

## Erzurum İlindeki Bazı Su Kaynaklarının Kalitelerinin Bitki, Toprak ve Sulama Sistemi Açısından Değerlendirilmesi

Fatih M. KIZILOĞLU Yasemin KUŞLU Talip TUNÇ Recep YANIK

Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, 25240, Erzurum (ykuslu@atauni.edu.tr)

Geliş Tarihi : 01.08.2007

**ÖZET :** Bu çalışmada; Erzurum ilindeki bazı su kaynaklarının sulama suyu kalite ölçütleri dikkate alınarak bitki, toprak ve sulama sistemleri açısından yeterliliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Su örnekleri 2006 yılı temmuz döneminde toplam 27 kaynaktan alınmıştır. Alınan örneklerde Ca, Mg, Na, K, CO<sub>3</sub>, HCO<sub>3</sub>, Cl, SO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, Fe, B, elektriksel iletkenlik ve pH değerleri belirlenmiştir. Hesaplama yoluyla da toplam tuz miktarı, Langelier Saturasyon İndeksi, yüzde sodyum, sodyum adsorbsiyon oranı, düzeltilmiş sodyum adsorbsiyon oranı, kalıcı sodyum karbonat, potansiyel tuzluluk, permeabilite indeksi ve sertlik gibi parametreler saptanmıştır. Alınan su örneklerinden elde edilen analiz sonuçlarına göre, HCO<sub>3</sub> değeri 1,20 me/L olan Ürünlü göletinin kritik sınırdadır; 1.62–6 me/L arasında değişen Serçeme ve Teke dereleri, Dumlu çayı, Köyceğiz ve Köprüköy göletleri ile Oltu çayının sorun oluşturabilecek sınırlarda ve 9.40 me/L olan Ormanağzı su kaynağının ise şiddetli zarara neden olabilecek sınırlar arasında olduğu belirlenmiştir. Ca ve Mg konsantrasyonları 4.8–9.3 me/L arasında değişen Pasinler Yeraltı, Oltu çayı ve Ormanağzı su kaynakları pH değerleri yüksek olduğundan kapalı sulama sistemlerinde tıkanmaya yol açabilecek özelliktedir. EC ve ΣTuz değerleri sırasıyla 1027–1397 µmhos/cm ve 657.28–894.08 mg/L arasında değişen Oltu çayı, Köprüköy göleti ve Ormanağzı su kaynakları bitki ve toprakta sorun oluşturabilecek kaynaklardır. LSI indeksi değerleri 0.0–0.9 arasında değişen Köprüköy ve Köyceğiz göletleri ile Ormanağzı ve Oltu çayı su kaynakları kapalı sulama sistemlerinde tıkanma sorunu oluşturabilecek kaynaklardır. Dadaşkøy beldesi kentsel atık su kaynağı toprak, bitki ve basınçlı sulama sistemleri açısından sorunlu özelliktedir.

**Anahtar Kelimeler :** Sulama suyu kalitesi bitki, toprak, sulama sistemi.

### The Evaluation of the Quality Parameters of the Several Water Sources in Erzurum For Plant, Soil and Irrigation System

**ABSTRACT :** This study was carried out to determine suitability of several water sources used in irrigation in Erzurum provinces water quality for irrigation systems, plant and soil properties. Total 27 irrigation water samples were taken from the different water sources in the middle of vegetation period (July 2006). Ca, Mg, Na, K, CO<sub>3</sub>, HCO<sub>3</sub>, Cl, SO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, Fe, B, pH and electrical conductivity of samples were determined. Parameters such as total salt content, Langelier Saturation Index, sodium percentage, sodium absorption ratio, adjusted sodium absorption ratio, residual sodium carbonate, potential salinity, permeability index and water hardness were computed to evaluate water quality. According to analyzes from water samples, Ürünlü reservoir was at critical level for plants, 1.20 me/L ; Serçeme and Teke creeks, Dumlu brook, Köyceğiz and Köprüköy reservoirs and Oltu stream were at levels between 1.62-6 me/L that may cause problems for the pressure irrigation system and plants; Ormanagzi ground water was at highly hazardous level for plant, soil and irrigation systems, 9.4 me/L with respect to HCO<sub>3</sub> levels. Pasinler ground water, Oltu stream and Ormanagzi water sources, which had 4.8-9.3 me/L Ca and Mg concentrations may cause congestions in pressure irrigation systems due to their high pH values. Oltu stream, Koprükoy reservoir and Ormanagzi water sources are the sources that may cause problems to plants and soil with their 1027 to 1397 µmhos/cm EC and 657.28 - 894.08 mg/L salt values. Köprüköy, köyceğiz reservoirs, oltu stream and ormanağzı water sources, which had 0.0 - 0.9 LSI index values may cause congestions in closed watering systems. Sewage of Dadaşkøy province has negative properties for soil, plant and pressure irrigation systems.

**Key words :** Irrigation water quality, plant, soil, irrigation system

### GİRİŞ

Türkiye, küresel ısınmadan dolayı su kaynaklarının olumsuz etkileneneği risk grubu ülkeler arasındadır (Anon., 2001). Bu nedenle ülkemizde su kaynaklarının etkili kullanımı açısından su kalitesinin izleme ve değerlendirilmesi önemlidir.

İyi kalitede olmayan suların sulamada kullanılması sonraki dönemlerde sorunlu suların kaynaklanan pek çok problemin ortaya çıkmasını kaçınılmaz kılmaktadır. Suların sulamaya uygunluğunun belirlenmesinde en çok kullanılan ölçütler; yüzde sodyum, sodyum adsorbsiyon oranı ve kalıcı sodyum karbonat'tır. Sulama suyunun sodyum zararı daha çok SAR ile belirlenir (Tabaei ve Guitjens, 1991). Sodyum adsorbsiyon oranı değeri suların sodyum zararını belirlemede iyi bir gösterge olsa da düzeltilmiş sodyum adsorbsiyon oranının kullanılması önerilmektedir. HCO<sub>3</sub>'ün yüksek

konsantrasyonlarda bulunması sodyum zararını daha da artırmaktadır (Erözel, 1986).

Sulama sularında bulunan bazı iyonlar bitkilere toksik etki yapabilmektedirler. Bu iyonların en önemlileri B ve Cl'dur (Rohades, 1972; Tekinel ve Kırdı, 1978; Hoffman ve ark., 1983). B elementi hemen hemen tüm sulama sularında değişik konsantrasyonlarda bulunur. B'un birkaç mg/L'si toksik etki yapabilmektedir. Sular nadiren yüksek düzeyde B içerirler (Kanber ve ark. 1992). Cl iyonunun 4 me/L'den az miktarları toksik etki göstermezken, 4–10 me/L arasındaki miktarları toksik etki ortaya çıkarır ve 10 me/L'den daha üst düzeylerinde ise sorun artar (James, 1988). Yüksek düzeydeki Na'da bitkilere toksik etki yapabilmektedir. SO<sub>4</sub>'ün sulama sularında bulunması bitkiler için yararlı olabilmektedir. Ancak yüksek

miktarda  $SO_4$ , Ca'nın çökmesine neden olarak bitkilere toksik etki yapabilir (Erözel, 1986). Sularda bulunan Ca ve Mg tuzları sertliğin kaynağını oluştururlar.

Ülkemizde yaygın olarak kullanılan sertlik derecesi Fransız Sertlik derecesidir (Aydın ve Sezen, 1995). Sulama suyu olarak yumuşak sular kullanılmamalıdır (Ayyıldız, 1983; Ross, 1990).

Su içerisindeki iyonların toprak tuzluluğuna katkısı eşit olmadığından, toprak tuzluluğu bazı durumlarda eriyebilirlikleri oldukça fazla olan Cl ve  $SO_4$  iyonlarının konsantrasyonlarından ileri gelmektedir. Bu durumda tuzluluğun tanımında "potansiyel tuzluluk" kavramı önerilmektedir. Sulama suyunun uzun süre kullanılması ile toprakta ortaya çıkabilecek geçirgenlik değişimi de Permeabilite indeksi ile belirlenmektedir (Kanber ve ark., 1992). Genel olarak infiltrasyon tuzluluk artışı ile artar, sodyum adsorbsiyon oranı artışı ile azalır.

Kapalı sulama sistemlerinde, özellikle basıncın yetersiz olduğu noktalarda sulama siteminin tıkanmasına, sulama sularının içerdiği çeşitli organik ve inorganik askı maddeleri (katı kirleticiler), suda eriyebilir kimyasal maddelerin çökmesi, mikroorganizma faaliyeti sonucu oluşan ürünler ve gübreleme faaliyetleri ile oluşabilecek çökelmeler neden olmaktadır (James, 1988). Ca, Mg ve  $HCO_3$  iyonlarının yüksek konsantrasyonları, yüksek pH ve sıcaklık kimyasal tıkanmaya neden olan faktörlerdir. Kapalı sulama sistemlerinde kullanılan sulama sularının pH değerinin 6-6.5 civarında olması önerilmektedir (Tüzel ve Anaç, 1991). Damla sulamada kullanılan suyun pH değerinin 7.5'ten büyük olması ve yüksek düzeyde Ca ve Mg içermesi durumunda  $CaCO_3$  ve  $MgCO_3$  şeklinde çökelmelere neden olduğundan tıkanmalar oluşmaktadır (Şahin ve ark., 1998). Sulama suyunda  $CaCO_3$  çökmesinin tahmininde Langelier Saturasyon İndeksi kullanılmaktadır. Bu değer pH metre ile ölçülen pH değerinden teorik pH değerinin çıkarılması ile bulunur, sonucun pozitif olması  $CaCO_3$  çökeltisi olabileceği şeklinde yorumlanmaktadır (Kanber ve ark., 1992).

Sulama sularında  $NO_3$  bulunması su kaynağının kirlendiğinin belirtisi olabilir.  $NO_3$ 'ün fazla konsantrasyonları toprak permeabilitesi üzerine olumsuz etki yapmakla birlikte, 5 ppm değerinden fazla olması durumunda uygun gübreleme programı da seçilmelidir (Ayyıldız, 1983; Will and Faust, 2005).

Sulama suyunda bulunan Fe oksitlenerek yüzey sulama uygulamalarında bitki yaprakları üzerinde siyah ve kahverengi lekeler oluşturur. Ayrıca yüksek konsantrasyonlardaki Fe biyolojik aktiviteye bağlı olarak basınçlı sulama sistemlerinde tıkanmalara yol açmaktadır (Kuşlu ve ark., 2005).

Erzurum ili ekonomik olarak sulanabilir arazi büyüklüğü 192430 hektar olup bu arazinin 92430 hektarlık kısmı sulamaya açılmış durumdadır. İlde ortalama yağış 432.5 mm'dir (Anon., 2003). İl genelinde yüzey sulama yöntemleri ile sulama yapılmaktadır. Ancak mikroklima bölgelerinde gelişmekte olan seracılık işletmelerinde damla sulama yöntemleri tercih edilmektedir. Bu araştırma; Erzurum ilindeki su kaynaklarının kalitelerinin, bitki, toprak ve sulama sistemi açısından değerlendirilmesi amacıyla yürütülmüştür.

#### MATERYAL VE METOT

Araştırma materyali olarak Erzurum ilindeki 27 kaynak seçilmiştir (Çizelge 1). Kaynakların belirlenmesinde sulamada yaygın kullanımlar dikkate alınmıştır. Demirtaş (1997)'in önerdiği esaslara göre; seçilen kaynaklardan saptırılan sularda, sulama mevsimi ortalarında (Temmuz 2006) su örnekleri alınmıştır.

Alınan sulama suyu örnekleri bekletilmeden laboratuara getirilerek analize hazırlanmıştır. Laboratuarda Ca, Mg, Na, K,  $CO_3$ ,  $HCO_3$ , Cl,  $SO_4$ ,  $NO_3$  ve Fe iyonları miktarları standart analiz yöntemleri kullanılarak belirlenmiştir (Anon, 1985). Suların pH ve elektriksel iletkenlik (EC) değerleri su örneklerinin alımı sırasında portatif pH metre ve kondüktivimetre ile doğrudan ölçülmüştür.

Çizelge 1. Örneklenen su kaynakları

No	Su Kaynağı	No	Su Kaynağı	No	Su Kaynağı
1	Çoruh Nehri	10	Porsuk Göleti	19	Dikyar Deresi
2	Lezgi Çayı	11	Erzurum Yeraltı Suyu	20	Oltu Memba
3	Lezgi Pisyan Çayı	12	Serçeme Deresi	21	Oltu Çayı
4	Pulur Çayı	13	Teke Deresi	22	Ormanağzı – Oltu Çayı Kolu
5	Karasu – Ilıca kolu	14	Aras Nehri - Yağan	23	Tortum Çayı
6	Karasu-Dadaş kolu	15	Oltu Başaklı Memba	24	Köyceğiz Göleti
7	Dumlu Çayı	16	Karakurt Deresi	25	Ürnlü Göleti
8	Pasinler Yeraltı	17	Eğilmez Göleti	26	Köprüköy Göleti
9	Sapaca Deresi	18	Murat Nehri	27	Dadaşköy (Atık Su)

Toplam tuz miktarı ( $\Sigma$ Tuz), elektriksel iletkenlik değerinden yararlanılarak hesaplanmıştır (Şahin ve ark., 1998). Langlier Saturasyon indeksi (LSI), teorik pH ( $pH_c$ ), yüzde sodyum (% Na), sodyum adsorbsiyon oranı (SAR), düzeltilmiş sodyum adsorbsiyon oranı (adjSAR), kalıcı sodyum karbonat (RSC), potansiyel tuzluluk (PT) ve permeabilite indeksi (PI) Kanber ve ark., (1992)'de belirtildiği gibi saptanmıştır. Fransız sertlik derecesi (FS), Ca+Mg konsantrasyonunun 5 ile çarpılması ile elde edilmiştir (Aydın ve Sezen, 1995). Atık sularla ilgili özellikler ise Greenberg ve ark. (1985)'in belirttiği esaslara göre belirlenmiştir.

#### ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Sulama sularının analiz sonuçlarından sulardaki bazı iyonlar Çizelge 2'de; EC,  $\Sigma$ Tuz, pH,  $pH_c$  ve LSI değerleri Çizelge 3'te; % Na, SAR, adjSAR, RSC, PT, PI ve FS değerleri Çizelge 4'te ve Dadaşköy beldesinde kullanılan atık suyun analiz sonuçları da Çizelge 5'te verilmiştir.

Sularda Ca 0.15–4.50 me/L, Mg 0.00–4.80 me/L ve Ca+Mg 0.15–9.30 me/L, Na 0.14–2.00 me/L, K 0.01–2.85 me/L arasında belirlenmiş, B'a rastlanmamıştır. Sulama suyu kaynaklarından 14'ünde Fe'e rastlanmış olup bulunan değerler 0.005me/L 'nin altındadır (Çizelge 2).

Çizelge 2. Sularda ölçülen bazı iyonların değerleri (me/L)

Kaynak Adı	Ca	Mg	Na	K	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	Fe	B
Çoruh Nehri	0.70	0.90	0.47	0.06	-	0.27	0.20	0.33	-	0.004	-
Lezgi Çayı	0.60	0.30	0.22	0.08	-	0.21	0.06	0.10	0.08	0.002	-
Lezgi Pisyan Çayı	0.50	0.40	0.69	0.07	-	0.24	0.52	0.10	-	0.003	-
Pulur Çayı	1.50	0.70	0.62	0.12	-	0.48	0.28	0.46	0.06	-	-
Karasu - Ilıca	1.50	0.85	0.41	0.09	-	0.58	0.19	0.39	-	-	-
Karasu-Dadaş	2.00	1.30	1.90	0.18	-	0.45	1.52	0.66	0.10	0.002	-
Dumlu Çayı	1.00	0.10	0.76	0.07	-	2.24	0.18	0.16	0.07	0.002	-
Pasinler Yeraltı	1.31	3.49	0.22	0.14	-	0.40	0.16	1.07	-	-	-
Sapaca Deresi	1.50	0.60	0.23	0.04	-	0.37	0.08	0.53	-	0.001	-
Porsuk Göleti	0.15	0.00	0.14	0.08	-	0.07	0.04	0.13	0.08	0.002	-
Erzurum Yeraltı Suyu	0.73	0.75	0.18	0.16	-	0.16	0.08	0.20	-	-	-
Serçeme Deresi	0.85	0.85	0.30	0.06	-	1.62	0.08	0.12	-	-	-
Teke Deresi	1.65	0.75	0.22	0.05	-	1.92	0.41	0.61	-	-	-
Aras Nehri - Yağan	1.26	2.07	0.24	0.44	-	0.38	0.48	0.38	-	0.004	-
Oltu Başaklı Memba	1.52	2.72	0.24	0.09	-	0.45	0.08	1.67	0.08	0.002	-
Karakurt Deresi	1.50	1.10	0.43	0.06	-	0.53	0.32	0.40	-	0.003	-
Eğilmez Göleti	1.10	0.70	0.31	0.04	-	0.08	0.26	0.11	0.06	-	-
Murat Nehri	1.40	0.60	0.28	0.05	-	0.43	0.28	0.58	-	-	-
Dikyar Deresi	1.30	0.40	1.33	0.05	-	0.21	0.20	1.37	0.10	0.002	-
Oltu Memba	1.80	1.30	0.26	0.04	-	0.44	0.66	0.04	0.07	0.002	-
Oltu Çayı	2.30	4.80	1.73	0.10	-	6.00	1.96	1.04	-	-	-
Ormanağzı – Oltu Çayı kolu	4.50	4.80	2.00	0.01	-	9.40	1.30	0.65	-	0.001	-
Tortum Çayı	1.46	0.07	0.20	0.05	-	0.22	0.22	0.55	0.08	0.002	-
Köyceğiz Göleti	1.86	0.24	0.55	0.46	-	2.20	0.42	0.14	-	-	-
Ürnlü Göleti	0.16	0.00	0.20	0.18	-	1.20	0.70	0.11	-	-	-
Köprüköy Göleti	1.76	0.93	1.63	2.85	-	2.80	0.85	1.44	-	-	-

Sularda CO<sub>3</sub> değerinin 0.01 me/L'nin altında olduğu saptanmıştır. HCO<sub>3</sub> 0.07–9.40 me/L, SO<sub>4</sub> 0.04–1.67 me/L, Cl 0.04–1.96 me/L olarak belirlenmiştir. Şahin ve ark (1998); 4.00 me/L'den daha az konsantrasyonda Cl içeren suların toksik etki yapmadığını belirtmişlerdir. Buna göre incelenen suların Cl konsantrasyonlarının bir sorun yaratmayacağı söylenebilir. Socifield sınıflandırma sistemine göre toksik etki yönünden sulama suları Cl ve SO<sub>4</sub> konsantrasyonuna göre çok iyi sınıfına girmektedir (Kanber ve ark.,1992). Yüksek konsantrasyondaki HCO<sub>3</sub>, Ca ve Mg'u bağladığından

Na zararını artırmaktadır. Suların HCO<sub>3</sub> değerleri incelendiğinde;umlu Çayı, Serçeme Deresi, Teke Deresi, Oltu Çayı, Köyceğiz Göleti ve Köprüköy Göleti sularının toprakta sorun oluşturabilecek sular sınıfında olduğu, Ormanağzı su kaynağının şiddetli zarara neden olabilecek sular sınıfında olduğu, Ürnlü Göletinin kritik değere yakın olduğu, diğer kaynakların ise HCO<sub>3</sub> yönünden sorun yaratmayacak sular oldukları belirlenmiştir (Hoffman ve ark., 1983).

Sulama sularında kalsiyum veya magnezyum konsantrasyonu 50 ppm'in üzerinde, suyun pH'sı da

8'in üzerinde olduğu durumlarda basınçlı sulama sistemlerinde tıkanma sorunu oluşabilmektedir (James, 1988). Buna göre Ormanağzı, Oltu çayı ve Pasinler yeraltı su kaynakları kapalı sulama sistemlerinde kullanılması durumunda tıkanmaya yol açabilecek sulardır.

Suların EC değerleri 117–1397  $\mu\text{mhos/cm}$ , toplam tuz miktarı 74.88 – 894.08 mg/L arasında değişmektedir (Çizelge 3). EC veya toplam tuz yükü açısından Ormanağzı, Köprüköy Göleti ve Oltu çayı

su kaynaklarının uzun vadede bitki ve toprakta sorun oluşturabilecek sular oldukları gözlenmektedir. Bu su kaynakları ile sulanan alanlarda tuza dayanıklı bitkilerin tercih edilmesi, tarla içi geliştirme projelerinin uygulanması, özellikle drenaj önlemlerinin alınması ve düzenli aralıklarla arazinin yıkanması uygun olacaktır. Diğer su kaynakları, tuzluluk yönünden sorun yaratmayacak sular sınıfına girmektedir.

Çizelge 3. Erzurum ili su kaynaklarının EC ( $\mu\text{mhos/cm}$ ),  $\Sigma\text{Tuz}$  (mg/L), pH, pHc ve LSI değerleri

Kaynak Adı	EC	$\Sigma\text{Tuz}$	pH	pHc	LSI
Çoruh Nehri	295	188.80	7.60	8.84	-1.24
Lezgi Çayı	117	74.88	7.20	9.19	-1.99
Lezgi Pisyay Çayı	171	109.44	7.70	9.11	-1.41
Pulur Çayı	265	169.60	7.60	8.47	-0.87
Karasu - Ilica	267	170.88	7.50	8.36	-0.86
Karasu-Dadaş	580	371.20	7.00	8.36	-1.36
Dumlu Çayı	260	166.40	7.60	8.08	-0.48
Pasinler Yeraltı	662	423.68	7.57	8.26	-0.69
Sapaca Deresi	662	423.68	7.57	8.57	-0.99
Porsuk Göleti	504	322.56	7.80	9.32	-1.52
Erzurum Yeraltı Suyu	129	82.56	7.60	9.10	-1.50
Serçeme Deresi	200	128.00	7.85	8.01	-0.15
Teke Deresi	240	153.60	7.40	7.78	-0.38
Aras Nehri - Yağan	625	400.00	7.50	8.39	-0.89
Oltu Başaklı Memba	729	466.56	7.87	8.22	-0.35
Karakurt Deresi	287	183.68	7.80	8.34	-0.54
Eğilmez Göleti	197	126.08	7.90	8.51	-0.61
Murat Nehri	209	133.76	7.80	8.59	-0.79
Dikyar Deresi	410	262.40	7.80	9.61	-1.81
Oltu Memba	195	124.80	7.80	8.33	-0.53
Oltu Çayı	1027	657.28	7.70	6.81	0.90
Ormanağzı – Oltu Çayı kolu	1397	894.08	7.35	6.67	0.69
Tortum Çayı	504	322.56	7.66	9.64	-1.98
Köyceğiz Göleti	533	341.12	8.03	7.78	0.25
Ürünlü Göleti	461	295.04	7.95	8.92	-0.96
Köprüköy Göleti	1278	817.92	7.61	7.61	0.00

Suların pH değerinin çok düşük veya çok yüksek olması bitkide beslenme bozukluklarına neden olur ve bu değer sulama suları için 6.50-8.40 arasında olması istenir (Hoffman ve ark., 1983). İncelenen suların pH değerleri 7.00–8.03 arasında olup pH açısından bir sorun bulunmamaktadır (Çizelge 3). İncelenen suların pHc değerleri 6.67 ile 9.64 arasında değişmektedir (Çizelge 3). Ölçülen pH değerlerinden teorik pH değerlerinin çıkarılmasıyla elde edilen LSI değerleri 22 kaynaktan negatif, 4 kaynaktan ise pozitif bulunmuştur. LSI değerine göre Oltu Çayı, Ormanağzı, Köyceğiz göleti ve Köprüköy göleti sulama sularının kapalı sulama sistemlerinde özellikle de damla sulama sisteminde tıkanma

sorununa neden olabileceği söylenebilir (Şahin ve ark., 1998).

Sulama sularının % Na değerleri 4.3 ile 43.2 arasında değişim göstermektedir (Çizelge 4). Genellikle sulama sularında % Na değerinin 50 veya 60'tan fazla olması istenmez (Eröz, 1986). Suların bu sınırın üzerinde % Na değerlerine rastlanmamıştır. Dikyar Deresi ve Lezgi Pisyay Çayı sularının Scofield sınıflandırma sistemine göre % Na yönünden sulamaya izin verilebilir sular sınıfına girdiği, diğer kaynakların ise çok iyi sulama suyu sınıfında olduğu belirlenmiştir (Kanber ve ark., 1992).

Çizelge 4. Suların % Na, SAR, adjSAR, RSC (me/L), PT (me/L), PI (%) ve FS değerleri

Kaynak Adı	% Na	SAR	adjSAR	RSC	PT	PI	FS
Çoruh Nehri	22.1	0.525	0.29	-	0.365	46.46	8
Lezgi Çayı	18.0	0.321	0.07	-	0.110	56.52	4.5
Lezgi Pisyana Çayı	41.6	1.029	0.30	-	0.570	71.08	4.5
Pulur Çayı	21.1	0.591	0.55	-	0.510	44.65	11
Karasu - Ilıca	14.2	0.374	0.39	-	0.385	41.11	11.75
Karasu-Dadaş	35.3	1.479	1.55	-	1.850	47.78	16.5
Dumlu Çayı	39.4	1.025	1.36	-	0.260	116.93	5.5
Pasinler Yeraltı	4.3	0.144	0.16	-	0.695	16.52	24
Sapaca Deresi	9.6	0.221	0.18	-	0.345	35.37	10.5
Porsuk Göleti	37.7	0.508	0.04	-	0.105	109.34	0.75
Erzurum Yeraltı Suyu	9.9	0.208	0.06	-	0.180	31.87	7.4
Serçeme Deresi	14.6	0.325	0.45	-	0.140	76.35	8.5
Teke Deresi	8.1	0.196	0.32	-	0.715	60.14	12
Aras Nehri - Yağan	5.9	0.184	0.19	-	0.670	21.36	16.65
Oltu Başaklı Memba	5.2	0.165	0.19	-	0.915	19.93	21.2
Karakurt Deresi	13.9	0.377	0.40	-	0.520	37.48	13
Eğilmez Göleti	14.4	0.327	0.29	-	0.315	27.57	9
Murat Nehri	12.0	0.280	0.23	-	0.570	40.16	10
Dikyar Deresi	43.2	1.443	0.31	-	0.885	58.06	8.5
Oltu Memba	7.6	0.209	0.22	-	0.680	27.16	15.5
Oltu Çayı	19.4	0.918	2.38	-	2.480	46.80	35.5
Ormanağzı – Oltu Çayı kolu	17.7	0.927	2.54	0.1	1.625	44.79	46.5
Tortum Çayı	11.3	0.230	0.05	-	0.495	37.59	7.65
Köyceğiz Göleti	17.8	0.541	0.88	0.1	0.490	65.38	10.5
Ürnlü Göleti	36.3	0.684	0.33	1.0	0.755	119.90	0.8
Köprüköy Göleti	22.7	1.405	2.51	0.1	1.570	46.07	13.45

Su kaynaklarından alınan örneklerin SAR değerleri 0.144 – 1.479, adjSAR değerleri ise 0.04 ile 2.54 arasında olup Na zararı düşük olan sular sınıfındadır. En yüksek SAR değeri Karasu - Dadaş kolundan; adjSAR değerlerinin en yüksekisi ise Olur-Ormanağzı sularından elde edilmiştir. SAR ve adjSAR değerlerine bakıldığında permeabilitenin olumsuz etkilenmeyeceği söylenebilir (Hoffman ve ark., 1983).

Suların tuzluluk sınıfı incelendiğinde; Lezgi Çayı, Lezgi Pisyana Çayı, Erzurum Yeraltı suyu, Serçeme Deresi, Tekederesi, Eğilmez, Murat Nehri ve Oltu Memba sınıfının C<sub>1</sub>S<sub>1</sub> sınıfı, Çoruh, Pulur Çayı, Karasu Ilıca ve Dadaş kolu,umlu Çayı, Pasinler yeraltı suyu, Sapaca Deresi, Porsuk Göleti, Aras Nehri Aşağı Pasinler sulaması su alımı noktası, Oltu Başaklı, Karakurt Deresi, Dikyar, Tortum Çayı, Köyceğiz Göleti ve Ürnlü Göleti sularının C<sub>2</sub>S<sub>1</sub> sınıfı, Oltu Çayı, Ormanağzı suları ve Köprüköy Göleti suyunun C<sub>3</sub>S<sub>1</sub> sınıfı sulama suları oldukları görülmektedir. C<sub>1</sub>S<sub>1</sub> sınıfı sular; her toprak koşulunda, her bitki ve yöntem kullanılarak sulama yapılabilecek olan sulardır. C<sub>2</sub>S<sub>1</sub> sınıfı sular ile birçok bitki orta derecede yıkama yapılarak ve tuzluluk için özel işlemlere gereksinim duyulmadan yetiştirilebilir. C<sub>3</sub>S<sub>1</sub> sınıfı sular; orta derecede tuza

dayanım gösteren bitkilerin sulanmasında kullanılabilecek sulama sularıdır. Söz konusu sular drenaj sorunu olmayan alanlarda kullanılabilirler, taban arazilerde kullanımları sorun yaratabilir. Bu durumda etkin drenaj önlemlerinin alınması ve hatta uygun drenaj koşullarında bile bazı önlemlerin alınması gerekebilmektedir (Güngör ve ark., 1996).

Yapılan analizlerde sular RSC yönünden güvenle (<1.25 me/L) kullanılabilecek durumda olan sulardır. PT değerleri 0.105 – 2.480 me/L arasında değişmektedir. PI değerleri 16.52–119.90 arasında değişmektedir. Buna göre PI değerleri açısından; Lezgi Pisyana,umlu, Serçeme dereleri ile Porsuk ve Ürnlü göletlerinin suları, ortalama geçirgenlikleri 0-2 cm/h; 2-12 cm/h ve >12 cm/h olan topraklar için II. sınıf, diğer kaynaklar ise III. sınıf sulama suyu özelliğindedirler (Kanber ve ark.,1992). Bu durumda ikinci ve üçüncü sınıfa giren sular; düşük, orta ve yüksek geçirgenlikteki topraklarda uzun süre kullanılması durumunda geçirgenliklerinde % 7, % 25 ve % 35 oranında azalmalar olacaktır (Kanber ve ark., 1992).

Sulama suları sertlik açısından incelendiğinde; sertlik (FS) değerlerinin 0.75 ile 46.5 arasında değiştiği gözlenmiştir (Çizelge 4). Buna göre; Ormanağzı suları çok sert, Oltu Çayı oldukça sert,

Oltu Başaklı Çayı; Pasinler yeraltı suyu sert, Aras Nehri Aşağı Pasinler sulama sahası noktası, Karasu Dadaş kolu ve Oltu memba orta sert, Lezgi Çayı, Lezgi pısyarı, Dumlu, Porsuk Göleti, ürünlü Göleti çok yumuşak sular grubuna diğer kaynaklar ise yumuşak sular grubuna girmektedir (Okuroğlu, 1998). Yumuşak suların sulamada kullanılmasıyla toprakların sertleşeceği göz önüne alınır, özellikle ilkbahar döneminde yapılan sulamalarda topraklarda sertleşme sorunu ortaya çıkabilir ( Erözel, 1986; Ross, 1990). Ayrıca çapa bitkilerinin ekildiği alanlarda özellikle erken ilbaharda toprakların kaymak tabakası bağlaması sorununun ortaya çıkması ile birlikte toprak işlemenin güçleşebileceği söylenebilir.

Dadaşköy Beldesi kentsel atık sularının EC'si 1810, pH'sı 8.55, SAR değeri 6.86; %Na değeri ise

51.82 olup sodyum zararı oluşturabilecek bir su kaynağıdır (Çizelge 5). Su örneğinin pH değeri sulama suları için önerilen üst sınır olan 8.4 değerinin üzerindedir. Yüksek tuz konsantrasyonuna sahip sular sınıfında olduğundan kullanıldığı alanlarda tuza dayanıklı bitkilerin seçilmesi yararlı olacaktır. Bu su kaynağı RSC (1.25–2.5 me/L değerleri arasında) yönünden iyi bir toprak düzenlemesi gerektiren sular sınıfındadır. Kimyasal oksijen gereksinimi 1502 mg/L, biyolojik oksijen gereksinimi ise 825 mg/L olup bu değerlere göre bu kaynak arıtılması gereken kirli su kaynağıdır. TDS değeri 1152 mg/L olan su kaynağının Ca+Mg değerleri toplamı 103 mg/L düzeyindedir. Bu değer kapalı sulama sistemlerinde tıkanmaya yol açabilecek düzeydedir.

Çizelge 5. Dadaşköy Beldesi atık sularının bazı önemli özellikleri

Parametre	Değeri	Parametre	Değeri	Parametre	Değeri	Parametre	Değeri
EC, (µmhos/cm)	1810	TDS (mg/L)	1152	Fe, (mg/L)	0.33	Cu (mg/L)	0.32
pH	8.55	SS (mg/L)	132	Pb, (mg/L)	0.13	Ni (mg/L)	0.10
SAR	6.86	Total N (mg/L)	1415	CO <sub>3</sub> , (me/L)	2.10	B (mg/L)	0.10
%Na	51.82	P (mg/L)	6.40	HCO <sub>3</sub> , (me/L)	7.12	Ca (mg/L)	55
RSC	2.47	Cd (mg/L)	0.22	CaCO <sub>3</sub> , (me/L)	0.13	Mg (mg/L)	48
KOI (mg/L)	1502	Mn (mg/L)	0.34	S (mg/L)	3.20	Na (mg/L)	205
BOI (mg/L)	825	Zn (mg/L)	0.48	Cl (me/L)	7.10	K (mg/L)	60

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Araştırma materyali olarak seçilen kaynaklardan Dadaşköy beldesi atık suyu, Oltu Çayı, Oltu Başaklı, Pasinler yeraltı su kaynağı, Ormanağzı, Köprüköy Göleti kaynakları yüzey sulamada bitki ve toprak açısından önlem alınması gereken kaynaklardır. Oltu, Köprüköy ve Olur ilçeleri arazilerinin sulandığı kaynak sularında tuz konsantrasyonları yüksek bulunmuştur. Bu nedenle bitki seçiminde tuza duyarlılığı fazla olamayan türlerin tercih edilmesi üretim açısından yarar sağlayacaktır. Ayrıca bu sular ile sulanan alanlarda ise permeabilite sorunun yaşanabileceği belirlenmiştir. Bu nedenle topraklarda fiziksel yapıyı iyileştirici önlemler arasında toprağa belirli aralıklarla organik materyaller karıştırılması ve ekim öncesi topraklarda düzenli olarak ön sürüm yapılması gerekmektedir.

Kaynakların çoğunun, özellikle Oltu Çayı, Olur Ormanağzı, Köprüköy Göleti, Köyceğiz Göleti ve Dadaşköy beldesi atık sularının kapalı sulama sistemlerinde kullanımı durumunda tıkanmaya neden olabilecek kadar çözünmüş kimyasal içerdikleri belirlenmiştir. Tıkanmaya neden olabilecek başka bir faktör ise pH değerleridir. İncelenen suların pek çoğunun pH değerleri 7.50'nin üzerindedir. Suyla birlikte toprağa uygulanacak besin elementleri suların pH değerlerini daha da yükselteceği göz önüne

alınır, bu durum basınçlı sulama sistemlerinde ve özellikle damla sulama sistemlerinde tıkanmaya neden olabilecektir. Suların pH değeri tüm kaynaklardan yirmibeşinde 7.0–8.0 arasında ikisinde ise 8.0'in üzerindedir.

## KAYNAKLAR

- Anonymous, 1985. APHA, AWWA, WPCF. Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater. Greenberg, E.A., Trussell, R.R. and Clesceri, L.S. (eds.). 16th Edition, Washington - USA.
- Anonymous, 2001. "Climate Change 2001, The Scientific Basis". The Intergovernmental Panel on Climate, Contribution of Working Group I. to the III. Assessment Report, The University Of Cambridge. The Pitt Building, Trumpington Street, Cambridge, United Kingdom, 94s.
- Anonymous, 2003. DSİ VIII. Bölge Müdürlüğü Program Bütçe Takdim Raporu, DSİ VIII. Bölge Müdürlüğü, Erzurum.
- Aydın, A., Y. Sezen., 1995. Toprak Kimyası Laboratuvar Kitabı. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 174, 140-144.
- Ayyıldız, M., 1983. Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:897, Ankara. 282s.
- Demirtaş, A., 1997. Su Analizleri İçin Su Örneklerinin Alınması ve Korunması. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 194, Erzurum, 31s.
- Erözel, Z., 1986. Sulamada Su Kalitesi ve Tuzluluk Sorunları. Kültürteknik Giriş, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 996, 97–110.

- Greenberg, A. E., R. R.Trussell and L.S. Clesceri., 1985. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Environment Federation (WEF), Washington DC.
- Güngör, Y., A.Z. Erözel ve O. Yıldırım., 1996. Sulama. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 1443, Ankara, 295s.
- Hoffman G.J., R.S. Ayers, E.J. Doering and B.L. McNeal, 1983. Salinity in Irrigated Agriculture. Design and Operation of Farm Irrigation Systems. (Ed., M.E. Jensen). ASAE, 2950 Niles Road, St. Joseph, Michigan 49085, 145–185.
- James, L.G., 1988. Principles of Farm Irrigation System Design. John Wiley & Sons. New York, 260–299.
- Kanber, R., C. Kırdı ve O. Tekinel., 1992. Sulama Suyu Niteliđi ve Sulamada Tuzluluk Sorunları. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 21, Adana, 341s.
- Kuşlu, Y., Ü. Şahin, Ö. Anapalı, F. M. Kızıloğlu, 2005. Damla sulama sistemlerinde tıkanma ve giderilmesi ile farklı damlatıcı tiplerinin özellikleri. GAP IV. Tarım Kongresi Bildiri Kitabı II. Cilt 1094–1101, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa.
- Okuroğlu, M., 1998. İçme ve Kullanma Suyu Sağlanması. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Yayınları No: 2002, Erzurum, 378 s.
- Rohades, J. D., 1972. Quality of Water for Irrigation. Soil Science, 113 (4): 277–284.
- Ross, D.S., 1990. Water Treatment for Microirrigation. The University of Maryland, Collage Park, MD 20742, Facts 171.
- Şahin, Ü., Ö. Anapalı ve A. Hanay., 1998. Erzurum İli Tortum ve Uzundere Seralarında Sulamada Kullanılan Suların Toprak, Bitki ve Damla Sulama Yönünden Değerlendirilmesi. Dođu Anadolu Tarım Kongresi Bildiri Kitabı, 1492–1503. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi. Erzurum.
- Tabaei, H.A, J.C. Guitjens., 1991. Water Quality of Shallow Ground Water Reused for Irrigation. Irrigation and Drainage (Ed., W.F. Ritter), ASAE, 345. East 47<sup>th</sup> Street, New York, 260-266.
- Tekinel, O, C. Kırdı., 1978. Sulama Suları Niteliđinin Deđerlendirilmesinde Yeni Gelişmeler. Topraksu Dergisi, 48: 38–56.
- Tüzel, İ. H, S. Anaç, 1991. Damla Sulama Sistemlerinde Damlatıcı Tıkanması ve Koruma Uygulamaları. E.Ü.Z.F. Dergisi, 28/1, 239 – 254. Bornova, İzmir.
- Will E. and J.E. Faust., 2005. Irrigation Water Quality for Greenhouse Production. Agricultural Extension Service, PB 1617, The University of Tennessee, USA.