



1954

TMMOB ELEKTRİK MÜHENDİSLERİ ODASI

BİLGİ BELGE MERKEZİ(BBM)

Döküman Bilgileri

EMO BBM Yayın Kodu	: 9
Bildirinin Adı	: Hayvansal Atıklardan Biyogaz Üretim Teknolojisi
Bildirinin Yayın Tarihi	: ??
Yayın Dili	: Türkçe
Bildirinin Konusu	: Hayvansal Atıklardan Biyogaz Üretim Teknolojisi
Bildirinin Kaynağı	: ??
Anahtar Kelimeler	: hayvansal atıklar, biyogaz üretimi, gaz motoru
Yazar 1	: Mustafa Tolay
Yazar 2	: Roland Reiter

Açıklama

Bu doküman Elektrik Mühendisleri Odası tarafından açık arşiv niteliğinde olarak bilginin paylaşımı ve aktarımı amacı ile eklenmiştir.

Odamız üyeleri kendilerine ait her türlü çalışmayı EMOP/Üye alanında bulunan veri giriş formu aracılığı ile bilgi belge merkezinde yer almasını sağlayabileceklerdir. Ayrıca diğer kişiler çalışmalarını e-posta (bbm@emo.org.tr) yolu ile göndererek de bu işlemin gerçekleşmesini sağlayabileceklerdir. Herhangi bir dergide yayınlanmış akademik çalışmaların dergideki formatı ile aynen yer almaması koşulu ile telif hakları ihlali söz konusu değildir.

Elektrik Mühendisleri Odası Bilgi Belge Merkezi'nde yer alan tüm bilgilerden kaynağı gösterilerek yararlanılabilir.

Bilgi Belge Merkezi'nde bulunan çalışmalardan yararlanıldığında, kullanan kişinin kaynak göstermesi etik açısından gerekli ve zorunludur. Kaynak gösterilmesinde kullanılan çalışmanın adı ve yazarıyla birlikte belgenin URL adresi (http://bbm.emo.org.tr/genel/katalog_detay.php?katalog=3&kayit=9) verilmelidir.

HAYVANSAL ATIKLARDAN BİYOGAZ ÜRETİM TEKNOLOJİSİ

Dr. Mustafa Tolay¹, Roland Reiter²

¹Detes Enerji ve Çevre Teknoloji Sistemleri Ltd. Şti.; 29 Ekim Cad, Yeni Bosna, İstanbul, Türkiye. www.drmustafatolay.com

²A.E.V. Alternative Energieversorgung; Hohe Straße 119, 01187 Dresden-Germany, www.aev-bioenergie.eu

Özet

Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde önemli bir yer tutan hayvancılık ve zirai atık kullanımı sürdürülebilir kalkınma modelleri içerisinde çevre ve enerji optimizasyonu bakımından önem kazanmaktadır. Anaerobik arıtma teknolojisi yüksek performans, düşük maliyet, bir yan ürün olarak enerji elde edilebilmesi ve düşük biyolojik çamur üretimi gibi nedenlerle son yıllarda endüstriyel ve evsel atık suların, hayvan gübrelerinin, kanalizasyon ve arıtma tesis çamurlarının arıtımında yoğun olarak kullanılmaktadır. Yaygın olarak kullanılan diğer arıtma yöntemlerine göre daha az enerji ve besin gerektirmesi, daha düşük işletme maliyetine sahip olması, mevsimsel işletim olanağı sunması ve üretilen metan gazının ısı ve elektrik enerjisi üretiminde kullanılması anaerobik yöntemleri daha çekici kılmaktadır. Anaerobik arıtma sonucu elde edilen METAN GAZI biyogaz olarak kazanlarda yakılmakla buhar üretiminde veya gaz motorlarında yakılarak elektrik üretiminde kullanılabilir. Gerek Avrupa Birliği ülkeleri gerekse diğer ülkelerde hayvansal atıklardan biyogaz üreten tesisler fizibil olarak çalışmakta ve kısa sürede yapılan yatırımı geri öder hale gelmişlerdir. Bu çalışmada 1500 büyükbaş hayvan kapasiteli bir biyogaz üretim tesisinin işletme koşulları hakkında bilgi verilecektir. Ayrıca bu çalışmada çeşitli ülkelerdeki biyogaz tesisleri hakkında bilgiler verilecektir.

Anahtar Kelimeler: *Hayvansal Atıklar, Anaerobik Arıtım, Biyogaz Üretimi, Alternatif Enerji, Gaz Motoru*

Summary

Breeding and agricultural waste application playing an important role as renewable energy sources are coming into question in terms of energy and environment optimisation under sustainable development models. Its high performance, low costs, energy supply as by-product and production of low biological sewage/mud makes Anaerobic Treatment Technology be more intensively used in the last couple of years in the field of industrial and domestic waste water treatment, animal manure, sewage, sewage plant mud treatment. In comparison with other extensively used treatment methods, needing lower energy and nutrition, having lower operation costs, offering seasonal operation possibilities and applying produced methane gas in the heat and electricity production makes anaerobic methods more attractive. Methane gas obtained from anaerobic treatment can be combusted as biogas in boiler for steam generation and in gas boiler for power generation. The plants producing biogas from animal manure are operating feasibly whether in the European Community or in other countries and amortising itself in a short period. This study gives information about the operating conditions of a biogas generation plant running with a capacity of 1500 cattle animals. Furthermore this study will advise of biogas plants operating in diverse countries.

Key Words: *Animal Manure, Anaerobic Digestion, Biogas Production, Alternative Energy, Gas Engine.*

1. GİRİŞ

Özellikle hayvansal katı atıklar biyolojik arıtmaya tabi tutulduktan sonra biyogaz (%65 metan, %35 CO₂) üretimi için ideal kaynak olarak görülmektedir. Elde edilen biyogaz ise gerek elektrik gerekse ısı üretimi için önemli enerji girdisi olarak fayda sağlamaktadır. Ülkemizde mevcut sadece 13 milyon büyük baş hayvan sayısı göz önüne alındığında çok önemli bir potansiyel yenilenebilir enerji kaynağı olarak kullanımı beklemektedir. Oysaki özellikle ülkemizde hayvan atıkları gübre olarak veya kurutulduktan sonra yakıt kaynağı şeklinde tarih boyunca kullanılmıştır. Son yıllarda ise büyük ölçekli çiftlik kapasitelerindeki artış ve bunların oluşturduğu atıklar çevre problemlerini gündeme getirmiştir. Eğer hayvan atıkları arıtılmadan doğaya salınırsa başta metan gazının oluşturduğu küresel ısınma problemi olmak üzere, yer üstü sularının kirlenmesi, patojenik problemler gibi önemli çevre sağlığı sorunları oluşmaktadır. Özellikle yüzey sularının alıcı ortama drenajı, tarımdan dönen sular ve hayvan atıklarının nihai depolama alanı olarak kullanılan araziler su kirliliğinin başlıca kaynakları olarak ortaya çıkmaktadır. Fosil yakıtlara karşılık bir ölçüde çözüm bulacak, yerli enerji kaynağı olabilecek kapasitedeki organik atıklar biyokütle kullanımı bakımından önem arz etmektedir. Olası enerji krizleri ve hayvan atıklarından kaynaklanan çevre problemleri ile birlikte düşünülürse her iki problemin çözümü biyogaz tesislerinin kurulması ile ortadan kalkabilecektir. Hayvan atıkları için çevresel açıdan kabul edilebilir bertaraf yöntemleri büyük ölçekte biyokütle-enerji dönüşüm sistemi olarak dikkate alındığında bu atıklardan enerji elde edilmesi ve ayrıca yan ürün şeklinde besin değeri olan gübre elde edilmesi de mümkün olmaktadır. Gelişen tarım ve entegre hayvan çiftlikleri sayı ve kapasitelerindeki artışlar nedeniyle kaynaklanan çevre sorunlarına ekonomik ve uygulanabilir çözümler ortaya konulabilir. Gerek büyük baş, gerekse kanatlı hayvan üretimlerinin yoğunlaştığı *Afyon, Kayseri, Çorum, Manyas, Bursa, Erzurum, Kars, Niğde, Ağrı, Edirne, Tekirdağ* gibi illerin bulunduğu bölgelerde biyogaz tesisleri gerek enerji üretimi gerekse çevre korunumu açısından örnek bölgeler olarak kullanılabilir [1,2,3,4].

2. YÖNTEM ve AÇIKLAMA

Özellikle Avrupa Birliği ülkelerinde gelişmiş olan hayvansal atıklarından anaerobik arıtma yöntemleri ile biyogaz üretim teknikleri yerel enerji üretim kaynaklarına çok fazla katkıda bulunmakta olup tüm dünyada örnek tesisler olarak gösterilmektedir. Günümüzde Avrupa'da Almanya, Fransa, İsviçre, İtalya, Avusturya ve Sadece Almanya'da 3000'den fazla biyogaz tesisi hayvansal ve tarımsal atıkların arıtımı için anaerobik arıtımı kullanarak biyogaz üretmektedir. Örneğin Danimarka, hayvan gübresini diğer organik atıklarla karıştırarak biyogaz üretiminde kullanan en başarılı ülkelerden biridir. Diğer ülkelerdekine aksine Danimarka merkezi biyogaz tesisleri kurmuştur. Çiftliklerden toplanan atıkları merkezi biyogaz tesislerinde gaz üretiminde



kullandıktan sonra, gazı merkezi doğal gaz şebekesine vermekte ve çıkan gübreyi tekrar çiftçilere dağıtmaktadır. Bu ülkede 1500-2500 büyük baş hayvan atığını arıtan örnek biyogaz tesisleri ile bu konuda önderdir. Tesisler 1000-15000 m³/gün biyogaz üretecek kapasitededir. Benzer şekilde Çin ve Hindistan'da ve daha pek çok ülkede hayvansal ve tarımsal atıklar biyogaz tesislerinin yaygın olarak kullanıldığı bilinmekte ve bu konularda araştırma ve geliştirme faaliyetlerine hızla devam etmektedir. Güney Amerika'da ise biyogaz tesislerinin en yoğun olarak kullanıldığı ülke Brezilya'dır [1,2,3,4].

3. BİYOGAZ TESİSLERİNİN FAYDALARI

Hayvansal atıklardan anaerobik arıtmayla biyogaz üretiminin avantajlarını şu şekilde sıralayabiliriz:

1. Biyogaz ile elektrik ve ısı üretiminde ekonomik kazanç elde edilmesini sağlar.
2. Arıtmadan çıkan atık gübre olarak kullanılabilir. Biyogaz üretiminden sonra elde edilen gübre daha kolay kullanılabilir gübredir.

3. Küresel ısınmanın en önemli etkeni olan sera gazları azaltılır. Metan en kötü sera gazlarından biridir. Açığa atılan hayvansal atıklardan yayılan metan gazı aynı hacimdeki CO₂'den yirmi katı daha fazla sera gazı etkisi yapar. Oysa biyogaz tesislerinde elde edilen metan yakılarak CO₂'e dönüştürülür.
4. Çok ucuz ve çevreci atık çevrimi sağlar. Evlerde çıkan diğer katı evsel atıklar ve tarımsal atıklar da hayvansal atıklarla birlikte biyogaz üretiminde kullanılabilir.
5. Daha sağlıklı, hijyenik yaşam alanlarının yaratılmasını sağlar.
6. Özellikle ülkemizde hayvancılığın gelişmesine teşvik edici unsur olacaktır. Dolayısıyla suni gübreye bağımlılığı azaltarak sürdürülebilir kalkınmaya katkıda bulunur. Ayrıca ülkemizin dışarıya olan enerji bağımlılığını azaltır [1,2,3,4].

Ülkemizde ise sadece başta gıda endüstrisi olmak üzere sınırlı sayıda anaerobik arıtım uygulaması mevcuttur. Hayvansal ve tarımsal atıkların anaerobik arıtımı ile biyogaz üretim uygulamaları ülkemiz açısından yok denecek kadar azdır. Gıda endüstrisi ve diğer uygulamalar göz önüne alındığında bu sektörlerdeki anaerobik uygulama tecrübeleri ve teorik bilgiler hayvansal ve tarımsal atıkların anaerobik arıtımında da kullanılabilir. Yenilenebilir Enerji Kullanım Yasası ve Enerji Verimliliği Yasası biyogaz tesislerinin kurulmasını teşvik etmekte olduğundan bu tesislerin devreye alınması daha kolay hale gelmiştir. Hammadde olarak hayvan gübresi tek başına veya tarım kuruluşlarında bulunan diğer organik atıklarla karıştırılarak kullanılabilir. Biyogaz üretiminden sonra geriye kalan sıvı-katı kısım gübre olarak değerlendirilmektedir [5,6,7,8,9,10].

Özellikle hayvansal atıkların değerlendirilmesi için kurulacak olan biyogaz tesislerinin çalıştırılması ile elde edilebilecek kazançları aşağıdaki şekilde özetleyebiliriz:

Elektrik ile kazanç

Biyogaz tesisi, bir gaz motoru ve bir jeneratörden oluşan co-jenerasyon seti ile elektrik üretir. Motor biyogaz ile çalışır ve jeneratörü çalıştırır. Bu elektriğin küçük bir parçası, agitatorler, pompalar, fan gibi ekipmanlarda kullanılmak üzere tesisin kendi ihtiyacı için kullanılır. Geri kalan elektrik satılabilir ve genel şebekeye verilebilir. Elektrik pahalı olmasına bağlı olarak güç sağlayıcısına satmak ekonomik olacaktır [11,12,13].

Isı ile kazanç

Gaz motoru ayrıca ısı üretir. Bu ısının bir kısmı digester için gereklidir. Geri kalan kısım ise seralar için kullanılabilir.

Atık kullanımı ile kazanç

Firmalar, biyogaz tesislerinin içine konabilen organik atıklardan kurtulmak için para öderler. Bu atıklardan bazıları biyogaz reaktörü içine konmadan önce ayırma, ezme gibi ön işlemlere tabi tutulmaları gerekmektedir. Besi maddesi olarak kullanılabilen atıklar için bazı örnekler aşağıdaki gibidir:

Kesim evi; Kemiksiz kesim evi atığı, kan, mide içeriği, balık atığı, flotasyon atık suyu, et atıkları



Şeker Fabrikası; Şekerpancarı uçları, şekerpancarı parçaları, melas atıkları,

Besin Sanayi; Ekmek atıkları, hamur atığı, peyniraltı suyu, posa, yağlı tohum atığı, damıtma tesisi atığı, bira sanayii atığı, meyva suyu fabrikası atığı

Kafeterya; Yağ seperatöründen çıkan yağ atığı, yiyecek atığı

Biyodizel atığı; Gliserin

Özellikle turizm tesisi ve otellerden değerlendirilemeyerek atılan yiyecek atıkları biyogaz tesisinde kullanmak için bir çok olanağa sahiptir. Sadece dengeleme tankına atılması gerekmekte ve pompa ile digesteraya koymaktadır. Bir ton yiyecek atığı yaklaşık 15 ton inek gübresine denk olabilmektedir [11,12].

4.ÖRNEK BİR BİYOGAZ TESİSİNDE BİYOGAZ ÜRETİMİ

Genellikle süt üretimi için kullanılan büyükbaş hayvan çiftliklerinden çıkan hayvansal gübrelerin katı ve sıvı halde değerlendirilmesi ile biyogaz üretmek mümkündür. Bu atıklara ilave olarak yukarıda sıralanan türde atıklarda özellikle kullanılmayan zırai atıklar, tavuk gübreleri, tavuk çiftliği atıkları da biyogaz üretiminde kullanılabilir. Ahırlardan hergün toplanan büyükbaş hayvan atıkları tesiste mevcut dengeleme tankına pompa ile gönderilir. Dengeleme tankındaki pompa ile hayvansal atık belirli konsantrasyonda biyogaz reaktörü olarak adlandırılan digestere pompalanır. Biyogaz reaktörü 2500 m³ hacindedir. Yaklaşık 24 gün biyogaz reaktöründe tutulan ve arıtılan hayvansal atık %65 metan içeren biyogaz üretir ve daha sonra arıtılmış atık reaktörden alınarak üst akım içinden buffer tankına gönderilir ve seperatöre pompalanır. Aşağıdaki satırlarda ayrıca Tablo-1 ve Şekil-1 'de 1500 adet büyükbaş hayvanın atıkları ile çalışan bir biyogaz tesisinin işletme bilgileri verilmiştir (bakınız Tablo-1 ve Şekil-1) [11,12,13].

Hayvansal Atık	Hayvansal Atık/ gün	KM - Kuru madde [%]	OKM – KM'nin organik kuru maddesi
Büyükbaş Hayvan Gübresi (1500 adet için)	100,0 t/g	10 %	80 %
Toplam	100,0 t/g	10,0 t/g	8,0 t/g

Tablo -1: Biyogaz tesisine gelen büyükbaş hayvansal atık ve OKM içeriği.

Genel olarak kış ayları boyunca süt üretimine yönelik büyükbaş hayvanlar ahırların içindedir. Bu da demektir ki tüm hayvansal atık biyogaz tesisinin içine gelir. Havaları ısınması ile dış ortam sıcak olduğunda, gübrenin % 25'i dışarıda kalır. Bu durumda eksik miktardaki atık yiyecek atıkları veya tarımsal atıklarla tamamlanabilir. Biyogaz tesisinden çıkan atıklar katı kısımları seperatörden ayrıldıktan sonra sıvı halde tarlalara sıvı gübre olarak gönderilir.

BİYOGAZ TESİSİNDE BİYOGAZ VE ENERJİ ÜRETİMİ

Günde 100 ton hayvansal atık kabul eden örnek bir biyogaz tesisi için üretilecek biyogaz miktarı ve enerji üretim değerleri özet olarak aşağıda verilmiştir (Tablo -2).

Biyogaz, elektrik ve ısı üreten biyogaz tesisi ko-jenerasyon tesisi ile çok verimli olarak çalışabilmektedir. Üretilen enerjinin çok az bir kısmı biyogaz tesisinin kendisi için kullanılmaktadır [11,12,13].

Biyogaz üretimi ve enerji dengesi ;

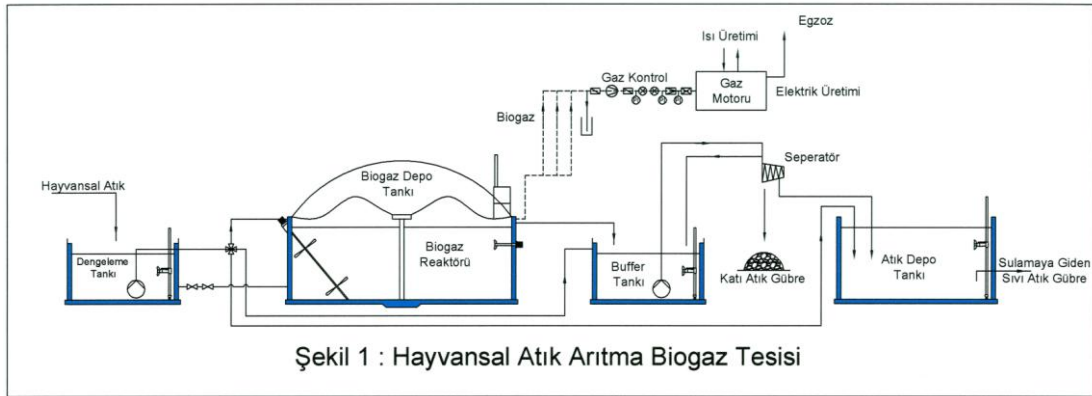
Üretilen Biyogaz Miktarı	2.780	m ³ /gün
Biyogazın Metan İçeriği	65	%
Biyogazın Kalorifik Değeri	6,5	kWh/m ³ Biogaz
Toplam Üretilen Enerji Miktarı	18.070	kWh / gün
Elektrik üretim verimliliği(Gaz motoru)	38,5	%
Elektrik üretimi	6.957	kWhel. /gün
Biyogaz tesisinin elektrik ihtiyacı	417	kWhel. /gün
Isı üretim verimliliği	44	%
Isı üretimi	7.951	kWhth/gün
Biyogaz tesisinin ısı ihtiyacı	3.600	kWh th. /g

Tablo 2: Hayvansal Atıklardan Biyogaz Üretimi ve Enerji Dengesi (1500 adet büyükbaş hayvan için).

5.SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Yukarıda yapılan değerlendirmeler ışığında Türkiye’de anaerobik biyoteknolojinin başta gıda endüstrisi ve atık çamurlarının arıtımında olmak üzere endüstriyel arıtımda elde edilen tecrübelerin hayvansal atıkların ve tarımsal atıkların biyogaz üretiminde yeteri kadar değerlendirilmediği açıkça görülmektedir. Atıkların yok edilmesi gereken maddeler olarak düşünmek yerine hammadde olarak ele alınması daha anlamlıdır. Anaerobik arıtmada biyogaz üretimi konusunda oluşmuş olan ulusal ve uluslararası tecrübe ülkemizde de çok kolay bir şekilde değerlendirilebilir. Sürdürülebilir çevre anlayışı ve yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı bakımından çiftlik tipi biyogaz tesisleri ülkemiz için büyük önem taşımaktadır. Bu, enerjide dışa bağımlılığın azaltılmasına, hayvancılığın teşvik edilmesine, daha yaşanılır mekanların yaratılmasına katkıda bulunacaktır. Bu konudaki uygulamalarla yatırımların yapılmasına, araştırma ve geliştirme faaliyetlerine önem verilmelidir. Yenilenebilir enerji kaynaklarını kullananlara teşvik veya vergi indirimi kolaylıkları sağlaması ve özendirici olunması beklenmektedir. Bu uygulamalar, aynı zamanda yeni iş olanaklarının artmasına katkıda bulunacaktır. Arıtma tesislerinden çıkan suyun ve içerdiği besin maddelerinin tarımsal sulamada değerlendirilmesi, gittikçe ısınan ve su kaynakları azalan dünyada çok büyük önem arz etmektedir [1,2,3,4].

DETES Energy ve Çevre Teknolojileri Ltd Şti. uzun yıllardır hayvansal atıkların arıtılması, biyogas üretimi, ve çiftlik atıkları yönetimi konuların yeni ve etkin teknolojiler geliştirmektedir. Bu amaçla başta Alman A.E.V. Firması ve İTÜ olmak üzere çeşitli firma, üniversite ve araştırma kuruluşları ile de işbirliği yapmaktadır. Anaerobik arıtım ve biyogaz üretim tesisleri firma tarafından özellikle büyük baş hayvan ve tavuk çiftlikleri için tasarlanmakta, imal edilmekte ve devreye alınmaktadır. Bu tür arıtım tesisleri 1500 adetten 5000 adete kadar büyükbaş hayvan ve 1-3 milyon kanatlı barındıran tavuk çiftlikleri için kurulmaktadır. Hayvansal atıkların çevreye yapmakta olduğu zararları önleyecek ve bu atıklardan çevreye duyarlı enerji üretilmesi üzerine gerekli teknolojik gelişmeler yapılmış ve yeni uygulamalar çalışmaya başlamıştır. Hayvansal atıkları biyolojik yöntemle anaerobik arıtım uygulayarak havasız ortamda biyogaza (%65 CH₄, %35 CO₂) döndüren tesiste biyogazın gaz motorunda yakılması ile elektrik enerjisi ve ısı üretmek mümkündür. Bu yöntem ziraat atıklarına ve gıda endüstrisi atıklarına da kolaylıkla uygulanabilir. Hayvansal atıklar çok önemli yenilenebilir enerji kaynakları olduğundan ve ayrıca temiz enerji üretme konusunda önceliği bulunduğundan biyogaz üretim tesislerinin sayısı her geçen gün artmaktadır. Bu amaca yönelik olarak firmamız anaerobik arıtım, biyogaz üretim ve enerji tesisleri konusunda tecrübeli elemanları ile her türlü teknolojik çözümü üretebilmektedir [11,12,13].



KAYNAKLAR

1-Öztürk, M., ‘Hayvan Gübresinden Biyogaz Üretimi’, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Müsteşarlığı, 2005, Ankara.,

2-Entürk, E., ‘Tavuk Çiftliklerinden Kaynaklanan Gübre Atıklarının İncelenmesi ve Uygun Arıtma Sisteminin Önerilmesi, Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 2004, İstanbul.

3-TÜBİTAK, MAM, ESÇAE, ‘Kümes ve Ahır Gübrelerinin Geri Kazanılması ve Bertarafı Projesi, 2001, Gebze, Kocaeli.

4-Öztürk, İ., ‘Anaerobik Biyoteknoloji ve Atık Arıtımındaki Uygulamaları’, Su Vakfı Yayınları, İstanbul, 1999.

5-Öztürk,İ., Çiftçi, T., Tolay,M., "Application of Anaerobic Waste Treatment Technology to Food Industry Effluents", 5. International Congress of Food Industries, 23-28. April.1995, Kuşadası, İzmir.

6-Öztürk,İ., Çiftçi, T., Tolay,M., "Bioenergy Recovery from High-Strength Industrial Effluents", The 2. International Conference on new Energy Systems & Conversions, 31 July – 4 August, 1995, İstanbul.

7-Tolay,M., Arhan,Y., Söğüt,N., Öztürk,İ., "Biyolojik Arıtma Tesislerinde Deodorizasyon", İTÜ 5. Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Sempozyumu'96, İstanbul, 1996.

8-Tolay,M., Söğüt,N., Öztürk,İ., “Biyolojik Atıksu Arıtma Tesislerinin Devreye Alınması, İşletilmesi ve Bakımı”, Türkiye’de Çevre Kirlenmesi Öncelikleri Sempozyumu III”, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Gebze-Kocaeli, 18-19 Kasım 1999.

9-Türker,M., Biyoreaksiyon Mühendisliği: Biyolojik Proseslerin Kinetiği ve Modellenmesi’, Su Vakfı Yayınları, İstanbul, 2005.

10-Türker,M., ‘Anaerobik Biyoteknoloji ve Biyoenerji Üretimi: Dünya’da ve Türkiye’de Eğilimler’, Çevkor Vakfı Yayınları, İstanbul, 2008.

11-Tolay, M., Yamankaradeniz, H., Yardımcı, S., Reiter, R., “Hayvansal Atıklardan Biyogaz Üretimi”, VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, UTES’2008, İstanbul, 17-19 Aralık 2008.

12-www.drmustafatolay.com

13-www.aev-biogas.de