

# ENERJİ VERİMLİLİĞİ

## “ATIK SU ARITMA TESİSİ ÖRNEĞİ”

Dr.Yük.Müh. Bekir YELMEN

Adana Büyükşehir Belediyesi, ASKİ Atıksu Arıtma Tesisi  
byelmen@yahoo.com.tr

### Özet

Bu çalışmada, Adana Büyükşehir Belediyesi Seyhan Atıksu Arıtma Tesisi(A.A.T.)'nin giriş ve çıkışlarındaki dizayn ve işletme parametrelerine bakılarak karşılaştırmalar ve sistemin ekonomik analizi yapılmıştır. Seyhan Atıksu Arıtma Tesisi(A.A.T.)'nin arıtılan atıksu miktarı(m<sup>3</sup>/ay), üretilen gaz miktarı(m<sup>3</sup>/ay), şebekeden çekilen enerji (kWh/ay) ve jeneratör elektrik üretimi(kWh/ay) değerleri bir yıllık(2014)süreye alınmış, bu veriler ışığında tesisin arıtılan Atıksu miktarı-Enerji, Üretilen gaz miktarı-Enerji, Şebekeden çekilen ve Üretilen-Enerji ilişkileri incelenmiştir. Tesiste 6627393(m<sup>3</sup>/ay)arıtılan atıksu miktarı, 461430(m<sup>3</sup>/ay)üretilen gaz miktarı ve 1013881(kWh/ay)jeneratör elektrik üretimi ile % 87,30 Enerji geri kazanımı(verim) sağlandığı gözlenmiştir. Buna göre yapılan hesaplarda, tesiste giderilen yük arttıkça birim enerji tüketiminin azaldığı görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler :** Atıksu arıtma tesisi, yenilenebilir enerji, enerji verimliliği

### Giriş

Nüfus artışı ve hızlı sanayileşme sonucu oluşan atıksuların miktarı gün geçtikçe artmakta ve bu atıkların çevreye zarar vermeden bertaraf edilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Arıtmadan sonra geriye kalan ve biyoatık olarak adlandırılan atık çamurların güvenli bir şekilde bertaraf edilmesi gerekmektedir[1]. Bu atıklar genellikle çeşitli yöntemler ile bertaraf edilerek değerlendirilebilmektedir. Bunlar; düzenli depolama, yakma, kompost-gübre eldesi ve denize deşarjdır[2]. Gelişmekte olan ülkeler için atıksu arıtımı hâlâ tam çözülememiş sorunların başında yer almaktadır. Bunun ana sebebi yatırım ve işletme maliyetlerinin yüksek oluşudur[3,4]. Hızlı kentleşme ve gelişen teknolojiyle birlikte enerji ihtiyacına bağlı olarak, maden işletmeciliği, tarımda kullanılan gübre ve ilaçlar gibi nedenlerden dolayı toprak, su ve hava ortamı aşırı şekilde kirletilmektedir [5,6]. Atıksuların çevreye olası zararlarını azaltmak ve kullanılabilir suların devamlılığını sağlamak için kurulan atık su arıtma tesisleri giderek yaygınlaşmaktadır. Bu gün atıksu arıtımı için uygulanan çok sayıda sistem mevcuttur. Evsel atıksuların arıtımı için daha çok aktif çamur, stabilizasyon havuzları, damlatmalı filtre ve Aneorobik arıtma gibi biyolojik sistemler yaygın

olarak kullanılmaktadır. Kalkınmakta olan ve tropik yada subtropik iklime sahip bölgelerde ise evsel atıksu arıtma tesisi planlamasında daha çok stabilizasyon havuzları tercih edilmektedir [7]. Stabilizasyon havuzları, güneş enerjisinin kullanılması ile atıksu içerisindeki organik atıkların parçalandığı, su, besin ve enerji dönüşümünün yapılabildiği, işletme kolaylığı ve düşük işletme maliyeti olan arıtma sistemleridir. Sistemin dezavantajı ise geniş arazi ihtiyacına gerek duyulmasıdır[8]. Sıcak iklimlerde önemli problemlere neden olan patojen organizmaların stabilizasyon havuzlarında doğal biyolojik dezenfeksiyon ile önemli ölçüde giderilmesi de sistemin artı bir avantajıdır[9]. Bunun yanında yüksek kalitedeki çıkış sularının tarım arazilerinin sulanması amacıyla kullanılması mümkündür[10]. Stabilizasyon havuzlarında algler ve bakteriler arasında ortak bir yaşam söz konusudur. Algler fotosentez ile oksijen üreterek havuz içeriğinin çözülmüş oksijen içeriğini artırır ve en üst seviyede tutar. Bu sayede atıksuların aerobik bakteriler tarafından stabilizasyonu gerçekleşir. Algler fotosentezle oksijen üretiminin yanı sıra ortamda bulunan bazı organik bileşikler bünyelerine alabilme ve bunlardan faydalanabilme yeteneğine sahiptir[11]. Bunun yanında arıtma tesisinin maliyet bileşenleri ve işletme gereksinimleri kalkınmış ülkelerde önemliyen kalkınmakta olan ülkelerde arıtma tesisi tipinin seçiminde karar verici bir unsur olarak rol oynamaktadır[12].

**Arıtma Sistemlerinde Verim, Enerji, Bakım Ve İşletme Atıksu debisi ve özellikleri:** Proses seçimi için gereken en önemli bilgiler bu başlık altında toplanır.

**Arıtma seviyesi:** Evsel atıksular söz konusu olduğunda, BOI, KOI, azot, fosfor, vb. gibi belli başlı parametrelerin ne oranda giderileceği arıtma seviyesini belirler. Arıtma prosesi seçilirken, bütün önemli parametrelerin giderim verimleri belirlenip atıksuyun alıcı ortamlara deşarj limitleri göz önüne alınmalıdır.

**Verimdeki değişim ve güvenilirlik:** Atıksu debisi ve kirletici özellikleri devamlı değişim gösterir. Bu yüzden deşarj standartlarının istatistiksel bazda sağlanması gerekir.

**Diğer proses ihtiyaçları:** Gerekli alan ihtiyacı. Enerji konusu iki yönden incelenebilir. Minimum enerji kullanımı ve enerji kesintilerinde tesisin çalışmaya devam etmesi. Ekipmanın kolay ve ucuz temin edilebilirliği. Yetişmiş eleman ihtiyacı. Bakım problemleri( ekipman, makine ve diğer yapılar). Çamur üretimi ve bertarafı. Çamur arıtımı toplam

arıtım maliyetinin çok büyük bir kısmını oluşturur. Mevcut hidrolik yük ve tesisteki hidrolik yük kaybı Arıtma yöntemi, projelendirme kriterleri ve ilgili diğer ihtiyaçlar aşağıdaki faktörle kontrol edilir.

**Enerji tasarrufu:** Atıksu arıtma tesisleri projelendirilirken, enerjinin korunmasına ve enerji tasarrufuna büyük önem verilmelidir. Enerji konusunda iki kademeli bir yaklaşım uygulanabilir. Birinci yaklaşım, arıtma tesisinin maliyetini ve karmaşıklığını arttırmadan, enerji tasarrufu sağlayacak yapılabilir ve uygulanabilir metotlar seçmektir. Bunu yaparken teknolojiye aşırıya kaçmamalı, proses ve ekipmanlar dikkatli seçilmeli ve iyi bir mühendislik ve mimarlık tasarımına gidilmelidir. İkinci yaklaşım, daha gelişmiş ekipman ve cihazları içeren proseslerde sadece fazla masraf analizine yoğunlaşmaktır. Bu ikinci yaklaşımın uygulanabilirliği sadece gelişmiş ülkelerle sınırlıdır. Konvansiyonel enerji kaynakları, mümkünse rüzgar ve güneş enerjileri ile desteklenebilir. Arıtma sistemlerinde pompaların, havalandırma rotorlarının ve benzeri ekipmanın çalıştırılmasında bu tip alternatif enerji kaynaklarının kullanım imkanları araştırılmalıdır. Isı enerjisini geri kazanan gelişmiş cihazlar kullanılabilir. Bunlar arasında, çamur çürütücülerden ısı ve enerji üretmek amacıyla metan kazanımı önemlidir[13].

## Enerji Tüketiminin Belirlenmesi

Tesiste tüketilen toplam enerji miktarı tesis içerisinde bulunan trafolardan her gün alınan değerlerin toplamı ile hesaplanmaktadır. Jeneratörün ürettiği ve şebeke'den çekilen miktar ölçülerek tesisteki enerji hesaplamaları yapılmaktadır. Adana Büyük Şehir Belediyesi Seyhan Atıksu Arıtma Tesisinde her ay tesis girişinde günlük debi değerleri, tesis çıkışında debi değerleri, tesisteki fiziksel arıtma ünitelerinde, biyolojik arıtma ünitesinde, diğer üniteler ve tüm tesis için toplam enerji tüketimleri, tesise ait tasarım parametreleri elde edilmiştir. Elde edilen bu verilerden yola çıkılarak, arıtma tesisinin giriş yükleri, tesise ait giderim verimleri, şebekeden çekilen enerji, jeneratör enerji üretimi, Enerji ilişkileri incelenerek toplam enerji tüketimi için kWh/m<sup>3</sup> cinsinden giderim enerji değerleri, m<sup>3</sup> ve kişi başı tüketilen enerji miktarları hesaplanmıştır. Çizelge 1. de Seyhan atıksu arıtma tesisi 2014 yılı aylık çamur değerleri, Çizelge 2. de ise Seyhan atıksu arıtma tesisi 2014 yılı aylık enerji değerleri verilmiştir.

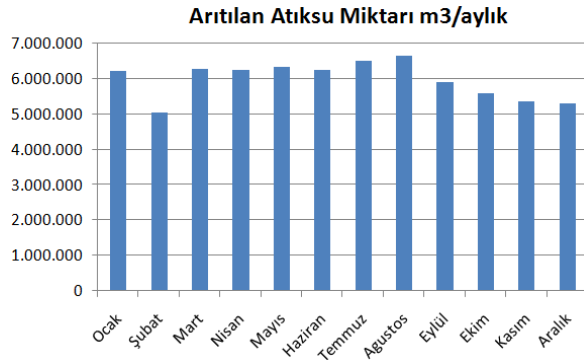
Çizelge 1. Seyhan Atıksu Arıtma Tesisinin 2014 Yılı Aylık Çamur Değerleri

Aylar	Debi	Çıkan Çamur Keki Mik.	Kul. Polimer Miktarı	Dekantör Kuruluk Yüzdesi			Üretilen Gaz Miktarı	Flare Tüketilen Gaz Mik.
	m <sup>3</sup> /ay	m <sup>3</sup> /ay	kg/ay	Ort %			Nm <sup>3</sup> /ay	Nm <sup>3</sup> /ay
OCAK	6.202.131	5268,0	7500,0	27,4	27,5	27,4	355.221	130.906
ŞUBAT	5.015.044	5220,0	7225,0	27,2	27,5	27,2	447.900	202.726
MART	6.271.161	5603,0	7700,0	27,2	27,2	27,0	421.908	165.898
NİSAN	6.238.952	5448,0	7400,0	26,8	26,7	26,5	433.955	170.524
MAYIS	6.318.719	5467,0	7325,0	26,8	26,7	26,7	389.091	46.606
HAZİRAN	6.236.906	5296,0	7375,0	27,5	27,6	28,0	290.713	142.792
TEMMUZ	6.482.131	5457,0	7675,0	27,0	26,7	26,7	307.311	24.332
AĞUSTOS	6.627.393	5808,0	8050,0	26,6	26,4	26,1	309.307	42.037
EYLÜL	5.882.634	5070,0	7350,0	26,9	26,8	26,9	339.918	30.263
EKİM	5.563.781	5004,0	7250,0	28,6	28,3	28,2	406.141	31.655
KASIM	5.334.318	4741,0	6900,0	29,3	28,7	28,6	461.430	30.657
ARALIK	5.278.486	4906,0	7020,0	28,6	28,4	28,8	448.737	52.157
YILLIK ORT.	5.954.305	5.274	7397,5	27,5	27,4	27,3	384.303	89.213

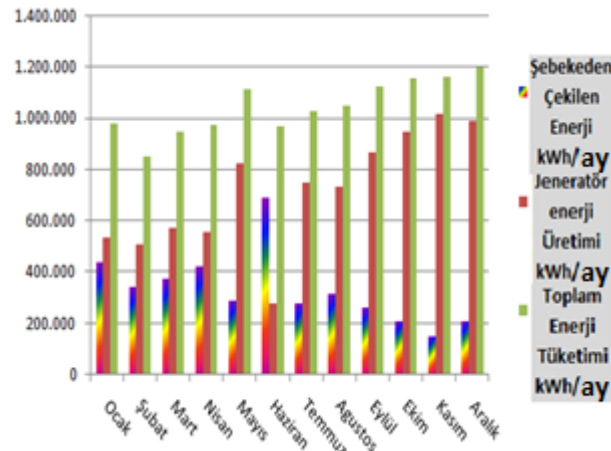
Çizelge 2. Seyhan Atıksu Arıtma Tesisi 2014 Yılı Aylık Enerji Değerleri

Aylar	Şebekeden Çekilen Enerji kWh/ay	Jeneratör enerji Üretimi kWh/ay	Toplam Enerji Tüketimi kWh/ay	Enerji Geri Kazanımı %	Arıtılan Atıksu Miktarı m <sup>3</sup> /ay	kWh/m <sup>3</sup>
Ocak	440.690	536.200	976.890	54,89%	6.202.131	0,1575
Şubat	344.690	505.800	850.490	59,47%	5.015.044	0,1696
Mart	372.567	573.400	945.967	60,62%	6.271.161	0,1508
Nisan	419.696	553.400	973.096	56,87%	6.238.952	0,1560
Mayıs	288.401	821.691	1.110.092	74,02%	6.318.719	0,1757
Haziran	691.221	278.250	969.471	28,70%	6.236.906	0,1554
Temmuz	280.019	748.520	1.028.539	72,78%	6.482.131	0,1587
Ağustos	315.678	729.467	1.045.145	69,80%	6.627.393	0,1577
Eylül	259.233	863.243	1.122.476	76,91%	5.882.634	0,1908
Ekim	208.422	946.875	1.155.297	81,96%	5.563.781	0,2076
Kasım	147.462	1.013.881	1.161.343	87,30%	5.334.318	0,2177
Aralık	206.935	988.870	1.195.805	82,69%	5.278.486	0,2265
Ortalama	331.251	713.300	1.044.551	67,17%	5.954.305	0,1770

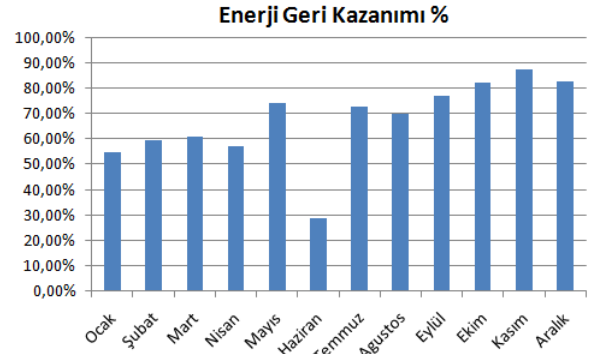
Seyhan atıksu arıtma tesisi 2014 yılı aylık arıtılan atıksu değerleri Şekil 1. de, arıtılan enerji değerleri Şekil 2. de, giderim verimleri Şekil 3. te, m<sup>3</sup> başı enerji tüketimi Şekil 4. te verilmiştir.



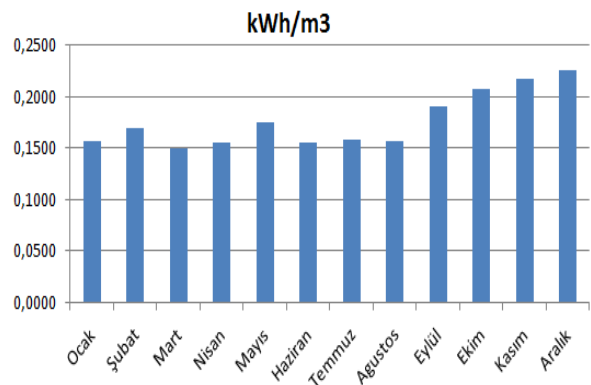
Şekil 1. Seyhan atıksu arıtma tesisi 2014 yılı aylık arıtılan atıksu değerleri



Şekil 2. Seyhan atıksu arıtma tesisi 2014 yılı aylık enerji değerleri



Şekil 3. Seyhan atıksu arıtma tesisi 2014 yılı aylık giderim verimleri değerleri



Şekil 4. Seyhan atıksu arıtma tesisi 2014 yılı aylık m<sup>3</sup> başı enerji tüketimi değerleri

## Tesisten Elde Edilen Verilere Göre Hesaplanan Değerler

Bu çalışmada Adana Atıksu Arıtma Tesisi'nde enerji tüketimi, üretim analizi yapılmıştır. Bu amaçla tesisin aylık zaman diliminde( 2014 yılı ) giderim esnasında tesiste tüketilen enerji miktarı fiziksel arıtma, biyolojik arıtma ve diğer başlıklar altında ayrı ayrı ve tüm tesis için toplam olarak tespit edilmiştir. Tesise ait bulgular Çizelge 1., Çizelge 2., Şekil 1., 2.,3. ve Şekil 4.'te verilmiştir. Bu çizelgelerden ve şekillerden elde edilen veriler incelendiğinde şu sonuçlara varılmıştır.

1. Şekil 1., 2.,3. ve Şekil 4.'te verilen bağıntılardan da görüleceği üzere, giren ve giderilen kirletici yükü arttıkça, toplam enerji sarfiyatı artmasına rağmen, birim enerji sarfiyatı beklendiği gibi düşmektedir. Tesisin enerji tüketiminin aynı olmasına rağmen, giderilen kirlilik yükündeki artış, birim enerji tüketimini düşürmektedir. Ayrıca yine aynı çizelgelerden görülebileceği gibi, tesisin işletme enerji tüketiminin giren kirletici yükü ile lineer bağlı olduğunu göstermektedir.

2. Tesisin enerji sarfiyatları incelendiğinde ; Tüm tesis için aylık ortalama 1044551 kWh enerji tüketildiği tespit edilmiştir.

3. Tesisin aylık ortalama debisini ve enerji tüketim değerlerini ele alınırsa tesisin tamamı için 1 m<sup>3</sup> debi başına harcanan enerji miktarlarını bulunur. Bu değerler ;Qortalama : 5954305 m<sup>3</sup>/ay; Tüm tesis toplamı için : 0,1770 kWh/m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur.

4. Tesisin tasarım hesaplamalarında bulunan eşdeğer nüfusu ve tesise gelen tespit edilen debi ele alınacak olunursa aylık kişi başı harcanan su miktarını bulunur. Qortalama / Eşdeğer nüfus(2014 yılı için) = 5954305 (m<sup>3</sup>/ay) / 1132912 kişi = 5,25575 m<sup>3</sup> = 5256 L/N-ay olarak bulunur.

5. Tüm tesiste harcanan aylık ortalama enerji miktarı ve tasarım hesaplamalarında bulunan eşdeğer nüfus ele alınacak olunursa kişi başına harcanan enerji miktarı bulunabilir. Tesiste harcanan aylık ortalama enerji miktarı / Eşdeğer nüfus (2014 yılı için) = 1044551 (kWh/ay) / 1132912 kişi = 0,922 kWh/kişi = 922 W/kişi olarak bulunur.

## Sonuç ve Öneriler

Türkiye'de atıksu arıtma sektöründe enerji verimliliğini sağlamak üzere yapılan bu çalışmanın bir hedefi de Türkiye'deki kentsel atıksu arıtma sektörünün fosil yakıtlardan gelen karbon (CO<sub>2</sub>) açısından nötr bir yapıya kavuşturulmasıdır. Kentsel atıksu arıtma alanındaki enerji tüketimine yönelik tasarım ve işletim kriterleri ve atıksu tesislerinin enerji verimliliğini arttırarak CO<sub>2</sub> salınımlarını azaltmalarına yönelik tavsiyeler yer almaktadır. Aynı zamanda, enerji verimliliği esasına dayalı kentsel atıksu arıtma sistemlerine yapılacak sürdürülebilir yatırımların bir standarta kavuşturulmasını kolaylaştırmak açısından

bu çalışmadan istifade edilebileceği düşünülmektedir. Atıksu arıtma tesislerinde enerji verimliliği ile ilgili önlemlerin tespit edilmiş olması, bu süreç neticesinde evsel atıksu arıtma sektöründe elde edilen önemli çıktılardandır. Atıksu arıtma sektöründe enerji verimliliği önlemlerinin uygulanması açısından bir diğer önemli husus da başlıca paydaşlar arasında işbirliği sağlanmasıdır. Bu itibarla, tüm paydaşların enerji tüketiminde önemli oranda azaltmaya gitmeyi taahhüt etmesi gerekmektedir. Gerekli mevzuatın enerji verimliliğiyle ilgili önlemlerin hayata geçirilmesini engelleyici nitelikte olmaması da gerekmektedir[14].Arıtma tesisleri inşası ve işletmesi yüksek maliyet gerektiren işlemlerdir. Bu nedenle tesislerin fizibilite raporlarından proje ve inşaat sürecinin yanında işletme döneminin de düşünülerek, inşaat ve işletme giderleri minimize edebilecek en uygun proses seçilmelidir. Ayrıca, proseslere en uygun mekanik ekipmanlarla tesis yapılmalıdır. Adana Büyükşehir Belediyesi Seyhan Atıksu arıtma tesisi aktif çamur sistemi ile çalışan bir tesistir. Aktif çamur sürecini uygulayan arıtma tesislerinde yüksek enerji-işletme maliyetleri bilinmektedir. Ancak küçük hacimlerde yüksek debiyi karşılayabilen bu sistem Seyhan Atıksu arıtma tesisi içinde uygun görülmüştür. Tesisten elde edilen araştırma bulguları sonucunda; Tesisin tamamı için giderim verimleri, Kasım 2014 ortalaması %87,30 yıllık ortalama ise %67,17 olarak bulunmuştur. Tesisin aylık ortalama enerji sarfiyatı ele alınarak 331251kWh/m<sup>3</sup> enerji gideri tespit edilmiştir. Aynı şekilde toplam enerji sarfiyatından ve tesise gelen günlük ortalama debi miktarından yola çıkılarak 1 m<sup>3</sup> için 0,1770 kWh enerji gideri hesaplanmıştır.Tesise ait tasarım hesaplamalarında eşdeğer nüfus olarak bulunan nüfus ve tesise gelen ortalama günlük debiye göre kişi başı su tüketimi 5256 L.N/ay olarak bulunmuştur.Tesiste harcanan toplam enerji sarfiyatına ve tasarım esnasında hesaplanan eşdeğer nüfus değerlerine göre de arıtma tesisinde atıksu arıtımında kişi başı harcanan aylık enerji miktarı da 922W olarak bulunmuştur.Tesisten elde edilen verilerden, tesiste giderilen yük arttıkça, birim enerji tüketimi azalmaktadır. Mevcut tesisin kirlilik yükünün artması birim enerji tüketimini düşüreceğinden, ileride olabilecek veya kişi başına üretilecek kirlilik yükünün artışı tesisi olumsuz etkilemeyeceğinden kirlilik yükünün çok düşürülmesine gayret edilmemelidir[15].Karar mercilerinde atıksu arıtma alanında enerji verimliliğinden elde edilecek fırsat ve kazanımlar konusunda bilinç oluşturulmalı, Atıksu arıtma tesislerinin enerji verimliliği esaslarına uygun, etkili bir şekilde işletiminin sağlanması (işletmecilerin eğitimi), Atıksu arıtma tesisleri alanında faaliyet gösteren tasarım ve mühendislik firmalarının konuyla ilgili olarak bilgilendirilerek etkin ve verimli enerji kullanımının gelecek projelere dahil edilmesinin sağlanması.

## Kaynaklar

- [1] Metcalf And Eddy, Inc., Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse, 3rd Edition, McGraw Hill Book Co., New York. 1991.
- [2] Liptak B.G., Bouis P., A., Hazardous Waste and Solid Waste, Lewis Publishers, CRC Press LLC. 2000.
- [3] Friedland, A.J., 1990. The Movement of Metals Through Soils and Ecosystems. In CRC Press, Boca Raton,
- [4] Shaw, A.J., 1990. Heavy Metal Tolerance in Plants, Evolutionary Aspects, CRC Press, Boca Raton
- [5] <http://www.meski.gov.tr/Kurumsal9.aspx>
- [6] <http://www.adana.bel.tr/atik-su-aritma-tesisleri-sayfa.html>
- [7] Mara, D., "Sewage Treatment in Hot Climates" John Willey and Sons, 1978
- [8] Oswald, W.J., "Ponds in the Twenty-first Century" Wat.Sci.Tech. Vol.31, No.12, pp. 1-8, 1995
- [9] Von Sperling, M., "Comparison Among the Most Frequently Used Systems for Wastewater Treatment in Developing Countries", Wat.Sci.Tech., Vol.33, No.3, pp.103-110, 1996
- [10] Soler, A., "Performance of Two Municipal Sewage Stabilization Ponds Systems with High And Low Loading in South - eastern Spain" Wat.Sci.Tech., Vol.31, No.2, pp.81-90, 1995
- [11] Soeder, C.J., Fingerhut, U., "Microalgae and Bacteria in Wastewater: Cooperation and Interaction" Proc.IV.ISME, pp.80- 85, 1986
- [12] Von Sperling, M., "Comparison Among the Most Frequently Used Systems for
- [13] . <http://web.deu.edu.tr/atiksu/ana58/bolum10.pdf>
- [14] S. Geilvoet, and S.G.M. Geraats, ir. F.J.M., Atıksu Arıtımında Enerji Verimliliği Projesi Sonuç Raporu s.2 ,Ankara, 2010
- [15] Azman, H. E., Evsel Atıksuların Arıtılmasında Arıtma Verimi – Enerji İlişkisinin İncelenmesi s.83, Ç.Ü.Fen Bilimler E. Adana, 2005.