

## Gıda Sanayii Arıtma Tesisi Atık Suyu'nun Sulama Suyu Olarak Kullanım Olanakları\*

Barış Bülent AŞIK\*\* A.Vahap KATKAT\*\*\*

### ÖZET

*Bu çalışmada; gıda sanayii arıtma tesisi atık suyu'nun sulama suyu olarak kullanım olanakları araştırılmıştır. Bu amaçla atık su analiz değerleri 7.01.1991 tarih, 20748 sayılı resmi gazetede yayımlanan "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği"nde belirtilen ve suların araziye verilmesi ve sulamaya uygunluğu açısından önerilen sınır değerlerle karşılaştırılmıştır. Çalışmada; arıtma tesisinden bir üretim periyodu boyunca belli zamanlarda alınan atık su örneklerinde, pH, EC başta olmak üzere  $HCO_3^-$ ,  $CO_3^{2-}$ ,  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ , B,,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ,  $BOI_5$ ,  $KOI$ , AKM ve kimi analizler yapılmıştır.*

*Arıtma tesisi atık suyunun sulama suyu olarak kullanım olanaklarını belirlemek amacıyla yapılan analizler sonucunda, atık suyun zamana bağlı olarak  $C_3 S_1$  (yüksek tuzlu) ve  $C_4 S_2$  (çok yüksek tuzlu) sulama suyu sınıflarına girdiği belirlenmiştir.*

**Anahtar Sözcükler:** Atık su, sulama suyu kalitesi.

### ABSTRACT

#### The Possibilities of the Use of Wastewater of Food Industry in Irrigation Water

*In this work, the facilities of agricultural usages of the possibilities of wastewater used as the irrigation water in the Food Industry*

\* Bu çalışma lisans üstü tez çalışmasından yararlanılarak hazırlanmıştır.

\*\* Araş. Gör., Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü.

\*\*\* Prof. Dr., Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü.

*Foundation's wastewater were researched. For that reason, wastewater analysis results were checked with critical levels according to water pollution control instructions which were published in official news. For this purpose, some of the analysis such as pH, EC, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>=</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>=</sup>, B, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, BOD<sub>5</sub>, COD, SSS and some irrigation water properties were done in the examples of wastewater that was taken during the production period.*

*At the end of analysis done in order to determine the possibilities of using the purification foundation of wastewater as irrigation water, wastewater was in the classified as C<sub>3</sub> S<sub>1</sub> (high saline) and C<sub>4</sub> S<sub>2</sub> (very high saline) irrigation water.*

**Key Words:** *Wastewater, irrigation water quality*

## GİRİŞ

Çeşitli işlemler sonucunda endüstri kuruluşlarının arıtma tesislerinden ortaya çıkan atık suların bazıları bir ön arıtma işleminden sonra sulama suyu olarak kullanılabilir. Atık suların tarımda sulama amacı için kullanımı ile bunlar yararlı hale dönüştürülmekte ve içerdiği besin elementlerinden bitkilerin yararlanması sağlanmış olmaktadır. Bu nedenlerden dolayı atık suyun tarım alanlarına verilmesi etkili ve yararlı bir yöntem olarak görülmektedir. Ancak toprağın biyolojik aktivitesi, fiziksel ve kimyasal etkinlik sınırları dikkate alınmalı, sınırlar asla zorlanmamalı ve aşılmalıdır.

Penguen Gıda Sanayii arıtma tesislerinden çıkan atık suyunun genellikle meyve ve sebze gibi gıda ürünlerinin işlenmesi esnasında oluşması nedeniyle tarımda sulama suyu olarak kullanılabilirliği düşünülmektedir. Bununla birlikte ortaya çıkan bu atık suyun kullanılmadan önce özelliklerinin ayrıntılı olarak belirlenmesi tarımsal kullanım ve çevresel etki açısından pek çok yarar sağlayacaktır. Aksi takdirde toprak ekosistemi ve bitki gelişimi için zararlı etmenler içeren atık suların olumsuz etkilerinin ortadan kaldırılması çok zor olmaktadır.

Atık suların tarımda sulama veya değişik amaçlar için kullanımı birçok ülkede uzun yıllardır uygulanmaktadır (Carrow ve Duncan 2000). Konuyla ilgili uluslararası ve özellikle de son yıllarda ülkemizde bazı düzenlemeler yapılmıştır. 7.1.1991 yıl, 20747 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği"nin 46'ncı maddesinde arıtılmış atık suların sulamada kullanılması ile ilgili olarak; atık suların araziye verilmeye veya sulamaya uygun olup olmadığını belirlemek için incelenmesi gereken en önemli parametreler belirtilmiştir. Bunlar;

1. Suyun içindeki çözünmüş maddelerin toplam konsantrasyonu ve elektriksel iletkenlik
2. Sodyum iyonu konsantrasyonu ve Na iyonu konsantrasyonunun diğer katyonlara oranı
3. Bor, ağır metal ve zehir etkisi olabilecek diğer maddelerin konsantrasyonu
4. Bazı koşullarda Ca ve Mg iyonlarının toplam konsantrasyonu
5. Toplam katı madde, organik madde yükü, yağ ve gres gibi yüzen maddelerin miktarı
6. Patojen mikroorganizmaların miktarı

Atık suyun içindeki çözünmüş tuzlar, bor, ağır metal ve benzeri zehir maddeler, bölgenin iklim şartlarına, toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerine bağlı olarak ortamda birikebilir, bitkiler tarafından alınabilir veya suda kalabilir. Bu nedenle arıtılmış atık suların arazide kullanılması ve giderilmesi söz konusu olduğunda suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreler açısından sınır değerlere uygunluğunun yanı sıra bölgenin toprak özellikleri de dikkate alınmalıdır. Endüstriyel atık suların sulama suyu olarak kullanıma uygunluk sınır değerleri Çizelge I'de ve tarımsal sulamada kullanılacak değişik sınıf sular için istenen sulama suyu kalite değerleri Çizelge II'de verilmiştir.

**Çizelge I.**  
**Endüstriyel atık suların sulama suyu olarak kullanılmaya uygunluğu (Anonim 1991)**

|   |  |  |
|---|--|--|
| 1 | Yakınında uygun arazi varsa, sulama suyu olarak kullanılabilir | Bira, Malt, Şarap, Patates, Sebze Konserve, Marmelat, Meyve Konserve, Süt, Patates Nişastası Fabrikaları vb.   |
| 2 | Belirli koşullarda sulama suyu olarak kullanıma uygun          | Şeker, Pirinç ve Tahıl Nişastası, Mezbaha, Et Kombine Tesisleri, Margarin, Kağıt, Balık Unu, Balık Konserve, Madencilik vb.                          |
| 3 | Sulama suyu olarak kullanım için uygun değil                   | Cila ve Boya Fabrikaları, Sabun Fabrikası, Anorganik Kimyasal Madde Fabrikaları, İlaç, Metal, Madeni Yağ Fabrikaları, Viskoz Suni İpek Fabrikası vb. |

Bahri (1998), Tunusun değişik bölgelerinden onbeş ayrı kentsel ve endüstriyel kaynaktan aldığı atık su örneklerini sulama suyu kalitesi, toprak ve yeraltı suyuna olabilecek etkiler yönünden incelemiştir. Çalışma sonucunda atık suların tarımsal kullanım potansiyeli açısından Ca miktarı ve EC bakımından toprak tuzluluğu yaratabileceğini, yüksek bitki besin elementi

içeriğine rağmen özellikle NO<sub>3</sub> bakımından yeraltı suyu kirliliğine dikkat edilmesi gerektiğini bildirmiştir.

Feidler (1990), atık suların sulama amaçlı kullanılması durumundaki sınır değerleri bildirmiştir. Bunlardan 1. ve 2. sınıf atık suların hiçbir sınırlama getirmeden sulamada kullanılabileceğini, 3-5. sınıf atık suların ise bazı sınırlamalarla kullanılabileceğini belirtmiştir.

**Çizelge II.**  
**Sulama suyu sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kriterleri (Anonim 1991)**

| Sulama Suyu Kalite Kriterleri  | 1.sınıf (çok iyi)                | 2. sınıf (iyi)   | 3. sınıf (kullanılır)  | 4.sınıf (ihtiyatla kullanılmalı)                             | 5.sınıf (zararlı, uygun değil) |
|--|----------------------------------|--|--|--|--------------------------------|
| EC, $\mu\text{mhos cm}^{-1}$   | 0-250                            | 250-750  | 750-2000   | 2000-3000  | >3000                          |
| Değ. sodyum, % Na  | <20                              | 20-40  | 40-60  | 60-80  | >80                            |
| SAR  | <10                              | 10-18  | 18-26  | >26  |                                |
| RSC meq l <sup>-1</sup><br>mg l <sup>-1</sup>                                      | <1.25<br><66                     | 1.25-2.5<br>66-133   | >2.5<br>>133   |  |                                |
| Klorür (Cl <sup>-</sup> ), meq l <sup>-1</sup><br>mg l <sup>-1</sup>               | 0-4<br>0-142                     | 4-7<br>142-249   | 7-12<br>249-426  | 12-20<br>426-710   | >20<br>>710                    |
| Sülfat (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ), meq l <sup>-1</sup><br>mg l <sup>-1</sup> | 0-4<br>0-192                     | 4-7<br>192-336   | 7-12<br>336-575  | 12-20<br>576-960   | >20<br>>960                    |
| Top. Tuz kon. mg l <sup>-1</sup>   | 0-175                            | 175-525  | 525-1400   | 1400-2100  | >2100                          |
| Bor (B), mg l <sup>-1</sup>  | 0-0.5                            | 0.5-1.12   | 1.12-2.0   | 2.0  |                                |
| Sulama suyu sınıfı   | *C <sub>1</sub> S <sub>1</sub> * | C <sub>1</sub> S <sub>2</sub> -C <sub>2</sub> S <sub>1</sub> | C <sub>1</sub> S <sub>3</sub> -C <sub>3</sub> S <sub>1</sub> | C <sub>1</sub> S <sub>4</sub> -C <sub>4</sub> S <sub>1</sub> |                                |
| NO <sub>3</sub> veya NH <sub>4</sub> , mg l <sup>-1</sup>                          | 0-5                              | 5-10   | 10-30  | 30-50  | >50                            |
| Fiz. koliform, 1/100 ml  | 0-2                              | 2-20   | 20-10 <sup>2</sup>   | 10 <sup>2</sup> -10 <sup>3</sup>                             | >10 <sup>3</sup>               |
| BOİ <sub>5</sub> , mg l <sup>-1</sup>  | 0-25                             | 25-50  | 50-100   | 100-200  | >200                           |
| AKM, mg l <sup>-1</sup>  | 20                               | 30   | 45   | 60   | >100                           |
| pH   | 6.5-8.5                          | 6.5-8.5  | 6.5-8.5  | 6-9  | <6 veya>9                      |
| Sıcaklık, °C   | 30                               | 30   | 35   | 40   | >40                            |
|  | Düşük                            | Orta   | Yüksek   | Çok yüksek   |                                |
| Na (alkalilik) zararı (S)*   | 1                                | 2  | 3  | 4  |                                |
| Tuzluluk zararı (C)*   |                                  |  |  |  |                                |

SAR: Sodyum adsorbsiyon oranı, RSC: Sodyum karbonat kalıntısı, BOİ<sub>5</sub>: Biyolojik oksijen ihtiyacı, AKM: Askıdaki katı madde

Katkat ve ark. (1996), Gemlik Gübre Sanayi A.Ş. Fabrika'sı atık sularının tarımda yararlanma olanaklarıyla birlikte toprakların kimi özellikleri üzerine etkilerini belirlemeye çalışmışlardır. Çalışmada; doğrudan sulama suyu olarak ve belirli oranlarda sulama suyu ile (1:4, 1:2, 1:1) karıştırıldıktan sonra toprağa uygulanan atık suların topraktaki iyon konsantrasyonu ve bitki gelişimi üzerine etkileri incelenmiştir. Atık sulardan sulama amacıyla alınan örneklerde yapılan analizler sonucunda çeşitli parametreler (pH, EC,  $\text{NO}_3^-$  ve  $\text{NH}_4^+$  başta olmak üzere) yönünden yıllar arasında olduğu gibi aynı yıl içerisinde de farklılıklar saptanmıştır.

## MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırmada kullanılan atık su örnekleri Bursa-İzmir karayolu 22. km'sinde bulunan Penguen Gıda Sanayii A.Ş. Arıtma Tesisi'nden alınmıştır. Atık su örneklerinin alındığı fabrika 149 000 m<sup>2</sup> açık arazi üzerine kurulu, 62 000 m<sup>2</sup>'lik kapalı alanda başlıca 40 çeşit üründe işlenmiş sebze ve meyve üretimi yapmaktadır. Fabrika'nın arıtma tesisi 4000 m<sup>2</sup> alan üzerine kurulmuştur. Tesisin atık su kapasitesi 5500 m<sup>3</sup> gün<sup>-1</sup>'dür. Arıtma tesisinin tipi tek kademeli biyolojik arıtmadır. Arıtma tesisinden ortaya çıkan atık sular hemen yakında bulunan Hasanağa Deresi'ne deşarj edilmektedir.

Bir üretim periyodu boyunca (15.05.2001-24.12.2001) su örnekleri 1000 ml gün<sup>-1</sup> olmak üzere arıtma tesisi deşarj ağzından akan sudan alınmış ve üzerine mikroorganizma gelişimini engellemek amacıyla 0.5 ml kloroform ilave edilmiştir. Bu örnekler haftalık karma örnekler haline getirilerek buzdolabında +4<sup>0</sup>C'de saklanmış ve kısa süre içinde analizleri yapılmıştır (Sağlam 2001).

Atık su örneklerinin pH'sı pH-metre, elektriksel iletkenliği direkt olarak EC-metre ile,  $\text{CO}_3^{2-}$  ve  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$  miktarı titrimetrik olarak, Na ve K fleymfotometre ile Ca ve Mg ise yine titrimetrik olarak belirlenmiştir (Sağlam 2001). Atık su örneklerinin nitrat ve amonyum miktarı (Robarge ve ark. 1983), fosfor (Olsen ve ark. 1954), bor (Wolf 1971),  $\text{SO}_4^{2-}$  kolorimetrik olarak spektrofotometre ile,  $\text{BOI}$ ,  $\text{KOI}$  ve AKM (Anonim 1998), SAR hesaplama yoluyla ve atık suyun sulama suyu sınıfı; toplam tuz konsantrasyonu, tuz zararı ve sodyum adsorbsiyon oranı olarak oluşabilecek sodyum zararının göz önüne alındığı grafik yardımıyla bulunmuştur (Richards 1954). Elde edilen analiz sonuçları Çizelge II'de verilen sınır değerlerle karşılaştırılarak atık suyun sulama suyu sınıfı belirlenmiştir.

## ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

Sulama suyu kalitesinin belirlenmesinde en önemli kriterler; eriyebilir tuzların toplam konsantrasyonları, sodyum iyonunun diğer katyonlara oranı, bor gibi bazı zehir etkisi olabilecek özel iyonların konsantrasyonları ve bazı durumlarda Ca+Mg konsantrasyonu ile ilgili olarak  $\text{HCO}_3^-$  iyonu konsantrasyonudur. Bu amaçla bir üretim periyodu boyunca (15.05.2001-24.12.2001) günlük alınan ve haftalık karma örnek haline getirilen atık su örneklerinde yapılan analizler ve sonuçları Çizelge III'de verilmiştir.

Atık su örneklerinin pH değeri 7.32-7.85 arasında değişmektedir. En yüksek pH 24. hafta örneğinde belirlenmiştir. EC değeri ise zamana bağlı olarak 1257-2840  $\mu\text{mhos cm}^{-1}$  değerleri arasında değişmektedir. En yüksek tuzluluk değeri 12. hafta alınan atık su örneğinde belirlenmiştir. Su örneklerindeki  $\text{CO}_3^{=}$  anyonu pH'ya bağlı olarak atık suda belirlenmemiştir. Atık su örneklerinin  $\text{HCO}_3^-$  miktarı 4.35-7.85  $\text{me l}^{-1}$  arasında, Cl zamana bağlı olarak 7.14-21.40  $\text{me l}^{-1}$  arasında değişim göstermektedir. En yüksek Cl değeri 25. hafta alınan atık su örneğinde belirlenmiştir. Ayrıca  $\text{SO}_4^{=}$  anyonunun 0.11-0.49  $\text{me l}^{-1}$  arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Atık sularda ve sulama sularındaki en önemli katyonlardan olan  $\text{Na}^+$  6.61-25.12  $\text{me l}^{-1}$ ,  $\text{K}^+$  0.20-1.15  $\text{me l}^{-1}$ ,  $\text{Ca}^{++}$  3.63-6.66  $\text{me l}^{-1}$  ve  $\text{Mg}^{++}$  1.60-3.98  $\text{me l}^{-1}$  değerleri arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir.

Sulama sularında sınır değeri çok kritik olan ve kalite üzerine önemli etkide bulunan B miktarı ise bir üretim periyodu boyunca 0.08-0.20  $\text{mg l}^{-1}$  arasında değişmektedir.  $\text{NO}_3^-$  iyonu miktarı 0.39-43.45  $\text{mg l}^{-1}$ ,  $\text{NH}_4^+$  miktarı 0.03-0.78  $\text{mg l}^{-1}$ , P miktarı ise 0.006-1.350  $\text{mg l}^{-1}$  arasında değişim göstermektedir. Analizler sonucunda atık suda en fazla anyon Cl<sup>-</sup>, katyonun ise  $\text{Na}^+$  olduğu belirlenmiştir.

Sulama sularının sınıflandırılmasında bir parametre olarak görülen sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) değerleri ise zamana bağlı olarak 2.29-8.88 değerleri arasında değişim göstermektedir. Son zamanlarda atık suların değerlendirilmesinde oluşabilecek zararlanmaları daha sağlıklı belirlemek amacıyla etkili SAR değeri kullanılmaktadır (Ayers ve Westcot 1985). Ele alınan atık suda bu değerler 3.09-12.41 arasında değişim göstermektedir. Atık suyun biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) 5.0-24.0  $\text{mg l}^{-1}$ , kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) 15.0-63.0  $\text{mg l}^{-1}$  ve askıda katı madde (AKM) miktarı ise 8.0-70.0  $\text{mg l}^{-1}$  arasında değişim göstermektedir. Atık suyun incelenen parametreler açısından zamana bağlı olarak farklılık göstermesi fabrikanın üretim periyodu boyunca çeşitli ürünler işleme ve arıtma tesisinin çalışma durumundan kaynaklanmış olabilir.

**Çizelge III.**  
**Gıda Sanayi Arıtma Tesisi atık suyunun kimi özellikleri ve sulama suyu sınıfı**

Çalışmada incelenen arıtma tesisi atık suyunun sulama suyu olarak kullanılması düşünüldüğünde analizler sonucu bulunan değerlerin 7.01.1991 tarih, 20748 sayılı resmi gazetede yayımlanan “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği”nde belirtilen ve suların araziye verilmesi ve sulamaya uygunluğu açısından önerilen sınır değerlerle ile karşılaştırılmıştır (Çizelge II). Buna göre; yapılan analizler sonucunda incelenen atık su EC değeri açısından III. Sınıf (Kullanılabilir) ile IV. Sınıf (İhtiyatla kullanılmalı) sulama suyu sınıfına girmektedir. pH değeri yönünden herhangi bir sorun bulunmamaktadır. Atık suyun, bitkilerin B’ya karşı duyarlılıklarına göre sulama suyu olarak sınıflandırılmasında, analizler sonucu belirlenen bor konsantrasyonu bakımından I. Sınıfta yer aldığı görülmektedir.

Analiz sonuçlarına göre atık suyun zamana bağlı etkili SAR (Ayers ve Westcot 1985) ve EC değerleri göz önüne alınarak sulama suyu sınıfı belirlendiğinde 9, 10, 11, 12, 13, 23, 25, 26 ve 27. haftalarda C<sub>4</sub>S<sub>1</sub> sınıfına, 24, 28 ve 30. uncu haftalarda C<sub>4</sub>S<sub>2</sub> sınıfına ve diğer haftalarda ise C<sub>3</sub>S<sub>1</sub> sınıfına girdiği belirlenmiştir. Sulama suyu açısından C<sub>1</sub>S<sub>1</sub>(1. sınıf, çok iyi) ve C<sub>3</sub>S<sub>1</sub> (3. sınıf, kullanılabilir) sınıfına giren sular sulamada kullanılmadığıdır. Aynı zamanda Feidler (1990) tarafından bildirilen atık suların orijinine, arıtılma tekniğine ve niteliğine göre sulama amaçlı kullanılması durumundaki sınır değerleri ile karşılaştırıldığında, elde olunan sonuçlara göre; atık suyun sulama sınıfı yüksek ve çok yüksek tuzluluk tehlikesine sahip olarak sınıflandırılmaktadır.

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Sonuç olarak analizleri yapılan atık suyun yüksek ve yüksek tuzluluk tehlikesine sahip su olması ayrıca sulama suyunun C<sub>3</sub>S<sub>1</sub> ve C<sub>4</sub>S<sub>2</sub> sınıfına girmesi nedeniyle sulama amaçlı kullanılmak istenmesi halinde dikkatli olunması gerekmektedir. İlk olarak tesis çevresinde daha iyi kalitede suların sulama amaçlı kullanılması tercih edilmeli ancak su kaynağı sıkıntısı olması durumunda bu arıtma suyunun kullanımı yoluna gidilmelidir. Ülkemizde ortaya çıkan bu tür atık suların sulama suyu açısından alternatif yaratabileceği ancak kullanımı durumunda, sulama ile birlikte toprakta tuz birikimine bağlı olarak toprağın tuz içeriğindeki değişim ve bitki gelişimi üzerine etki bakımından tuzluluğa hassas bitkilerin sulanması durumunda sorunların ortaya çıkabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Atık suların sulama suyu olarak kullanılmasında, pH ve tuzluluk başta olmak üzere toprak özellikleri ve bitki gelişimi üzerinde meydana gelebilecek olumsuzlukların önüne geçebilmek amacıyla, bu suların kontrollü kullanımı veya seyreltilip tuz etkisi azaltıldıktan sonra kullanılması gibi tedbirlerin alınması tarımsal kullanım açısından yararlı olacaktır.



## KAYNAKLAR

- Anonim. 1991. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği. Resmi Gazete, sayı: 20747, Ankara.
- Anonim. 1998. Lenore S. Clesceri, Arnold E. Greenberg and Andrew D. Eaton, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (20<sup>th</sup> edition), Published by APHA, AWWA and WEF, 1220 p.
- Ayers, R. S. ve D. W. Westcot.1985. Water Quality for Agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper 29 (Rev 1), Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Bahri, A.1998. Fertilizing value and polluting load of reclaimed water in Tunisia. Wat. Rcy. 32: 3484-3489.
- Carrow, R. N. ve R. R. Duncan. 2000. Wastewater and Seawater use for Turfgrasses: Potential Problems and Solutions. Irrigation Association of Australia 2000 Conference Proceeding.
- Feidler, H. J.(Herausg). 1990. Bodennutzung und bodenschutz. Birkhauser Verlag, Basel-Boston-Berlin, pp.268.
- Katkat, A. V., Özgümüş, A., Tümsavaş, Z., Çil, N., Korkmaz, C. ve Başar, H. 1996. Gemlik Gübre Sanayi A.Ş. Atık Sularının Tarımda Kullanılma Olanakları, TÜBİTAK Türk Tarım ve Ormancılık Dergisi, 20: 507-514, Ankara.
- Olsen, S. R., C. U. Cole, F. S. Watanabe and H. C. Dean. 1954. Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate. U.S. Department of Agric. Circ., 939.
- Richards, L. A. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. United State Department of Agriculture, Agriculture Handbook No:60, p:69-82.
- Robarge, W. P., A. Edwards and B. Jhonson. 1983. In Soil Science Plant Analysis, 14 (12): 1207-1215.
- Sağlam. M. T. 2001. Toprak ve Suyun Kimyasal Analiz Yöntemleri, Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Yayın No:189, Ders Kitabı No:5, 153 s.
- Wolf, B. 1971. The determination of boron in soil extracts, plant materials, composts, manures, water and nutrient solutions. Soil Science and Plant Analysis, 2 (5): 363-374.