

ANAEROBİK BİYOTEKNOLOJİ VE BİYOGAZ ÜRETİMİ DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE EĞİLİMLER

Mustafa TÜRKER

Pakmaya, İzmit

mustafat@pakmaya.com.tr

Özet

Hem gelişmiş hemde gelişmekte olan ülkelerde endüstriyel atıklar, hayvan gübresi ve tarımsal atıklar biyogaz ve biyoenerji üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ülkemizde başta gıda endüstrisi olmak üzere, endüstriyel atıkların anaerobik arıtımına ilgi mevcuttur. Fakat hayvan gübrelere ve diğer evsel ve tarımsal atıkların biyogaza dönüştürülmesi fazla uygulama bulmamıştır. Türkiye biyogaz ve biyoenerji üretiminde büyük bir potansiyele sahiptir.

Anahtar Kelimeler: *Anaerobik biyoteknoloji, biyogaz, biyoenerji, gaz yıkama, hidrojen sülfid*

Abstract

Industrial wastewaters as well as animal manure together with agricultural wastes are increasingly used in biogas and bioenergy production through anaerobic biotechnology in developed and developing countries. In Turkey, industrial wastewaters, especially originating from food industry have attracted reasonable attention for anaerobic digestion and biogas production. However there is a limited application for animal manure and household and agricultural waste. This area has a big potential for biogas and bioenergy production.

Key words: *Anaerobic biotechnology, biogas, bioenergy, gas cleaning, hydrogen sulfide*

1. GİRİŞ

Enerji günümüzde kamuoyunun en çok konuştuğu gündem maddelerinden birdir. Küresel ölçekte enerji ihtiyacı gittikçe artmaktadır. Bazı uluslararası kurumlar ve şirketler, 2050 ve 2100 yılına kadar küresel enerji ihtiyacının 3 ile 7 kat artacağını ve en fazla artışın gelişmekte olan ekonomilerden beklendiğini öngörmektedir [1;2]. Günümüzün en önemli enerji kaynağı fosil yakıtlardır. Atmosferdeki CO₂ miktarının artması ve bunun yarattığı iklim değişikliği sorunları, yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgiyi artırmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam enerji içindeki payı günümüzde yaklaşık %5.5 civarında, biyokütle payı ise sadece %3 civarındadır. Biyokütle, piroliz, gazlaştırma, fermentasyon ve anaerobik çürütme yoluyla biyoyakıtlara dönüş

Endüstriyel ve evsel atıkların arıtımında kullanılan anaerobik arıtma teknolojisi yaklaşık yüz yıl önce kullanılmaya başlanan eski bir teknolojidir. Atıktaki enerjinin geri kazanımına

olan ilginin artması ve aerobik arıtma sırasında ortaya çıkan çamurun fazla olması ve bunun yarattığı çevre sorunları anaerobik biyoteknolojiye olan ilginin artmasına neden olmuştur. Başta tarımsal ve gıda endüstrisi atıkları olmak üzere biyolojik olarak parçalanabilir maddeler ihtiva eden karbonlu atıkların anaerobik olarak arıtılması mümkündür. Kompleks organik maddelerin anaerobik koşullarda parçalanması çok kademeli birbirini izleyen reaksiyonlar dizisi ile tanımlanabilir. Avantajlarını yanında anaerobik arıtmanın bazı dezavantajlarının olduğu iddia edilmiştir; tarihsel olarak anaerobik arıtmanın yavaş ve sınırlı sayıda organik atığın arıtımı için uygun olduğu kabul edilmiştir. Anaerobik arıtmanın yüksek KOİ'li atıklar için (>5 g/L) ve yüksek sıcaklıkta (yak. 35 °C) ve yüksek hidrolik bekleme sürelerinde işletilmesi gerektiği kabul edilmiştir. Oysa son yıllarda yapılan araştırmalar bu varsayımların geçersiz olduğunu göstermiştir. Ayrıca anaerobik sistemlere atfedilen başta H₂S'ün sebep olduğu koku problemi son yıllarda geliştirilen gaz arıtma yöntemleri ile çözülmüştür [3;4;5;6].

2. DÜNYA'DA ENDÜSTRİYEL ANAEROBİK ARITMANIN DURUMU

Dünya'da endüstriyel atıksuların anaerobik arıtımına ilgi gittikçe artmaktadır. Bu teknolojinin özellikle 1970'lerden sonra kullanılmaya başlandığı ve 1990'lardan sonra yıllık ortalama lagün dışı 100-150 adet tesisin kurulduğu bilinmektedir [7]. Tablo 1'de, Dünya'da toplam, lagünler dışında, 3000 civarında anaerobik tesis olduğu görülmektedir.

Tablo 1: 2008 yılı itibariyle Dünyadaki anaerobik tesis sayıları [7]

Reaktör Tipi	Adet
Anaerobik Lagün	>13000
Kontak Prosesi	400
UASB	1200
Anaerobik Filtre	200
EGSB/FB	700
Hibrid	100
Membran	20
Diğer	500
Toplam(Lagün dışı)	≈3000

En yaygın kullanılan reaktör tipi başta UASB ve onun gelişmiş versiyonu EGSB dir. UASB reaktörleri 1970'lerden itibaren endüstriyel atıksuların arıtılmasında en fazla kullanılan reaktör tipidir. UASB ve onun yeni versiyonu EGSB reaktörleri arıtma endüstrisindeki yerlerini sağlamlaştırmışlardır. UASB ve EGSB dışındaki yüksek hızlı anaerobik sistemlerin

(FB, IC, BTR gibi) toplam içindeki oranı henüz düşüktür ve bu reaktörlerde UASB ve EGSB kategorisinde değerlendirilebilir. 1995'lerden sonra UASB'lerin yerini yavaş yavaş bunların daha gelişmiş versiyonu olan EGSB gibi reaktörlere bıraktıkları görülmektedir [5;6]. Anaerobik lagünler yapımı basit ve kullanımı yaygın olan anaerobik reaktörlerdendir. Latin Amerika ve Çin'de 13000'den fazla anaerobik lagün olduğu tahmin edilmektedir.

Tablo 2'de, anaerobik teknolojinin sektörlere göre dağılımını verilmektedir. En fazla uygulama, gıda endüstrisinde. Gıda endüstrisi %76 ile birinci sırada yer almakta, arkasından sırasıyla kağıt, kimya ve çöp sızıntı suyu endüstrisi atıksuları gelmektedir.

Tablo 2: Dünya'daki anaerobik arıtma tesislerinin sektörlere göre dağılımı [6]

Uygulama	Tesis (adet)	%
Gıda (bira, meyve suyu, alkol, fermentasyon)	926	76
Kimya	63	5
Kağıt	130	11
Çöp Sızıntı Suyu	20	2
Diğer	76	6

Bölgesel olarak bakıldığında Avrupa, anaerobik biyoteknolojiyi en yoğun kullanan kıtadır. Avrupa'yı Güneydoğu Asya ve Kuzey Amerika izlemektedir. Ülkeler bazında bakıldığında (Tablo 3) anaerobik biyoteknolojiyi en yaygın kullanan ülkeler başta ABD olmak üzere Almanya, Japonya ve Hindistan, izlemektedir. Türkiye ise, sayı düşük olmasına rağmen ilk onbeş ülke kategorisindedir [7].

Tablo 3: Anaerobik tesislerin ülkelere göre dağılımı, ilk 15 ülke [6;7]

Ülke	Adet	Ülke	Adet	Ülke	Adet	Ülke	Adet
ABD	707	Brezilya	185	Fransa	97	Kolombiya	50
Hindistan	220	Hollanda	126	İspanya	79	Kanada	48
Japonya	247	Meksika	111	Tayland	58	Kore	47
Almanya	408	Çin	157	Belçika	62	Türkiye	48

3. ÇİFTLİK TİPİ VE MERKEZİ BİYOGAZ TESİSLERİ

Tarımsal atıkların anaerobik çürütülmesi konusundaki teknolojik gelişmeler merkezi biyogaz tesisleri kavramını ortaya çıkarmıştır. Burada, pekçok çiftliğin atıkları merkezi bir tesiste toplanır ve endüstriyel ve evsel organik atıklarla karıştırılarak biyogaz üretiminde kullanılmaktadır. Merkezi biyogaz tesisleri kavramı ilk önce Danimarka'da denenmiştir. Danimarka'da hayvan gübresinin içine %10-30 civarında evsel ve endüstriyel kökenli organik

atıklar karıştırılmaktadır. Bugün Danimarka'da 22 merkezi tesis ve çok sayıda çiftlik tipi biyogaz tesisi bulunmaktadır [6;8].

Tesisler 1000-8500 m³ hacminde ve 1000-15000 m³/gün biyogaz üretecek kapasitededir. Tesisler başlangıçta mezofilik olarak tasarlanmış hidrolik bekleme süreleri 20-25 gün civarındadır. Daha sonra termofilik sıcaklıkların özellikle organik maddenin hidrolizi ve alıkonma süresinin azaltılarak kapasite artırımına katkıda bulunduğu anlaşılınca (HRT=15 gün), devrede olan 22 tesisin 11 tanesi termofilik sıcaklık bölgesinde çalıştırılmaya başlanmıştır [6;8]. Reaktörlerde oluşan H₂S'i uzaklaştırmak için ucuz bir yöntem geliştirilmiştir. Yöntem, biyogazın içine atmosferik havanın ilave edilmesine ve sülfidin sülfata yükseltgenmesine dayanır. Çünkü biyogazın gaz motorlarında elektrik üretiminde kullanılması için başta H₂S olmak üzere içindeki safsızlıkların giderilmesi gerekmektedir [6;8]. Danimarka'da 2002 yılında 3.35 PJ (Peta Joule) biyogaz üretilmiştir. Bunun çoğu, hayvan gübresine dayalı biyogaz tesislerinden, atıksu arıtma tesislerindeki çamur çürütme tesislerinden ve depone alanlarından gelmektedir.

Danimarka gibi biyogaz teknolojisini etkin olarak kullanan öncü ülkelerden biri de İsveç'tir. İsveç'de 12 civarında çiftlik tipi biyogaz tesisi mevcuttur [6;8]. Bu tesislerde biyogaz üretimi hayvan gübresi ve gıda endüstrisi organik atıkları karıştırılarak gerçekleştirilmektedir. Her biyogaz tesisinde yıllık ortalama 10.000 ton hammadde, biyogaz üretiminde kullanılmaktadır. 1990'ların ortalarından sonra 12 civarında, Danimarka'daki merkezi biyogaz tesislerine benzer büyük biyogaz tesisleri kurulmuştur. Bu tesislerde hayvan gübresi diğer organik kökenli evsel ve endüstriyel atıklarla karıştırılarak kullanılmakta ve her tesis yıllık 20.000-70.000 ton hammadde kullanmaktadır. Ayrıca İsveç'de hemen hemen bütün şehir arıtma tesislerinin aktif çamurunu anaerobik olarak çürütüp biyogaza dönüştürmek üzere aktif çamur tesislerinin yanında 135 adet çamur çürütücü kurulmuştur. İsveç en fazla biyogaz enerjisini aktif çamurun anaerobik çürütülmesinden elde etmektedir.

Almanya, biyogaz teknolojisini en etkin kullanan ülkelerden biridir. 1999'da 850 olan biyogaz tesisi sayısı, hükümetin uyguladığı teşvikler sayesinde, hızla artmış 2006'da 3500'e çıkmış bugün ise 4000 civarında biyogaz tesisi mevcuttur. Bu tesislerin çoğu çıkan biyogazı arıttıktan sonra elektrik üretiminde kullanmaktadır. Almanya, 2020 yılına kadar biyogaz tesisi sayısını 43000'e çıkarmayı planlamaktadır. Rusya'da 70'den fazla, Kazakistan'da 30 civarında biyogaz tesisi mevcuttur. Ayrıca Rusya'da küçük hacimli (3-10 m³) ev tipi biyogaz tesisleride kullanılmaktadır. İngiltere'de 75 civarında biyogaz tesisi mevcuttur. Gelişmiş ülkelerde tasarlanan biyogaz tesislerinin hacimleri gittikçe artmaktadır [9;10].

Latin Amerika, Hindistan, Çin, Nepal gibi Güneydoğu Asya ülkelerinde kullanılan biyogaz tesisleri genellikle 3-10 m³ hacindedir ve sayıları çok fazladır. Bu tesisler günde günde 3-10 m³ biyogaz üretmekte ve bir ailenin günlük enerji ihtiyacını karşılamaktadır. Hindistan'da 2.5 milyonun üzerinde biyogaz tesisi mevcuttur. Nepal'de 145.000 biyogaz tesisi mevcuttur ve sayının dünya bankası destekleriyle yakın bir gelecekte 83.500 daha artması planlanmaktadır. Vietnam'da 2005 yılına kadar 18.000 biyogaz tesisi kurulmuştur ve bu sayının 2010 yılında 150.000'e çıkması hedeflenmektedir. Küresel enerji tüketiminin en önemli aktörlerinden Çin'de 2005 yılı itibarıyla 20 milyon ev tipi biyogaz tesisi mevcuttur. Çin, bu sayıyı 2010'da 50 milyona, 2020'de 200 milyona çıkarmayı hedeflemekte ve biyogaz tesisi başına 150 \$ teşvik vermektedir [6;8;10].

Biyogaz tesislerinden elde edilen gübre tekrar çiftçilere dağıtılarak değerlendirilmektedir. Çürütücülerden elde edilen gübre katı ve sıvı kısımdan oluşmaktadır. Katı kısım (digestate) kompost olarak da adlandırılır ve tarımda ve çiçek yetiştiriciliğinde toprağın kalitesini iyileştirmek için kullanılmaktadır. Sıvı fraksiyonu ise bitkiler için kıymetli besin maddelerini içerir ve toprağa püskürtülerek verilmektedir [6].

4. TÜRKİYE'DE DURUM

Anaerobik biyoteknolojinin Türkiye'deki ilk endüstriyel uygulamaları 1980'lerde ortaya çıkmaya başlamıştır. Yaklaşık 48 adet endüstriyel tesis olduğu bilinmektedir [5;6]. Tesislerin sektörlere göre dağılımına bakıldığında en çok uygulamanın gıda endüstrisinde olduğu görülmektedir. Gıda dışındaki uygulamalar, çöp sızıntı suyu arıtması, kimya, selüloz, kağıt ve tekstil şeklinde sıralanmaktadır. Kimya sektöründe sadece bir tesis mevcuttur. Reaktörlerin beşi termofilik sıcaklık aralığında, geri kalanı mezofilik sıcaklık bölgesinde işletilmektedir. En çok tercih edilen reaktör tipi UASB reaktörüdür, fakat bununla birlikte bir adet anaerobik filtre (AF) ve beş adet kontak reaktör (ACR)'ün kullanıldığı görülmektedir. En çok tercih edilen UASB reaktörlerinin yanısıra son yıllarda bu reaktörlerin gelişmiş versiyonu olduğu iddia edilen EGSB reaktörlerinin altı adet tesiste kullanıldığı görülmektedir. İstanbul, Kayseri ve Ankara Belediyeleri, aktif çamur sistemlerinden elde edilen fazla çamuru anaerobik çürütücülerde çürüterek biyogaza dönüştürmekte ve hacmini azaltmaktadır. Konya Belediyesi'de çamur çürütücüleri devreye alma aşamasındadırlar. Ayrıca Bursa ve İstanbul Belediyeleri bünyesinde çöplerin gömüldüğü depone alanlarından depone gazı üretilmekte ve bu gaz enerji üretiminde kullanılmaktadır. Ankara Belediyesi, Ankara Mamak ve Sincan'da depone gazı üretme çalışmalarını sürdürmektedir.

Ülkemizdeki hayvan sayısı, yıllık yaş gübre üretimi ve potansiyel biyogaz üretim kapasitesi Tablo 4'de verilmiştir. Bu kapasite maksimum kuramsal kapasitedir. Toplam yaş gübre içinde en büyük payı sığır gübresi alırken, arkasından koyun-keçi gübresi gelmektedir. Biyogaz potansiyeli en büyük olan koyun ve keçi gübresidir.

Tablo 4: Türkiye'nin hayvansal atık miktarına karşılık gelen üretilebilecek biyogaz potansiyeli ve taşkömürü eşdeğeri (Elektrik İşleri Etüt İdaresi web sitesi, 2006)

Hayvan cinsi	Sayısı (adet)	Yaş Gübre (ton/yıl)	Biyogaz Üretim Potansiyeli (m ³ /yıl)	Taş kömürü eşdeğeri (ton/yıl)
Sığır	11 054 000	40 347 100	994 860 000	710 613
Koyun-keçi	38 030 000	26 621 000	1 901 500 000	1 358 215
Tavuk-hindi	243 510 453	5 357 207	487 020 906	347 871
Toplam	292 594 453	72 325 307	1 672 030 906*	2 416 699

*18 °C'daki miktar. Optimum fermentör sıcaklığında çalışılması durumunda bu rakamın 2-2.5 milyar m³ arasında olması öngörülmektedir.

Biyogaz ile ilgili araştırma-geliştirme çalışmaları yoğun olarak 1980-86 yılları arasında Köy Hizmetleri Ankara Araştırma Enstitüsü bünyesinde Topraksu Araştırma Enstitüsünde yapılmıştır (Tarım Bakanlığı web sitesi, 2006). Hacimleri 1 m³ ile 28 m³ arasında sıcaklık kontrolü, gaz toplama üniteleri ve karıştırma üniteleri ile donatılmış pilot tesislerde çeşitli tavuk ve sığır gübrelere denenmiştir. Ayrıca bu çalışmaların ışığında Topraksu Genel Müdürlüğü tarafından her il merkezinde 3 adet bölge merkezlerinde 5 adet biyogaz tesisinin yapılması planlanmış ve bu tesislerin çoğu işletmeye açılmıştır. Diğer taraftan kendi olanakları ile biyogaz tesisi kurmak isteyenlere teknik destek ve kredi olanağı sağlanmıştır. Köy hizmetleri bünyesinde 1987 yılında yapılan bir anket sonucunda biyogaz tesislerinin birçoğunun aşağıdaki nedenlerden dolayı işletilemediği tesbit edilmiştir: (1) Tesis inşaatı konusunda yeterli eğitim sağlanamaması nedeniyle inşaat hataları yapılmıştır, (2) Tesis sahipleri teknik bilgi yetersizliği nedeniyle tesisleri işletememişlerdir, (3) Tesis işletmecileri danışman bir kuruluş bulamamışlardır.

Yukarıda görüldüğü gibi Türkiye biyogaz potansiyelini yeteri kadar değerlendirememektedir. Yıllık biyogaz üretim potansiyeli 2.5 milyon ton taş kömürüne eşdeğerdir. Bunun tamamını ekonomik olarak kullanmak mümkün değildir. Hayvan gübrelere eğer organik evsel ve endüstriyel atıklar ilave edilirse (Avrupa'da bu oran yaklaşık %10 civarındadır), biyogaz potansiyelinin daha da artması sözkonusudur. Bu konuda en önemli darboğaz, hayvan yetiştiriciliğinin dağınık ve küçük çiftliklerde olması, biyogaz tesisi kurmak için gerekli teknik ve mali kaynakların bulunamaması olabilir. Ayrıca

ülkemizde tropik iklim kuşağının aksine yaz kış sıcaklık farklarının fazla olması kış döneminde biyogaz tesislerinin eğer sıcaklık kontrolü yoksa performanslarının düşmesine sebep olmaktadır. Tesis boyutunun büyümesiyle birlikte daha teknik donanımlı biyogaz tesisleri yapmak mümkün olmaktadır. Kritik büyüklüğe sahip çiftliklerde uzmanlar tarafından işletilecek biyogaz tesislerinin kurulması, biyogaz üretimini daha cazip hale getirecektir.

5. BİYOGAZIN ARITILMASI

Anaerobik çürütme tesislerinden ve depone alanlarından üretilen biyogaz ağırlıklı olarak CH_4 ve CO_2 , az miktarda H_2S ve NH_3 ve eser miktarda H_2 , N_2 , CO , O_2 , aromatikler, halojenli bileşikler (klorürler, florürler vb.) ve silikonlar içerir ve su buharı ile doymuştur. Biyogaz, hacimsel olarak %60-70 metan (CH_4), %30-40 karbon dioksit (CO_2), %1-2 azot (N_2) ve atıksudaki kükürt derişimine bağılı olarak hidrojen sülfür (H_2S) içerir. Biyogaz, arıtıldıktan ve kalitesi iyileştirildikten sonra doğalgazın kullanıldığı yerlerde kullanılabilir. Elektrik ve enerji üretiminin yanısıra son zamanlarda araçlarda yakıt olarak da kullanılmaya başlanmıştır. Dünya'da biyogazla çalışan 10000 civarında araç vardır. Fakat kullanılan biyogazın kalitesinin yüksek olması gerekir.

Biyogaz ısı ve elektrik üretmek için kullanılacaksa H_2S 'in, gaz motorlarında kullanılan yağlama yağının çabuk bozunmasını önlemek ve korozyonu azaltmak için 700 ppm'in altına indirilmesi gerekir. Hidrojen sülfür içeren gazların tek kademedede arıtılması mümkündür. Düşük derişimlerde H_2S içeren gazların arıtılması için kuru yatak (dry bed) prosesleri tercih edilmektedir. Kuru yatak prosesleri iki kategoriye ayrılabilir: 1-Kimyasal adsorbsiyon (demir oksit, çinko oksit), 2-Fiziksel adsorbsiyon (moleküler elekler, aktif karbon). Fiziksel adsorbsiyon kullanıldığında, yatak sıcak gaz kullanılarak rejenere edilebilir. Fakat kimyasal adsorbsiyon kullanıldığında bu mümkün değildir. Bu durumda yatak doyunluğa ulaştıktan sonra yenilenir [3;4;6].

Anaerobik reaktörlerden çıkan biyogazdaki H_2S 'in sıvı oksidasyon prosesleri ile elementel kükürte dönüşümü en potansiyel proseslerden biridir. Bu durumda son ürün elementel kükürt olduğundan tekrar değerlendirilme potansiyeline sahiptir. Bu işlem genel olarak redoks prosesleri (ticari olarak LO-CAT, Sulferox, Stretford gibi) ve biyoteknolojik (BIO-SR, THIO-PAQUE gibi) sülfid oksidasyonu ile yapılabilir [3;4;6]. Son zamanlarda azot ve kükürt çevrimlerini birleştiren yeni prosesler geliştirilmiştir [11].

6. SONUÇ

Anaerobik biyoteknoloji ile biyogaz üretimi bilinen, yaygın kullanılan olgun bir teknolojidir. Ülkemizde endüstriyel atıksuların arıtılması konusunda belli bir uygulama alanı bulmuştur. En yaygın uygulama alanı gıda endüstrisi atıksularıdır. Ülkemizdeki gıda endüstrisinin büyüklüğü ve önümüzdeki yıllarda daha da büyüme potansiyeli düşünülürse, anaerobik biyoteknolojinin atıklardan enerji geri kazanımı konusundaki katkısı daha iyi anlaşılabilir. Bununla beraber hayvan gübresinin ve diğer tarımsal atıkların biyogaz üretiminde kullanımı ve çiftlik tipi biyogaz tesisleri fazla bir uygulama alanı bulamamıştır. Enerji ihtiyacının artması bu tür yenilenebilir enerji kaynaklarının gündeme alınmasını ve desteklenmesini zorunlu kılmaktadır.

7. KAYNAKLAR

1. IEA., (2006). World Energy Outlook.
2. Shell International, (2008). Shell Energy Scenarios to 2050.
3. Türker, M. (2000a). Hidrojen sülfür içeren gazların arıtılması:1-fizikokimyasal yöntemler, Su Kirliliği ve Kontrolü Dergisi, 10, 1, 15-26.
4. Türker, M. (2000b). Hidrojen sülfür içeren gazların arıtılması:2-biyoteknolojik yöntemler, Su Kirliliği ve Kontrolü Dergisi, 10, 1, 27-45.
5. Türker, M. (2003). Anaerobik biyoteknoloji: Türkiye ve Dünya'daki eğilimler, 2. Ulusal Çevre Kirliliği Kontrolü Sempozyumu, 22-24 Ekim, ODTÜ, s. 228-236.
6. Türker, M., (2008). Anaerobik Biyoteknoloji ve Biyoenerji Üretimi, Çevkor Vakfı Yayınları, İzmir, 260 sayfa.
7. Totzke, D. E., (2008). Anaerobic treatment technology overview.
8. Türker, M., (2007). Biyogaz Teknolojisi, Çevkor Vakfı Yayınları, İzmir.
9. Deublein, D., Steinhäuser, A., (2008). Biogas From Waste and Renewable Resources, Wiley.
10. Lukehurst, C.T., (2007). AD on the move – United Kingdom 2007, The Future of Biogas in Europe III, 14th -16th of June 2007, University of Southern Denmark, Niels Bohrs Vej 9, 6700 Esbjerg, Esbjerg – Danimarka.
11. Yavuz B., Türker M., Engin G.Ö. (2007). Autotrophic Removal of Sulfide From Industrial Wastewaters Using Oxygen and Nitrate as Electron Acceptors, Environ. Eng. Sci. 24 (4), 457-470.