

Farklı Büyüklükteki Biyogaz Tesislerinde Sabit Yatırım ve Enerji Üretimi Maliyet Hesabı

Osman YALDIZ, Salih SÖZER

Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü
yaldiz@akdeniz.edu.tr

Özet: Biyogaz teknolojisi günümüzde organik atıklardan enerji üretimi ve atık artımı konularında en yaygın yöntem olmuştur. Ayrıca fermentasyon sonucu materyal kompost yapılarak bitki besin maddesi ve toprak düzenleyici olarak da kullanılabilir. Bu özellik biyogaz tesislerinin daha ekonomik işletilebilmesine olanak sağlamaktadır.

Bu çalışmada 4 farklı materyal için (sığır, tavuk, koyun ve hindi gübresi) 20 günlük bekleme süresinde, mezofil sıcaklık koşullarında tesis maliyetleri, işletme giderleri, enerji üretim miktarları hesaplanmış, bu veriler kullanılarak Türkiye koşullarında yukarıda adı geçen materyaller için ekonomik işletme büyüklükleri saptanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre sığır için 100, tavuk için 15000, koyun için 2000 ve hindi için 5000 hayvan varlığının biyogaz tesisleri için ekonomik büyüklük olduğu anlaşılmıştır.

Anahtar kelimeler: Biyogaz, maliyet.

Calculation of Energy Production Cost and Fixed Investment in Different Size Biogas Plants

Abstract: Today, biogas technology is widely used for energy production from organic waste material and for waste purification. In addition, the after fermentation is used as a growth medium for plants and as a soil regulator. This makes the management of a biogas plant more economical.

In this study, establishment cost, establishment expenditure, amount of energy production for four different materials (cattle, hen, sheep and turkey manure) in 20 days retention time, at mesophilic temperature were all calculated. By using these data, economic establishment sizes under Turkey's conditions were obtained. According to the results, economic establishment size for cattle, hen, sheep and turkey are 100, 10000, 2000 and 5000 animals respectively

Key words: Biogas, cost.

GİRİŞ

Gelişmekte olan Türkiye'de doğal olarak enerji talebi sürekli artma eğilimi göstermektedir. Aynı zamanda yerli kaynakların yetersizliği nedeniyle de ithalat da artma eğilimindedir. 1990 yılında yerli üretim 26,207 mtpe iken enerji arzı 53,716 mtpe düzeyinde gerçekleşmiştir. 2000 yılında aradaki fark artarak 54,694 mtpe'e yükselmiştir. Tübitak tarafından organize edilen Enerji ve Doğal Kaynaklar panelinde yer aldığı gibi 2003 yılında toplam enerji arzı 320 mtpe düzeyine yükselecektir. Buna karşın yerli kaynaklardan enerji üretim miktarında geçmiş yıllar deneyimlerinden yararlanarak kayda değer bir artış olmayacağı söylenebilir. Halbuki yine aynı çalışmada "serbest, şeffaf ve istikrarlı piyasa koşulları içinde ulusal

kaynaklarına öncelik veren, bu kaynakların aranmasında ve istenen kaliteyle, güvenli ve ekonomik olarak üretimde ileri teknolojileri kullanan ve geliştirebilen; gereksinim duyduğu enerjiyi, güvenli, güvenilir, ekonomik, verimli ve çevreye duyarlı teknolojilerle üreten, ileten depolayan ve kullanan; uluslar arası enerji pazarında yarışabilecek enerji teknolojileri geliştirebilen ve uluslar arası enerji yatırımlarında etkin rol alabilen bir Türkiye görülmek isteniyor" ifadeleri yer almıştır (Anonim, 2003). Son derece isabetli olan bu vizyon tanımlamasında yerli kaynaklarımızdan yenilenebilir kaynaklara yönelme gereği ortadadır. Bunlardan birisinin de tüm organik

atıkları kaynak olarak kullanabilen biyogaz teknolojisi olduğu açıktır.

Biyogaz konusu ülkemizde daha önceki yıllarda yaşanan şanssız tecrübeler nedeniyle yanlış tanınmış durumdadır. Günümüz teknolojisinin pek çok sorunu aştığı, biyogaz üretiminin bir sektör durumuna geldiği yeterince bilinmemektedir. Bu durum, teknolojinin ülkemizde pratiğe aktarılmasının önündeki en büyük engel durumundadır. Biyogazın enerji üretiminin yanı sıra organik atık temizliğinde ve bertarafında kullanılan bir yöntem olduğu da hatırlanırsa konu tam anlamını kazanacaktır.

Gelişmiş batı ülkeleri biyogaz teknolojisini kendi ülkelerinde kullanmak üzere geliştirirken aynı zamanda gelişmekte olan ülkelere yönelik teknoloji ihracatı da hedeflenmiştir. Dünya ekonomisinin yılda % 3 büyüyeceği, ekonomilerin enerji yoğunluğunun % 1 azalacağı, Dünya enerji talebinin 2003 yılında % 54 artarak 650 EJ'a ulaşacağı tahmin edilmektedir. Bu artışın % 60'tan fazlasının Asya, Afrika ve Güney Amerika'nın gelişmekte olan ülkelerinde yer alacaktır (Anonim, 2003). Dolayısıyla bu ülkelerin gelecekte ucuz ve güvenli, ancak aynı zamanda yerli kaynaklara dayalı enerji üretim sistemleri gereksinimi artacaktır. Karmaşık olmayan, ancak çalışılması gereken biyogaz teknolojisinin Türkiye açısından bir diğer önemi de bu noktadadır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışma için bilgisayar Excel programında bir çalışma sayfası düzenlenmiştir. Burada hayvan sayısı girildiğinde gerekli olan üreteç hacmi, ön depo ve son depo boyutları hesaplanmaktadır. Hayvanların günlük gübre miktarları kullanılarak organik kuru madde(okm) oranı %7'e indirilen materyal için su gereksinimi, üretece günlük yüklenecek okm miktarı hesaplanmakta, daha sonra birim okm'den üretilecek metan miktarları kullanılarak üretimin günlük metan üretim miktarı bulunmaktadır. Üreteç tipi dikey olarak seçilmiştir.

Üreteç maliyetinin hesaplanmasında beton, sac, izolasyon, üst örtü, gaz deposu, boru hatları, vanalar, pompalar, gaz ölçüm cihazları ile motor ve jeneratör fiyatları üretim miktarına bağlı olarak otomatik seçilmekte ve tutara eklenmektedir. Maliyete 50 m2

alana sahip bir işletme binası ve jeneratör odası da dahil edilmiştir.

İşletme giderlerinin hesaplanmasında yatırımın amortismanı, faizi, bakım onarım ve işçilik giderleri de dikkate alınmıştır. Tesiste 2 işçinin çalışacağı varsayılmıştır. Ancak hacmi çok küçük olan üreteçlerde işçilik ile gaz ölçüm ve kontrol cihazları göz ardı edilebilir. Maliyet hesabına vergi ve diğer yasal ödemeler (ÇED raporu, arazi bedeli vb.) dahil edilmemiştir.

Amortisman hesapları doğru hat amortisman yöntemine göre yapılmıştır.

$$D_T = \frac{C_0}{n} \quad (\text{Işık, 1999})$$

DT- t yılı sonundaki izin verilen amortisman değeri (Euro/yıl)

C0- Malın yenisinin şimdiki satın alma bedeli (Euro)

n- söz konusu malın ekonomik ömrü (yıl)

Doğru hat amortisman hesaplamasında kullanmak üzere makine ekonomik ömürleri 20 yıl, yapı ekonomik ömürleri 50 yıl kabul edilmiştir (Işık, 1999).

Faiz giderlerinin hesaplanmasında (Sındır, 1999; Çanakçı ve Akıncı, 1998; Işık, 1988);

$$I_r = \frac{SAB + HD}{2} \times i$$

I_r- faiz gideri (TL/yıl),

SAB- faiz gideri hesaplanan değerın satın alma bedeli (TL)

HD- faiz gideri hesaplanan değerın hurda değeri

$$i = \frac{I_n - I_e}{1 + I_e}$$

i-gerçek faiz değeri, ondalık

I_n- nominal veya piyasa faiz değeri, ondalık

I_e- genel enflasyon oranı, ondalık

eşitlikleri kullanılmıştır.

Nominal ve piyasa faiz oranları ile genel enflasyon değerleri Türkiye için 1994-2004 yılları arasındaki değerlerin ortalamaları alınarak kullanılmıştır (Anonim, 2004a; Anonim, 2004b).

Ürün maliyetlerinin hesaplanmasında;

$$\text{Birim ürün maliyeti} = \frac{\text{Üretim masrafları toplamı}}{\text{Ürün miktarı}}$$

(Erkuş vd., 1995) eşitliği kullanılmıştır.

Üretim masrafları içerisinde toplam değişken ve sabit giderler değerlendirilmiştir. Hesaplamalarda Euro ve Türk Lirası arasındaki değişimlerde 1Euro için 1620000 TL paritesi kullanılmıştır.

Yıllık elde edilebilecek enerji üretilen yıllık metan miktarı kullanılarak hesaplanmıştır. Toplam metan miktarı metanın ısı değeri olan 9,75 kW/m³ ile çarpılmış, daha sonra gaz motoru ve jeneratör dönüşüm oranı olan 0,35 ile çarpılarak yıllık elektrik enerjisi üretim miktarı bulunmuştur. Enerji miktarına toplam tüketilen biyogazın % 10'u olmak üzere dizel yakıt değeri de eklenmiştir.

Toplam sabit yatırım bedelinin ekonomik ömür olan 20 yılda üretilecek toplam elektrik enerjisi miktarına bölümü özgül enerji yatırım miktarı (Euro/kWh_{yatırım}), üretim masrafları toplamının yıllık enerji üretim miktarına bölümü ise özgül enerji üretim maliyeti (Euro/kWh_{üretim}) olarak adlandırılmıştır.

Hesaplamalarda bekleme süresi 20 gün, jeneratör çalışma saati 18 h/d olarak dikkate alınmıştır.

SONUÇLAR

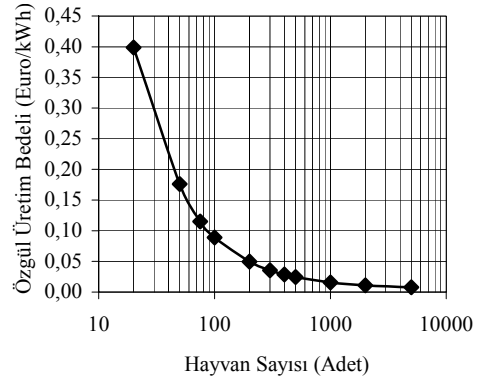
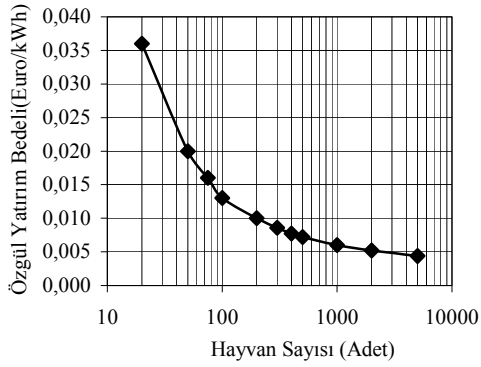
Farklı materyaller için farklı büyüklüklerde kurulacak biyogaz tesisleri için yatırım ve işletme giderleri ile ekonomik ömürleri dikkate alınarak hesaplanan üretim maliyetleri farklı materyaller için tablo 1,2,3 ve 4'de görülmektedir. Hesaplamalarda farklı hayvan cinsleri için eşit büyükbaş hayvan birimi (BHB) değil, olabilecek işletme büyüklükleri dikkate alınmıştır. Dolayısıyla maliyetlerin karşılaştırılmasında hayvan cinsleri arasında herhangi bir değerlendirme yapmak olanaklı değildir. Çalışmanın amacı materyaller arasında bir yatırım ve üretim maliyetlerinin karşılaştırılması değil, farklı büyüklükteki işletmeler için maliyet hesaplamasıdır.

Tablo 1: Sığır Gübresi Kullanan Bir Biyogaz Tesisinin Yatırım Ve Üretim Maliyeti

Hayvan sayısı	Adet	20	50	75	100	200	300	400	500	1000	2000	5000
Üreteç hacmi	m ³	20	51	76	102	205	307	410	512	1025	2051	5129
Üreteç maliyeti	Euro	8057	11401	13671	15697	12516	28236	33342	38034	57974	89628	161655
Jeneratör maliyeti	Euro	936	2342	3513	4684	9369	14053	18738	23422	46845	93691	234277
Cihaz maliyeti	Euro	4280	4280	4280	4280	4280	4280	4280	4280	4280	4280	4280
Toplam Maliyet	Euro	13273	18023	21464	24661	26165	46569	56360	65736	109099	187599	400212
İşletme maliyeti	Euro/yıl	5978	5978	5978	5978	5978	5978	5978	5978	5978	5978	5978
Toplam yıllık gelir	Euro/yıl	1672	4182	6273	8364	16728	25093	33457	41822	83644	167228	418221
Toplam yıllık gider	Euro/yıl	7214	7571	7829	8068	8931	9712	10446	11149	14401	20289	36231
(Gelir-gider)	Euro	-5542	-3389	-1556	296	7797	15381	23011	30673	69243	146939	381990
Özgül enerji yatırım bedeli	Euro/kWh	0,0360	0,0200	0,0160	0,0130	0,010	0,0086	0,0077	0,0072	0,0060	0,0052	0,0044
Özgül enerji üretim bedeli	Euro/kWh	0,3990	0,1760	0,1150	0,0890	0,0494	0,0358	0,0290	0,0246	0,0159	0,0112	0,0080
Özgül yatırım bedeli	Euro/BHB	663,7	360,5	286,2	246,6	180,8	155,2	140,9	131,5	109,1	93,8	80,0

Siğir işletmelerinde hesaplamada dikkate alınan tesis teknik düzeyine göre 100 adet hayvandan daha küçük işletmelerde ekonomik bir üretimin olanaksız olduğu anlaşılmaktadır. Özgül yatırım bedeli (Euro/BHB) ve özgül enerji yatırım bedeli üreteç

hacminin artmasıyla birlikte doğal olarak azalmaktadır. Enerji üretim bedeli artan üreteç hacmiyle ters orantılı olarak azalırken 100 BHB ve daha büyük işletmelerde üretilen elektrik enerjisi üretim bedeli günümüzdeki elektrik enerji bedelinden daha ucuza mal olmaktadır



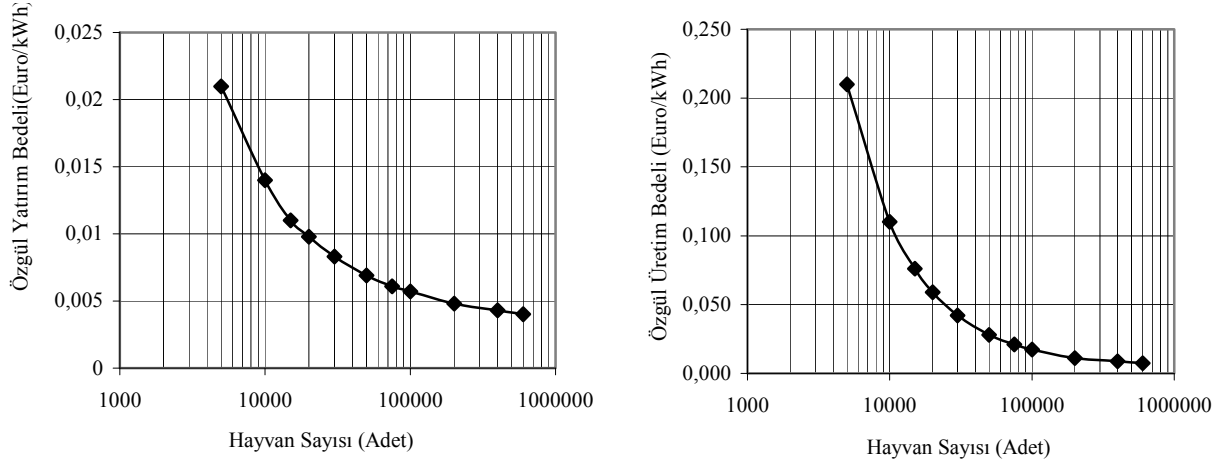
Şekil 1: Siğir Gübresi İçin Biyogaz Tesisinde Enerji Özgül yatırım ve Üretim Bedeli

Tablo 2: Tavuk Gübresi Kullanan Bir Biyogaz Tesisinin Yatırım Ve Üretim Maliyeti

Hayvan sayısı	Adet	5000	10000	15000	20000	30000	50000	75000	100000	200000	400000	500000
Üreteç hacmi	m ³	27	53	80	106	160	266	399	532	1064	2128	3192
Üreteç maliyeti	Euro	8810	11585	13912	15989	19683	26010	32815	38888	59331	91811	118999
Jeneratör maliyeti	Euro	1805	3610	5416	7221	10932	18053	27080	36107	72215	144431	216647
Cihaz maliyeti	Euro	4280	4280	4280	4280	4280	4280	4280	4280	4280	4280	4280
Toplam Maliyet	Euro	14895	19475	23608	27490	34895	48343	64175	79275	135826	240522	339926
İşletme maliyeti	Euro/yıl	5978	5978	5978	5978	5978	5978	5978	5978	5978	5978	5978
Toplam yıllık gelir	Euro/yıl	3223	6447	9670	12894	19341	32235	48353	64471	128943	257886	386830
Toplam yıllık gelir (Gelir-gider)	Euro	-4113	-1232	1681	4613	10513	22390	37322	52306	112537	233630	349117
Özgül enerji yatırım bedeli	Euro/kWh	0,0210	0,0140	0,00110	0,0098	0,0083	0,0069	0,0061	0,0057	0,0048	0,0043	0,0040
Özgül enerji üretim bedeli	Euro/kWh	0,210	0,1100	0,0760	0,0590	0,0420	0,0280	0,0211	0,0174	0,0110	0,0087	0,0075
Özgül yatırım bedeli	Euro/BHB	744,8	436,9	393,5	343,6	290,0	241,7	213,9	198,2	169,8	150,3	141,6

Tavuk gübresi için 15000 ve daha fazla hayvana sahip işletmelerde biyogaz tesisi kurulması ekonomik olmaktadır. Yatırım bedeli ve özgül enerji yatırım bedeli hayvan sayısının artmasıyla azalırken, elektrik

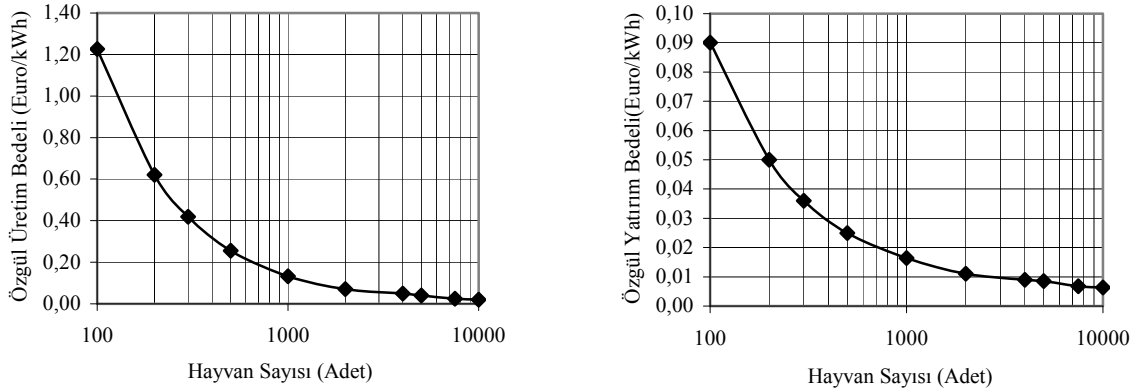
enerjisi üretim bedeli yine 15000 ve daha fazla hayvana sahip işletmelerde günümüz koşullarında ekonomik olmaktadır.



Şekil 2: Tavuk Gübresi için Biyogaz Tesisinde Enerji Özgül yatırım ve Üretim Bedeli

Tablo 3: Koyun Gübresi Kullanan Bir Biyogaz Tesisinin Yatırım Ve Üretim Maliyeti

Hayvan sayısı	Adet	100	200	300	500	1000	2000	4000	5000	7500	10000
Üreteç hacmi	m ³	5	10	16	26	52	104	208	260	390	520
Üreteç maliyeti	Euro	5678	6613	7397	8740	11473	15811	22698	25683	32325	38368
Jeneratör maliyeti	Euro	295	590	886	1476	2953	5907	11814	14767	22151	29535
Cihaz maliyeti	Euro	4280	4280	4280	4280	4280	4280	4280	4280	4280	4280
Toplam Maliyet	Euro	10253	11483	12563	14486	18706	31905	38792	44730	58816	71883
İşletme maliyeti	Euro/yıl	5978	5978	5978	5978	5978	5978	5978	5978	5978	5978
Toplam yıllık gelir	Euro/yıl	527	1054	1582	2636	5273	10547	15820	21094	39552	52736
Toplam yıllık gider	Euro/yıl	6988	7080	7161	7306	7622	8169	8663	9128	10630	11633
(Gelir-gider)	Euro	-6461	-6026	-5579	-4670	-2349	2378	7157	11966	28922	41103
Özgül enerji yatırım bedeli	Euro/kWh	0,0900	0,0500	0,0360	0,0250	0,0164	0,0110	0,0090	0,0085	0,0068	0,0063
Özgül enerji üretim bedeli	Euro/kWh	1,2260	0,6210	0,4190	0,2560	0,1330	0,0710	0,0500	0,0400	0,0240	0,0200
Özgül yatırım bedeli	Euro/BHB	1025,4	574,2	418,8	289,9	187,1	129,9	81,5	77,6	78,4	72,2



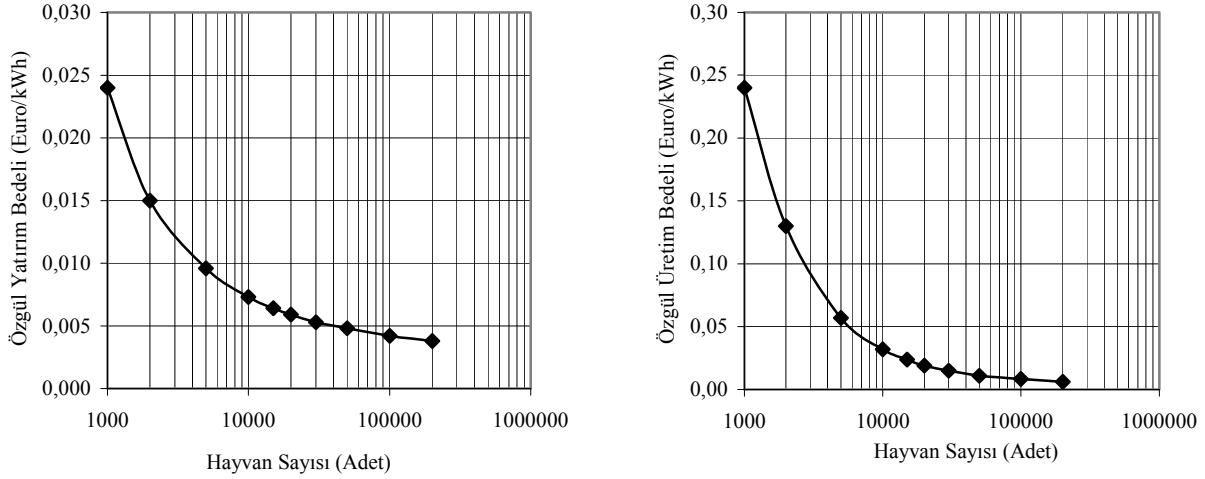
Şekil 3: Koyun Gübresi için Biyogaz Tesisinde Enerji Özgül yatırım ve Üretim Bedeli

Tablo 4: Hindi Gübresi Kullanan Bir Biyogaz Tesisinin Yatırım Ve Üretim Maliyeti

Hayvan sayısı	Adet	1000	2000	5000	10000	15000	20000	30000	50000	100000	200000
Üreteç hacmi	m ³	22	44	111	222	337	444	666	1110	2220	4440
Üreteç maliyeti	Euro	8280	10743	16347	23548	29589	34980	44568	60992	94419	147479
Jeneratör maliyeti	Euro	1509	3019	7549	15099	22649	30199	45298	75498	150996	301992
Cihaz maliyeti	Euro	4280	4280	4280	4280	4280	4280	4280	4280	4280	4280
Toplam Maliyet	Euro	14069	18042	28176	42927	56518	69459	94146	140770	249695	453751
İşletme maliyeti	Euro/yıl	5978	5978	5978	5978	5978	5978	5978	5978	5978	5978
Toplam yıllık gelir	Euro/yıl	2696	5392	13480	26960	40441	53921	80882	134804	269608	539217
Toplam yıllık gider	Euro/yıl	7274	7572	8332	9438	10458	11428	13280	16777	24946	40250
(Gelir-gider)	Euro	-4578	-2180	5148	17522	29983	42493	67602	118027	244662	498967
Özgül enerji yatırım bedeli	Euro/kWh	0,0240	0,0150	0,0096	0,0073	0,0064	0,0059	0,0053	0,0048	0,0042	0,0038
Özgül enerji üretim bedeli	Euro/kWh	0,2400	0,1300	0,0570	0,0320	0,0240	0,0190	0,0150	0,0110	0,0085	0,0060
Özgül yatırım bedeli	Euro/BHB	787,9	505,2	315,6	240,4	209,6	194,5	175,7	157,7	139,8	127,1

Koyun gübresi için kurulacak biyogaz tesislerinde 2000 ve daha fazla hayvana sahip işletmelerde ekonomik bir üretim söz konusu olmaktadır. Hindi

gübresinde ise 5000 hayvan ve daha büyük işletmelerde çalışmada kabul edilen teknik düzeye göre ekonomik bir üretim yapılabilmektedir.



Şekil 4: Hindi için Biyogaz Tesisinde Enerji Özgül yatırım ve Üretim Bedeli

TARTIŞMA

Çalışmada yatırım masraflarının hesaplanmasında gazın miktar ve içeriğini ölçmek için öngörülen cihazlar 4280 Euro, işletme masrafları içerisinde yer alan 5978 Euro/yıl tutarındaki işçilik masrafları küçük tesisler için dikkate alınmayabilir. Bu durumda ekonomik işletme sınırı değişecektir.

Hesaplamalarda kullanılması olası komateryal de dikkate alınmamıştır. Oluşturulan çalışma sayfasında bulunmasına karşın komateryal seçeneği fazlalığı nedeniyle bu çalışmaya dahil edilmemiştir. Komateryal kullanılması durumunda gaz üretimi artacağı için üretim masraflarında azalma, buna karşın materyal hazırlığı için gereken bazı makinelerin satın alınması nedeniyle yatırım masraflarında artma görülecektir. Ancak buna rağmen komateryal kullanılmasının tesisin ekonomik işletilmesi üzerinde olumlu etkiye sahip olduğu yapılan çalışmalarla kanıtlanmıştır (Öchsner, Knebelspiess)

Fermentasyon sonrası materyalin kuru madde miktarının artırılarak bitki besin maddesi ve toprak düzenleyicisi olarak değerlendirilmesi mümkündür. Bu işlemle için belirli bir yatırım gerekliliği olsa da gelir elde edileceği bilinmektedir. Hesaplamalarda bu da dikkate alınmamıştır. Materyalin işletme içerisinde bitkisel üretimde kullanılması işletmenin gübreleme masraflarını azaltacağı da dikkate alınmalıdır.

Çalışmada elde edilen sonuçlar ve yaklaşımlar büyük tarımsal ve gıda sanayi işletmeleri için biyogaz tesislerinin ekonomik olduğunu ispatlamaktadır. Bunun dışında ülkemiz özel koşullarında organik gübre kullanımının azlığı düşünülürse biyogaz tesislerinin yaygınlaşması bu eksikliği de giderecektir. Bundan dolayı ülke ekonomisine sağlanacak maddi gelir de hesaplanmalıdır.

LİTERATÜR LİSTESİ

- Anonim, 2003. Tübitak, Vizyon 2023 Teknoloji Öngörüsü Projesi, Enerji ve Doğal Kaynaklar Paneli, Ön Rapor, Ankara.
- Anonim, 2004a. T.C.Devlet İstatistik Enstitüsü. . <http://www.die.gov.tr>. Web sayfasına giriş tarihi; 18/03/2004.
- Anonim, 2004b. T.C. Merkez Bankası. <http://www.tcmb.gov.tr>. Web sayfasına giriş tarihi; 18/03/2004.
- Çanakçı, M. ve Akıncı, İ., 1998. Antalya Bölgesinde Ekim ve Gübreleme Mekanizasyonuna Ait İşletme Giderlerinin Belirlenmesi. Akdeniz Üniv., Ziraat Fakültesi Dergisi 11: 63-74.
- Erkuş, A., Bülbül, M., Kırıl, T., Açı, F. ve Demirci, R., 1995. Tarım Ekonomisi. Ankara Üniversitesi Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No:5, Ankara.
- Işık A., 1988. Sulu Tarımda Kullanılan Mekanizasyon Araçlarının Optimum Makina ve Güç Seçimine Yönelik İşletme Değerlerinin Belirlenmesi ve Uygun Seçim Modellerinin Oluşturulması Üzerinde Bir Araştırma (Yayınlanmamış Doktora Tezi), Ç.Ü. F.B.E., Tarımsal Mekanizasyon ABD, S: 210, Adana.
- Işık, A., 1999. Mühendislik Ekonomisi. Bizim Büro Basımevi, Kütahya.
- Öchsner, H. und Knebelspiess, M., 2002. Ermittlung des Investitionsbedarf und der Verfahrenskosten von Landwirtschaftlichen Biogasanlagen. KTBL-Sonderveröffentlichungen No. 036.
- Sındır K. O., 1999. Tarımda Makina Seçimi ve Ortak Kullanım Modelleri. T. C. Başbakanlık, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü. Yayın No: 110, S.91, Ankara