

**SEYİTGAZİ YÖRESİ (ESKİŞEHİR)
İÇME SULARINDA BOR
SEVİYELERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Merve UYLAŞ
Yüksek Lisans Tezi

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
Ocak-2013

**Bu tez çalışması Anadolu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri
(Proje No: 1101F011) tarafından desteklenmiştir.**

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Merve Uylaş'ın “Seyitgazi Yöresi (Eskişehir) İçme Sularında Bor Seviyelerinin Araştırılması” başlıklı Çevre Mühendisliği Anabilim Dalındaki, Yüksek Lisans Tezi 17.01.2013 tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Adı-Soyadı		İmza
Üye (Tez Danışmanı) :	Prof. Dr. ARZU ÇİÇEK	
Üye	: Doç. Dr. RECEP BAKIŞ	
Üye	: Doç. Dr. ÖZGÜR EMİROĞLU	

Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
..... tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SEYİTGAZİ YÖRESİ (ESKİŞEHİR) İÇME SULARINDA BOR SEVİYELERİNİN ARAŞTIRILMASI

Merve UYLAŞ

**Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Prof. Dr. Arzu ÇİÇEK
2013, 85 sayfa**

Su, canlıların yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmelerini sağlayan en önemli ekolojik faktörlerden birisidir. Sularda bulunan bazı elementler yaşamsal aktiviteler için mutlak gerekli olmalarına rağmen izin verilen limit değerlerin üzerinde olduğunda yaşayan canlılar için toksik etkiler oluşturabilmektedir. Bor (B) elementi de canlılar açısından gerekli olan elementlerin içerisinde yer almaktadır. Ancak, bor kullanımının her geçen gün artması ile birlikte ekosistemler açısından büyük problemler meydana gelmektedir. Borun çevreye yayılışı kayaçların ayrışması, deniz suyundan borik asidin buharlaşması ve volkanik faaliyetler gibi doğal yollarla olduğu gibi maden çıkarılması ve işlenmesi şeklindeki antropojenik faaliyetler sonucunda da gerçekleşmektedir. Bu çalışma kapsamında, bor maden yataklarının yoğun olduğu Eskişehir İli Seyitgazi İlçesi'ne ait 47 köyde belirlenen istasyonlardan 2011-2012 tarihlerinde mevsimsel olarak içme suyu örnekleri alınmıştır. Alınan içme suyu örneklerinde bor seviyeleri ve bazı fizikokimyasal parametreler incelenmiş, istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve ulusal/uluslararası mevzuatlarda yer alan limit değerlerle karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: İçme Suyu, Bor, Seyitgazi, Türkiye

ABSTRACT

Master of Science Thesis

INVESTIGATION OF BORON LEVELS ON DRINKING WATERS IN SEYİTGAZİ REGION (ESKİŞEHİR)

Merve UYLAŞ

**Anadolu University
Graduate School of Science
Environmental Engineering Program**

Supervisor: Prof. Dr. Arzu ÇİÇEK

2013, 85 pages

Water is one of the most important ecological factors that provide vital activities of living organisms. Although some of the elements in water are absolutely necessary for living organisms, when they are above the permitted limit values, they can also create toxic effects. Element boron (B) is also one of the elements that are required for organisms. But, the increase in the use of boron creates major problems in terms of ecosystems. Reasons of environmental distribution of boron are natural activities such as rock weathering, evaporation of boric acid from the sea water, volcanic activities and the anthropogenic activities made during mining and processing. In this study, between 2011 and 2012, drinking water samples are seasonally collected from the determined stations in 47 villages of Seyitgazi district (Eskişehir) where boron ore deposits are concentrated. In these drinking water samples taken from the villages, the limits of boron and some physico-chemical parameters are investigated, statistically evaluated and compared with the national/international legislation limit values.

Key Words: Drinking Water, Boron, Seyitgazi, Turkey

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince değerli bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım ve her zaman yakın ilgi ve desteğini esirgemeyen saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. Arzu ÇİÇEK’e içtenlikle teşekkür ederim.

Bu tezin oluşmasında ve gelişmesinde yardımlarını esirgemeyen, arazi çalışmaları ve istatistiksel değerlendirmeler sırasında yardımları ve manevi destekleri için Dr. Esengül KÖSE, Dr. Cem TOKATLI, Özlem AŞAMAN ve Çevre Mühendisi Alper UĞURLUOĞLU’na teşekkür ederim.

Hayatımın her aşamasında olduğu gibi, çalışmamın başından sonuna kadar maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme ve nişanlım Ahmet ŞAHİN’e sabır ve anlayışlarından dolayı sonsuz minnetlerimi sunarım.

Merve UYLAŞ

Ocak 2013

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	1
2. BOR VE ÇEVRESEL ETKİLER	4
2.1. Bor Minerallerinin Kullanım Alanları.....	5
2.1.1. Cam sanayi	6
2.1.2. Deterjan sanayi	7
2.1.3. Seramik sanayi	7
2.1.4. Tarım	7
2.1.5. Yanmayı önleyici maddeler	7
2.1.6. Borlu yakıtlar.....	8
2.1.7. Diğer kullanım alanları.....	8
2.2. Borun Çevresel Etkileri	8
2.2.1. Borun sulara etkisi.....	9
2.2.2. Borun toprağa etkisi	10
2.2.3. Borun bitkiler üzerinde etkisi	11
2.2.4. Borun hayvanlar üzerinde etkisi.....	12
2.2.5. Borun insanlar üzerinde etkisi	13
2.3. Türkiye’de ve Dünya’da Yapılmış Çalışmalar.....	14

2.3.1. Türkiye’de yapılmış çalışmalar	14
2.3.2. Dünya’da yapılmış çalışmalar	16
3. MATERYAL VE METOT	18
3.1. Çalışma Alanının Tanıtımı	18
3.2. Deneysel Çalışma	24
4. BULGULAR	25
4.1. Element ve Fizikokimyasal Analiz Sonuçları	25
4.2. Kümeleme Analizi Sonuçları	53
4.3. Faktör Analizi.....	57
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	59
KAYNAKLAR	67

ŞEKİLLER DİZİNİ

2.1. Dünya bor rezervi dağılımı	4
3.1. Kırka baseninde borat minerallerinin alansal dağılımı	19
3.2. Çalışma alanında yıllık buharlaşma dağılımı.....	20
3.3. Çalışma alanında yıllık sıcaklık dağılımı.....	20
3.4. Çalışma alanında yıllık yağış dağılımı.....	21
3.5. Çalışma alanı ve istasyonlar.....	22
4.1. Sonbahar mevsimi bor seviyeleri (mg/L).....	26
4.2. Kış mevsimi bor seviyeleri (mg/L)	26
4.3. İlkbahar mevsimi bor seviyeleri (mg/L)	27
4.4. Yaz mevsimi bor seviyeleri (mg/L)	27
4.5. Bor seviyeleri yıllık değişim grafiği (mg/L)	28
4.6. Sonbahar mevsimi sodyum seviyeleri (mg/L)	29
4.7. Kış mevsimi sodyum seviyeleri (mg/L).....	29
4.8. İlkbahar mevsimi sodyum seviyeleri (mg/L)	30
4.9. Yaz mevsimi sodyum seviyeleri (mg/L).....	30
4.10. Sodyum seviyeleri yıllık değişim grafiği (mg/L).....	31
4.11. Sonbahar mevsimi sıcaklık seviyeleri (°C)	32
4.12. Kış mevsimi sıcaklık seviyeleri (°C).....	32
4.13. İlkbahar mevsimi sıcaklık seviyeleri (°C).....	33
4.14. Yaz mevsimi sıcaklık seviyeleri (°C).....	33
4.15. Sıcaklık seviyeleri yıllık değişim grafiği (°C).....	34
4.16. Sonbahar mevsimi pH seviyeleri	35
4.17. Kış mevsimi pH seviyeleri.....	35
4.18. İlkbahar mevsimi pH seviyeleri	36
4.19. Yaz mevsimi pH seviyeleri	36
4.20. pH yıllık değişim grafiği	37
4.21. Sonbahar mevsimi iletkenlik seviyeleri (µs/cm).....	38
4.22. Kış mevsimi iletkenlik seviyeleri (µs/cm)	38
4.23. İlkbahar mevsimi iletkenlik seviyeleri (µs/cm)	39
4.24. Yaz mevsimi iletkenlik seviyeleri (µs/cm)	39

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

4.25. İletkenlik yıllık değişim grafiği($\mu\text{s}/\text{cm}$)	40
4.26. Sonbahar mevsimi sülfat seviyeleri (mg/L)	41
4.27. Kış mevsimi sülfat seviyeleri (mg/L).....	41
4.28. İlkbahar mevsimi sülfat seviyeleri (mg/L).....	42
4.29. Yaz mevsimi sülfat seviyeleri (mg/L).....	42
4.30. Sülfat yıllık değişim grafiği (mg/L)	43
4.31. Sonbahar mevsimi nitrit seviyeleri (mg/L)	44
4.32. Kış mevsimi nitrit seviyeleri (mg/L).....	44
4.33. İlkbahar mevsimi nitrit seviyeleri (mg/L)	45
4.34. Yaz mevsimi nitrit seviyeleri (mg/L).....	45
4.35. Nitrit yıllık değişim grafiği (mg/L).....	46
4.36. Sonbahar mevsimi amonyum seviyeleri (mg/L).....	47
4.37. Kış mevsimi amonyum seviyeleri (mg/L)	47
4.38. İlkbahar mevsimi amonyum seviyeleri (mg/L).....	48
4.39. Yaz mevsimi amonyum seviyeleri (mg/L).....	48
4.40. Amonyum yıllık değişim grafiği (mg/L)	49
4.41. Sonbahar mevsimi nitrat seviyeleri (mg/L)	50
4.42. Kış mevsimi nitrat seviyeleri (mg/L)	50
4.43. İlkbahar mevsimi nitrat seviyeleri (mg/L)	51
4.44. Yaz mevsimi nitrat seviyeleri (mg/L)	51
4.45. Nitrat yıllık değişim grafiği (mg/L)	52
4.46. Bor için kümeleme analiz diyagramı	53
4.47. Sodyum için kümeleme analiz diyagramı	53
4.48. Sıcaklık için kümeleme analiz diyagramı	54
4.49. Sülfat için kümeleme analiz diyagramı.....	54
4.50. Nitrit için kümeleme analiz diyagramı.....	55
4.51. Nitrat için kümeleme analiz diyagramı	55
4.52. Amonyum için kümeleme analiz diyagramı	56
4.53. İletkenlik için kümeleme analiz diyagramı	56
4.54. Çizgi eğim grafiği	57

ÇİZELGELER DİZİNİ

2.1. Eti Holding A.Ş'ye bağlı işletmeler ve bor rezervleri	5
2.2. Toprakların bor sınıflaması	10
2.3. Hayvanların üreme ve gelişmesinde borun etki düzeyi	12
3.1. Çalışma alanındaki istasyonların genel özellikleri.....	23
4.1. Varyans tablosu	57
4.2. Faktör analizi tablosu	58

SİMGELER VE KISALTMALAR

L	: Litre
mg	: Miligram
kg	: Kilogram
μs	: Mikrosiemens
m	: Metre
cm	: Santimetre
mm	: Milimetre
amu	: Atomik Kütle Birimi
N	: Kuzey
E	: Doğu
B	: Bor
Na	: Sodyum
EPA	: Environmental Protection Agency
WHO	: World Health Organization
EU	: European Union Drinking Water Directive
ITSHY	: İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu

1. GİRİŞ

Su, canlıların yaşamlarını devam ettirebilmeleri için büyük önem taşımaktadır. Dünya'nın % 69'u tuzlu su ve % 2'si tatlı su olmak üzere toplamda % 71'i sularla kaplıdır. Su ekosistemler açısından tartışılmaz bir öneme sahiptir. Organizmaları oluşturan hücreler, dokular, organlar ve sistemler arasında madde taşınımını sağladığı için oksijenden sonra gelen en önemli temel maddedir. Suyun bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri canlılığın devamını sağlamaktadır (Türe ve Çiçek, 2011). İnsanların yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmeleri için suya ihtiyaçları vardır. Yetişkin bir insanın günde 2-2,5 L su tüketmesi gerekmektedir. İnsanların tükettikleri içme suları, berrak ve renksiz olmalı, aşırı sert olmamalı, tadı iyi olmalı, koku ve tortu olmamalı, hastalık yapıcı organizmalar bulunmamalıdır. Su tüketilemeden önce berraklığına, tadına, rengine, kokusuna, sıcaklığına ve içinde toksik madde olup olmadığına bakılmalıdır (Çalık ve ark., 2004).

Son yıllarda çevre kirliliğinin öneminin artması ile birlikte sulardaki ağır metal ve element miktarlarının önemi de artmaya başlamıştır. Sularda bulunan toksik maddeler ve canlı yaşamı için olan elementler izin verilen limit değerlerin üzerinde olduğunda organizmalar için zehir etkisi oluşturabilmektedir (Dündar ve Altundağ, 2005). Bor (B) da bu elementlerin içerisinde yer almakta ve günümüzde bor kullanımının her geçen gün artmasıyla birlikte çevre problemlerini de beraberinde getirmektedir.

Dünya'da çok sayıda kimyasal türevi olan bor, tüm dünya da olduğu kadar ülkemiz için de önemli yer altı zenginliklerinden biridir. Yüksek seviyelerde ve ekonomik boyutlardaki bor yatakları, borun oksijen ile bağımsız bileşikler olarak daha çok Türkiye ve ABD'nin kurak, volkanik ve hidrotermal aktivitesinin yüksek olduğu bölgelerde bulunmaktadır. Türkiye'de bor rezervleri Bursa-Mustafa Kemalpaşa-Kestelek Köyü, Balıkesir- Bigadiç, Kütahya-Emet, Eskişehir-Kırka'da bulunmaktadır. Türkiye'de mevcut olan 800 milyon ton rezerv, dünyadaki toplam bor rezervinin % 63'ünü oluşturmaktadır. Türkiye bu rezerv ile dünya ham bor

ihtiyacının % 95'ini karşılamaktadır. Türkiye'yi % 16,4 ile ABD, % 0,7 ile Arjantin, % 10,7 ile Rusya ve % 2,8 ile Çin takip etmektedir (Güyagüler, 2001).

Bor element olarak periyodik sistemin üçüncü grubunun başında bulunur. Borun sembolü “B”, atomik çapı 1,17 Å, atomik hacmi 4,6 cm³/mol, elektron sayısı (yüksüz) 5, nötron sayısı 6, proton sayısı 5'tir. Kimyasal özellikleri; elektrokimyasal eşdeğeri 0,1344 g/anp-hr, elektronegativite 2,04, füzyon ısısı 50,2 kJ/mol, valans elektron potansiyeli 190'dır. Fiziksel özellikleri ise; atomik kütlesi 10,8 amu, görünüşü sarı, kahverengi ametal kristal, buharlaşma ısısı 489,7 kJ/mol, fiziksel durumu katıdır. Borun kimyasal özellikleri tane büyüklüğüne ve sıcaklığına bağlıdır. Yüksek sıcaklıktaki su ile reaksiyona giren bor, borik asit ve diğer ürünleri oluşturabilmektedir (Irmak, 2006).

Borun çevreye yayılışı kayaçların ayrışması, deniz suyundan borik asidin buharlaşması ve volkanik faaliyetler gibi doğal faaliyetler sonucunda olabilmektedir. Madencilik faaliyetleri, yakıt olarak odun kullanımı, cam üretimi, evsel ve endüstriyel borat/perboratlar gibi antropojenik faaliyetler sonucunda da bor çevreyi etkileyebilmektedir (Yazbeck ve ark., 2005). Su ve gıda tüketiminde bor seviyelerinin artması insanlarda kalp-damar, sinir, sindirim sistemi ve cinsel sistemlerde sorunlara neden olabilmektedir (Melnik ve ark., 2005).

Yeraltı su kaynakları, yüzey suları ile karşılaştırıldığında birçok yönden yüzey sularından daha kalitelidir. Bu nedenle, içme sularının en önemli kaynakları arasında yer altı suları yer almaktadır. İçme sularında oluşan bor kirliliğinin başlıca nedenleri arasında kayaçların yapısında bulunan borun ayrılarak yeraltı suyuna geçmesi veya toprakta bulunan borun yağmur sularıyla yeraltı suyuna karışması gösterilebilmektedir. Fakat bu suların içme suyu olarak kullanılabilmesi için bor miktarının belirli değerlere indirilmesi gerekmektedir (Ünlü ve ark., 2011). Bu değer Sağlık Bakanlığı'nın yayınladığı 17.02.2005 tarih ve 25885 sayılı İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik ile 1 mg/L olarak belirlenmiştir.

İçme sularında bor seviyelerinin belirlenmesiyle ilgi genellikle bor madenlerinin çevresinde bulunan yerleşim yerlerinde çalışmalar yapıldığı görülmektedir. Uygan ve Çetin (2004)'in Seydisuyu Havzasında yapmış oldukları çalışmada 14 istasyondan alınan içme suyu örneklerinde bor seviyeleri araştırılmış

ve 6 istasyonda bor seviyesinin limit değerlerin üzerinde olduğu belirlenmiştir. Ünlü ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada ise Kütahya, Emet bölgesinde belirlenen 6 istasyondan 1 yıl boyunca aylık alınan içme suyu örneklerinde bor seviyelerinin 4 mg/L'nin üzerine çıktığı gözlenmiştir.

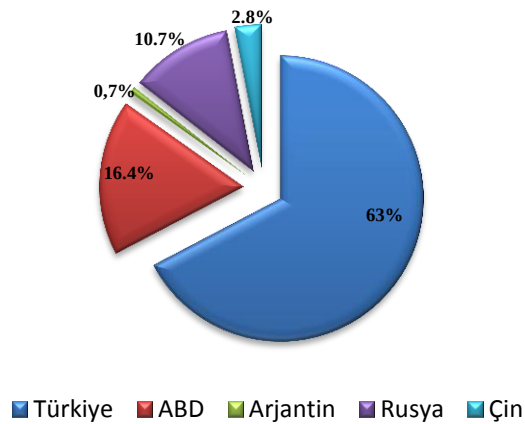
Bu çalışma kapsamında, bor maden yataklarının yoğun olduğu Eskişehir İli Seyitgazi İlçesi'ne ait 47 köyde belirlenen istasyonlardan 2011-2012 tarihlerinde mevsimsel olarak içme suyu örnekleri alınmıştır. Alınan içme suyu örneklerinde bor seviyeleri ve bazı fizikokimyasal parametreler incelenmiş, istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve ulusal/uluslararası mevzuatlarda yer alan limit değerlerle karşılaştırılmıştır.

2. BOR VE ÇEVRESEL ETKİLERİ

Bor adının Arapça ‘Buraq’ veya Farsça ‘Burah’ kelimesinden geldiği tahmin edilmektedir. Tarihte bilinen ilk bor kullanımı ise Babiller tarafından altın elde etmek amaçlı olmuştur (Yiğitbaşıoğlu, 2004). Mısırlıların boru mumyalama, metal oymacılığı ve tedavide, Yunan ve Romalıların ise temizlik maddesi olarak kullandığı tahmin edilmektedir (Buluttekin, 2008). Modern bor endüstrisinin ise 13. yüzyılda boraksın Marco Polo tarafından Tibet’ten Avrupa’ya getirilmesiyle başladığı belirtilmektedir (Ölçen, 2001).

Ülkemizde ise bor madeni ilk olarak Romalılar tarafından Balıkesir ve Susurluk bölgelerinde bulunmuş ve ilk madencilik faaliyetleri 1865 yılında Fransız bir maden şirketinin bölgeye kurulması ile başlamıştır. 1935 yılında Türkiye’de madencilik faaliyetlerini gerçekleştirmek amacı ile Etibank ve MTA (Maden Teknik Arama) kurulmuştur. 1978 yılında çıkarılan bir kanun ile Türkiye sınırları içerisindeki tüm bor yatakları ETİ Holding A.Ş.’ye devredilmiştir (Irmak, 2006).

Bor tüm dünya ve ülkemiz için stratejik bir öneme sahiptir. Dünya toplam bor rezervinin (Şekil 2.1) % 63’üne sahip olan ülkemizin ardından ABD, Arjantin, Rusya ve Çin gelmektedir. Bor doğada serbest bulunmamakta daima bileşikler halinde bulunmaktadır. Dünya bor rezervleri hakkında yapılan çalışmalarda mevcut rezerv miktarı bakımından kesin bilgiler ortaya koyulamamaktadır (İpekoğlu ve Polat, 1987).



Şekil 2.1. Dünya bor rezervi dağılımı

Bor mineralleri kristal suyu içeren boratlar, bileşik boratlar, borik asit, susuz boratlar, borofluoritler ve borosilikat mineralleri olarak gruplara ayrılabilir (Çalık, 2002). Ticari açıdan bakıldığında bu 200'den fazla bor elementi içeren mineralin sınırlı sayıda olduğu görülmektedir (Uygan ve Çetin, 2004). Ticari önemi olan bor minerallerinin başında boraks, kernit, üleksit, kolemanit, properit borosit ve hidroborosit gibi mineraller gelmektedir (Çalık, 2002). Boraks genellikle saydam ve renksizdir, özgül ağırlığı $1,7 \text{ gr/cm}^3$ ve B_2O_3 içeriği % 36,6'dır. Kernit doğada iğne şeklinde küme kristaller şeklinde bulunmaktadır. Kernitin özgül ağırlığı $1,95 \text{ gr/cm}^3$ ve B_2O_3 içeriği % 51'dir. Üleksit ise doğada yumuşak, karnıbahar şeklinde lifsi bir borat mineralidir ve B_2O_3 içeriği % 43'tür. Kolemanit bor mineralleri arasında en yaygın olandır ve $2,42 \text{ gr/cm}^3$ ve B_2O_3 içeriği % 50,8'dir (Irmak,2006).

Türkiye'de bor rezervleri Bursa-M.Kemalpaşa-Kestelek köyü, Balıkesir-Bigadiç, Kütahya-Emet, Eskişehir-Kırka 'da bulunmaktadır. Eti Holding A.Ş.'ye bağlı bu işletmeler ve bor rezervleri Çizelge 2.2'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Eti Holding A.Ş.'ye bağlı işletmeler ve bor rezervleri (Kar ve ark., 2006)

Üretim Yeri	Cevher	Rezerv
Kırka Bor İşletmesi	Tinkal	604
Bigadiç Bor İşletmesi	Üleksit	49
	Kolemanit	576
Emet Bor İşletmesi	Kolemanit	835
Kestelek Bor İşletmesi	Kolemanit	7,5

Çizelge 2.1'de de görüldüğü gibi Türkiye'de rezerv açısından en çok bulunan bor cevheri tinkal ve kolemanittir. Türkiye'de bor rezervlerinin tümünde borun kaynağı volkanik aktivite ve hidrotermal sistemlerdir. Bor minerallerinin geliştiği kaynaklar; çamurtaşı, kıltaşı, şeyl, tuf ve ince bantlı kireçtaşları gibi tortul kayaçların içidir (Kar ve ark., 2006).

2.1. Bor Minerallerinin Kullanım Alanları

Bor mineralleri, ticari olarak, çok geniş alanda kullanılmaktadır. Borun ilk olarak bilinen ve kullanılan bileşiği olan tinkal'ın bazı medeniyetlerde çok eski

zamanlarda kullanıldığı bilinmektedir. Sümerler ve Etiler döneminde altın ve gümüş işletmeciliğinde lehim elemanı olarak, Mezopotamya ve Mısır'da antiseptik olarak, Çin'de seramik ve cam üretiminde, Arap doktorların ise boru ilaç olarak kullandığı çeşitli kaynaklarda belirtilmektedir. Özellikle İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra bor kimyası hızla gelişmiştir ve günümüzde hammadde, rafine ürün ve nihai ürün şeklinde 250'yi aşkın alanda kullanım alanı bulunmaktadır (Buluttekin, 2008).

Bor; cam, sabun, porselen, seramik, gübre, metalürji, otomotiv, uzay ve havacılık, iletişim, haberleşme, elektronik, bilgisayar, izolasyon, tekstil, dericilik sanayileri gibi pek çok alandan kullanılmaktadır.

2.1.1. Cam sanayi

Dünya geneline bakıldığında bor kullanımının % 43'sinin cam sanayiinde olduğu görülmektedir. Bu % 43'lük payın % 20'si yalıtım camı elyafı, % 15'i tekstil camı elyafı ve % 8'ini de bor silikat cam üretimi oluşturmaktadır (Irmak, 2006). Bor; pencere camı, şişe camı vb. sanayilerde kullandığı gibi özel camlarda da borik asit kullanımı önemlidir. Borun cam sanayiinde kullanımı, ergimiş haldeki cam ara mamulüne katıldığında ara mamulün viskozitesini, yüzey sertliğini ve dayanıklılığını arttırmasıyla meydana gelmektedir (Buluttekin,2008). Borun cam sanayiinde kullanım yerleri;

- Borosilikat camlar
- Laboratuvar camları
- Uçak camları
- Borcam
- Pyrex
- İzole cam elyafı
- Cam seramikleri
- Otomotiv camları
- Diğer düz camlar

2.1.2. Deterjan sanayi

Borun deterjan sanayiinde kullanımı, mikrop öldürücü ve su yumuşatıcı etkisi ile sabun ve deterjanlara (% 10 boraks dekahidrat) ve beyazlatıcı etkiyi arttırmak amacıyla toz deterjanlara (% 10-20 sodyum perborat) katılmasıyla gerçekleşmektedir. Sodyum perborat aktif bir oksijen kaynağı olduğu için etkili bir ağartıcı olarak deterjanlara katılmaktadır (Öner, 2007).

2.1.3. Seramik sanayi

Seramik sanayiinde borun kullanımı emayelerin viskozitesini ve doyunlaşma ısısını azaltmada borik asidin kullanılmasıyla gerçekleşmektedir. Aynı zamanda sırlara katılan kolemanit seramikleri çizilmeye karşı dayanıklı kılınmaktadır. Kolemanit minerali suda çözünmediği için bazı sırlarda kullanım alanı artmıştır. Boratlar sırrın viskozitesini ve yüzey gerilimini düşürerek sırrın olgunlaşmasını hızlandırmaktadır (Buluttekin, 2008).

2.1.4. Tarım

Bor tarımda iki zıt alanda kullanılmaktadır. Bor oksit düşük derişimlerde mikro besin olarak kullanıldığı gibi yüksek derişimlerde de bitki öldürücü olarak kullanılabilir. Bitkiler bora az miktarda ihtiyaç duysa da bor bitkiler için önemli bir mikro elementtir. Bor bitkilerde kök gelişimi, çiçek ve meyve oluşumu üzerinde etki göstermektedir. Her bitkinin bor içeriği ve bora olan gereksinimi farklılık göstermektedir (Buluttekin, 2008).

2.1.5. Yanmayı önleyici maddeler

Selülozik maddelere karşı borik asit ve boratlar ateşe karşı dayanıklılık sağlamada kullanılırken, çinkoboratlar da plastik maddelerde yangın geciktirici maddelerde yaygın olarak kullanılmaktadır (Buluttekin, 2008).

2.1.6. Borlu yakıtlar

Borun tutuşma sıcaklığının yüksek olması yanma sonucunda katı ürün vermesini kolaylaştırmaktadır ve bunun sonucunda da çevreyi kirletecek emisyon açığa çıkmamasına yol açmaktadır. Yapısında bor olan ve hidrojen absorbe edip, hidrojen açığa çıkaran bor bileşikleri bor hidrür olarak tanımlanmaktadır. Bunların içinde en önemli olan sodyum bor hidrürlerdir ve sodyum borhidrürler önemli hidrojen kaynaklarıdır. Sodyum bor hidrürün kimyasal bağlarında mevcut olan hidrojen katalizör yardımı ile ortaya çıkmakta ve içten yanmalı motorlara beslenebilmekte veya hücre yakıtlarında kullanılabilmektedir (Uslu, 2007).

2.1.7. Diğer kullanım alanları

Bor bu alanların dışında daha pek çok alanda hayatımıza girmektedir. Kozmetik sektöründe, kâğıt sanayisinde, nükleer sanayide, inşaat sanayinde ve sağlık sektöründe de bor kullanılmaktadır. Kozmetik sektöründe bor diş macunlarında, kolonya, parfüm ve şampuanlarda kullanılmaktadır. Kağıt sanayisinde ise beyazlatıcı olarak borun kullanıldığı görülmektedir. Nükleer uygulamalarda, atom reaktörlerinde borlu bileşikler kullanılmaktadır. İnşaat sektöründe de bor kullanımı mukavemet artırıcı ve yalıtım amaçlı olarak karşımıza çıkmaktadır. Sağlık sektöründe ise beyin kanseri tedavisinde, alerjik hastalıklarda, kemik gelişiminin sağlanmasında bordan yararlanılmaktadır (Güygüler, 2001).

2.2. Borun Çevresel Etkileri

Bor doğada yaygın bulunan bir mineral olmasına rağmen genellikle düşük derişimlerde karşımıza çıkmaktadır. Yer kabuğunda 3 mg/kg bor içeriğine sahiptir ve bor genel olarak doğada bileşikler halinde bulunmaktadır. Bor derişimi havada 0,5 ile 80 ng/m³, toprakta ise 10 ile 300 mg/kg arasında değişiklik göstermektedir (PD, 1998). Doğal su ekosistemlerinde, yüzey sularında bor derişimi nadiren 1 mg/L'nin üzerine çıkmakla birlikte genelde 0,1 mg/L'nin altında olmaktadır. Sucul fauna, sudaki bor içeriğinin 10 mg/L olduğu durumlarda bazı olumsuz

etkilerin dışında uzun süre dayanıklılık gösterebilmektedir. Denizlerde yaşayan bazı omurgasız canlılarda ve balıklarda ise bor derişimi 0,5 ile 4 mg/kg arasında değişmektedir (NIWOP, 1998).

Borun insan vücuduna girmesi içme suları, sabun ve deterjanlar gibi bazı tüketim ürünleri, gübreler, pestisitler ve kozmetik ürünleri ile gerçekleşmektedir. İnsanlar içme suları ile birlikte günde 0,2 ile 0,6 mg arasında bor almaktadırlar. İçme suyu için kullanılan yeraltı suları ve doğal yüzeysel sulara arıtım işlemleri uygulansa da borun bu arıtım işlemleri ile giderilemediği gözlenmiştir. Günlük kullanılan tüketim maddeleri ile de günde 0,1 mg bor insan vücuduna girmektedir (EPA, 2008).

2.2.1. Borun sulara etkisi

Bor bileşikleri genellikle yüzeysel sularda endüstriyel kirletici veya tarımsal yüzey akışları ile yeraltı sularında ise doğal olarak bulunmaktadır. Borun sularda bulunması daha çok borik asit (H_3BO_3) şeklinde gerçekleşmektedir (Uygan ve Çetin, 2004). Tüm dünya göz önüne alındığında yeraltı sularının bor içeriği 0,3 mg/L ile 100 mg/L, tatlı sularda ise 0,01 mg/L ile 1,5 mg/L arasında değişim göstermektedir (Ünlü ve ark., 2011).

Borun bütün kaynakları göz önüne alındığında, bor derişiminin toprakta, bitki de hatta insan vücudunda artmasında önemli rol oynayan etmenlerden biri sulama suyudur. Sulama suyu genellikle yeraltı veya yüzeysel sulardan sağlanmaktadır. Sulama sularındaki bor içeriği ise kayalardan ve havada bulunan bordan kaynaklanmaktadır. 1 mg/L'den fazla bor içeren sulama sularının sulamada kullanılması bitkilerde ve topraklarda sorunlara yol açmaktadır (Uygan ve Çetin, 2004). Sulama suyunda mevcut olan bor toprak tarafından emilerek topraktaki mevcut bor derişiminin artmasına neden olmaktadır. Topraktaki borun bitkilere geçmesi de bitkilerde bor derişiminin artmasına yol açmaktadır (Nable ve ark., 1997).

İçme suyu insan yaşamında büyük önem taşımaktadır. İçme sularının en önemli kaynakları ise yeraltı sularıdır ve içme sularında oluşan bor kirliliğinin başlıca nedenleri arasında yeraltı sularının kayaların yapısında bulunan borun ayrılarak yeraltı suyuna geçmesi gösterilmektedir. İçme suyunun kullanılabilmesi

için bor miktarının belirli değerlere indirilmesi gerekmektedir (Ünlü ve ark., 2011). Bu değer Sağlık Bakanlığı'nın yayınladığı 17.02.2005 tarih ve 25885 sayılı İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik ile 1 mg/L olarak belirlenmiştir.

Dünyada da içme sularındaki bor derişimleri için bazı düzenlemeler getirilmiştir. Çevre Koruma Ajansı (EPA) ve Avrupa Birliği İçme Suyu Kriterlerinde, içme sularında bor derişiminin 1 mg/L'nin altında olması gerektiği belirtilmektedir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ise bu değeri 1993 yılında 0,3 mg/L olarak açıklamasına rağmen 1998 yılında 0,5 mg/L olarak revize etmiştir (Meacham ve ark., 2010).

2.2.2. Borun toprağa etkisi

Bor toprakta doğal olarak bulunan bir elementtir. Sulama suları, kuraklık, gübreleme, endüstriyel atık sular ve madencilik toprakta bor birikiminin başlıca nedenleridir (Kayama, 2010). pH'ı 7 ya da 7'nin altında olan topraklar bor noksanlığına daha eğilimlidir. Bu nedenden dolayı toprak için gerekli olan bor miktarı pH'ı 7'nin altında olan topraklarda gübreleme ile giderilmeye çalışılmaktadır (Kelling, 1999).

Bor toprak yüzeyine daha yakın yerlerde birikim yaptığına problemlere neden olmaktadır. Toprak yüzeyinin en az 50 cm altında ya da 50 cm'den daha derinde bor kirliliği gözleendiğinde bitkilerde toksik belirtiler ya çok az gözlenmiş ya da hiç gözlenmemiştir. Bitkilerde toksik belirtiler daha çok kurak mevsimlerde ve gübrelemenin aşırı olduğu topraklarda gözlenmiştir (Lacey and Davies, 2009). Saturasyon ekstraktında bor miktarlarına göre toprakların bor sınıflaması Çizelge 2.2'de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Toprakların bor sınıflaması (Özgül,1974)

Toprak Sınıflaması	Saturasyon Ekstraktında Bor (mg/kg)
Bor Derişimi Az Toprak	< 0,7
Bor Derişimi Orta Toprak	0,7 – 1,5
Bor Derişimi Yüksek Toprak	1,5 – 3,75
Bor Derişimi Çok Yüksek Toprak	3,75<

Çizelge 2.2’de gösterildiği gibi, bor derişimi 0,7 mg/kg’ye kadar olan bor derişimi az olan toprakların bitkiler için toksik etkiye yol açmadığı gözlenmiştir. Bor derişimi çok yüksek toprakların ise bütün bitkiler için toksik etkiler yaratabileceği gözlenmiştir (Özgöl, 1974).

Bor, toprağın yapısında doğal olarak bulunduğu gibi gübreleme şeklindeki antropojenik faaliyetler sonucunda da toprak yapısına girebilmektedir. Bazı topraklarda bor derişimi noksanlığında yetiştirilen ürünlerin hasatında düşüş meydana geldiği ve bazı ürünlerde ise çeşitli hastalıklar oluştuğu gözlenmiştir. Bu durum borlu gübrelerin kullanılmasına neden olmuştur. Borlu gübreler öğütölmüş kireç taşına bor içeriğine sahip olan artıkların ilavesi ile hazırlanmaktadır (Demirtaş, 2006).

2.2.3. Borun bitkiler üzerinde etkisi

Bor, bitkiler tarafından topraktan veya sulama suyundan alınan, gerekli bir mikro besin elementidir. Bitkiler topraktan boru borik asit $[B(OH)_3]$ formunda almaktadır ve bitkilerin bor içeriği topraktan alabildiği kadarı ile sınırlıdır (Camacho-Cristobal ve ark., 2008). Toprağın ana maddesi, pH’ı, nemi, sıcaklığı ve topraktaki elementlerin etkileşimi bitkilerin topraktan bor alımında etkili olan faktörlerdir. Bor, bitkilerde şekerlerin taşınması, solunum, karbonhidrat metabolizması ve hücre duvarı yapısının oluşması gibi yapısal ve fonksiyonel özellikler üzerinde önemli işleve sahiptir (Demir, 2005).

Bitkiler bora dayanıklılık göstermelerine göre; bora hassas bitkiler, yarı dayanıklı bitkiler ve dayanıklı bitkiler olarak sınıflandırılabilir. Buğday, arpa, yulaf, mısır gibi bitkiler bora hassas bitkiler arasında, domates, kiraz, kayısı, armut gibi bitkiler bora yarı dayanıklı bitkiler arasında ve elma, şeker pancarı, kabak, turp gibi bitkiler de bora dayanıklı bitkiler arasında gösterilmektedir (Ardıç, 2006).

Borun bitkiler için mutlak gerekli bir besin elementi olmasının yanı sıra eksikliğinde ve fazlalığında toksik belirtilere yol açmaktadır. Bitkinin bulunduğu ortamda 5 mg/kg’dan fazla alınabilir bor bulunması toksisiteye neden olabilmektedir. Bor toksisitesi daha çok kurak ve yarı kurak bölgelerin topraklarında görölmektedir. Bu bölgelerde zamanla sulama sularının bor

derişiminde de yükselme tespit edilmektedir. Bor miktarı 10 mg/kg'ın üstüne çıkan bölgelerde toksik etki belirgin şekilde gözlenmektedir (Boşgelmez ve ark., 2001).

2.2.4. Borun hayvanlar üzerinde etkisi

Borun hayvanlara etkisini incelemek amacı ile yapılan çalışmalarda, bor miktarının ve temas süresinin önemli olduğu tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalarda borun fare, tavşan, koyun ve sığır tarafından ağız yoluyla emildiği ve öldürücü dozun hayvan türüne göre 1,2 – 3,45 g/kg arasında değiştiği gözlenmiştir (Mumcu, 2005).

Deney farelerinde borun ağızdan verilmesi durumunda büyüme, üreme ve ölüm oranlarda önemli bir etkisinin olmadığı gözlenmiştir. Ancak genç deney farelerine bor içeriği 0,25 mg/L olan içme suyu verildiğinde 30 günde büyümeyi durdurucu etki yaptığı gözlenmiştir. Yapılan araştırmalarda hayvanlarda bor etkisi üzerine “olumsuz etkinin gözlenmediği bor düzeyi” ve “olumsuz etkinin gözlemediği en düşük bor düzeyi” olmak üzere Çizelge 2.3'te verilen iki kavram geliştirilmiştir (Vuran, 2006).

Çizelge 2.3. Hayvanların üreme ve gelişmesinde borun etki düzeyi (Vuran, 2006)

Tür	Etki	Olumsuz Etkinin Gözlemediği En Düşük Bor Düzeyi (mg/kg)	Olumsuz Etkinin Gözlenmediği Bor Düzeyi (mg/kg)
Deney Faresi	Üreme sisteminde körelim ve beyin/tiroid oranında artma	58,5	17,5
Fare	Sperm sayısında düşüklük	19,2	-
Deney Faresi	Kusurlu doğum	13,6	-
Fare	Gelişmede toksisite	79	43
Deney Faresi	Kusurlu doğum	13,3	9,6
Tavşan	Kusurlu doğum	43,8	21,9

Çizelge 2.3'te gösterildiği gibi, deney farelerinde bor düzeyi 58,5 mg/kg'lara çıktığında üreme sistemlerinde körelim ve beyin/tiroid oranlarında artma gözlenmiştir. Tavşanlarda ise bor düzeyi 43,8 mg/kg'ı aştığında kusurlu doğumların gerçekleştiği gözlenmiştir (Vuran, 2006).

Deney farelerinde bor toksisitesine bağlı olarak depresyon, vücut ısısının düşmesi, deri ve mukoz membranlarında kırmızı-menekşe renk, hemogloblin değerlerinde düşüklük gibi belirtiler, tavşanlarda anoreksi, kilo kaybı, kardiyovasküler bozukluk ve sperm sayısında azalma gibi belirtiler, kanatlı hayvanlarda ise koordinasyon bozukluğu, hipertoni ve ayak parmağı kıvrım yerlerinde paraliz gibi belirtiler gözlenmiştir (Eren, 2004).

2.2.5. Borun insanlar üzerinde etkisi

Borun insan vücuduna girmesi öncelikli olarak yiyecekler ve su ile gerçekleşmektedir. İkincil olarak ise bor madeninin çıkarıldığı veya işlendiği bölgelerde gaz veya toz halinde solunum veya temas yolu ile gerçekleşmektedir. Temas yoluyla borun insan vücuduna girmesinde bir diğer etmende kozmetik maddeler ve ilaçlarla mümkün olmaktadır (Doğan ve ark., 2005).

İnsan vücuduna giren borun % 90-95'lik miktarı 24 saat içinde hiçbir değişikliğe uğramadan idrarla atılmaktadır. Sadece bir miktar bor kemik, tırnak, karaciğer ve dalakta birikim yapabilmektedir (Şaylı, 2000). Bor kemik ve tırnaklarda 4,3 ile 17,9 mg/kg gibi düşük derişimlerde birikim yapabilmektedir. Genel olarak ise insan vücudunda bor derişimi 3 ile 20 mg arasında değişim göstermektedir (Uçkun, 2006).

Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'nun verilerine göre hava yoluyla insan vücuduna giren bor miktarı günde ortalama 0,44 µg, içme suları ile 0,2-0,6 mg ve besinler yolu ile de 1,2 mg'dır. Yapılan araştırmalarda az miktarda bor içeriğine sahip olmasına rağmen insanların gün içerisinde tüketim sıklığını arttırdığı zaman kahve ve süt günlük alınan bor miktarının % 12'sini oluşturabilmektedir (Türkez, 2007).

Borun, çok yüksek derişimlerde alınmasının karaciğer, böbrek ve merkezi sinir sisteminde anormalliklere, kusma, ishal ve baş dönmesi gibi belirtilere yol açmasının yanı sıra zehir etkisinin düşük olduğu yapılan çalışmalarla

kanıtlanmıştır. Çocuklarda 15-30 gr boraks veya 2-5 gr borik asidin doğrudan alınması durumunda havale ve koma, yetişkinlerde ise baş ağrısı, ishal ve kusma gibi belirtiler ortaya çıktığı gözlenmiştir (Demirtaş, 2011).

Borun toksik etkilerinin yanında belirli miktarlarda alındığında insan vücuduna yararlı etkileri de bulunmaktadır. Bu yararlı etkilerin başında kalsiyum ve D vitamini başta olmak üzere vücut minerallerini düzenlemesi, kalsiyum ve magnezyum azalmasını önleyerek kemik yapısını koruması yer almaktadır (Şaylı, 2000).

2.3. Türkiye’de ve Dünya’da Yapılmış Çalışmalar

2.3.1. Türkiye’de yapılmış çalışmalar

Uygan ve Çetin (2009), 2002 ve 2004 yılları arasında Seyitgazi Ovası’nı temsil edecek 12 istasyondan toprak ve sulama suyu örneği alarak bu örneklerin bor içeriklerini incelemişlerdir. Yapılan çalışmada, sulama yapılmadan önce ve sonra toprak örnekleri alınmıştır. 2002 yılında sulama yapılmadan önce toprakların bor içeriği 0,03 mg/kg ile 1,83 mg/kg arasında iken sulama sonrası 0,24 mg/kg ile 2,19 mg/kg değerlerine ulaşmıştır. 2003 yılında sulama yapılmadan önce toprakların bor içeriği 0,16 mg/kg ile 2,24 mg/kg arasında iken sulama sonrası 0,44 mg/kg ile 2,96 mg/kg değerlerine ulaşmıştır. 2004 yılında ise sulama yapılmadan önce toprakların bor içeriği 0,10 mg/kg ile 2,79 mg/kg arasında iken sulama sonrası 0,13 mg/kg ile 2,91 mg/kg değerlerine ulaştığı gözlenmiştir. Bu bölgelerden alınan sulama suyu örneklerinde de 2002 yılında 0,87 mg/L ile 3,38 mg/L, 2003 yılında 1,36 mg/L ile 3,98 mg/L ve 2004 yılında ise 1,16 mg/L ile 4,65 mg/L arasında değişen bor derişimleri gözlenmiştir. Sulama suyundaki bor içeriği, sulama suyu için sınır değer kabul edilen 1 mg/L’nin üzerinde olduğu, topraklardaki bor içeriğinin ise sınır değer kabul edilen 3,75 mg/kg’ın altında olduğu tespit edilmiştir.

Unsal ve Metintaş (2002), Kırka’da yaşayan halkın ve bor madenlerinde çalışan işçilerin 1993 ve 1997 yılları arasında sağlık kuruluşlarına yaptığı başvuruları değerlendirmiştir. Bunun yanında bor işletmesi ve çevresinde bulunan 20 köyde kullanılan içme sularından örnekler alınarak içme suyundaki bor

derişimleri saptanmıştır. Yapılan çalışmada bor işletmesinin sağlık birimine gastrit-düodenit nedeniyle olan başvuruların aynı nedenle sağlık ocağına yapılan başvurulardan oldukça fazla olduğu dikkat çekmiştir. Bunun yanında içme suyundaki bor derişiminin 6 mg/L'nin üstünde olduğu yerlerde amfizem, astım ve bronşit nedeniyle olan başvuruların bor derişiminin 6 mg/L'nin altında olduğu yerlere oranla daha düşük olduğu gözlenmiştir.

Ünlü ve ark. (2011), Kütahya – Emet Bölgesinde içme ve kullanma amaçlı kullanılan 6 noktadan 1 yıl süre ile aylık örneklemeler yaparak bor ve arsenik değerlerini incelemişlerdir. Çalışma kapsamında elde edilen verilerde bor ve arsenik derişimleri mevsimlere göre değişim göstermiş olup en yüksek bor derişimi 7,66 mg/L Emet şebeke suyunda çıkmıştır. Bu çalışma ile aylara ve bölgeye göre tespit edilen bor ve arsenik değerleri için bazı bölgelerde tedbir alınması gerektiği vurgulanmıştır.

Gemici ve ark. (2008), 2004 yılında bor yataklarının zengin olduğu Balıkesir İli'nin Bigadiç İlçesi'nde yaptıkları çalışmada bölgede bulunan akarsu, açık maden ocağı işletmesi, kaynak suları ve atık havuzu olmak üzere belirledikleri 25 istasyondan su örnekleri almış ve bu örneklerde bor ve arsenik derişimlerini incelemişlerdir. Alınan su örneklerinde arsenik derişimlerinin 33 µg/L ile 911 µg/L arasında, bor derişimlerinin ise 35 mg/L ile 640 mg/L arasında değiştiği gözlenmiştir. Çalışma sonucunda bölgeden alınan örneklerdeki yüksek bor derişimlerinin bölgede bulunan bor madenlerinden kaynaklandığı, arsenik derişimlerinin ise kayalardaki arseniğin çözünmesi ile ilişkilendirildiği görülmüştür.

Çelik (2007), yaptığı çalışmada topraktaki bor toleransı 1 ile 2 mg/L arasında değişen sivri biber bitkisinin sulama suyundaki değişik bor derişimlerine karşı dayanımı, verimini ve kalitesini incelemiştir. Çalışmada sulama suyu olarak bor derişimleri 0,06 mg/L, 1 mg/L, 2 mg/L, 4 mg/L, 6 mg/L ve 10 mg/l olan sulama suları kullanılmıştır. Uygulamadan sonra yaş meyve verimlerinin bor derişiminden etkilendiği gözlenmiştir. Aynı zamanda çalışmada bor derişimlerine göre meyvede, yapraklarda ve toprakta oluşan bor birikimi, sulama suyunun bor içeriğine paralel olarak artış göstermiş, fakat meyve sayısı ve meyve çapı değerlerinde önemli farklılıklara rastlanmamıştır.

Şimşek ve ark. (2003), Türkiye’de bor yataklarının bulunduğu bölgelerden alınan bazı sebze, meyve ve diğer yiyeceklerin bor içeriklerini araştırmışlardır. Seçilen bölgelerden 22 tür meyve, 17 tür sebze, 12 tür tahıl, 3 tür ot ve 6 tür farklı yiyecek örneği toplanmıştır. Yapılan analizler sonucunda en yüksek bor içeriğinin antep fıstığında (67 mg/kg), en düşük bor içeriğinin de maydanozda (10,24 mg/kg) olduğu görülmüştür. Çalışma sonucunda elde edilen değerlerin literatürde belirtilen değerlerden yüksek olduğu, bunun nedeninin ise yüksek bor içerikli topraklardan kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.

2.3.2. Dünya’da yapılmış çalışmalar

Baruah ve ark. (2011), Hindistan’ın Golaghat bölgesinde yaptıkları çalışmada 15 istasyondan içme suyu olarak kullanılan yeraltı suları ve topraklarından örnekler almışlardır. 5 istasyonun su örneklerindeki bor derişiminin Dünya Sağlık Örgütü (WHO)’nün belirlediği 0,5 mg/L’nin üzerinde olduğu ve 10 toprak örneğinde de bor derişiminin dedeksiyon limitleri altında olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak topraktaki bor derişiminin az olmasının nedeninin muson yağmurları olabileceği ve yakın gelecekte içme suyundaki bor derişiminin sorunlara yol açabileceği belirtilmiştir.

Queste ve ark. (2001), Almanya’nın Muenster bölgesinde 179 şahıs kuyusundan yaptıkları örneklemelerde içme suyu örneklerindeki bor ve florür derişimlerini incelemişlerdir. Yapılan çalışmada 179 şahıs kuyusundan örnekler alınmış ve aynı zamanda kuyuların ne tür kuyu olduğu, koordinatları, evlere olan uzaklıkları, derinlikleri, yapım yılları ve hangi evlerde kuyulardan alınan suların içme suyu olarak kullanıldığı gibi bilgiler listelenmiştir. Kuyuların 168 tanesinin sularının içme suyu olarak kullanıldığı ve bunlardan 68’inde florür derişiminin sınır değer olan 1,5 mg/L’den fazla olduğu, 121’inde de bor derişiminin sınır değer olan 1 mg/L’den fazla olduğu tespit edilmiştir. Çalışmanın sonucunda bölgede bulunan içme suyu kuyularındaki bor ve florür içeriğinin jeolojik işlemler sonucu oluştuğu ve bölgeye bir içme suyu sistemi kurulması gerektiği vurgulanmıştır.

Youssef (2003), Mısır’da yaptığı çalışmada 2000 yılının Şubat ve Ağustos ayları arasında bölgede bulunan deniz suyundan, Edku Gölü’nden ve kanalizasyon

suyundan aldığı örneklerde bor derişimlerini araştırmıştır. Edku Gölü'nden alınan örneklerde bor derişiminin 0,023 ile 0,105 mmol/L arasında değiştigi, deniz suyu örneklerinde bor derişiminin 0,392 ile 0,522 mmol/L arasında değiştigi ve kanalizasyondan alınan örneklerde ise 0,141 ile 0,458 mmol/L arasında değiştigi gözlenmiştir. Aynı zamanda deniz suyunda bor/tuzluluk oranı incelenmiş ve bu oranının 0,0106 ile 0,0138 arasında olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonucunda Edku Gölü'ndeki bor derişiminin gölde yaşayan organizmalara zarar vermeyecek düzeyde olduğu ve deniz suyunda bor/tuzluluk oranının referans değerlerden yüksek olduğu ortaya konmuştur.

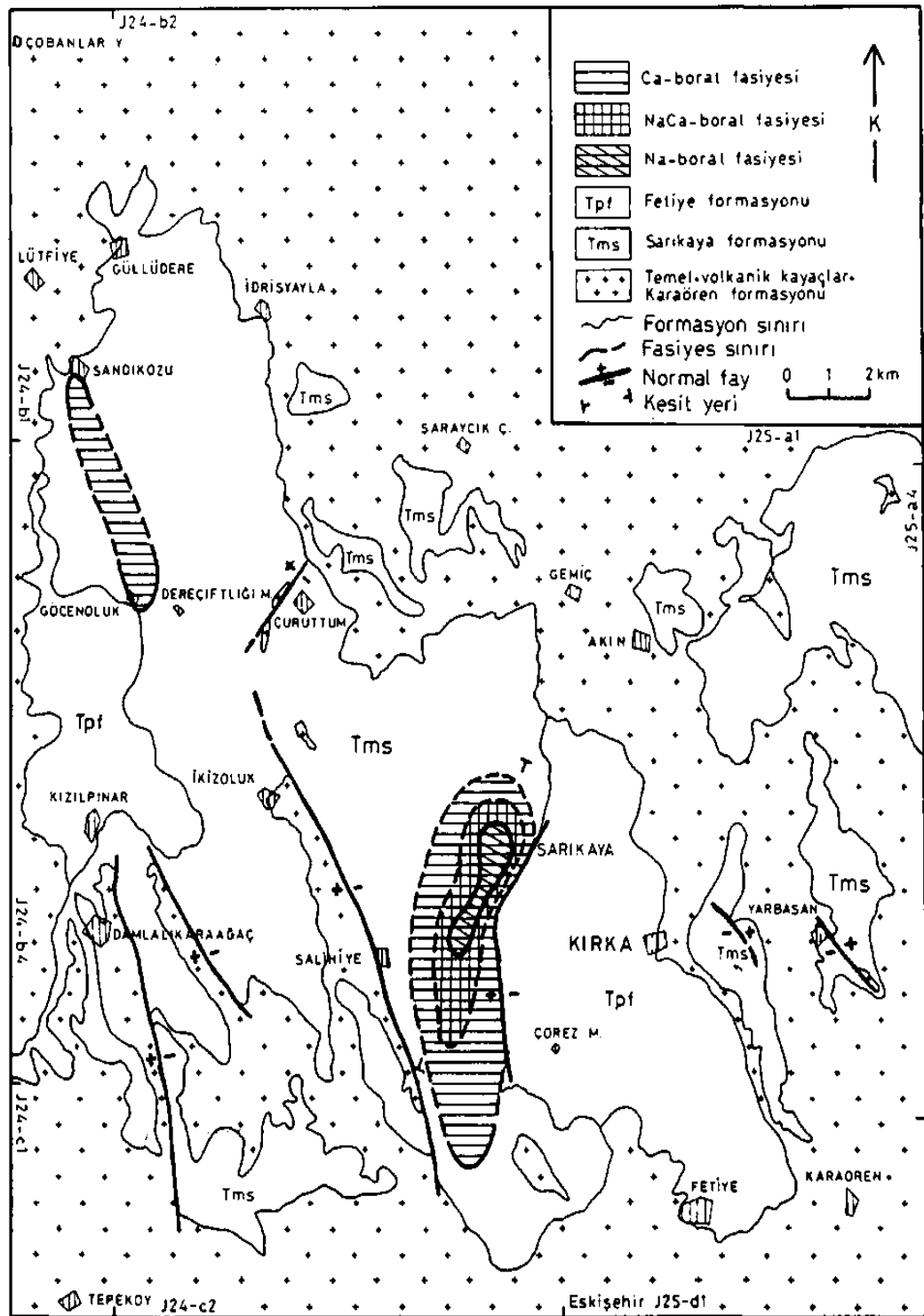
Cortes ve ark. (2011), 2006 ve 2010 yılları arasında Kuzey Şili'de içme sularında ve gönüllülerden alınan idrar örneklerinde bor seviyelerini araştırmışlardır. İçme suyu örneklerinin 173'ü musluk suyundan, 22'si şişe suyundan ve idrar örnekleri de bölgede yaşayan 22 gönüllüden alınmıştır. Musluktan alınan örneklerde bor seviyesi 0,22 mg/L ile 11,3 mg/L arasında değişirken, şişe sularından alınan örneklerde bor seviyesinin 0,01 mg/L ile 12,2 mg/L arasında değiştigi belirlenmiştir. İdrar örneklerinde ise bor seviyesinin 0,45 mg/L ile 17,4 mg/L arasında değiştigi gözlenmiştir. İçme sularındaki bor seviyelerinin Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'nün belirlediği limit değerlerin üstünde olduğu tespit edilmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Çalışma Alanının Tanıtımı

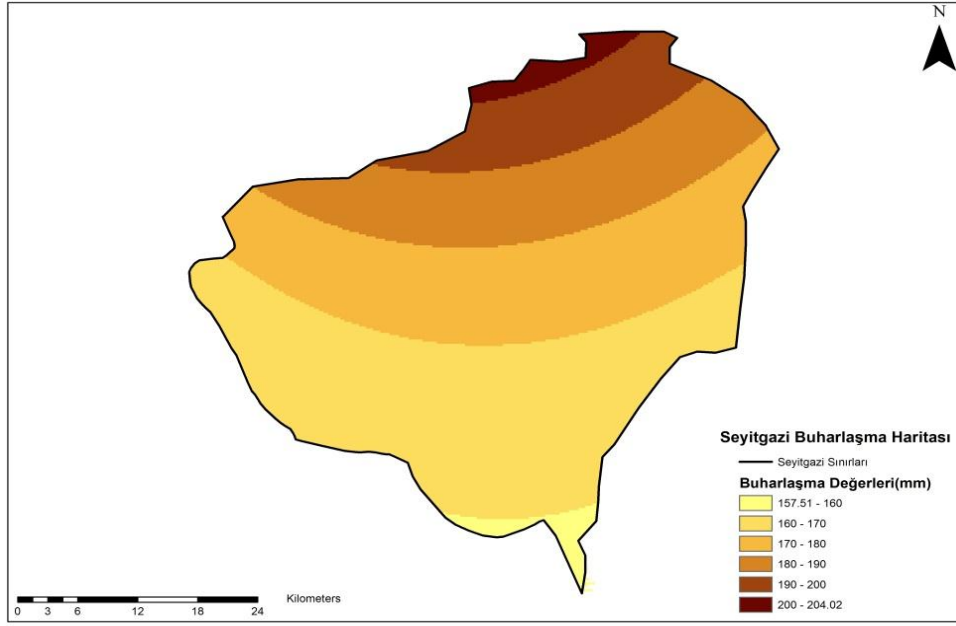
Çalışma alanı olan Seyitgazi İlçesi, Eskişehir İli'ne 43 km uzaklıkta olup yüzölçümü 1502 km² ve deniz seviyesinden yüksekliği 1040 m'dir. Bölgede en yüksek topoğrafyayı kuzeyde Türkmen Dağı (1826 m) ve güneyde Şaphane Dağı (1766 m) oluştururken, en düşük topoğrafyayı da Kırka Beldesi (1000 m) oluşturmaktadır. Bölgenin en büyük su kaynağı Seydisuyu Deresi'dir (Onacak, 1990). Türkiye İstatistik Kurumu'nun 2011 genel nüfus sayımı bilgilerine göre; toplam nüfus 12,957'si köylerde ve beldelerde, 2,826'sı ilçe nüfusu olmak üzere 15,783 olarak belirtilmiştir (TÜİK, 2011).

Bölge jeolojik açıdan incelendiğinde en önemli jeolojik yapı Seyitgazi İlçesine 27 km uzaklıkta Kırka beldesinde bulunan bor madenidir. Yapılan çalışmalar Kırka baseni ve çevresinde Miyosen öncesi temel kayalar (metamorfik, ofiyolit ve karbonatlar) ile Neojen yaşlı volkanik ve sedimanter birimlerin yer aldığını göstermiştir. Borat mineralleri, basenin kuzeybatısında Ca-borat, güneydoğusunda ise yanal ve dikey yönde Na-borat, NaCa-borat ve Ca-borat biçiminde mineralojik zonlanma göstermekte ve borat minerallerine Sr ve Li bakımından zengin kil ve karbonat mineralleri eşlik etmektedir (Yalçın ve Baysal, 1991).

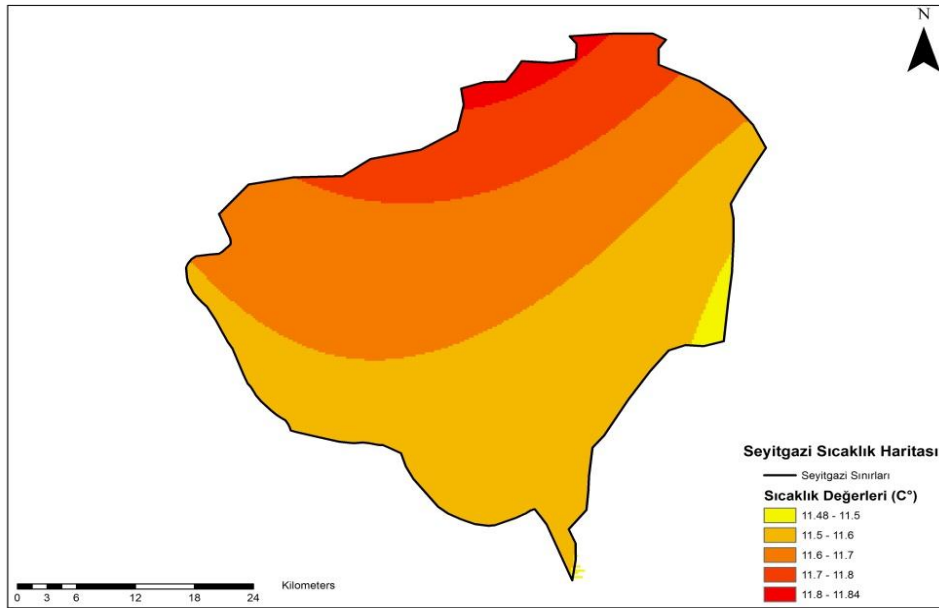


Şekil 3.1. Kırka baseninde borat minerallerinin alansal dağılımı (Yalçın ve Baysal, 1991)

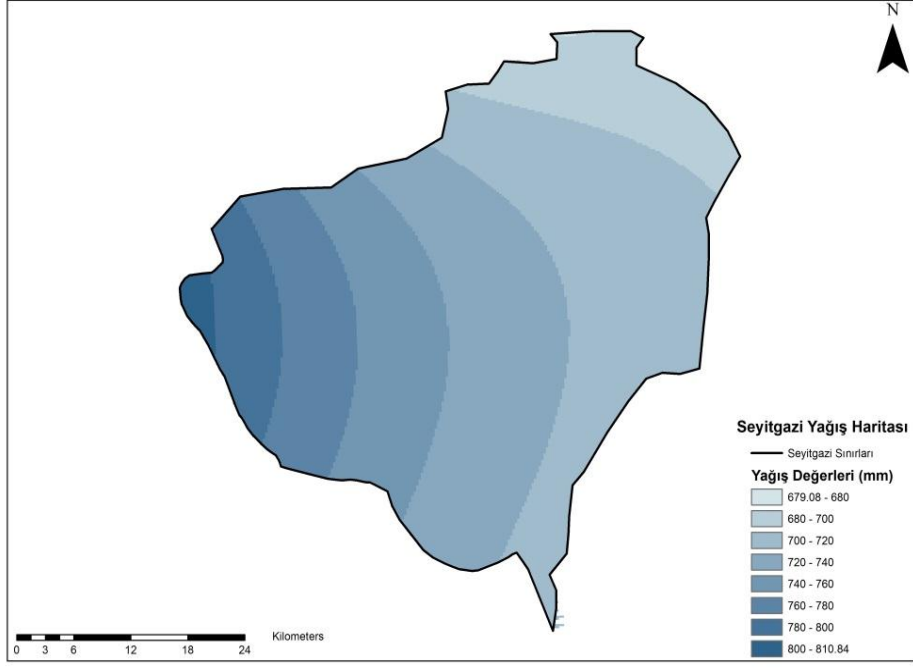
Bölgede İç Anadolu'nun tipik karasal iklimi ve genel olarak kış ve ilkbahar yağışları hüküm sürmektedir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden çalışma alanının çevresinde bulunan istasyonlardan 1991-2011 yılları arasında ölçülen yıllık yağış, sıcaklık ve buharlaşma verileri alınmış ve Arc-GIS ile yapılan modelleme (IDW-Inverse Distance Method) ile yağış, sıcaklık ve buharlaşma dağılımları Şekil 3.2, Şekil 3.3 ve Şekil 3.4'te verilmiştir.



Şekil 3.2. Çalışma alanında yıllık buharlaşma dağılımı

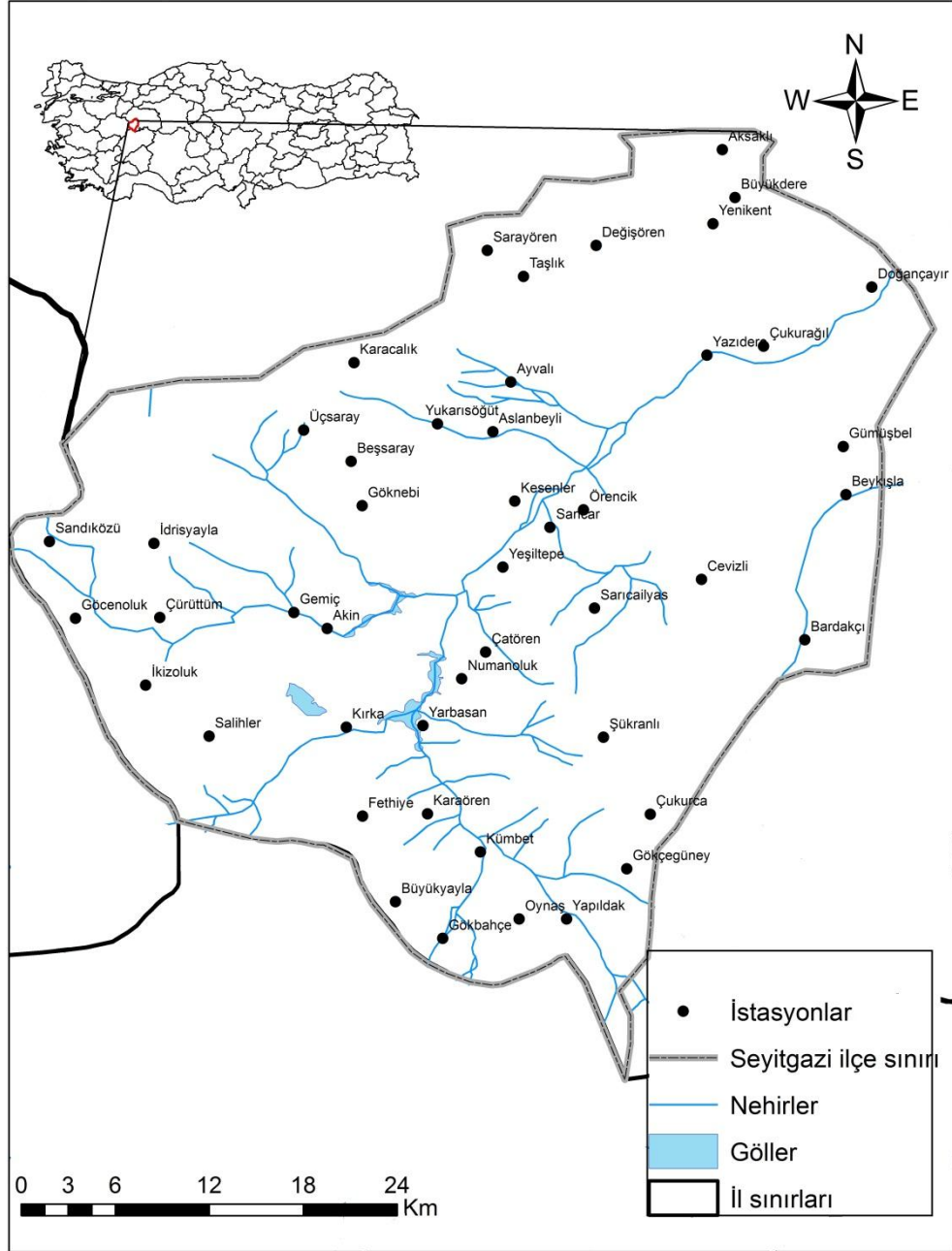


Şekil 3.3. Çalışma alanında yıllık sıcaklık dağılımı



Şekil 3.4. Çalışma alanında yıllık yağış dağılımı

Çalışmada belirlenen 47 istasyondan (Şekil 3.5) 2011-2012 tarihleri arasında mevsimsel olarak içme suyu örnekleri alınmış ve istasyon özellikleri Çizelge 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.5. Çalışma alanı ve istasyonlar

Çizelge 3.1. Çalışma alanındaki istasyonların özellikleri

İstasyon No	İstasyon Adı	Koordinat		Rakım (m)
1	Akin	39° 20' 16.9'' N	30° 31' 04.3'' E	1046
2	Aksaklı	39° 36' 46.9'' N	30° 44' 41.2'' E	924
3	Aslanbeyli	39° 27' 03.8'' N	30° 36' 46.9'' E	1069
4	Ayvalı	39° 28' 46.5'' N	30° 37' 23.9'' E	1039
5	Bardakçı	39° 19' 53.7'' N	30° 47' 31.7'' E	1028
6	Beşsaray	39° 26' 02.4'' N	30° 31' 54'' E	1272
7	Beykışla	39° 41' 49.6'' N	30° 81' 57.3'' E	938
8	Büyükdere	39° 35' 07.8'' N	30° 45' 07.5'' E	930
9	Büyükayla	39° 10' 52.3'' N	30° 33' 25.6'' E	1135
10	Cevizli	39° 21' 58.4'' N	30° 43' 58'' E	1167
11	Çatören	39° 19' 28.2'' N	30° 36' 31.9'' E	1120
12	Çukurağıl	39° 30' 0.4'' N	30° 46' 06.2'' E	931
13	Çukurca	39° 13' 53.3'' N	30° 42' 12'' E	1210
14	Çürüttüm	39° 20' 39.7'' N	30° 25' 10.6'' E	1275
15	Değişören	39° 33' 28.5'' N	30° 40' 20.4'' E	978
16	Doğançayır	39° 32' 02.6'' N	30° 49' 50'' E	919
17	Fetiye	39° 13' 49.2'' N	30° 32' 17.4'' E	1070
18	Gemiç	39° 20' 50.3'' N	30° 29' 55.5'' E	1109
19	Göcenoluk	39° 20' 38.1'' N	30° 22' 24.3'' E	1248
20	Gökbahçe	39° 09' 36.7'' N	30° 25' 10.6'' E	1106
21	Gökçeğüney	39° 12' 00.5'' N	30° 41' 23.6'' E	1223
22	Göknebi	39° 24' 30.8'' N	30° 32' 16.6'' E	1193
23	Gümüşbel	39° 44' 25.3'' N	30° 81' 41.8'' E	934
24	İdrisyayla	39° 23' 13'' N	30° 25' 06.4'' E	1272
25	İkizoluk	39° 18' 19.8'' N	30° 24' 49.4'' E	1275
26	Karacalık	39° 29' 26.7'' N	30° 31' 59.9'' E	1193
27	Karaören	39° 13' 54.2'' N	30° 34' 31.7'' E	1054
28	Kesenler	39° 20' 39.7'' N	30° 25' 10.6'' E	976
29	Kırka	39° 16' 53.2'' N	30° 31' 43.9'' E	1043
30	Kümbet	39° 12' 35.1'' N	30° 36' 20.9'' E	1078
31	Numanoluk	39° 18' 33.3'' N	30° 35' 42.4'' E	1199
32	Oynaş	39° 10' 16.7'' N	30° 37' 41.7'' E	1110
33	Örencik	39° 24' 22.1'' N	30° 39' 54.2'' E	1038
34	Salihler	39° 16' 34.4'' N	30° 27' 00.2'' E	1066
35	Sancar	39° 23' 46.1'' N	30° 44' 41.2'' E	1037
36	Sandıközü	39° 23' 17.6'' N	30° 21' 30.4'' E	1219
37	Sarayören	39° 33' 19.25'' N	30° 36' 23.47'' E	1092
38	Sarıcailyas	39° 20' 59.1'' N	30° 40' 17.1'' E	1187
39	Şükranlı	39° 16' 32.4'' N	30° 40' 35.6'' E	1313
40	Taşlık	39° 32' 24.7'' N	30° 37' 50.4'' E	1062
41	Üçsaray	39° 27' 07.3'' N	30° 30' 15.6'' E	1248
42	Yapıldak	39° 10' 16.8'' N	30° 39' 19.1'' E	1142
43	Yarbasan	39° 16' 56.5'' N	30° 34' 22.5'' E	1136
44	Yazıdere	39° 29' 41.8'' N	30° 44' 09.5'' E	940
45	Yenikent	39° 34' 19.47'' N	30° 44' 30.16'' E	929
46	Yeşiltepe	39° 22' 23.9'' N	30° 37' 07.8'' E	1074
47	Yukarısöğüt	39° 27' 20'' N	30° 34' 52.6'' E	1096

3.2. Deneyisel Çalışma

Eylül 2011 – Ağustos 2012 tarihleri arasında mevsimlik olarak yapılan arazi çalışmalarında Seyitgazi İlçesinde belirlenen 47 istasyondan içme suyu örnekleri alınmıştır.

İçme suyu örneklerinde pH, sıcaklık (C°), amonyum (mg/L) ve iletkenlik (µs/cm) seviyeleri numune alındığı anda Hydrolab DS55 cihazı ile yerinde, nitrat (mg/L), nitrit (mg/L) ve sülfat (mg/L) değerleri ise uygun koşullarda muhafaza edilerek laboratuvara getirilen örneklerde Hach Lange marka (DR 890) multi parametre ölçüm cihazı ile tespit edilmiştir (EN ISO 10304-1, EN ISO 10304-2, EN ISO 26777).

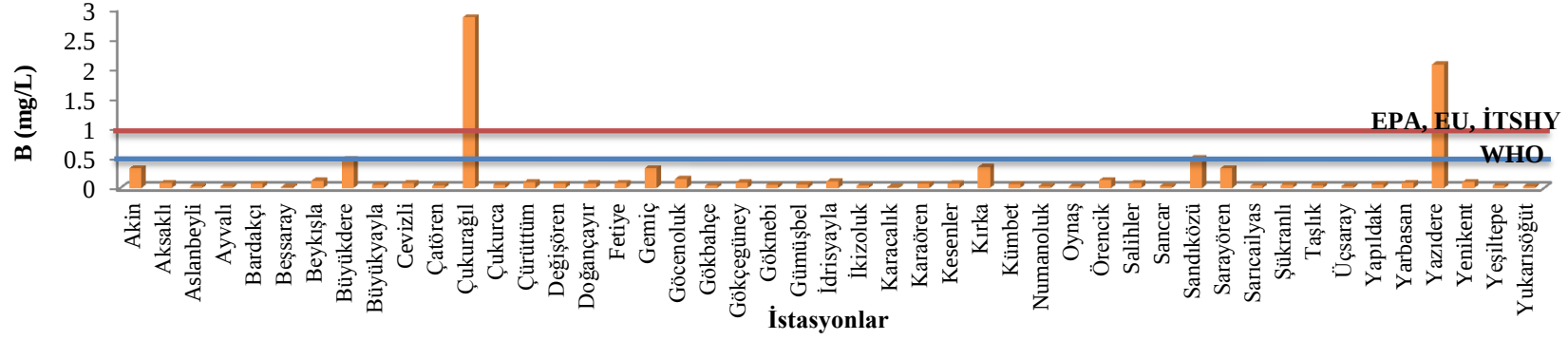
Bor ve sodyum seviyelerinin belirlenmesi için laboratuvara getirilen içme suyu örneklerine pH<2 olacak şekilde (1+1) nitrik asit ilave edilmiş ve pH'ı ayarlanan örnekler 0,45 µm gözenek çaplı membran filtrelerden süzölmüştür. Su örneklerindeki bor ve sodyum seviyeleri Analytic Jena ContrAA 700 marka atomik absorpsiyon spektrofotometresi ile belirlenmiştir (EPA Method 7000b).

4. BULGULAR

4.1. Element ve Fizikokimyasal Analiz Sonuçları

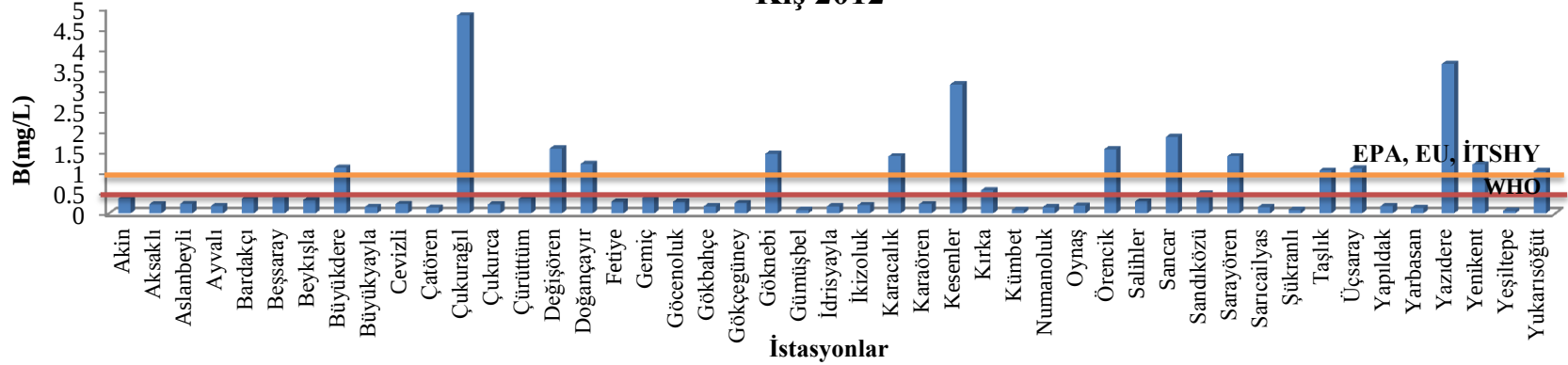
Çalışma alanımız olan Eskişehir İli'nin Seyitgazi İlçesi'nde belirlenen 47 istasyondan alınan içme suyu örneklerinde bor (B), sodyum (Na), sıcaklık, pH, iletkenlik, nitrit (NO_2^-), nitrat (NO_3^-), amonyum (NH_4^+) ve sülfat (SO_4^{2-}) parametreleri incelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda elde edilen veriler mevsimsel ve yıllık değerlendirilmiş ve Şekil 4.1-4.27'de yasal mevzuatlarda belirtilen sınır değerleri ile birlikte verilmiştir. Yasal mevzuatlar olarak Çevre Koruma Ajansı (EPA), Avrupa Birliği İçme Suyu Kriterleri (EU), Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik (İTSHY)'te verilen limit değerler dikkate alınmıştır.

Sonbahar 2011

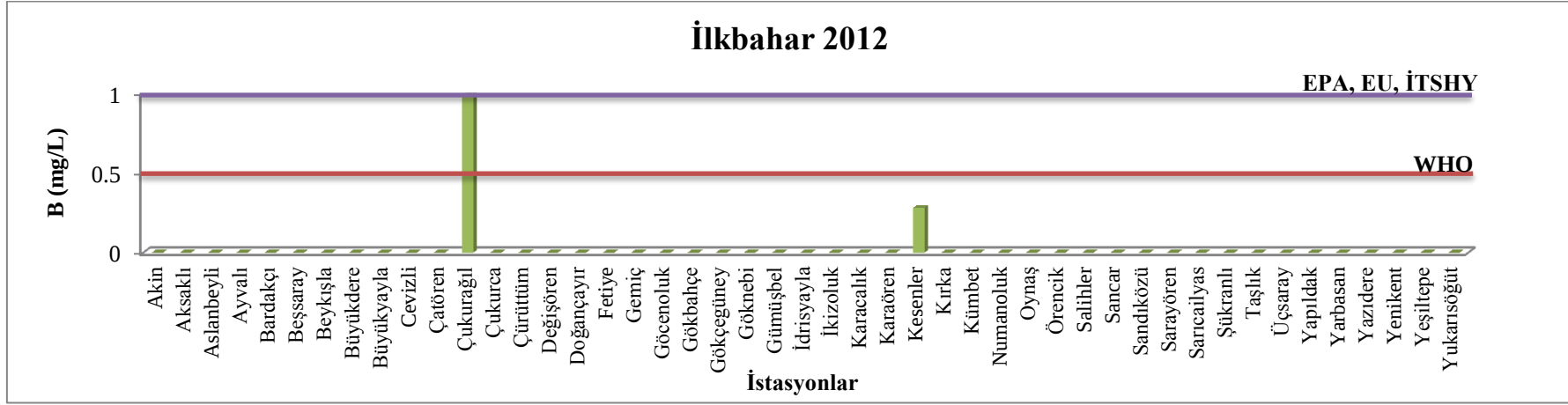


Şekil 4.1. Sonbahar mevsimi bor seviyeleri (mg/L)

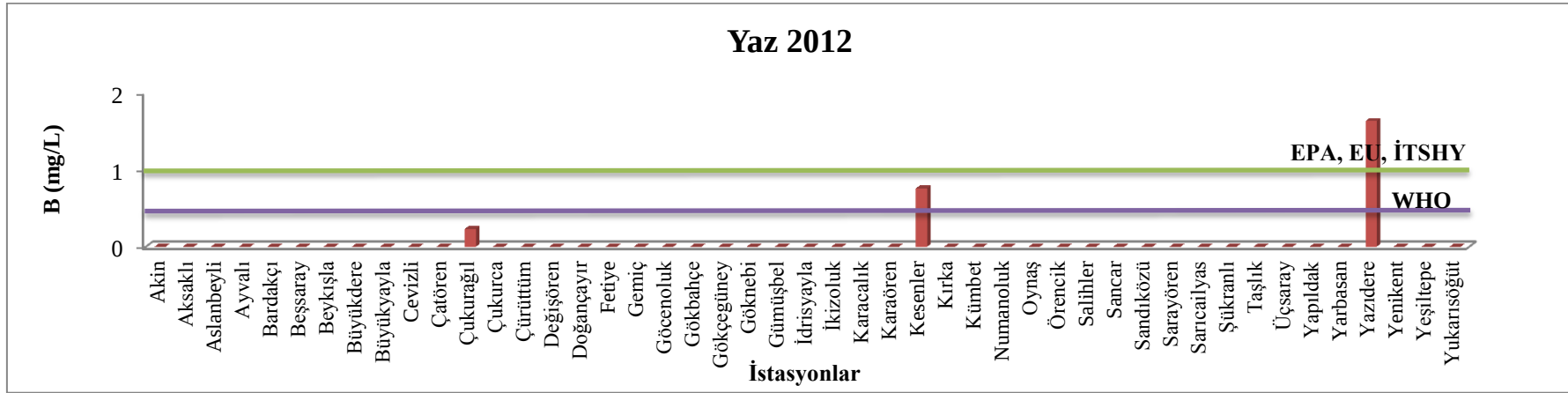
Kış 2012



Şekil 4.2. Kış mevsimi bor seviyeleri (mg/L)

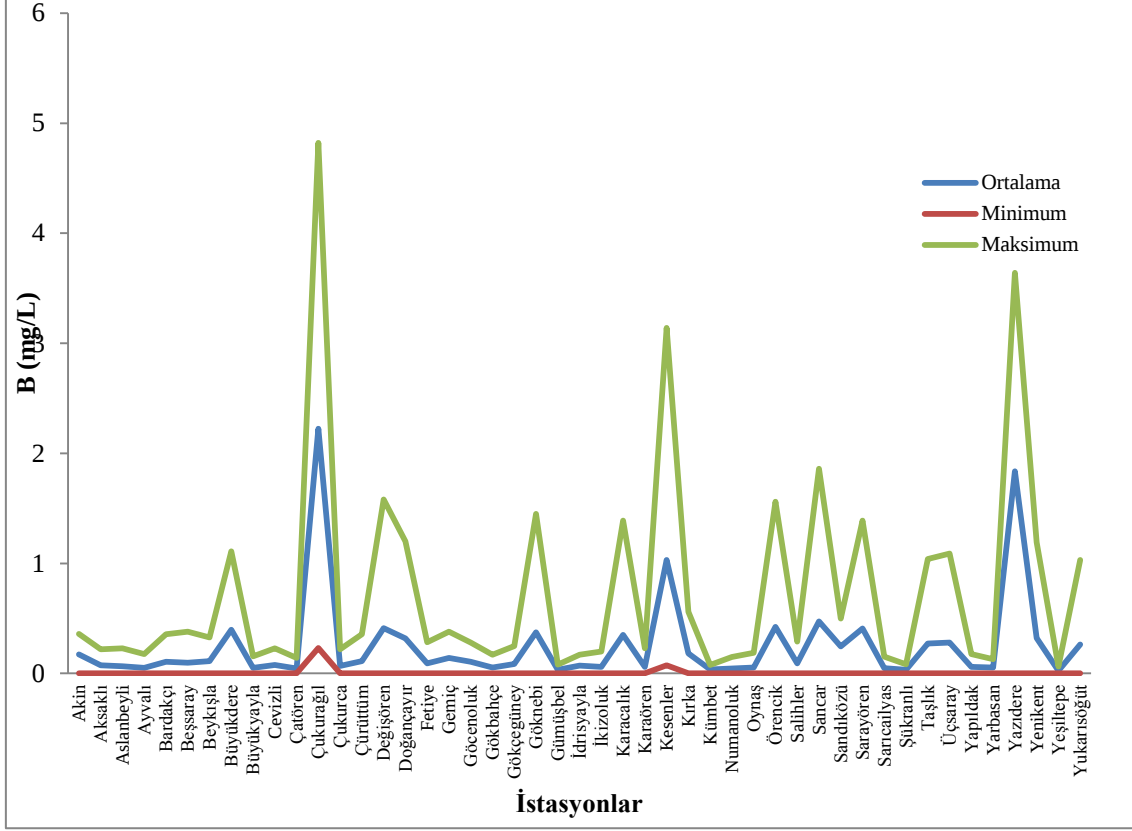


Şekil 4.3. İlkbahar mevsimi bor seviyeleri (mg/L)



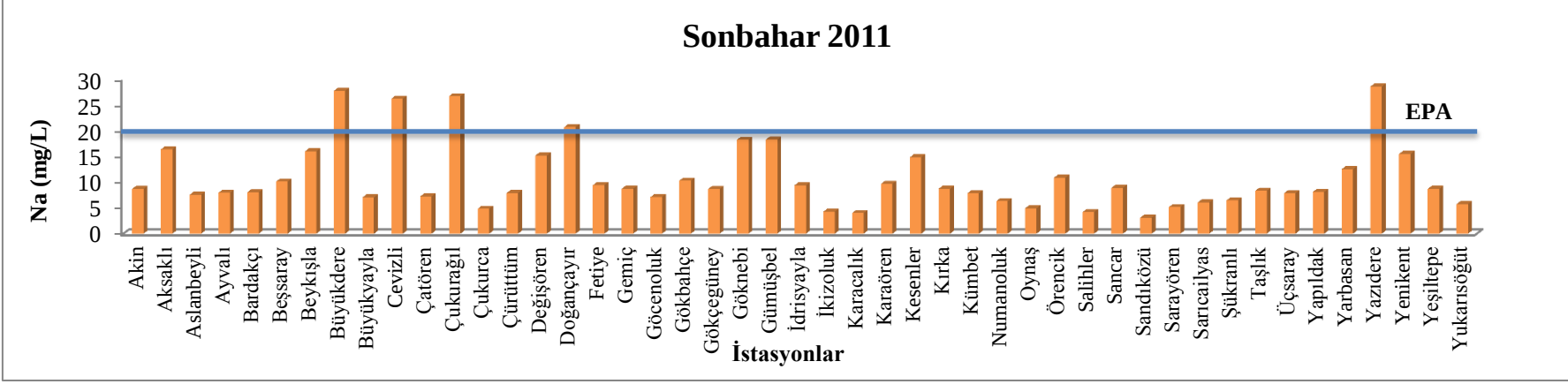
Şekil 4.4. Yaz mevsimi bor seviyeleri (mg/L)

Bor Yıllık Değişim Grafiği

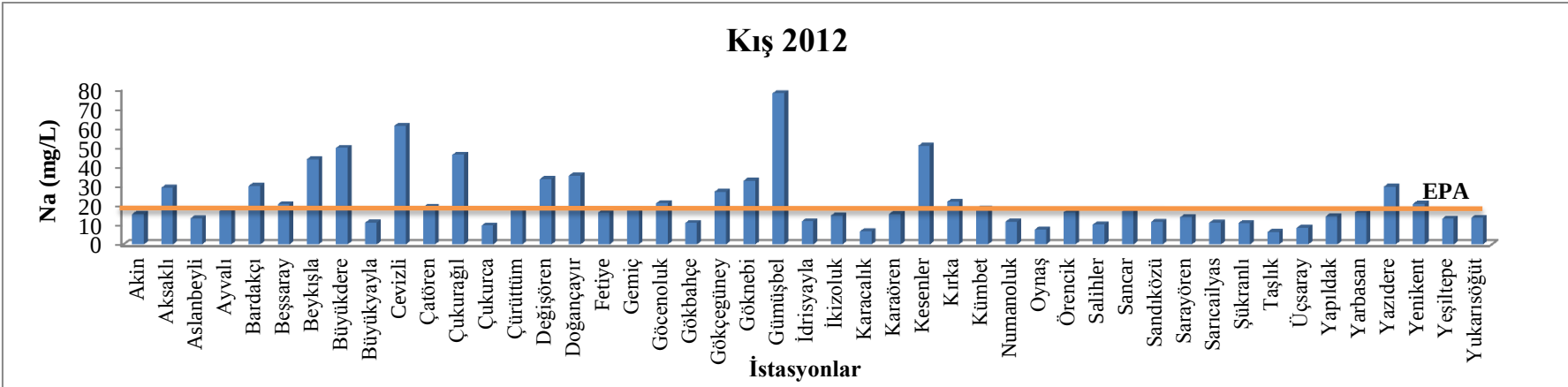


Şekil 4.5. Bor seviyeleri yıllık değişim grafiği (mg/L)

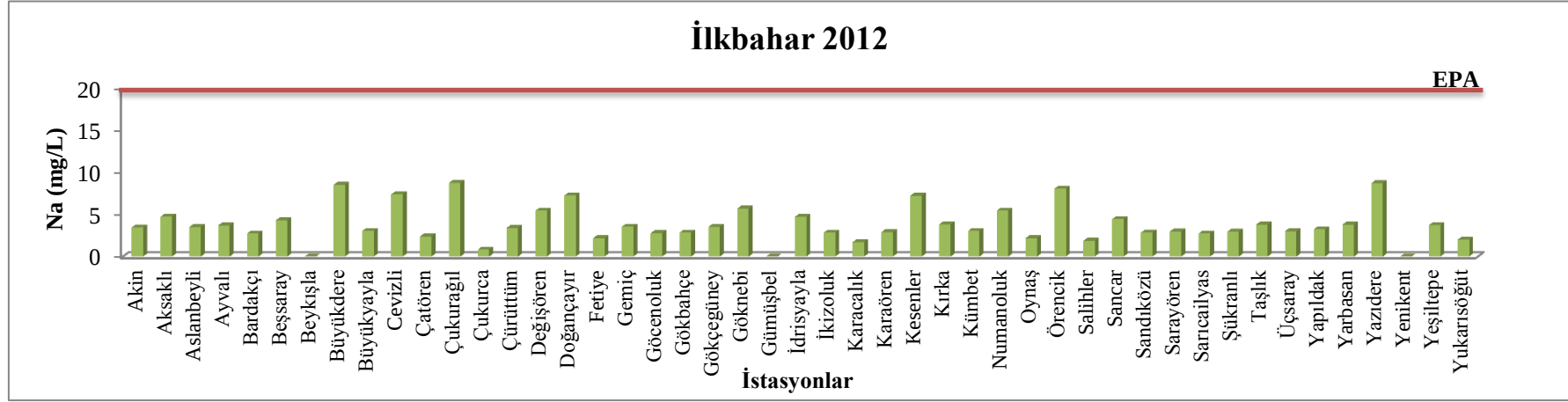
Alınan içme suyu örneklerinde; bor seviyelerinin kış mevsiminde en yüksek seviyede olduğu tespit edilmiştir. İlkbahar ve yaz mevsimlerinde ise bor seviyesinin her istasyonda azalmasıyla birlikte pek çok istasyonda bor tespit edilememiştir. Çalışmada en yüksek bor seviyesi kış mevsiminde, Çukurağıl, Kesenler ve Yenikent istasyonlarında tespit edilmiştir. Sonbahar mevsiminde Çukurağıl ve Yazıdere istasyonları, kış mevsiminde Büyükdere, Çukurağıl, Değişören, Doğançayır, Göknebi, Karacalık, Kesenler, Örencik, Sancar, Sarayören, Taşlık, Üçsaray, Yazıdere ve Yukarısöğüt istasyonları, yaz mevsiminde ise Kesenler ve Yazıdere istasyonlarında ölçülen bor seviyelerinin EPA, WHO, Avrupa Birliği İçme Suyu Kriterleri ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik'te içme suyu için verilen sınır değerlerin üzerinde olduğu saptanmıştır (EPA,2008; WHO, 2003, EU, 2005; İTSHY, 2005).



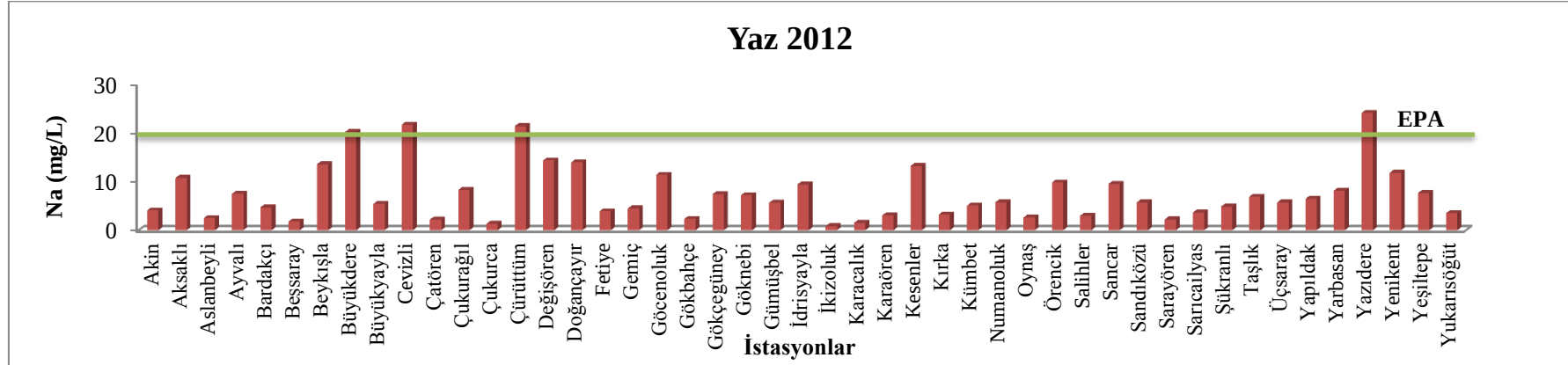
Şekil 4.6. Sonbahar mevsimi sodyum seviyeleri (mg/L)



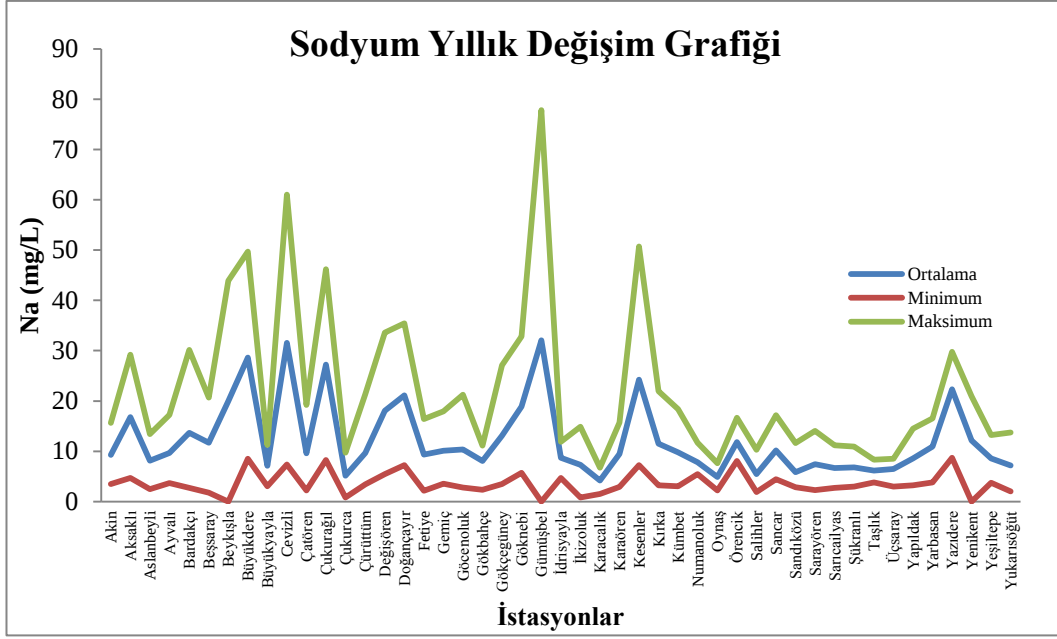
Şekil 4.7. Kış mevsimi sodyum seviyeleri (mg/L)



Şekil 4.8. İlkbahar mevsimi sodyum seviyeleri (mg/L)

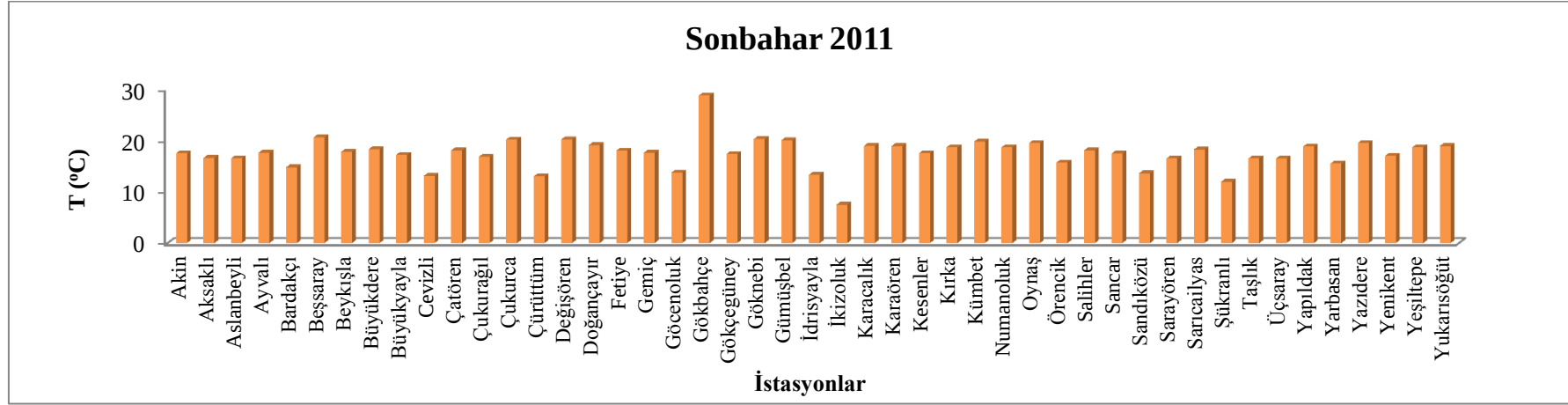


Şekil 4.9. Yaz mevsimi sodyum seviyeleri (mg/L)

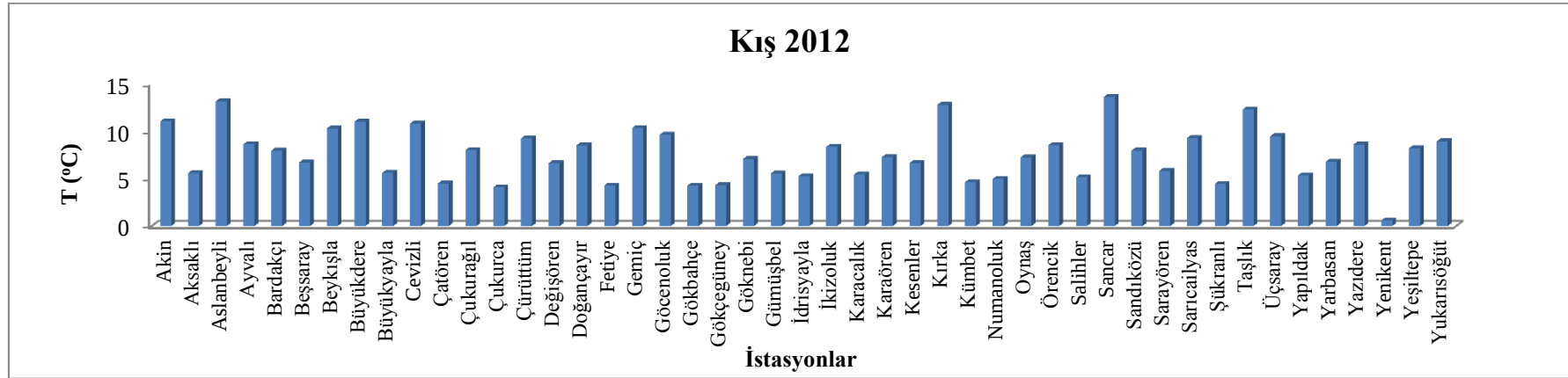


Şekil 4.10. Sodyum seviyeleri yıllık değişim grafiği (mg/L)

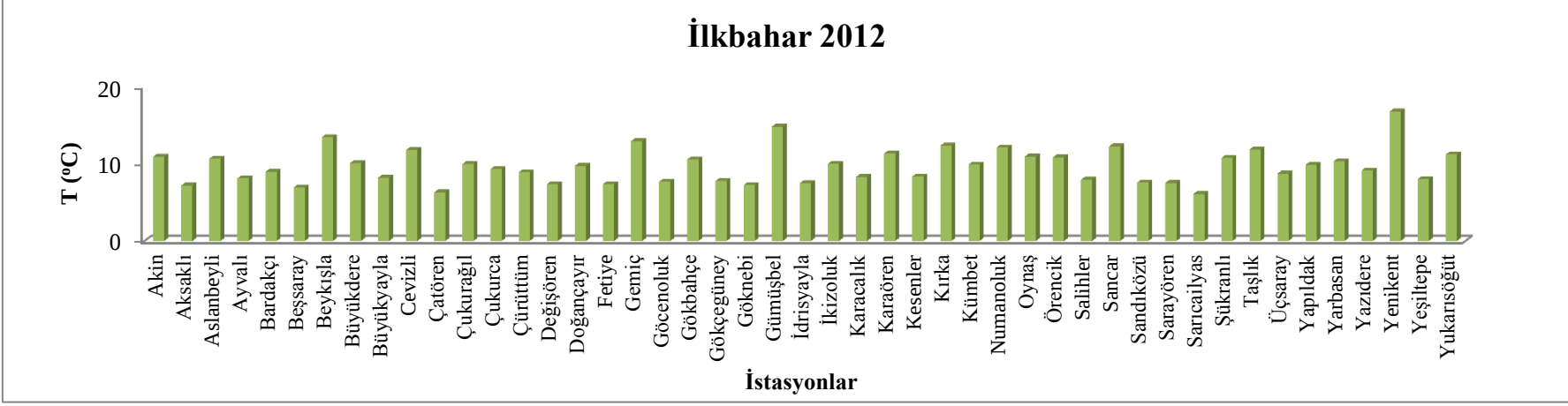
Mevsimsel olarak sodyum (Na) miktarları incelendiğinde, kış mevsiminde sodyum seviyelerinin tüm istasyonlar için en yüksek, ilkbahar mevsiminde ise en düşük olduğu görülmektedir. Sonbahar mevsiminde; Büyükdere, Cevizli, Çukurağıl, Doğançayır ve Yenikent istasyonlarında, kış mevsiminde; Aksaklı, Bardakçı, Beykışla, Büyükdere, Cevizli, Çukurağıl, Değişören, Doğançayır, Gökçeğüney, Göknebi, Gümüşbel, Kesenler, Yazıdere ve Yenikent, yaz mevsiminde ise Büyükdere, Cevizli, Çürüttüm ve Yazıdere istasyonlarında ölçülen sodyum seviyelerinin EPA’da belirtilen sınır değer (20 mg/L) üzerinde olduğu tespit edilmiştir (EPA, 2012). Bunun yanı sıra tüm mevsimlerde ölçülen sodyum seviyeleri; WHO, Avrupa Birliği İçme Suyu Kriterleri ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik’te belirtilen sınır değer (200 mg/L) altında bulunmuştur (WHO, 2003; EU, 1998; İTSHY, 2005).



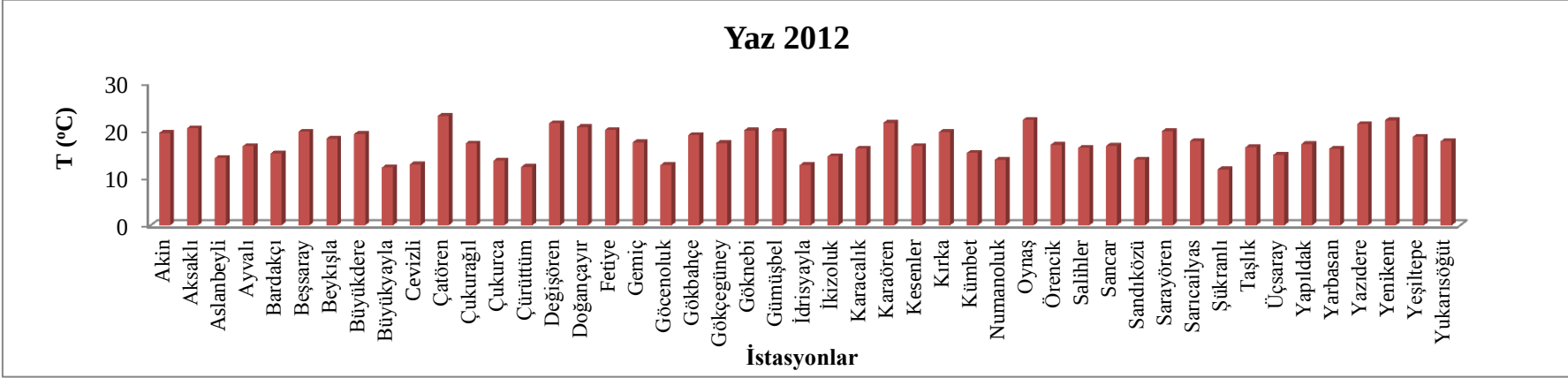
Şekil 4.11. Sonbahar mevsimi sıcaklık seviyeleri (°C)



Şekil 4.12. Kış mevsimi sıcaklık seviyeleri (°C)

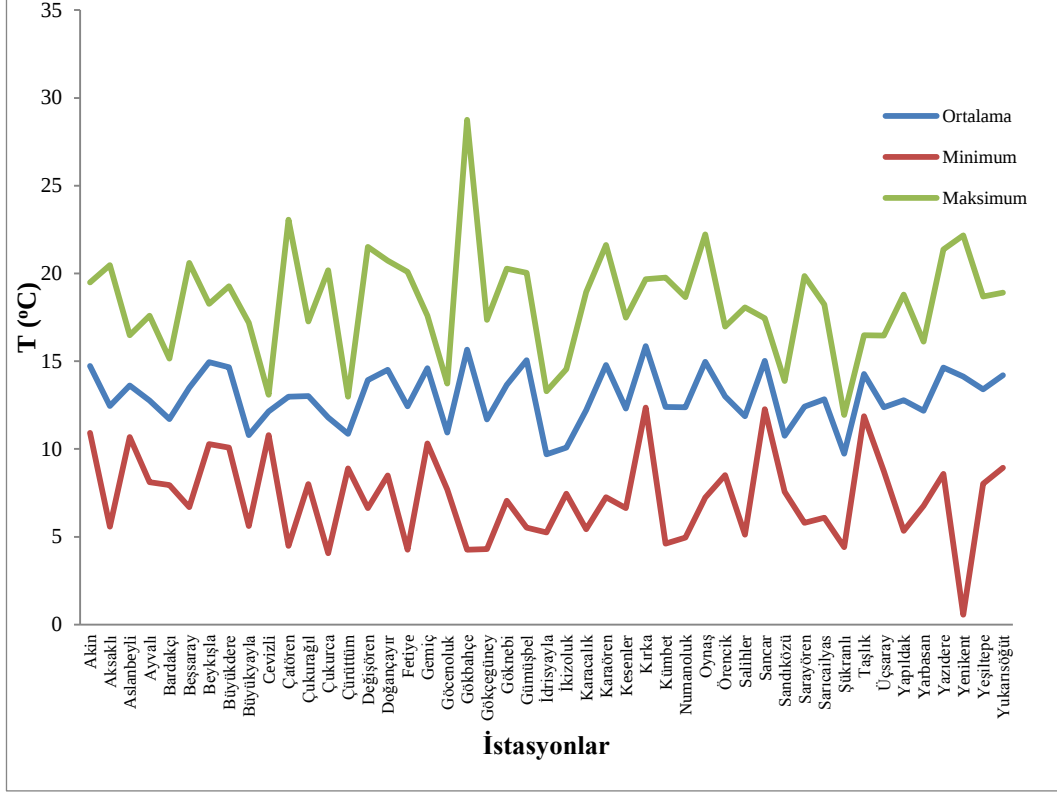


Şekil 4.13. İlkbahar mevsimi sıcaklık seviyeleri (°C)



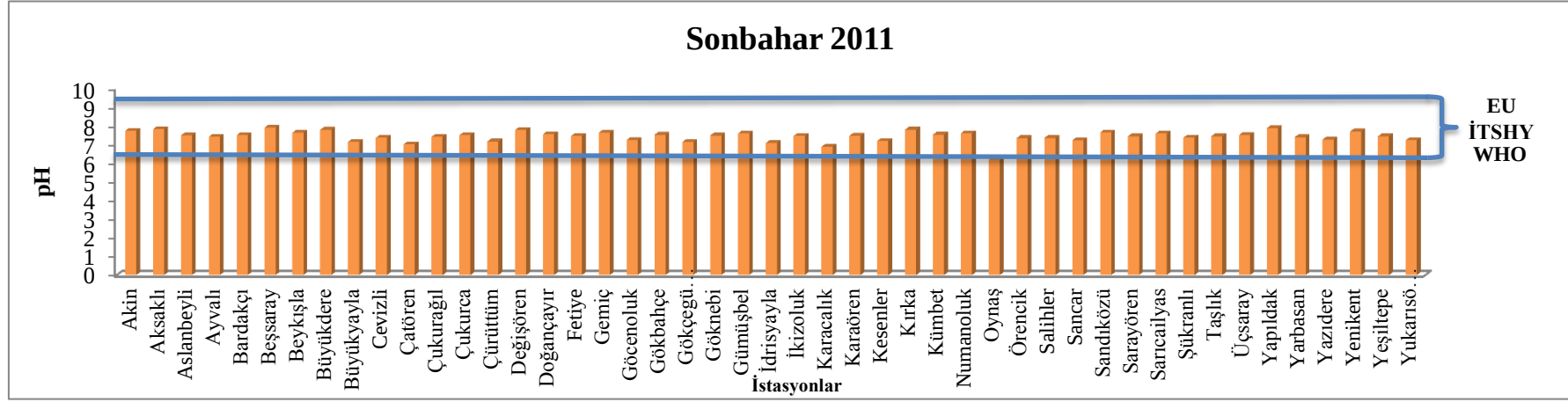
Şekil 4.14. Yaz mevsimi sıcaklık seviyeleri (°C)

Sıcaklık Yıllık Değişim Grafiği

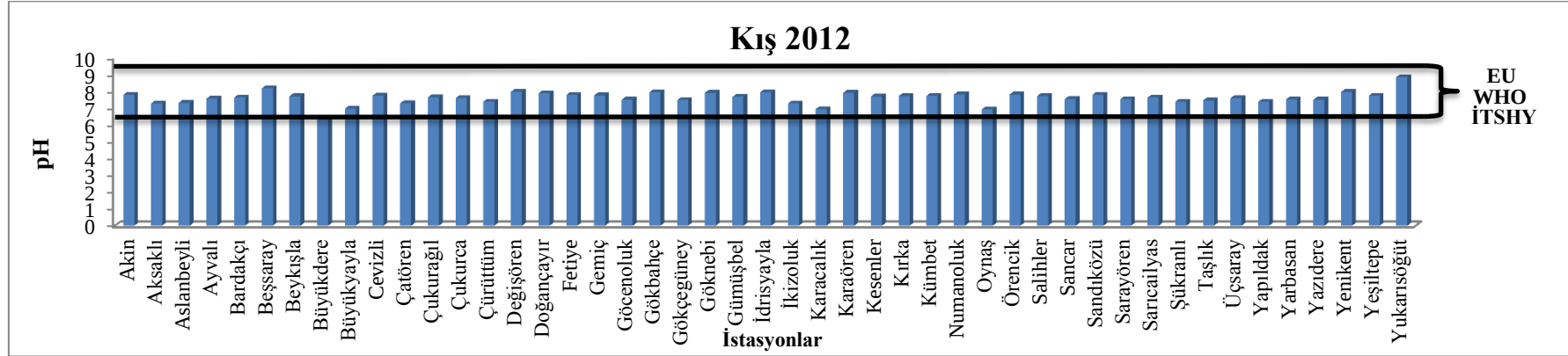


Şekil 4.15. Sıcaklık yıllık değişim grafiği (°C)

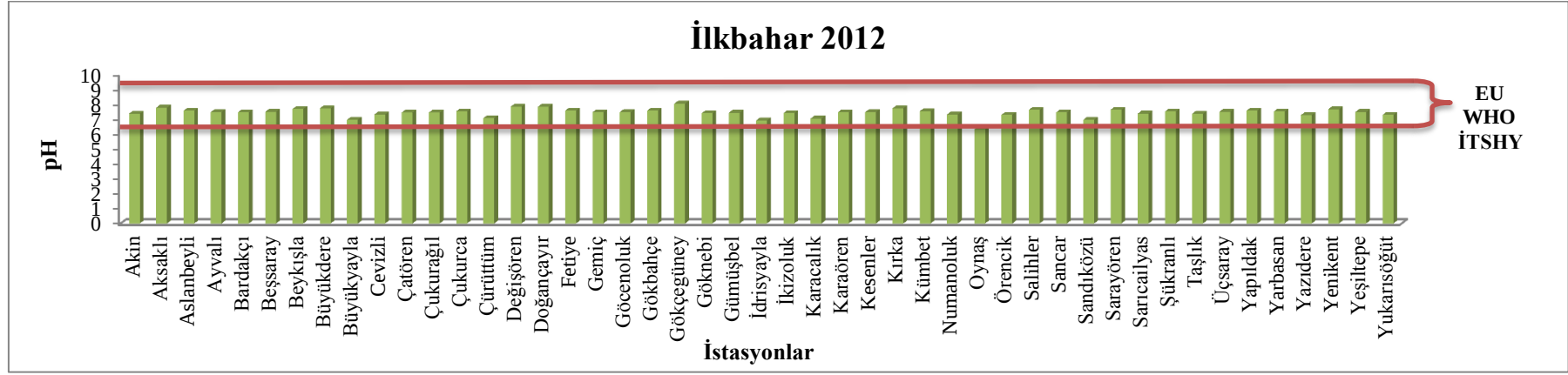
Sonbahar mevsiminde alınan su örneklerinde ortalama sıcaklık 17,4 °C ve en yüksek sıcaklık Gökbağçe istasyonunda (28,75 °C), kış mevsiminde alınan örneklerde ortalama sıcaklık 7,5 °C ve en yüksek sıcaklık Sancar istasyonunda (13,6 °C), ilkbahar mevsiminde ortalama sıcaklık 9,7 °C ve en yüksek sıcaklık Yeniket istasyonunda (16,8 °C), yaz mevsiminde ise ortalama sıcaklık 17,3 °C ve en yüksek sıcaklık Çatören istasyonunda (23,07 °C) tespit edilmiştir.



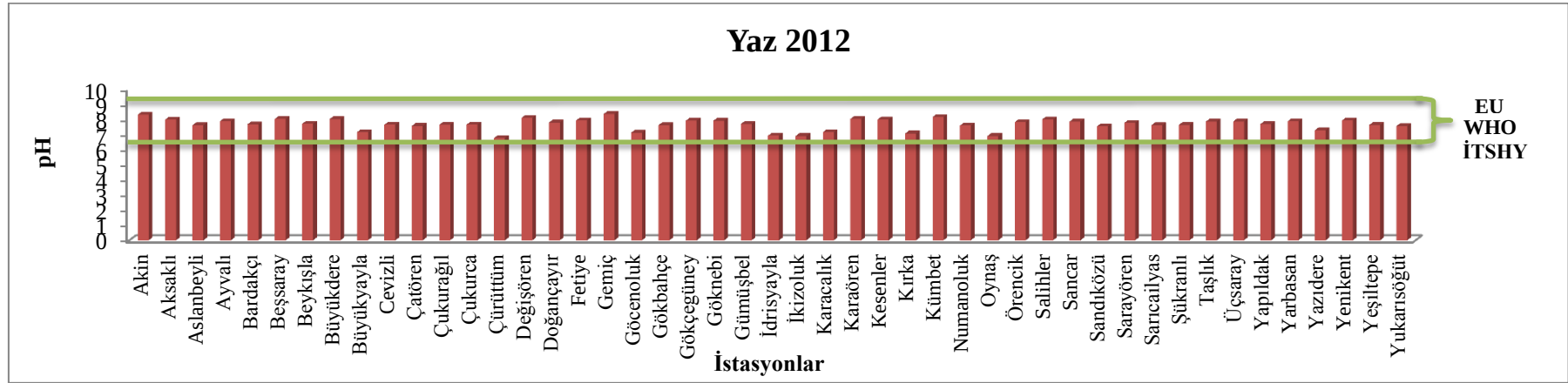
Şekil 4.16. Sonbahar mevsimi pH seviyeleri



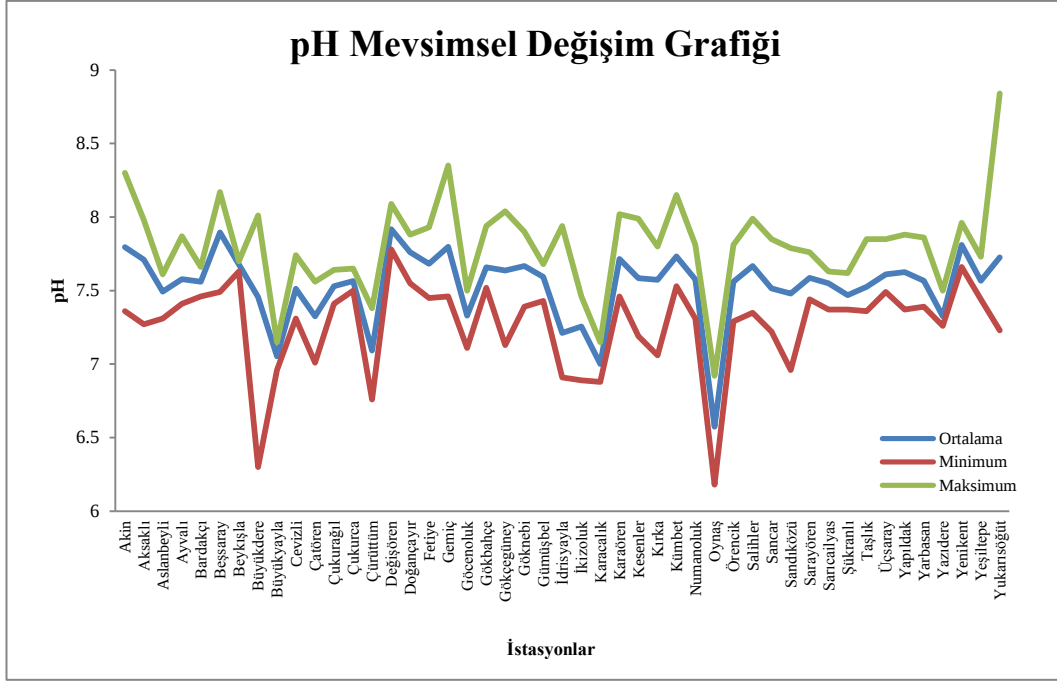
Şekil 4.17. Kış mevsimi pH seviyeleri



Şekil 4.18. İlkbahar mevsimi pH seviyeleri

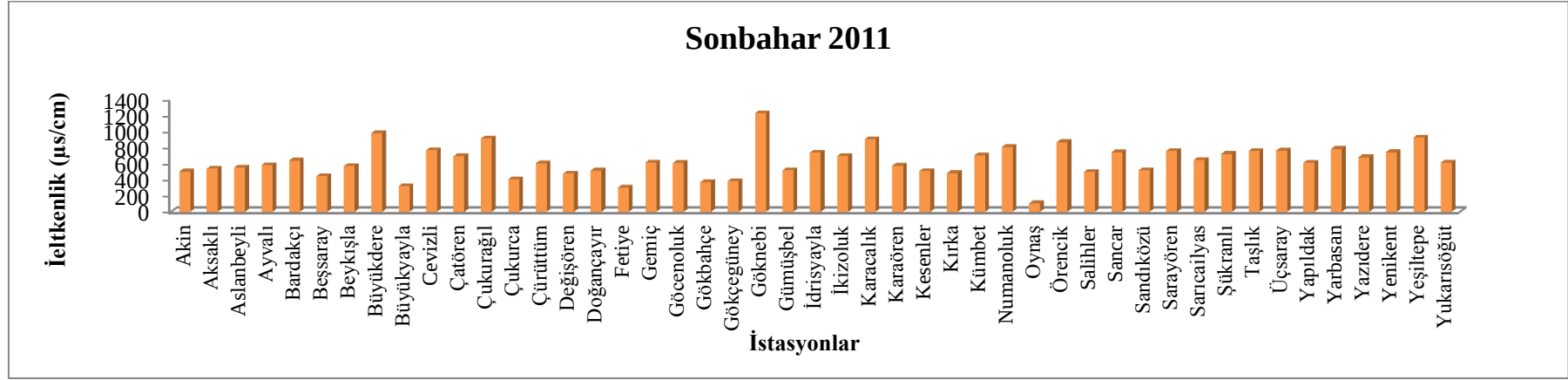


Şekil 4.19. Yaz mevsimi pH seviyeleri

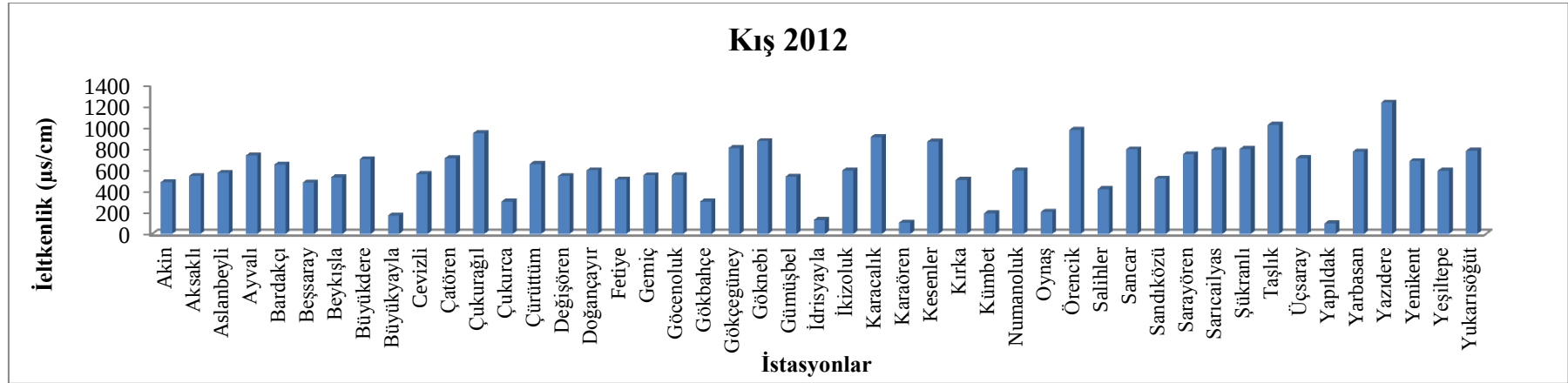


Şekil 4.20. pH yıllık değişim grafiği

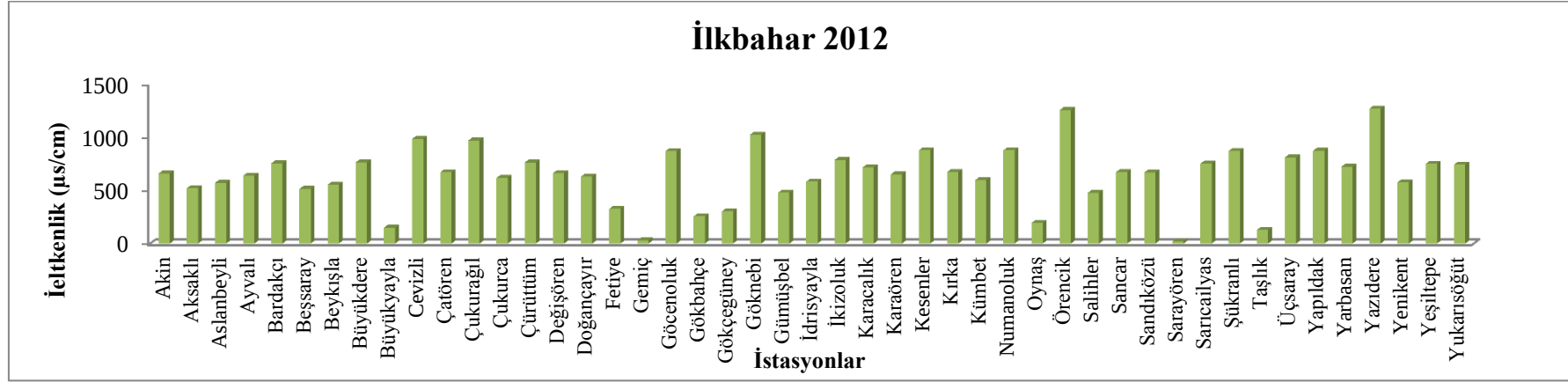
Ölçülen pH değerleri tüm mevsimlerde WHO, Avrupa Birliği İçme Suyu Kriterleri ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelikte belirtilen 6,5-9,5 değerleri arasındadır (WHO, 2003; EU, 1998; İTSHY, 2005). Aynı zamanda ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde tüm değerler EPA’da belirtilen sınır değerler (6,5-8,5) arasındadır (EPA, 2012). Kış mevsiminde ise sadece Yukarısöğüt istasyonu EPA’da belirtilen sınır değerlerin üzerinde tespit edilmiştir.



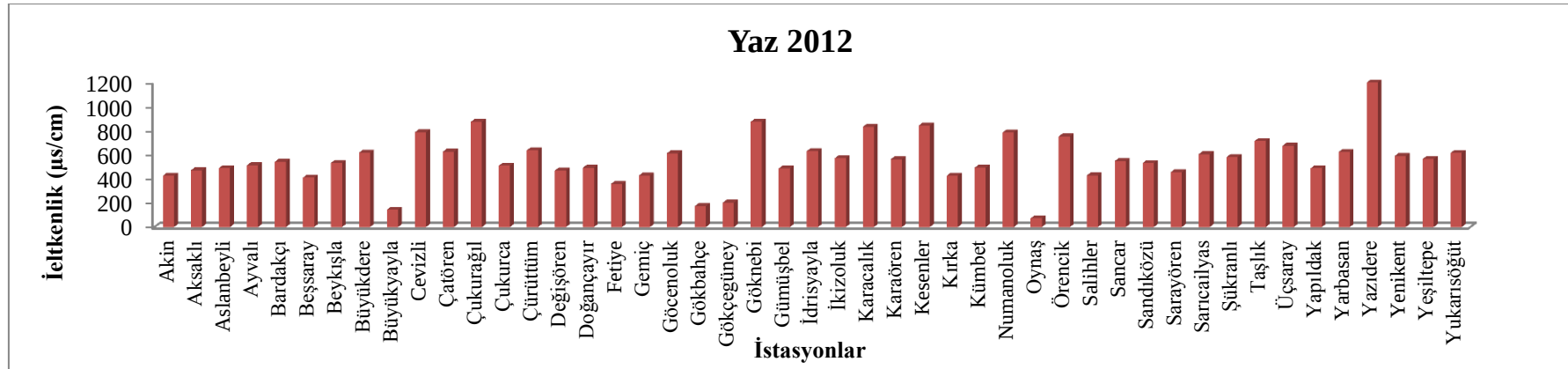
Şekil 4.21. Sonbahar mevsimi iletkenlik seviyeleri (µs/cm)



Şekil 4.22. Kış mevsimi iletkenlik seviyeleri (µs/cm)

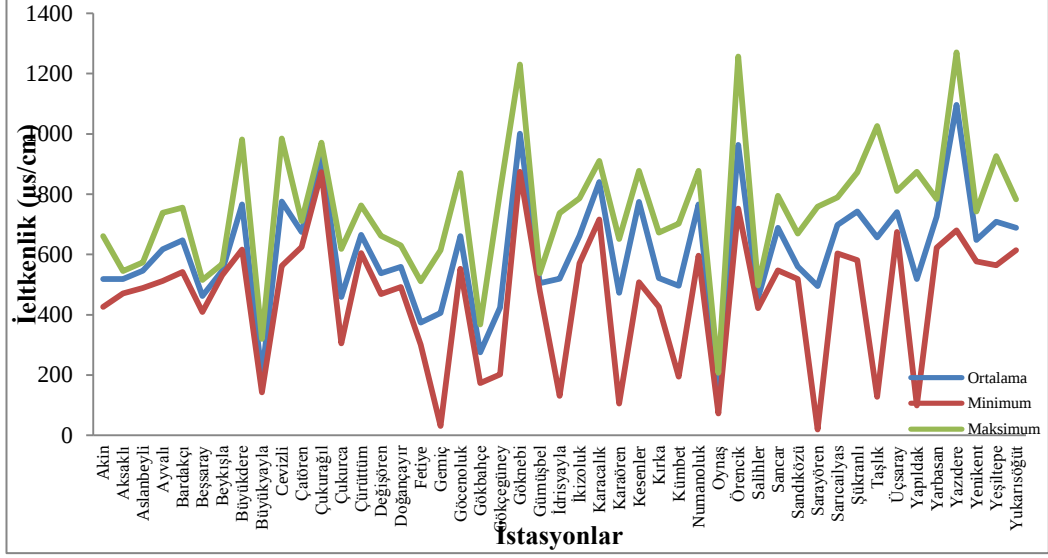


Şekil 4.23. İlkbahar mevsimi iletkenlik seviyeleri (µs/cm)



Şekil 4.24. Yaz mevsimi iletkenlik seviyeleri (µs/cm)

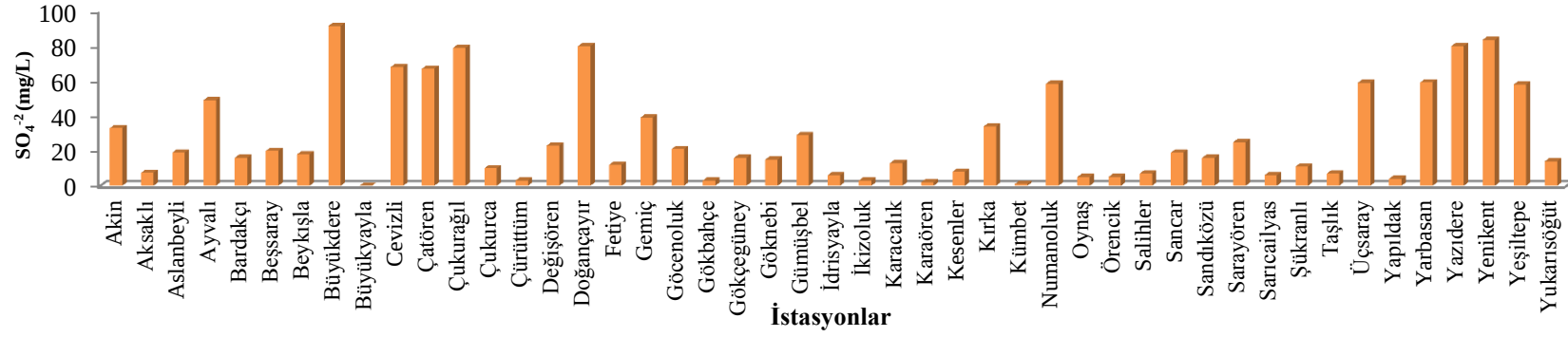
İletkenlik Mevsimsel Değişim Grafiği



Şekil 4.25. İletkenlik yıllık değişim grafiği (µs/cm)

Alınan içme suyu örneklerinde iletkenlik değerleri incelendiğinde tüm mevsimlerde İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik ve Avrupa Birliği İçme Suyu Kriterleri'nde limit değer olarak belirtilen 2500 µs/cm'in altında olduğu tespit edilmiştir (İTSHY, 2005; EU, 1998). Ölçülen en yüksek iletkenlik değerleri sonbahar mevsiminde Göknebi istasyonunda (1230 µs/cm), diğer mevsimlerde ise Yazıdere istasyonunda (kış mevsiminde 1235 µs/cm, ilkbaharda 1270 µs/cm, yaz mevsiminde 1198 µs/cm) saptanmıştır.

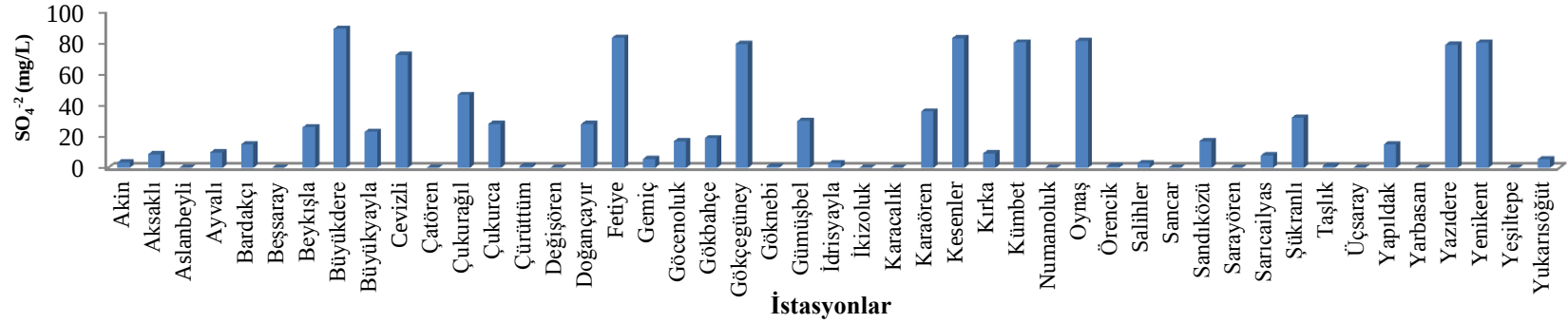
Sonbahar 2011



İstasyonlar

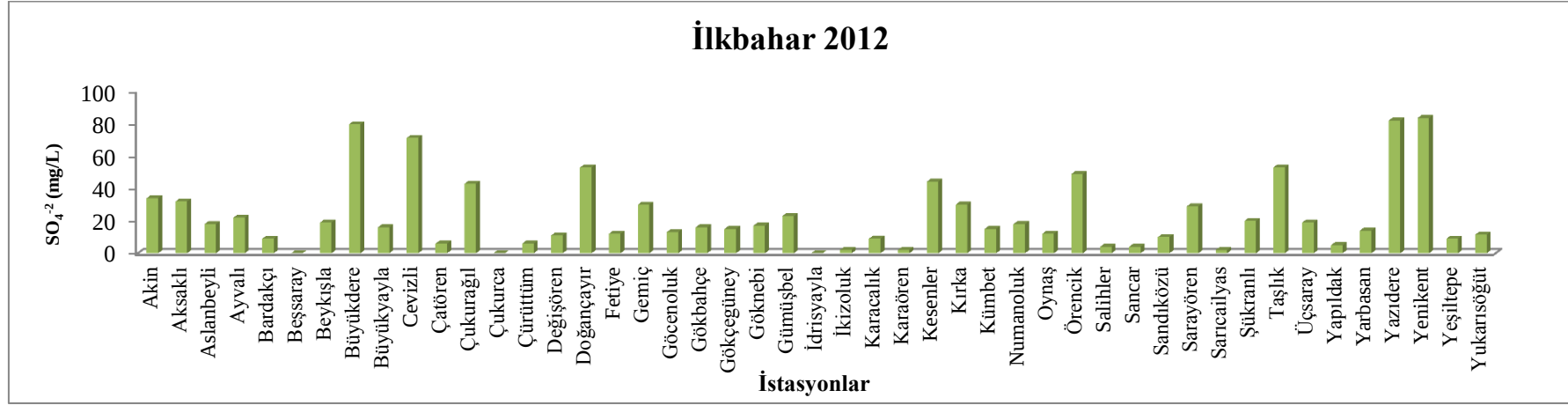
Şekil 4.26. Sonbahar mevsimi sülfat seviyeleri (mg/L)

Kış 2012

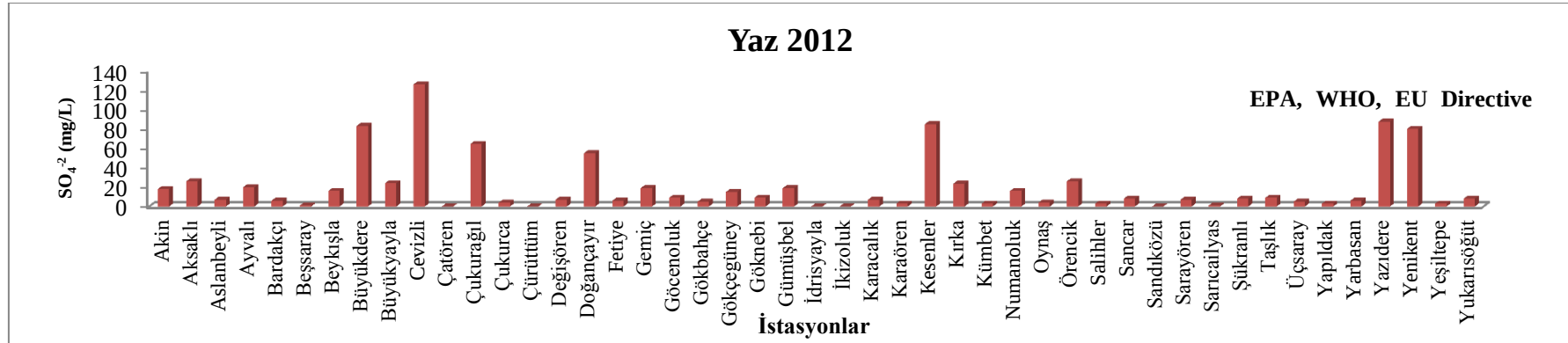


İstasyonlar

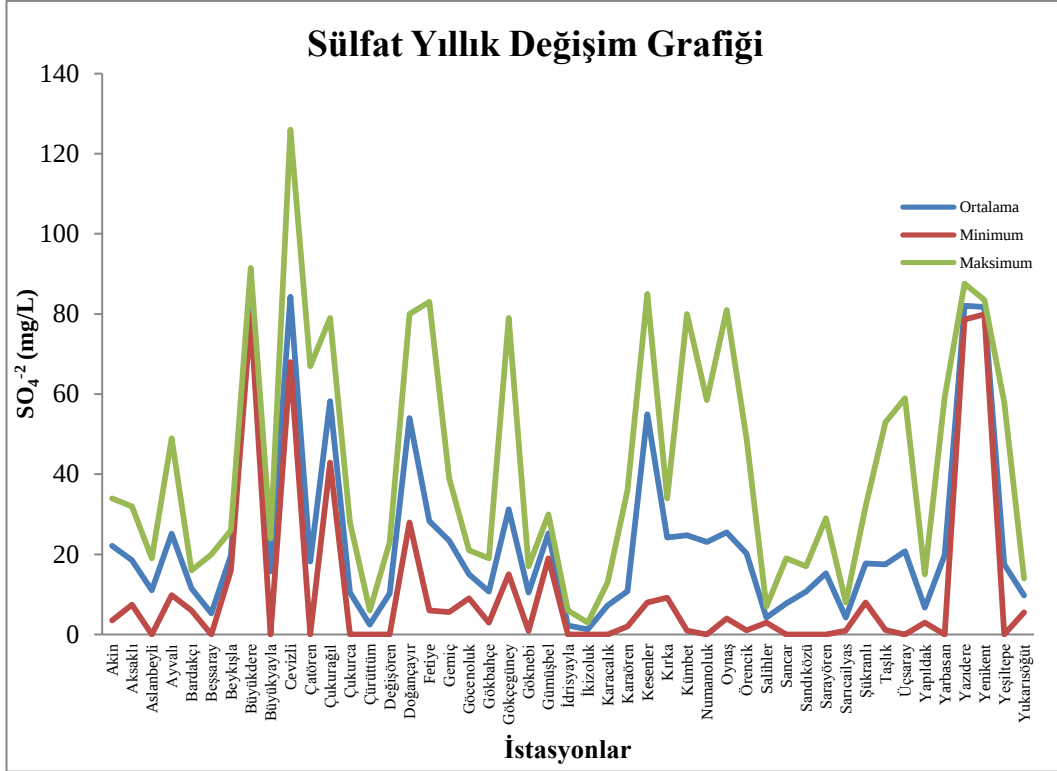
Şekil 4.27. Sonbahar mevsimi sülfat seviyeleri (mg/L)



Şekil 4.28. İlkbahar mevsimi sülfat seviyeleri (mg/L)

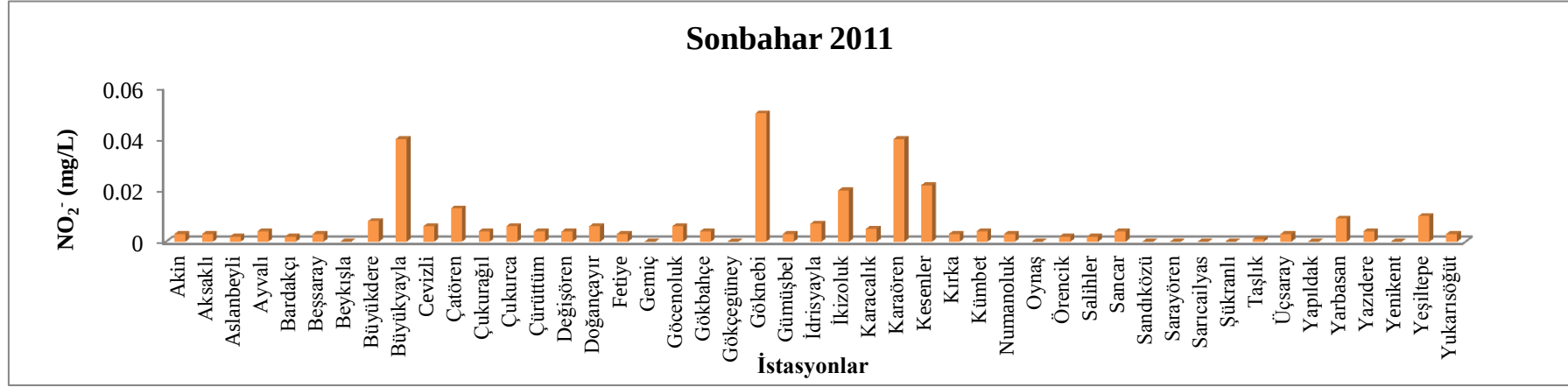


Şekil 4.29. Yaz mevsimi sülfat seviyeleri (mg/L)

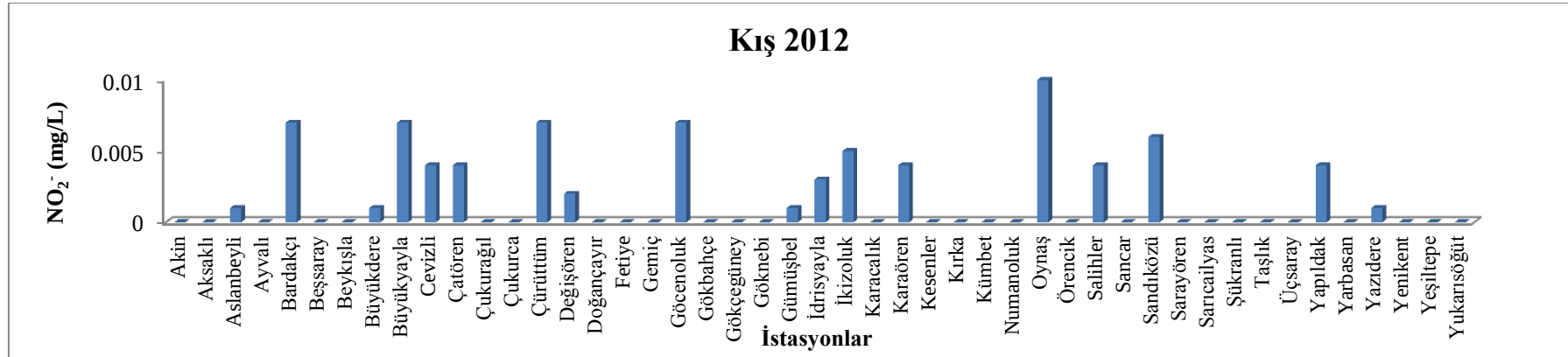


Şekil 4.30. Sülfat yıllık değişim grafiği (mg/L)

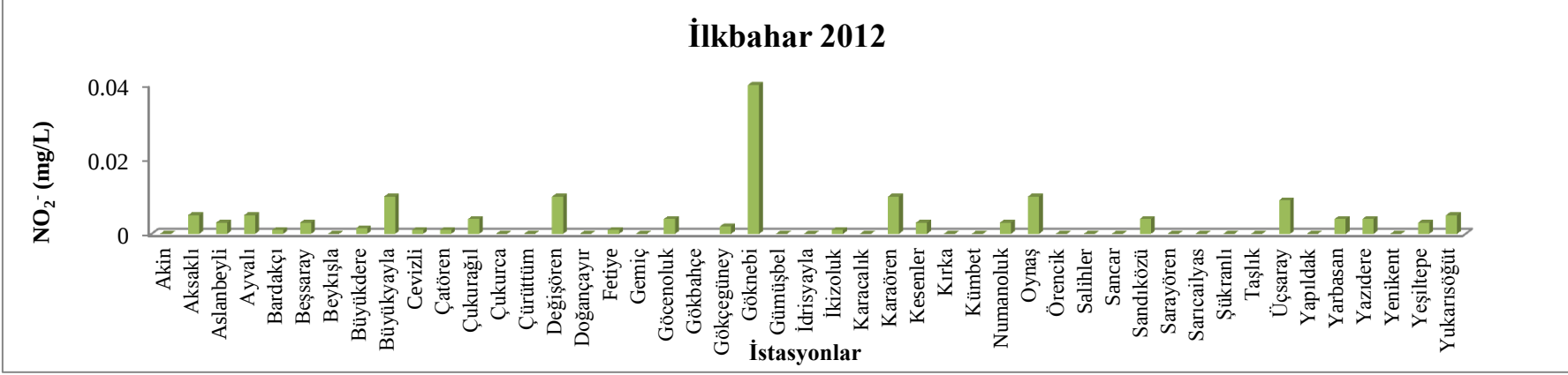
Ölçülen sülfat değerlerine bakıldığında tüm mevsimlerde EPA, WHO, Avrupa Birliği İçme Suyu Kriterleri ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelikte limit değer olarak belirtilen 250 mg/L'nin altında olduğu görülmektedir (EPA,2008; WHO, 2003, EU, 2005; İTSHY, 2005). Sonbahar ve kış mevsiminde sülfat seviyesi Büyükdere istasyonunda (91,5 mg/L) en yüksek seviyede, ilkbahar mevsiminde Yenikent istasyonunda (83,5 mg/L) en yüksek seviyede ve yaz mevsiminde Cevizli istasyonunda (126 mg/L) en yüksek seviyede olduğu görülmektedir. Yıllık olarak incelendiğinde en yüksek sülfat seviyesi Cevizli istasyonunda (126 mg/L) gözlenmiştir.



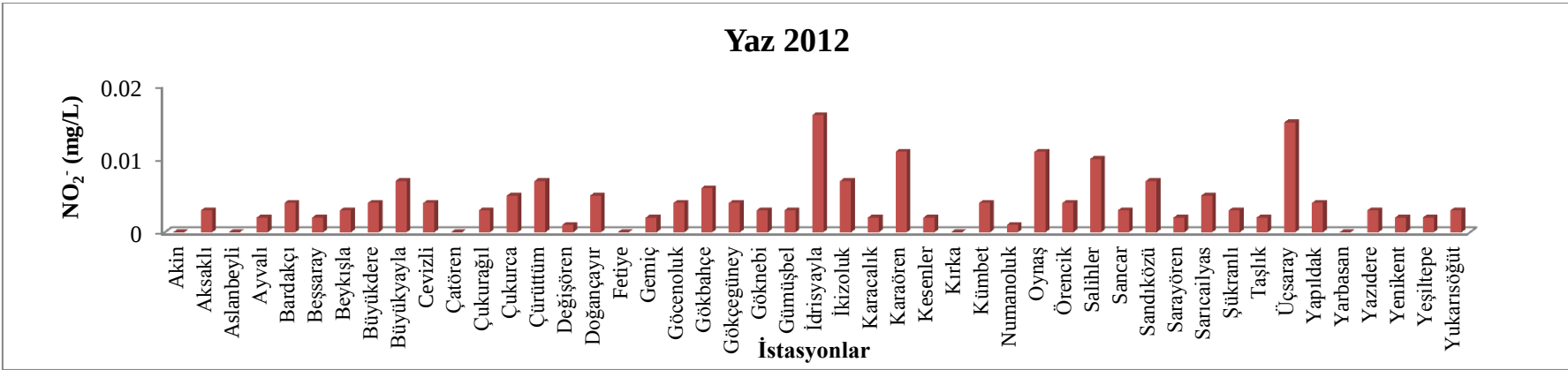
Şekil 4.31. Sonbahar mevsimi nitrit seviyeleri (mg/L)



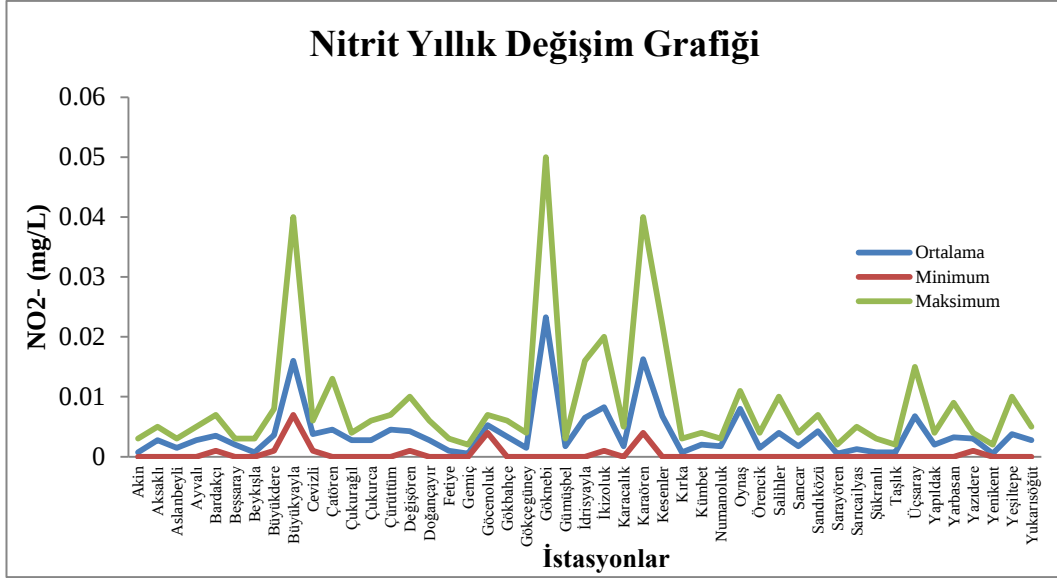
Şekil 4.32. Kış mevsimi nitrit seviyeleri (mg/L)



Şekil 4.33. İlkbahar mevsimi nitrit seviyeleri (mg/L)

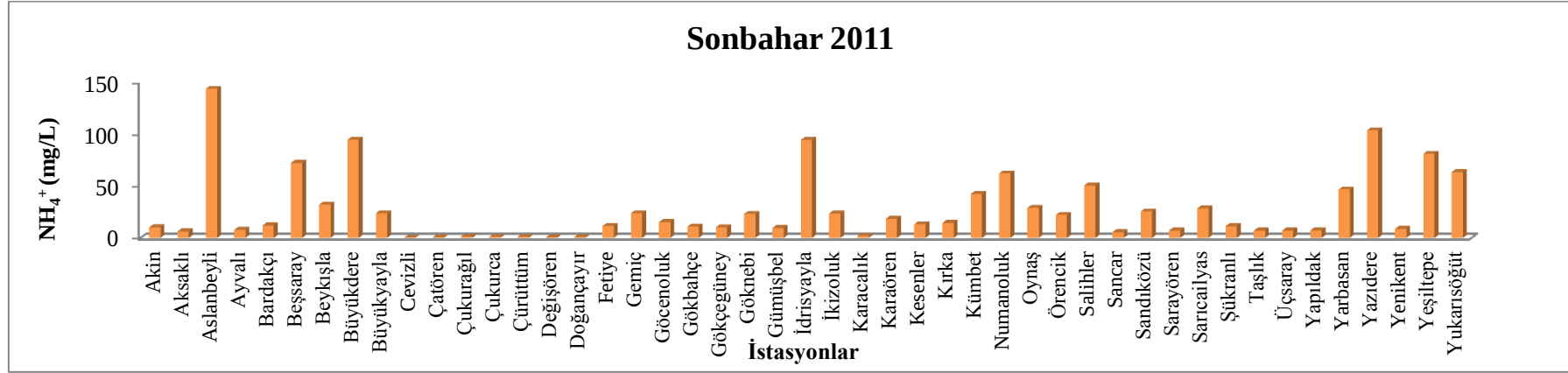


Şekil 4.34. Yaz mevsimi nitrit seviyeleri (mg/L)

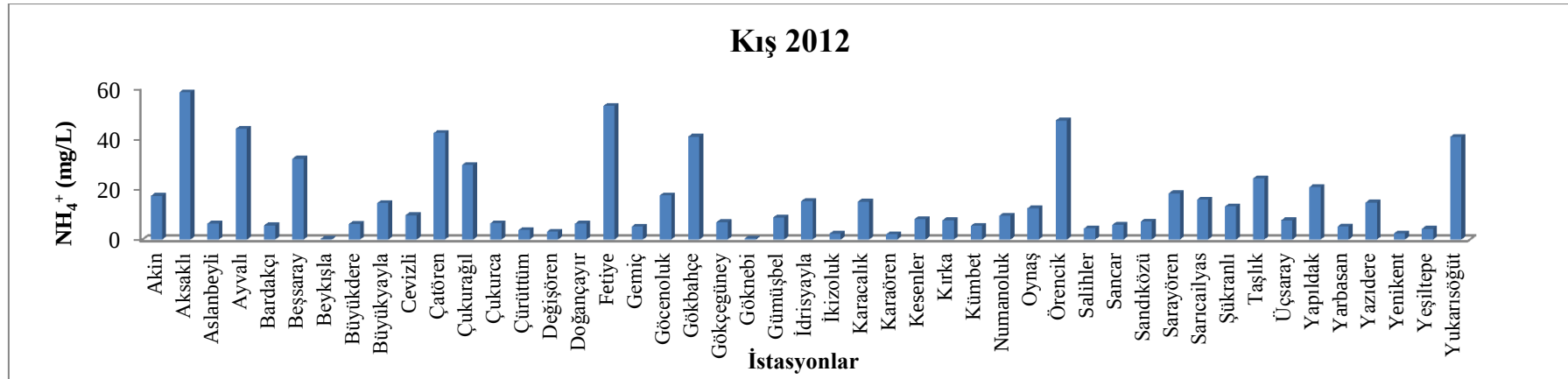


Şekil 4.35. Nitrit yıllık değişim grafiği (mg/L)

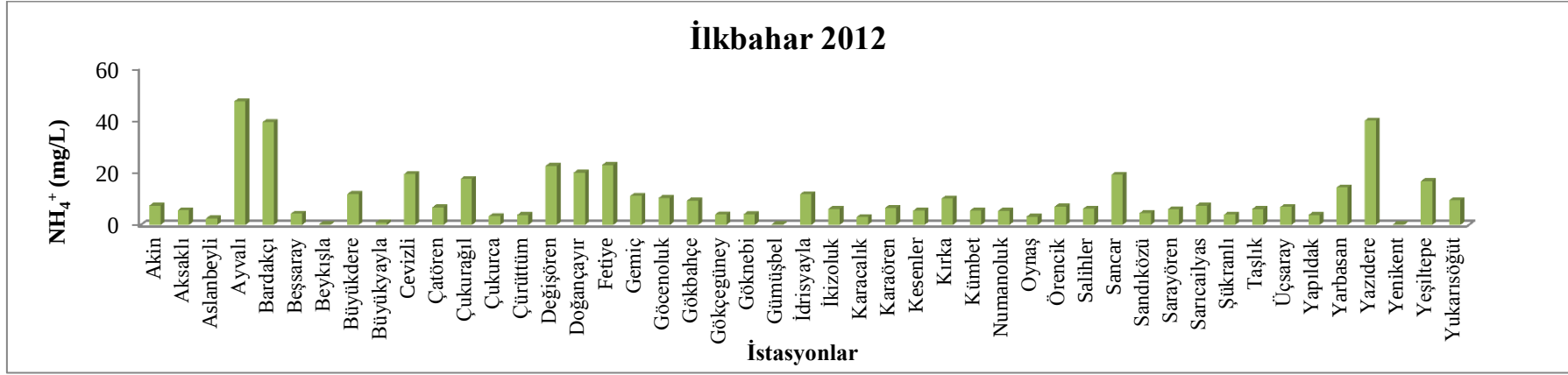
Ölçülen nitrit seviyeleri tüm mevsimlerde EPA (2012)'da sınır değer olan 1 mg/L, WHO (2003)'da sınır değer olan 0,2 mg/L, Avrupa Birliği İçme Suyu Kriterleri (1998)'nde sınır değer olan 0,5 mg/L ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (2005)'te sınır değer olan 0,5 mg/L'nin altında tespit edilmiştir. Sonbahar mevsiminde en yüksek nitrit seviyesi Göknebi istasyonunda (0,05 mg/L), kış mevsiminde Oynaş istasyonunda (0,011 mg/L), ilkbahar mevsiminde Göknebi istasyonunda (0,04 mg/L) ve yaz mevsiminde İdrisyayla istasyonunda (0,016 mg/L) tespit edilmiştir.



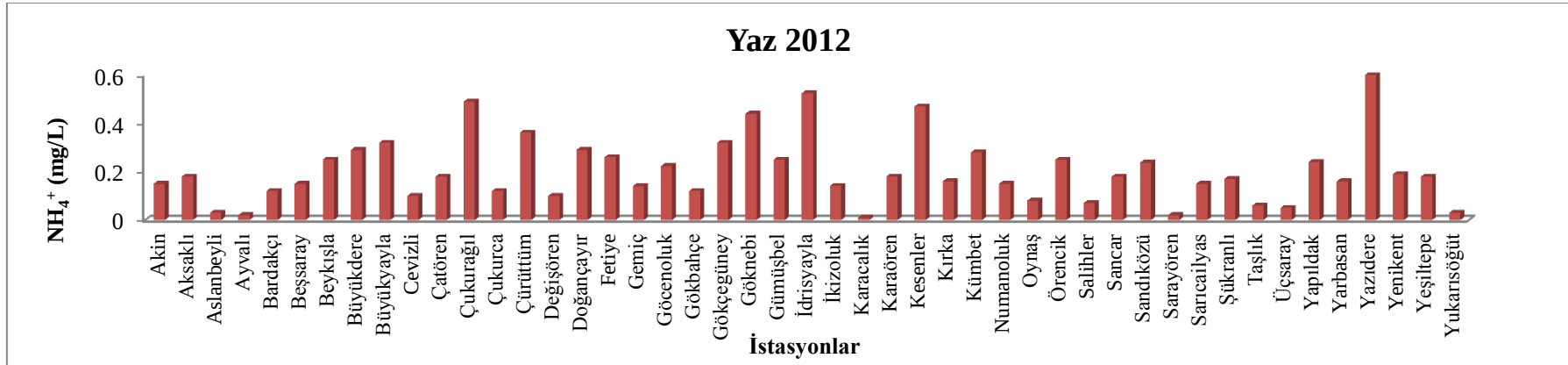
Şekil 4.36. Sonbahar mevsimi amonyum seviyeleri (mg/L)



Şekil 4.37. Kış mevsimi amonyum seviyeleri (mg/L)

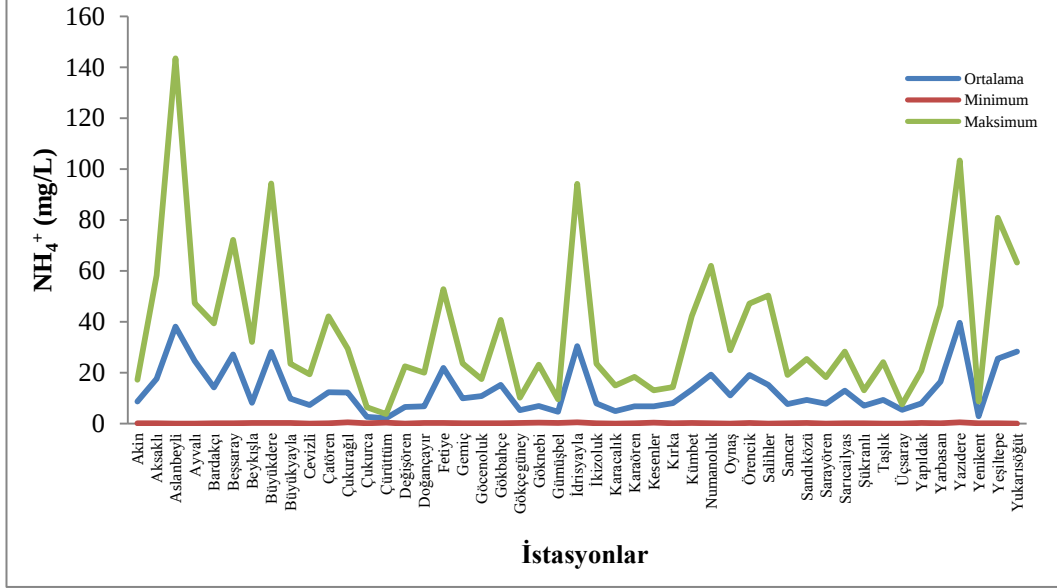


Şekil 4.38. İlkbahar mevsimi amonyum seviyeleri (mg/L)



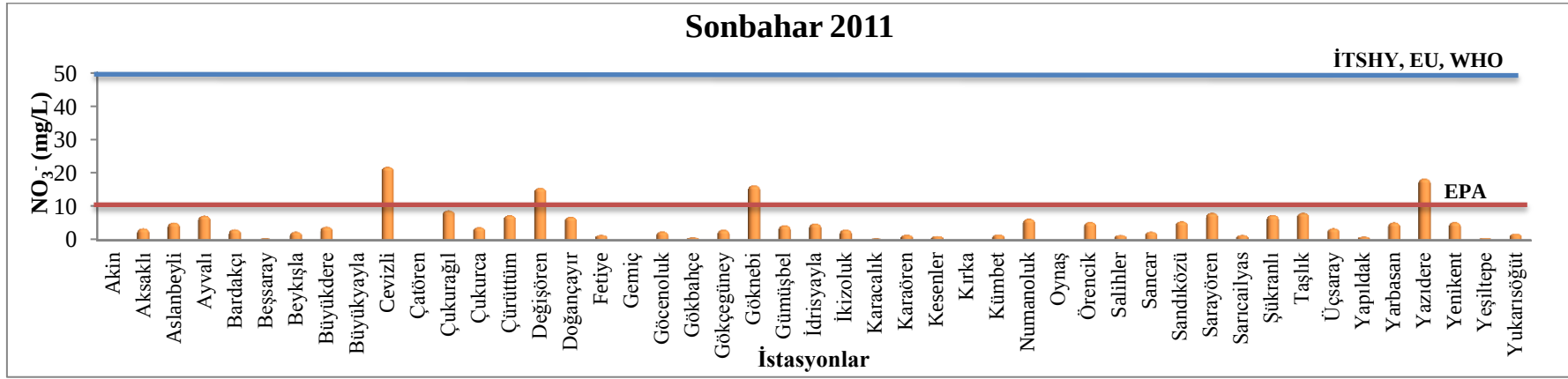
Şekil 4.39. Yaz mevsimi amonyum seviyeleri (mg/L)

Amonyum Yıllık Değişim Grafiği

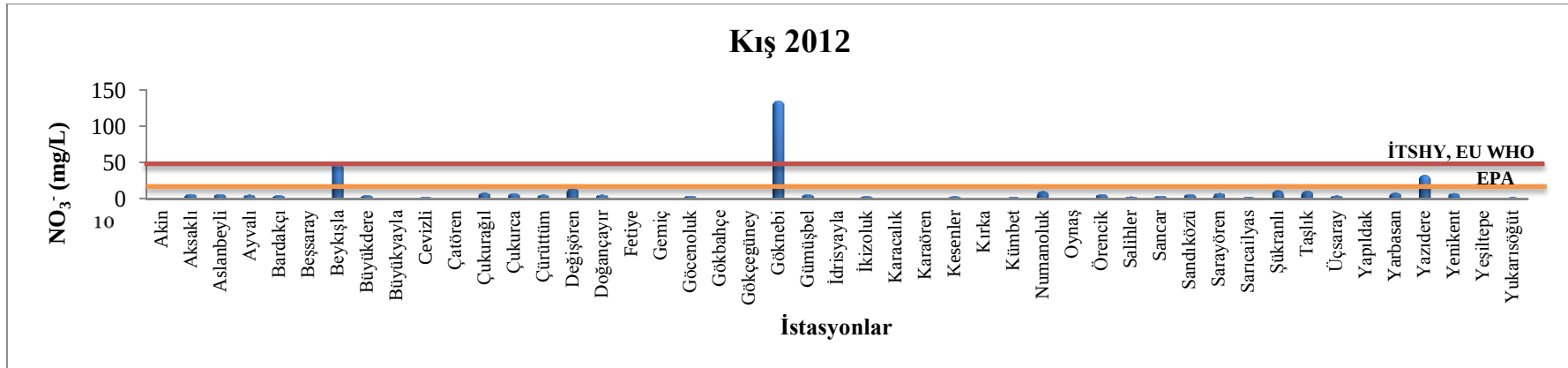


Şekil 4.40. Amonyum yıllık değişim grafiği (mg/L)

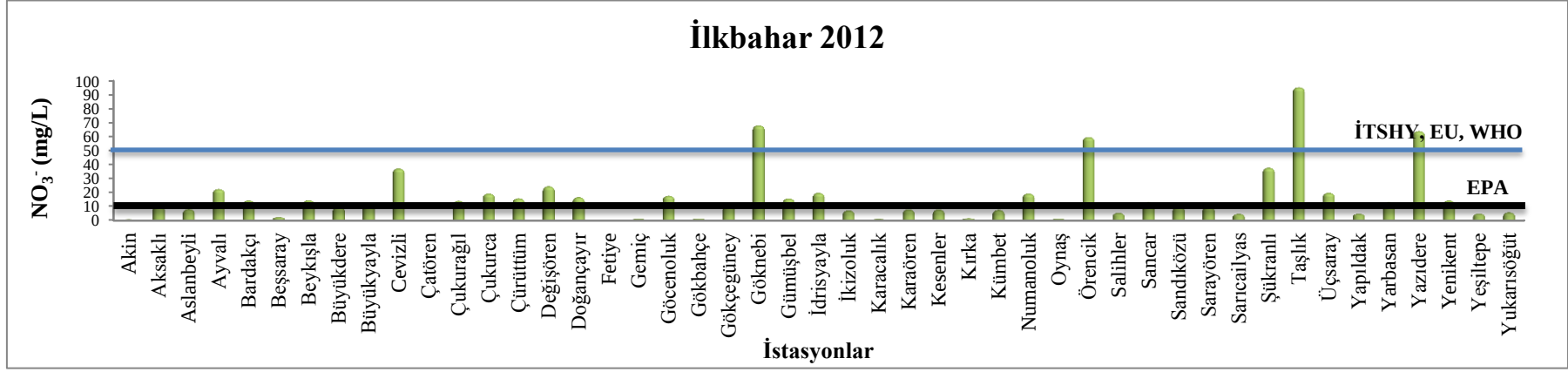
Alınan örneklerde ölçülen amonyum seviyeleri sonbahar mevsiminde en düşük Cevizli istasyonunda (0,284 mg/L) ve en yüksek Aslanbeyli istasyonunda (143,5 mg/L), kış mevsiminde en düşük Beykışla istasyonunda (0,25 mg/L) ve en yüksek Aksaklı istasyonunda (58,31 mg/L), ilkbahar mevsiminde en düşük Yenikent istasyonunda (0,2 mg/L) ve en yüksek Ayvalı istasyonunda (47,28 mg/L), yaz mevsiminde ise en düşük Değişören istasyonunda (0,01 mg/L) ve en yüksek Yazıdere istasyonunda (0,6 mg/L) olarak belirlenmiştir. Sonbahar, kış ve ilkbahar mevsimlerinde ölçülen amonyum seviyelerinin tamamına yakını İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik ve Avrupa Birliği İçme Suyu Kriterlerinde limit değer olarak belirtilen 0,5 mg/L'nin üzerinde tespit edilmiştir (İTSHY, 2005; EU, 1998). Yaz mevsiminde ise yalnızca İdrisyayla istasyonu (0,53 mg/L) ve Yazıdere istasyonunda (0,6 mg/L) limit değerinin üzerinde tespit edilmiştir.



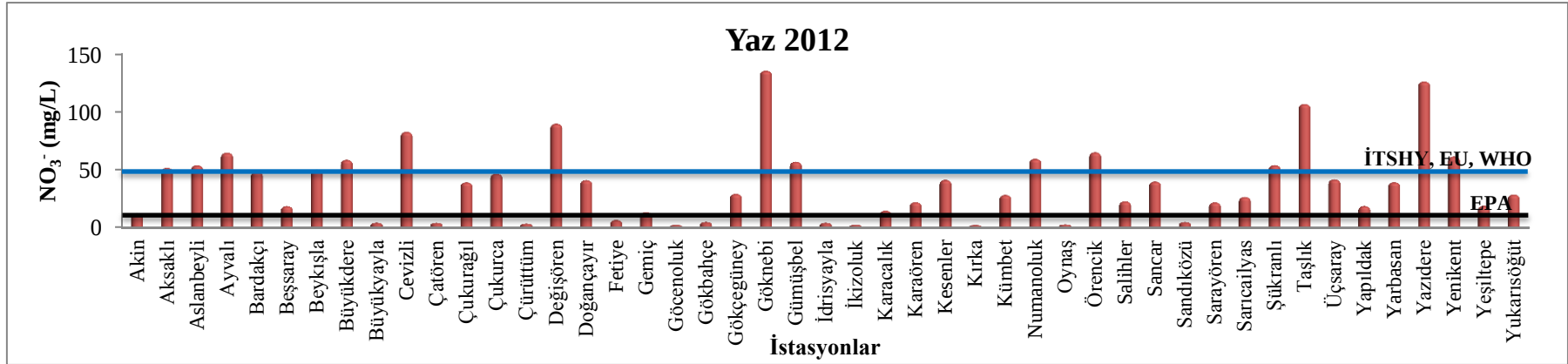
Şekil 4.41. Sonbahar mevsimi nitrat seviyeleri (mg/L)



Şekil 4.42. Kış mevsimi nitrat seviyeleri (mg/L)

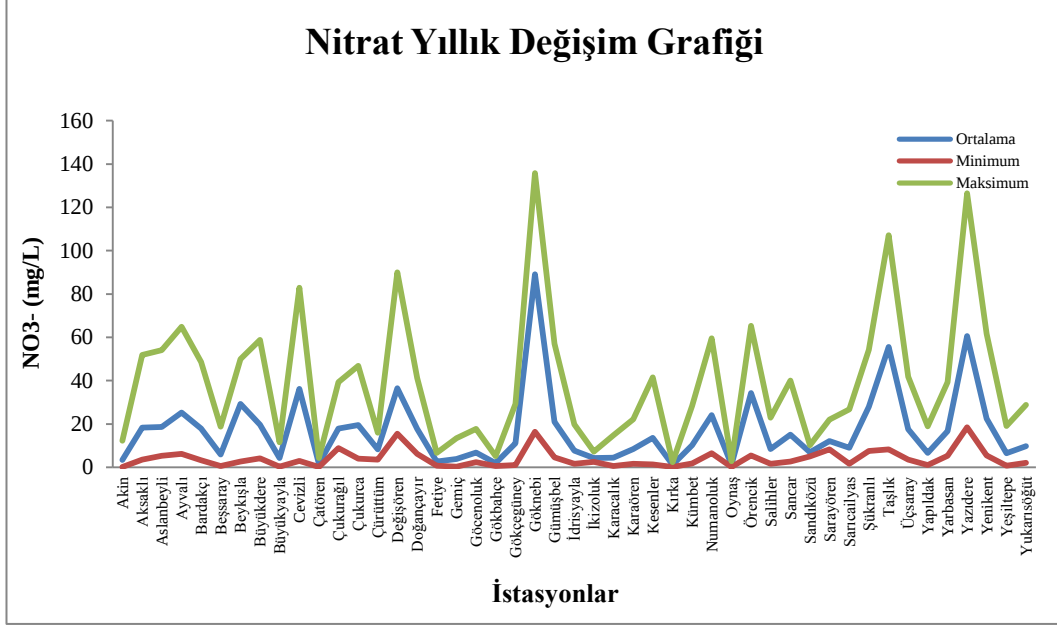


Şekil 4.43. İlkbahar mevsimi nitrat seviyeleri (mg/L)



Şekil 4.44. Yaz mevsimi nitrat seviyeleri (mg/L)

Nitrat Yıllık Değişim Grafiği

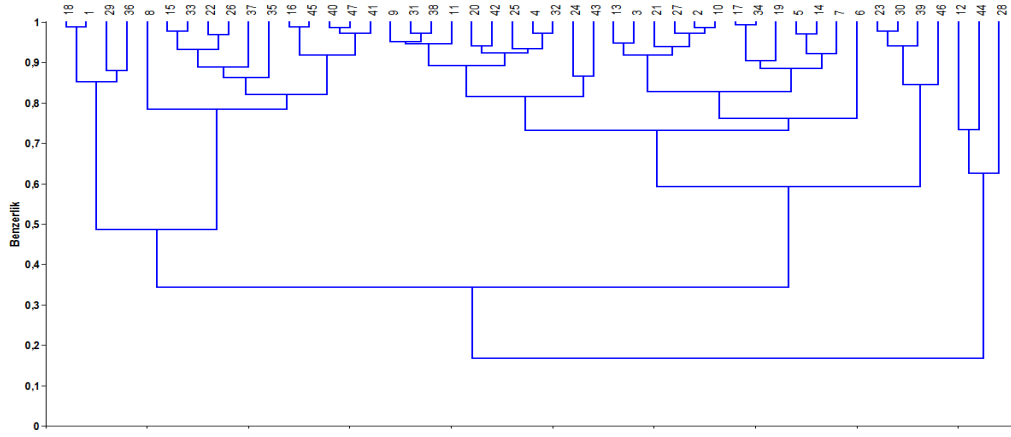


Şekil 4.45. Nitrat yıllık değişim grafiği (mg/L)

Ölçülen nitrat seviyeleri incelendiğinde sonbahar mevsiminde en yüksek nitrat seviyesi Cevizli istasyonunda (21,91 mg/L) ve en düşük nitrat seviyesi Kırka istasyonunda (0,12 mg/L), kış mevsiminde en yüksek nitrat seviyesi Göknebi istasyonunda (135,8 mg/L) ve en düşük nitrat seviyesi Gemiç istasyonunda (0,36 mg/L), ilkbahar mevsiminde en yüksek nitrat seviyesi Taşlık istasyonunda (95,44 mg/L) ve en düşük nitrat seviyesi Çatören istasyonunda (0,73 mg/L), yaz mevsiminde ise en yüksek nitrat seviyesi Göknebi istasyonunda (135,8 mg/L) ve en düşük nitrat seviyesi Kırka istasyonunda (2,32 mg/L) olarak tespit edilmiştir.

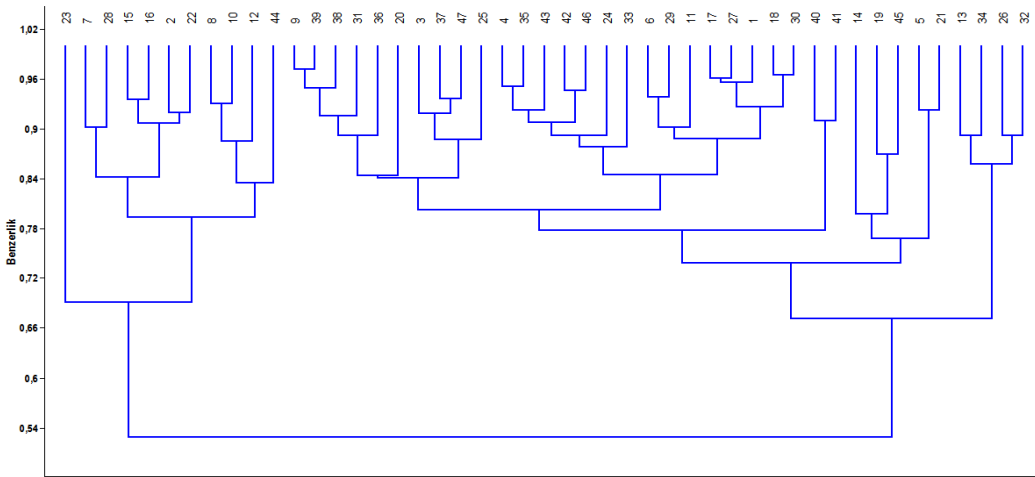
4.2. Kümeleme Analizi Sonuçları

Alınan içme suyu örneklerinde yıllık ölçülen bor (B), sodyum (Na), sıcaklık, iletkenlik, nitrit (NO_2^-), nitrat (NO_3^-), amonyum (NH_4^+) ve sülfat (SO_4^{2-}) parametrelerinde istasyonların birbirlerine benzerliğini belirlemek amacı ile yapılan kümeleme analizi diyagramları Şekil 4.39-49’da verilmiştir.



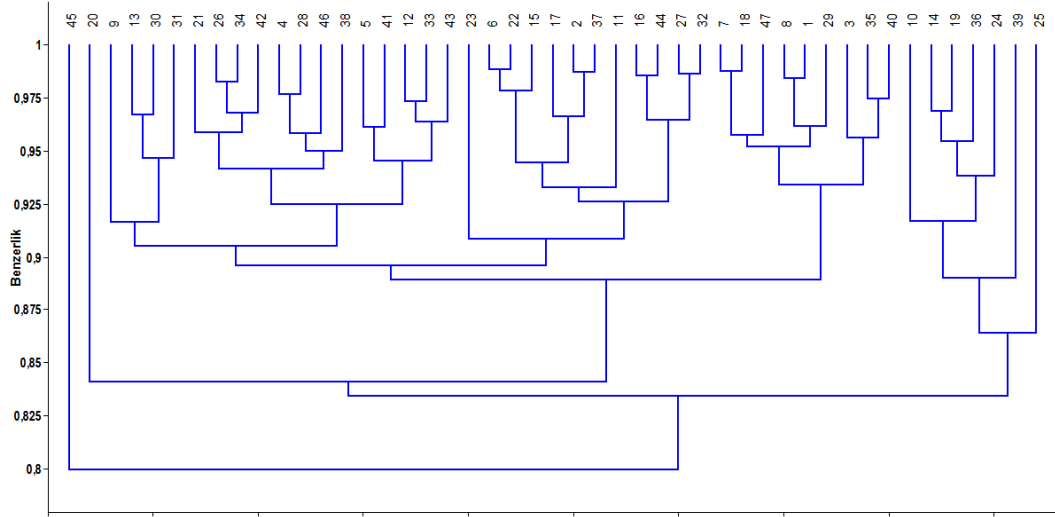
Şekil 4.46. Bor için kümeleme analiz diyagramı

Bor için yapılan kümeleme analizi sonucunda birbirine göre en fazla benzerlik gösteren istasyonlar % 99 benzerlik oranı ile 17. - 34., 18. - 1., 16. - 45. ve 40. - 47. istasyonlar, en az benzerlik gösteren istasyonlar ise % 4'lük benzerlik oranı ile 12. - 38. ve 11. - 12. istasyonlar olarak tespit edilmiştir.



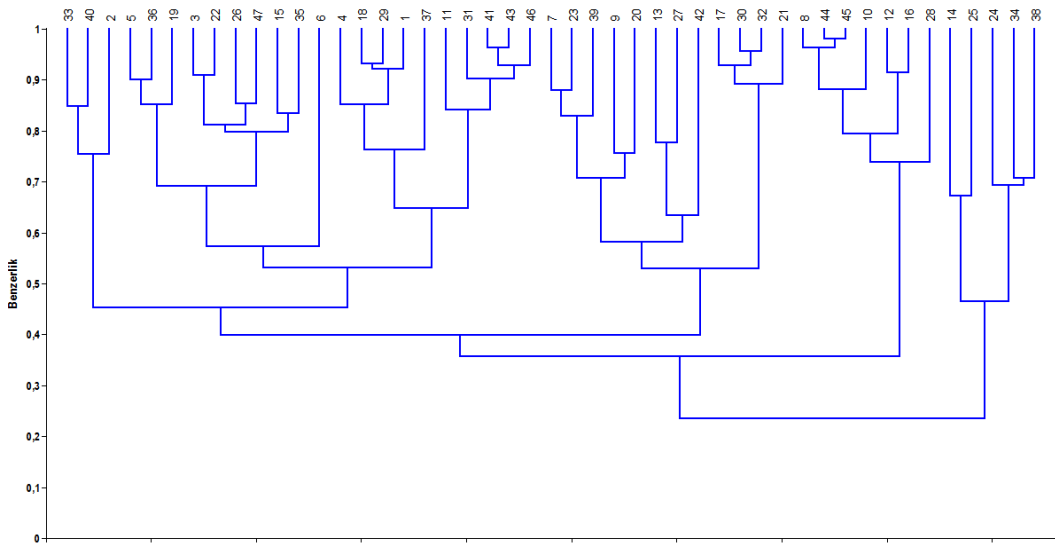
Şekil 4.47. Sodyum için kümeleme analiz diyagramı

Sodyum için yapılan kümeleme analizi sonucunda birbirine göre en fazla benzerlik gösteren istasyonlar % 97 benzerlik oranı ile 9. - 39. istasyonlar, en az benzerlik gösteren istasyonlar ise % 21 benzerlik oranı ile 10. - 26. ve 23. - 26. istasyonlar olarak tespit edilmiştir.



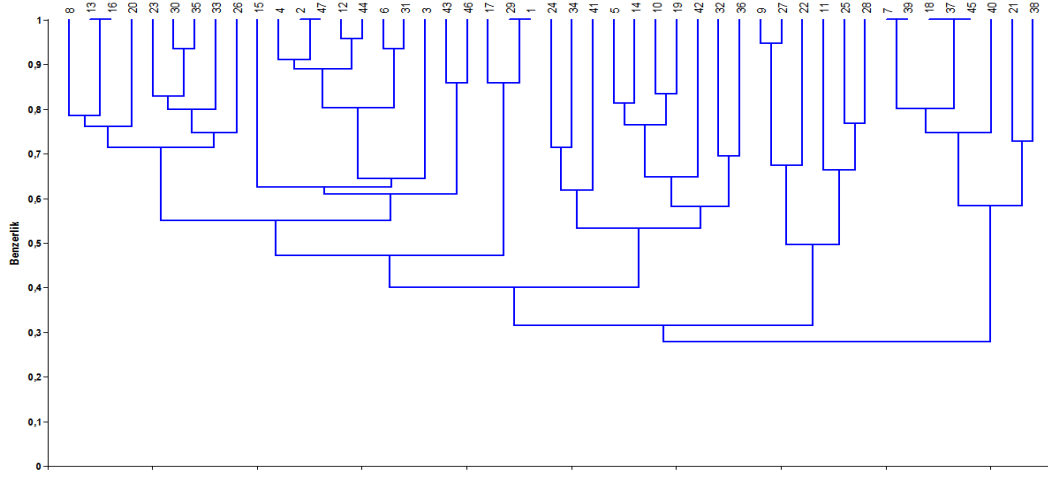
Şekil 4.48. Sıcaklık için kümeleme analiz diyagramı

Sıcaklık için yapılan kümeleme analizi sonucunda birbirine göre en fazla benzerlik gösteren istasyonlar % 99 benzerlik oranı ile 7. - 18., 6. - 22., 37. - 32. ve 7. - 18. istasyonlar, en az benzerlik gösteren istasyonlar ise % 21 benzerlik oranı ile 25. - 45. istasyonlar olarak tespit edilmiştir.



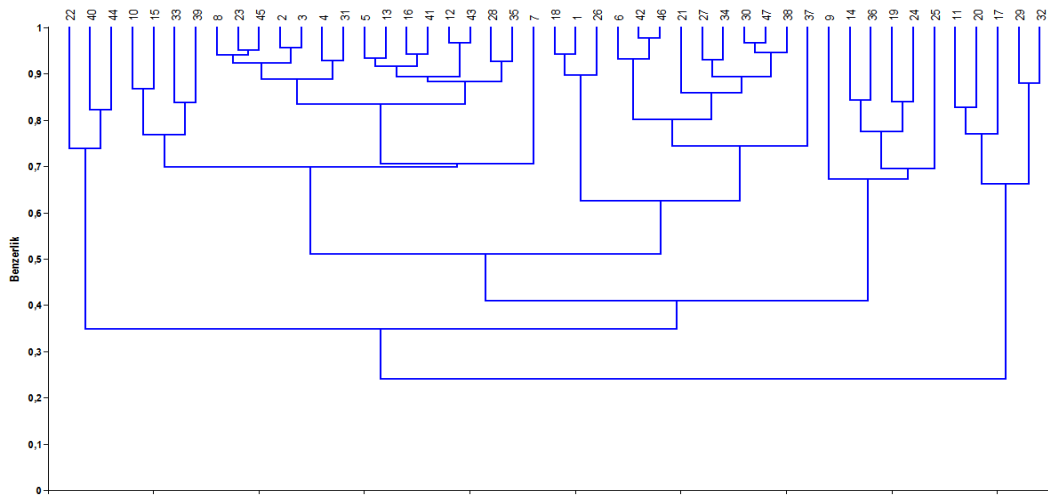
Şekil 4.49. Sülfat için kümeleme analiz diyagramı

Sülfat için yapılan kümeleme analizi sonucunda birbirine göre en fazla benzerlik gösteren istasyonlar % 98 benzerlik oranı ile 44. – 45. istasyonlar, en az benzerlik gösteren istasyonlar ise % 3 benzerlik oranı ile 25. - 44. , 6. – 30. ve 25.–44. istasyonlar olarak tespit edilmiştir.



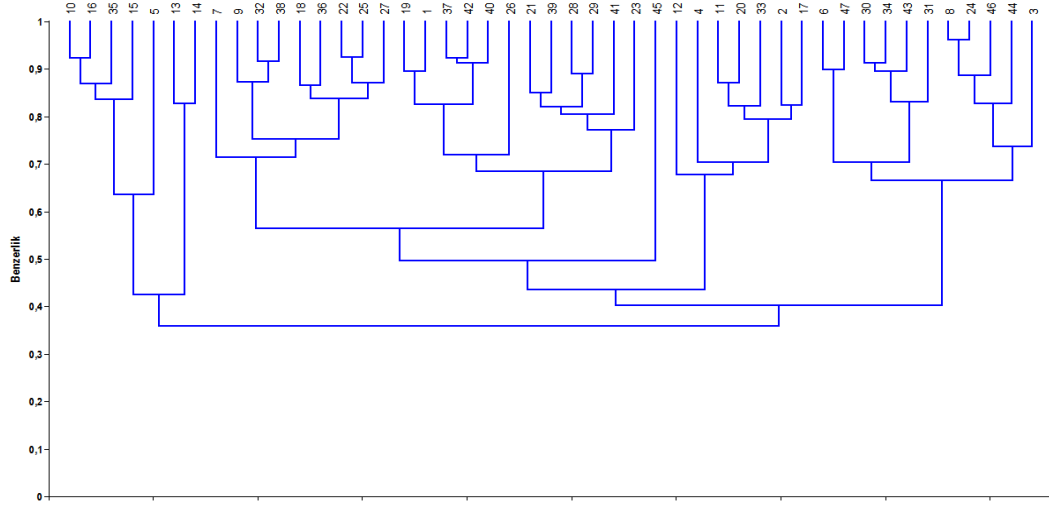
Şekil 4.50. Nitrit için kümeleme analiz diyagramı

Nitrit için yapılan kümeleme analizi sonucunda birbirine göre en fazla benzerlik gösteren istasyonlar % 100 benzerlik oranı ile 13. - 16., 2., - 47., 1., - 29., 7. – 39. ve 18. – 37. – 45. istasyonlar, en az benzerlik gösteren istasyonlar ise % 4 benzerlik oranı ile 18. - 22., 22. – 37. ve 22. – 45. istasyonlar olarak tespit edilmiştir.



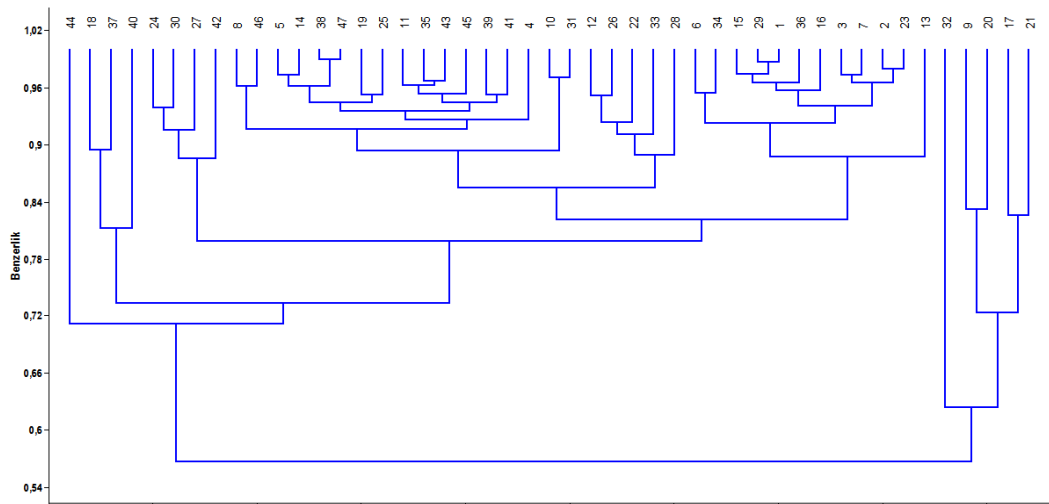
Şekil 4.51. Nitrat için kümeleme analiz diyagramı

Nitrat için yapılan kümeleme analizi sonucunda birbirine göre en fazla benzerlik gösteren istasyonlar % 97 benzerlik oranı ile 42. – 46. istasyonlar, en az benzerlik gösteren istasyonlar ise % 4 benzerlik oranı ile 29. - 20., 20. – 22. ve 32. – 40. istasyonlar olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4.52. Amonyum için kümeleme analiz diyagramı

Amonyum için yapılan kümeleme analizi sonucunda birbirine göre en fazla benzerlik gösteren istasyonlar % 96 benzerlik oranı ile 8. – 24. istasyonlar, en az benzerlik gösteren istasyonlar ise % 3 benzerlik oranı ile 7. - 10. ve 7. – 11. istasyonlar olarak tespit edilmiştir.

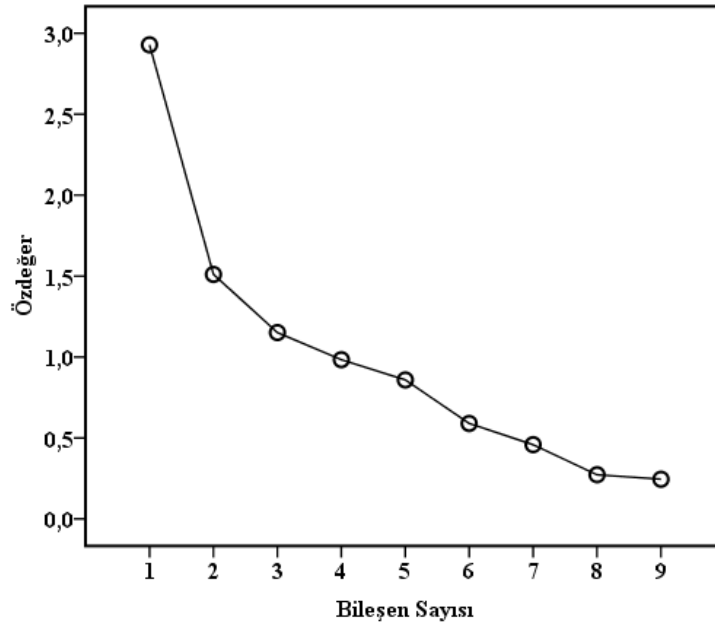


Şekil 4.53. İletkenlik için kümeleme analiz diyagramı

İletkenlik için yapılan kümeleme analizi sonucunda birbirine göre en fazla benzerlik gösteren istasyonlar % 99 benzerlik oranı ile 1. – 29. ve 38. - 47. istasyonlar, en az benzerlik gösteren istasyonlar ise % 23 benzerlik oranı ile 32. - 44. istasyonlar olarak tespit edilmiştir.

4.3. Faktör Analizi

Seyitgazi İlçesi içme sularında incelenen ölçülen bor (B), sodyum (Na), pH, sıcaklık, iletkenlik, nitrit (NO_2^-), nitrat (NO_3^-), amonyum (NH_4^+) ve sülfat (SO_4^{2-}) verileri kullanılarak faktör analizi uygulanmıştır. Faktör analizi sonuçlarına göre ilk 3 özdeğer 1 den büyük bulunmuştur. Bu nedenle çizgi eğim grafiğine göre ilk 3 faktörün seçilmesi uygun görülmüştür (Şekil 4.48.). Bu sonuçlar ışığında toplam değişimin % 62,13'ünü açıklayan üç potansiyel faktör belirlenmiştir (Çizelge 4.1).



Şekil 4.54. Çizgi eğim grafiği

Çizelge 4.1. Varyans tablosu

Bileşen	Başlangıç Özdeğerler			Döndürülmüş Kareli Yüklerin Toplamı		
	Toplam	Varyans %	Kümülatif %	Toplam	Varyans %	Kümülatif %
1	2,929	32,542	32,542	2,776	30,843	30,84
2	1,511	16,787	49,329	1,572	17,462	48,31
3	1,151	12,794	62,123	1,244	13,818	62,123

İlk faktör (F1) toplam varyansın % 30,84'ünü açıklamaktadır (Çizelge 4.1). Birinci faktörü iletkenlik, bor, nitrat, sodyum ve sülfat parametreleri açıklamıştır. Tüm parametreler bu faktörde pozitif yüke sahiptir (Çizelge 4.2). İkinci faktörü (F2) toplam varyansın % 17,46'ını açıklamıştır (Çizelge 4.1). İkinci faktörü sıcaklık ve pH parametreleri oluşturmuştur (Çizelge 4.2). Üçüncü faktör (F3) toplam varyansın % 13,82'sini açıklamıştır (Çizelge 4.1). Bu faktörü nitrit ve amonyum parametreleri oluşturmuş olup amonyum bu faktörde negatif yüke sahiptir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Faktör analizi tablosu

Parametreler	Faktör		
	1	2	3
İletkenlik	,801		
Bor	,775		
Nitrat	,705		
Sodyum	,695		
Sülfat	,682		
pH		,738	
Sıcaklık		,734	
Nitrit			,754
Amonyum			-,653

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Eskişehir İli Seyitgazi İlçesine ait 47 köyde belirlenen istasyonlardan Eylül 2011-Agustos 2012 tarihleri arasında mevsimsel olarak alınan içme suyu örneklerinde bor (B), sodyum (Na), sıcaklık, pH, iletkenlik, nitrit azotu (NO_2^-), nitrat azotu (NO_3^-), amonyum (NH_4^+) ve sülfat (SO_4^{2-}) seviyeleri incelenmiş, istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve elde edilen sonuçlar Çevre Koruma Ajansı (EPA), Avrupa Birliği İçme Suyu Kriterleri (EU), Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (İTSHY)'te belirtilen limit değerlere göre değerlendirilmiştir.

Sıcaklık içme sularında önemli bir kalite kriteridir ve en uygun sıcaklık 7-15 °C'dir. Sıcaklığı 20 °C'nin üzerinde olan suların sağlık açısından uygun olmadığı bilinmektedir (MEGEP, 2007). Alemdar ve ark. (2009), tarafından yapılan çalışmada Bitlis İli merkez ve ilçelerinde içme sularının bazı mikrobiyolojik ve fizikokimyasal özellikleri incelenmiştir. Fizikokimyasal parametrelerden biri olarak incelenen sıcaklık değerlerine bakıldığında ortalama sıcaklık değerinin 11,35 °C olduğu görülmüştür. Reimann ve ark. (2003), tarafından yapılan çalışmada ise Doğu Afrika'nın Etiyopya bölümünde içme suyu olarak kullanılan sularda ölçülen maksimum sıcaklık 67,3 °C, minimum sıcaklık 15,6 °C ve ortalama sıcaklık 28,5 °C olarak ölçülmüştür. Yapılan bu çalışmada alınan örneklerde ortalama sıcaklıklar sonbahar mevsiminde 17,4 °C, kış mevsiminde 7,5 °C, ilkbahar mevsiminde 9,7 °C ve yaz mevsiminde 17,3 °C olarak tespit edilmiştir. Yıllık ortalama sıcaklık ise 12,9 °C olarak tespit edilmiştir. Sıcaklık açısından çalışma alanındaki istasyonlarda sorun olmadığı saptanmıştır.

pH, su kalitesi açısından önemli bir parametre olmakla birlikte insan sağlığı açısından doğrudan bir etkiye sahip değildir (Dombaycı, 2009). İçme sularında pH değeri İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik, Avrupa Birliği İçme Suyu Kriterleri ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'nün standartlarına göre $6,5 < \text{pH} < 9,5$ değerleri arasında olması istenirken, Çevre Koruma Ajansı (EPA) bu değeri $6,5 < \text{pH} < 8,5$ olarak belirlemiştir (EPA, 2012; WHO, 2003; İTSHY, 2005; EU, 1998). Uçmaklıoğlu (2011), Aydın İli sınırları içerisinde tüketilen sulardan alınan örneklerde kış mevsiminde ortalama pH değerlerini artezyen sularında

6,96, kaynak sularında 7,41, şişe sularında 7,45, yaz mevsiminde ortalama pH değerlerini artezyen sularında 6,95, kaynak sularında 7,09, şişe sularında ise 7,26 olarak belirlemiştir. Rossiter ve ark. (2010), Gana ve çevresindeki yerleşim yerlerinden aldıkları içme suyu örneklerinde inceledikleri pH değerlerini 3,7 ile 8,9 arasında tespit etmişler ve bölge sularının genel olarak asidik olduğunu nitelendirmişlerdir. Pritchard ve ark. (2007), Malawi ve çevresinden aldıkları içme suyu örneklerinde ölçtükleri pH değerlerini yağışsız geçen mevsimlerde 6'nın üzerinde, yağışlı geçen mevsimlerde ise 6'nın altında tespit etmişlerdir. Yapılan bu çalışmada ölçülen pH değerleri tüm mevsimlerde İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (İTSHY), Avrupa Birliği İçme Suyu Kriterleri (EU) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'nün belirlediği 6,5-9,5 değerleri arasında ve ilkbahar, yaz, sonbahar mevsimlerinde tüm değerler EPA'da belirtilen sınır değerler (6,5-8,5) arasında belirlenmiştir. Kış mevsiminde ise sadece Yukarısöğüt istasyonu (8,84) EPA'da belirtilen sınır değerlerin üzerinde tespit edilmiştir. pH açısından çalışma alanındaki istasyonlarda sorun olmadığı saptanmıştır.

Nitrit ve nitrat sulara genellikle tarımda kullanılan gübreler, hayvansal atıklar ve kanalizasyon sistemindeki bozukluklar ile karışmaktadır. İçme sularındaki nitrit ve nitrat seviyeleri içme suyu kalitesi için önemli bir göstergedir. İçme suyunda nitrit seviyesinin yüksek olması toksik etkilere yol açabilmektedir (Uçmaklıoğlu, 2011). İçme suyundaki yüksek nitrat seviyeleri ise yeni doğanlarda methemoglobinemiye, yetişkinlerde mide, prostat ve bazı doku ya da organlarda kanser oluşumuna yol açabileceği belirtilmektedir (Özdemir ve ark., 2004). Ulusal ve uluslararası mevzuatlarda nitrit için verilen sınır değerler; EPA (2012)'da 1 mg/L, WHO (2003)'da 0,2 mg/L, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (2005) ve Avrupa Birliği İçme Suyu Kriterleri (1998)'inde 0,5 mg/L olarak; nitrat için verilen sınır değerler ise EPA'da 10 mg/L, WHO, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik ve Avrupa Birliği İçme Suyu Kriterlerinde 50 mg/L olarak belirlenmiştir (EPA, 2012; WHO, 2003; İTSHY, 2005; EU, 1998).

Ağaoğlu ve ark. (2007) tarafından Van İli ve ilçelerinde yapılan çalışmada içme suyu örneklerinde nitrit ve nitrat seviyeleri araştırılmıştır. Ölçülen nitrat seviyeleri Van İli merkez ve ilçelerinde sırası ile köy çeşmelerinden alınan

numunelerde 19,07 mg/L ve 14,61 mg/L, evlerdeki musluklardan alınan numunelerde ise 9,61 mg/L ve 14,11 mg/L olarak tespit edilmiştir. Nitrit seviyeleri ise alınan tüm içme suyu örneklerinde 0,1 mg/L'nin altında ölçülmüştür. Sadeq ve ark. (2008) tarafından Fas'ta yapılan çalışmada içme sularındaki nitrat seviyeleri araştırılmıştır. İçme suyu örneklerinin nitrat seviyelerinin 15,39 ile 246,9 mg/L arasında değiştiği tespit edilmiştir. Alınan örneklerin % 69,2'sinde nitrat seviyelerinin 50 mg/L'nin üzerinde olduğu gözlenmiştir. Yapılan bu çalışmada ise içme suyu örneklerinde ölçülen nitrit seviyeleri tüm istasyonlarda tüm mevsimlerde ulusal ve uluslararası limit değerlerin altında tespit edilmiştir. Nitrat seviyeleri ise sonbahar mevsiminde tüm istasyonlarda limit değerlerin altında, kış mevsiminde Göknebi istasyonunda WHO, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik ve Avrupa Birliği İçme Suyu Kriterlerinde belirtilen 50 mg/L'nin üzerinde ve Beykışla ve Yazıdere istasyonlarında EPA'da belirlenen 10 mg/L'nin üzerinde tespit edilmiştir belirlemiştir. İlkbahar ve yaz mevsiminde ise hemen hemen her istasyonda nitrat seviyelerinde sınır değerlerin üzerine çıktığı gözlenmiştir (Şekil 4.41, Şekil 4.42). Çalışma alanı olan Seyitgazi İlçesi geçiminin büyük bir kısmını tarım ve hayvancılıktan sağlamaktadır. İlkbahar ve yaz mevsimlerinde içme sularında artış gösteren nitrat seviyelerinin nedeni olarak yine ilkbahar ve yaz mevsimlerinde artış gösteren tarım ve hayvancılık faaliyetleri gösterilebilir.

Sülfatın sulara karışması sülfat içeren topraklardan süzülerek, kayalarda mevcut sülfatın ayrışmasıyla, endüstriyel deşarjlar ve sülfatlı gübrelerden meydana gelmektedir. Doğal suların sülfat içeriğinin 5 mg/L ile 200 mg/L arasında olması beklenirken içme sularında limit değer olarak 250 mg/L olarak belirlenmiştir. Yapılan çalışmalarda içme sularındaki yüksek seviyelerdeki sülfatın ishallerde yol açabildiği bildirilmektedir (Sabırlar, 2005). Dayıoğlu ve ark. (2004) tarafından yapılan çalışmada Kütahya İline ait mahallelerden alınan içme suyu örneklerinde sülfat seviyeleri araştırılmış ve alınan içme suyu örneklerinin tamamında sülfat bulunamadığı bildirilmiştir. Khan ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışmada Pakistan'ın Charsadda bölgesinden alınan içme suyu örneklerinde sülfat seviyeleri araştırılmıştır. Alınan örneklerde sülfat seviyeleri 505 mg/L ile 555 mg/L arasında tespit edilmiştir. Yapılan bu çalışmada sonbahar

ve kış mevsiminde sülfat seviyesi Büyükdere istasyonunda (91,5 mg/L), ilkbahar mevsiminde Yenikent istasyonunda (83,5 mg/L) ve yaz mevsiminde Cevizli istasyonunda (126 mg/L) en yüksek seviyede olduğu görülmüştür. Yıllık olarak incelendiğinde ise en yüksek sülfat miktarı Cevizli istasyonunda (126 mg/L) gözlenmiştir. Tespit edilen sülfat değerlerine bakıldığında tüm mevsimlerde EPA, WHO, Avrupa Birliği İçme Suyu Kriterleri ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelikte limit değer olarak belirtilen 250 mg/L'nin altında olduğu görülmüştür. Sülfat açısından çalışma alanındaki istasyonlarda sorun olmadığı saptanmıştır.

İletkenlik suyun elektrik akımını iletme yeteneği olarak nitelendirilmektedir. Bu özellik ise suda iyonların mevcut olmasına ve toplam iyon konsantrasyonuna bağlıdır. İletkenlik içme suyu kaynaklarının kullanımı açısından izlenmesi gereken önemli bir parametredir. Bunun nedeni ise sudaki iyonların klorür ile etkileşerek korozif etki oluşturabilmesidir (Tezce, 2010). Mora ve ark. (2009) tarafından yapılan çalışmada Venezüella'da köylerde içme suyu temininde kullanılan kuyulardan alınan örneklerde iletkenlik değerleri incelenmiş ve ortalama iletkenlik değeri $29,9 \pm 18,2 \mu\text{S/cm}$ olarak bulunmuştur. Cidu ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada İtalya'da şişelenmiş içme suları ve musluk sularından alınan örneklerde iletkenlik değerleri incelenmiş ve değerlerin 1,3 mS/cm ile 3,2 mS/cm arasında değiştiği gözlenmiştir. Yapılan bu çalışmada ölçülen en yüksek iletkenlik değerleri sonbahar mevsiminde Göknebi istasyonunda (1230 $\mu\text{S/cm}$), kış mevsiminde Yazıdere istasyonunda (1235 $\mu\text{S/cm}$), ilkbahar mevsiminde Yazıdere istasyonunda (1270 $\mu\text{S/cm}$) ve yaz mevsiminde Yazıdere istasyonunda (1198 $\mu\text{S/cm}$)'dir. Tespit edilen iletkenlik değerleri incelendiğinde tüm mevsimlerde ölçülen değerlerin İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik ve Avrupa Birliği İçme Suyu Kriterleri'nde limit değer olarak belirtilen 2500 $\mu\text{S/cm}$ 'in altında olduğu belirlenmiştir (İTSHY, 2005; EU, 1998). İletkenlik açısından çalışma alanındaki istasyonlarda sorun olmadığı saptanmıştır.

Amonyum genellikle insan vücudunda çözünmüş amonyum olarak ciddi tehlikeler oluşturabilmektedir. Amonyum uygun reaksiyon koşulları oluştuğunda kolaylıkla önce nitrite (NO_2^-) sonrasında ise (NO_3^-) dönüşmektedir. Bunun

yanında amonyumun sulardaki serbest klorla reaksiyona girmesi kloraminleri oluşturarak içme suyu arıtım tesislerinde klorlama veriminin düşmesine neden olmaktadır (Kurama ve Poetzschke, 2002). Yapılan bu çalışmada içme suyu örneklerde ölçülen amonyum seviyeleri en yüksek (143,5 mg/L) sonbahar mevsiminde Aslanbeyli istasyonunda tespit edilmiştir. Amonyumun başlıca kaynakları arasında gübreleme ve hayvansal atıklar yer almaktadır. Çalışma alanı olan Seyitgazi İlçesi tarımsal ve hayvancılık faaliyetlerinin yoğunlukla yapıldığı bir bölgedir. Özellikle sonbahar mevsiminde bölgede buğday ekimi yapılmaktadır. Buğday için gerekli olan azotlu gübrelerin içeriğini ise amonyum sülfat ve amonyum nitrat oluşturmaktadır. İçme sularında amonyum seviyelerinde sonbahar mevsiminde meydana gelen artışın nedeninin gübrelemeden kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Amonyumun çalışma alanındaki istasyonlarda yüksek seviyelerde bulunması nedeni ile insan sağlığı açısından sorunlara yol açabileceği saptanmıştır.

Sodyum dünyada en çok bulunan altıncı elementtir. Sodyum tuzları genellikle su içinde büyük ölçüde çözünebilirler. Sodyumun yeraltı ve yüzeysel sulara karışması ise kayaçlardan yıkanarak meydana gelmektedir (WHO, 1996). Masar ve ark. (2009), tarafından yapılan çalışmada musluk suyunda ve şişelenerek satılan dört farklı içme suyunda sodyum seviyeleri araştırılmıştır. Musluk suyunda tespit edilen sodyum seviyesi 12,7 mg/L, şişe sularında en düşük 1,3 mg/L ve en yüksek 622 mg/L olarak tespit edilmiştir. Yapılan bu çalışmada mevsimsel olarak sodyum (Na) seviyeleri incelendiğinde, kış mevsiminde sodyum seviyelerinin tüm istasyonlar için en yüksek seviyede olduğu, ilkbahar mevsiminde ise en düşük seviyede olduğu görülmüştür. Tüm mevsimlerde ölçülen sodyum seviyeleri; WHO, Avrupa Birliği İçme Suyu Kriterleri ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik'te belirtilen sınır değer (200 mg/L) altında tespit edilmesinin yanı sıra sonbahar mevsiminde; Büyükdere, Cevizli, Çukurağıl, Doğançayır ve Yenikent istasyonlarında, kış mevsiminde; Aksaklı, Bardakçı, Beykışla, Büyükdere, Cevizli, Çukurağıl, Değişören, Doğançayır, Gökçeğüney, Göknebi, Gümüşbel, Kesenler, Yazıdere ve Yenikent, yaz mevsiminde ise Büyükdere, Cevizli, Çürüttüm ve Yazıdere istasyonlarında ölçülen sodyum

seviyelerinin EPA’da belirtilen sınır değerin (20 mg/L) üzerinde olduğu tespit edilmiştir (EPA, 2012).

Çok sayıda kimyasal türevi olan bor, tüm dünyada olduğu kadar ülkemiz için de en önemli yer altı zenginliklerinden biridir. Türkiye’de mevcut olan 800 milyon ton rezerv, dünyadaki toplam bor rezervinin % 63’ünü oluşturmaktadır (Güyağüler, 2001). Borun çevreye yayılışı kayaçların ayrışması, deniz suyundan borik asidin buharlaşması ve volkanik faaliyetler gibi doğal faaliyetler sonucunda olabilmektedir (Yazbeck ve ark., 2005). Borun içme sularına karışması ise kayaçların yapısında bulunan borun ayrılarak yeraltı suyuna geçmesi veya toprakta bulunan borun yağmur sularıyla yeraltı suyuna karışması ile açıklanabilmektedir (Ünlü ve ark., 2011). Ulusal ve uluslararası mevzuatlar içme sularındaki bor seviyeleri için bazı sınırlamalar getirmiştir. Sağlık Bakanlığı’nın yayınladığı 17.02.2005 tarih ve 25885 sayılı İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik ile içme sularındaki bor seviyesinin 1 mg/L’nin altında olması gerektiği belirtilmiştir. Çevre Koruma Ajansı (EPA) ve Avrupa Birliği İçme Suyu Kriterleri’nde, içme sularında bor derişiminin 1 mg/L’nin altında olması gerektiğini belirtilmiştir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ise bu değeri 0,5 mg/L olarak açıklamıştır (WHO, 2003).

Çöl ve Çöl (2003) tarafından yapılan çalışmada Kütahya’da içme suyu örneklerinde bor seviyeleri araştırılmıştır. Alınan örneklerde minimum bor değeri 0,03 mg/L ve maksimum bor değeri 3,39 mg/L olarak tespit edilmiştir. Baruah ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada Hindistan’ın Golaghat bölgesinde içme suyu olarak kullanılan yeraltı sularında bor seviyeleri araştırılmıştır. Onbeş istasyondan alınan içme suyu örneklerinin yalnızca beş tanesinde bor seviyesinin WHO’da belirlenen 0,5 mg/L olan sınır değeri aştığı gözlenmiştir. Yapılan bu çalışmada kış mevsiminde bor seviyelerinin diğer mevsimlerden yüksek olduğu tespit edilmiştir. İlkbahar ve yaz mevsimlerinde ise bor seviyesinin tüm istasyonlarda azaldığı gözlemlenmiştir. Bunun nedeni olarak kış mevsiminde yağın yoğun karın ilkbaharda eriyerek, ilkbahar yağmurları ile birlikte sulara karıştığı ve kış mevsiminde yüksek olan bor seviyelerini seyrelttiği düşünülmektedir. Eylül 2011 – Ağustos 2012 dönemine ait yağış verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nden alınmıştır. Bu verilere göre sonbahar mevsiminde düşen yağış

miktarı 23,26 mm, kış mevsiminde düşen yağış miktarı 65,12 mm, ilkbahar mevsiminde düşen yağış miktarı 49,18 mm ve yaz mevsiminde düşen yağış miktarı 14,16 mm olarak belirlenmiştir (MGM, 2012).

Tüm mevsimlerde elde edilen veriler incelendiğinde Çukurağıl ve Yazıdere istasyonlarında bor seviyelerinin diğer istasyonlara göre yüksek olduğu gözlenmiştir. Bu istasyonlarda içme suları sondaj kuyularından yani yeraltı sularından sağlanmaktadır. Bu istasyonlardaki yüksek bor seviyesinin o bölgedeki toprak ve kayaç yapısı ile birlikte Kırka bor maden işletmeciliği ile kirlenen Seydisuyu'nun yeraltı sularına karışmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Seyitgazi İlçesi içme suyu örneklerinde ölçülen su kalite parametrelerinden elde edilen veriler kullanılarak yapılan faktör analizi sonuçlarına göre toplam varyansın % 62,12'sini açıklayan 3 faktör belirlenmiştir. Liu, et al., 2003, faktör yüklerini kuvvetli ($< 0,75$), ılımlı (orta) ($0,75-0,50$) ve zayıf ($0,50-0,30$) olarak sınıflandırmıştır. Bu çalışmada faktör analizi sonuçlarına göre ilk faktör (F1) toplam varyansın % 30,84'ünü açıklamaktadır. 1. faktörde iletkenlik, bor, sodyum, sülfat ve nitrat parametreleri oluşturmuştur (Çizelge 4.2). Bu faktörde bor ve iletkenlik kuvvetli pozitif etkiye sahiptir. Dünya'nın en büyük sodyum borat yatakları Türkiye'de (Kırka) bulunmaktadır. Bölgede bulunan sodyum borat yataklarının kayaçlardan çözünmesi ile gübrelerde yoğun olarak kullanılan sülfat ve nitrat tuzlarının topraktan süzülmesi ile sulardaki iletkenlik değerinin yükselmesine neden olduğu düşünülmektedir. İkinci faktör (F2) toplam varyansın %17,46'sını açıklamaktadır (Çizelge 4.1). Bu faktörde sıcaklık ve pH parametreleri pozitif etkiye sahiptir. Üçüncü faktör ise toplam varyansın % 13,82'sini açıklamıştır (Çizelge 4.1). F3'de nitrit kuvvetli pozitif etkiye sahiptir, amonyum ise negatif etkilidir. Toprağa gelen organik atıklar saprofit bakteri ve mantarlar tarafından amonyağa dönüştürülmektedir. Amonyağın nitrite ve nitritlerinde nitratlara çevrilmesi işlemine nitrifikasyon adı verilmektedir. İnsanların bu döngüye katkısı, toprakların azotlu gübreler ile aşırı oranda gübrenmesi sonucu toprakların verimlerini kaybetmesi ile birlikte bu yoğun azot bileşiklerinin zamanla yeraltına süzülmesi ile kullanılabilir su kaynaklarının kalitesi azalmaktadır (Türe ve Çiçek, 2012). Bu yargıdan yola çıkarak faktör analizinde elde edilen üçüncü faktörde görülen amonyum ile nitrit arasındaki ters

ilişki amonyumun uygun reaksiyon şartlarında kolaylıkla nitrite dönüştüğünü göstermektedir.

Bu tez çalışması sonucunda elde edilen veriler ışığında sıcaklık, pH, nitrit, nitrat, iletkenlik ve sülfat değerleri açısından problem olmadığı belirlenmiştir. Amonyum, sodyum ve bor seviyelerinin ise bazı istasyonlarda problemlere yol açabilecek seviyelerde olduğu tespit edilmiştir. Özellikle Çukurağıl, Kesenler ve Yazıdere istasyonlarında tespit edilen bor seviyelerinin insan sağlığını olumsuz yönde etkileyeceği kanaatine varılmıştır. Bu nedenle bu köylerin içme suyu standartlarının iyileştirilmesi gerekmektedir. Bu sorunun çözümünde içilebilir su kalitesinin uygun olduğu yakın bölgelerden su temin edilmesi önerilmektedir. Bu kapsamda sorumlu belediyeler, DSİ, Orman ve Su İşleri Bakanlığı başta olmak üzere konuyla ilgili kamu kurum ve kuruluşlarına önemli görevler düşmektedir.

KAYNAKLAR

- Ağaoğlu, S., Alisharlı, M., Alemdar, S., Dede, S., *Van Bölgesi İçme ve Kullanma Sularında Nitrat ve Nitrit Düzeylerinin Araştırılması*, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi, Van, No: 18, 17-24, 2007.
- Alemdar, S., Kahraman, T., Ağaoğlu, S., Alisharlı, M., *Bitlis İli İçme Sularının Bazı Mikrobiyolojik ve Fizikokimyasal Özellikleri*, Ekoloji Dergisi, No: 73, 29-38, 2009
- Ardıç, M., *Bor Toksisitesinin Nohut (Cicer arietinum L.) Bitkisinde Bazı Fizyolojik ve Biyokimyasal Özellikleri Üzerindeki Etkileri*, Doktora Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 2006.
- Baruah, B.P., Haque, A., Das, B., Medhi, C., Misra, A.K, *Boron in Soil and Water Samples in some Tea Garden Belt of Golathat district, Assam*, Advances in Applied Science Research, 2 (4), 298-305, 2011.
- Boşgelmez, A., Boşgelmez, İ.İ., Savaşçı S. ve Paslı N., *Ekoloji II. Toprak* Başkent Klişe Matbaacılık, ISBN: 975-96377-2-3, 669-675 p, Ankara, 2001 .
- Buluttekin, M. B., *Bor madeni ekonomisi: Türkiye 'nin dünya bor piyasasındaki yeri*, 2. Ulusal İktisat Kongresi, İzmir, 2008.
- Camacho-Cristobal, J. J., Rexach,J., Gonzalez-Fontes, A., *Boron in plants: deficiency and toxicity*, Departamento de Fisiologia, Anatomia y Biologia Celular, Facultad de Ciencias Experimentales, Universidad Pablo de Olavide, Spain,
- Cidu, R., Frau, F., Tore, P., *Drinking water quality: Comparing inorganic components in bottled water and Italian tap water*, Journal of Food Composition and Analysis, No:24, 184-193, 2011.
- Cortes, S., Reynaga-Delgado, E., Sancha, A.M., Ferreccio, C., *Boron exposure assessment using drinking water and urine in the North of Chile*, Science of the Total Environment, No:410-411, 96-101, 2011.

- Çalık, A., *Türkiye'nin bor madenleri ve özellikleri*, Mühendis ve Makine, Cilt:43, Sayı:508, İstanbul, 2002.
- Çalık, E., Menteş, Y., Karadağ, F. ve Dayıoğlu, H., *İçme suyunun sağlık açısından değerlendirilmesi*, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Sayı: 6, Kütahya, 2004.
- Çelik, A., *Borlu Sulama Sularının Biber Bitkisinin (Capsicum annuum L.) Verim ve Kalitesine Etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2007.
- Çöl, M., Çöl, C., *Environmental boron contamination in waters of Hisarcık area in the Kütahya province of Turkey*, Food and Chemical Toxicology, No:41, 1417-1420, 2003.
- Dayıoğlu, H., Özyurt, M.S., Bingöl, N., Yıldız, C., *Kütahya İli İçme Sularının Bazı Fiziksel, Kimyasal ve Bakteriyolojik Özellikleri*, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Kütahya, No:7, 2004.
- Dere, H. H., *Eskişehir ili Kırka florası üzerinde çalışmalar*, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Biyoloji Anabilim Dalı, Eskişehir, 2010.
- Demirtaş, A., *Bor Bileşikleri ve Tarımda Kullanımı*, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, Erzurum, No: 37, 111-115, 2006.
- Demirtaş, Ö., *Bor Kirliliğinin Phaselous vulgaris L. Üzerindeki Etkilerinin Fizyolojik ve Biyokimyasal Analizlerle İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Fatih Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2011.
- Doğan, G., Sabah, E., Erkal, T., *Borun çevresel etkileri üzerine Türkiye'de yapılan bilimsel araştırmalar*, Türkiye 19. Uluslararası Madencilik Kongresi IMCET, İzmir, 2005.
- Dombaycı, K., *Erzurum İli İçme Suyunun Bazı Fiziksel ve Kimyasal Kalite Parametreleri Bakımından İzlenmesi ve Değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 2009.
- Dündar, M. S., Altundağ, H., *Investigation of heavy metal contamination in the lower Sakarya river water and sediments*, Environ Monit Assess, No:128, 177-181, 2007.

- EN ISO 10304-1, *Water quality -- Determination of dissolved anions by liquid chromatography of ions -- Part 1: Determination of bromide, chloride, fluoride, nitrate, nitrite, phosphate and sulfate*
- EN ISO 10304-2, *Water Quality 'Determination of dissolved anions by liquid chromatography of ions.' Determination of sulfate*
- EN ISO 26777, *Water Quality 'Determination of Dissolved anions by liquid chromatography of ions'. Determination of nitrite*
- EPA, *Drinking water health advisory for boron*, Health and Ecological Criteria Division Office of Science and Technology Office of Water, Washington, 2008
- EPA, *Drinking water standarts and health advisories*, Office of Water U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, 2012
- EPA Method 7000B, *Flame atomic absorption spectrophotometry*, 2007
- Eren, M., *Bor'un Biyolojik Önemi ve Metabolizma Üzerine Etkileri*, Erciyes Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi, Erciyes, No:1, 55-59, 2004.
- Gemici, Ü., Tarcan, G., Helvacı C., Somay, A.M., *High arsenic and boron concentrations in groundwaters related to mining activity in the Bigadiç borate deposits (Western Turkey)*, Applied Geochemistry, No:23, 2462-2476, 2008.
- Güyağüler, T., *Türkiye bor potansiyeli*, 4. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, 2001
- Irmak, P., *Türkiye'de bor madeni ve ekonomik incelenmesi: Eskişehir-Kırka işletmesi örneği*, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir, 2006.
- İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik, Sayı: 25730, 2005
- İpekoğlu, Ü., ve Polat., M. , *Bor endüstrisine genel bakış*, Madencilik, Sayı:26, 5-6, 1987
- Kar, Y., Şen, N., Demirbaş, A., *Boron minerals in Turkey, their application areas and impotance fort he country's economy*, Minerals & Energy, No: 20, 2-10, 2006.
- Kayama, Y., *Treatments of Severely Boron-Contaminated Soils for Phytorestation*, Phytorestation, A.B.D., 2010.

- Kelling, K. A., *Soil and applied boron*, Understanding Plant Nutrients, 1999.
- Khan, S., Shahnaz, M., Jehan, N., Rehman, S., Shah, M.T., Din, I., *Drinking water quality and human health risk in Charsadda district, Pakistan*, Journal of Cleaner Production, 1-9, 2012.
- Kurama, H., Poetzschke, J., *İçme sularından amonyum iyonlarının uzaklaştırılmasında membran filtrasyon uygulanması*, Ekoloji Çevre Dergisi, No: 42, 45-48, 2002.
- Lacey, A. Ve Davies, S., *Boron toxicity in WA soils*, Department of Agriculture and Food, Note: 388, Australia, 2009.
- Liu, C. W., Lin, K. H., & Kuo, Y. M., 2003, Application of factor analysis in the assessment of groundwater quality in a Blackfoot disease area in Taiwan. Science of the Total Environment, 313, 77–89.
- Masar, M., Sydes, D., Luc, M., Kaniansky, D., Kuss, H. M., *Determination of ammonium, calcium, magnesium, potassium and sodium in drinking waters by capillary zone electrophoresis on a column-coupling chip*, Journal of Chromatography A, No:1216, 6252-6255, 2009.
- Matula, J., *Boron sorption in soils and its extractability by soil tests(Mehlich 3, ammonium acetate and water extraction)*, Plant Soil Environment, No:55, 42-49, 2009.
- Meacham, S., Karakas, A., Wallace, A., ve Altun, F., *Boron in human health: evidence for dietary recommendations and public policies*, The Open Mineral Processing Journal, No:3, 36-53, 2010.
- MEGEP, *İçme ve kullanma suyu analizleri*, Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi, Ankara, 2007.
- Melnyk, L., Goncharuk, V., Butnyk, I. and Tsapiuk, E., *Boron removal from natural and wastewaters using combined sorption/membrane process*, Desalination, No:185, 147-157, 2005.
- MGM, *Yıllık yağış, sıcaklık ve buharlaşma verileri*, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2012.

- Mora, A., Mac-Quhae, C., Calzadilla, M., Sánchez, L., *Survey of trace metals in drinking water supplied to rural populatios in the eastern Llanos of Venezuela*, Journal of Environmental Manegement, No:90, 752-759, 2009.
- Mumcu, E., *Seydi Çayı (Eskişehir) Çevresinden Toplanan Su ve Toprak Örneklerinde Ames/Salmonella/Mutajenite Testi ile Bor Elementinin Mutajenitesinin Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Entitüsü, Eskişehir, 2005.
- Nable, O.R., Banuelos, S. G., Paull, J. G., 1997. Boron toxicity, Plant and Soil 193: 181-198.
- NIWOP (National Irrigation Water Quality Program), *Guidelines for interpretation of the biological effects of selected constituents in biota, water and sedimen boron*, Information Report, No:3, United States, 1998.
- Onacak, T., *Borlu Atıksuların Kırka (Eskişehir) Yöresi Yüzey Sularına Etkileri*, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1990.
- Ölçen, N., *Bor madeninin enerji alanındaki önemi*, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2001.
- Öner, U., *Türkiye'nin alternatif enerji kaynakları ve bor madeninin endüstride kullanım alanlarının araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2007.
- Özdemir, M., Yavuz, H., İnce, S., *Afyon Bölgesi Kuyu Sularında Nitrat ve Nitrit Düzeylerinin Belirlenmesi*, Ankara Üniversitesi, Veterinerlik Fakültesi Dergisi, Ankara, No: 51, 25-28, 2004.
- Özgül, Ş, *Tuzluluk ve Sodalık*, Uluslararası Sulama ve Drenaj Komisyonu Türk Milli Komitesi, Teknik Rehber, Sayı: 2, 18-34, Ankara, 1974.
- Pritchard, M., Mkandawire, T., O'Neill, J. G., *Biological, chemical and physical drinking water quality from shallow wells in Malawi: case study of Blantyre, Chiradzulu and Mulanje*, Physics and Chemistry of the Earth, No:32, 1167-1177, 2007.

- Queste, A., Lacombe, M., Hellmeier, W., Hillermann, F., Bortolussi, B., Kaup, M., Klaus, O., Mathys, W., *High concentrations of flüoride and boron in drinking water wells in the Muenster region-Results of a preliminary investigation*, International Journal of Hygiene and Environmental Health, No:203, 221-224, 2003.
- PD, H., *A review of boron effects in the environment*, Biol Trace Elem Res, 66(1-3) : 153-166, 1998.
- Reimann, C., Bjorvatn, K., Frengstad, B., Melaku, Z., Tekke-Haimanot, R. And Siewers, U., *Drinking water quality in the Ethiopian section of the East African Rift Valley I – data and health aspects*, The Science of the Total Environment, No: 311, 65-80, 2003.
- Rossiter, H. M. A., Qwusu, P. A., Awuah, E., MacDonald, A. M., Schafe, A. I., *Chemical drinking water quality in Ghana: water costs and scope for advanced treatment*, Science of the Total Environment, No:408, 2378-2386, 2010.
- Sabırlar, D., *Ankara ASKİ içme suyu kaynaklarının özellikleri ve kirlilik yönünden değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 2005.
- Saygıdeğer Demir, B., *Borun İnsan ve Bitki için Önemi ve bazı Üzüm Çeşitlerinde Bor Tayini*, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2005.
- Sadeq, M., Moe, C.L., Attarassi B., Cherkaoui, I., ElAouad, R., Idrissi, L., *Drinking water nitrate and prevalence of methemoglobinemia among infants and children aged 1-7 years in Moroccan areas*, International Journal of Hygiene and Environmental Health, No:211, 546-554, 2008.
- Şaylı, B.S., *İnsan Sağlığı ve Bor Minerali*, Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi-Eti Holding Araştırma Projeleri, Ankara, 2000.
- Şimsek, A., Velioglu, S., Coskun, A.L., Sayli, B.S., *Boron concentration in selected foods from borate-producing regions in Turkey*, Journal of the Science of Food and Agriculture, No:83, 586-592, 2003.
- Tezce, G., *Drinking water quality in Ankara: A monitoring study*, The Degree of Master of Science, Middle East Technical University, Ankara, 2010.

- The EU Drinking Water Directive, *The boron standard and scientific uncertainty*, Wiley InterScience, No:15, 1-12, 2005.
- The EU Drinking Water Directive, *Council directive 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption*, Official Journal of the European Communities, 1998.
- TÜİK, *Adrese dayalı nüfus kayıt sistemi sonuçları*, No: 3649, Ankara, 2011
- Türe, C. ve Çiçek, A., *Ekoloji ve turizm*, Anadolu Üniversitesi, Açıköğretim Fakültesi Yayını, No: 1450, Eskişehir, 2012.
- Türkez, H., *Bazı Bor Bileşiklerinin İn Vitro Şartlarda Periferal İnsan Kanı Üzerine Genetik ve Biyokimyasal Etkileri*, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 2007.
- Uçkun, Z., *Bor Maruziyetinin İnsanlar Üzerindeki Genotoksik Etkilerinin Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2006.
- Uçmaklıoğlu, S., *Aydın'da İçme Suyu Nitrit ve Nitrat Düzeylerinin Yüksek Basınçlı Sıvı Kromatografisi (YBSK) ile Belirlenmesi*, Adnan Menderes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Aydın, 2011.
- Unsal, A., Metintaş, S., *Kırka (Eskişehir)'da Bor'a Maruz Kalan Halkın Sağlık Birimlerine Başvurularının Değerlendirilmesi*, Ekoloji Dergisi, No:44, 2002.
- Uslu, T., *Bor Madeninin Enerji Kaynağı Olarak Kullanılması*, TMMOB Türkiye VI. Enerji Sempozyumu – Küresel Enerji Politikaları ve Türkiye Gerçeği, 2007.
- Uygan, D., Çetin, Ö., *Eskişehir Seyitgazi Sulama Şebekesinde Seçilen Bazı Tarım Alanlarının, Topraktaki ve Sulama Suyundaki Bor Düzeylerinin Belirlenmesi*, IV. Uluslararası Bor Sempozyumu, Eskişehir, 2009.
- Uygan, D., Çetin, Ö., *Bor'un Tarımsal ve Çevresel Etkileri: Seydisuyu Su Toplama Havzası*, II. Uluslararası Bor Sempozyumu, Eskişehir, 2004
- Ünlü, M.İ., Bilen, M., Gürü, M., *Kütahya-Emet Bölgesi Yeraltı Sularında Bor ve Arsenik Kirliliğinin Araştırılması*, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Ankara, Cilt:26, No: 4, 753-760, 2011.

- Vuran, F. A., *Toprak ve su örneklerinde bazı bor türlerinin araştırılması araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın, 2006.
- WHO, *Guidelines for drinking water quality*,
- WHO, *Boron in drinking water*, Backround Document for Development of WHO Guidelines for Drinking Water Quality, Genova, 2003.
- WHO, *pH in drinking-water*. Backround Document for Development of WHO Guidelines for Drinking Water Quality, Genova, 2003.
- WHO, *Nitrate and nitrite in drinking water*, Backround Document for Development of WHO Guidelines for Drinking Water Quality, Genova, 2003.
- WHO, *Sulfate in drinking-water*. Backround Document for Development of WHO Guidelines for Drinking Water Quality, Geneva, 2003.
- WHO, *Sodium in drinking-water*. Backround Document for Development of WHO Guidelines for Drinking Water Quality, Geneva, 2003.
- Yazbeck, C., Klippmann, W., Sahuquillo, J., Debotte, G., and Huel, G., *Health impact evaluation of boron in drinking water: a geographical risk assessment in Northern France*, Environmental Geochemistry and Health, 27:419-427, 2005
- Yılmaz, Ö., *Dipsiz-Çine Çayı (Muğla, Aydın)'dan Alınan Su, Sediment ve Unio crassus (Bivalvia: Unionidae) Örneklerinde Ağır Metal Miktarının Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla, 2011.
- Youssef, D.H., *Distribution of Boron in Some Egyptian Aquatic Environments*, Journal of Oceanography, Vol.59, 537-544, 2003.

