

Mahmut YILDIZTEKİN²
Atilla Levent TUNA^{3*}

² Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji
A.B.D., 48170, Kötekli-Muğla

³ Muğla Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü,
48170, Kötekli-Muğla,

* e-posta: tuna@mu.edu.tr

Muğla Karabağlar Yöresi Kuyu Sularının Sulama Suyu Kalitesi Yönünden Araştırılması¹

Investigation on irrigation water quality of the well waters in
the Karabağlar region - Muğla

¹ Bu çalışma Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalında yürütülen
Yüksek Lisans tez projesinin bir bölümüdür.

Alınış (Received): 24.02.2010 Kabul tarihi (Accepted): 21.12.2010

Anahtar Sözcükler:

Muğla, Karabağlar, sulama suyu, kalite

Key Words:

Muğla, Karabağlar, irrigation water, quality

ÖZET

Bu çalışmanın amacı; Muğla Karabağlar yöresi kuyu sularının sulama suyu kalitesi ve ağır metal içeriklerini saptayarak, bu bölgedeki su izleme ve değerlendirme çalışmalarına bir başlangıç oluşturmaktır. Araştırma materyalini oluşturan Muğla Karabağlar yöresi kuyu sularından, 4 mevsim boyunca 20'şer adet su örneği alınmıştır. Mevsimsel olarak alınan su örneklerinde, EC değeri 402 $\mu\text{S cm}^{-1}$ ile 1301 $\mu\text{S cm}^{-1}$ arasında, pH değeri ise 6.06 ile 7.16 arasında değişim göstermiştir. Analizleri yapılan ağır metal ve iz elementlerden Cd, Co, Ni, Pb, Cu, Fe ve Mn konsantrasyonlarının 4 mevsimde de izin verilen maksimum sınır değerleri aşmadığı görülmektedir. Al konsantrasyonu 4 mevsim boyunca 4 ve 6 nolu kuyular dışında izin verilen maksimum sınır değerini aşmamış, Cr konsantrasyonu, 6 ve 10 nolu kuyularda izin verilen maksimum sınır değerini aşmamış ancak üçüncü sınıf kalitede olduğu belirlenmiştir. Zn konsantrasyonu ise 7, 11, 15 ve 17 nolu kuyularda izin verilen maksimum sınır değerini aşmıştır. Nitrat kapsamı; 3, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 ve 19 nolu kuyularda yükselme eğilimindedir. Bor konsantrasyonları yönünden araştırma alanındaki tüm kuyu suları 1. sınıf sulama suyu özelliğindedir. İncelenen kuyu sularının bu değerlendirmeler dahilinde önemli bir kirlilik problemi taşımadığı anlaşılmakta olup uzun vadeli izlenmesi önerilmektedir.

ABSTRACT

The purpose of this study is, by determining the quality of irrigation water in the water wells in Muğla Karabağlar region, to form an introduction to the studies of the observation and the assessment of the water in this region. 20 samples of water from the water of each well, which constitute the study material, has been taken during four seasons. In these water samples taken during four seasons, there has been a change between the value of Electrical conductivity (EC) 402 $\mu\text{S cm}^{-1}$ and 1301 $\mu\text{S cm}^{-1}$, and between the value of pH 6,06 with 7,16. It has been observed that their analyzed concentrations of heavy metals and trace elements Cd, Co, Ni, Pb, Cu, Fe and Mn haven't exceeded the permitted maximum limit values in all four seasons. Al concentration hasn't exceeded the permitted maximum limit values during four seasons except wells number 4 and 6. When it's evaluated in terms of Cr concentration, it has been determined that wells number 6 and 10 are at a third quality degree regarding Cr concentration. Whereas Zn concentration has exceeded the permitted maximum limit values in the wells number 7, 11, 15 and 17. The containing of nitrate; the wells number 3, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 and 19 have tended to raise. In terms of boron concentrations all the wells' water in the field of study is first class quality irrigation water. As a result of these investigations, it is understood that these well waters don't contain serious pollution problems, but these investigations should be searched in a long term.

GİRİŞ

Tükenme tehdidi altında bulunan kaynaklar içerisinde toprak varlığı ile birlikte bir ülkenin zenginliğinin temelini oluşturan su kaynakları potansiyelinin bilinmesi ve korunması ile ilgili plan ve programların hazırlanması hayati önem taşımaktadır.

Yeryüzündeki su kaynaklarının yaklaşık olarak % 99.4 ($1.4 \times 10^9 \text{ km}^3$)'lük bölümü yerüstü, % 0.6'sı yeraltı suyudur. Yerüstü su kaynaklarının %97'si tuzlu deniz suyu olup, tatlı su miktarı ise, toplam su kaynaklarının sadece % 2'sini oluşturur. Toplam tatlı su kaynaklarının % 78'i yerüstü, % 22'si yeraltı suyudur. Ancak yerüstü su kaynaklarının çok önemli bir bölümü, toplam tatlı su kaynaklarının % 77'si kutuplar ve diğer bölgelerde buz formunda bulunmaktadır. Böylece sulama, içme, kullanma ve endüstriyel amaçlarla gereksinim duyulan suyun, % 0.3'ü göller ve % 0.003'ü akarsularda, çok az bir bölümü yerüstü su kaynaklarında bulunmaktadır. Buna karşılık, % 22 ($9 \times 10^6 \text{ km}^3$) gibi çok önemli bir oranla yeraltı suyu olarak tüketilebilecek durumdadır (Bear & Cheng, 1999).

Dünya nüfusunun yaklaşık % 70'i deniz kıyısı ve yakınındaki bölgelerde yaşamaktadır. Bu bölgelerde nüfus ve yerleşimin artması, tarımsal ve endüstriyel etkinlikleri de arttırmakta ve sonuçta su kaynakları üzerinde baskı oluşturmaktadır. Bu baskının en büyük etkisi, yeraltı su kaynaklarının kalite özelliklerinin içme, kullanma ve sulama açısından bozulması şeklinde ortaya çıkmaktadır (Jones et al., 1999).

FAO tarafından yapılan çalışmalara göre, küresel ölçekte su gereksinimi her 21 yılda iki kat artmaktadır. Dünya Bankası tarafından yapılan araştırmalar, 1960–1990 arasındaki 30 yıllık dönemde kişi başına düşen ve önemli bölümü yerüstü kaynağı olan yenilenebilir su kaynaklarının, kirlenme, iklimsel değişimler vb. gibi nedenlerle yarı yarıya azaldığını ortaya koymaktadır (Anaç & Çolak, 1996).

Türkiye'de tarımsal sulama yönetimi, sorunlar ve çözüm önerilerinin ele alındığı TMMOB 2. su politikaları kongresinde, sulama yönetiminde karşılaşılan sorunlar; aşırı su kullanımı, sulama şebekelerinin eski olması, su kirliliği, su iletim ve dağıtımının açık sistemlerle yapılması, organizasyon ve yönetim sorunları olarak sıralanmış ve bu amaçla; sulamada drenaj sularının yeniden kullanımı, sulamada atık suların kullanımı, yüzey su kaynaklarının suyun bol olduğu alanlardan kıt olduğu alanlara yönlendirilmesi, çiftçilerin su tasarrufu sağlayan basınçlı sulama yöntemlerini uygulamalarının sağlanması gibi çalışmaları kapsayan politikalara önem verilmesi gerektiği vurgulanmıştır (Çakmak et al., 2008).

Yer altı ve yerüstü su kaynaklarının niteliklerinin korunması, sürdürülebilirlik açısından önem taşımakta olup bu yönde çalışmalara ağırlık verilmektedir. Örnek bir çalışmada, Türkiye'nin önemli tarımsal üretim alanlarından olan Amik Ovası'nın yeraltı ve yerüstü su kaynakları, nitelikleri yönünden değerlendirilmiş ve sürdürülebilir bir tarımsal üretim için alınması gerekli önlemler belirlenmiştir. Elde edilen veriler, son yıllarda hem yerüstü hem de yeraltı sularının niteliklerinin önemli ölçüde bozulduğu göstermektedir. Amik ovasının önemli yerüstü su kaynakları olan Asi nehri başta olmak üzere diğer nehirlerde uzun yıllık veriler değerlendirildiğinde, EC ve tuz değerlerinin hızla artma eğiliminde olduğu görülmektedir. (Ödemiş et al., 2007).

Su kaynaklarında ağır metal kirlenmesi de son yıllarda gittikçe artan bir seyir izlemekte ve yoğun bilimsel araştırmalara sahne olmaktadır. Yerköy ovası yerüstü ve yeraltı sularının kalitesini ve birbiriyle olan ilişkilerini saptamak amacıyla yapılan bir çalışmada da, Mn konsantrasyonları izin verilen maksimum sınır değerini aştığı ve bunun nedeni litosferik olduğu saptanmıştır (Çelik & Arıgün, 2001). Diğer yandan Konya yerleşim alanı yer altı suyu kalitesi ve kirliliği üzerine yapılan bir çalışmada, araştırma alanında endüstriyel faaliyetler, katı ve sıvı atıklar ile litolojik etkilerden dolayı su kalitesinin bozulduğu bildirilmiştir. Yapılan analizlere göre sulara başta Al, Cd, Co, Cr, Cu ve Pb olmak üzere değişik ağır metallerin yükselen oranlarda bulunduğu rapor edilmiştir (Nalbantçılar & Güzel, 2002).

Muğla ili, yıllık ortalama toplam yağış miktarı bakımından 1196 mm ile ülkemizde dördüncü sırada bulunmaktadır. Karabağlar yöresi Muğla il merkezine yaklaşık 5 km mesafede, yayla konumunda, yerleşime oldukça müsait ve Muğla ili yüzölçümünün yaklaşık 2/3'sini kaplayan bir bölge konumundadır. Yörede su ihtiyacı, sayıları oldukça fazla olan kuyulardan karşılanmaktadır. Yörenin nüfusunun da hızla arttığı düşünülecek olursa, mevcut su kaynaklarının korunması ihmal edilmeyecek bir husus olarak karşımıza çıkmaktadır. Söz konusu kuyulardan genellikle sulama suyu temini yapılmakta bazen de içme suyu olarak kullanılmaktadır. Sulama suyu olarak kullanılsa dahi su kalite sınıfları dışında, bir sulama suyu bitki yetiştirmede oldukça önemli bir risk faktörüdür. Öncelikle bitki, daha sonra da biyolojik döngü yoluyla hayvan ve insan sağlığı olumsuz etkilenebilmektedir.

Bölgede sulama ve kısmen de olsa içme suyu gereksinimi sadece bu kuyulardan karşılandığı için söz konusu kuyu sularının sulama suyu kalitesi yönünden araştırılması ve olası risklerin belirlenerek ilgili kesimlerin bu konuda bilgilendirilmesi bu çalışmanın esas amacını oluşturmaktadır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Araştırma materyalini Ege Bölgesi'nde Muğla il sınırları içinde kalan Karabağlar yöresinde yer alan 20 su kuyusundan mevsimsel olarak alınan toplam 80 adet su örneği oluşturmaktadır.

YÖNTEM

Su örneklerinin alınması:

Muğla Karabağlar yöresinde bulunan kuyu sularından Şubat - Kasım 2006 tarihleri arasında toplam 20 kuyudan mevsimsel olarak su örnekleri alınarak kuyu sularının sulama suyu kalite kriterleri belirlenmiştir. Örnekler; her ayın 2. veya 3. çeyreğinde olmak üzere, kış ayını temsilen Şubat, ilkbaharı temsilen Mayıs, yazı temsilen Ağustos ve Sonbaharı temsilen ise Kasım aylarında alınmıştır. Usulüne uygun bir şekilde alınarak birer litrelik temiz pet şişelerde depolanan su örnekleri etiketlendikten sonra derhal laboratuara getirilmiş ve analizleri yapılana kadar buzdolabında muhafaza edilmiştir.

Su örneklerinin analizlerinde uygulanan yöntemler

Kuyu suyunun pH ve EC değerleri kombine EC/pH metre ile belirlenmiştir (Jackson, 1967; Anonim, 1951). Kalsiyum (Ca^{2+}), magnezyum (Mg^{2+}), sodyum (Na^+), Bor (B), fosfor (P) ve potasyum (K^+) kapsamları ICP/AES cihazı ile tayin edilmiştir (Sharp, 1991). Bikarbonat (HCO_3^-) metil oranj çözeltisi yöntemine göre titrimetrik olarak Merck (1973); klor (Cl^-) gümüş nitrat yöntemiyle titrimetrik olarak U.S. Salinity Lab. Staff (1954); sülfat (SO_4^{2-}) ise baryum klorür-EDTA yöntemiyle titrimetrik olarak tayin edilmiştir (Merck, 1973). Nitrat (NO_3^-), küvet kitleri kullanılarak spektrofotometrik olarak belirlenmiştir (Dr. Longe, 1997). Ağır metallere krom (Cr), kurşun (Pb), kadmiyum (Cd), kobalt (Co), alüminyum (Al), nikel (Ni); iz elementlerden ise demir (Fe), çinko (Zn), mangan (Mn) ve bakır (Cu) ICP/AES cihazı ile tayin edilmiştir (Sharp, 1991).

BULGULAR VE TARTIŞMA

Kuyu sularının pH ve EC durumları

Muğla ili Karabağlar bölgesinde seçilen 20 su kuyusundan alınan su örneklerinin pH ve EC değerleri Çizelge 1'de, anyon ve katyon değerlerine ilişkin analiz sonuçları ise Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 1'de görüldüğü gibi sularda belirlenen pH değerleri 6.06 ile 7.16 arasında değişim göstermektedir. Ortalama pH değeri ise 6.54'dür. Ayers &

Westcot (1989)'a göre sulama suları için 6.5-8.4 aralığı pH açısından sulama yönünden sorun yaratmamaktadır. Araştırma konusu suların tamamında pH ortalama değeri standart değerler arasında bulunduğundan, pH yönünden normal kabul edilmektedir ve sulama suyu olarak kullanılmasında sorun yaratmayacağı düşünülebilir.

Sulama suları için elektriksel iletkenlik değeri sınıflandırması: C1:0-250, C2:250-750, C3:750-2250 ve C4: >2250 $\mu S cm^{-1}$ şeklindedir. (Will & Faust, 1999). Muğla Karabağlar yöresi kuyu sularının EC değeri ise 402 $\mu S cm^{-1}$ ile 1301 $\mu S cm^{-1}$ arasında değişim göstermektedir. Ortalama EC değeri ise 806 $\mu S cm^{-1}$ 'dir. Yağışların fazlalığı kuyu sularındaki tuzluluğu azaltır. Özellikle sonbahar döneminde kuyu sularındaki tuzluluk artışının nedeni; su düzeyinde azalma ve bu kuyuların yağışlarla belli bir doygunluğa ulaşmamasından kaynaklanmaktadır. Yaz döneminde yağışın olmaması veya az olması bunun en önemli nedenidir. Bu durum sulama suyu kalitesi açısından önemli bir problemdir.

Aşık et al. (2004) yılında Menemen Ovası yeraltı suyu kalitesinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada, maksimum EC değerinin sonbahar ayında yüksek bulunduğunu bildirmişlerdir. Yapmış olduğumuz çalışma ile diğer çalışma karşılaştırıldığında sonbahar mevsiminde bu sonuçların yüksek çıkması birbirini desteklemektedir. Ortalama EC değerine göre, kuyu sularının tümünün C2 ve C3 sınıfına girmesi nedeniyle EC'nin aralıklı olarak kontrol altında tutulmasında fayda görülmektedir.

Kuyu sularının anyon ve katyon kapsamları

Sulama suyu örneklerinin, bazı kalite kriterleri açısından daha net bir değerlendirmeye tabi tutulabilmesi için Ayers & Westcot (1989), tarafından önerilen sulama suyu sınıflama rehberi Çizelge 2'de sunulmuştur.

Elde edilen sonuçlara göre bikarbonat (HCO_3^-) anyonu miktarı 3.00 me L^{-1} - 9.90 me L^{-1} arasında değişim göstermektedir (Çizelge 3). Suların ortalama HCO_3^- anyon miktarlarına bakıldığında 15. kuyunun (8.95 me L^{-1}) ve 16 nolu kuyunun (8.78 me L^{-1}) HCO_3^- anyon miktarının Ayers ve Westcot (1989), tarafından bildirilen değerin üzerinde olduğundan sulama suyu olarak kullanılması sakıncalıdır.

Çalışmada incelenen suların Cl^- anyonu değeri 0.40 me L^{-1} -3.20 me L^{-1} arasında değişim göstermektedir. Cl^- anyonu değeri Ayers & Westcot (1989), tarafından öngörülen sınır değerinin altında olduğundan

sulama suyu olarak kullanılmasında sorun yaratmayacaktır. Yapmış olduğumuz çalışmanın aksine Ay-rancı (2006), Muğla-Ortaca yöresinde sera sulama sularında yaptığı çalışmada Cl⁻ anyon miktarını 22 örnek-

leme noktasında 20 me L⁻¹'nin üzerinde bulmuştur. Bu değerin yüksek çıkmasının nedeni söz konusu suların deniz suyu ve tarımsal gübreleme faaliyetlerinden etkilenmesine bağlanmıştır.

Çizelge 1. Muğla-Karabağlar bölgesindeki kuyulardan alınan su örneklerinin pH ve EC değerleri

Örn. No	Dönem	pH	EC ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	Örn. no	Dönem	pH	EC ($\mu\text{S cm}^{-1}$)
1	Kış	6.65	700	11	Kış	6.06	789
	İlkbahar	6.38	665		İlkbahar	6.25	872
	Yaz	6.75	820		Yaz	6.35	833
	Sonbahar	6.20	790		Sonbahar	6.88	800
2	Kış	6.41	755	12	Kış	6.38	890
	İlkbahar	6.31	730		İlkbahar	6.32	907
	Yaz	6.47	710		Yaz	6.39	912
	Sonbahar	6.38	820		Sonbahar	6.94	890
3	Kış	6.56	956	13	Kış	6.59	701
	İlkbahar	6.36	863		İlkbahar	6.48	810
	Yaz	6.40	838		Yaz	6.48	844
	Sonbahar	6.58	815		Sonbahar	6.82	625
4	Kış	6.41	752	14	Kış	6.65	535
	İlkbahar	6.37	752		İlkbahar	6.54	473
	Yaz	6.46	745		Yaz	6.62	495
	Sonbahar	6.58	800		Sonbahar	7.16	548
5	Kış	6.32	683	15	Kış	6.56	1276
	İlkbahar	6.37	760		İlkbahar	6.58	1263
	Yaz	6.48	751		Yaz	6.57	1176
	Sonbahar	6.86	651		Sonbahar	6.70	993
6	Kış	6.28	662	16	Kış	6.44	926
	İlkbahar	6.42	681		İlkbahar	6.47	1211
	Yaz	6.43	740		Yaz	6.51	1265
	Sonbahar	6.94	810		Sonbahar	6.74	1301
7	Kış	6.29	665	17	Kış	6.45	1016
	İlkbahar	6.44	700		İlkbahar	6.67	1143
	Yaz	6.46	630		Yaz	6.62	1151
	Sonbahar	6.75	600		Sonbahar	6.68	1063
8	Kış	6.36	402	18	Kış	6.51	1041
	İlkbahar	6.62	403		İlkbahar	6.51	904
	Yaz	6.57	452		Yaz	6.56	988
	Sonbahar	6.81	500		Sonbahar	6.39	870
9	Kış	6.57	653	19	Kış	6.86	744
	İlkbahar	6.68	749		İlkbahar	6.35	950
	Yaz	6.45	747		Yaz	6.53	898
	Sonbahar	6.85	830		Sonbahar	6.56	860
10	Kış	6.41	792	20	Kış	6.75	570
	İlkbahar	6.55	817		İlkbahar	6.56	650
	Yaz	6.43	764		Yaz	6.51	838
	Sonbahar	6.84	840		Sonbahar	6.71	640
pH		Minimum	6,06	EC		Minimum	402
		Maksimum	7,16			Maksimum	1301

Çizelge 2. Sulama suyu sınıflama rehberi (Ayers ve Westcot, 1989)

Potansiyel Sulama Suyu Kriterleri	Sorunun Şiddeti (Kullanım Sınırlılığı)		
	Sorun Yok	Sorun Artıyor	Şiddetli Sorun Var
Na ⁺ (me L ⁻¹)	5.43	10.86	>10.86
Cl ⁻ (me L ⁻¹)	<4	4-10	>10
HCO ₃ ⁻ (me L ⁻¹)	<1.5	1.5-8.5	>8.5
NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	<5	5-30	>30
B (mg L ⁻¹)	<0.7	0.7-3.0	>3.0
pH	6.5 - 8.4		

SO₄²⁻ değerleri 0 me L⁻¹-1.80 me L⁻¹ arasında değişim göstermektedir (Çizelge 3). Sulama sularında SO₄²⁻'in bulunma aralığı 0 ile 20 me L⁻¹ arasında değiştiği ön görülmektedir (Ayers & Westcot, 1989). Menemen ovası yer altı suyu kalitesinin belirlenmesi üzerine yapılan bir çalışmada araştırmacılar kuyu sularının SO₄²⁻ içeriklerini izin verilebilir değerler arasında bulunduğunu bildirmişlerdir (Aşık et al., 2004). Bu çalışmada incelenen kuyu sularındaki SO₄²⁻ değeri de, sulama sularında izin verilebilir değerler arasında bulunmaktadır.

Ca²⁺ kasyonu 3.33 me L⁻¹ - 7.60 me L⁻¹ arasında değişim göstermektedir. Bitki gelişimi açısından asıl elementlerden olan kalsiyum ve magnezyumun sulama sularındaki uygun düzeyleri sırasıyla kalsiyum için 0-20 me L⁻¹, magnezyum için ise 0-5 me L⁻¹'dir (Ayers & Westcot, 1989). Bütün kuyularda Ca²⁺ ve Mg²⁺ değerleri sulama sularında izin verilebilir değerler arasında bulunmaktadır. İzmir'in Buca, Konak ve Narlıdere yörelerinde 15 kuyu suyunda yapılan bir araştırmada; Buca yöresinde kalsiyumun 2.12 me L⁻¹, magnezyumun da 6.83 me L⁻¹ olduğu belirlenmiştir (Asaroğlu et al., 1999).

K⁺ kasyonu 0.01 me L⁻¹ (0.39 mg L⁻¹) - 0.51 me L⁻¹ (19.89 mg L⁻¹) arasında değişim göstermektedir. Bitki gelişimi açısından gerekli olan potasyumun sulama sularındaki uygun düzeyleri 0-2 mg L⁻¹'dir (Ayers & Westcot, 1989). Kuyuların ortalama K⁺ kasyonu miktarları maksimum sınır değerinin altında olup, ancak 18 nolu istasyonun (0.51 me L⁻¹ = 19.89 mg L⁻¹) ile ortalama K⁺ kasyonu miktarı olan 2 mg L⁻¹'nin üzerinde bulunması nedeniyle sulama suyu olarak kullanılmasında sorun olabileceği bildirilmiştir (Ayers & Westcot, 1989). K⁺ kasyonu miktarının yüksek bulunması, bu kuyuya tarımsal veya hayvansal gübre karışmış olabileceğini düşündürmektedir. Ayrıca bu kuyunun derinliğine bakıldığında örnekleme yapılan bütün kuyular arasında yeryüzüne en yakın yeraltı

suyunun geçtiği kuyulardan biri olması da yukarıda bahsetmiş olduğumuz nedenleri destekler niteliktedir (Anonim, 2004). Ayrıca yapmış olduğumuz araştırmaya benzerlik gösteren bir araştırmada Harran Ovasındaki bazı suların sulama suyu kalitesi incelenmiş, çalışma sonucunda K⁺ kasyonu değerinin 2 mg L⁻¹'den yüksek bir değerde bulunduğu ve söz konusu suların sulama suyu olarak kullanılmasının problem yaratabileceği bildirilmiştir (Kirtiş, 1997).

Na⁺ kasyonu değeri 0.01 me L⁻¹ - 3 me L⁻¹ arasında değişim göstermektedir. Kuyu sularının ortalama Na⁺ kasyonu miktarına bakıldığında Çizelge 2'de verilen kriterlere göre sulama suyu olarak kullanılmasında bir sakınca bulunmamaktadır.

Kuyu sularının Nitrat (NO₃), Fosfor (P) ve Bor (B) kapsamları

Kuyu sularının nitrat iyonu kapsamının iz ile 27.90 mg L⁻¹ arasında olduğu tespit edilmiştir. Nitrat iyonunun minimum konsantrasyonu 9 ve 10 nolu kuyularda ilkbahar mevsiminde, maksimum değeri ise 3, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 ve 19 nolu kuyularda sonbahar mevsiminde ölçülmüştür. Sulama sularında nitrat iyonunun sonbahar mevsiminde artış göstermesinin nedenleri arasında organik ve inorganik kaynaklı azotlu gübrenin yoğun bir şekilde kullanılması, bölgede kısmi olarak büyük baş hayvancılıkla uğraşılması, araziye geliş güzel bırakılan hayvan gübrelerinin sulama sonrasında sızıntı yoluyla kuyu sularına karışması ve ayrıca evsel atıklardan kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Kaplan et al. (1999)'a göre, gübrelerden kaynaklanan kirlilik içerisinde üzerinde en fazla durulanı nitrat kirlenmesidir. Çünkü NO₃, tarımsal üretimde kullanılan gübrelerle gün geçtikçe artan miktarda uygulanmakta ve bunun bir sonucu olarak ta toprak ve suda birikmektedir. Biriken bu NO₃'ün koşullara göre değişen miktarları yakanarak toprak derinliğine hareket etmekte ve bir bölümü yer altı ve yerüstü sularına ulaşmaktadır. Bu hususları doğrulayan bir çalışma Kumluca yöresinde yapılmış ve 20 kuyudan alınan su örneklerinden elde edilen bulgulara göre, kuyu sularının NO₃ içerikleri 2.46–164.91 mg L⁻¹, NH₄ içerikleri ise 2.35–7.22 mg L⁻¹ olarak belirlenmiş ve yöredeki kuyu sularında NO₃ kirlenmesinin çok önemli düzeye ulaştığı ve içme suyu yönetmeliğinde belirtilen 45 mg L⁻¹ sınır değerinin üzerinde NO₃ içeren örnek oranının ise % 50 seviyesinde olduğu saptanmıştır (Kaplan et al., 1999).

Çizelge 3. Muğla-Karabağlar bölgesindeki kuyulardan alınan su örneklerinin anyon ve katyon analiz sonuçları

Örn. No	Dönem	Anyonlar (me L ⁻¹)				Katyonlar (me L ⁻¹)				
		HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Top	Ca ²⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Top
1	Kış	5.70	0.50	0.90	7.10	5.38	0.04	1.60	0.26	7.28
	İlkbahar	5.70	0.40	0.50	6.60	4.96	0.01	1.59	0.29	6.85
	Yaz	7.30	0.40	0.60	8.30	5.47	0.05	2.35	0.47	8.34
	Sonbahar	6.50	0.60	0.90	8.00	6.10	0.02	1.65	0.16	7.93
2	Kış	6.20	0.80	0.50	7.50	5.81	0.04	1.68	0.28	7.81
	İlkbahar	6.60	0.40	0.30	7.30	5.55	0.01	1.54	0.27	7.37
	Yaz	6.10	0.40	0.60	7.10	6.00	0.02	1.32	0.01	7.35
	Sonbahar	6.20	0.60	1.40	8.20	6.03	0.05	1.79	0.26	8.13
3	Kış	7.40	1.40	0.20	9.00	6.65	0.05	1.93	0.53	9.16
	İlkbahar	6.30	1.60	0.50	8.60	6.16	0.02	1.92	0.55	8.65
	Yaz	6.50	0.60	1.10	8.20	5.95	0.02	1.93	0.51	8.41
	Sonbahar	6.40	0.60	1.10	8.10	6.00	0.04	1.80	0.50	8.34
4	Kış	6.20	0.70	0.60	7.50	5.30	0.05	2.00	0.30	7.61
	İlkbahar	6.20	0.80	0.90	7.90	5.46	0.02	1.95	0.41	7.84
	Yaz	6.10	0.40	1.10	7.60	5.19	0.03	2.00	0.38	7.60
	Sonbahar	6.50	0.50	1.50	8.50	6.14	0.02	2.23	0.43	8.82
5	Kış	6.00	0.60	0.40	7.00	5.00	0.07	1.60	0.35	7.02
	İlkbahar	6.50	0.80	0.30	7.60	5.70	0.03	1.60	0.30	7.63
	Yaz	6.50	0.40	1.10	8.00	6.05	0.04	1.67	0.26	8.02
	Sonbahar	4.80	0.40	1.20	6.40	3.84	0.07	1.91	0.34	6.16
6	Kış	5.70	0.60	0.40	6.70	5.20	0.05	1.27	0.46	6.98
	İlkbahar	5.90	0.60	0.60	7.10	5.24	0.04	1.28	0.37	6.93
	Yaz	5.70	0.40	1.00	7.10	5.88	0.02	1.41	0.27	7.58
	Sonbahar	5.90	0.60	1.50	8.00	6.12	0.04	1.63	0.28	8.07
7	Kış	5.70	0.60	0.50	6.80	5.13	0.06	1.31	0.42	6.92
	İlkbahar	5.70	0.80	0.80	7.30	5.38	0.02	1.25	0.27	6.92
	Yaz	5.00	0.40	0.80	6.20	5.00	0.02	1.20	0.20	6.42
	Sonbahar	4.50	0.50	0.70	5.70	4.65	0.02	1.20	0.20	6.07
8	Kış	3.00	0.60	0.70	4.30	3.33	0.04	0.75	0.23	4.35
	İlkbahar	3.50	0.60	0.20	4.30	3.39	0.01	0.75	0.16	4.38
	Yaz	3.90	0.40	0.40	4.70	4.07	0.02	0.76	0.14	4.99
	Sonbahar	3.30	0.60	1.30	5.20	3.87	0.03	0.89	0.14	4.93
9	Kış	6.00	0.50	0.40	6.90	4.20	0.13	2.20	0.47	7.00
	İlkbahar	6.20	0.80	0.30	7.30	5.00	0.06	1.90	0.40	7.36
	Yaz	6.20	0.40	1.10	7.70	5.49	0.06	2.04	0.37	7.96
	Sonbahar	6.20	0.60	1.50	8.30	6.18	0.07	2.29	0.39	8.32
10	Kış	6.30	0.90	0.30	7.50	5.12	0.05	1.95	0.77	7.89
	İlkbahar	6.90	0.60	0.50	8.00	5.94	0.02	1.89	0.52	8.37
	Yaz	6.50	0.60	0.50	7.60	5.70	0.02	1.65	0.47	7.64
	Sonbahar	6.00	0.60	1.80	8.40	6.17	0.04	1.97	0.47	8.65

Çizelge 3. (devamı)

Örn. No	Dönem	Anyonlar (me L ⁻¹)				Kasyonlar (me L ⁻¹)				
		HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Top	Ca ²⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Top
11	Kış	7.30	0.80	0.20	8.30	5.41	0.05	2.00	0.84	8.30
	İlkbahar	7.50	0.80	0.40	8.70	6.34	0.02	1.92	0.55	8.83
	Yaz	6.20	0.60	1.30	8.10	5.90	0.02	2.10	0.40	8.42
	Sonbahar	6.20	0.60	1.10	7.90	5.80	0.02	2.20	0.40	8.42
12	Kış	7.30	0.80	0.90	9.00	5.82	0.05	2.25	1.16	9.28
	İlkbahar	7.50	0.80	0.40	8.70	6.27	0.01	2.21	0.63	9.12
	Yaz	7.00	0.60	1.30	8.90	6.53	0.02	1.88	0.66	9.09
	Sonbahar	6.50	0.60	1.80	8.90	6.29	0.04	2.29	0.50	9.12
13	Kış	5.90	0.70	0.40	7.00	5.46	0.08	0.85	0.71	7.10
	İlkbahar	6.70	1.00	0.10	7.80	6.50	0.01	0.90	0.60	8.01
	Yaz	6.70	0.60	0.20	7.50	6.31	0.02	1.35	0.46	8.14
	Sonbahar	4.90	0.60	0.60	6.10	5.60	0.04	0.94	0.33	6.91
14	Kış	4.40	0.50	0.50	5.40	4.30	0.10	0.30	0.30	5.00
	İlkbahar	3.60	0.60	0.40	4.60	4.47	0.03	0.20	0.20	4.90
	Yaz	3.70	0.60	0.70	5.00	4.84	0.04	0.26	0.22	5.36
	Sonbahar	3.50	0.60	1.10	5.60	4.77	0.05	0.44	0.22	5.48
15	Kış	9.90	1.80	0.30	12.00	4.65	0.14	4.64	3.00	12.43
	İlkbahar	9.90	1.80	0.00	11.70	5.00	0.05	5.00	2.30	12.35
	Yaz	8.00	1.40	0.70	10.10	5.36	0.03	4.30	1.50	11.19
	Sonbahar	8.00	0.60	0.80	9.40	4.96	0.03	3.86	1.15	10.00
16	Kış	7.70	1.60	0.10	9.40	4.88	0.09	3.36	1.70	10.03
	İlkbahar	9.20	2.00	0.10	11.30	6.53	0.02	4.37	1.76	12.68
	Yaz	9.00	1.80	0.70	11.50	7.01	0.02	4.00	1.83	12.86
	Sonbahar	9.20	2.40	0.90	12.50	7.56	0.03	4.04	1.97	13.60
17	Kış	7.30	2.60	0.10	10.00	5.13	0.16	2.54	2.60	10.43
	İlkbahar	7.70	3.20	0.70	11.20	5.98	0.08	3.04	2.29	11.39
	Yaz	8.30	2.00	0.30	10.60	6.00	0.03	3.50	1.47	11.00
	Sonbahar	7.50	2.00	0.80	10.30	4.72	0.03	4.91	1.19	10.85
18	Kış	8.30	1.10	0.30	9.70	5.49	0.51	3.33	0.98	10.31
	İlkbahar	7.80	1.00	0.10	8.90	5.02	0.10	3.26	0.70	9.08
	Yaz	7.80	1.40	0.60	9.80	6.10	0.07	3.20	0.70	10.07
	Sonbahar	6.50	1.20	1.00	8.70	5.51	0.04	2.88	0.60	9.03
19	Kış	5.70	1.20	0.20	7.10	5.10	0.07	1.20	0.90	7.27
	İlkbahar	7.60	1.40	0.00	9.00	7.16	0.01	1.56	0.69	9.42
	Yaz	7.50	1.00	0.50	9.00	7.60	0.02	1.83	0.48	9.93
	Sonbahar	6.40	1.00	1.20	8.60	6.70	0.04	1.80	0.30	8.84
20	Kış	4.40	0.80	0.40	5.60	4.81	0.15	0.60	0.37	5.93
	İlkbahar	5.40	0.80	0.40	6.60	5.58	0.06	0.60	0.22	6.46
	Yaz	6.50	0.80	0.90	8.20	7.36	0.02	0.82	0.34	8.54
	Sonbahar	5.00	0.40	1.00	6.40	5.34	0.07	0.80	0.14	6.35
Minimum		3.00	0.40	0.00		3.33	0.01	0.20	0.01	

Bütün istasyonlarda yaptığımız ölçümlerde nitrat iyonu konsantrasyonunun izin verilebilir değer arasında olduğu ancak özellikle sonbahar mevsiminde görülen ani yükselmelerin gelecekte bir sorun teşkil edebileceği hususu göz önüne alınmalıdır. Ayrıca Fırın Çayı (Kahramanmaraş)'nın fizikokimyasal ve bazı biyolojik özellikleri üzerine yapılan çalışmada ortalama nitrat azotu miktarı Mart ve Ekim aylarında sırasıyla 3.78 ve 0.113 mg L⁻¹ olarak bulunmuş ve önemli bir oranda nitrat kirliliği gözlenmediği bildirilmiştir (Yıldırım, 2006). İzmir'in su kaynaklarının önemli bir bölümünü sağlayan karstik akiferlerin yer aldığı Nif Dağı ve çevresindeki yeraltı sularındaki nitrat kirliliğinin boyutlarının mevsimsel olarak değerlendirilmesinin amaçlandığı bir çalışmada 25 kuyu suyundan alınan örneklerde 50 mg L⁻¹'den yüksek nitrat değerlerine rastlanmış ve bölgede nitrat kontrol stratejileri geliştirilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır (Polat et al., 2007). Bu ve benzeri çalışmaların sonuçları, su kalitesinin sürdürülebilirlik açısından özenle korunması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Bor iyonu iz ile 0.12 mg L⁻¹ konsantrasyonları arasında belirlenmiş olup sulama suyu olarak kullanılmasında bir sakınca yoktur. Fosfor iyonunun ise 0.02-0.34 mg L⁻¹ arasında bir değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Ortalama fosfor değerleri en düşük ilkbahar mevsiminde, en yüksek ise yaz mevsiminde ölçülmüştür. Genel olarak fosfor sınır değerinin 0-2 mg L⁻¹ sınırları arasında bulunması istendiğinden dolayı fosfor açısından herhangi bir problem bulunmamaktadır. Benzer bir çalışmada, Hasan Çayı (Erzincan) su kalitesi özellikleri ve aylık değişimleri incelenmiş ve Hasan Çayı fosfat seviyesi yaklaşık sıfır olup bahar ve yaz aylarında 0.001- 0.002 mg L⁻¹ olarak belirtilmiştir (Tepe et al., 2006).

Kuyu sularının ağır metal ve iz element kapsamı

Ağır metallere Al konsantrasyonu iz - 0.66 (mg L⁻¹); Cd konsantrasyonu iz - 0.76 (µg L⁻¹); Co konsantrasyonu iz - 1.38 (µg L⁻¹); Cr konsantrasyonu iz - 28.9 (µg L⁻¹); Ni konsantrasyonu iz - 20.40 (µg L⁻¹) ve Pb konsantrasyonu değerlerinin iz - 7.69 (µg L⁻¹) arasında değiştiği görülmektedir. Bu değerlerin karşılaştırıldığı kıta içi su kaynaklarında izin verilebilen ağır metal konsantrasyonları ve sınıflarına göre kalite kriterleri Çizelge 4'de sunulmuştur.

Çizelge 4. Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre Al, Cd, Co, Cr, Ni ve Pb yönünden kalite kriterleri (Anonim, 2004).

Ağır metaller	Su Kalite Sınıfları			
	I	II	III	IV
Alimünyum (Al) (mg L ⁻¹)	0.3	0.3	1	>1
Kadmiyum (Cd) (µg L ⁻¹)	3	5	10	>10
Kobalt (Co) (µg L ⁻¹)	10	20	200	>200
Krom (Cr) (µg L ⁻¹)	iz	20	50	>50
Nikel (Ni) (µg L ⁻¹)	20	50	200	>200
Kurşun (Pb) (µg L ⁻¹)	10	20	50	>50

İncelenen kuyu sularında Cd, Co, Ni ve Pb konsantrasyonları sırasıyla; 3 µg L⁻¹, 10 µg L⁻¹, 20 µg L⁻¹ ve 10 µg L⁻¹'nin altında olduğundan bu suların Çizelge 4'e göre sulama suyu olarak kullanılmasında bir sakınca bulunmamaktadır. Tespit edilen sonuçlara göre su örneklerinin ortalama ağır metal konsantrasyonları 'Kıta içi su kaynakları' kalite kriterlerine göre I.sınıf kalitede olduğu tespit edilmiştir (Anonim, 2004).

Su örneklerindeki Al konsantrasyonu: iz - 0.66 mg L⁻¹ arasında değişim göstermektedir. Genellikle kuyuların çoğunda, Al konsantrasyonları kış mevsiminden ilkbahar mevsimine doğru bir artış göstermiştir. Araştırılan kuyulardan 4 ve 6 nolu kuyu dışındakilerin I.sınıf kalitede olduğu belirlenmiştir (Anonim, 2004). Büyük Menderes nehriindeki bazı kirlenici parametrelerin aylık ve mevsimsel olarak değişimi üzerine yapılan bir çalışmada da Al konsantrasyonlarının iz-1.22 mg L⁻¹ arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir (Okur et al., 2001).

Örnekleme noktaları itibarıyla, 1-20 nolu kuyuların ortalama Cr konsantrasyonlarına bakıldığında; iz ile 20 µg L⁻¹'nin arasında değişim gösterdiği, böylece I.sınıf kalitede olduğu belirlenmiştir. Ancak 6 nolu (21.45 µg L⁻¹) ve 10 nolu (21.2 µg L⁻¹) kuyularda Cr kapsamı 20 µg L⁻¹'nin üzerinde olduğundan III. sınıf kalitededir. (Anonim, 2004). Nitekim Pescod (1992), pek çok sulama suyu kaynağı gibi yeraltı sularının da çok düşük konsantrasyonlarda ağır metal içerdiklerini, ancak fazla sorun oluşturmadıklarını belirtmiştir.

Kuyu sularının iz element kapsamı değerlendirildiğinde; Cu konsantrasyonları iz-39.4 (µg L⁻¹); Fe konsantrasyonları iz-55.2 (µg L⁻¹); Mn konsantrasyonları iz-39.1 (µg L⁻¹) ve Zn konsantrasyonları iz-10400 (µg L⁻¹) arasında değişim göstermektedir. Kıta içi su kaynaklarında uygun görülen iz element konsantrasyonları ve sınıflarına göre kalite kriterleri Çizelge 6'da sunulmuştur.

Çizelge 5. Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre Cu, Fe, Mn ve Zn yönünden kalite kriterleri (Anonim, 2004).

İz elementler Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları			
	I	II	III	IV
Bakır (Cu) ($\mu\text{g L}^{-1}$)	20	50	200	>200
Demir (Fe) ($\mu\text{g L}^{-1}$)	300	1000	5000	>5000
Mangan (Mn) ($\mu\text{g L}^{-1}$)	100	1000	5000	>5000
Çinko (Zn) ($\mu\text{g L}^{-1}$)	200	500	2000	>2000

Kıta içi Su Kaynakları kalite kriterlerine göre değerlendirildiğinde, su örneklerinin Fe ve Mn konsantrasyonları yönünden Çizelge 5’de verilen kriterlere göre sulama suyu olarak kullanılmasında bir sakınca yoktur ve I.sınıf kalitededir (Anonim, 2004).

Kuyu sularında Cu konsantrasyonları toplam 18 örnekleme noktasında 20 ($\mu\text{g L}^{-1}$)’nin üzerinde olmadığından sulama suyu olarak kullanılmasında bir sakınca olmadığı ve I.sınıf kalitede olduğu tespit edilmiştir. Ancak 16 nolu (24.9 $\mu\text{g L}^{-1}$) ve 18 nolu (39.4 $\mu\text{g L}^{-1}$) örnekler incelendiğinde 20 $\mu\text{g L}^{-1}$ ’nin üzerinde olduklarından II. Sınıf kalitede olduğu tespit edilmiştir (Anonim, 2004). Shivkumar et al. (1997), yaptıkları bir çalışmada, yer altı sularındaki Cu konsantrasyonunun maksimum izin verilebilir sınırlara ulaştığını, hatta bazı alanlarda içme suyu için verilen sınır değerlerin 5-10 kat üstünde bulunduğunu belirtmişlerdir.

Bir diğer iz element olan Zn konsantrasyonlarına bakıldığında; 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 12, 13, 14, 18, 19 ve 20 nolu örneklerin 200 $\mu\text{g L}^{-1}$ ’yi aşmadığından sulama suyu olarak kullanılmasında herhangi bir sakınca olmadığı ve I.sınıf kalitede olduğu belirlenmiştir. Ancak 7 nolu (2080 $\mu\text{g L}^{-1}$), 11 nolu (8100 $\mu\text{g L}^{-1}$), 15 nolu (2260 $\mu\text{g L}^{-1}$) ve 17 nolu (10400 $\mu\text{g L}^{-1}$) örneklerin 2000 $\mu\text{g L}^{-1}$ ’nin üzerinde Zn konsantrasyona sahip olması nedeniyle sulama suyu olarak kullanılması sakıncalıdır. 10 nolu (1920 $\mu\text{g L}^{-1}$) istasyon incelendiğinde su kalitesi sınıfı II-III arasında değişim gösterdiği belirtilmiştir. 16 nolu (462 $\mu\text{g L}^{-1}$) istasyona bakıldığında ise I-II. sınıf kalitede sular olduğu tespit edilmiştir (Anonim, 2004). Bazı istasyonlarda mevsim farkı gözetmeksizin ortaya çıkan özellikle Zn

KAYNAKLAR

- Anaç, S. ve A. Çolak. 1996. Tarımsal sulama uygulamalarından kaynaklanan kirlilik ve alınacak önlemler. Ekolojik Tarım, ETO Derneği, Bornova, İzmir.
- Anonim, 1951. U.S. Soil Survey Staff, Soil Survey Manual. U.S. Dept. Agr. Handbook 18. U.S. Gov. Printing Office. Washington DC. USA.
- Anonim, 2004. Resmi Gazete, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Sayı 25687, Ankara.

konsantrasyonlarının aşırı yüksekliği litosferik kaynaklı olabileceği gibi Zn içeren gübre kullanımına da bağlanabilir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Yukarıda yapılan saptamalar ışığında, Muğla Karabağlar yöresi kuyu sularının sulama suyu olarak kullanılmasının sürdürülebilirliği ve kuyu sularının başta ağır metal olmak üzere her türlü kirlilikten korunması için; sulamanın asıl kaynağı olan kuyuların öncelikle evsel ve endüstriyel atıklar olmak üzere her türlü kirlilikten korunması, kuyu sularının zaman zaman analizlerinin yaptırılması, kontrollü pestisit ve gübre kullanımının yanısıra hayvan atıklarının su kaynaklarına karışmasının önlenmesi ve sulamadan dönen suyun kontrol altına alınması gerekir. Sonuç olarak, kuyu sularında incelenen tüm kalite kriterleri ve metaller bakımından çok önemli bir problem bulunmadığı anlaşılmaktadır. Ancak Muğla Karabağlar yöresi kuyu sularının sulama suyu kalitesi yönünden incelenmesi belli periyotlarda devam etmeli, kaliteyi düşüren faktörler tespit edilmeli ve gerekli önlemler alınmalıdır. Karabağlar yöresinde yürütülen bu çalışma sonucunda kuyu sularındaki ağır metal ve tuzluluk oluşturan kaynakların belirlenmesi, yörede gerekli olan sulama suyu yönetimini sağlamak için toplanması gereken verilerden bir bölümünü oluşturmaktadır. İleriki çalışmalar sadece Karabağlar yöresi ile sınırlandırılmamalı, Muğla geneline yayılmalı ve mümkünse tüm kuyularda daha detaylı bir araştırma yapılmalıdır. Bu tip çalışmanın gerek bitkisel üretimi artırmada ve gerekse toprak kirliliğinin önlenmesinde uzun vadede fayda sağlayacağı düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Çalışmamıza vermiş oldukları maddi destek nedeniyle Muğla Belediye Başkanı Sayın Dr. Osman Gürün’e ve teknik desteklerinden dolayı Muğla Tarım İl Müdürlüğü Kontrol Laboratuvarı Müdür Yrd. Ziraat Müh. Sayın Mustafa Çelikkollu’ya teşekkür ederiz.

- Asaroğlu, M., U. Sunlu ve A. Kaymakçı. 1999. İzmir’in bazı ilçelerindeki yeraltı su kaynaklarının kalite kriterlerinin incelenmesi. İzmir Su Kongresi, 4-5 Haziran 1999, İzmir, s.251-261.
- Aşık, Ş., M. Avcı, B. Okur, B. Yağmur, S. Delibacak ve B.S. Karataş. 2004. Menemen Ovası yer altı suyu kalitesinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. Ege Üniv. Bilimsel Araştırma Proje Kesin Raporu, Proje No: 2001-ZRF-055, İzmir.
- Ayers, R.S. and D.W. Wescot. 1989. Water Quality for agriculture, FAO Irrigation and Drainage, Paper 29, Rome-Italy, Rev.1, p.174.

- Ayrancı, Y. 2006. Muğla-Ortaca yöresi sera sulama sularının kalitelerinin belirlenmesi. Selçuk Üniv. Ziraat Fak. Dergisi 20(39): 32-36.
- Bear, J. and A.H.D. Cheng. 1999. General introduction. Pages 1-5, in Seawater intrusion in coastal aquifers-concepts, methods and practices (Eds. Bear, J., A. Cheng, S. Sorek, D. Quazar and I. Herrera), Springer; 1 edition (March 31, 1999), pages 640, The Netherlands.
- Çakmak, B., M. Yıldırım ve T. Aküzüm. 2008. Türkiye’de tarımsal sulama yönetimi, sorunlar ve çözüm önerileri, TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi, Ankara, s. 215-224.
- Çelik, M. ve Z. Arıgün. 2001. Yerköy ovası yüzey ve yer altı sularının kalitesi ve kirliliği. I. Çevre ve Jeoloji Sempozyumu, 21-23 Mart 2001, İzmir, s.159-171.
- Dr. Longe. 1997. Handbook of Photometrical Operation Analysis. BDB 080.
- Jackson, M.L. 1967. Soil chemical analysis. Prentice Hall of India Private Limited. New Delhi.
- Jones, B.F., A. Vengosh, E. Rosenthal and Y. Yechieli. 1999. Geochemical investigations. in Seawater intrusion in coastal aquifers concepts, methods and practices (Eds. Bear, J., A. Cheng, S. Sorek, D. Quazar and I. Herrera), Springer; 1 edition, pages 640, The Netherlands.
- Kaplan, M., S. Sönmez ve S. Tokmak. 1999. Antalya-Kumluca yöresi kuyu sularının nitrat içerikleri, Tr. J. of Agric. and For., 23, 309-313.
- Kırtış, F. 1997. Harran Ovasındaki bazı suların sulama suyu kalitesi açısından sınıflandırılması. Harran Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı (Yüksek Lisans Tezi), Şanlıurfa.
- Merck, E. 1973. Die Untersuchung von Wasser. (7.Aufl), Darmstadt.
- Nalbantçılar, T ve A. Güzel. 2002. Konya yerleşim alanı yer altı su kalitesi ve kirliliği, Cumhuriyet Üniv. Müh. Fak. Derg. Seri:A, Yerbilimleri, 19(1), 47-60.
- Okur, B., H. Yener, N. Okur ve E. İrget. 2001. Büyük Menderes nehrindeki bazı kirletici parametrelerin aylık ve mevsimsel olarak değişimi, Pamukkale Üniv. Müh. Fak. Müh. Bil. Derg., 7 (2): 243-250.
- Ödemiş, B. ve S. Bozkurt. 2007. Amik Ovası yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının sürdürülebilirliği, 7. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, Yaşam Çevre Teknoloji Seksiyonu, TMMOB Çevre Mühendisleri Odası, s.422-428, 24-27 Ekim – İzmir.
- Pescod, M.B. 1992. Wastewater treatment and use in agriculture, FAO, Irrigation and Drainage Paper, No: 47, p.125
- Polat, R., A. Elçi, C. Şimşek ve O. Gündüz. 2007. İzmir-Nif dağı çevresindeki yeraltı suyu nitrat kirliliği boyutunun mevsimsel değerlendirilmesi, 7. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, Yaşam Çevre Teknoloji Seksiyonu, TMMOB Çevre Mühendisleri Odası, s.482-489, 24-27 Ekim – İzmir.
- Sharp, B.L. 1991. Inductively coupled plasma atomic emission spectrometry (ICP-AES) pp. 63-109. Soil Analysis Modern Instrumental Techniques 2nd Ed. Keith A. Smith. Marcel Dekker. pp.659.
- Shivkumar, K., A.K. Pande and G. Biksham. 1997. Toxic trace element pollution in groundwaters around Patancheru and Bolaram industrial areas, Andhra Pradesh, India: A graphical Approach, Environmental Monitoring and Assessment, 45:77-80.
- Tepe, Y., A. Ateş, E. Mutlu ve Y. Töre. 2006. Hasan Çayı (Erzin-Hatay) su kalitesi özellikleri ve aylık değişimleri, E.Ü. Su Ürünleri Dergisi, 23, (1/1): 149-154.
- U.S. Salinity Lab. Staff. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. (Ed. Richards, L.A.). Agr. Handbook. 60, USDA, WA.
- Will, E. and E.J. Faust. 1999. Irrigation water quality for greenhouse production agricultural extension service, The University of Tennessee.
- Yıldırım, N. 2006. Fırınz çayı (Kahramanmaraş)’nın fiziko-kimyasal ve bazı biyolojik özellikleri. Sütçü İmam Üniversitesi Fen Edebiyat Fak. Biyoloji Anabilim Dalı (Yüksek Lisans Tezi), Kahramanmaraş.