

Biyogaz Enerji Tesisi için Hedef Programlama ile Yer Seçimi Problemi

Onur DERSE*1

¹Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 01260, Adana

(Alınış / Received: 18.08.2017, Kabul / Accepted: 25.04.2018, Online Yayınlanma / Published Online: 23.05.2018)

Anahtar Kelimeler

Biyogaz enerji,
Hedef programlama,
Tesis yeri seçimi,
Yenilenebilir enerji

Özet: Dünyada hızla artan nüfus ile birlikte enerji ihtiyacı da artmaktadır. Bu durum doğal ve yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ihtiyacı ortaya çıkarmaktadır. Bu kaynaklardan birisi de biyogaz enerji kaynağıdır. Biyogaz enerji kaynağı birçok farklı organik maddeden elde edilebilmektedir, bu da birçok farklı çevrede üretilebilmesini ve farklı ortamlarda işlenebilmesini mümkün kılmaktadır. Bu çalışmada, biyogaz enerjisi için yer seçimi problemi incelenmektedir. Problemde, hayvan cinsi sayıları, hayvan cinsine göre atık değerleri, hayvan cinslerinden elde edilen biyogaz miktarları, tarım alanları, tarım alanlarından ortaya çıkan atık miktarları ve tarım alanları atıklardan elde edilen biyogaz enerji miktarları, evsel atıkların miktarları ve evsel atıklardan elde edilen biyogaz enerji miktarları gibi kalemler ele alınmaktadır. Ayrıca devletin sağladığı enerji destekleri ve bölgelere göre tesis açma ve depo açma maliyetleri de problemde ele alınmaktadır. Problem, GAMS yazılımında hedef programlama yaklaşımı ile formüle edilerek çözümlenmektedir. Çalışma sonunda, en uygun yer seçimi sonuçları elde edilmektedir.

Facility Location Selection Problem for Biogas Energy Plant by Goal Programming

Keywords

Biogas energy,
Goal programming,
Facility location selection,
Renewable energy

Abstract: Energy demand has increased by rapidly increasing population in the world. This situation brings out the need for natural and renewable energy sources. One of these sources is biogas energy source. Biogas energy source can be obtained from many different organic materials, which makes it possible to be produced and processed in different environments. In this study, the problem of facility location selection for biogas energy is examined. In the problem, numbers of animal species, waste values according to animal species, biogas amounts obtained from animal species, agricultural lands, waste amounts from the agricultural lands and amounts of biogas energy from the wastes obtained from agricultural land, amounts of domestic wastes and amounts of biogas energy obtained from domestic wastes are considered. In addition, energy supports provided by the government and the costs of opening facility and warehouse according to the regions are also covered. The problem is formulated with goal programming approach in GAMS software and solved. The most optimum location selection results are presented at the end of the study.

1. Giriş

Günümüzde artan nüfus ve tüketici gereksinimlerindeki değişimler neticesinde çevre kirliliği ve enerji ihtiyaçları artmakta ve bunlara bağlı olarak kaynaklar gün geçtikçe azalmaktadır. Bu durum doğal kaynakların kullanımını ve dolayısıyla yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji kaynaklarının önemini arttırmaktadır.

Son dönemlerde, tedarik zincirinin akışını optimize ederek işletmelerde karı sağlamak için biyogaz ve biyoenerji çalışmaları artmaktadır [1]. Biyogaz enerjisi, hayvan gübreleri ve bitki atıkları gibi organik maddelerin havasız ortamlarda bakteriler tarafından bozunması ile ortaya çıkmaktadır [2]. Tarım bölgelerinde ve hayvan çiftliklerinde, atık biyokütlelerin anaerobik olarak beraber sindirimiyle biyogaz üretimi, tarım sanayisi ve hayvancılık atıklarından faydalanabilmek için sürdürülebilir bir

*İlgili yazar: oderse@cu.edu.tr

yapı oluşturmakta ve bu yapı bölgelerin kârlarını arttırmayı sağlamaktadır [3].

Biyogaz, hayvan gübreleri ve bitki artıkları dışında, tarım artıkları, endüstriyel kalıntılar ve katı atıklar gibi büyük oranda organik kalıntıların varlığı düşünüldüğünde, fosil yakıtlara yenilenebilir bir doğal alternatif sunmaktadır [4]. Çevremizde birçok farklı organik yapının işlenmesinin mümkün kılınması ile hem çevredeki atıl olan atıklar yok olacak hem de çevre zararı en aza indirilmiş olacaktır.

Biyogazın bileşimi metan ve karbondioksittir. Bu enerji kaynağını; ısı enerjisi, yakıt enerjisi ve elektrik enerjisi olarak da kullanmak mümkündür [2].

Biyogaz tesisleri zamanla sanayi ve şehirsal atıkları da işleme potansiyelini elde etmişlerdir. Dünyada farklı tiplerde biyogaz tesisleri mevcuttur. Bu tesisler, iklim ve ekonomik durumlar gibi farklı şartlar altında değişik organik maddelerle üretim yapabilecek durumdadırlar [5]. Farklı tipteki biyogaz enerji tesisleri sayesinde kırsal ve kentsel alanlara uyum sağlayabilecek nitelikte tesisler geliştirilebilmektedir. Kentsel bölgelerde üretim çiftlikleri atıkları, evsel atıkların çokluğu ve sanayi bölgelerinden elde edilen atıklar bu bölgelerde biyogaz tesislerinin kurulmasında önemli derecede rol oynamaktadır; ancak kırsal bölgelerde hayvan yetiştiriciliği ve tarım arazilerinin yakınlarında kurulan biyogaz tesisleri kırsal bölgenin enerji zorluklarını yenmesine yardımcı olarak, önemli bir katkı sağlayacaktır.

Bir biyogaz tesisinin boyutu ve yeri kesinlikle ortam özellikleri ve mevcut durumlarına bağlıdır. Lojistik yapısı, kurulması planlanan biyogaz tesisinin doğru büyüklüğünü ve maksimum karlılığını sağlamak için optimize edilmelidir [3].

Türkiye enerji tüketiminde ihtiyacının %60'ını ithalatla karşılaması, sınırlı fosil kökenli yakıt rezervlerine sahip olması ve enerjide dışa bağımlı olması nedeniyle yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelime zorunlu olmaktadır [6]. Dolayısıyla tesis sayısının artması fosil enerji kaynağına olan ihtiyacı düşürecektir [5]. Bu ihtiyaç düşüşü de çevre kirliliğinin önüne geçilmesine yardımcı olabilecektir. Günümüzde çevre kirliliğinin nedenlerinden olan fosil kaynak kullanımının azaltılması ve yenilenebilir kaynaklara yöneliminin artırılması daha temiz bir çevre için önemlidir. Ayrıca, bu durumun az maliyetle yapılabilmesi de yenilenebilir enerji kullanım alanlarına olan yönelimde hızlı bir artış sağlayabilecektir.

Türkiye'de artan nüfus ve sanayi yapıları enerji ihtiyacına olan ihtiyacı gün geçtikçe arttırmaktadır. Buna karşın Türkiye hayvan sayısı, geniş tarım arazileri ve sanayi bölge varlıklarıyla önemli bir biyoenerji potansiyeline sahip bir bölgedir.

Biyogaz tesisleri sadece biyogaz üretmek için değil, aynı zamanda ürün verimini arttırmak için de kullanılmaktadır. Biyogaz enerjisinin elde edilmesinin ardından zenginleştirilmiş şekilde organik gübre de ortaya çıkmaktadır [7]. Bu zenginleştirilmiş gübre ile tarımsal alanlarda daha verimli işlemler gerçekleştirilebilir.

Koçer ve Ünlü [8]'ye göre Türkiye'de yılda 50-65 MTEP (milyon ton eşdeğer petrol) tarımsal atık ve 11,05 MTEP hayvansal atık mevcuttur; ancak bu atıkların %60'ı enerji üretimi için değerlendirilebilmektedir. Koçer ve Ünlü [8]'nin çalışmasında belirtilen Doğan (2000)'e göre tarımsal ve hayvansal atıklar sayesinde kazanılan enerji Türkiye'de yıllık enerji tüketim ihtiyacının %22-27'ine eşittir. Ancak TÜİK verilerine göre 2005 yılında Türkiye'deki elektrik enerjisi ve üretimi payları içinde kullanılan yenilenebilir enerji ve atıklar Türkiye'nin enerji ihtiyacının %0,3'ünü karşılarken 2015 yılında bu oran %6,5'a kadar çıkabilmiştir [9]. Bu oran artışı yenilenebilir enerji kaynak kullanımının yıllar içinde arttığını fakat henüz yeterli olmadığını göstermektedir.

2. Metot

Araştırmanın, i adet farklı şehir üzerinde gerçekleştiği ve bu şehirlerde var olan; büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvanların gübresi olmak üzere h farklı hayvanın organik atık maddeleri, bu şehirlerde var olan; tarımsal atık ve evsel atık olmak üzere b farklı organik atık maddeleri ele alınmaktadır. Bu çalışmada il, hayvan ve evsel atık indislerinin dışında problem tanımında bahsedilen girdi parametreleri ve karar değişkenleri de kullanılmaktadır. Problem, GAMS yazılımında hedef programlama yaklaşımı ile formüle edilerek etkin bir çözüm ile en uygun yer seçimi sonuçları elde edilebilmektedir.

2.1. Problemin tanımı

Problemde; hayvan cinsi sayıları, hayvan cinsine göre atık değerleri, hayvan cinslerinden elde edilen biyogaz miktarları, tarım alanları, tarım alanlarından ortaya çıkan atık miktarları ve tarım alanları atıklardan elde edilen biyogaz enerji miktarları, evsel

atıkların miktarları ve evsel atıklardan elde edilen biyogaz enerji miktarları gibi kalemler ele alınmaktadır. Ayrıca devletin sağladığı enerji destekleri, bölgelere göre tesis açma ve depo açma maliyetleri ve toplam açılacak tesis sayısı da problemde ele alınmaktadır. Problem, hedef programlama maliyetlerin minimize edilmesi ve elde edilen biyogaz enerjisi miktarının maksimum olması amaçlanarak hedef programlama yaklaşımı ile formüle edilmektedir.

İndisler

i	<i>il indisi</i>
h	<i>hayvan indisi</i>
b	<i>atık indisi</i>

Girdiler

$a(h,i)$	<i>i. ilin h. hayvan sayısı</i>
$ax(h)$	<i>h. hayvandan bir yılda üretilen gübrenin kg cinsinden miktarı</i>
$ay(h)$	<i>h. hayvandan elde edilen gübreden elde edilebilecek birim biyogaz enerjisi</i>
$az(h)$	<i>h. hayvan gübresinin işlenmesi maliyeti</i>
$d(b,i)$	<i>i. ildeki b. atık miktarı</i>
$dy(b)$	<i>b. atıktan elde edilen ortalama biyogaz enerjisi</i>
$dz(b)$	<i>b. atığının işlenmesi maliyeti</i>
$m(i)$	<i>i. ilde depo açma maliyeti</i>
$t(i)$	<i>i. ilde tesis açma maliyeti</i>
$g(i)$	<i>i. ilde tesis açılması durumundaki devlet desteği</i>
p	<i>açılacak tesis sayısı</i>
$CP1$	<i>kullanıcı tercihli ceza puanı</i>
$CP2$	<i>kullanıcı tercihli ceza puanı</i>
$CP3$	<i>kullanıcı tercihli ceza puanı</i>

Karar Değişkenleri

$$y(i) = \begin{cases} 1 & \text{eğer } i. \text{ şehirde tesis olacaksa,} \\ 0 & \text{aksi halde.} \end{cases}$$

$y(i)$ ikili (0,1) değişkeni tesis açılma durumunda 1 olurken, aksi halde 0 olmaktadır.

d_1^+	<i>Hedef2 denklemi için hedeften sapan değer</i>
d_1^-	<i>Hedef2 denklemi için hedeften sapan değer</i>
d_2^+	<i>Hedef1 denklemi için hedeften sapan değer</i>

Amaç Fonksiyonu

z amaç fonksiyonu değeri

$$Z = d_1^+ + d_1^- + d_2^+ \quad (1)$$

Denklemler

$$\begin{aligned} \text{hedef1} &= \sum_i^I \sum_h^H a_{hi} * ax_h * az_h * y_i \\ &+ \sum_i^I \sum_b^B d_{bi} * dz_b * y_i \\ &+ \sum_i^I \sum_h^H a_{hi} * ax_h \\ * m_i * y_i &+ \sum_i^I \sum_b^B d_{bi} * m_i * y_i + \sum_i^I y_i * t_i \\ * g_i &= d_2^+ \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \text{hedef2} &= \sum_i^I \sum_h^H a_{hi} * ax_h * ay_h \\ &+ \sum_i^I \sum_b^B d_{bi} * dy_b \\ &= d_1^+ - d_1^- \end{aligned} \quad (3)$$

$$\text{tesissayısı} = \sum_i^I y_i = p \quad (4)$$

$$d_1^+, d_1^-, d_2^+ \geq 0 \quad (5)$$

(1). denklemdeki formülasyondaki amaç fonksiyonu hedef1 ve hedef2 denklemleri gözetilerek en uygun ve en etkin yer seçimi çözümünü vermesi amaçlanmaktadır. (2). denklemdeki, 1. kalem hayvan gübresinin işlenmesi maliyetini ve 3. kalem hayvan gübresinin depolanması maliyetini, 2. kalem tarımsal ve evsel atıkların işlenmesi maliyetini ve 4. kalem tarımsal ve evsel atıkların depolanması maliyetini, 5. kalem ise tesis yeri açma maliyetini ele almaktadır. Depo değişkenlerinin ($m(i)$) yanında tesis değişkenlerinin yer alma nedeni ise tesis açılma kararı verilecekse depo açılma kararı verileceğini göstermek içindir. (2). denklemin amaç fonksiyonundaki d_2^+ değeri olarak etkisi; işlenme, depolama ve tesis açma maliyetlerini minimuma götürmektir. (3) denklemdeki 1. kalem hayvan gübresinden elde edilen biyogaz enerjisi miktarını, 2. kalem ise bitki atığı ve evsel atıktan elde edilen biyogaz enerjisi miktarını göstermektedir. Bu denklemlerdeki d_1^+ ve d_1^- değerlerinin etkisi; elde edilen biyogaz enerjisi miktarının maksimum olmasını sağlamaktır. (4). denklemdeki formülasyon ise seçilecek olan toplam tesis sayısını göstermektedir. (5). denklemdeki d_1^+ , d_1^- ve d_2^+ değişkenlerinin 0 ve 0'dan büyük sayılar olduğunu göstermektedir.

3. Bulgular

Bu çalışmada belirlenen ve kullanılan veriler Tablo 1. de verilmektedir. Tablo 1. de yer alan ve çalışmada kullanılan verilerden i indisi olarak 30 adet il Türkiye'deki büyükşehir belediyeleri olarak ele alınmaktadır. Her i . ilin hangi büyükşehir belediyesine karşılık geldiği tabloda gösterilmektedir. h , hayvan indisinde büyükbaş hayvanlar, küçükbaş hayvanlar ve kanatlı hayvanlar TÜİK 2016 verileri kullanılarak ele alınmaktadır [10]. Büyükbaş hayvan olarak 2016 TÜİK verilerindeki yerli sığırı, kültür sığırı, melez sığırı ve manda hayvanlarının toplam sayıları kullanılmaktadır. Küçükbaş hayvan olarak 2016 TÜİK verilerindeki yerli koyun, merinos koyun, kıl keçisi ve tiftik keçisi hayvanlarının toplam sayıları kullanılmaktadır. Kanatlı hayvan olarak ise 2016 TÜİK verilerindeki et tavuğu ve yumurta tavuğu hayvanlarının toplam sayıları kullanılmaktadır. b , atık indisinde ise tarım alanları ve belediye evsel atıkları kullanılmaktadır. Tarım alanlarına TÜİK 2016

verilerinden illere göre tarım alanları bölmesinden ulaşılmaktadır [11]. Evsel atıklara ise 2014 TÜİK belediye atık istatistiklerinden atık hizmeti verilen belediye sayısı, nüfusu ve toplanan ortalama atık miktarı bölmesinden ulaşılmaktadır [12].

Tablo 1. deki $t(i)$ değişkeni i . ilde tesis açma maliyetini vermektedir. $m(i)$ değişkeni ise i . ilde tesis kurulma kararı verilmişse i . ilde açılacak olan depo açma maliyetini göstermektedir.

Tablo 2'de devlet desteği değişkeni $g(i)$ 'nin il bazında sağlanan destek oranı görülmektedir. Örneğin, $g(i)$ değişkeni 0,7 ise sağlanan devlet desteği %30'dur.

Tablo 3. de gösterilen bir hayvanın yıllık ortalama gübre miktarı $ax(h)$ ve bir kg gübreden elde edilebilecek olan biyogaz enerji katsayısı $ay(h)$ verileri Akbulut ve Dikici [13]'nin çalışmasında belirtilen Deniz (1987)'nin çalışmasına göre alınmaktadır. Tablo 3. de belirtilen diğer değişkenler

Tablo 1. Çalışmada Kullanılan Veriler

(i)	Büyük Şehir Bld.	Büyükbaş	Küçükbaş	Kanatlı	Tarım Alanları	Evsel Atık	$t(i)$	$m(i)$
1	01 Adana	216358	638280	4212933	4917925	667480	5000000	650000
2	06 Ankara	358292	1183522	13979781	12056242	2059306	8500000	1105000
3	07 Antalya	160946	1141951	485855	3652475	1015827	4000000	520000
4	09 Aydın	340599	304197	3500737	3649429	431480	2800000	364000
5	10 Balıkesir	512487	991521	30608104	4132560	536379	1900000	247000
6	16 Bursa	186145	441859	11121576	3005318	1010853	5500000	715000
7	20 Denizli	242389	588517	4261076	3608075	360924	3500000	455000
8	21 Diyarbakır	388250	1280990	630915	5894229	566687	2500000	325000
9	25 Erzurum	650963	705953	141560	3460758	178669	2750000	357500
10	26 Eskişehir	131459	765014	4317588	5717208	271520	4500000	585000
11	27 Gaziantep	169827	487930	3136050	3544783	584017	6100000	793000
12	31 Hatay	124504	332005	1014042	2435124	392670	4000000	520000
13	33 İçel (Mersin)	101833	1296313	17933788	3823003	637356	4500000	585000
14	34 İstanbul	82169	111319	2219360	729773	6064688	9000000	1170000
15	35 İzmir	575579	823771	19229328	3274383	1659986	8000000	1040000
16	38 Kayseri	291056	647070	3684271	5940939	416541	5500000	715000
17	41 Kocaeli	109032	101005	8462690	824919	573414	6500000	845000
18	42 Konya	752533	2088454	12419381	19600279	788506	4200000	546000
19	44 Malatya	136149	285991	3376495	2867240	263673	3750000	487500
20	45 Manisa	207603	907551	38782447	4931399	619131	6100000	793000
21	46 K.maraş	178194	659267	1112173	3451827	308752	5000000	650000
22	47 Mardin	106609	966545	1024100	3137931	300087	4990000	458700
23	48 Muğla	208849	429871	771575	2334189	536462	3400000	442000
24	52 Ordu	124075	121608	465600	2537890	186064	3500000	425000
25	54 Sakarya	148739	59692	22902512	1692549	339826	5800000	754000
26	55 Samsun	314398	198941	3976546	3781166	369816	3000000	390000
27	59 Tekirdağ	140688	302399	770557	4005382	396813	5100000	344000
28	61 Trabzon	122130	126897	49059	981213	186260	3800000	494000
29	63 Şanlıurfa	236680	1784820	617460	11543201	574972	2750000	357500
30	65 Van	162728	2658215	395900	3180716	380983	2100000	273000

h. hayvan gübresinin işlenmesi maliyeti az(h), b. atıktan elde edilen ortalama biyogaz enerjisi dy(b), b. atığının işlenmesi maliyeti dz(b) değerleri sisteme Tablo 3'teki gibi girilmektedir. Ayrıca, açılacak olan tesis sayısı parametresi (p), modele 5 olarak girilmektedir.

Tablo 2. İl Bazında Devlet Desteği Değerleri Tablosu

İller	g(i)	Sağlanan Destek Oranı
1	0,7	%30
2	1	%0
3	0,7	%30
4	0,5	%50
5	0,3	%70
6	0,7	%30
7	0,3	%70
8	0,3	%70
9	0,2	%80
10	0,5	%50
11	0,8	%20
12	0,5	%50
13	0,5	%50
14	1	%0
15	1	%0
16	0,5	%50
17	0,7	%30
18	0,5	%50
19	0,3	%70
20	0,3	%70
21	0,7	%30
22	0,3	%70
23	0,2	%80
24	0,7	%30
25	0,2	%80
26	0,5	%50
27	0,6	%40
28	0,7	%30
29	0,6	%40
30	0,6	%40

Tablo 3. Bazı Değişkenlerin Değerleri Tablosu

Parametreler	Büyükbaş	Küçükbaş	Kanatlı	Tarım Alanları	Evsel Atık
ax(h)	3600	700	22		
ay(h)	33	58	78		
az(h)	5	8	10		
dy(b)				80	50
dz(b)				8	20

Model GAMS 23.5 programında formüle edilip çözüldükten sonra sonuçlar Tablo 4 ve Tablo 5'teki gibidir.

Tablo 4.'de model sonucunda hangi şehirlerde tesis açılıp açılmaması gerektiği gösterilmektedir. 0 değerleri o illerde tesis açılmadığını, 1 değerleri ise o illerde tesis açıldığını ifade etmektedir. Böylece, Tablo 4'ün sonuçlarından en uygun 5 biyogaz enerji tesis yerinin 12., 19., 24., 27., 28. iller olduğu

görülmektedir. Bu bölgelerin, Hatay, Malatya, Ordu, Tekirdağ ve Trabzon olduğu bilinmektedir. Ayrıca, çıkan amaç fonksiyonu değerinin 1.49157E+15 olduğu görülmektedir.

Tablo 4. Tesis Açılıp Açılmama Durumu

İller	Tesis Açılıp Açılmaması
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
7	0
8	0
9	0
10	0
11	0
12	1
13	0
14	0
15	0
16	0
17	0
18	0
19	1
20	0
21	0
22	0
23	0
24	1
25	0
26	0
27	1
28	1
29	0
30	0

Tablo 5.'de ise model programda çözüldükten sonra ortaya çıkan hedeften sapma değerleri görülmektedir. d_1^+ , d_1^- , d_2^+ sapma değerleri hedef1 ve hedef2 amaçlarından istenen sapmaları göstermektedir.

Tablo 5. Değerler tablosu

Hedeften Sapmalar	Değerleri
d_1^+	2.18138E+12
d_1^-	0.000
d_2^+	1.48939E+15

3.1. Duyarlılık analizi

Duyarlılık analizi modelde var olan parametrelerin sabitlenerek sadece belirli bir parametrenin değerlerin değiştirilmesi ile o parametrenin sonuç üzerindeki etkisini göstermek için yapılmaktadır.

Tablo 6. da 14. ildeki depo açma maliyetleri ile oynanarak amaç fonksiyonundaki ve tesis açılan illerin değişimleri gösterilmektedir. Başlangıçta 14

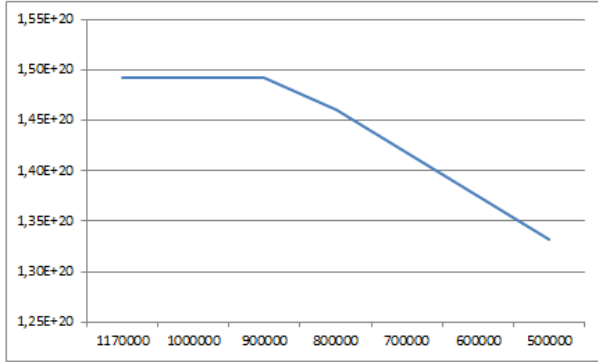
numaralı ilde tesis açılma kararı verilmezken, 14. ildeki depo açma maliyeti düşüşü sonucu tesis açma kararının verildiği görülmektedir.

Tablo 6. 14 Numaralı İlin Depo Açma Maliyetinin (m(i)) Değişiminin Sonuçlar Üzerindeki Etkisi

m(i)	Amaç Fonksiyonu Değeri	Tesis Açılan Şehirler
1170000*	1.49157E+15	12,19,24,27,28
1000000	1.49157E+15	12,19,24,27,28
900000	1.49157E+15	12,19,24,27,28
800000	1.46078E+15	12,14,24,27,28
700000	1.41784E+15	12,14,24,27,28
600000	1.37491E+15	12,14,24,27,28
500000	1.33197E+15	12,14,24,27,28

* : Başlangıçtaki Katsayı

Şekil 1. de 14 numaralı ildeki depo açma maliyetinin değişiminin toplam maliyet üzerindeki etkisi görülmektedir.



Şekil 1. 14 Numaralı İlin Depo Maliyeti Değişiminin Amaç Fonksiyonu Üzerindeki Etkisi

4. Tartışma ve Sonuç

Biyogaz enerjisi sürdürülebilir ve yenilenebilir bir doğal kaynak olması nedeniyle günümüzde kullanımı günden güne artmaktadır. Her türlü organik maddeden üretilebiliyor oluşu ve biyogaz enerjisi elde edilmesi sonucunda ortaya çıkan atığın da kullanılabilir oluşu daha fazla kullanılmasını sağlamak ve artan çevre kirliliğine karşı doğayı desteklemektedir.

Çalışmada, biyogaz enerji tesisi için en uygun yer seçimi problemi ele alınmaktadır. Öncelikle biyogaz seçim kriterleri belirlenmektedir ve bu kriterlere ait parametreler girilmektedir. Bunun yanında, matematiksel model GAMS 23.5 programında hedef programlama olarak formüle edilerek en uygun ve etkin yeri seçecek olan model geliştirilmektedir. Çalışmanın sonucunda en uygun tesis yerleri ve tesislerin optimum maliyet değerleri ortaya koyulmaktadır.

Gelecek çalışmalarda, il sayıları artırılarak daha kapsamlı bir çalışma yapılabilir. Ayrıca, hayvan değerleri detaylandırılarak tür bazında incelemeler yapılabilir.

Kaynakça

- [1] Jensen, I., G., Münster, M., Pisinger, D. 2017. Optimizing The Supply Chain of Biomass and Biogas for A Single Plant Considering Mass and Energy. *European Journal of Operational Research*, 262: 744–758.
- [2] Gülen, J., Çeşmeli, Ç. 2012. Biyogaz Hakkında Genel Bilgi ve Yan Ürünlerinin Kullanım Alanları. *EÜFBED - Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5(1): 65-84.
- [3] Zema, D., A. 2017. Planning The Optimal Site, Size, and Feed of Biogas Plants in Agricultural Districts. *Biofuels, Bioprod. Bioref*, 11: 454–471.
- [4] Kafle, G.K., Bhattarai, S., Kim, S.H., Chen, L. 2014. Effect of Feed to Microbe Ratios on Anaerobic Digestion of Chines Cabbage Waste under Mesophilic and Thermophilic Conditions: Biogas Potential and Kinetic Study. *Journal of Environmental Management*, 133: 293-301.
- [5] Sözer, S., Yıldız, O. 2006. Sığır Gübresi ve Peynir Altı Suyu Karışımlarından Biyogaz Üretimi Üzerine Bir Araştırma. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(2): 179-183.
- [6] Korkmaz, Y., Aykanat, S., Çil, A. 2012. Organik Atıklardan Biyogaz ve Enerji Üretimi. *SAÜ Fen Edebiyat Dergisi* 1.
- [7] Ghafoor, A., Rehman, T., Munir, A., Ahmad, M., Iqbal, M. 2016. Current Status and Overview of Renewable Energy Potential in Pakistan for Continuous Energy Sustainability. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60: 1332–1342.
- [8] Koçer, N.N., Ünlü, A. 2007. Doğu Anadolu Bölgesinin Biyokütle Potansiyeli ve Enerji Üretimi. *Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları*, 175-181.
- [9] http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1029 (Erişim Tarihi: 17.08.2017).
- [10] <https://biruni.tuik.gov.tr/hayvancilikapp/hayvancilik.zul> (Erişim Tarihi: 17.08.2017).
- [11] http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001 (Erişim Tarihi: 17.08.2017).
- [12] <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=18777> (Erişim Tarihi: 17.08.2017).
- [13] Akbulut, A., Dikici, A. 2004. Elazığ İlinin Biyogaz Potansiyeli ve Maliyet Analizi. *Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları*.