, Fe, K, %kil ve EC değerleri takip etmektedir. Minimum ve maksimum konsantrasyonlar arasındaki farkın artması ortamada çok farklı konsantrasyonların oluştuğunu göstermektedir. Tersine farkın azalması homojene yakın bir dağılım gösterecektir. Tablo 7'de görüleceği gibi en yüksek negatif ilişki ($p < 0.01$) -0.724 ile Mg ve EC arasında, en yüksek pozitif ilişki ise ($p < 0.01$) +0.998 ile Na ve EC arasında bulunmuştur. 30-60cm toprak derinliğinde ise, en yüksek negatif ilişki ($p < 0.01$) -0.704 ile Fe ve EC arasında, en yüksek pozitif ilişki ise ($p < 0.01$) +0.974 ile Na ve EC arasında bulunmuştur (Tablo 8).

Tablo 6. Genel tanımlayıcı istatistik

Parametre	Değişim Aralığı		Minimum		Maksimum		Ortalama		Standart Sapma		Çarpıklık		Basıklık	
	0-30cm	30-60cm	0-30cm	30-60cm	0-30cm	30-60cm	0-30cm	30-60cm	0-30cm	60cm	0-30cm	60cm	0-30cm	60cm
Al (ppm)	1256.11	1196.423	673.284	693.716	1929.394	1890.139	1266.995	1272.957	320.46	296.90	0.194	0.417	-0.438	0.207
Ca (ppm)	1430.96	1871.363	185.406	159.054	1616.364	2030.417	629.495	683.234	363.61	473.28	1.217	1.359	1.224	1.780
Cd (ppm)	0.039	0.027	0.001	0	0.040	0.027	0.018	0.0144	0.0095	0.0072	0.141	0.222	0.003	-0.235
Cr (ppm)	3.309	3.019	0.750	0.843	4.059	3.862	2.736	2.674	0.961	0.974	-0.744	-0.652	-0.409	-0.859
Cu (ppm)	1.031	1.853	1.033	1.173	2.064	3.026	1.609	1.734	0.300	0.407	-0.234	1.613	-0.838	3.726
Fe (ppm)	536.245	846.220	775.364	622.294	1311.609	1468.514	1160.839	1126.218	147.92	209.51	-1.081	-1.119	0.546	1.275
K (ppm)	300.896	368.514	138.043	111.500	438.939	480.014	243.717	238.675	74.13	79.60	0.903	1.519	0.878	3.232
Mg (ppm)	231.186	226.794	121.072	106.206	352.258	333.00	279.703	261.378	56.62	56.235	-1.479	-1.404	1.952	1.666
Mn (ppm)	119.204	50.615	13.969	14.747	133.173	65.362	40.471	34.803	22.62	10.683	3.515	0.760	14.620	2.116
Na (ppm)	833.023	590.396	20.429	22.163	853.452	612.56	114.017	88.565	237.64	132.038	3.035	3.391	7.992	12.563
Pb (ppm)	2.676	4.375	0.990	0.937	3.666	5.312	1.518	1.791	0.69	1.117	2.206	2.265	4.445	4.880
Sr (ppm)	41.564	28.371	3.404	3.025	44.968	31.396	8.781	8.794	9.71	7.865	3.044	2.146	9.618	3.589
Zn (ppm)	7.361	6.759	2.255	2.337	9.616	9.096	3.229	3.275	1.48	1.392	4.107	3.803	18.271	15.983
EC dS/m	46.097	29.862	0.103	0.138	46.200	30.00	4.771	2.565	13.19	6.66	3.034	0.329	7.992	15.077
pH	0.700	0.98	7.110	7.04	7.810	8.02	7.453	7.49	0.18	0.265	0.074	0.329	-0.704	-0.285
%OM	3.080	2.64	0.740	0.16	3.820	2.80	1.562	1.17	0.73	0.65	1.789	1.36	3.615	2.148
%CaCO ₃	8.860	13.86	0.160	0	9.020	13.86	2.590	3.61	2.87	3.63	1.142	1.22	0.035	1.48
%Kil	64.00	64	6.000	4	70.00	68	22.45	21.95	13.15	13.68	2.260	1.943	7.824	5.313

Tablo 7. 0-30 cm toprak derinliğinde çoklu korelasyon analiz sonuçları

	Al	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Pb	Sr	Zn	EC	pH	OM	CaCO ₃	Kil
Al	1.00																	
Ca	0.421	1.00																
Cd	-0.245	0.178	1.00															
Cr	0.374	-0.111	-0.186	1.00														
Cu	0.618**	0.164	-0.327	0.508*	1.00													
Fe	0.329	-0.118	-0.083	0.889**	0.537**	1.00												
K	0.519**	0.752**	0.040	-0.253	0.291	-0.215	1.00											
Mg	0.713**	0.164	-0.224	0.694**	0.556**	0.651**	-0.047	1.00										
Mn	-0.282	0.222	0.387	-0.241	-0.148	-0.046	0.393	-0.528*	1.00									
Na	-0.371	0.368	0.402	-0.469*	-0.322	-0.392	0.479*	-0.715**	0.817**	1.00								
Pb	-0.117	0.290	0.129	-0.630**	0.053	-0.434*	0.638**	-0.526*	0.598**	0.575**	1.00							
Sr	-0.269	0.456	0.360	-0.548**	-0.224	-0.412	0.608**	-0.647**	0.871**	0.917**	0.794**	1.00						
Zn	-0.270	0.229	0.275	-0.322	-0.081	-0.110	0.444	-0.553**	0.952**	0.745**	0.754**	0.889**	1.00					
EC	-0.378	0.378	0.409	-0.484*	-0.315	-0.404	0.481	-0.724**	0.803**	0.998**	0.592**	0.918**	0.741**	1.00				
pH	-0.002	-0.109	-0.005	-0.021	-0.331	-0.014	-0.283	0.177	-0.359	-0.168	-0.449*	-0.325	-0.490*	-0.187	1.00			
OM	0.634**	0.648**	-0.111	-0.023	0.598**	-0.075	0.640**	0.381	-0.120	-0.112	0.300	0.097	-0.008	-0.102	-0.247	1.00		
CaCO ₃	-0.006	0.682**	0.276	-0.278	-0.118	-0.285	0.385	-0.126	0.229	0.433*	0.137	0.395	0.196	0.445*	-0.089	0.271	1.00	
Kil	0.568**	0.611**	0.053	-0.224	0.242	-0.133	0.657**	0.315	0.054	-0.020	0.469*	0.268	0.171	-0.014	-0.078	0.747**	0.122	1.00

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

Table 8. 30-60 cm çoklu korelasyon sonuçları

	Al	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Pb	Sr	Zn	EC	pH	OM	CaCO ₃	Kil
Al	1.00																	
Ca	0.411	1.00																
Cd	0.057	0.016	1.00															
Cr	0.210	0.036	-0.204	1.00														
Cu	0.595**	-0.044	0.306	0.000	1.00													
Fe	0.052	-0.186	-0.348	0.847*	0.051	1.00												
K	0.767*	0.545**	0.224	-0.247	0.523*	-0.380	1.00											
Mg	0.424*	0.312	-0.430*	0.745*	0.000	0.723*	-0.036	1.00										
Mn	0.463*	0.090	-0.118	0.755*	0.209	0.496	0.034	0.622**	1.00									
Na	-0.050	0.408	0.451	-0.391	-0.027	-0.683**	0.363	-0.509**	-0.195	1.00								
Pb	0.182	-0.097	0.409	-0.632**	0.700**	-0.480	0.543**	-0.599**	-0.392	0.242	1.00							
Sr	0.300	0.526*	0.383	-0.514*	0.258	-0.696**	0.793**	-0.461	-0.302	0.704**	0.577**	1.00						
Zn	0.301	0.017	0.500	-0.301	0.523*	-0.409	0.586**	-0.547**	-0.197	0.355	0.652**	0.710**	1.00					
EC	-0.114	0.418	0.479	-0.467*	-0.142	-0.706**	0.352	-0.571**	-0.340	0.974**	0.333	0.718**	0.361	1.00				
pH	0.007	-0.206	-0.485*	0.460	-0.066	0.481*	-0.341	0.410	0.539**	-0.279	-0.374	-0.486*	-0.375	-0.431*	1.00			
OM	0.546**	0.518*	-0.010	0.003	0.247	-0.013	0.507	0.426*	0.238	-0.052	0.107	0.172	-0.176	-0.042	1.00			
CaCO ₃	0.123	0.866**	0.198	-0.080	-0.192	-0.349	0.302	0.036	0.018	0.633**	-0.105	0.483*	0.036	0.625**	-0.144	1.00		
Kil	0.721**	0.635**	-0.259	0.108	0.188	0.039	0.613**	0.592**	0.306	-0.058	-0.082	0.277	-0.114	-0.130	0.088	0.688**	0.299	1.00

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

Tuzlu ve alkali topraklar kendi içerisinde, tuzlu topraklar, tuzlu-alkali topraklar ve tuzsuz alkali topraklar olmak üzere üç sınıfta incelenmektedirler. Tuzlu topraklarda saturasyon ekstraktının elektriksel geçirgenliği 4 dS/m'den büyük ESP ise %15 den küçüktür ve pH<8.5'dir. Tuzlu-alkali topraklarda; saturasyon ekstraktının elektriksel geçirgenliği 4dS/m'den, ESP %15 ten büyük ve pH \geq 8.5 olabilir (Soil Laboratory Staff, 1954; Dinç ve ark., 1987; Jhonson ve ark.,1998). Tuzluluk ve alkalilik geçmişte olduğu gibi bugün de bir çok ülkede sorun olmaya devam etmektedir. Dünyanın değişik bölgelerinde sulamanın başlamasından birkaç yıl sonra daha önce hiç rastlanılmamış olan tuzluluk ve alkalilik problemlerini ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca, tuzluluk ve alkalilik sorunu olan alanlarda gerekli önlemler alınmadığında, bu alanların yayılım alanları artmakta, ve sorun giderek daha da şiddetlenmektedir (Özcan ve ark., 2000).

Topraklarda bulunan tuzların başlıca üç kaynağı vardır bunlar; litosfer, yüzey ve yer altı suları ile denizlerdir (Özgül,1974). Kurak ve yarı kurak iklim koşullarında sulama uygulamaları, toprak ve su kaynaklarının tuz dengesinde önemli oranda değişmelere neden olabilmektedir. Sulama suyunun evapotranspirasyonla tüketilmesi ve topraktaki kapiller hareket topraktaki tuzluluğu iklimsel ve toprak özelliklerine bağlı olarak farklılaşmasına yol açmaktadır. Günümüz tuzluluğun büyük bir bölümü insan kaynaklı olup, temelinde yanlış arazi kullanımı, yanlış sulama ve uygun olmayan suyun sulamada kullanılmasıdır (Smedema and Rycroft, 1988). Düşük kalitedeki suların sulamada kullanılması sonucu, toprakta bulunan bitki besin maddelerinin arasında denge bozulmakta, bitkiler için toksik olan iyonlar birikmekte, topraklar tuzlulaşmakta ve/veya alkalileşmektedir (Burton ve Hook, 1979; Kirkham, 1986). Sonuç olarak marjinal sularla yapılan sulamalar sulu tarım alanlarında tuzluluğu artırmakta ve bitkisel üretimde verimin azalmasına neden olmakta ve aynı zamanda toprak strüktüründe bozulmalara yol açmaktadır (Maas and Hoffman, 1977; Ben-Hur et al., 1998). Toprakta drenaj problemi yaratan sular, tuzluluk ve alkalilik sorununu da oluşturur. Tuzluluk derecesine göre böyle topraklarda bitkiler gelişemez veya yalnız tuzlu topraklarda yaşayabilen bitkiler gelişir (Oğuzer, 1995; Feng ve ark., 2003), ayrıca tabansuyu tuzluluğu 4 dS/m'yi geçtiğinde toprakların tuzlulaşması üzerinde etkili olmaktadır (Özcan ve Çetin, 1998).

Toprak solüsyonundaki katyonlarla adsorpsiyon kompleksindeki katyonlar ile çözülmüş ve çökelmiş tuzlar arasında dinamik bir denge mevcuttur. Topraklardaki tuz seviyesi zamansal ve yersel olarak büyük değişim göstermektedir. Bu değişim kendini horizontal (yatay) ve vertical (dikey) konumda tuz içeriğindeki farklılaşmalarla göstermektedir (Özcan ve Uygun, 2004). Toprak tuzluluk değişimlerinin haritalanmasında son yıllarda coğrafi bilgi sistemleri yoğun olarak kullanılmaya başlanılmıştır (Schofield and Kirkby, 2003; Çullu ve ark., 2002).

Çalışma alanı topraklarında tuzluluk değeri Ağustos-2003 örneklerinde 0.103 dS/m (21 nolu örnek) ile 46.200 dS/m (2 nolu örnek) arasında değişmektedir (Tablo 3). Şubat ayında ise yağışlardan kaynaklanan yıkanma nedeniyle EC değerleri oldukça azalmaktadır. Proje alanında 1 ve 2 nolu örneklerin yer aldığı ve jeotermal etkileşimin en yüksek olduğu alanlarda hiçbir bitki yetişmesi mümkün değildir. 17 nolu örneğin olduğu alanlarda ise EC değeri sınır değeri olan 4 dS/m'in üzerindedir. Bu alanda da biber, fasulye gibi tuza karşı hassas olan bitkiler yetiştirilmemelidir. Proje alanı topraklarında özellikle Ağustos-2003 örneklerinde pH değerleri toprak profil derinliğinde 6.96 ile 8.86 arasında değişmektedir (Tablo 3). pH değerleri incelendiğinde yaz aylarında toprakların bazik karakterli olduğu görülmektedir. Domates gibi bazı bitkilerin yetiştirilmesinde pH değerinin kükürt kullanılarak düşürülmesi gerekmektedir. Kültür bitkilerinin büyük çoğunluğu bitki besin elementlerinin çözünürlükleri ve kolay alınabilirliğinden dolayı nötr veya hafif asidik (6.3-6.8 pH) toprakları tercih ederler. Buna karşılık çay, patates, çilek gibi bazı bitkiler daha asidik veya daha alkali koşulları tercih ederler. pH < 5.5'de N, P, K, S, Mg, Ca gibi major bitki besin elementlerinin bitki tarafından topraktan alımı çok güçleşir ve bu elementlerin eksiklik simptonları bitkide görünmeye başlar (Güzel, 1982). Buna karşılık bir çok katyon (Fe^{2+} , Zn^{2+} , Al^{3+} , Cu^{2+} , Co^{2+} ve Mn^{2+}) pH < 5.0'da çözünür formda, bitkiler için daha kolay alınabilir ve yararlı durumdadır. Bu elementler alkalın koşullarda daha az yararlı olup eksiklik simptonları bitkilerde görülmektedir. Tablo 9'da bazı bitki besin elementlerinin tam yararlı olduğu toprak pH aralıkları verilmiştir.

Tablo 9. Bazı bitki besin maddelerinin tam yararışı olduğu pH değerleri (FAO, 1985)

Element	Asit					Nötr			Alkali				
	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10
Azot, N													
Fosfor, P													
Potasyum, K													
Kalsiyum, Ca													
Mağnezyum, Mg													
Kükürt, S													
Demir, Fe													
Mangan, Mn													
Bor, B													
Bakır, Cu													
Çinko, Zn													
Molibden, Mo													

Proje alanı topraklarında Ağustos-2003, Şubat-2004 tarihlerinde 22 noktadan 0-120 cm toprak derinliğinde 30cm aralıklarla alınan örneklerde EC ve pH analizleri yapılmış, analiz sonuçları her bir lokasyon için ayrı ayrı grafiklenerek EK-4 verilmiştir.

Genel olarak araştırma alanı topraklarının Elektriksel İletkenlik (EC) değerleri bitki gelişimi için 1 ve 2 nolu ömikleme noktaları hariç normal seviyededir. EC değeri 4 dS/m' den yüksek olan topraklar tuzlu topraklar olarak sınıflandırılmaktadır ve bitki verimi $EC > 4$ dS/m olan topraklarda azalmaktadır. EC değeri 6 dS/m'nin üzerine çıktığı zaman arpa, mısır, çavdar, sorgum, şeker pancarı, ayçiçeği ve buğday verimi % 50 oranında azalmaktadır (Kotuby-Amacher and Kitchen, 1997; FAO, 1985).

Lokasyon 1 ve 2 de kış yağışlarının topraklarda tuzların yıkanması üzerinde nederece etkili olduğunu göstermesi açısından büyük önem göstermektedir. Lokasyon 1'de yıkanmanın 120 cm toprak derinliğinde aynı oranda etkili olduğunu, lokasyon 2'de ise yüzeyde yıkanma profil

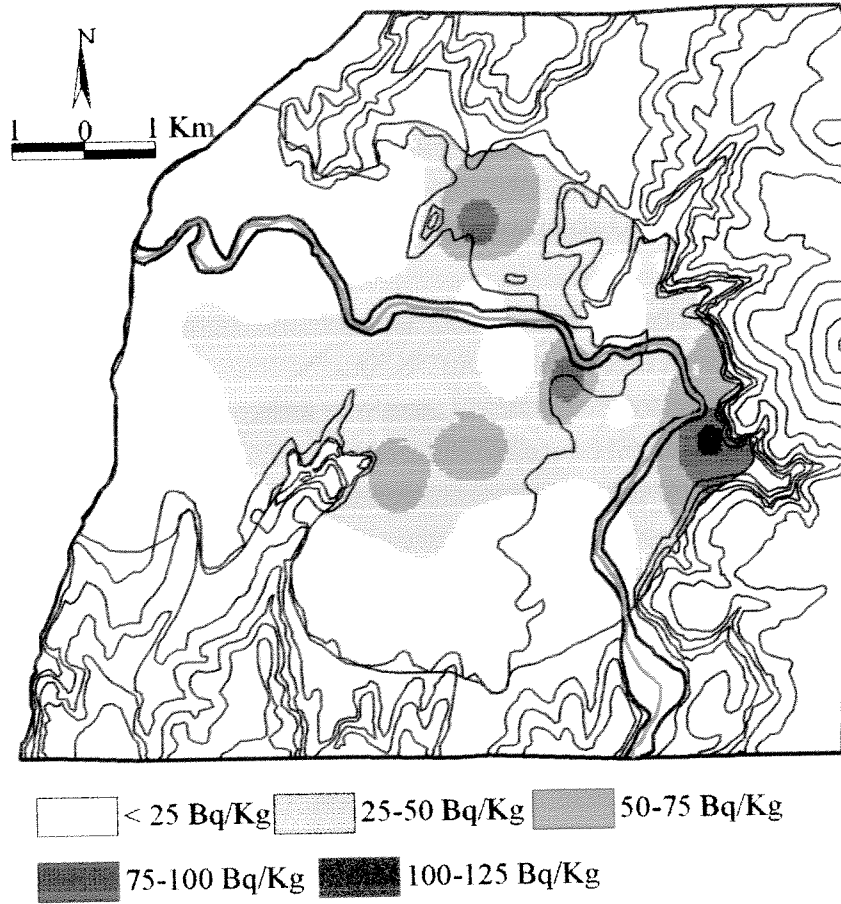
derinliğinde kısmi artışa neden olmuştur. Tüm profilde yıkanma aynı etkide olmamıştır (EK-4).

Toprak profilinde pH değişimi üzerinde bir çok parametrenin etkisi bulunmaktadır. Bitkisel üretim, bitki türleri ve kök yapılan, gübreleme ve uygulanan gübre çeşit ve miktarları, sulama suyu kalitesi ve miktarı, yağış, tabansuyu ve kalitesi, toprakların orijini (ana materyal özellikleri) topraklardaki pH değişimi üzerinde etkili olmaktadır. Özellikle amonyumlu gübrelerin yoğun kullanımı ve bunların yüzeye yakın kısımlarda nitrifikasyonu toprak pH'sında asitleşme sağlar (McMurray, 1979; Özbek ve ark., 1993; Tatum ve Crause, 2004). Ayrıca kükürtlü gübrelerin oksidasyonu da bunu sağlar. Bitki köklerinin özellikleri (saçak, kazık gibi), salgıladıkları salgılar ve çürüme/ayrışmaları buldukları derinliklerde toprak pH'sında azalmalara neden olur. Proje alanında yağış, toprak özellikleri, toprak amenajman teknikleri ve arazi kullanım türlerinin farklılaşmasının pH değişimi üzerine etkileri farklı lokasyonlarda görülmektedir.

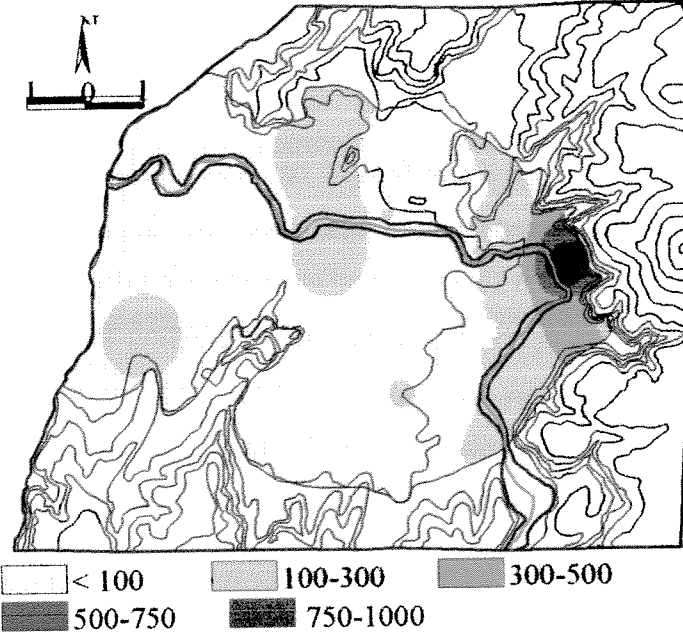
Tuzla Çayı yatağı değiştirilmiştir. Değişen yatak ve seddesi, kış yağışları ve yatak taşkını nedeniyle proje alanında kış yıkanmasının oldukça fazla ve etkili olduğu lokasyonlarda görülmektedir. Yeni yatağıyla Tuzla çayı alanda bir nevi jeotermal etkileşimle ova arasında bir bariyer görevi görmektedir. Bu nedenle jeotermal sızıntılar ova topraklarında tuzluluk açısından her hangi bir etkiye sahip olmadığı görülmüştür. Proje alanı topraklarında farklı derinlikte analizi yapılan elementler normal bir dağılım göstermiş istatistiksel olarak bir farklılaşma sağlamadığı görülmüştür. Bu nedenle analizi yapılan elementlerin dağılımları ile ilgili olarak bir modelleme yapılamamıştır.

7. TUZLA SAHASINDAKİ TOPRAKLARDA RADYOAKTİVİTE ÇALIŞMALARI

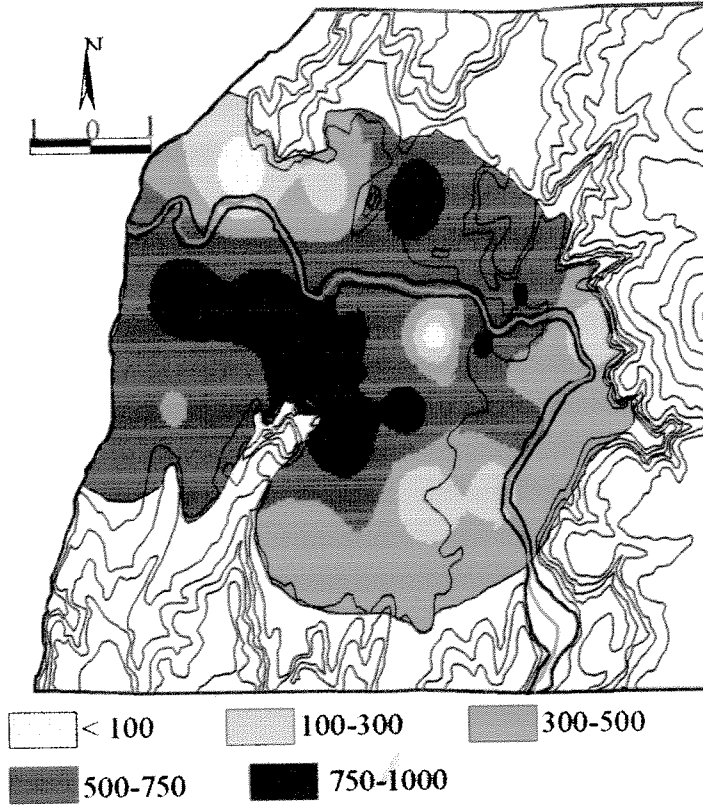
Proje sahasındaki 22 lokasyonda ve toprakların 30 cm'sinde alınan numunelerden Toryum (Th), Uranyum (U) ve Potasyum (K) analizleri yapılmıştır (Şekil 72-74). Elde edilen veriler sıcak-su kaynaklarına yakın yerlerde Thoryum ve Uranyum değerlerinin yüksek, Potasyum değerlerinin ise düşük olduğu görülmektedir. Thoryum ve uranyum değerlerinin yüksek olduğu bu kesimler sıcak su kaynaklarının rezervuarlarına yakın alanlar olduğu düşünülmektedir. Bu da bu alanda yapılacak ileride yapılacak olan sondajlar için bir veri niteliği taşıyabilir.



Şekil 72. İnceleme alanındaki topraklarda Thoryum dağılımı



Şekil 73. İnceleme alanındaki topraklarda Uranyum dağılımı



Şekil 74. İnceleme alanındaki topraklarda Potasyum dağılımı

TUZLA (CANAKKALE) JEOTERMALİN BÖLGEDEKİ AKİFERLERE, TOPRAĞA VE SUYA ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

ÖZET

Bu proje kapsamında, soğuk ve sıcak su kaynaklarının su kimyası, ağır metal ve izotop içerikleri belirlenmiştir. Sıcak su kaynakların soğuk su kaynaklarına olan etkileri değerlendirilmiştir. Ayrıca yöre topraklarının bazı fiziksel özellikleri, major element analizleri ve radyoaktivite değişimleri grafiklerle yorumlanmıştır. Proje sahasında soğuk ve sıcak su kaynaklarının özelliklerini belirlemek amacıyla Ağustos 2003, Aralık 2003, Mart 2004 ve Haziran 2004 tarihlerinde su numuneleri alınmıştır. Alınan bütün su numunelerinde major anyon, katyon ve ağır metal analizleri yapılmıştır. Alınan örneklerden Ca^{++} , Mg^{++} analizleri Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Merkezi Laboratuvarlarındaki Varian Liberty ICP-AES ile, Na^{++} ve K^{++} analizleri alevfotometresi yöntemi, SO_4^- içerikleri gravimetrik, Cl^- , HCO_3^- , CO_3^- değerleri titrimetrik yöntemler ile yapılmıştır. İnceleme alanındaki suların bazı fiziksel özellikleri (Sıcaklık, pH ve Elektiriksel İletkenlik) arazide WTW Multi340i/SET cihazı ile yerinde ölçülmüştür. İnceleme alanından alınan su numunelerinden Al, As, B, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Pb, Sr ve Zn element analizleri TÜBİTAK Bursa Test ve Analiz Laboratuvarlarında ve Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Laboratuvarlarında Atomik Absorpsiyon ve ICP-AES ile yapılmıştır.

Tuzla sahasındaki sıcak ve soğuk su kaynaklarının (yeraltı ve yüzey suyu) ilişkilerini belirlemek amacıyla alınan sularda Oksijen -18 (^{18}O) ve Döteryum (D) izotopları Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Dairesi İzotop Laboratuvarlarında, Trityum (T) analizleri ise Hacettepe Üniversitesi Hidrojeoloji Mühendisliği Laboratuvarlarında yaptırılmıştır.

Tuzla Jeotermal Sahasının'dan alınan toprak örneklerinin fiziksel özellikleri Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Laboratuvarlarında, ağır metal analizleri Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Laboratuvarlarında ICP-AES ile yapılmıştır. Toprak numunelerinde radyoaktivite (U, Th ve K) analizleri ise Celal Bayar Üniversitesi Fizik Bölümü Laboratuvarlarında yapılmıştır.

Elde edilen bütün veriler birbirleri ile deneytirilerek. sıcak su kaynaklarının özellikleri, kökenleri ve bu kaynakların soğuk su kaynaklarına olan etkileri ile alandaki topraklara olan etkileri irdelenmiştir. Bu verilere göre;

Tuzla sahasındaki sıcak suyun, denizel kökenli evaporitlerin çözünmesinden itibaren geldiği ve birtakım bozunma süreçleri ile daha yüksek mineralizasyona uğradığı düşünülmektedir. Jeotermal sularda genelde oluşan kimyasal değişimlerin bir kısmının Tuzla jeotermal suyunda da etkin olduğu düşünülmektedir.

Kurak dönemde Tuzla dere suyunun EC, Cl, sıcaklık değerleri, sıcak suların etkisi ile yükselmektedir. Sıcak sularda SO₄ konsantrasyonundaki artış bakteri faaliyeti ile metal sülfidlerin okside olması sonucu yükseldiği düşünülmektedir. Özellikle yağışlı dönemde Tuzla dere EC, Cl, Na ve ağır metal içerikleri seyrelirken, bu dönemde yeraltı suyunda kurak döneme oranla daha yüksek ağır metal değerleri oluşu toprak yüzeyindeki yıkanma ile aşağıya infiltrasyondan ötürüdür. Yani yağışlı dönemde özellikle Sr tuzları yıkanarak akifere geçiş göstermektedir. Ayrıca, elde edilen veriler sıcak su kaynakların inceleme alanındaki Tuzla deresini önemli ölçüde (yüzeysel suları) etkilemektedir.

Çalışma alanının ana drenaj sistemini Tuzla çayı oluşturmakla birlikte kuzeyden, doğudan ve güneyden doğan dereler Tuzla çayı ile birleşerek Ege denizine dökülür. Tuzla çayı debisi yaz mevsiminde beslenmenin azalması ile birlikte çok düşmektedir. Tuzla sahasındaki sıcak su kaynaklarından sızan sular inceleme alanındaki derelere karışmaktadır. Bu alanlarda tuz konsantrasyonu oldukça yüksektir. Tuzla dere suyu da tıpkı sıcak sular gibi kurak dönemde Na, Ca, Cl'ü sulardan NaCl'ü sulara geçiş göstermektedir. Bazı alanlarda birikintiler oluşturmuştur. Kış mevsiminde, debisi özellikle yağışlarından ve doğudaki dağlarda karların erimesinden sonra artan Tuzla çayı, yağış yoğunluğunun yüksek olduğu durumlarda yatağından taşarak çevredeki tarım arazilerine zarar verebilen düzensiz akışa sahip bir dere konumuna geçebilmektedir. Tuzla sahasındaki sıcak sular yüzeye çıktığı noktalarda gerek basınç gerekse sıcaklık azalışı nedeniyle su içinde erimiş halde bulunan mineraller katı faza geçerek yüzeyi ince bir örtü şeklinde kaplamakta ve toprak üzerinde ince bir kabuk oluşturarak yüzeyde beyaz bir görüntü oluşmasına neden olmaktadır.

Genel olarak inceleme alanının doğusunda, sıcak su kaynaklarının çevresindeki, topraklarda element yoğunlaşması daha yüksektir. Proje sahasının doğu kesimlerinde yer alan bu alanlar jeotermal sistemlerin toprağı etkilemesi nedeni ile tarım arazisi olarak kullanılmamaktadır.

Sıcak sulara ağır metal değerleri soğuk su kaynaklarına göre oldukça yüksektir. İnceleme alanındaki sulara arsenik (As) değerleri 0.006 ile 0.104 ppm, civa (Hg) değerleri ise <0.001 ile 0.008 ppm arasında değişmektedir. Ağustos 2003 döneminde alınan bazı yeraltısuyu ve dere örneklerinde As konsantrasyonları önemli oranda artış göstermektedir. Bu değerlerin yüksek olduğu kesimler inceleme alanındaki sıcak su kaynaklarının boşaldığı noktalara karşılık gelmektedir. Bu kesimde sıcak suların deşarjı nedeni ile mineraller çökelmiş durumdadır. Bu da burada ki su kaynaklarında As gibi B, Hg gibi bazı ağır metallerin artışına sebep olmaktadır.

Tuzla asidik özellikteki jeotermal suyunun, özellikle kurak dönemde kontrolsüz bir biçimde Tuzla dereye ve çevreye akışı, buradan itibaren ilave buharlaşmaya uğraması nedeniyle, özellikle yağışlı dönemde, kurak dönemde biriken tuzların ve bir kısım ağır metallerin yağışların etkisi ile sığ olan yeraltı suyuna süzülerek yeraltı suyunda ağır metal ve tuzların yükselmesine neden olduğu görülmektedir. Ancak yağışlı dönemde yeraltı suyunda görülen piston flow şeklindeki infiltrasyon etkisi kurak dönemde kısmen düzelmekte ancak sıcak suların yeraltı suyu akiferine impulse etki dışındaki karışımı süregelmektedir. Sıcak sular meteorik kökenli olup, düşey yönde birbirleriyle kesişen kırıklar boyunca düşey geçirgenliğin arttığı yönde ve yüzeyde birbirleriyle kesişen fayların kesişim noktalarından yüzeye çıkmaktadırlar. Sahanın güneydoğusundan gelen EC'si düşük (600-800 micromho/cm) yeraltı sularının jeotermal sular etkisi ile EC'sinin (1400-3200 micromho/cm) yükseldiği görülmektedir. Nitekim CaHCO₃'lü sular fasiyesinde yer alan yeraltı suları sıcak suların etkisi ile CaCl₂'li sulara geçiş göstermektedir.

Proje sahasındaki jeotermal suların Tuzla tatlı yeraltı suyu akiferine olan olumsuz etkileri iki şekilde olmaktadır:

- a) Jeotermal suların yeraltı sularına mevsimlik etkisi, ki buna dolaylı etki denebilir: Cl konsantrasyonlarının ve ağır metal içeriklerinin kurak dönemde yüzeyde biriken tuz ve ağır metal bileşimlerini kısım yağışlar vasıtası ile yeraltına süzdürmesi,
- b) Sahada çıkan yüksek basınca sahip jeotermal suların yukarıya doğru dikey çatlak, kırık veya faylar vasıtası ile yükselimi, yani genel anlamda yeraltı suyuna etkisi.

Jeotermal suların yukarıda belirtilen her iki etkisinden. Ötörü yeraltı suyunun duraylı izotop değerleri beklenilenden daha pozitif değerlerdedir. Genel olarak, inceleme alanındaki sıcak sularında yukarıya doğru çıkarken soğuk yeraltı suyu akiferine karışımından ötürü $\delta^{18}\text{O}$ ve δD değerlerinde bir azalma da söz konusu olmuştur.

EK -1

İnceleme alanındaki su kaynaklarında major
element analiz sonuçları

ÖRNEK ADI 01	Numune Alma Dönemi							
	Ağustos 2003		Aralık 2003		Mart 2004		Haziran 2004	
İyon	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Na ⁺	19500	848,19	309	13,44	174	7,57	14830	645,06
K ⁺	352,2	9,01	39	1	49	1,25	2062	52,74
Ca ⁺⁺	291,9	14,57	80	3,99	105	5,24	2858	142,61
Mg ⁺⁺	11,1	0,91	18	1,48	16	1,32	62,90	5,17
Cl ⁻	35000	987,31	490	13,82	838	23,64	32350	912,55
HCO ₃ ⁻	370	6,06	210	3,44	269	4,41	101	1,66
SO ₄ ⁼	156	3,25	195	4,06	205	4,27	150	3,12
CO ₃ ⁼	0	0	0	0	0	0	0	0
Toplam Katyon	20155,2	872,68	446	19,91	344	15,38	19812	845,59
Toplam Anyon	35526	996,62	895	21,32	1312	32,32	32601	917,33
pH	8,1		8,2		8,2		7,5	
EC (µmho/cm)	83133		2200		2900		97200	
T (°C)			5		16		31,2	

ÖRNEK ADI 02	Numune Alma Dönemi							
	Ağustos 2003		Aralık 2003		Mart 2004		Haziran 2004	
İyon	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Na ⁺	18270	794,69	345,00	15,01	198,00	8,61		
K ⁺	296,5	7,58	30,00	0,77	62,00	1,59		
Ca ⁺⁺	228,4	11,4	75	3,74	122,00	6,09		
Mg ⁺⁺	15,50	1,28	13	1,07	17,00	1,40		
Cl ⁻	32350	912,55	525	14,81	966,00	27,25		
HCO ₃ ⁻	571	9,36	202	3,31	235,00	3,85		
SO ₄ ⁼	144	3	148	3,08	232,00	4,83		
CO ₃ ⁼	0	0	0	0	0,00	0,00		
Toplam Katyon	18810,4	814,95	463	20,59	399	17,68		
Toplam Anyon	33065	924,91	875	21,20	1433	35,93		
pH	8		8,2		8,2			
EC (µmho/cm)	64043		2060		3730			
T (°C)			5		16			

ÖRNEK ADI 03	Numune Alma Dönemi							
	Ağustos 2003		Aralık 2003		Mart 2004		Haziran 2004	
İyon	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Na ⁺	27,00	1,17	45,00	1,96	32,00	1,39	45	1,96
K ⁺	8,00	0,20	8,00	0,20	7,00	0,18	14	0,36
Ca ⁺⁺	2,00	0,10	3,40	0,17	2,00	0,10	36,9	1,84
Mg ⁺⁺	1,00	0,08	2,00	0,16	0,00	0,00	1	0,08
Cl ⁻	14,00	0,39	16,00	0,45	14,00	0,39	38	1,07
HCO ₃ ⁻	67,00	1,10	68,00	1,11	67,00	1,10	82	1,34
SO ₄ ⁼	4,00	0,08	51,00	1,06	4,00	0,08	68	1,42
CO ₃ ⁼	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
Toplam Katyon	38,00	1,56	58,4	2,5	41	1,68	96,9	4,24
Toplam Anyon	85,00	1,58	135	2,63	85	1,58	188	3,83
pH	8,1		7,9		8,5		8,3	
EC (µmho/cm)	276		381		273		263	
T (°C)	24		25		20		29	

ÖRNEK ADI 04	Numune Alma Dönemi							
	Ağustos 2003		Aralık 2003		Mart 2004		Haziran 2004	
İyon	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Na ⁺	14500	630,71	13200,0	574,16	6218,00	270,47	13721,0	596,82
K ⁺	1189	30,41	2000,00	51,15	2231,00	57,06	1398	35,75
Ca ⁺⁺	1172	88,42	2960	147,7	2927	146,06	1532	76,45
Mg ⁺⁺	18	1,48	85	6,66	77	6,33	27,60	2,27
Cl ⁻	30123	849,73	29000	818,05	8520	240,34	28476	803,27
HCO ₃ ⁻	101	1,66	130	2,13	134	2,20	67	1,10
SO ₄ ⁼	363	7,56	385	8,02	857	17,84	241,4	5,03
CO ₃ ⁼	0	0	0	0	0	0	0	0
Toplam Katyon	17479	751,02	18245	780,01	11453	479,92	16678	711,3
Toplam Anyon	30587	858,95	29515	828,20	9511	260,38	28784	809,4
pH	7,1		6,4		7,3		5,7	
EC (µmho/cm)	85756		78400		85600		75900	
T (°C)			79		45		86,4	

ÖRNEK ADI 05	Numune Alma Dönemi							
	Ağustos 2003		Aralık 2003		Mart 2004		Haziran 2004	
İyon	mg/l	meq/l	mg/l	Meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Na ⁺	56,00	2,44	9,00	0,39	102,00	4,44	36,00	1,57
K ⁺	4,3	0,11	1	0,03	22	0,56	4	0,10
Ca ⁺⁺	139	6,94	150	7,49	201	10,03	151	7,53
Mg ⁺⁺	10	0,82	10	0,82	23	1,89	54	4,44
Cl ⁻	99	2,79	39	1,10	682	10,24	199	5,61
HCO ₃ ⁻	354	5,80	336	5,51	269	4,41	336	5,51
SO ₄ ⁼	147	3,06	100	2,08	65	1,35	71,2	1,48
CO ₃ ⁼	0	0	0	0	0	0	0	0
Toplam Katyon	209,3	10,30	170	8,72	348	16,92	245	13,65
Toplam Anyon	600	11,65	475	8,69	1016	25	606,2	12,6
pH	7,5		7,5		7,5		7,5	
EC (µmho/cm)	1299		2400		2690		2360	
T (°C)	22		18		20,3		21,4	

ÖRNEK ADI 06	Numune Alma Dönemi							
	Ağustos 2003		Aralık 2003		Mart 2004		Haziran 2004	
İyon	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Na ⁺	71,00	3,09	15	0,65	57	2,48		
K ⁺	4	0,10	7	0,18	11	0,28		
Ca ⁺⁺	148	7,39	138	6,89	127	6,34		
Mg ⁺⁺	7,3	0,60	19	1,56	21	1,73		
Cl ⁻	102	2,88	65	1,83	128	3,61		
HCO ₃ ⁻	336	5,51	350	5,74	538	8,82		
SO ₄ ⁼	205	4,27	131	2,73	106	2,21		
CO ₃ ⁼	0	0	0	0	0	0		
Toplam Katyon	230,3	11,18	179	9,28	216	10,83		
Toplam Anyon	643	12,65	546	10,30	772	14,63		
pH	7,2		7,3		7,6			
EC (µmho/cm)	2161		952		1299			
T (°C)	22		15		16			

ÖRNEK ADI 07	Numune Alma Dönemi							
	Ağustos 2003		Aralık 2003		Mart 2004		Haziran 2004	
İyon	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Na ⁺	66.00	2,87	10.00	0,44	148.00	6,44		
K ⁺	6	0,15	12	0,31	54	1,38		
Ca ⁺⁺	163	8,13	140	6,99	185	9,23		
Mg ⁺⁺	13	1,07	21	1,73	25	2,06		
Cl ⁻	132	3,72	70	1,97	682	19,24		
HCO ₃ ⁻	306	5,01	328	5,38	470	7,7		
SO ₄ ⁼	249	5,18	141	2,94	106	2,21		
CO ₃ ⁼	0	0	0	0	0	0		
Toplam Katyon	248	12,23	183	9,46	412	19,11		
Toplam Anyon	687	13,92	539	10,29	1258	29,15		
pH	8,2		8		10			
EC (µmho/cm)	3070		3210		3230			
T (°C)			12		13			

ÖRNEK ADI 08	Numune Alma Dönemi							
	Ağustos 2003		Aralık 2003		Mart 2004		Haziran 2004	
İyon	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Na ⁺	19100	830,8	480	20,88	190	8,26	12756	554,85
K ⁺	357	9,13	29	0,74	56	1,43	478,50	12,24
Ca ⁺⁺	219,4	10,95	75	3,74	114	5,69	881,70	44
Mg ⁺⁺	18	1,48	13	1,07	16	1,32	36,70	3,02
Cl ⁻	32100	905,5	610	17,21	994	28,04	24992	704,99
HCO ₃ ⁻	437	7,16	202	3,31	336	5,51	168	2,75
SO ₄ ⁼	363	7,56	175	3,64	106	2,21	152	3,16
CO ₃ ⁼	0	0	0	0	0	0	0	0
Toplam Katyon	19694	852,36	597	26,43	376	16,7	14152	614,1
Toplam Anyon	32900	920,22	987	24,16	1436	35,75	25312	710,91
pH	8,2		8,3		8,2		7,3	
EC (µmho/cm)	63772		2500		3610		39300	
T (°C)			5		15		27,5	

ÖRNEK ADI 09	Numune Alma Dönemi							
	Ağustos 2003		Aralık 2003		Mart 2004		Haziran 2004	
İyon	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Na ⁺	18500	804,7			187	8,13	11142	484,65
K ⁺	456,5	11,68			54	1,38	1527	39,05
Ca ⁺⁺	390,9	19,51			117	5,84	1942	96,91
Mg ⁺⁺	18	1,48			16	1,32	3290	2,71
Cl ⁻	30450	858,96			980	27,64	24960	704,09
HCO ₃ ⁻	672	11,01			336	5,51	202	3,31
SO ₄ ⁼	102	2,12			212	4,41	170	3,54
CO ₃ ⁼	0	0			0	0	0	0
Toplam Katyon	19365	837,36			374	16,67	14643	623,31
Toplam Anyon	31224	872,09			1528	37,56	25332	710,94
pH	8,1				8,1		6,9	
EC (µmho/cm)	65803				3300		45000	
T (°C)					14		27,6	

ÖRNEK ADI 10	Numune Alma Dönemi							
	Ağustos 2003		Aralık 2003		Mart 2004		Haziran 2004	
	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
İyon								
Na ⁺	19899	865,55	12000	521,97	249	10,83		
K ⁺	2550,3	65,23	50	1,28	94	2,40		
Ca ⁺⁺	2449,9	122,25	178	8,88	147	7,34		
Mg ⁺⁺	28	2,3	23	1,89	16	1,32		
Cl ⁻	38900	1097,32	21000	592,38	1704	48,07		
HCO ₃ ⁻	101	1,66	202	3,31	269	4,41		
SO ₄ ⁼	111	2,31	53	1,10	6	0,12		
CO ₃ ⁼	0	0	0	0	0	0		
Toplam Katyon	24927	1055,33	12251	534,02	506	21,89		
Toplam Anyon	39112	1101,29	21255	596,80	1979	52,6		
pH	7,9		7,9		8,7			
EC (µmho/cm)	158720		71500		5810			
T (°C)			6		17			

ÖRNEK ADI 11	Numune Alma Dönemi							
	Ağustos 2003		Aralık 2003		Mart 2004		Haziran 2004	
	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
İyon								
Na ⁺	17250	750,33	15200	661,16	5599	243,54	16955	737,49
K ⁺	1758	44,96	1695	43,35	1684	43,07	675,80	17,28
Ca ⁺⁺	1617	80,69	2378	118,66	2380	118,76	1253	62,53
Mg ⁺⁺	27,2	2,24	114	9,38	111	9,13	41,40	3,41
Cl ⁻	27831	785,08	31240	881,24	68160	1922,71	27479	775,15
HCO ₃ ⁻	101	1,66	235	3,85	134	2,20	134	2,20
SO ₄ ⁼	109	2,27	648	13,49	126	2,62	311,50	6,49
CO ₃ ⁼	0	0	0	0	0	0	0	0
Toplam Katyon	20652,2	878,21	19387	832,55	9774	414,5	18925,2	820,71
Toplam Anyon	28041	789	32123	898,58	68420	1927,53	27924,5	783,83
pH	6,1		5,4		6,4		5,6	
EC (µmho/cm)	78029		65000		75900		71400	
T (°C)			72		32		54,9	

ÖRNEK ADI 12	Numune Alma Dönemi							
	Ağustos 2003		Aralık 2003		Mart 2004		Haziran 2004	
	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
İyon								
Na ⁺			17300	752,5	3314	144,15	14020	609,83
K ⁺			730	18,67	695	17,77	382	9,77
Ca ⁺⁺			1030	51,40	1007	50,25	675,50	33,71
Mg ⁺⁺			44	3,62	42	3,46	20,70	1,70
Cl ⁻			30030	847,11	12425	350,49	26491	847,28
HCO ₃ ⁻			218	3,57	202	3,31	168	2,75
SO ₄ ⁼			165	3,44	201	4,18	84,60	1,76
CO ₃ ⁼			0	0	0	0	0	0
Toplam Katyon			19104	826,19	5058	215,63	15098,2	655,01
Toplam Anyon			30413	854,12	12828	357,99	26743,6	751,79
pH			5,5		5,8		5,4	
EC (µmho/cm)			33400		32700		32100	
T (°C)			50		47		54,7	

ÖRNEK ADI 13	Numune Alma Dönemi							
	Ağustos 2003		Aralık 2003		Mart 2004		Haziran 2004	
İyon	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Na ⁺	16456	715,79	14150	615,49	5893	256,33	15984	695,26
K ⁺	1980	50,64	1985	50,77	1979	50,61	765,30	19,57
Ca ⁺⁺	2750	137,23	2526	126,05	2636	131,54	1267	63,22
Mg ⁺⁺	18,20	1,5	72	5,92	75	6,17	23,50	1,93
Cl ⁻	29582	834,47	28500	803,95	58220	1642,31	27475	775,04
HCO ₃ ⁻	101	1,66	151	2,47	134	2,20	67	1,10
SO ₄ ⁻	195	4,06	554	11,53	34	0,71	262,50	5,47
CO ₃ ⁻	0	0	0	0	0	0	0	0
Toplam Katyon	21204,2	905,15	18733	798,22	10583	444,65	18039,8	779,99
Toplam Anyon	29878	840,19	29205	817,96	58388	1645,22	27804,5	781,6
pH	6,3		6,1		6,5		6,3	
EC (µmho/cm)	85955		70900		80300		74400	
T (°C)	73		87		87		77	

ÖRNEK ADI 14	Numune Alma Dönemi							
	Ağustos 2003		Aralık 2003		Mart 2004		Haziran 2004	
İyon	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Na ⁺	19250	837,32	8500	369,73	2419	105,22	7960	346,24
K ⁺	503,2	12,87	1302	33,30	463	11,84	717,40	18,35
Ca ⁺⁺	414,6	20,69	1729	86,28	815	40,67	1198	59,38
Mg ⁺⁺	9,10	0,75	45	3,70	73	6,1	22,50	1,85
Cl ⁻	35400	998,59	17950	506,35	14200	400,56	16780	473,34
HCO ₃ ⁻	34	0,56	50	0,82	168	2,75	67	1,10
SO ₄ ⁻	39	0,81	631	13,14	152	3,16	439	9,14
CO ₃ ⁻	0	0	0	0	0	0	0	0
Toplam Katyon	20176,9	871,63	11576	493	3770	163,74	9897,9	426,22
Toplam Anyon	35473	999,96	18631	520,30	14520	406,48	7286	483,58
pH	7,7		7,5		8,5		7,5	
EC (µmho/cm)	99400		51100		25200		84500	
T (°C)	25		3		18		26,8	

ÖRNEK ADI 15	Numune Alma Dönemi							
	Ağustos 2003		Aralık 2003		Mart 2004		Haziran 2004	
İyon	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Na ⁺			18	0,78	23	1	78	3,39
K ⁺			4	0,10	4	0,10	18	0,48
Ca ⁺⁺			64	3,19	63	3,14	118,2	5,90
Mg ⁺⁺			14	1,15	16	1,32	12	0,99
Cl ⁻			25	0,71	62	1,75	51	1,44
HCO ₃ ⁻			251	4,11	302	4,95	335	5,49
SO ₄ ⁻			10	0,21	11	0,23	139	2,89
CO ₃ ⁻			0	0	0	0	0	0
Toplam Katyon			100	5,23	106	5,56	226,8	10,75
Toplam Anyon			286	5,03	375	6,93	525	9,82
pH			7,7		8,1		8	
EC (µmho/cm)			645		600		583	
T (°C)			13		15		19,5	

ÖRNEK ADI 16	Numune Alma Dönemi							
	Ağustos 2003		Aralık 2003		Mart 2004		Haziran 2004	
İyon	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Na ⁺	115	5			92	4	82	357
K ⁺	29	0,74			24	0,61	8	0,20
Ca ⁺⁺	159	7,93			145	7,24	162,80	8,12
Mg ⁺⁺	21,7	1,79			22	1,81	46,20	3,80
Cl ⁻	207	5,84			241	6,80	214	8,04
HCO ₃ ⁻	431	7,06			470	7,70	370	6,06
SO ₄ ⁼	159	3,31			183	3,81	253	5,27
CO ₃ ⁼	0	0			0	0	0	0
Toplam Katyon	324,7	15,46			283	13,66	299	15,77
Toplam Anyon	797	16,21			894	18,31	837	17,37
pH	7,6				7,6		7,4	
EC (µmho/cm)	2032				1926		1930	
T (°C)					14		19	

ÖRNEK ADI 17	Numune Alma Dönemi							
	Ağustos 2003		Aralık 2003		Mart 2004		Haziran 2004	
İyon	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Na ⁺					690	30,01		
K ⁺					13	0,33		
Ca ⁺⁺					655	32,68		
Mg ⁺⁺					133	10,94		
Cl ⁻					2329	65,70		
HCO ₃ ⁻					470	7,70		
SO ₄ ⁼					199	4,14		
CO ₃ ⁼					0	0		
Toplam Katyon					1491	73,97		
Toplam Anyon					2998	77,54		
pH					7,8			
EC (µmho/cm)					7400			
T (°C)					14			

ÖRNEK ADI 18	Numune Alma Dönemi							
	Ağustos 2003		Aralık 2003		Mart 2004		Haziran 2004	
İyon	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Na ⁺					57	2,48	85	3,70
K ⁺					32	0,82	39,80	1,02
Ca ⁺⁺					134	6,69	170,40	8,50
Mg ⁺⁺					20	1,65	36,80	3,03
Cl ⁻					128	3,61	162	4,57
HCO ₃ ⁻					403	6,60	302	4,95
SO ₄ ⁼					59	1,23	258	5,37
CO ₃ ⁼					0	0	0	0
Toplam Katyon					243	11,63	332	16,25
Toplam Anyon					590	11,44	722	14,89
pH					7,7		7,4	
EC (µmho/cm)					1400		1549	
T (°C)					13		18,9	

ÖRNEK ADI 19	Numune Alma Dönemi							
	Ağustos 2003		Aralık 2003		Mart 2004		Haziran 2004	
İyon	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Na ⁺					17	0,74	35	1,52
K ⁺					3	0,08	1,70	0,04
Ca ⁺⁺					52	2,59	58	2,89
Mg ⁺⁺					16	1,32	14	1,15
Cl ⁻					28	0,79	47	1,33
HCO ₃ ⁻					235	3,85	134	2,20
SO ₄ ⁼					365	7,60	75	1,56
CO ₃ ⁼					0	0	0	0
Toplam Katyon					88	4,73	108,7	5,61
Toplam Anyon					628	12,24	256	5,08
pH					8,9		8,5	
EC (µmho/cm)					471		507	
T (°C)					17		24	

ÖRNEK ADI 20	Numune Alma Dönemi							
	Ağustos 2003		Aralık 2003		Mart 2004		Haziran 2004	
İyon	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Na ⁺					34	1,48		
K ⁺					5	0,13		
Ca ⁺⁺					77	3,84		
Mg ⁺⁺					17	1,40		
Cl ⁻					71	2		
HCO ₃ ⁻					437	7,16		
SO ₄ ⁼					41	0,85		
CO ₃ ⁼					0	0		
Toplam Katyon					133	6,85		
Toplam Anyon					549	10,02		
pH					7,6			
EC (µmho/cm)					786			
T (°C)					17			

ÖRNEK ADI 21	Numune Alma Dönemi							
	Ağustos 2003		Aralık 2003		Mart 2004		Haziran 2004	
İyon	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Na ⁺					112	4,87	79	3,44
K ⁺					16	0,41	9,6	0,25
Ca ⁺⁺					136	6,79	112	5,59
Mg ⁺⁺					20	1,65	31,80	2,62
Cl ⁻					419	11,82	125	3,53
HCO ₃ ⁻					437	7,16	370	6,06
SO ₄ ⁼					87	1,81	123	2,56
CO ₃ ⁼					0	0	0	0
Toplam Katyon					284	13,71	232,4	11,89
Toplam Anyon					943	20,79	618	12,15
pH					7,6		7,3	
EC (µmho/cm)					2400		1084	
T (°C)					15		18	

ÖRNEK ADI 22	Numune Alma Dönemi							
	Ağustos 2003		Aralık 2003		Mart 2004		Haziran 2004	
İyon	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Na ⁺			87	3,78	64	2,78	107	4,65
K ⁺			12	0,31	14	0,36	1330	0,34
Ca ⁺⁺			3	0,15	4	0,20	6,15	0,31
Mg ⁺⁺			1	0,08	1	0,08	1	0,08
Cl ⁻			60	1,69	626	17,66	99	2,79
HCO ₃ ⁻			84	1,38	101	1,66	101	1,66
SO ₄ ⁻			47	0,98	74	1,54	20,20	0,42
CO ₃ ⁻			0	0	0	0	0	0
Toplam Katyon			103	4,32	83	3,42	127,45	5,38
Toplam Anyon			191	4,05	801	20,85	220,2	4,87
pH			6,8		7,2		7,2	
EC (µmho/cm)			692		758		580	
T (°C)			34		35		36,9	

ÖRNEK ADI 23	Numune Alma Dönemi							
	Ağustos 2003		Aralık 2003		Mart 2004		Haziran 2004	
İyon	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Na ⁺							16749	728,53
K ⁺							1681	42,99
Ca ⁺⁺							1240	61,88
Mg ⁺⁺							38	3,13
Cl ⁻							27482	775,23
HCO ₃ ⁻							134	2,20
SO ₄ ⁻							307,7	6,41
CO ₃ ⁻							0	0
Toplam Katyon							836,53	19708
Toplam Anyon							783,84	27923,7
pH							5,7	
EC (µmho/cm)							74400	
T (°C)							60,8	

ÖRNEK ADI 24	Numune Alma Dönemi							
	Ağustos 2003		Aralık 2003		Mart 2004		Haziran 2004	
İyon	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Na ⁺							105	4,57
K ⁺							103	2,63
Ca ⁺⁺							228	11,38
Mg ⁺⁺							27,9	2,30
Cl ⁻							350	9,87
HCO ₃ ⁻							420	6,88
SO ₄ ⁻							252	5,25
CO ₃ ⁻							0	0
Toplam Katyon							463,9	20,87
Toplam Anyon							1022	22
pH							7,3	
EC (µmho/cm)							4999	
T (°C)							19	

EK-2. İnceleme alanındaki su kaynaklarında Al miktarının (ppm)

X	Y	Numune No	Lokasyon	NUMUNE ALMA DÖNEMİ				Ortalama	
				Agustos 2003	Aralık 2003	Mart 2004	Haziran 2004		
27927	81215	01	Tuzla Çayı	0,064	0,036	0,012	0,010	0,030	
26068	81603	02		0,099	0,026	0,020		0,048	
25742	81572	08		<0,001	0,027	0,009	0,007	0,011	
26973	81527	09		<0,001		0,010	0,001	0,004	
28570	80828	10		0,327	<0,001	1,325		0,550	
27717	79201	19				0,007	0,012	0,010	
28823	81301	11			0,276	0,138	0,145	0,196	
29205	80040	12			0,129	<0,001	0,120	0,083	
29600	80270	13		Sıcak Su	0,186	0,291	0,257	0,210	0,236
29445	80227	04			0,062	0,085	0,276	0,156	0,145
29422	80077	22			0,150	0,019	0,056	0,075	
28802	81263	23					0,008	0,008	
27920	80637	05	Keson Kuyru	0,037	<0,001	0,010	0,021	0,017	
27294	80719	06		0,004	0,011	0,022		0,012	
26637	80266	07		0,003	0,013	0,015		0,010	
25603	82782	16		0,010		0,023	0,020	0,018	
23816	80559	17				<0,001		<0,001	
25718	82134	18				0,015	0,009	0,012	
27724	80802	21				0,008	0,007	0,008	
27710	79195	15	Sığ Sondaj		0,012	0,015	0,005	0,011	
27385	79814	20				0,020		0,020	
27540	80667	24					0,003	0,003	
29616	80263	03		Çeşme	0,186	3,361	1,937	1,296	1,695
29616	80286	14	Lere	0,046	0,237	0,014	0,098	0,099	

EK -2

**İnceleme alanındaki su kaynaklarında minor
element analiz sonuçları**

EK-2. İnceleme alanındaki su kaynaklarında As miktarının (ppm)

X	Y	Numune No	Lokasyon	NUMUNE ALMA DÖNEMİ				Ortalama
				Ağustos 2003	Aralık 2003	Mart 2004	Haziran 2004	
27927	81215	01	Tuzla Çayı	0,076	0,001	0,009	0,084	0,028
26668	81603	02		0,018	0,007	0,006		0,011
25742	81572	08		<0,001	0,013	0,009	0,024	0,007
26973	81527	09		0,021		0,005	0,037	0,013
28570	80828	10		0,073	0,112	0,010		0,065
27717	79201	19				0,003	<0,001	0,003
28823	81301	11	Sıcak Su	0,033	0,051	0,091	0,104	0,058
29205	80040	12			0,070	0,067	0,044	0,069
29600	80270	13		0,032	0,006	0,089	0,070	0,042
29445	80227	04		0,032	0,136	0,123	0,058	0,097
29422	80077	22			0,015	0,016	0,008	
28802	81263	23				0,087	0,087	
27920	80637	05	Keson Kıyısı	<0,001	<0,001	0,007	0,008	0,002
27294	80719	06		0,174	0,012	0,002		0,063
26637	80266	07		<0,001	<0,001	0,002		0,001
25603	82782	16		<0,001		0,013	0,007	0,007
23816	80559	17			0,004		0,004	
25718	82134	18			0,018	0,012	0,018	
27724	80802	21			0,006	<0,001	0,006	
27710	79195	15	Sig. Sondaj		<0,001	0,001	<0,001	0,001
27385	79814	20				<0,001		<0,001
27340	80667	24					0,070	0,070
29616	80263	03		Çeşme	<0,001	0,037	<0,001	0,002
29616	80286	14	Lere	0,021	0,059	0,019	0,052	0,033

EK-2. İnceleme alanındaki su kaynaklarında Cd miktarının (ppm)

X	Y	Numune No	Lokasyon	NUMUNE ALMA DÖNEMİ				Ortalama	
				Ağustos 2003	Aralık 2003	Mart 2004	Haziran 2004		
27927	81215	01	Tuzla Çayı	0,001	0,001	<0,001	<0,001	0,001	
26068	81603	02		0,015	0,001	0,001		0,006	
25742	81572	08		0,029	0,001	<0,001	<0,001	0,008	
26973	81527	09		0,020		0,001	<0,001	0,007	
28570	80828	10		0,034	0,019	0,001		0,018	
27717	79201	19				0,001	<0,001	<0,001	
28823	81301	11			0,027	0,015	0,001	0,011	
29205	80040	12			0,015	0,013	<0,001	0,010	
29600	80270	13			0,021	0,026	0,014	<0,001	0,015
29445	80227	04			0,041	0,019	0,013	0,001	0,018
29422	80077	22	Sıcak Su		<0,001	0,001	<0,001	0,001	
28802	81263	23					<0,001	<0,001	
27920	80637	05			0,002	0,001	0,001	0,001	
27294	80719	06			<0,001	0,001	<0,001	<0,001	
26637	80266	07			0,001	0,001	0,001	0,001	
25603	82782	16		Keson Kuyusu	0,001		0,001	<0,001	0,001
23816	80559	17					0,019		0,019
25718	82134	18					0,001	<0,001	0,001
27724	80802	21					0,001	<0,001	<0,001
27710	79195	15					0,001	<0,001	0,001
27385	79814	20	Sığ Sondaj				<0,001		<0,001
27540	80667	24						<0,001	<0,001
29616	80263	03	Çeşme Dere		0,001	0,001	0,001	<0,001	0,001
29616	80286	14				0,005	0,001	0,035	0,010

EK-2. İnceleme alanındaki su kaynaklarında Cr miktarının (ppm)

X	Y	Numune No	Lokasyon	NUMUNE ALMA DÖNEMİ				Ortalama	
				Ağustos 2003	Aralık 2003	Mart 2004	Haziran 2004		
27927	81215	01	Tuzla Çayı	<0,001	0,001	<0,001	0,130	0,033	
26068	81603	02		<0,001	0,001	0,001		0,001	
25742	81572	08		0,086	0,001	0,001	0,036	0,031	
26973	81527	09		0,132		0,001	0,044	0,059	
28570	80828	10		0,056	0,138	0,002		0,065	
27717	79201	19			<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
28823	81301	11	Sıcak Su	0,329	0,069	0,080	0,068	0,136	
29205	80040	12			0,174	0,086	0,024	0,095	
29600	80270	13		0,289	0,177	0,050	0,068	0,146	
29445	80227	04		0,027	0,150	0,137	0,072	0,097	
29422	80077	22			0,002	<0,001	<0,001	0,001	
28802	81263	23				0,079	0,079		
27920	80637	05	Keson Kuyru	0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,001	
27294	80719	06		0,001	0,001	0,002		0,001	
26637	80266	07		0,001	<0,001	0,001		<0,001	
25603	82782	16		0,001		0,002	<0,001	0,001	
23816	80559	17				0,024		0,024	
25718	82134	18			0,001	<0,001	0,001		
27724	80802	21			0,001	<0,001	<0,001		
27710	79195	15	Sığ Sondaj		0,001	0,001	<0,001	<0,001	
27385	79814	20					<0,001	<0,001	
27540	80667	24				<0,001		<0,001	
29616	80263	03		Çeşme	<0,001	0,002	0,002	<0,001	0,001
29616	80286	14		Dere	0,001	0,095	0,134	0,066	0,074

EK-2. İnceleme alanındaki su kaynaklarındaki Cu miktarının (ppm)

X	Y	Numune No	Lokasyon	NUMUNE ALMA DÖNEMİ				Ortalama
				Ağustos 2003	Aralık 2003	Mart 2004	Haziran 2004	
27927	81215	01	Tuzla Çayı	0,001	0,003	0,002	0,059	0,016
26068	81603	02		0,027	0,001	<0,001		0,009
25742	81572	08		<0,001	0,001	0,001	0,017	0,005
26973	81527	09		<0,001		0,002	0,021	0,008
28570	80828	10		<0,001	0,030	0,018		0,016
27717	79201	19				<0,001	<0,001	<0,001
28823	81301	11			<0,001	0,016	0,043	0,015
29205	80040	12			0,008	0,005	0,011	0,008
29600	80270	13		Sıcak Su	<0,001	<0,001	0,001	0,046
29445	80227	04	<0,001		0,023	<0,001	0,043	0,017
29422	80077	22			0,001	0,003	<0,001	0,001
28802	81263	23					0,047	0,047
27920	80637	05	Keson Kuyru	<0,001	<0,001	0,003	<0,001	0,001
27294	80719	06		<0,001	<0,001	0,002		0,001
26637	80266	07		<0,001	0,002	0,005		0,002
25603	82782	16		<0,001		0,001	<0,001	<0,001
23816	80559	17				<0,001		<0,001
25718	82134	18				<0,001	<0,001	<0,001
27724	80802	21				0,002	<0,001	0,001
27710	79195	15	Sig Sondaj		0,001	0,001	<0,001	0,001
27385	79814	20				0,001		0,001
27540	80667	24					0,043	0,043
29616	80263	03		Çeşme	0,002	0,003	0,002	<0,001
29616	80286	14	Dere	0,001	<0,001	<0,001	0,050	0,013

EK-2. İnceleme alanındaki su kaynaklarında Fe miktarının (ppm)

X	Y	Numune No	Lokasyon	NUMUNE ALMA DÖNEMİ				Ortalama	
				Ağustos 2003	Aralık 2003	Mart 2004	Haziran 2004		
27927	81215	01	Tuzla Çayı	0,132	0,026	0,029	0,030	0,054	
26668	81603	02		0,080	0,025	0,048		0,051	
25742	81572	08		0,026	0,017	0,041	0,026	0,027	
26973	81527	09		0,010		0,043	0,056	0,036	
28570	80828	10		<0,001	<0,001	0,333		0,111	
27717	79201	19				0,010	0,009	0,010	
28823	81301	11	Sıcak Su	0,001	0,589	0,166	0,098	0,214	
29205	80040	12			<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
29600	80270	13			1,300	0,136	0,095	0,383	
29445	80227	04			0,288	0,060	0,010	0,091	
29422	80077	22			0,040	0,016	0,045	0,034	
28802	81263	23					0,009	0,009	
27920	80637	05	Keson Kayı	<0,001	<0,001	0,018	0,009	0,007	
27294	80719	06			0,048	0,021		0,023	
26637	80266	07			0,006	0,019		0,009	
25603	82782	16			<0,001	0,030	0,026	0,019	
23816	80559	17				<0,001		<0,001	
25718	82134	18				0,015	0,012	0,014	
27724	80802	21	Stğ Sondaj			0,008	0,009	0,008	
27710	79195	15			<0,001	0,011	0,029	0,013	
27385	79814	20				0,036		0,036	
27540	80667	24					0,032	0,032	
29616	80263	03		Çeşme	0,063	1,099	0,639	0,651	0,613
29616	80286	14		Dere	0,006	<0,001	0,141	0,090	0,059

EK-2. İnceleme alanındaki su kaynaklarında Hg miktarının (ppm)

X	Y	Numune No	Lokasyon	NUMUNE ALMA DÖNEMİ				Ortalama	
				Ağustos 2003	Aralık 2003	Mart 2004	Haziran 2004		
27927	81215	01	Tuzla Çayı	0,321	0,004	<0,001	<0,001	0,081	
26068	81603	02		0,024	0,003	<0,001		0,009	
25742	81572	08		0,022	0,002	<0,001	<0,001	0,006	
26973	81527	09		0,013		<0,001	<0,001	0,004	
28570	80828	10		0,007	0,002	<0,001		0,003	
27717	79201	19				<0,001	<0,001	<0,001	
28823	81301	11			0,006	<0,001	<0,001	0,002	
29205	80040	12			<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
29600	80270	13			0,006	<0,001	<0,001	0,002	
29445	80227	04	Sıcak Su	0,008	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	
29422	80077	22				<0,001	<0,001	<0,001	
28802	81263	23					<0,001	<0,001	
27920	80637	05			0,007	<0,001	<0,001	0,002	
27294	80719	06			0,006	<0,001	<0,001	0,002	
26637	80266	07	Keson Kuyusu	0,004	0,001	<0,001		0,002	
25603	82782	16			0,005	<0,001	<0,001	0,002	
23816	80559	17				<0,001		<0,001	
25718	82134	18				<0,001	<0,001	<0,001	
27724	80802	21				<0,001	<0,001	<0,001	
27710	79195	15				<0,001	<0,001	<0,001	
27385	79814	20		Sığ Sondaj		<0,001	<0,001		<0,001
27540	80667	24					<0,001	<0,001	<0,001
29616	80263	03	Çeyme	0,003	0,002	<0,001	<0,001	0,001	
29616	80286	14		Lere	0,004	<0,001	<0,001	<0,001	0,001

EK-2. İnceleme alanındaki su kaynaklarında Mn miktarının (ppm)

X	Y	Numune No	Lokasyon	NUMUNE ALMA DÖNEMİ					Ortalama
				Ağustos 2003	Aralık 2003	Mart 2004	Haziran 2004	Haziran 2004	
27927	81215	01	Tuzla Çayı	0,693	0,068	0,007	0,009	0,194	
26668	81603	02		0,611	0,081	0,019		0,237	
25742	81572	08		0,661	0,090	0,006	0,026	0,196	
26973	81527	09		1,066		0,005	0,012	0,361	
28570	80828	10		<0,001	0,406	0,071		0,159	
27717	79201	19			<0,001	<0,001	<0,001		
28823	81301	11	Sıcak Su	0,758	3,902	3,640	3,236	2,884	
29205	80040	12			2,364	2,282	2,126	2,258	
29600	80270	13		1,306	4,939	5,073	3,156	3,619	
29445	80227	04		1,319	4,877	5,624	5,125	4,236	
29422	80077	22			0,003	<0,001	<0,001	0,001	
28802	81263	23				0,059	0,059		
27920	80637	05	Keson Kuyru	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
27294	80719	06		0,003	0,005	<0,001		0,003	
26637	80266	07		0,008	<0,001	<0,001		0,003	
25603	82782	16		<0,001		<0,001	<0,001	<0,001	
23816	80559	17				0,669		0,669	
25718	82134	18			<0,001	<0,001	<0,001		
27724	80802	21			0,004	<0,001	0,002		
27710	79195	15		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001		
27385	79814	20	Sığ Sondaj			<0,001		<0,001	
27540	80667	24				<0,001	<0,001		
29616	80263	03	Çeşme	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
29616	80286	14	Lere	0,866	3,386	9,823	0,926	1,500	

EK-2. İnceleme alanındaki su kaynaklarında Pb miktarının (ppm)

X	Y	Numune No	Lokasyon	NUMUNE ALMA DÖNEMİ				Ortalama	
				Ağustos 2003	Aralık 2003	Mart 2004	Haziran 2004		
27927	81215	01	Tuzla Çayı	0,020	0,011	0,014	0,012	0,014	
26068	81603	02		0,238	0,014	0,014		0,089	
25742	81572	08		0,148	0,015	0,004	0,006	0,043	
26973	81527	09		0,322		0,004	0,009	0,112	
28570	80828	10		0,405	0,186	0,067		0,219	
27717	79201	19				0,004	<0,001	0,002	
28823	81301	11			0,311	0,184	0,156	0,177	
29205	80040	12			0,061	0,243	0,256	0,186	
29600	80270	13			0,127	0,364	0,428	0,254	0,293
29445	80227	04			0,155	0,258	0,443	0,596	0,363
29422	80077	22	Steak Su		0,007	0,011	0,007	0,008	
28802	81263	23					0,256	0,256	
27920	80637	05			0,007	0,008	0,005	0,007	
27294	80719	06	Keson Kuyu	0,007	0,006	0,011		0,008	
26637	80266	07		0,003	0,013	0,003		0,006	
25603	82782	16		0,009		0,012	0,001	0,007	
23816	80559	17				0,213		0,213	
25718	82134	18				0,001	<0,001	0,001	
27724	80802	21				0,009	0,006	0,007	
27710	79195	15			0,008	0,006		0,007	
27385	79814	20		Sig Sondaj			0,004		0,005
27540	80667	24					0,009	0,009	
29616	80263	03	Çeşme	0,015	0,014	0,008	0,008	0,012	
29616	80286	14		0,008	0,222	0,224	0,189	0,161	

EK-2. İnceleme alanındaki su kaynaklarında Sr miktarının (ppm)

X	Y	Numune No	Lokasyon	NUMUNE ALMA DÖNEMİ				Ortalama
				Ağustos 2003	Aralık 2003	Mart 2004	Haziran 2004	
27927	81215	01	Tuzla Çayı	10,510	2,245	3,222	3,129	4,774
26068	81603	02		12,403	2,087	3,816		6,102
25742	81572	08		12,360	2,064	3,628	6,024	6,018
26973	81527	09		21,231		3,572	4,562	9,788
28570	80828	10		116,815	10,643	5,453		44,304
27717	79201	19				0,362	0,201	0,286
28823	81301	11			110,765	110,013	100,484	88,864
29205	80040	12			51,785	49,053	50,126	50,319
29600	80270	13		Sıcak Su	41,525	122,328	122,128	129,508
29445	80227	04	42,468		123,368	134,633	130,502	107,742
29422	80077	22			0,101	0,127	0,111	0,113
28802	81263	23					0,089	0,089
27920	80637	05		0,504	0,238	2,852	0,978	1,144
27294	80719	06		0,247	0,903	1,300		0,817
26637	80266	07		0,126	2,002	1,958		1,362
25603	82782	16	Keson Kuyusu	0,678		1,986	1,845	1,488
23816	80559	17				4,043		4,043
25718	82134	18				1,189	1,568	1,345
27724	80802	21				1,264	1,604	1,432
27710	79195	15			0,506	0,452	0,205	0,386
27385	79814	20	Sığ Sondaj			0,667		0,667
27540	80667	24					0,564	0,560
29616	80263	03	Çeşme	0,001	0,014	0,008	<0,001	0,007
29616	80286	14	Lere	12,566	85,200	34,913	47,601	45,070

EK-2. İnceleme alanındaki su kaynaklarında Zn miktarının (ppm)

X	Y	Numune No	Lokasyon	NUMUNE ALMA DÖNEMİ				Ortalama	
				Ağustos 2003	Aralık 2003	Mart 2004	Haziran 2004		
27927	81215	01	Tuzla Çayı	0,010	0,003	0,003	<0,001	0,004	
26068	81603	02		0,025	0,002	0,002		0,010	
25742	81572	08		0,002	0,001	<0,001	<0,001	0,001	
26973	81527	09		<0,001		0,003	<0,001	0,001	
28570	80828	10		0,014	<0,001	0,033		0,016	
27717	79201	19				<0,001	<0,001	0,000	
28823	81301	11			0,047	0,292	0,205	<0,001	0,136
29205	80040	12				0,110	0,132	<0,001	0,081
29600	80270	13			0,008	0,140	0,148	<0,001	0,074
29445	80227	04	Sıcak Su	0,053	0,132	0,151	<0,001	0,084	
29422	80077	22			0,002	0,003	<0,001	0,002	
28802	81263	23					<0,001		
27920	80637	05			0,008	<0,001	0,009	<0,001	0,004
27294	80719	06			0,003	0,025	0,007		0,012
26637	80266	07	Keson Kayı	0,008	0,007	0,028		0,015	
25603	82782	16			0,008		0,020	<0,001	0,009
23816	80559	17					0,020		0,020
25718	82134	18					0,017	<0,001	0,009
27724	80802	21					0,003	<0,001	0,001
27710	79195	15				0,013	0,010	<0,001	0,008
27385	79814	20	Sig Sondaj			0,004		0,004	
27540	80667	24					<0,001		
29616	80263	03	Çeyme	0,003	0,005	0,004	<0,001	0,004	
29616	80286	14	Lere	0,034	0,049	0,017	<0,001	0,025	

EK-3

**İnceleme alanındaki su kaynaklarında İzotop
analiz sonuçları**

EK-3: İnceleme alanındaki sularda $\delta^{18}\text{O}$, δD ve T değerleri

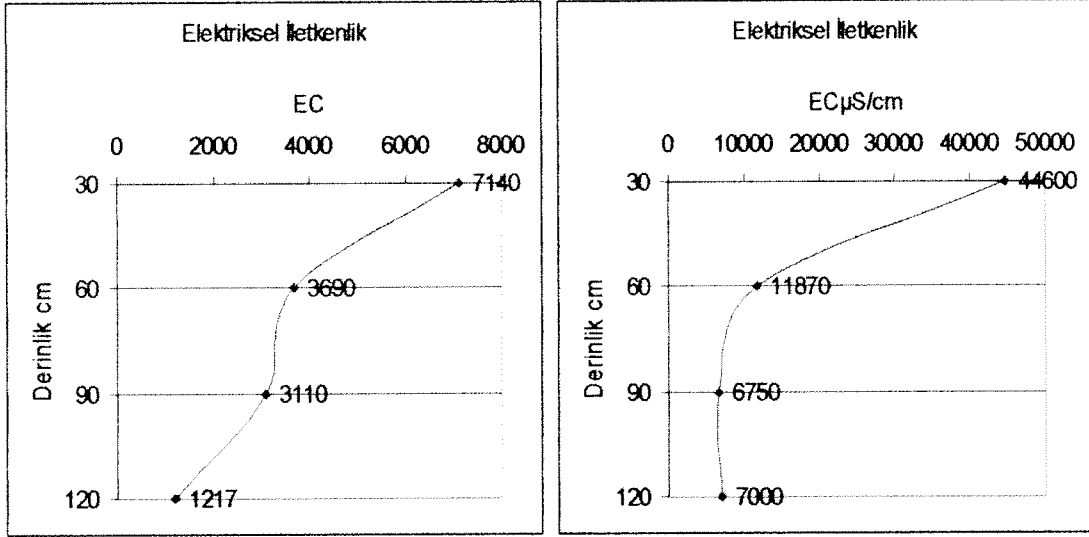
X	Y	Numune No	Lokasyon	$\delta^{18}\text{O}$ (SMOW'a göre) (‰)	δD (SMOW'a göre) (‰)	T (TU)	$\delta^{18}\text{O}$ (SMOW'a göre) (‰)	δD (SMOW'a göre) (‰)	T (TU)
27927	81215	01	Tuzla Çayı	-6.080	-47.480	3.55	-3.140	-23.900	0.55
25742	81572	08		-6.050	-45.990	4.17	-3.150	-24.160	4.04
29616	80286	14					-0.780	-11.850	1.65
27717	79201	19					-5.600	-35.730	4.25
28823	81301	11	Sıcak Su	-0.190	-11.630	-0.49	-0.570	-20.420	0.59
29205	80040	12		-3.860	-36.310	0.22	-3.610	-27.180	-0.22
29600	80270	15		-0.880	-21.370	-0.57	-1.060	-24.620	0.84
29445	80227	04		-0.760	-24.390	2.98	-1.290	-21.190	-0.32
29422	80077	22	Keson Kıyısı	-6.060	-40.570	0.28	-5.750	-43.120	-0.06
28802	81263	25		-5.770	-42.160	4.02	-0.350	-17.030	0.77
27920	80637	05		-5.770	-37.780	5.96	-5.200	-33.950	4.94
26637	80266	07		-6.500	-40.080	4.59	-5.590	-36.560	3.25
25603	82782	16	Çeşme	-6.280	-42.070	5.09	-5.340	-35.470	5.13
25718	82134	18		-6.370	-45.320	4.89	-6.140	-41.840	4.60
29616	80263	05					-5.250	-33.760	5.15
27540	80667	24	Sığ Sonda						

EK-4

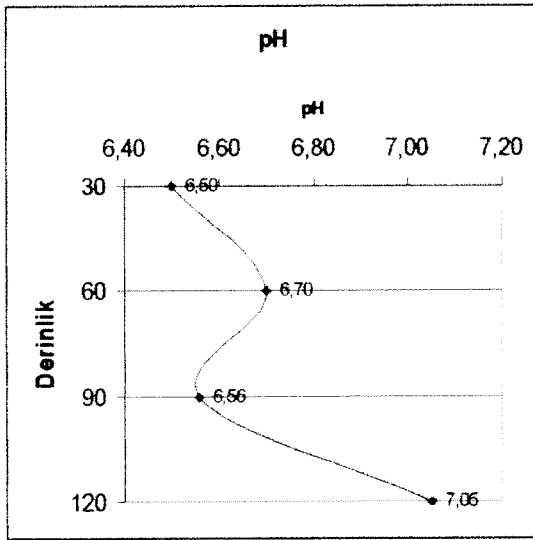
**İnceleme alanındaki topraklarda pH ve EC
analiz sonuçları**

Proje alanı topraklarında Ağustos-2003, Şubat-2004 tarihlerinde 22 noktadan 0-120 cm toprak derinliğinde 30cm aralıklarla alınan örneklerde EC ve pH analizleri yapılmış, analiz sonuçları her bir lokasyon için ayrı ayrı grafiklenerek aşağıda verilmiştir.

Lokasyon: 1

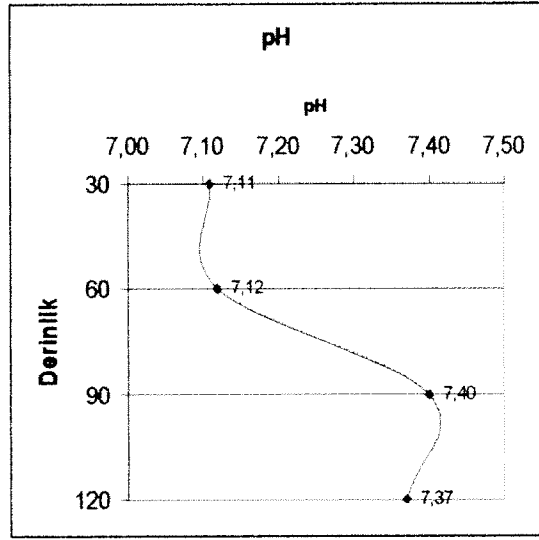


Şubat-2004



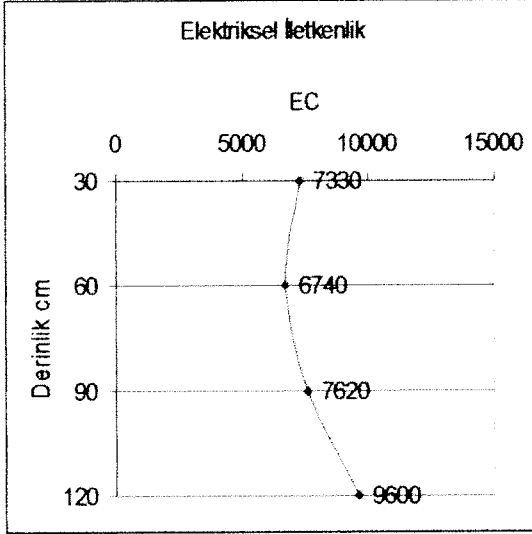
Şubat-2004

Ağustos-2003

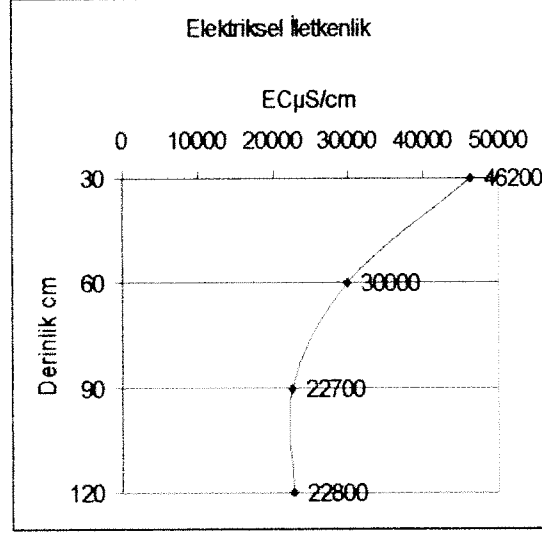


Ağustos-2003

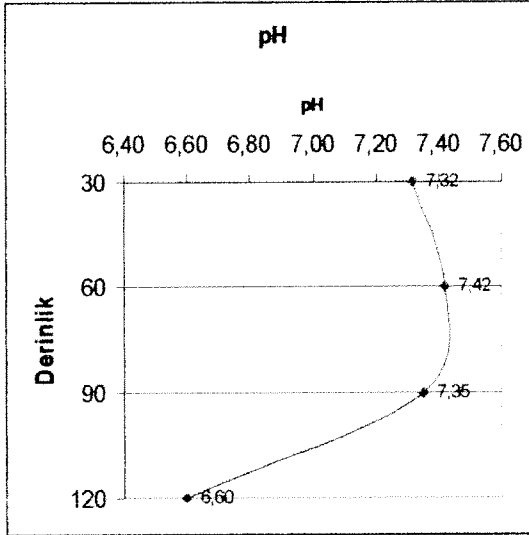
Lokasyon:2



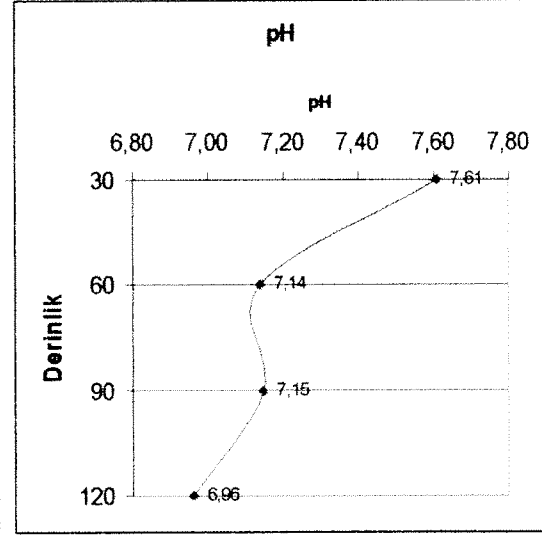
Şubat-2004



Ağustos-2003

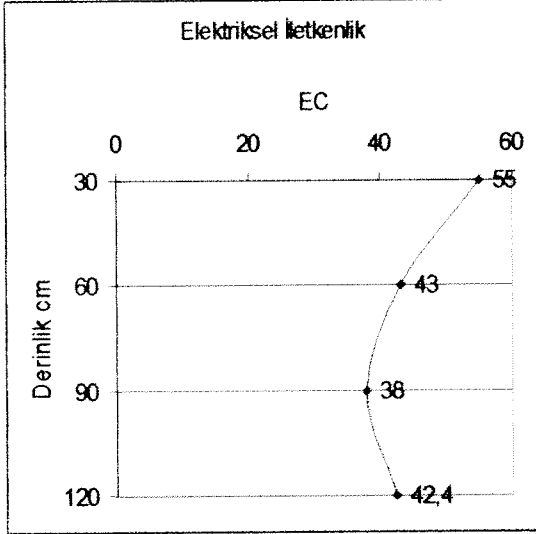


Şubat-2004

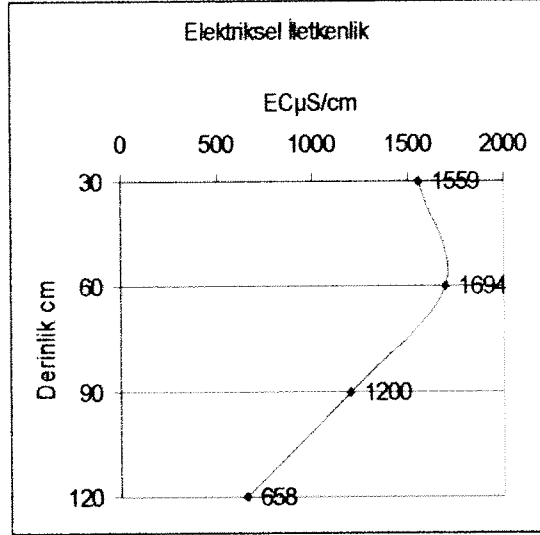


Ağustos-2003

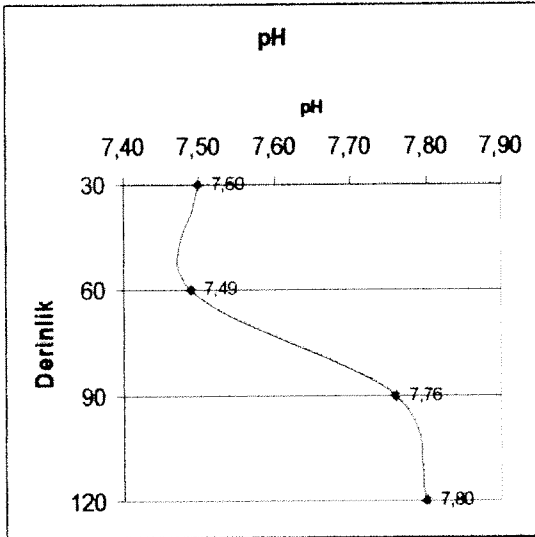
Lokasyon:3



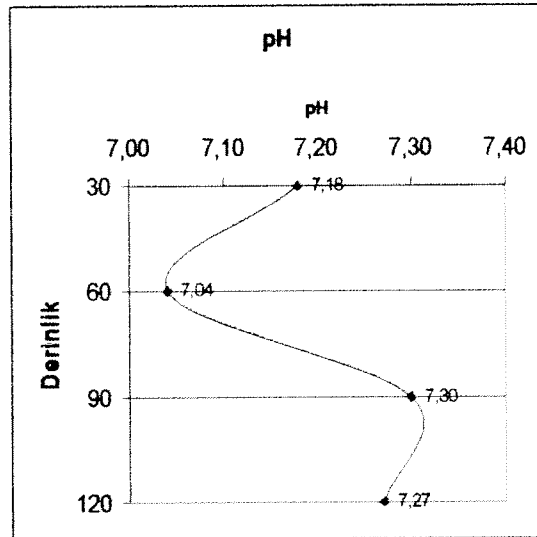
Şubat-2004



Ağustos-2003

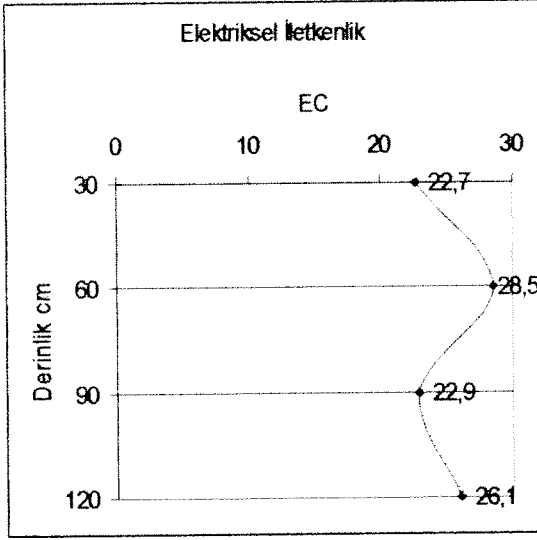


Şubat-2004

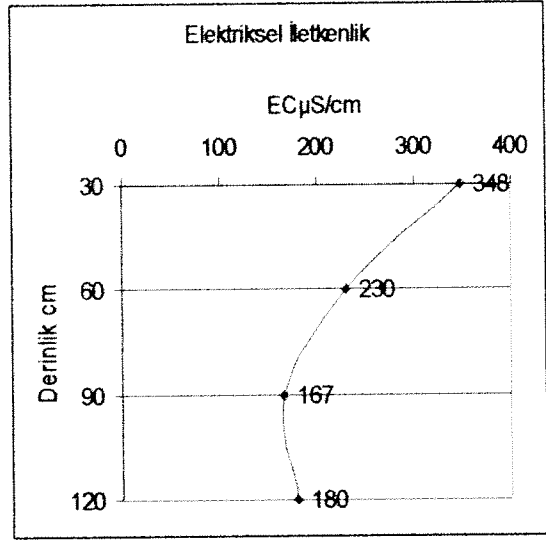


Ağustos-2003

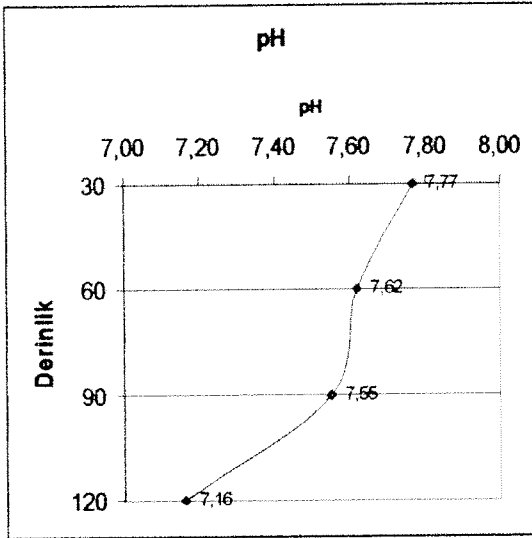
Lokasyon:4



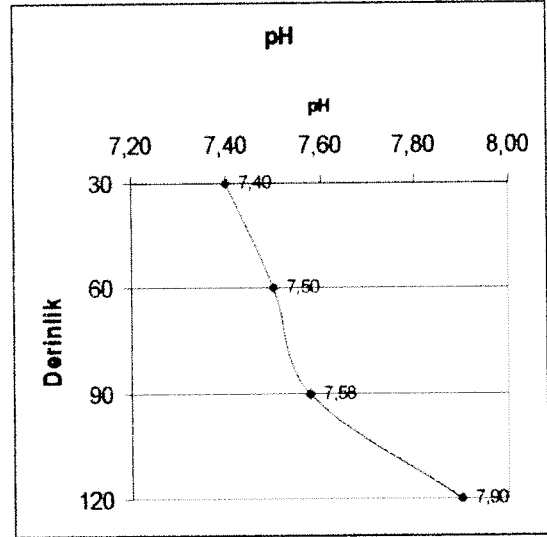
Şubat-2004



Ağustos-2003

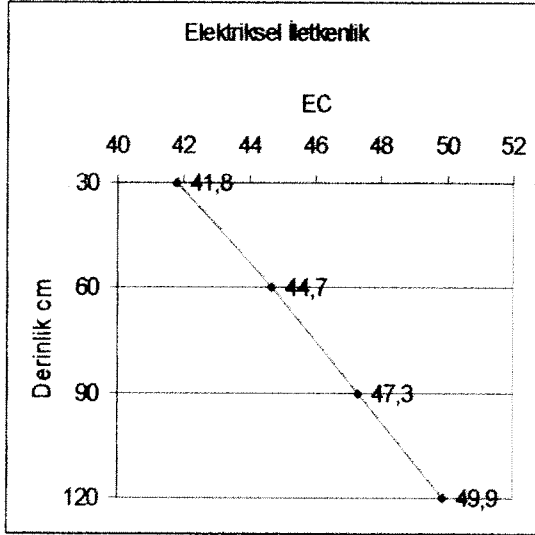


Şubat-2004

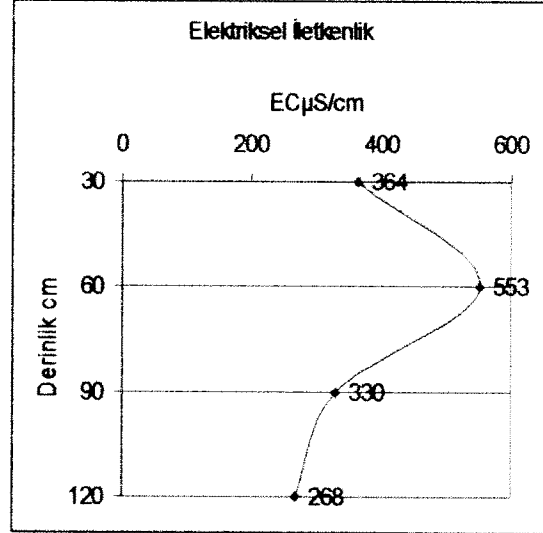


Ağustos-2003

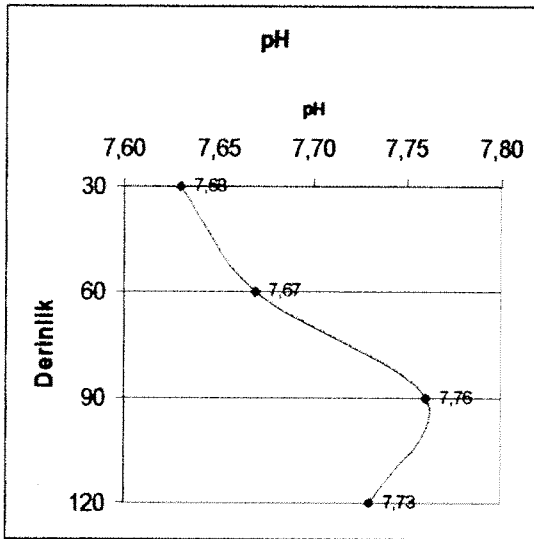
Lokasyon:5



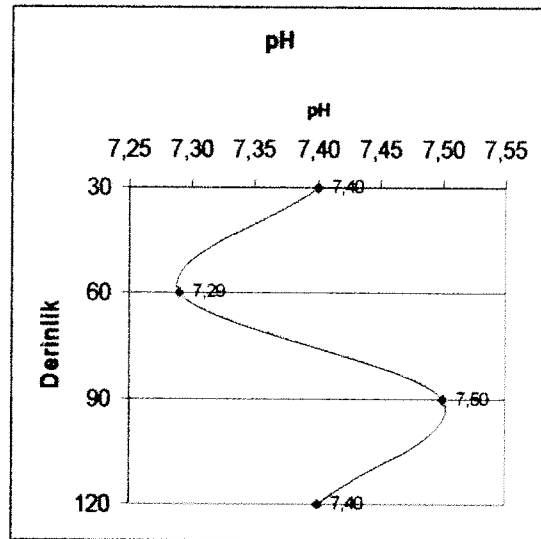
Şubat-2004



Ağustos-2003

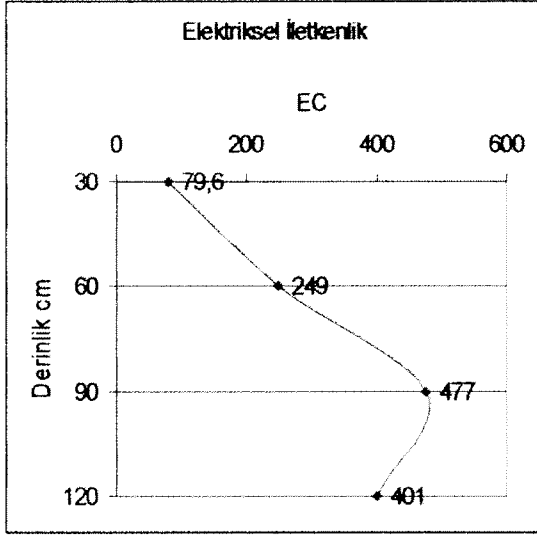


Şubat-2004

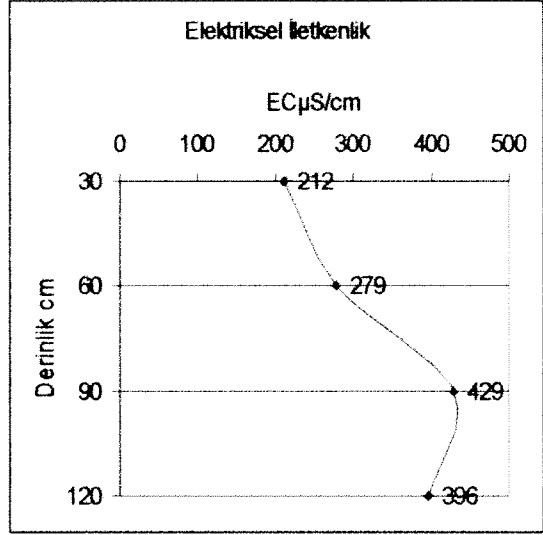


Ağustos-2003

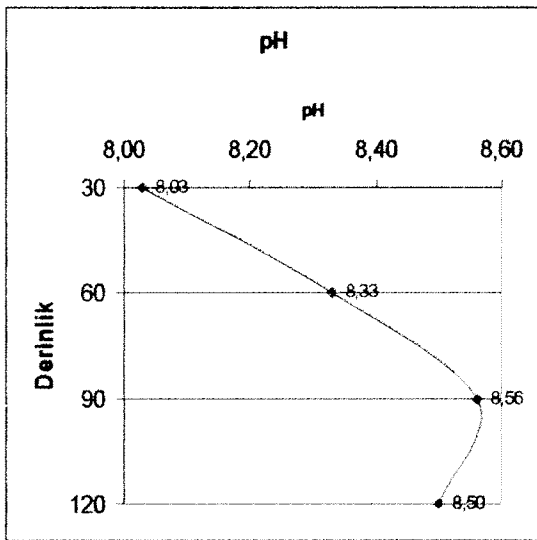
Lokasyon:6



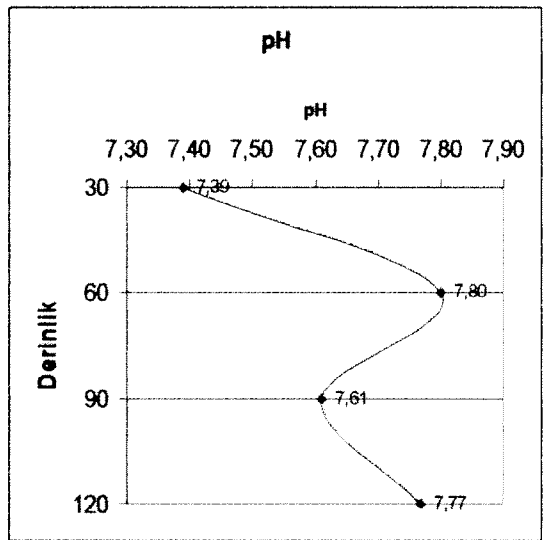
Şubat-2004



Ağustos-2003

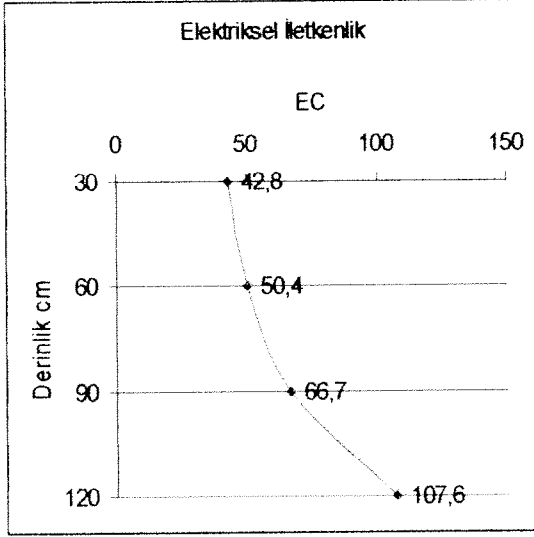


Şubat-2004

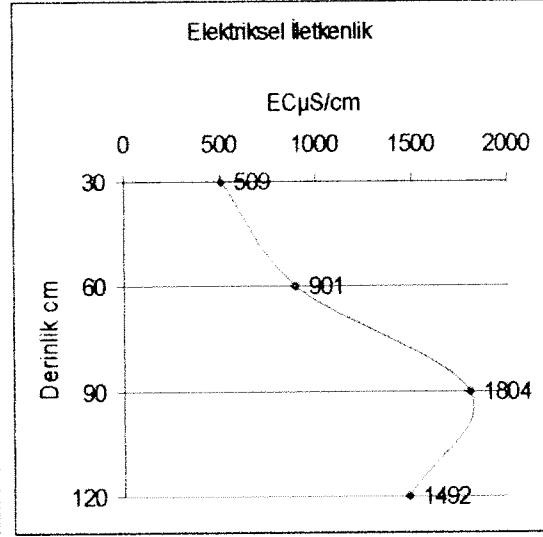


Ağustos-2003

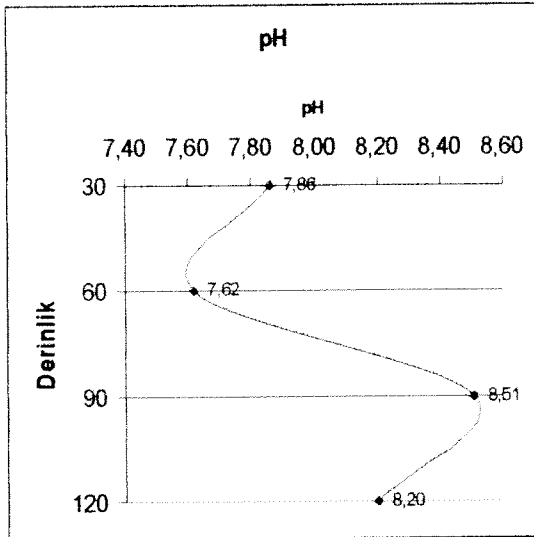
Lokasyon:7



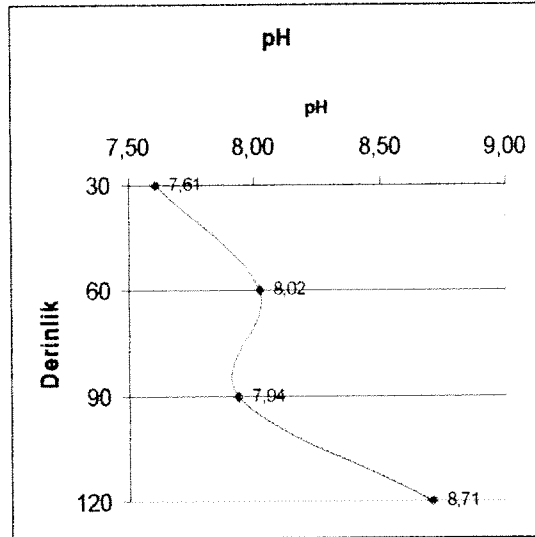
Şubat-2004



Ağustos-2003

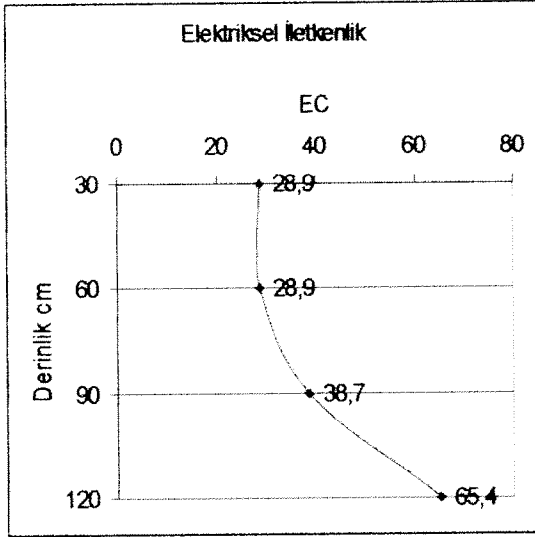


Şubat-2004

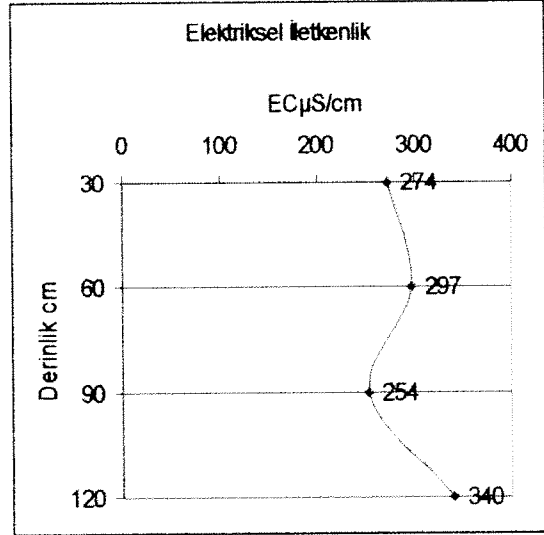


Ağustos-2003

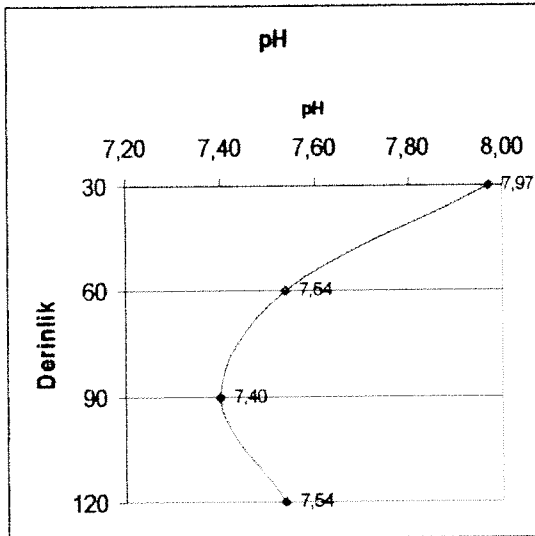
Lokasyon:8



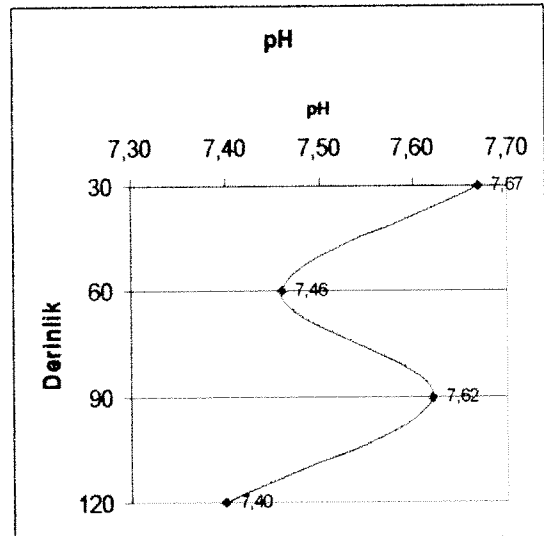
Şubat-2004



Ağustos-2003

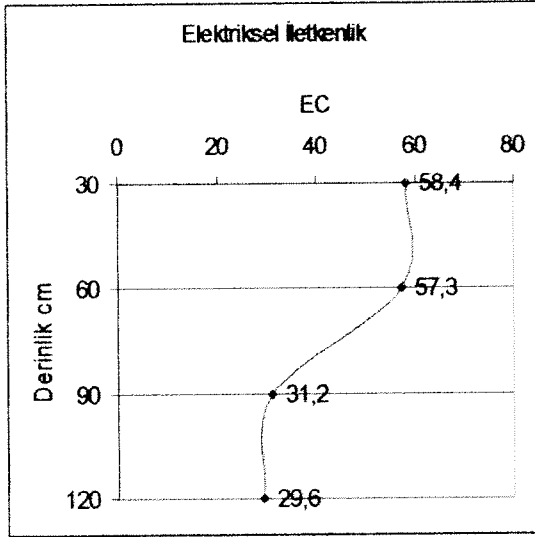


Şubat-2004

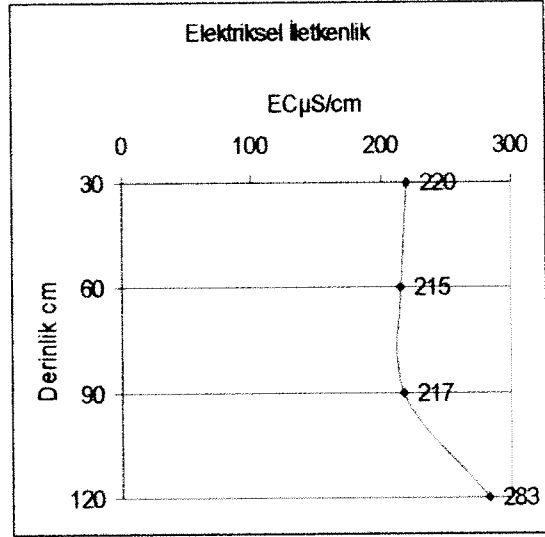


Ağustos-2003

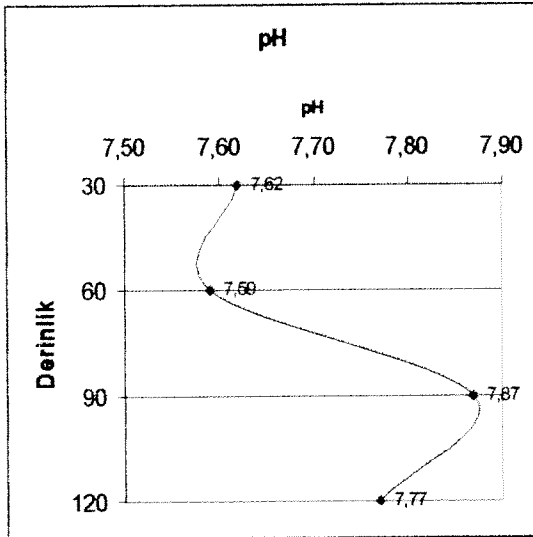
Lokasyon:9



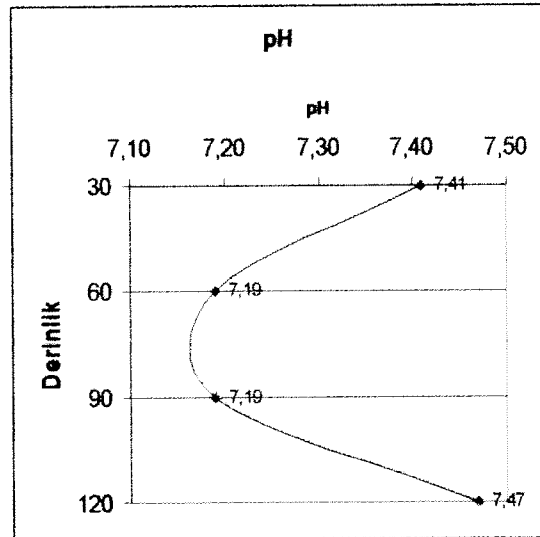
Şubat-2004



Ağustos-2003

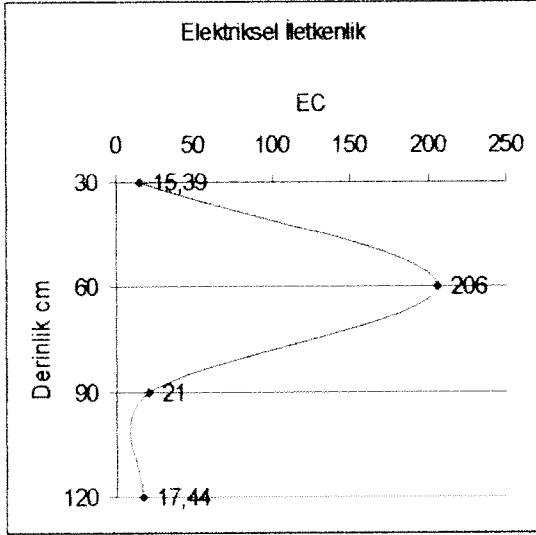


Şubat-2004

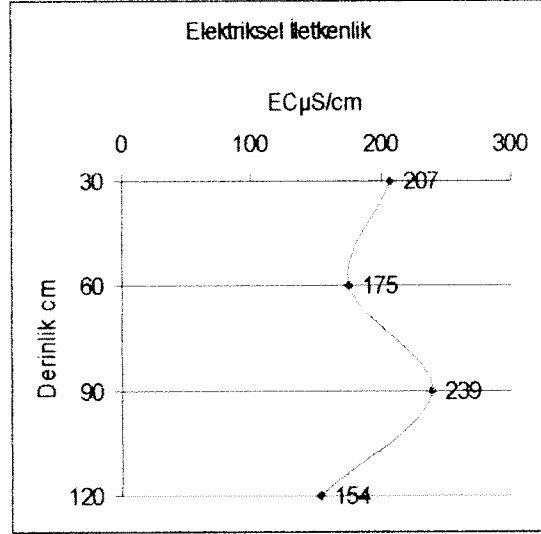


Ağustos-2003

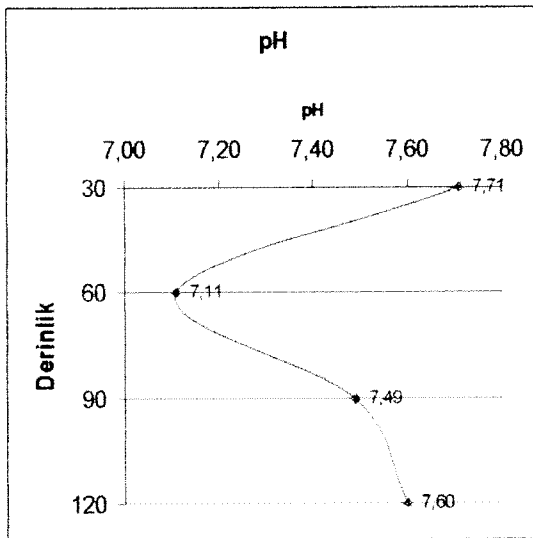
Lokasyon:10



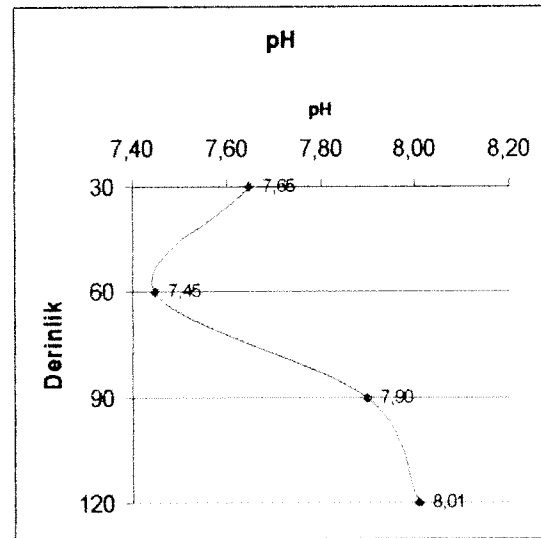
Şubat-2004



Ağustos-2003

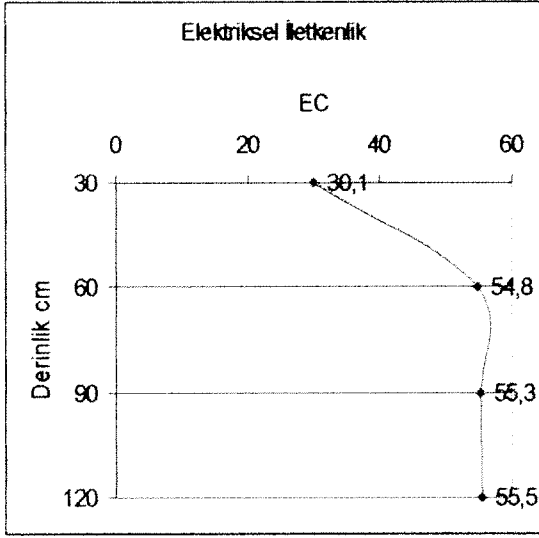


Şubat-2004

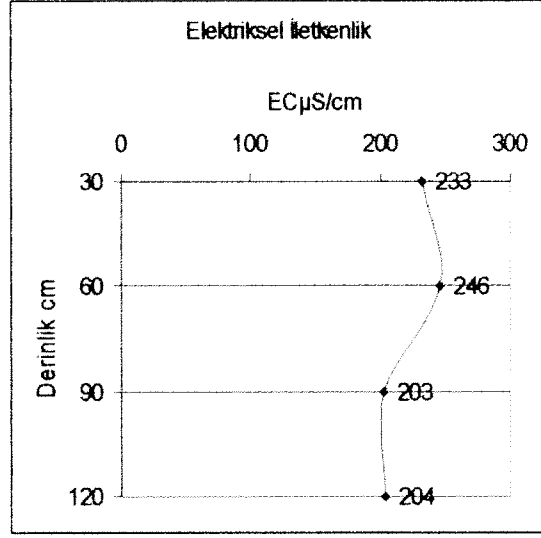


Ağustos-2003

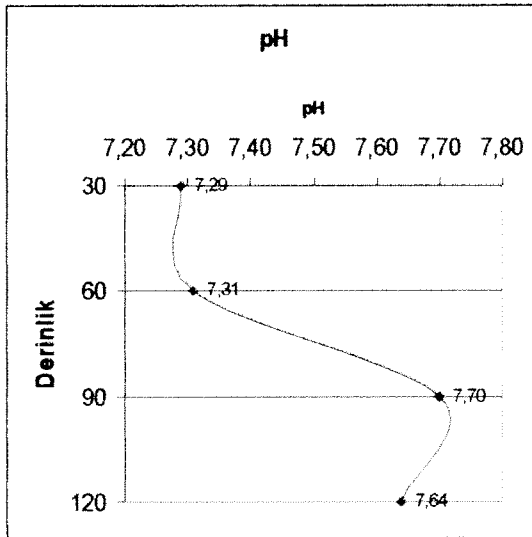
Lokasyon:11



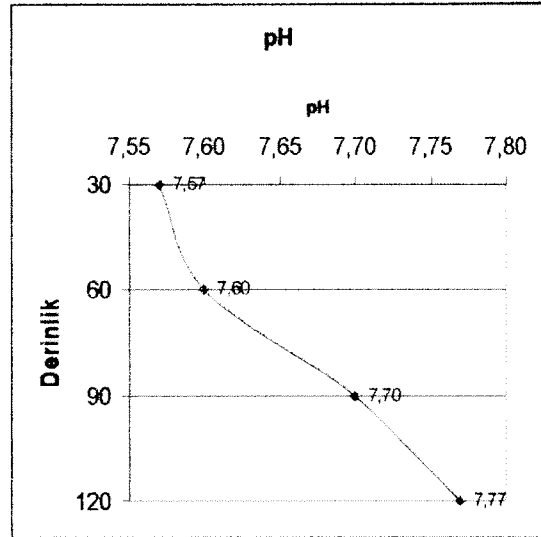
Şubat-2004



Ağustos-2003

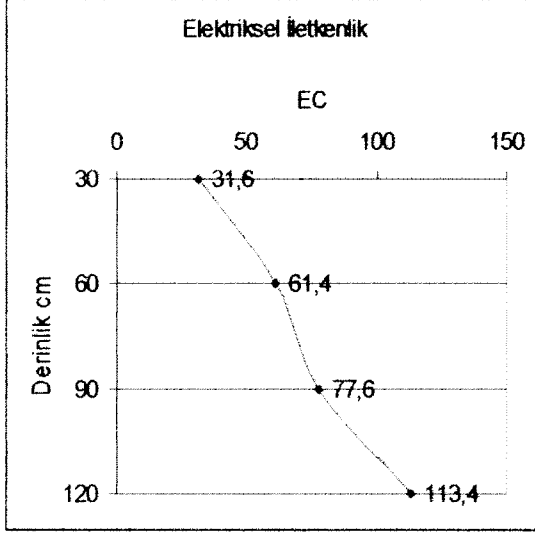


Şubat-2004

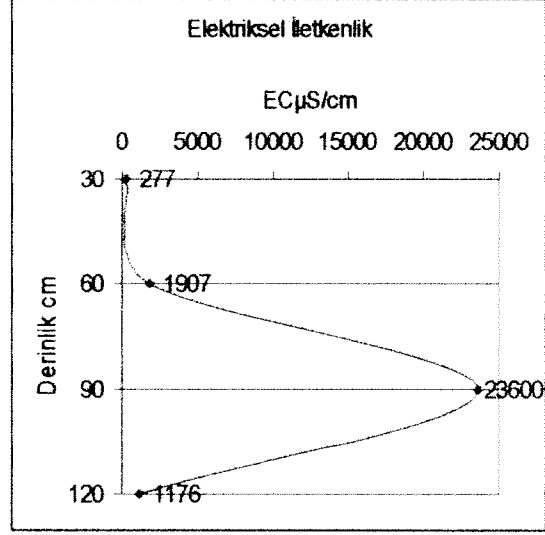


Ağustos-2003

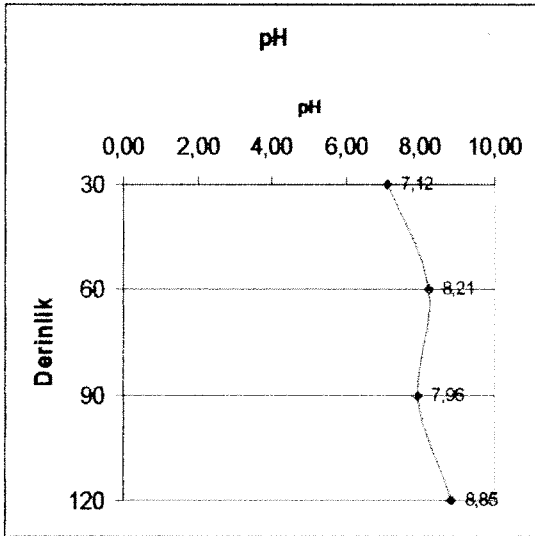
Lokasyon:12



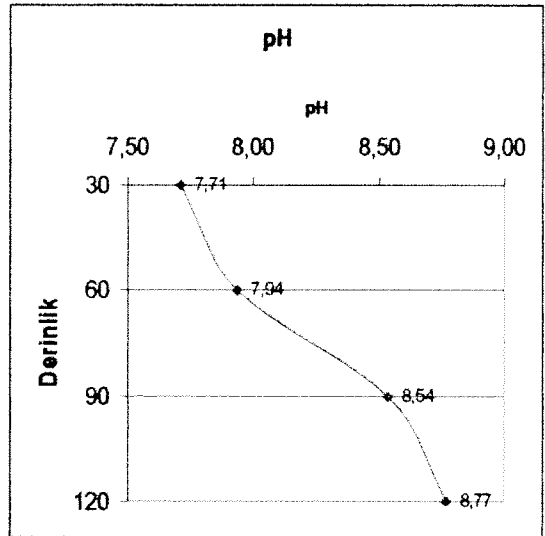
Şubat-2004



Ağustos-2003

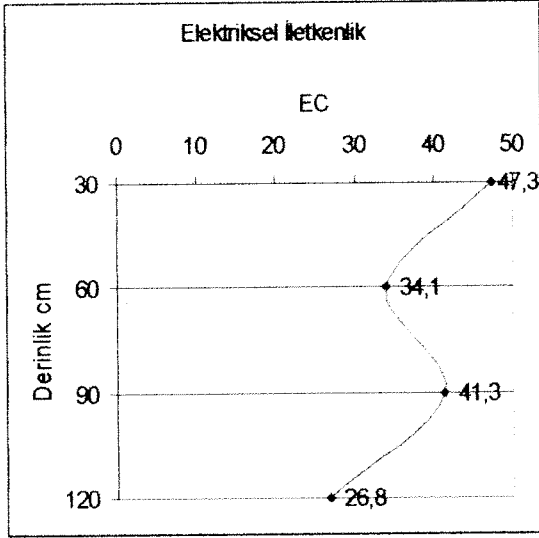


Şubat-2004

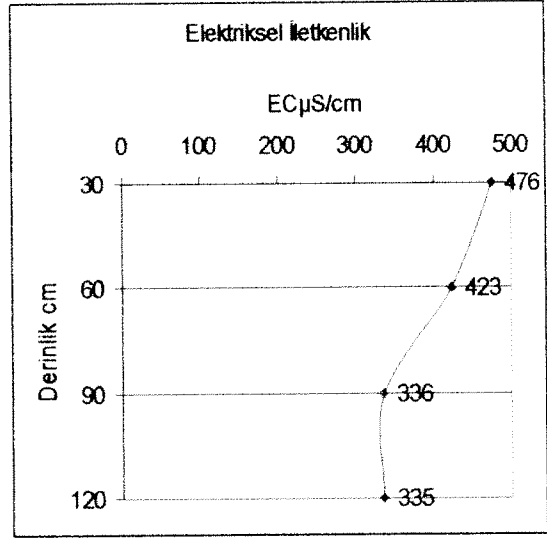


Ağustos-2003

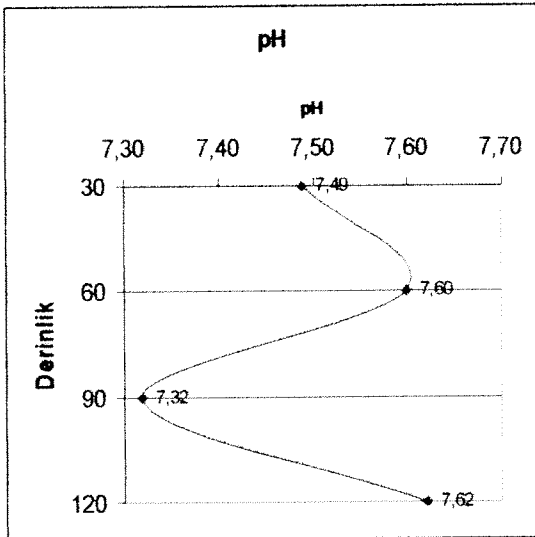
Lokasyon:13



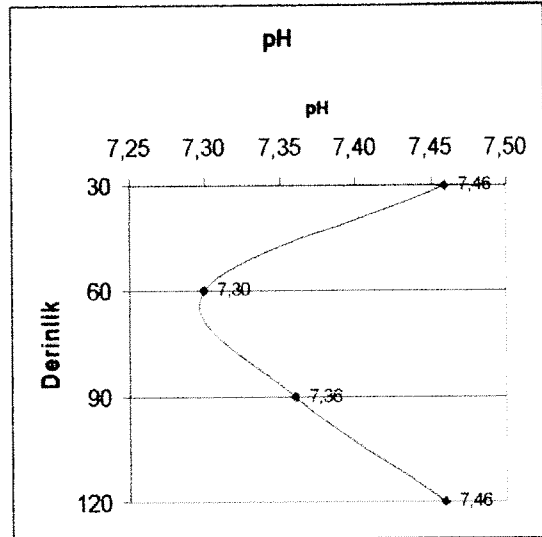
Şubat-2004



Ağustos-2003

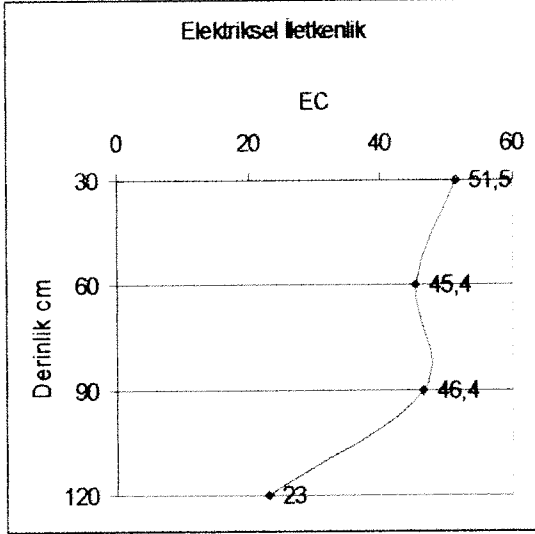


Şubat-2004

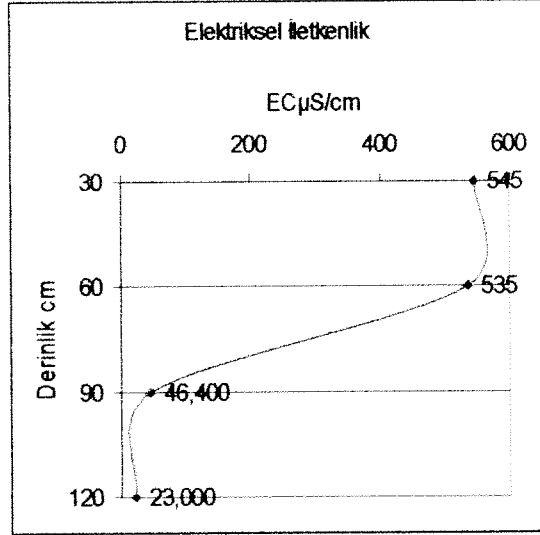


Ağustos-2003

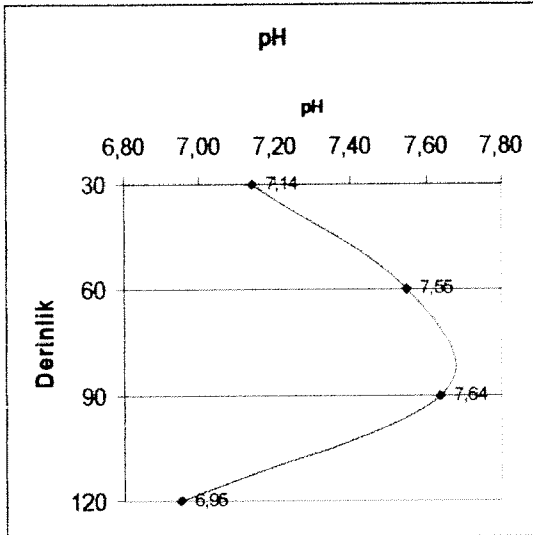
Lokasyon:14



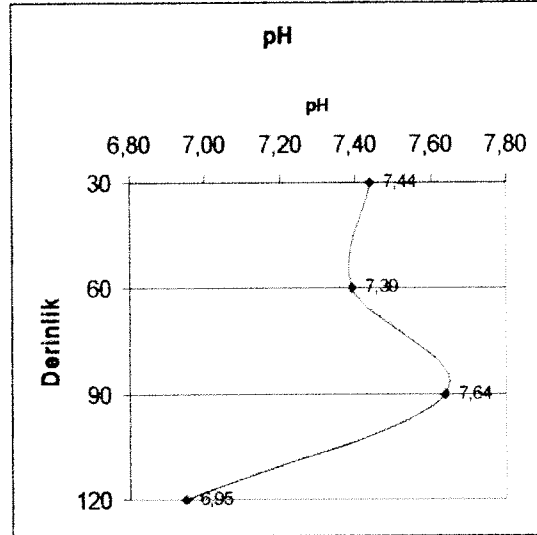
Şubat-2004



Ağustos-2003

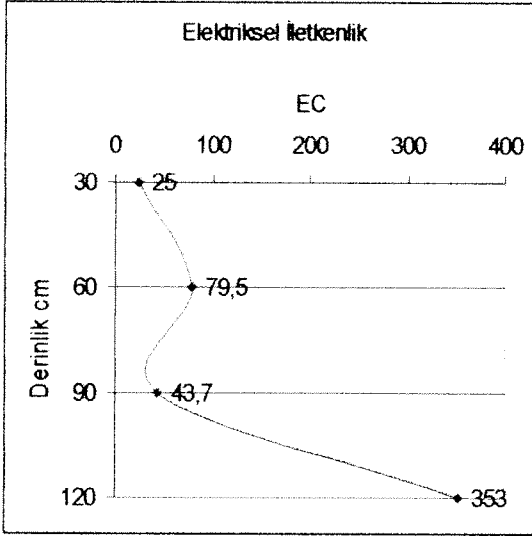


Şubat-2004

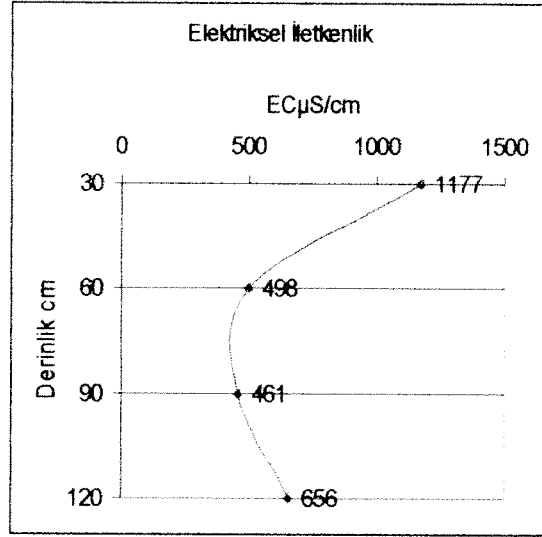


Ağustos-2003

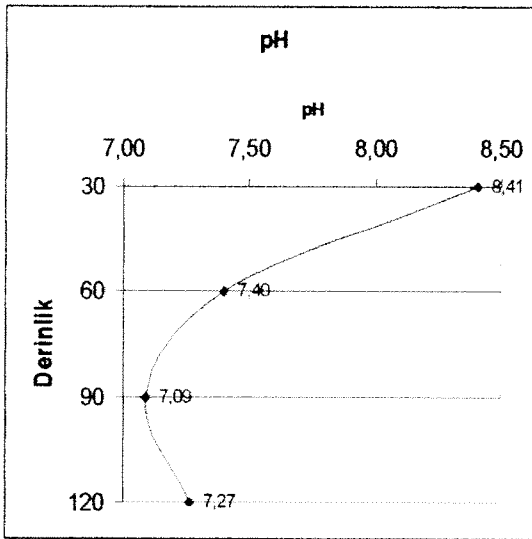
Lokasyon:15



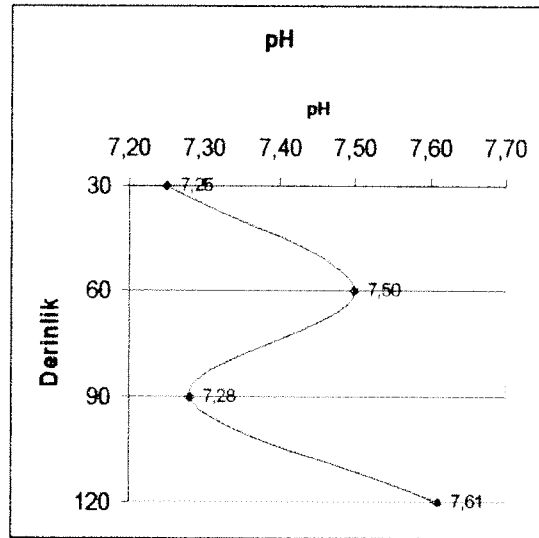
Şubat-2004



Ağustos-2003

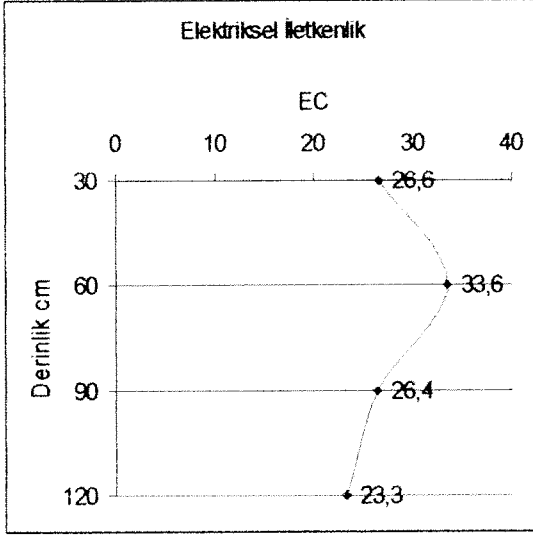


Şubat-2004

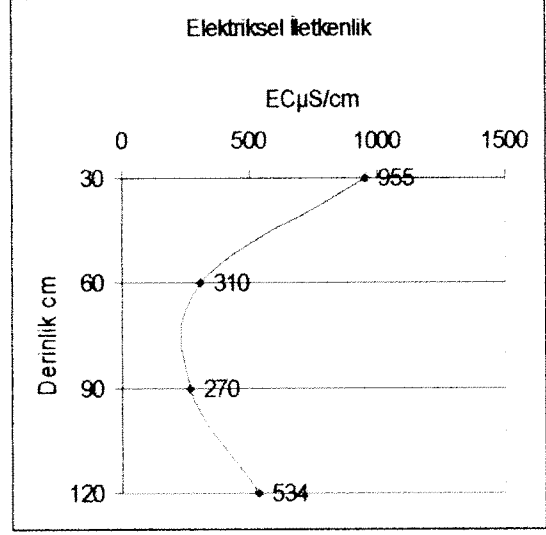


Ağustos-2003

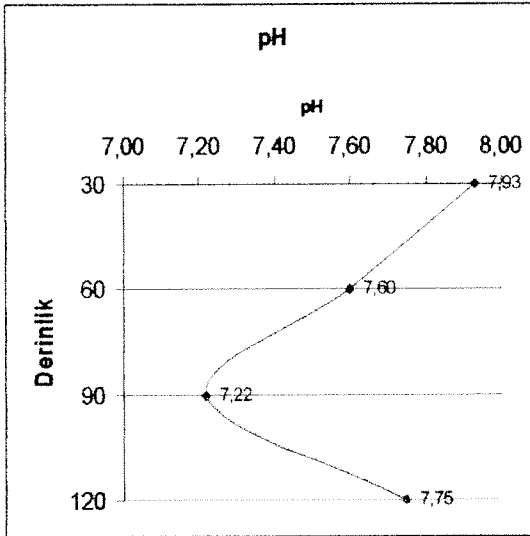
Lokasyon:16



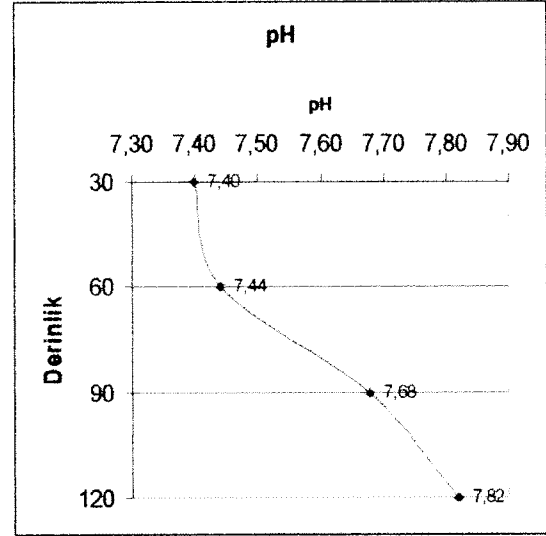
Şubat-2004



Ağustos-2003

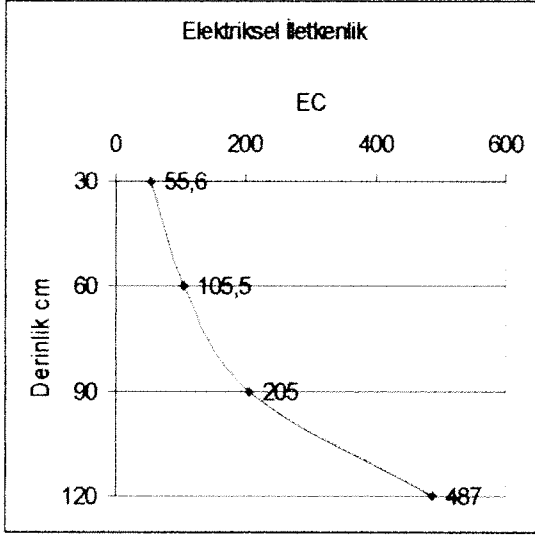


Şubat-2004

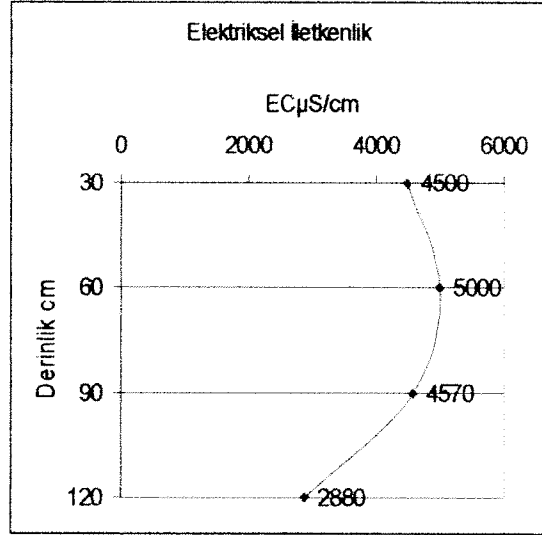


Ağustos-2003

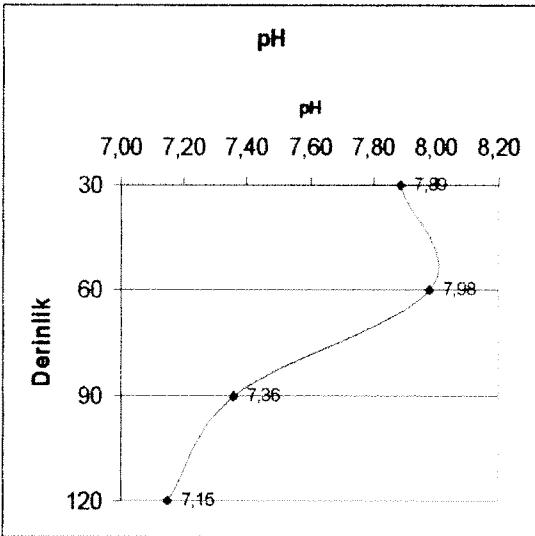
Lokasyon:17



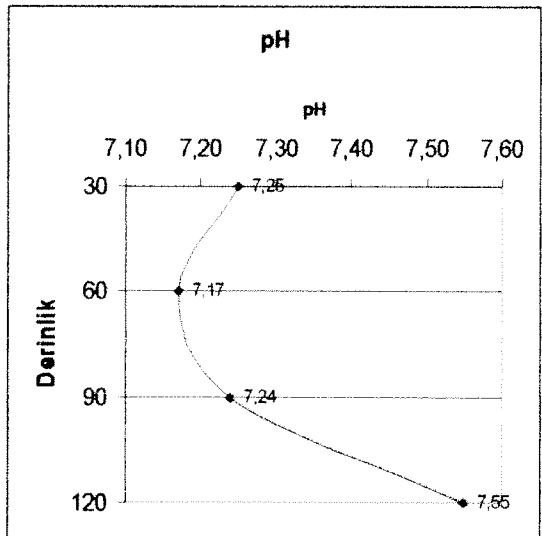
Şubat-2004



Ağustos-2003

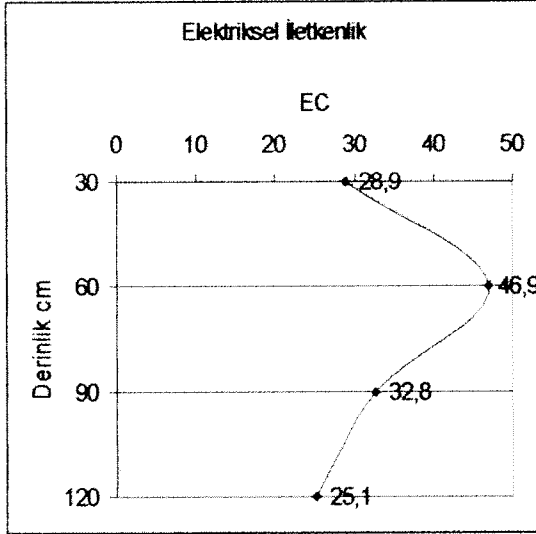


Şubat-2004

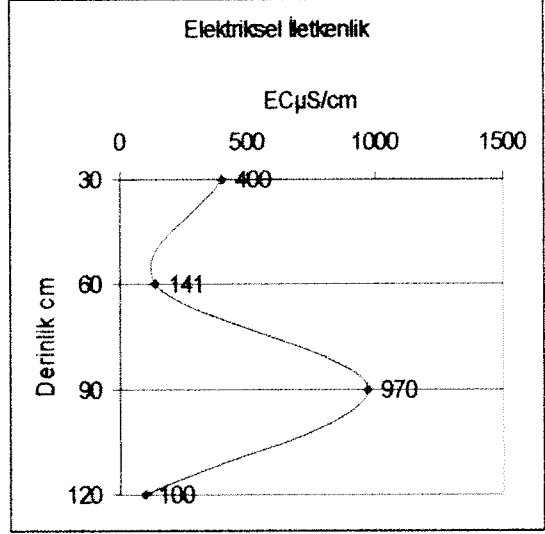


Ağustos-2003

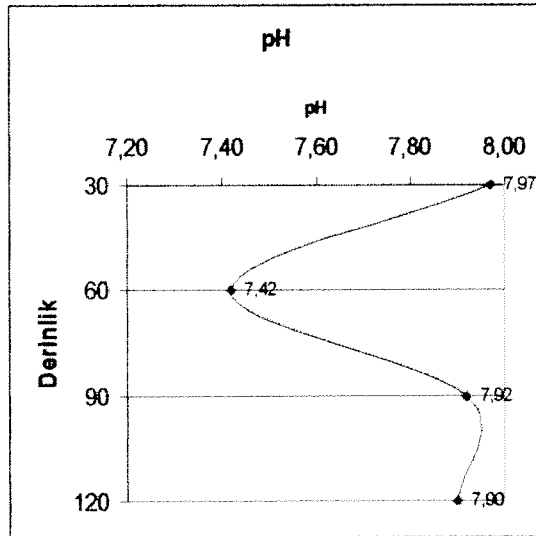
Lokasyon:18



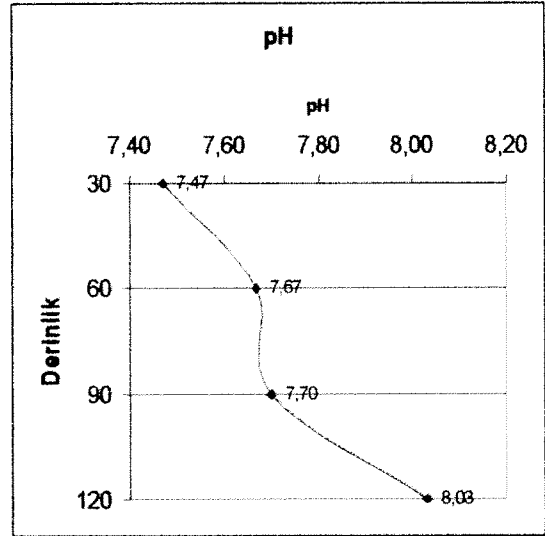
Şubat-2004



Ağustos-2003

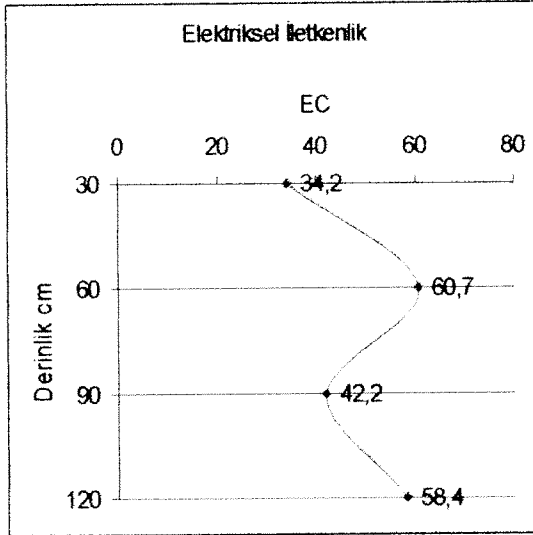


Şubat-2004

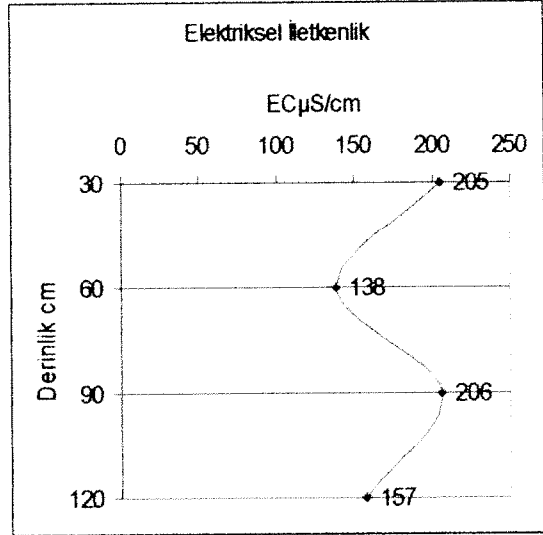


Ağustos-2003

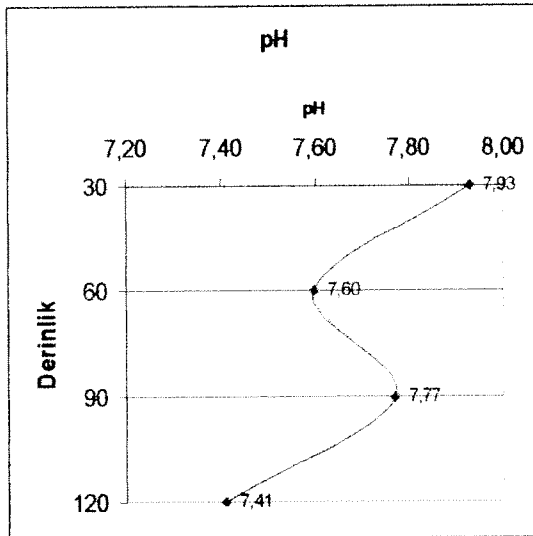
Lokasyon:19



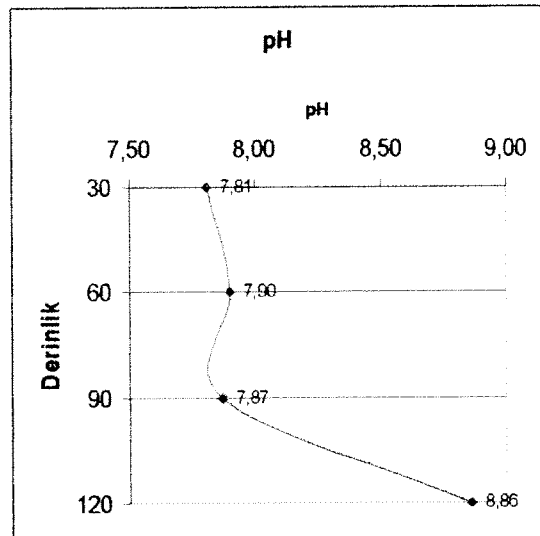
Şubat-2004



Ağustos-2003

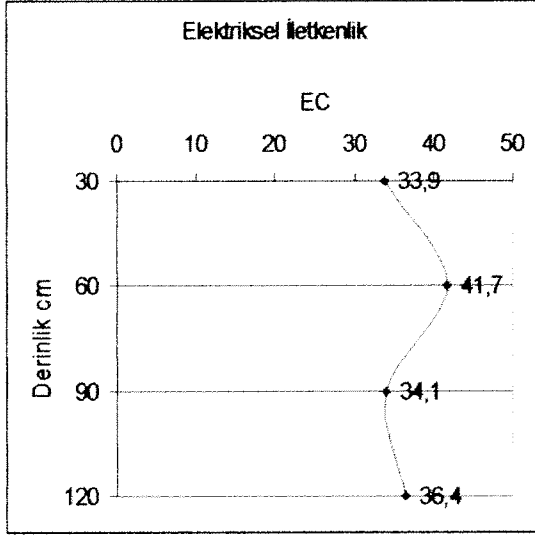


Şubat-2004

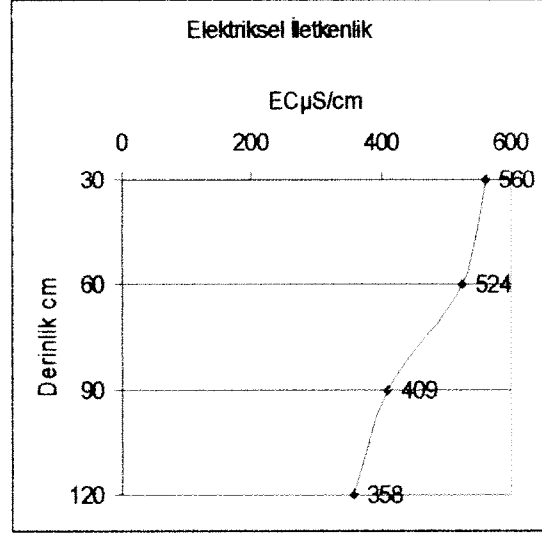


Ağustos-2003

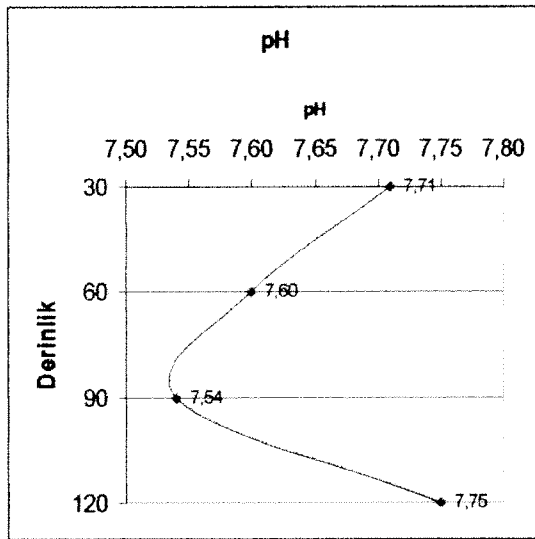
Lokasyon:20



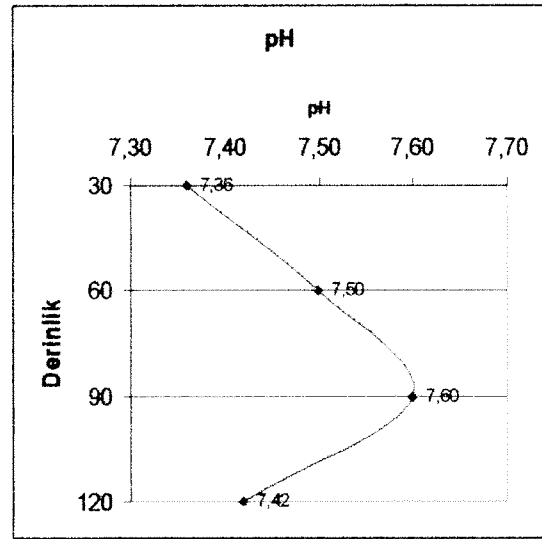
Şubat-2004



Ağustos-2003

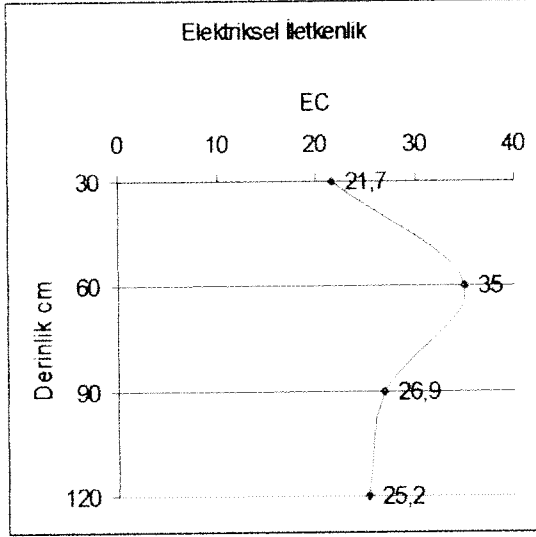


Şubat-2004

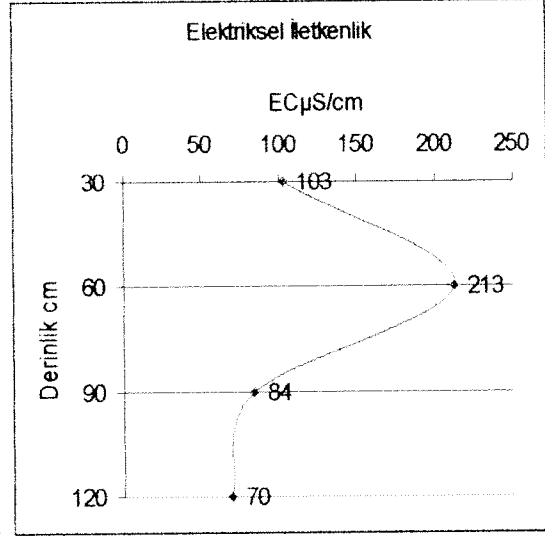


Ağustos-2003

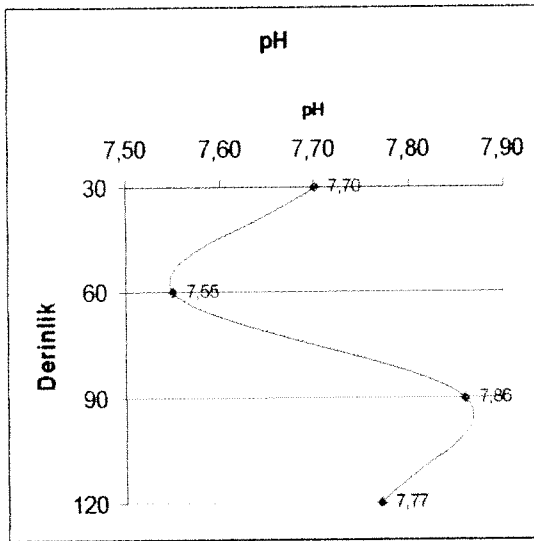
Lokasyon:21



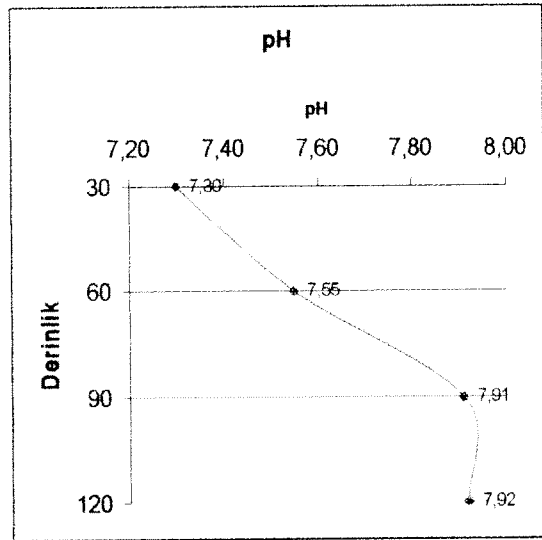
Şubat-2004



Ağustos-2003

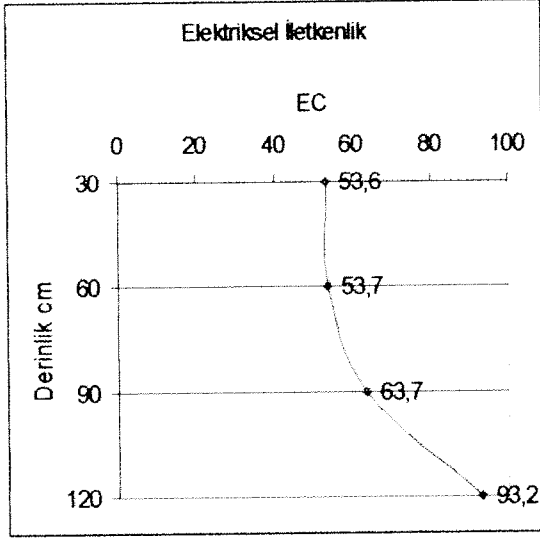


Şubat-2004

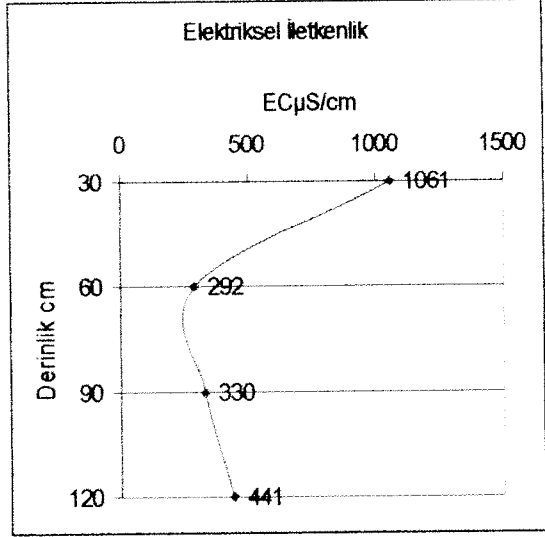


Ağustos-2003

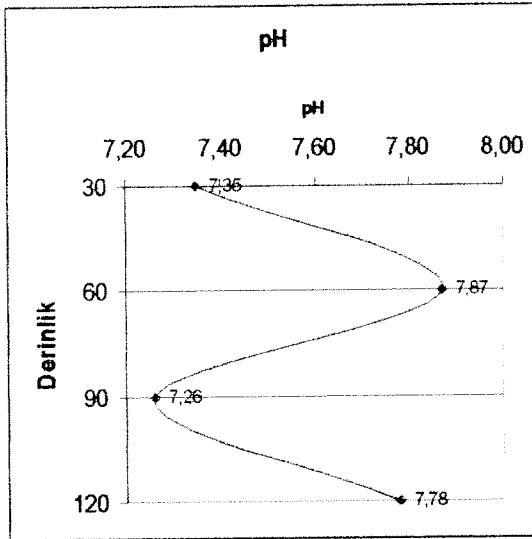
Lokasyon:22



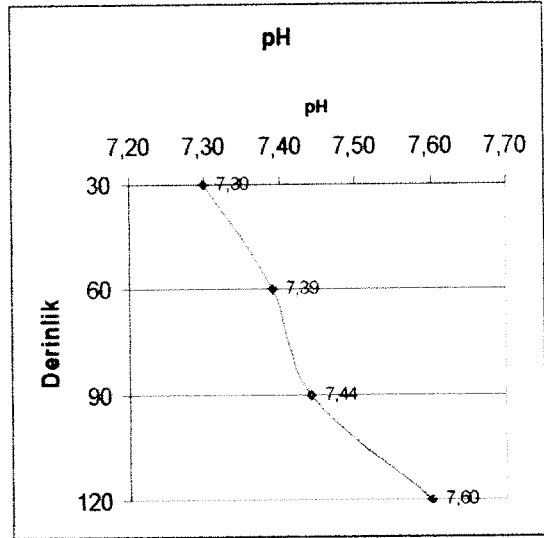
Şubat-2004



Ağustos-2003



Şubat-2004



Ağustos-2003

8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Proje sahasındaki sıcak sular esasen rezervuardan gelmekte olan ancak, üstteki soğuk yeraltı suları ile değişik oranlarda karışım gösteren sulardır. Sıcak sular, denizel kökenli evaporitik yataklardan çözünerek gelen sular olup, tatlı sular ile karışım göstermektedir. Sahadaki tüm sular meteorik kökenli olup, tatlı yeraltı suları ile connate (hapis) tuzlu suyun karışımından ibarettir.

Tuzla sahasındaki sıcak suyun, denizel kökenli evaporitlerin çözünmesinden itibaren geldiği ve birtakım bozunma süreçleri ile daha yüksek mineralizasyona uğradığı düşünülmektedir. Jeotermal sularda genelde oluşan kimyasal değişimlerin bir kısmının Tuzla jeotermal suyunda da etkin olduğu düşünülmektedir. Bunlar; a) halitin çözünmesi, b) dolomitizasyon (Ca artışı ve Mg uzaklaşması), c) bakteriyel sülfat azalımı, d) anhidrit çökelimi (sıcaklık artışı ile CaSO_4 çökelimi gerçekleşmektedir), e) silikatların diyajenetik reaksiyonları (smektitin illite dönüşmesi gibi), f) katyon değişimi (özellikle Ca ile Na değişimi) ve g) organik maddelerin reaksiyonları.

Tuzladaki, sıcak suların kayaç-su ilişkisi sıcaklıktan daha çok, CO_2 tarafından yönlendirilmektedir. Ortamın bazik veya asidik olmasını da yönlendiren CO_2 olup, CO_2 yüksek ise albitin ($\text{Na}(\text{AlSi}_2\text{O}_3)$) çözünürlüğü de artacaktır, sıcaklığın düşük olması CO_2 'in yükselmesinde etkindir.

Kurak dönemde Tuzla dere suyunun EC, Cl, T değerleri, sıcak suların etkisi ile yükselmektedir. Sıcak sularda SO_4 konsantrasyonundaki artış bakteri faaliyeti ile metal sülfatların okside olması sonucu yükseldiği düşünülmektedir. Özellikle yağışlı dönemde Tuzla dereye EC, Cl, Na ve ağır metal içerikleri seyrelirken, bu dönemde yeraltı suyunda kurak döneme oranla daha yüksek ağır metal değerleri oluşu toprak yüzeyindeki yıkanma ile aşağıya infiltrasyondan ötürüdür. Yani yağışlı dönemde özellikle Sr tuzları yıkanarak akifere geçiş göstermektedir. Ayrıca, elde edilen veriler sıcak su kaynaklarının inceleme alanındaki Tuzla deresini önemli ölçüde (yüzeysel suları) etkilemektedir.

Proje sahasındaki sıcak sular Na-Cl, kuyu suları ise Ca-Mg-HCO₃-SO₄'lü sulardır. Sıcak sular, kurak ve yağışlı dönemde NaCl fasiyesinde yer almakta (deniz suyu ile aynı bölgede), yalnızca 22 ve 3 nolu sular kurak dönemde kimyasal değişim göstermektedir. 22 nolu su yağışlı dönemde NaCl'li iken, kurak dönemde klorürün azalması ile birlikte NaCl HCO₃'lü sular fasiyesine geçmektedir. Bunda klorürün tuz şeklinde ortamdaki ayrılmasının rol oynadığı gibi, yeraltı suyu karışımının arttığı düşünülmektedir. 3 nolu yeraltı suyu kaynağı da yağışlı dönemde NaHCO₃'lü sular sınıfında yer alırken, kurak dönemde CaSO₄ artışı ile karışık sular sınıfına geçmektedir. Bunda Na-Ca baz değişiminin ve jips çözünmesinin rol oynadığı öngörülmektedir.

Çalışma alanının ana drenaj sistemini Tuzla çayı oluşturmakla birlikte kuzeyden, doğudan ve güneyden doğan dereler Tuzla çayı ile birleşerek Ege denizine dökülür. Tuzla çayı debisi yaz mevsiminde beslenmenin azalması ile birlikte çok düşmektedir. Tuzla sahasındaki sıcak su kaynaklarından sızan sular inceleme alanındaki derelere karışmaktadır. Bu alanlarda tuz konsantrasyonu oldukça yüksektir. Tuzla dere suyu da tıpkı sıcak sular gibi kurak dönemde Na, Ca, Cl'li sulardan NaCl'li sulara geçiş göstermektedir. Bazı alanlarda birikintiler oluşturmuştur. Kış mevsiminde, debisi özellikle yağışlarından ve doğudaki dağlarda karların erimesinden sonra artan Tuzla çayı, yağış yoğunluğunun yüksek olduğu durumlarda yatağından taşarak çevredeki tarım arazilerine zarar verebilen düzensiz akışa sahip bir dere konumuna geçebilmektedir. Tuzla sahasındaki sıcak sular yüzeye çıktığı noktalarda gerek basınç gerekse sıcaklık azalışı nedeniyle su içinde erimiş halde bulunan mineraller katı faza geçerek yüzeyi ince bir örtü şeklinde kaplamakta ve toprak üzerinde ince bir kabuk oluşturarak yüzeyde beyaz bir görüntü oluşmasına neden olmaktadır.

Proje sahasındaki topraklarda 0-30 ve 30-60 cm derinliklerinden toprak örnekleri alınmıştır. Alınan toprak örneklerden Zn, Sr, Pb, Na, Mn, Mg, K, Fe, Cu, Cr, Cd, Ca ve Al analizleri yapılmıştır. Genel olarak inceleme alanının doğusunda, sıcak su kaynaklarının çevresindeki topraklarda element yoğunlaşması daha yüksektir. Proje sahasının doğu kesimlerinde yer alan bu alanlar jeotermal sistemlerin toprağı etkilemesi nedeni ile tarım arazisi olarak kullanılmamaktadır.

İnceleme alanındaki sıcak sularda ağır metal değerleri soğuk su kaynaklarına göre oldukça yüksektir. İnceleme alanındaki sularda arsenik (As) değerleri 0.006 ile 0.104 ppm, civa (Hg) değerleri ise <0.001 ile 0.008 ppm arasında değişmektedir. Ağustos 2003 döneminde alınan bazı yeraltısuyu ve dere örneklerinde As konsantrasyonları önemli oranda artış göstermektedir. Bu değerlerin yüksek olduğu kesimler inceleme alanındaki sıcak su kaynaklarının boşaldığı noktalara karşılık gelmektedir. Bu kesimde sıcak suların deşarjı nedeni ile mineraller çökelmiş durumdadır. Bu da buradaki su kaynaklarında As gibi B, Hg gibi bazı ağır metallerin artışına sebep olmaktadır.

Tuzla asidik özellikteki jeotermal suyunun, özellikle kurak dönemde kontrolsüz bir biçimde Tuzla dereye ve çevreye akışı, buradan itibaren ilave buharlaşmaya uğraması nedeniyle, özellikle yağışlı dönemde, kurak dönemde biriken tuzların ve bir kısım ağır metallerin yağışların etkisi ile sığ olan yeraltı suyuna süzülerek yeraltı suyunda ağır metal ve tuzların yükselmesine neden olduğu görülmektedir. Ancak yağışlı dönemde yeraltı suyunda görülen piston flow şeklindeki infiltrasyon etkisi kurak dönemde kısmen düzelmekte ancak sıcak suların yeraltı suyu akiferine impulse etki dışındaki karışımı süregelmektedir. Sıcak sular meteorik kökenli olup, düşey yönde birbirleriyle kesişen kırklar boyunca düşey geçirgenliğin arttığı yönde ve yüzeyde birbirleriyle kesişen fayların kesişim noktalarından yüzeye çıkmaktadırlar. Sahanın güneydoğusundan gelen EC'si düşük (600-800 micromho/cm) yeraltı sularının jeotermal sular etkisi ile EC'sinin (1400-3200 micromho/cm) yükseldiği görülmektedir. Nitekim CaHCO_3 'lü sular fasiyesinde yer alan yeraltı suları sıcak suların etkisi ile CaCl_2 'li sulara geçiş göstermektedir.

Proje sahasındaki jeotermal suların Tuzla tatlı yeraltı suyu akiferine olan olumsuz etkileri iki şekilde olmaktadır:

- a) Jeotermal suların yeraltı sularına mevsimlik etkisi, ki buna dolaylı etki denebilir: Cl konsantrasyonlarının ve ağır metal içeriklerinin kurak dönemde yüzeyde biriken tuz ve ağır metal bileşimlerini kısmen yağışlar vasıtası ile yeraltına süzdürmesi,
- b) Sahada çıkan yüksek basınçta sahip jeotermal suların yukarıya doğru dikey çatlak, kırık veya faylar vasıtası ile yükselimi, yani genel anlamda yeraltı suyuna etkisi. Jeotermal suların yukarıda belirtilen her iki etkisinden ötürü yeraltı suyunun duraylı izotop

değerleri beklenilenden daha pozitif değerlerdedir. Genel olarak; inceleme alanındaki sıcak suların da yukarıya doğru çıkarken soğuk yeraltı suyu akiferine karışımından ötürü $\delta^{18}\text{O}$ ve δD değerlerinde bir azalma da söz konusu olmuştur.

Proje sahasındaki sıcak su kaynaklarına yakın alanlardaki topraklarda Thoryum ve Uranyum değerlerinin yüksek, Potasyum değerlerinin ise düşük olduğu saptanmıştır. Thoryum ve Uranyum değerlerinin yüksek olduğu bu kesimler sıcak su kaynaklarının rezervuarlarına yakın alanlar olduğu düşünülmektedir. Bu da bu alanda ileride yapılacak olan sondajlar için bir veri niteliği taşıyabilir.

Jeotermal enerji genelde çevre ile uyumlu iyi huylu kaynaklar olarak kabul edilir. Ancak proje sahasından elde edilen sonuçlar, bu kaynakların da çevresel etkiler yarattığını göstermiştir. Tuzla jeotermal sahasındaki sıcak su kaynakları gün geçtikçe yüzey sularını, yeraltı sularını ve toprağı etkilemektedir. Bu nedenle, Tuzla sahasında yer alan sıcak su kaynaklarının ekonomiye kazandırılması için gerekli bütün girişimlerin başlatılması önem taşır. Bu kaynakların işletilmesi ile birlikte bu alanlarda reenjeksiyon çalışmalarının en kısa zamanda yapılması çevresel açıdan mevcut olan ve doğa bilecek olan problemlerin minimize edilmesini sağlayabilir.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- Abrol, I.P.**, Technology of Chemical, Physical and Biological Amelioration of Deteriorated Soils. Presented at Panel of Experts on Amelioration and Development of Deteriorated Soils in Egypt, 2-6 May 1982, Cairo, (1982).
- Batik, H., Kocak, A., Akkus, I., Simsek, S., Mertoglu, O., Dokuz, I., Bakir, N.**, Geothermal Energy Utilization Development in Turkey-Present Geothermal Situation and Projections, Proceedings World Geothermal Congress 2000, Kyushu-Tohoku, Japan, pp. 85-91. (2000).
- Ben-Hur, M., M. Agassi, R. Keren, and J. Zhang.** Compaction, aging and raindrop impact effect on hydraulic properties of saline and sodic Vertisols. Soil Sci. Soc. Am. J. 62:1377-1383. (1998).
- Burton, T.M. and Hook, J.E.**, A mass balance study of application of municipal wastewater to forests in Michigan. J. Environ. Qual. 8:589-596, (1979).
- Bouyoucos, G.J.** A Recalibration of The Hydrometer Method For Making Mechanical Analysis of Soils. Agron. Jour. 43, 434-438, (1951).
- Çullu, M.A., Almaca, A., Şahin, Y., Aydemir, S.**, Application of GIS for Monitoring Soil Salinization in the Harran Plain, Turkey. International Conference on Sustainable Land Use and Management. 10-13 June, Çanakkale, Turkey. pp326-331, (2002).
- Dinç, U., Kapur, S., Özbek, H., Şenol, S.** Toprak Genesisi ve Sınıflandırması. Ç.Ü. Yayınları Ders Kitabı 7.1.3. Ç.Ü. Basımevi, Adana, (1987).
- Drever, I.** The Geochemistry of natural waters, surface and groundwater environments, third edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, NJO7458, 164-178, (1997).
- Ercan, T., ve Türkecan, A.**, Batı Anadolu-Ege Adaları-Yunanistan ve Bulgaristan'daki Plutonların Gözden Geçirilişi, Ketin Sempozyumu, TJK. say. 189-208, (1984).

FAO. Guidelines:Land Evaluation For Irrigated Agriculture. FAO Soil Bulletin 55, Rome, Italy, 231p., (1985).

FAO/Unesco. Irrigation, Drainage and Salinity. An International Sourcebook. Paris, Unesco/Hutchinson (Publishers), London. 510 p., (1973).

Feng, G.L., Meiri, A., Letey, J. Evaluation of a model for irrigation management under saline conditions: II. salt distribution and rooting pattern effects. Soil Science Society of America Journal. Madison: Jan/Feb. Vol. 67, Iss. 1; p. 77, (2003).

Fytikas, M., Gialiani, O., Innocenti, F., Marinelli, G., Mazzuoli, R. Geochronological Data on Recent Magmatism of the Aegean Sea, Tectonophysics 31, T29-T34, (1976).

Gevrek., A. İ, Şener, M, Ercan, T. Çanakkale-Tuzla Jeotermal Sahasının Hidrotermal Alterasyon Etüdü ve Volkanik Kayaçların Petrolojisi. Bull. Miner. Res. Explor. Inst. Turk. 103-104, say. 55-81., (1986).

Güzel, N. Toprak Verimliliği ve Gübreler. (Edi. By Samuel L. Tisdale and Werner L. Nelson) Çeviri. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları No:168, Ders Kitabı No:13. Adana, (1982).

Güzel, N., Gülüt, K.Y., Tali, A., İbrikçi, H., Ortaş, İ. Toprakta bulunan mikroelementlerle diğer faydalı elementler ve bunların gübre bileşikleri.Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No:48, Yardımcı Ders Kitapları Yayın No:2, Ankara, 144 s., (1992).

Hoefs, J. Stable Isotope Geochemistry (3rd ed.), Springer Verlag, Munich, (1987).

Johnson, G.V., Dizdar, M.Y., Raun,W.R. Soil Management Report, GAP. Şanlıurfa-Harran Plains On-Farm and Village Development Project; Ankara, (1998).

Karamanderesi, I.H., Hydrothermal Alteration in Well Tuzla T-2, Canakkale, Turkey. Report 3: Geothermal Training Programme in Iceland 1986. UNU G.T.P., Iceland, pp.1-23. (1986).

Kirkham, M.B. Problems of using wastewater on vegetable crops. Hort Science 21:24-27, (1986).

Kotuby-Amacher, Koenig JR and Kitchen. B., Salinity and Plant Tolerance, Utah State University Extension Electronic Publishing. AG-SO-03, (1997).

Maas, E.V., and G.J. Hoffman. Crop salt tolerance- current assessment. J. Irrig. Drain. Div. Am. Soc. Civ. Eng. 103:115-134, (1977).

Mortuedt, J.J., Giordano, P.M., Lindsay, W.L. (Eds). Micronutrients in Agriculture. Madison, Wis.: Soil Science Society of America, (1972).

Mutzenberg, S., Nature and Origin of The Thermal Springs in The Tuzla Area, Western Anatolia, Turkey, Active Tectonic of Northwestern Anatolia- The Marmara Poly-Project (edited by Schindler, C., and Pfister, M.), vdf hochschulverlag AG an der ETH, Zurich, pp.301-317, (1997).

Mützenber, S.R., Westliche Biga-Halbinsel (Çanakkale, Türkei): Beziehung zwischen Geologie, Tektonik und Entwicklung der Thermalquellen. Mitteilungen Aus Dem Geologischen Institut Der Eidg. Technischen Hochschule und Der Universitaet Zuerich, Nr.287, Zürich, (1991).

Nelson, D. W. and Sommers, L. E., Total Carbon, Organic Carbon and Organic Matter. In: Sparks, D.L.(Ed.), Methods of Soil Analysis: Part 3. SSSA Book Ser. 5 ASA and SSSA Madison, WI, pp. 961-1010, (1996).

Oğuzer, V. Drenaj ve Arazi Islahı. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No:106, Ders Kitapları Yayın No.26. Adana.314s. (1995).

Özcan, H., Akça, E., Kapur, S., Dinç, O. Soil Salinity Monitoring of A Selected Area in the Yuregir Plain, Adana-Turkey. Proceedings of International Symposium on Desertification. 13-17 June, Konya, Turkey, pp391-396, (2000).

Özcan, H., Çetin, M. The Relationship Between Groundwater and Soil Salinity in the Eastern Mediterranean Coastal Region, Turkey. M. Şefik Yeşilsoy International Symposium on Arid Region Soil. 21-24 Sept. Menemen-İzmir-Turkey. pp370-374, (1998).

Özcan, H., Uygun, R. Çanakkale-Kumkale Ovasında Toprak Profilinde Tuz Hareketinin Yersel ve Zamansal Değişimlerinin İzleme ve Değerlendirilmesi.HR. Ü. Z. F. Dergisi 8 (2):33-41. (2004).

Özgül, Ş. Tuzluluk ve Sodiklik. Uluslararası Sulama ve Drenaj Komisyonu Türk Milli Komitesi, Teknik Rehber No:04.02-02. Ankara, (1974).

Panichi, C., La Ruffa, G., Kavouridis, T., Leontiadis, I., Liberopolou V., Dotsika, E. Geochemical assesment of the thermal fluids emerging along the Agean Volcanic Arc (Greece). Proceedings World Geothermal Compress, Kyusku-Tohoku, Japan, 1565-1570, (2000).

Pearson, G.A., Tolerance of Crops to Exchangeable Sodium. USDA Information Bulletin No. 216. 4 p. (1960).

Postma, J. A. Geochemistry, Groundwater and pollution, Amsterdam, Chapter 7: 12-58, (1992).

Samilgil, E., Hydrogeological Report of Geothermal Energy Possibility Survey of Hot Springs of Kestanbol and Tuzla Village of Canakkale. MTA report, no: 4274, Ankara, (1966).

Sanford W.E. and Plummer L. N. Hydrochemical tracers in the middle Rio Grande Basin, USA: 2. Calibration of a groundwater- flow model *Hydrogeology Journal*, V. 2, pp. 389-407, (2004).

Savin, S.M., and Epstein, Samuel. The oxygen and hydrogen isotope geochemistry of Clay minerals: *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 34, pp. 24-42, (1970).

Sayın, M. Toprak Mineralojisi. Ç.Ü.Z.F. Genel Yayın No:227, Ders Kitapları Yayın No:A-72, Adana. (1999).

Schlichting, E. and Blume, E. *Bodenkundliches Practikum*, Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin. (1966).

Schofield, R.V. and Kirkby, M.J. Application of salinization indicators and initial development of potential global soil salinization scenario under climatic change. *Global Biogeochemical Cycles* 17 (3): Art. No. 1078, July.17, (2003).

Sener, M., and Gevrek, A.I., Distribution and Significance of Hydrothermal Alteration Minerals in The Tuzla Hydrothermal System, Canakkale, Turkey, *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 96, pp. 215-228, (2000).

Smedema, L.K., Rycroft, D.W. *Land Drainage. Planning and Design of Agricultural Drainage Systems*. BT Batsford Ltd. London. 376p. (1988).

Stauffer, R.E. and Thompson, J.M. Arsenic and antimony in geothermal waters of Yellowstone National Park, Wyoming, USA. *Geochim. Cosmochim. Acta* 48, 2547- 2561. (1984).

Şamilgil, E. Çanakkale Jeotermal Alanları ve Tuzla Sondajları, *Türkiye Jeoloji Bülteni* 4, 147-148, (1983).

Şamilgil, E., Çanakkalenin Tuzla ve Kestanbol Sıcaksu Havzalarında Jeotermal Enerji Araştırması Yönünden Hidrojeolojik Etüt, MTA Raporu. No: 4274, Ankara, (1966).

Tataum, D., Crouse, K. Soil pH and Fertilizers. <http://msucares.com/pubs/infosheets/is372.htm>, (2004).

Tok, H.H. Çevre Kirliliği. T.Ü. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Yayın No:244, Ders Kitabı No:30, Tekirdağ, 335s. (1996).

Tuncer, G. ve Eskibalçı, M. F., Türkiye Enerji Hammaddeleri Potansiyelinin Değerlendirilebilirliği, İstanbul Üniv. Müh. Fak. Yerbilimleri Dergisi, C.16, S.1, s. 81-92., (2003).

U.S. Salinity Laboratory Staff. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils. USDA Handbook No. 60. U.S. Gov. Print. Office, Washington, DC. (1954).

Vengosh, A., Helvaci, C., Karamanderesi, H., Geochemical Constraints for the Origin of Thermal Waters from Western Turkey. Applied Geochemistry, vol. 17, p.163-183. (2002).

White, D.E., Fournier, R.O., Muffler, L.J.P., and Truesdell, A.H. Physical results of research drilling in thermal areas of Yellowstone National Park, Wyoming: U.S. Geol. Survey Prof. Paper 892, 77 p., (1975).

PROJE ÖZET BİLGİ FORMU

Proje Kodu: YDABAG-103Y010
Proje Başlığı: TUZLA (ÇANAKKALE) JEOTERMALİNİN BÖLGEDEKİ AKİFERE TOPRAĞA VE SUYA ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI
Proje Yürütücüsü ve Yardımcı Araştırmacılar: Yrd.Doç.Dr. Alper Baba, Doç.Dr. Hasan Özcan, Doç.Dr. Selahattin Yılmaz, Yrd.Doç.Dr. Yasemin Kavdır, Araş.Gör.Ozan Deniz, Araş.Gör.Yusuf Yiğini, Araş.Gör. Sevinç Yılmaz, Barış Baba
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Terzioğlu Kampüsü, 17020 Çanakkale
Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi:
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri: 04.08.2003 - 01.02.2005
Öz (en çok 70 kelime) Tuzla Jeotermal sahasındaki sıcak sular, denizel kökenli evaporitik yataklardan çözünerek gelen sular olup, tatlı sular ile karışım göstermektedir. Sahadaki tüm sular meteorik kökenli olup, tatlı yeraltı suları ile connate (hapis) tuzlu suyun karışımından ibarettir. Tuzla ovasının güneydoğusundan gelen EC'si düşük (600-800 micromho/cm) yeraltı sularına jeotermal suların etkisi ile bu suların EC'sinin (1400-3200 micromho/cm) yükseldiği görülmektedir. Nitekim CaHCO ₃ 'lü sular fasiyesinde yer alan yeraltı suları sıcaksuların etkisi ile CaCl ₂ 'li sulara geçiş göstermektedir.
Anahtar Kelimeler: Yeralatı suyu kirliliği, toprak kirliliği, jeotermal ve çevre, izotop, Tuzla
Projeden Kaynaklanan Yayınlar: Baba A., Ozcan H., and Deniz O., 2005; Environmental Impact by Spill of Geothermal Fluids at the Geothermal Field of Tuzla, Canakkale-Turkey, World Geothermal Congress, 24-29 April 2005, Antalya, Turkey. Baba, A., Özcan, H. and Ereeş, F.S., 2005; Natural Radioactivity in Soil Samples from Tuzla Geothermal Field, Turkey, Journal of Radiation Measurement (incelemede). Baba, A., Özcan, H., 2004; Monitoring and evaluation of the geothermal fluid on soil and water in the Tuzla Geothermal Field by GIS, 1st Göttingen GIS & Remote Sensing Days, Environmental Studies, 7-8 October 2004, p.1, Göttingen, Germany, Abstract.
Bilim Dalı: Yer Bilimleri ve Mühendisliği
Doçentlik B. Dalı Kodu: 920