

**T.C.
ISPARTA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI**

**KARMA PROGRAMLAMA YÖNTEMİ KULLANILARAK
ISPARTA İLİ MERKEZİ BİYOGAZ TESİSLERİ PLANLAMA
MODELİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

Yalçın GÖNBE

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Halil İbrahim YILMAZ**

ISPARTA – 2020



© 2020 [Yalçın GÖNBE]

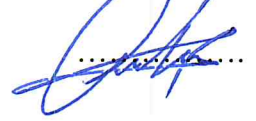
ETİK BEYANI

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak ve bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın hazırladığım bu tez çalışmasında;

Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde ve ortaya çıkan sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, tezime ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

21/07/2020

Yalçın GÖNBE



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	15
3.1. Materyal.....	15
3.1.1. Araştırma alanının konumu.....	15
3.1.2. Hayvan varlığının belirlenmesi.....	16
3.2. Planlama Modelinin Yazılması ve Sonuçlarının Elde Edilmesi.....	16
3.3. Zaman Serileri Analizi ile 2029 Yılı Hayvan Varlığının Belirlenmesi.....	21
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	23
4.1. Isparta İli Hayvancılık Verilerinin Değerlendirilmesi.....	23
4.2. Planlama Modeli İle İlgili Verilerin Değerlendirilmesi.....	25
4.2.1. Alternatif biyogaz tesisleri ile ilgili verilerin değerlendirilmesi.....	25
4.2.2. Hayvancılık ve gübre üretimi ile ilgili verilerin değerlendirilmesi.....	28
4.2.3. Taşıma mesafeleri ve katsayıları ile ilgili verilerin değerlendirilmesi.....	31
4.3. Planlama Modeli Çözüm Çıktılarının Değerlendirilmesi.....	32
4.4. Zaman Serileri Analizi ile 2029 yılı Isparta İli Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi ve İlave Biyogaz Tesislerinin Planlaması.....	41
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	48
KAYNAKLAR.....	51
EKLER.....	55
EK A. Çizelgeler.....	56
ÖZGEÇMİŞ.....	58

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KARMA PROGRAMLAMA YÖNTEMİ KULLANILARAK ISPARTA İLİ MERKEZİ BİYOGAZ TESİSLERİ PLANLAMA MODELİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Yalçın GÖNBE

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Halil İbrahim YILMAZ

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ve çeşitlendirilmesi, ülkelerin enerji politikaları içerisinde önemli bir yere sahip konularından birisidir. Fosil kaynaklarında meydana gelen azalma ile birlikte bu kaynaklardan elde edilen yakıtların çevre üzerindeki olumsuz etkileri günümüz dünyasını yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji kaynaklarında çalışmalar ve araştırmalar yapmaya yönlendirmektedir. Bitkisel ve hayvansal atıkları kullanarak biyogaz ve elektrik enerjisi üretimi, yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji kaynağı konusunda önemli alternatif olarak bilinmekte ve değerlendirilmektedir.

Yüksek lisans tezi kapsamında Isparta ilinde büyükbaş hayvanların atıkları kullanılarak üretilebilecek biyogaz ve elektrik enerjisi kapasitesi belirlenmiş ve aynı zamanda yatırım ve ulaştırma maliyeti hesaplamaları da yapılmıştır. Bu hesaplamaları yapabilmek amacıyla karma programlama yöntemi kullanılarak bölgesel merkezi biyogaz tesisleri planlama modeli geliştirilmiştir. Planlama modelinin çözümü için Lingo paket programı kullanılmıştır.

Planlama modeli sonuç çıktılarına göre; büyükbaş hayvanlardan elde edilecek olan yıllık 1 063 400 ton atığın kullanılması ile birlikte Isparta bölgesinde 42 636 755 m³ biyogaz ve 77 994.58 MW elektrik enerjisi üretiminin mümkün olduğu belirlenmiştir. Bu elde edilen hayvansal atıkların değerlendirilebilmesi amacıyla Isparta yöresinde yıllık atık işleme kapasitesi 58 400 ton, 105 000 ton ve 150 000 ton olan biyogaz tesislerinden çeşitli ilçelere 8 adet tesisin kurulması gerektiği belirlenmiştir. Bu tesislerin kurulumu için gerekli olan yatırım maliyetinin 228 085 650 TL ve yatırım geri kazanım süresinin 4.81 yıl olduğu hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Biyogaz, Hayvansal atık, Planlama modeli, Isparta

2020, 58 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

DEVELOPMENT OF THE PLANNING MODEL FOR CENTRAL BIOGAS PLANTS IN ISPARTA PROVINCE USING THE MIXED-INTEGER PROGRAMMING

Yalçın GÖNBE

**Isparta University of Applied Sciences
The Institute of Graduate Education
Department of Agricultural Structure and Irrigation**

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Halil İbrahim YILMAZ

The use and diversification of renewable energy sources is one of the issues that have an important place in the energy policies of countries. Due to the decrease in fossil resources and negative effects of fuels obtained from these resources on the environment lead the world today to conduct studies and research on renewable and sustainable energy resources. Biogas and electrical energy production using plant and animal wastes is known and utilized as an important alternative for renewable and sustainable energy sources.

Within the scope of this master's thesis, biogas and electrical energy capacity that can be produced by using the waste of bovine in Isparta province was determined and investment and transportation costs calculations were calculated accordingly. In order to make these calculations, a planning model for regional central biogas plants was developed by employing mixed-integer programming method. Lingo package program was used for the analysis of the planning model.

According to the planning model outputs; It was determined that 42 636 755 m³ biogas and 77 994.58 MW electrical energy production is possible in Isparta region with the use of 1 063 400 tons of waste to be obtained from the bovine. In order to utilize these animal wastes, it was determined that 8 plants with an annual waste treatment capacity of 58 400, 105 000 and 150 000 tons should be established in various districts of Isparta region. The investment cost required for the installation of these facilities was calculated as 228 085 650 TL and the investment recovery period as 4.81 years.

Key Words: Biogas, Animal waste, Plannig model, Isparta

2020, 58 pages

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmam boyunca desteğini ve emeğini hiçbir zaman esirgemeyen, bu çalışmayı yürütmemde sonsuz sabrı ile bana yardımcı olan tez danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Halil İbrahim YILMAZ hocama teşekkürü borç bilirim.

Tüm öğrenim hayatım boyunca hiçbir zaman benden desteklerini esirgemeyen babam Mustafa GÖNBE, annem Gülay GÖNBE ve kardeşim Alper GÖNBE'ye

Ayrıca, tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan, varlığı ile bana güç veren sevgili eşim Biyolog Hande GÖNBE'ye sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Yalçın GÖNBE
İSPARTA, 2020



ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Avrupa kıtasındaki ülkelerin biyogaz tesisi sayıları.....	3
Şekil 3.1. Araştırmanın yürütüldüğü Isparta ili ve yöresinin konumu.....	15
Şekil 3.2. Planlama modelinin lingo programına girilmesi.....	20
Şekil 3.3. Planlama modeli çözüm çıktısının alınması.....	21
Şekil 3.4. Zaman serilerini etkileyen faktörler ve eğilim çizgisi.....	22
Şekil 4.1. Model çıktı sonuçlarına göre biyogaz tesisi kurulacak ilçeler ve tesis tipleri.....	35
Şekil 4.2. Dişi hayvan grubuna ait buzağı ve danaların zaman serileri analizi...	43
Şekil 4.3. Dişi hayvan grubuna ait düvelerin zaman serileri analizi.....	43
Şekil 4.4. Dişi hayvan grubuna ait sağmalların zaman serileri analizi.....	43
Şekil 4.5. Erkek hayvan grubuna ait buzağı ve danaların zaman serileri analizi	44
Şekil 4.6. Erkek hayvan grubuna ait tosunların zaman serileri analizi.....	44
Şekil 4.7. 2029 yılı model çıktı sonuçlarına göre mevcut ve ilave biyogaz tesisi kurulacak ilçeler ve tesis tipleri.....	47

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. Isparta ili ve ilçelerinin büyükbaş hayvan varlığı.....	16
Çizelge 3.2. Alternatif biyogaz tesisi seçenekleri.....	20
Çizelge 3.3. Biyogaz tesisleri potansiyel kurulum merkezleri.....	20
Çizelge 4.1. Türkiyedeki son on yıllık büyükbaş hayvancılık verileri.....	24
Çizelge 4.2. 2019 yılı itibarıyla başlıca illerin büyükbaş hayvan varlığı.....	24
Çizelge 4.3. Isparta ili ve ilçelerinin hayvan sayıları ve grupları.....	24
Çizelge 4.4. A tipi biyogaz tesisi özellikleri.....	26
Çizelge 4.5. B tipi biyogaz tesisi özellikleri.....	26
Çizelge 4.6. C tipi biyogaz tesisi özellikleri.....	26
Çizelge 4.7. D tipi biyogaz tesisi özellikleri.....	26
Çizelge 4.8. Alternatif biyogaz tesisi seçeneklerinin kurulum maliyetleri.....	28
Çizelge 4.9. Alternatif biyogaz tesisi seçeneklerinin gelirler tablosu.....	28
Çizelge 4.10. Alternatif biyogaz tesisi seçeneklerinin giderler tablosu.....	28
Çizelge 4.11. Büyükbaş hayvanların günlük gübre üretim miktarları.....	29
Çizelge 4.12. Isparta ili dışı büyükbaş hayvanların yıllık gübre üretimleri.....	30
Çizelge 4.13. Isparta ili erkek büyükbaş hayvanların yıllık gübre üretimleri.....	30
Çizelge 4.14. 2019 yılı planlama modeli kısıt faktörleri içerisinde yer alan ilçe gübre üretim miktarları alt ve üst sınır değerleri.....	30
Çizelge 4.15. Gidiş dönüş taşıma maliyeti katsayısı değeri.....	31
Çizelge 4.16. Potansiyel biyogaz tesisi kurulum merkezleri ile gübre üretim merkezleri arasındaki yol mesafelerinin bir bölümü.....	32
Çizelge 4.17. Model sonuçlarına göre kurulması öngörülen biyogaz tesisi tipi, kapasiteleri ve sayıları.....	34
Çizelge 4.18. Isparta ili biyogaz tesisi kurulum merkezleri ve gübre dağıtım planı.....	34
Çizelge 4.19. Biyogaz tesisi tipi, kapasiteleri ve yıllık biyogaz üretimi.....	35
Çizelge 4.20. Biyogaz tesisi tipi, kapasiteleri ve yıllık elektrik enerjisi üretimleri.....	36
Çizelge 4.21. Biyogaz tesisi tipi, kapasiteleri ve toplam yatırım maliyeti.....	36
Çizelge 4.22. Biyogaz tesislerinin yıllık toplam işletme gelirleri.....	37
Çizelge 4.23. Biyogaz tesislerinin yıllık toplam gübre satışı gelirleri.....	38
Çizelge 4.24. Biyogaz tesislerinin yıllık toplam işletme giderleri.....	39
Çizelge 4.25. Biyogaz tesislerine gübre taşıma kaynaklı oluşan ulaştırma masrafları.....	39
Çizelge 4.26. Biyogaz tesislerinin yıllık toplam net gelirleri.....	40
Çizelge 4.27. Biyogaz tesislerinin yatırım masrafını geri alma süresi.....	40
Çizelge 4.28. Biyogazdan elde edilecek elektrik enerjisinin toplam Isparta ili elektrik enerjisi tüketimine oranı.....	41
Çizelge 4.29. Zaman serileri analizi eğilim çizgisi denklemleri, R ² ve 2029 yılı hayvan varlıkları.....	42
Çizelge 4.30. Zaman serileri analizine göre Isparta ili hayvan sayıları ve grupları.....	42
Çizelge 4.31. İlçelerin farklı cinsiyet ve yaş gruplarına göre Isparta ili hayvan varlığı içerisindeki ortalama oranları.....	45
Çizelge 4.32. İlçelerdeki dişi ve erkek hayvanların farklı yaş gruplarına ait 2029 yılı hayvan sayılarının belirlenmesi.....	45

Çizelge 4.33. 2029 yılı Isparta ili ve ilçeleri gübre üretim miktarları, planlama modeli alt ve üst sınır değerleri.....	46
Çizelge 4.34. 2029 yılı Isparta ili ilave biyogaz tesisi kurulum merkezleri ve gübre dağıtım planı.....	47
Çizelge A.1. İlçeler arası mesafeler.....	56
Çizelge A.2. Planlama modeli çıktı sonuçları.....	57



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

CO ₂	Karbondioksit
GJ	Giga Joule
GWh	Gigavat saat
GWhel	Gigajoule saat elektrik
kW	Kilovat
kWe	Kilovat saat elektrik
kWh	Kilovat saat
MJ	Megajoule
MTEP	Milyon ton eşdeğer petrol
MW	Megavat
MWh	Magavat saat
TEP	Ton eşdeğer petrol
TJ	Terajoule
PJ	Petajoule



1. GİRİŞ

Hızlı nüfus artışı, sanayileşme ve şehirleşme ile birlikte yakıt hammaddesi olarak kullanılan rezervlerin azalmasının sonucu olarak dünyadaki ülkeler farklı enerji kaynakları bulmaya yönelmişlerdir. Bu alternatif enerji kaynaklarından olan biyogaz, çevre ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri olan organik atıkların elektrik ve ısı enerjisine dönüştürülmesine imkan vermektedir (Özbaşer ve Erdem, 2013).

Oksijenin olmadığı ortamda bitkisel ve hayvansal atıkların anaerobik çürüme ile birlikte yanıcı gaz haline dönüştürülmesi işlemi biyogaz olarak tanımlanmaktadır. Atıkların biyogaza dönüştürüldüğü tesislerde, hayvansal atıkların yanısıra biyolojik ve organik atıklar ve bununla birlikte mısır veya şeker pancarı posaları da enerji dönüşümü için kullanılabilir. Bu atıklardan anaerobik çürüme sonucunda metan gazı ortaya çıkar ve bu ortaya çıkan metan gazı biyogazın ısıl değerini oluşturan ana maddedir. Karbondioksit ile karşılaştırıldığında 23 kat daha fazla sera gazına neden olan metan gazının biyogaz elde etme yöntemi ile olumsuz etkisinin ortadan kaldırılması çevre etkileri açısından önemlidir (Çelikkaya, 2016).

Fosil yakıtların yoğun bir şekilde kullanılmasının sera gazı oluşumuna ve buna bağlı olarak küresel iklim değişikliklerine ve olumsuz çevresel etkilerine neden olması, yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını bir zorunluluk haline getirmiştir. Günümüzde yapılan biyogaz üretimleri sonucunda organik atıklar değerlendirilerek çevreye verebilecekleri zararlar önlenmektedir. Bu sayede toprak ve su hijyeni sağlanırken doğal dengede korunmaktadır. Ayrıca biyogaz üretimi sonrasında elde edilen kuru atıklar da bitkisel üretimde toprağı zenginleştirmeye yönelik verimli gübre olarak kullanılabilir (DAKA, 2016).

Sürdürülebilir ve yenilenebilir enerji üretimi açısından, bitkisel ve hayvansal atıkların kullanımı ile enerji üretimi, gün geçtikçe önemi daha da artırmaktadır. Bununla birlikte bitkisel ve hayvansal atıkların enerji üretimi için kullanılmasının çevre üzerindeki olumlu etkisi de bu önemi daha da artırmaktadır. Anaerobik arıtma yöntemi ve teknolojisi, verimliliğinin ve performansının yüksek olması, maliyetinin düşük olması gibi nedenlerden ötürü evsel ve endüstriyel atık suların, arıtma tesisi çamurlarının ve hayvan gübrelerinin arıtımında yoğun bir şekilde kullanılmaktadır.

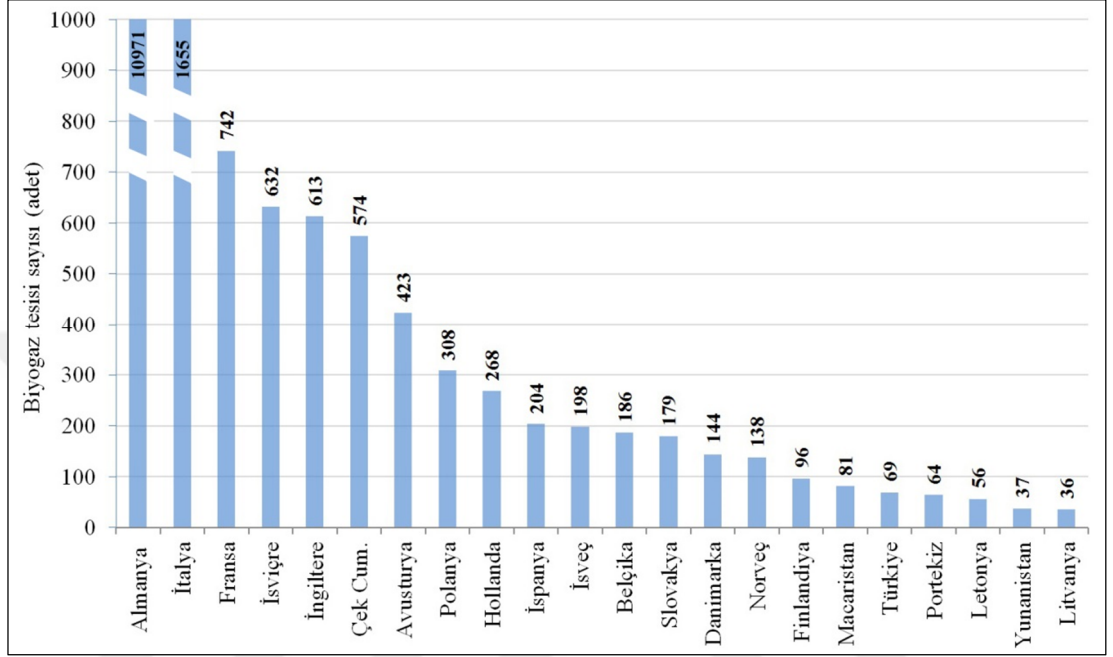
Anaerobik arıtma yöntemiyle elde edilen metan gazının ısı ve elektrik enerjisi üretimi için kullanılması ve aynı zamanda arıtma yöntemi sonunda elde edilen biyogazın yakıt olarak kullanılabilmesi, bu arıtma yönteminin tercih edilmesindeki en büyük nedenlerindendir. Gelişmiş ülkelerde bitkisel ve hayvansal atılardan biyogaz üreten tesisler verimli bir şekilde kullanılmakta ve bu tesisler ilk yatırım maliyetlerini kısa bir süre içerisinde geri ödemektedirler (Tolay vd., 2008).

Dünya üzerinde 50 milyona yakın biyogaz tesisi bulunduğu bilinmektedir. Mevcut olan tesislerin yaklaşık olarak 43 milyonu Çin'de, 4.5 milyonu Hindistan'da bulunmakla birlikte bu tesisler eski teknolojiye sahip ilkel tesisler olup, ısıtma ve pişirme amaçlı kullanılmaktadır. Amerika Birleşik Devletlerinde ise tarımsal atıkların değerlendirilmesi amacıyla kullanılan 265 biyogaz tesisinden yılda yaklaşık 1 milyar kWh elektrik üretilmektedir. Gelişmiş ülkeler içerisinde ısı ve elektriğin birlikte üretilmesine ilave olarak organik gübrenin de yan ürün şeklinde elde edildiği modern biyogaz tesislerinin en fazla bulunduğu ülke Almanya'dır. 2017 yılı verilerine göre Almanya'da bulunan 9 346 biyogaz tesisinin 4 497 MW kurulu kapasitesi vardır. Ayrıca Almanya'da biyogaz üretim tesisleri sayesinde 46 bin kişi istihdam edilmiş, 9.4 milyar dolarlık katma değer üretilmiş, 19.9 milyon ton CO₂ tasarruf edilmiş ve 9.4 milyon evin elektriği sağlanmıştır. Biyokütle ve biyogaz enerjisi üretimi sektörü yerel ve bölgesel çözümler sunan, tarımdan makine sanayiye, hayvancılıktan ulaştırma sektörüne, yerel yönetimlerden bankacılık sigortacılık sektörüne kadar uzanan geniş bir yelpazede katma değer ve istihdam sağlayan yerli ve sürekli bir kaynaktır (Ar, 2018).

Biyogaz tesislerinin kullanımı kırsal bölgelerde, bölgenin ekonomisi ve istihdamı üzerinde olumlu etkiye sahiptir. Bunun sonucu olarak gelişmiş ülkelerde biyogaz tesisleri alternatif enerji kaynağı olarak kabul edilmekte ve çevre üzerindeki katkıları göz önünde tutularak devletler tarafından destek programı kapsamına alınmaktadır. Aynı zamanda biyogaz tesislerinin ilk yatırım maliyetleri devletler tarafından desteklenerek yaygınlaştırılmaya çalışılmıştır (Anon, 1994).

Avrupa kıtasındaki ülkelerin biyogaz üretim tesisi sayıları incelendiğinde birinci sırada olan Almanya'nın 2017 yılında 9 346 olan biyogaz tesisi sayısını 2018 yılında 10 971'e çıkardığı görülmüştür. İkinci sırada olan İtalya 1 655 adet biyogaz tesisine

sahip iken üçüncü sırada olan Fransa’da ise 742 adet biyogaz tesisi bulunmaktadır. Türkiye ise 69 biyogaz tesisi sayısı ile Macaristan’ın arkasından onsekizinci sırada yer almaktadır. Mevcut biyogaz tesisleri sayısı ile gelişmiş veya gelişmekte olan birçok ülkenin gerisinde kaldığımızı söylemek mümkündür (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Avrupa kıtasındaki ülkelerin biyogaz tesisi sayıları (Ar, 2018; EBA, 2018)

Yüksek lisans tezi çalışması kapsamında, Isparta ilinde süt ve besi sığırcılığından elde edilebilecek olan hayvansal atıkların verimli ve etkin bir şekilde alternatif enerji kaynağı olarak kullanılabilme olanakları sorgulanmıştır. Bu amaç doğrultusunda karma programlama yöntemi kullanılarak bölgesel planlama modeli geliştirilmiş ve modelin sonuç çıktıları ayrıntılı bir şekilde değerlendirilmiştir. Bölgede üretilecek hayvansal atıklardan elde edilebilecek olan biyogaz ve elektrik enerjisi üretim miktarları belirlenmiş ve bu üretim için gerekli biyogaz tesislerinin konum, sayı ve kapasite planlamaları ayrıntılı bir şekilde değerlendirilmiş ve tartışılmıştır.

Buna ilave olarak bölgenin gelecekteki hayvan varlığına bağlı bir şekilde gerçekleşecek tahmini hayvansal atık miktarları, bu atıkların işlenebilmesi amacıyla kurulacak ilave biyogaz tesislerinin konum, sayı ve kapasiteleri belirlenmiştir. Bu yönünle yüksek lisans tezi kapsamında hem mevcut durum için planlama yapılmış hem de gelecekteki büyüme göz önüne alınarak bir yol haritası ortaya konmuştur.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Hayvansal atıkların enerji üretilmesi amacıyla kullanılması, hem verimli enerji elde edilmesi hem de kalan atıkların tarımsal gübre olarak kullanılabilmesi açısından önemlidir. Ülkemizin kırsal kesimlerinde hayvancılık önemli bir tarımsal faaliyet olup, bu hayvancılık faaliyeti sonucunda elde edilen atıkların biyogaz üretiminde kullanılması gerekmektedir. Kırsal kesimlerde hayvancılık faaliyeti sonucunda elde edilecek olan gübrenin, biyogaz tesislerinde işlenerek enerji üretilmesi ve bu enerjinin kırsal kesimlerde kullanılması önemli bir alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır (Koçer vd., 2006).

Dünyada teknolojinin hızla gelişmesi aynı zamanda insanların yaşam standartlarını yükseltmiştir. Yaşam standartlarında meydana gelen bu yükseliş aynı zamanda kişi başına ihtiyaç duyulan enerji miktarını da artırmıştır. Günümüzde yoğun bir şekilde kullanılan fosil kaynaklı yakıtların hızlı bir şekilde tükeniyor olması ve bu yakıtların çevre üzerindeki olumsuz etkileri araştırmacıları alternatif enerji kaynaklarının daha verimli kullanılabilmesi konusunda çalışmalar yapmaya yönlendirmiştir (Halisdemir, 2009).

Yılmaz ve Karadağ (2019), Bursa ilinde büyükbaş hayvan gübresi kullanılarak biyogaz ve elektrik enerjisi üretim belirlenmesine yönelik yapmış oldukları çalışmalarında, Bursa ili büyükbaş hayvan varlığını araştırma materyali olarak kullanmışlardır. Bursa ilinin gübre üretim potansiyelinin süt sığırcılığında yıllık 1 388 022.92 ton, besi sığırcılığında yıllık 389 114.33 ton olmak üzere toplamda 1 777 137.24 ton olduğu hesaplamışlardır. Gübrelerin biyogaz olarak değerlendirilmesi sonucunda yıllık 40 990 345.45 m³ biyogaz üretiminin mümkün olduğunu belirlemişlerdir. Elde edilen biyogazın elektrik enerjisine çevrilmesi sonucunda yıllık 192 654 623.61 kWh elektrik enerjisinin üretilbileceğini hesaplamışlardır.

Öbekcan (2014), Çorum ilinin biyogaz potansiyelini belirlemeye yönelik yapmış olduğu çalışmada, Çorum ilindeki büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan varlığının verilerini araştırma materyali olarak kullanmıştır. Bu hayvanlardan elde edilecek olan yaş gübre miktarının yıllık 694 572 ton olduğunu hesaplamıştır. Yine

aynı şekilde 2014 yılında Çorum ili Merkez ilçesinde için toplam 94 657.5 ton hayvansal katı atık kullanarak 18 931 500 m³ biyogaz üretiminin mümkün olduğunu ve bu biyogaz miktarının enerji eşdeğerinin 429 744 GJ (17 MTEP) olduğunu belirtmiştir. Son olarak Land Gem v.3.02 Simülasyon programı kullanarak Çorum ilinde 2039 yılında üretilebilecek tahmini biyogaz miktarının 354 519 680 m³ olduğunu hesaplamıştır.

Altıkat ve Çelik (2012), Iğdır ilinin biyogaz potansiyelini belirlemeye yönelik yapmış oldukları çalışmalarında, Iğdır ilinin yıllık 21 441 milyon m³ değerinde hayvansal atık kaynaklı biyogaz enerjisi potansiyeline sahip olduğunu hesaplamışlardır. Ayrıca hesaplamış oldukları bu biyogaz potansiyelinin Doğu Anadolu Bölgesinin biyogaz potansiyelinin %3.76'sına ve Türkiye toplam biyogaz üretim potansiyelinin %0.679'una karşılık geldiğini ifade etmişlerdir.

Avan (2014), Tokat ilinin hayvansal atıklarının kullanılması sonucu elde edilebilecek biyogaz potansiyelinin coğrafi bilgi sistemleri (CBS) kullanarak değerlendirilmesi üzerine yapmış olduğu çalışmada, ildeki büyükbaş hayvan varlığını araştırma materyali olarak kullanmıştır. Yapmış olduğu hesaplamalar sonucunda Tokat ilinin büyükbaş hayvan atıkları kullanılarak üretilebilecek biyogaz miktarının günlük 301 434 m³ olduğunu ve bu biyogazdan elde edilebilecek elektrik enerjisi miktarının 502 390 kWh olduğunu belirlemiştir. Aynı zamanda Tokat ilinde 250, 500 ve 1.000 büyükbaş hayvansal atıkların işleme kapasitesi olan biyogaz tesislerinden 228, 171 ve 131 adet yapılması gerektiğini vurgulamıştır.

Karaca (2017), Hatay ilinde süt sığırları ve yumurta tavuğu gübrelerinden üretilebilecek biyogaz miktarını belirlediği çalışmada, süt sığırları ve yumurta tavuklarından toplam 885 000 ton/yıl yaş hayvan gübre elde edilebileceğini hesaplamıştır. Hatay ilindeki süt sığırları ve yumurta tavuğu atıklarından yıllık 15 milyon m³ biyogaz üretilebileceğini belirlemiştir. Üretilen bu biyogazın, ısı enerjisi karşılığının 340 TJ ve elektrik enerjisi karşılığının 37.7 GWh olduğunu hesaplamıştır.

Öçal (2013), Eskişehir ilinde büyükbaş hayvan atıklarından elde edilebilecek biyogaz enerjisini ve bu enerjinin uygulanabilirliğini belirlemeye yönelik yapmış olduğu çalışmada, 118 937 adet büyükbaş hayvanın verilerini araştırma materyali olarak

kullanmıştır. Yaptığı hesaplamalar sonucunda Eskişehir ilinde biyogaz kullanılarak üretilen elektrik enerjisi miktarının günlük 276 454.23 kWh olduğunu belirlemiştir. Aynı şekilde yaptığı çalışmada üretilen biyogazın tamamının tüp gaz olarak değerlendirilmesi sonucunda 715 643 adet 12 kilogramlık tüp gaz ihtiyacının karşılanabileceğini de vurgulamıştır.

Avcıoğlu vd. (2013), Türkiye’de bulunan tavukların atıklarını kullanarak elde edilecek biyogaz potansiyelini belirlediği çalışmada Türkiye’nin 2009 yılı itibarıyla 234 082 206 adet tavuk varlığına sahip olduğunu ifade etmiştir. Mevcut tavuklardan yıllık olarak 5 923 571 ton gübre üretileceğini hesaplamıştır. Elde edilen bu yaş gübrelerin değerlendirilmesi sonucunda 390 milyon m³ biyogaz ve 8 853 GJ eşdeğer enerji üretilebileceğini belirlemiştir. Ayrıca çalışmada Bolu, Balıkesir, Sakarya, Manisa, Afyon, Konya, İzmir, Ankara, Çorum ve Bursa’nın yıllık 10 milyon m³ üzerinde bir biyogaz üretim potansiyeline sahip olduğunu ifade etmiştir.

Çevik (2016), Çanakkale ilindeki mevcut hayvansal atıkların kullanılmasıyla elde edilebilecek biyogaz potansiyelinin belirlenmesine yönelik yapmış oldukları çalışmalarında, Çanakkale ilinin hayvansal varlığını araştırma materyali olarak kullanmıştır. Yaptığı hesaplamalar sonucunda mevcut hayvan varlığının atıklarını kullanarak elde edilebilecek gübre miktarının yıllık 394 719 ton ve bu atıkların işlenmesi sonucunda üretilen biyogaz miktarının yıllık 60 793 963 m³ olduğunu hesaplamıştır. Elde edilen biyogazın değerlendirilmesi sonucunda üretilen elektrik enerjisi miktarının yıllık 156 848 426 kw olduğunu belirtmiştir. Bununla birlikte Çanakkale ilindeki biyogaz potansiyelinin Biga, Çan ve Yenice ilçelerinde yoğunlaştığını ve bu üç ilçenin biyogaz üretim potansiyelinin yıllık 28 956 959 m³ olduğunu ifade etmiştir.

Gürel (2010), Tekirdağ ilinin biyogaz potansiyelini belirlemeye yönelik yapmış olduğu çalışmada, Tekirdağ ilinde bitkisel ve hayvansal atıklardan üretilen biyogaz miktarını yaklaşık 35 milyon m³/yıl olarak hesaplamıştır. Buna ilaveten elde edilecek biyogaz kullanılarak yıllık 164.5 milyon kWh elektrik enerjisi üretilebileceğini ve bu değer Tekirdağ ilinde konutlarda tüketilen elektrik enerjisi miktarının yaklaşık %33.2’sini karşılayabileceğini belirtmiştir.

Tekeli (2014), Türkiye'nin biyogaz potansiyelini belirlemeye yönelik yapmış olduğu araştırmasında, Türkiye'nin hayvan varlığını ve biyokütle miktarını araştırma materyali olarak belirlemiştir. Yaptığı hesaplamalar sonucunda, büyükbaş hayvanların atıklarının kullanılmasıyla yıllık 3.7 milyar m³, küçükbaş atıklarıyla yıllık 1.8 milyar m³, kanatlı hayvanların atıklarıyla yıllık 1.3 milyar m³, silajlık mısırların atıklarıyla yıllık 2.5 milyar m³ ve şekerpancarının atıklarıyla yıllık 635 milyon m³ biyogaz üretiminin mümkün olduğunu belirlemiştir. Bununla birlikte ısı enerjisi verimliliği %45, elektrik enerjisi verimliliği %39 olan ve yıllık çalışma süresi toplamı 8 000 saat kojenarasyon ünitesi kullanılarak, büyükbaş hayvanların atıkları değerlendirilmesi suretiyle yıllık 8.9 milyar kWh elektrik enerjisi ve 10.3 milyar kWh de ısı enerjisi üretiminin mümkün olduğunu belirtmiştir.

Aktaş vd. (2015), Tekirdağ ilinin hayvansal atıklarını kullanarak üretilebilecek biyogaz ve elektrik enerjisi miktarını belirledikleri çalışmalarında, Tekirdağ ilindeki büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan varlığının tamamını araştırma kapsamına almışlardır. Çalışmalarının sonucunda hayvansal atıklar kullanarak yıllık 30 milyon m³ metan gazı ve bu metan gazı kullanarak yıllık 119 milyon kWh elektrik enerjisi üretiminin mümkün olduğunu hesaplamışlardır. Tekirdağ ilinde elektrik enerjisi üretimi için gerekli böyle bir tesisin kurulu toplam gücünün yaklaşık 13 MW olması gerektiğini belirtmişlerdir. Tekirdağ ilinin kurulu güç potansiyeli ve nakliye mesafeleri göz önüne alındığında ilk başta, Malkara (5 MW), Hayrabolu (2.5 MW) ve Merkez (2 MW) ilçelerinde olmak üzere 3 tesisin kurulmasını önermiştir.

Badem (2017), Erzincan ilinde bulunan hayvansal atıkların kullanılması sonucunda elde edilebilecek biyogaz potansiyelinin belirlenmesine yönelik yapmış olduğu çalışmada, Erzincan ilindeki büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan varlığını araştırma materyali olarak belirlemiştir. Yapmış olduğu hesaplamalar sonucunda Erzincan ilinde hayvansal atıkların kullanılmasıyla yıllık 15 511 011 m³ biyogaz, 38 025 864 kWh elektrik enerjisi ve 35 818 027 112 kcal ısı enerjisi üretiminin mümkün olduğunu belirtmiştir. Ayrıca mevcut bu biyogaz potansiyelinin değerlendirilebilmesi amacıyla 528 kWe, 1 299 kWe ve 2 463 kWe kurulu güce sahip 3 adet merkezi sistem biyogaz enerji santraline ihtiyaç olduğunu ifade etmiştir.

Doruk ve Bozdeveci (2017), Denizli ilinde kırsal kesimlerden elde edilecek olan hayvansal atıklardan üretilebilecek biyogaz miktarını belirledikleri çalışmalarında, toplam 4 370 129 baş büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvanın verilerini araştırma materyali olarak kullanmışlardır. Hayvanlardan elde edilecek günlük yaş gübre miktarını 4 578 889 kg olduğunu belirlemişlerdir. Elde edilecek olan bu yaş gübre miktarı kullanılarak yıllık 70.16 m³ biyogaz üretiminin mümkün olduğunu hesaplamışlardır. Hesaplanan yıllık biyogaz miktarının elektrik enerjisi karşılığının 329 milyon kWh ve motorin olarak karşılığının 46.30 milyon litre olduğunu ifade etmişlerdir. Çalışmalarında biyogaz potansiyelinin en fazla olduğu ilçenin Çivril ve hayvan sayısının en fazla olduğu ilçenin Honaz olduğunu vurgulamışlardır.

Aşcı (2018), Hatay ilinin hayvansal atık kaynaklı biyogaz enerji potansiyelini belirlediği çalışmada, Hatay ilinin hayvan varlığı verilerini araştırma materyali olarak kullanmıştır. Yapmış olduğu çalışmada Hatay ilinde hayvanların atıkları kullanılarak elde edilecek biyogaz miktarını yıllık 52 156 774.06 m³ olarak hesaplamıştır. Hesapladığı biyogaz miktarı kullanılarak üretilecek enerji miktarının ise 244.31 GWh olduğunu belirtmiştir. Aynı zamanda biyogaz enerjisi üretimi ile birlikte 211 490 ton-CO₂ karbon salınımının önlenebileceğini vurgulamıştır. Son olarak yapmış olduğu çalışmada Hatay ilindeki hayvansal atıkların kullanılmasıyla enerji üretimi yapacak tesislerin kurulumu için gerekli yatırım maliyetinin 3.5 yıl gibi bir sürede geri alınabileceğini ifade etmiştir.

Tınmaz Köse (2017), Trakya bölgesinde hayvan gübreleri kullanılarak elde edilebilecek biyogaz potansiyelinin hesapladığı çalışmada, Trakya Bölgesi'ndeki 443 057 adet büyükbaş, 1 033 578 adet küçükbaş ve 1 445 380 adet kümes hayvanının verilerinin araştırma materyali olarak belirlemiştir. Söz konusu hayvanları atıkları kullanılarak elde edilecek günlük gübre miktarı 16 680 932.76 kg ve bu gübrelerden üretilecek metan ise yıllık 67 439 257 m³ olarak hesaplamıştır. Hayvansal atıklar kullanılarak üretilecek metanın enerji değeri yıllık 2 427.81 TJ olarak ve 57 976.18 TEP olarak hesaplamıştır. Yine aynı çalışmada elde edilen metanın eşdeğer enerji olarak yıllık 426 295 varil petrole karşılık geldiğini ve bu miktarın parasal karşılığının 21 314 772 dolar olduğunu ifade etmiştir. Petrol eşdeğer enerji üretiminin, Türkiye'de petrol kullanılarak elde edilen enerji miktarının %1.17'sini karşılayacağını vurgulamıştır. Son olarak Trakya Bölgesi'nde üretilecek

toplam enerji miktarının %34.08'nin Edirne'de, %32.98'inin Kırklareli'inde ve %32.94'ünün Tekirdağ'da olacağını ifade etmiştir.

Öztürk (2019), Aydın ilinde bitkisel ve hayvansal atık miktarlarını kullanarak biyogaz potansiyelini belirlediği çalışmasında, bitkisel atıkların biyogaza çevrilmesiyle toplam 11.5 PJ ısı enerjisi değeri elde edilebileceğini hesaplamıştır. Bununla birlikte Aydın ilinin hayvansal atık üretiminin yıllık 6 milyon ton olduğunu ve bu atıkların biyogaz olarak değerlendirilmesi sonucunda yıllık 2.24 PJ ısı enerjisi değeri elde edilebileceğini belirtmiştir. Son olarak Aydın ilinde bitkisel ve hayvansal atıkların kullanılarak biyogaza çevrilmesiyle toplamda 13.74 PJ ısı enerjisi elde edilebileceğini vurgulamıştır.

Yetiş vd. (2019), Bitlis ilinde hayvansal atıkların değerlendirilmesi sonucunda elde edilebilecek biyogaz potansiyelini belirledikleri çalışmalarında, 82 406 adet büyükbaş, 601 555 adet küçükbaş ve 78 424 adet kanatlı (tavuk) hayvanı araştırma materyali olarak kullanmışlardır. Bu hayvan varlığı içerisinde büyükbaş hayvanların yıllık 532 425.16 ton, küçükbaş hayvanların yıllık 64 125.76 ton ve kanatlı hayvanların yıllık 2 251.55 ton gübre üretim potansiyelinin olduğunu belirlemişlerdir. Elde edilecek bu gübrelerin değerlendirilmesiyle büyükbaş hayvan atık kaynaklı biyogaz üretim miktarının yıllık 17 570 030.48 m³, küçükbaş hayvan atık kaynaklı biyogaz üretim miktarının yıllık 3 719 294.25 m³ ve kanatlı hayvan atık kaynaklı biyogaz üretim miktarının yıllık 175 621.13 m³ olmak üzere toplamda yıllık 21.46 milyon m³ olacağını hesaplamışlardır. Ayrıca büyükbaş hayvan sayısı olarak fazla fakat toplam hayvan sayısı bakımından az hayvan varlığına sahip Güroymak ilçesinin yıllık 5.3 milyon m³ biyogaz üretimi ile Bitlis ili içerisindeki fazla biyogaz üretilecek ilçe olacağını da vurgulamışlardır.

Yokuş (2019), Sivas ilinde hayvansal atıklardan biyogaz üretimi için gerekli tesislerin lokasyonlarının belirlenmesine yönelik yapmış olduğu çalışmasında, Sivas yöresinde hayvanların türüne ve sayısına bağlı olarak günlük 3 077 648 ton gübre üretimi olduğunu hesaplamıştır. Sivas ilinde havza bazında 43 696.20 m³ biyogaz üretim potansiyeli olduğunu belirterek bu potansiyelin 31 625.60 m³'lük kısmının Erciyes Havzasında, 5 509 m³'lük kısmının Yeşilirmak Havzasında, 4 571 m³'lük kısmının Yukarı Fırat Havzasında ve 1 989.80 m³'lük kısmının Fırat Havzasında

bulduğunu belirtmiştir. Elde edilecek olan biyogaz miktarının kullanımıyla Sivas ilinde yıllık 998 713 740 MJ'lük enerji üretiminin mümkün olduğunu belirtmiştir. Son olarak mevcut biyogaz üretiminin gerçekleştirilmesi amacıyla 4 havzada 25 - 50 kW gücünde 248, 50 - 100 kW gücünde 161, 100 - 250 kW gücünde 70, 250 – 500 kW gücünde 8 ve 500 – 2 500 kW gücünde 6 tesisin kurulması gerektiğini ifade etmiştir.

Salihoğlu vd. (2019), Balıkesir ilinde büyükbaş ve küçükbaş hayvanların atıklarıyla elde edilebilecek biyogazın belirlendiği çalışmalarında, 2017 yılı verileri itibariyle 14 659 278 adet büyükbaş, 33 562 045 adet koyun ve 11 010 590 adet keçi varlığını araştırma materyali olarak kullanmışlardır. Yaptıkları hesaplamalar sonucunda Balıkesir ilinde yıllık 5 955 318 ton gübre üretiminin olacağını belirlemişlerdir. Hesaplanan bu atıkların kullanılması sonucunda Balıkesir ilinde yıllık 82 815 600 m³'lük biyogaz potansiyelinin olduğunu ifade etmişlerdir. Bu biyogaz potansiyelinin yıllık enerji karşılığının 1 879 914 120 MJ olduğunu vurgulamışlardır. Son olarak hesaplanan bu potansiyelin değerlendirilebilmesi için yapılacak her projede atık toplama, taşıma, teknoloji seçimi, finans yönetimi vb. faktörlerin dikkate alınması gerektiğini ifade etmişlerdir.

Aksu (2019), Amasya ilinde hayvansal atıkların değerlendirilmesiyle elde edilebilecek biyogaz potansiyelini belirlediği çalışmasında, 210 199 adet büyükbaş, 210 160 adet küçükbaş ve 1 502 750 adet kanatlı hayvanın verilerini araştırma materyali olarak kullanmıştır. Amasya ilinde hayvanlardan yıllık 2.3 milyon ton yaş gübre edilmesinin mümkün olduğunu ve bu elde edilen gübrenin değerlendirilebilmesi sonucunda üretilen biyogaz miktarının yıllık yaklaşık olarak 35.9 milyon m³ olduğunu hesaplamıştır. Üretilen bu biyogaz miktarının eşdeğer enerji karşılığının yıllık 814 275 GJ ve elektrik enerjisi karşılığının yıllık 90 474 000 kWh olduğunu belirtmiştir.

Seyhan ve Badem (2018), Erzincan ilinde büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvanların atıklarının kullanılmasıyla üretilen biyogaz miktarını belirledikleri çalışmalarında, 64 867 adet büyükbaş, 444 718 adet küçükbaş ve 729 214 adet kanatlıdan oluşan hayvan varlığını araştırma materyali olarak belirlemişlerdir. Yapmış oldukları hesaplamalar sonucunda Erzincan ilindeki büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan

atıklarından elde edilebilecek toplamda yıllık 434 469 ton gübre üretim potansiyelinin olduğunu ifade etmişlerdir. Bu gübre potansiyelinin kullanılması sonucunda yıllık 15 511 011 m³ biyogaz, yıllık 38 025 864 kWh elektrik enerjisi ve yıllık 35 818 027 112 kcal ısı üretiminin olacağını hesaplamışlardır. Ayrıca Erzincan ilinin biyogaz kaynaklı elektrik kurulu gücü açısından 4.3 MW'lık bir potansiyel barındırdığını ifade etmişlerdir.

Özçelik (2020), Konya ilinin Beyşehir ilçesindeki hayvanların gübrelerini kullanarak elde edilecek biyogaz miktarını belirlediği çalışmada ilçenin büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvanın verilerini araştırma materyali olarak belirlemiştir. Beyşehir ilçesinde 44 055 adet büyükbaş, 33 300 adet küçükbaş ve 14 930 adet kanatlı hayvandan elde edilecek atık miktarını büyükbaş hayvanlardan yıllık 394 742 ton, küçükbaş hayvanlardan yıllık 30 386 ton ve kanatlı hayvanlardan yıllık 1 035 ton olacağını hesaplamıştır. Üretilen bu gübrelerin biyogaz tesislerinde değerlendirilmesi sonucunda elde edilecek enerjinin eşdeğerinin 141 419 GJ olduğunu ifade etmiştir.

Baran vd. (2017), Adıyaman ilindeki büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvanların atıkları kullanarak elde edilebilecek enerji miktarını belirledikleri araştırmalarında, 2015 yılı hayvancılık verilerini kullanmışlardır. 2015 yılı itibariyle il genelinde 81 733 adet büyükbaş, 305 724 adet küçükbaş ve 231 358 adet kanatlı hayvan bulunduğunu bildirmişlerdir. Büyükbaş hayvanların yıllık 294 238.80 ton, küçükbaş hayvanların yıllık 214 006.80 ton ve kanatlı hayvanların yıllık 5 089.88 ton gübre üretim potansiyeline sahip olduğunu hesaplamışlardır. Elde edilecek olan bu gübrelerin değerlendirilmesi sonucunda büyükbaş hayvanların atıklarından yıllık 6 473 253.60 m³, küçükbaş hayvanların atıklarından yıllık 8 274 929.60 m³ ve kanatlı hayvanların atıklarından ise yıllık 264 673.50 m³ biyogaz üretiminin mümkün olduğunu bildirmişlerdir. Üretilen biyogazın enerji eşdeğer karşılığının ise yıllık 70 560 426.49 kWh (254 017.53 GJ) olduğunu ifade etmişlerdir.

Boyacı (2017), Kırşehir ilinin büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvanlardan elde edilen gübreleri kullanarak üretilen biyogaz potansiyelini belirlediği çalışmada, 155 999 adet büyükbaş, 219 317 adet küçükbaş ve 972 119 adet kanatlı hayvan olmak üzere toplamda 1 347 435 adet hayvanı araştırma materyali olarak kullanmıştır. Hayvanlarda elde edilecek gübre miktarının yıllık olarak 736 504.9 ton

olduğunu hesaplarken, kullanılabilir atık miktarının yıllık 406 168.3 ton olduğunu belirlemiştir. Kullanılacak olan bu hayvansal atıkların %81.09'u büyükbaştan, %7.79'u küçükbaştan ve %11.12'si kanatlı hayvanlardan elde edilecek atıklardan meydana geleceğini ifade etmiştir. Bu hayvansal atıkların değerlendirilmesi sonucunda, Kırşehir ilinde 14 855 273 m³ lük biyogaz üretiminin olacağını vurgulamıştır. Elde edilecek olan biyogaz değerinin 69 819 781 kwh elektrik enerjisine, 11 141 454.4 litre benzine veya 9 804 479.9 litre motorine eşit olduğunu hesaplamıştır.

Karaman vd. (2015), Tokat ilinin hayvansal atıklarını kullanmak suretiyle elde edilebilecek biyogaz potansiyelini belirledikleri çalışmalarında, 384 795 adet büyükbaş, 258 944 adet küçükbaş, 239 805 adet tavuk ve 8 351 adet diğer kanatlı hayvanı araştırma materyali olarak kullanmışlardır. Hayvanların atıklarının değerlendirilmesi sonucunda Tokat ilinde günlük 301 434 m³ biyogaz üretimi gerçekleşmesinin mümkün olabileceğini ve bu üretimin elektrik enerjisi eşdeğerinin günlük 502 390 kWh olduğunu ifade etmişlerdir.

Taşova ve Yazarel (2019), çalışmalarında Yozgat ilinin hayvansal kaynaklı biyogaz ve enerji üretim miktarları belirledikleri çalışmalarında, Yozgat ilinin 2013-2017 yılları arasındaki büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan varlığını kullanmışlardır. Yıllar ölçeğinde sonuçlar değerlendirildiğinde en düşük biyogaz üretiminin yıllık 10 735 609 m³ ile 2016 yılında ve en yüksek biyogaz üretiminin yıllık 13 892 629 m³ ile 2013 yılında olduğunu hesaplamışlardır. Isı enerjisi olarak en yüksek ısı enerjisinin yıllık 302 461 GJ/m³ ile 2013 yılında ve en düşük ısı enerjisinin yıllık 233 729 GJ/m³ ile 2016 yılında olduğunu belirlemişlerdir. Elde edilebilecek olan enerjinin elektrik enerjisi olarak karşılığı değerlendirildiğinde en yüksek değer yıllık 72 087.97 kWh ile 2015 yılında ve en düşük değer yıllık 50 457.36 kWh ile 2016 yılında oluştuğunu ifade etmişlerdir. Son olarak Yozgat ilindeki mevcut hayvan atıkları potansiyeli değerlendirildiği takdirde Yozgat ilinin elektrik enerjisi tüketim miktarının ortalama olarak %10'luk bir kısmının karşılanabilmesinin mümkün olduğunu vurgulamışlardır.

Görmüş (2018), Türkiye'deki hayvan atıklarını kullanarak elde edilecek biyogaz potansiyelini belirlediği çalışmasında, 2016 yılına ait kanatlı, küçükbaş ve büyükbaş

hayvan varlığını araştırma materyali olarak belirlemiştir. Yaptığı hesaplamalar sonucunda 333 541 262 adet kanatlı, 41 329 232 adet küçükbaş ve 14 222 228 adet büyükbaş hayvanın atıkları değerlendirilmek suretiyle elde edilecek biyogaz miktarı enerji eşdeğerinin yıllık 130 211.31 TJ olduğunu bildirmiştir.

Walla ve Schneeberger (2008), yapmış oldukları çalışmalarında optimizasyon modeli geliştirmişlerdir ve geliştirdikleri bu optimizasyon modelini kullanarak biyogaz üretim tesisleri kapasitelerinin en düşük maliyetlerini belirlemiştir. Yaptıkları hesaplamalara göre mısır silajı kullanmak suretiyle üretilen biyogaz eşdeğerinin 575 ile 1.150 KW'e eşit olduğunu bildirmişlerdir. Bununla birlikte biyogaz tesisi büyüklüğü belirlemede bölge şartları ve atık potansiyelinin önemli olduğunu ifade etmişlerdir. Biyogaz tesisinin kurulmasının hammaddenin temin edilme şartlarına bağlı olduğunu da vurgulamışlardır.

Yıldırım (2019), Şanlıurfa yöresinde merkezi biyogaz tesisleri planlama modelinin geliştirilmesine yönelik yapmış olduğu çalışmada, Şanlıurda ilindeki süt ve besi sığırcılığı için kullanılan büyükbaş hayvanın verilerini araştırma materyali olarak kullanmıştır. Mevcut hayvanları kullanarak 2018 yılı için 2 892 720 ton gübre üretiminin olacağını hesaplamıştır. Elde edilecek olan bu gübre miktarının değerlendirilmesi sonucunda yıllık 115 878 375 m³ biyogaz üretiminin ve yıllık 215 900 058 kWh elektrik enerjisi üretiminin mümkün olduğunu belirlemiştir. Üretilen biyogazın elektrik enerjisine çevrilmesi amacıyla Şanlıurfa ilinin Siverek ilçesinde yıllık 150 000 ton gübre işleme kapasitesine sahip 4 adet ve yıllık 192 720 ton gübre işleme kapasitesine sahip 1 adet biyogaz tesisinin kurulması gerektiğini belirtmiştir. Yine aynı şekilde Viranşehir ilçesinde yıllık 150 000 ton gübre işleme kapasitesine sahip 5 adet biyogaz tesisi kurulması gerektiğini belirtmiştir. Eyyübiye ve Haliliye ilçelerinde 150 000 ton gübre işleme kapasitesine sahip 2'şer adet, Akçakale, Birecik, Bozova, Ceylanpınar ve Hilvan ilçelerinde 150 000 ton gübre işleme kapasitesine sahip 1'er adet olmak üzere Şanlıurfa ili toplamında 19 adet biyogaz tesisi kurulması gerektiğini bildirmiştir. Ayrıca yapılacak olan bu bölgesel yatırımın, ilk yatırım maliyetinin geri alma süresinin 5.47 yıl olduğunu belirtmiştir.

Şen (2010), Bolu ilindeki tavuk çiftliklerinin biyogaz üretim kapasitelerinin belirlenmesine yönelik yapmış olduğu çalışmada, doğrusal deklem, box-jenkins

arima modeli ve spss paket programları kullanarak biyogaz üretim miktarlarını istatistiksel olarak belirlemiştir. Araştırmasında 2010 yılından 2050 yılına kadar 5'er yıllık periyotlar halinde biyogaz üretim miktarını ve buna bağlı olarak üretilen elektrik enerjisini istatistiksel olarak belirlemiştir. Yaptığı çalışmada, 2010 yılından 2050 yılına kadar 5'er yıllık aralarla Bolu ilinde üretilebilecek biyogaz üretim miktarını 76 867 – 95 170 – 113 308 – 131 447 – 149 585 – 167 723 – 185 861 – 204 000 – 222 138 m³ olarak hesaplamıştır. Hesapladığı biyogaz üretim değerlerinin elektrik enerjisi olarak karşılığının 461 205 – 571 019 – 679 850 – 788 679 – 897 508 – 1 006 338 – 1 115 168 – 1 223 997 – 1 332 827 MWh olduğunu ifade etmiştir.

Karadağ (2019), Bursa ilinde merkezi biyogaz tesisleri planlama modelinin geliştirilmesine yönelik yapmış olduğu çalışmada, Bursa ilindeki süt ve besi sığırcılığı için kullanılan 227 346 adet büyükbaş hayvanın verilerini araştırma materyali olarak kullanmıştır. Mevcut hayvanları kullanarak 2018 yılı için 1 692 720 ton gübre üretiminin olacağını hesaplamıştır. Elde edilecek olan bu gübre miktarının değerlendirilmesi sonucunda yıllık 67 844 375 m³ biyogaz üretiminin ve yıllık 127 762 290 kWh elektrik enerjisi üretiminin mümkün olduğunu belirtmiştir. Üretilen biyogazın elektrik enerjisine çevrilmesi amacıyla Bursa ilinin M.Kemalpaşa ilçesinde yıllık 150 000 ton gübre işleme kapasitesine sahip 3 adet biyogaz tesisinin kurulması gerektiğini belirtmiştir. Aynı şekilde Karacabey ve Yenişehir ilçelerinde yıllık 150 000 ton gübre işleme kapasitesine sahip 2'şer adet biyogaz tesisinin kurulması gerektiğini belirtmiştir. Bu biyogaz tesislerine ilave olarak Gemlik, İnegöl ve Osmangazi ilçelerinde yıllık 150 000 ton gübre işleme kapasitesine sahip 1'er adet ve Orhaneli ilçesinde yıllık 192 720 ton gübre işleme kapasitesine sahip 1 adet biyogaz tesisi olmak üzere Bursa ilinde toplamda 11 adet tesisin kurulmasını gerektiğini bildirmiştir. Ayrıca yapılacak olan bu bölgesel yatırımın, ilk yatırım maliyetinin geri alma süresinin yaklaşık 5.19 yıl olduğunu ifade etmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma alanının konumu

Isparta ili, 30°20' ve 31°33' doğu boylamları ile 37°18' ve 38°30' kuzey enlemleri arasında yer almakta olup yüzölçümü 8933 km² ve rakımı 1050 m'dir. Isparta ili soğuk-yarı kara iklimi etkisi altında bulunmaktadır. İlin Akdeniz'e yakın olan güney kesimlerinde Akdeniz ikliminin özelliği gözlenirken, kuzeydoğuya gidildikçe karasal iklim özellikleri kendini gösterir. Yıllık sıcaklık ortalaması 12 °C ve yıllık yağış ortalaması ise 581 mm'dir (DİE, 1999). Araştırma alanı Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Araştırmanın yürütüldüğü Isparta ili ve yöresinin konumu (KGM, 2019)

3.1.2. Hayvan varlığının belirlenmesi

Tez çalışmasının materyalini oluşturan büyükbaş hayvan işletmeleri ile ilgili veriler Türkiye İstatistik Kurumu'nun (TÜİK) 2019 yılı veritabanından elde edilmiştir. Elde edilen veriler süt sığırları 0-12 ay dişi, 12-24 düve, +24 ay sağmal inek ve besi sığırları 0-12 ay erkek, 12-24 tosun ve olmak üzere gruplandırılarak değerlendirmeye alınmıştır. Elde edilen tüm veri grubunun tamamı tam sayım yöntemine göre tez çalışması kapsamında değerlendirilmiştir. Tez çalışması kapsamında kullanılan hayvan sayısı ve gruplarının ilçelere göre dağılımı Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Isparta ili ve ilçelerinin büyükbaş hayvan varlığı (TÜİK, 2019)

İlçeler	Süt sığırcılığı			Besi sığırcılığı		Toplam hayvan sayısı (baş)	Oran (%)
	Buzağı ve dana (<12 ay)	Düve (12-24 ay)	Sağmal (+24 ay)	Buzağı ve dana (<12 ay)	Tosun (12-24 ay)		
Yalvaç	3 810	4 078	15 683	4 096	3 531	31 198	21.39
Şarkikaraağaç	5 531	5 812	9 929	5 735	2 325	29 332	20.12
Merkez	2 421	2 730	8 900	2 230	2 775	19 056	13.07
Eğirdir	2 163	2 762	6 893	1 732	1 169	14 719	10.09
Sütçüler	1 628	1 406	4 866	1 562	934	10 396	7.13
Keçiborlu	1 166	1 266	3 569	1 779	1 348	9 128	6.26
Aksu	1 123	1 826	2 870	885	1 249	7 953	5.45
Gelendost	1 145	711	3 096	1 216	367	6 535	4.48
Atabey	837	1 051	2 337	859	891	5 975	4.10
Gönen	935	650	2 240	795	373	4 993	3.42
Senirkent	508	515	2 100	520	261	3 904	2.68
Yenişarbademli	211	352	653	165	124	1 505	1.03
Uluborlu	137	116	514	137	222	1 126	0.77
Toplam	21 615	23 275	63 650	21 711	15 569	145 820	100.00

3.2. Planlama Modelinin Yazılması ve Sonuçlarının Elde Edilmesi

Karma tamsayılı programlama yöntemi yaklaşık elli yıl önce geliştirilmeye başlanmış olup, günümüz dünyasında özellikle mühendislik ve iktisat alanlarında vazgeçilmez bir programlama tekniği haline gelmiştir. Karma tamsayılı programlama tekniği temel olarak doğrusal tabanlı çözümleri ve karma tamsayılı programlamanın esnekliğini kullanmaktadır (Floudas and Lin, 2005; Gamrath vd., 2015; Vielma, 2015).

Hedef programlama çok amaçlı modelleme uygulamalarında yoğun olarak kullanılan bir programlama yöntemidir. Bu programlama uygulamalarında karar değişkenlerinin optimum olduğu nokta çözüm olarak belirlenir. Söz konusu süreçte, kısıt faktörlerin öncelikleri de dikkate alınmaktadır. Hedef programlamanın en

önemli farklılıklarından birisi de farklı amaçları ve birimleri aynı algoritma içerisinde bir araya getirebilmesidir (Taha, 1997).

Hedef programlama yöntemleri; karar değişkenlerinin ve fonksiyonlarının çeşitlerine göre belirlenir. Bu programlama yöntemleri, i) doğrusal hedef programlama ii) doğrusal olmayan hedef programlama iii) tamsayılı hedef programlama iv) stokastik hedef programlama v) bulanık hedef programlama olmak üzere genel olarak beş kategoriye ayrılmaktadır.

Karma tamsayılı hedef programlama uygulamalarında değişkenlerin bir kısmının sürekli değişken olarak yer alması istenirken bir kısmının ise tamsayılı olarak çözümde yer alması istenir. Yine aynı şekilde tamsayılı programlamada değişkenlerin bir kısmının 0-1 değişken olarak çözümde yer alması istenmektedir (Kağnıcıoğlu ve Yıldız, 2006).

Yüksek lisans çalışması kapsamında yazılan modelimizde farklı amaçların birlikte çözümü istenmesinden dolayı çok amaçlı programlama (hedef programlama) yöntemi kullanılmıştır. Yazılmış ve çözüm çıktıları alınmış modelimizde çözümlerin doğrusal modelleme kapsamında tamsayılı ve 0-1 çözümler olması hedeflendiğinden bu yöntemlerin bir karması olarak 'karma tamsayılı hedef programlama' yöntemi kullanılmıştır.

Bu yüksek lisans tezi kapsamında geliştirilen modele göre biyogaz tesislerinin kurulacağı merkezler belirlenirken, aynı zamanda da yatırım maliyetlerinin de minimize edilmesi hedeflenmiştir. İlaveten, büyükbaş hayvan gübresinin tesislere taşınması sürecinde oluşacak ulaşım maliyetlerinin de minimize edilmesi de modelde yer alan bir diğer bileşeni de oluşturmaktadır. Ayrıca gübre üretim merkezlerinden biyogaz tesislerine ulaştırılacak olan gübre modelde tamsayılı değişken olarak tanımlanmıştır.

Modelimizde merkezi biyogaz tesisleri sayıları, kapasiteleri ve kurulacağı yerler karar değişkeni olarak belirlenirken, ilçelerin gübre üretim miktarları, gübre üretim merkezleri ile biyogaz tesisi arasındaki yol mesafeleri vb. gibi faktörler modelimizde kısıt faktörler olarak yer almıştır. Planlama modelimizin çözüm çıktılarının

alınmasında Lingo paket programı kullanılmıştır (Şekil 3.2 ve 3.3). Planlama modeli çözüm çıktısı ayrıntılı bir şekilde Ek 1’de verilmiştir.

Kurulan optimizasyon modelinin matematiksel tanımlaması aşağıda sunulmuştur;

Amaç fonksiyonu;

Modelin amaç fonksiyonu, merkezi biyogaz tesisleri ilk yatırım maliyetleri ve gübre taşıma maliyetinin minimizasyonudur.

$$Zmin \quad a \sum_{i=1}^n x_i + b \sum_{i=1}^n x_i + c \sum_{i=1}^n x_i + d \sum_{i=1}^n x_i + e \sum_{j=1}^n x_j \quad (3.1)$$

Eşitlikte;

x_i ; Kurulacak olan biyogaz tesisleri sayısı (adet)

a ; A tipi biyogaz tesisleri yatırım masrafını (TL/adet)

b ; B tipi biyogaz tesisleri yatırım masrafını (TL/adet)

c ; C tipi biyogaz tesisleri yatırım masrafını (TL/adet)

d ; D tipi biyogaz tesisleri yatırım masrafını (TL/adet)

e ; Gübrelerin biyogaz tesislerine taşınması sonucunda oluşacak gübre taşıma masrafını belirlemek için kullanılan taşıma katsayısını (TL.ton/km)

x_j ; Gübre üretim merkezlerinden tesislere götürülecek gübre miktarını ifade etmektedir. (ton/yıl)

Kısıt denklemleri;

$$a \sum_{i=1}^n x_i + b \sum_{i=1}^n x_i + c \sum_{i=1}^n x_i + d \sum_{i=1}^n x_i \geq g \quad (3.2)$$

$$a \sum_{i=1}^n x_i + b \sum_{i=1}^n x_i + c \sum_{i=1}^n x_i + d \sum_{i=1}^n x_i \leq h \quad (3.3)$$

Eşitlikte;

x_i ; Biyogaz tesisi sayısı

a ; A tipi biyogaz tesisi ürün işleme kapasitesi (ton/yıl)

b; B tipi biyogaz tesisi ürün işleme kapasitesi (ton/yıl)

c; C tipi biyogaz tesisi ürün işleme kapasitesi (ton/yıl)

d; D tipi biyogaz tesisi ürün işleme kapasitesi (ton/yıl)

g; Isparta ili toplam gübre miktarı alt sınır değeri (ton/yıl)

h; Isparta ili toplam gübre miktarı üst sınır değeri (ton/yıl)

Modelimizde 0-1 programlama tekniğine uygun olarak biyogaz tesisleri sayıları 0-1 değişken olarak tanımlanmıştır (Çizelge 3.2). Isparta ili'ndeki tüm ilçeler potansiyel biyogaz tesisi kurulum merkezi olarak modele tanımlanmıştır (Çizelge 3.3).

$$\sum_{j=1}^n x_{jj} + \sum_{j=1}^n x_{jk} + \sum_{j=1}^n x_{jl} + \sum_{j=1}^n x_{jm} \leq p \quad (3.4)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{jj} + \sum_{j=1}^n x_{jk} + \sum_{j=1}^n x_{jl} + \sum_{j=1}^n x_{jm} \geq r \quad (3.5)$$

Eşitlikte;

X_{jj} ; j İlçesinden j ilçesindeki biyogaz tesislerine gönderilen gübre miktarı (ton/yıl)

X_{jk} ; j İlçesinden k ilçesindeki biyogaz tesislerine gönderilen gübre miktarı (ton/yıl)

X_{jl} ; j İlçesinden l ilçesindeki biyogaz tesislerine gönderilen gübre miktarı (ton/yıl)

X_{jm} ; j İlçesinden m ilçesindeki biyogaz tesislerine gönderilen gübre miktarı (ton/yıl)

p; j ilçesinin gübre üretim miktarı üst sınır değeri (ton/yıl)

r; j ilçesinin gübre üretim miktarı alt sınır değeri (ton/yıl)

Modelimizde tamsayı programlama tekniğine uygun olarak biyogaz tesislerine gönderilen gübre miktarı tamsayı değişken olarak tanımlanmıştır.

$$sa \sum_{j=1}^n x_{jj} + sb \sum_{j=1}^n x_{jk} + sc \sum_{j=1}^n x_{jl} + sd \sum_{j=1}^n x_{jm} = \sum_{j=1}^n x_j \quad (3.6)$$

Eşitlikte;

X_{jj} ; j İlçesinden j ilçesindeki biyogaz tesislerine gönderilen gübre miktarı (ton/yıl)

X_{jk} ; j İlçesinden k ilçesindeki biyogaz tesislerine gönderilen gübre miktarı (ton/yıl)

X_{jl} ; j İlçesinden l ilçesindeki biyogaz tesislerine gönderilen gübre miktarı (ton/yıl)

X_{jm} ; j İlçesinden m ilçesindeki biyogaz tesislerine gönderilen gübre miktarı (ton/yıl)

- a; j İlçesi ile j ilçesindeki biyogaz tesisi arasındaki yol mesafesi (km)
b; j İlçesi ile k ilçesindeki biyogaz tesisi arasındaki yol mesafesi (km)
c; j İlçesi ile l ilçesindeki biyogaz tesisi arasındaki yol mesafesi (km)
d; j İlçesi ile m ilçesindeki biyogaz tesisi arasındaki yol mesafesi (km)
s; j taşıma katsayısı (TL/ton.km)
x_j; Gübre üretim merkezlerinden tesislere götürülecek gübre miktarını ifade etmektedir. (ton/yıl).

Çizelge 3.2. Alternatif biyogaz tesisi seçenekleri

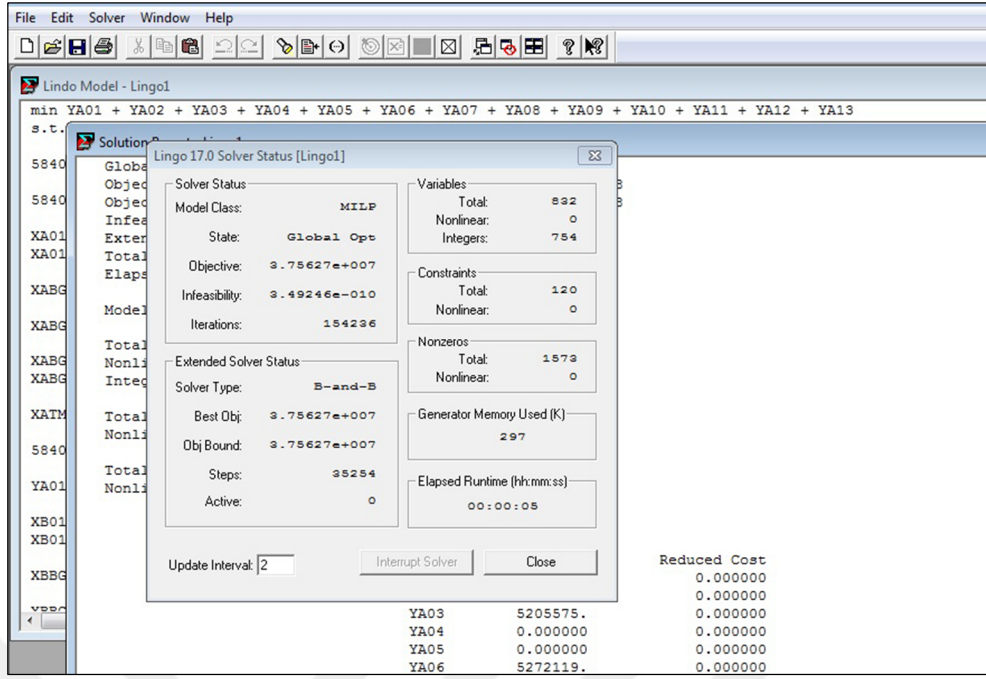
Biyogaz tesis tipi	Yıllık atık işleme kapasitesi (ton)	Günlük biyogaz üretimi (m ³)	Günlük elektrik üretimi (kWh)	Yıllık elektrik üretimi (kWh)
A	58 400	6 593	619	4 546 440
B	105 000	11 520	1 000	7 344 814
C	150 000	16 450	1 500	11 017 221
D	192 720	21 375	2 008	17 590 080

Çizelge 3.3. Biyogaz tesisleri potansiyel kurulum merkezleri

Sıra no	İlçe	Biyogaz tesisleri potansiyel kurulum merkezleri
1	Aksu	Potansiyel biyogaz tesisi kurulum merkezi
2	Atabey	Potansiyel biyogaz tesisi kurulum merkezi
3	Eğirdir	Potansiyel biyogaz tesisi kurulum merkezi
4	Gelendost	Potansiyel biyogaz tesisi kurulum merkezi
5	Gönen	Potansiyel biyogaz tesisi kurulum merkezi
6	Keçiborlu	Potansiyel biyogaz tesisi kurulum merkezi
7	Merkez	Potansiyel biyogaz tesisi kurulum merkezi
8	Şarkikaraağaç	Potansiyel biyogaz tesisi kurulum merkezi
9	Senirkent	Potansiyel biyogaz tesisi kurulum merkezi
10	Sütçüler	Potansiyel biyogaz tesisi kurulum merkezi
11	Uluborlu	Potansiyel biyogaz tesisi kurulum merkezi
12	Yalvaç	Potansiyel biyogaz tesisi kurulum merkezi
13	Yenişarbademli	Potansiyel biyogaz tesisi kurulum merkezi

```

File Edit Solver Window Help
Lindo Model - Lingo1
min YA01 + YA02 + YA03 + YA04 + YA05 + YA06 + YA07 + YA08 + YA09 + YA10 + YA11 + YA12 + YA13
s.t.
58400XABGTA + 105000XABGTB + 150000XABGTC + 192720XABGTD + 58400XBBGTA + 105000XBBGTB + 150000XBBGTC + 192720XBBGTD + 58400XCBGTA + 105000XCBGTB + 150000XCBGTC + 192720XCBGTD + 58400XDBGTA + 105000XDBGTB + 150000XDBGTC + 192720XDBGTD + 58400XEBGTA + 105000XEBGTB + 150000XEBGTC + 192720XEBGTD + 58400XFBGTA + 105000XFBGTB + 150000XFBGTC + 192720XFBGTD + 58400XGBGTA + 105000XGBGTB + 150000XGBGTC + 192720XGBGTD + 58400XHBGTA + 105000XHBGTB + 150000XHBGTC + 192720XHBGTD + 58400XIBGTA + 105000XIBGTB + 150000XIBGTC + 192720XIBGTD + 58400XJBGTA + 105000XJBGTB + 150000XJBGTC + 192720XJBGTD + 58400XKBGTA + 105000XKBGTB + 150000XKBGTC + 192720XKBGTD + 58400XLBGTA + 105000XLBGTB + 150000XLBGTC + 192720XLBGTD + 58400XMBGTA + 105000XMBGTB + 150000XMBGTC + 192720XMBGTD + 58400XNBGTA + 105000XNBGTB + 150000XNBGTC + 192720XNBGTD + 58400XOBGTA + 105000XOBGTB + 150000XOBGTC + 192720XOBGTD + 58400XPBGTA + 105000XPBGTB + 150000XPBGTC + 192720XPBGTD + 58400XQBGTA + 105000XQBGTB + 150000XQBGTC + 192720XQBGTD + 58400XRBGTA + 105000XRBGTB + 150000XRBGTC + 192720XRBGTD + 58400XSBGTA + 105000XSBGTB + 150000XSBGTC + 192720XSBGTD + 58400XTBGTA + 105000XTBGTB + 150000XTBGTC + 192720XTBGTD + 58400XUBGTA + 105000XUBGTB + 150000XUBGTC + 192720XUBGTD + 58400XVBGTA + 105000XVBGTB + 150000XVBGTC + 192720XVBGTD + 58400XWBGTA + 105000XWBGTB + 150000XWBGTC + 192720XWBGTD + 58400XXBGTA + 105000XXBGTB + 150000XXBGTC + 192720XXBGTD + 58400XYBGTA + 105000XYBGTB + 150000XYBGTC + 192720XYBGTD + 58400XZBGTA + 105000XZBGTB + 150000XZBGTC + 192720XZBGTD + 58400XA01 + 58400XA02 + 58400XA03 + 58400XA04 + 58400XA05 + 58400XA06 + 58400XA07 + 58400XA08 + 58400XA09 + 58400XA10 + 58400XA11 + 58400XA12 + 58400XA13 >= 57704
XA01 + XA02 + XA03 + XA04 + XA05 + XA06 + XA07 + XA08 + XA09 + XA10 + XA11 + XA12 + XA13 <= 63778
XABGA01 + XABGA02 + XABGA03 + XABGA04 + XABGA05 + XABGA06 + XABGA07 + XABGA08 + XABGA09 + XABGA10 + XABGA11 + XABGA12 + XABGA13 + XABGA14 + XABGA15 + XABGA16 + XABGA17 + XABGA18 + XABGA19 + XABGA20 + XABGA21 + XABGA22 + XABGA23 + XABGA24 + XABGA25 + XABGA26 + XABGA27 + XABGA28 + XABGA29 + XABGA30 + XABGA31 + XABGA32 + XABGA33 + XABGA34 + XABGA35 + XABGA36 + XABGA37 + XABGA38 + XABGA39 + XABGA40 + XABGA41 + XABGA42 + XABGA43 + XABGA44 + XABGA45 + XABGA46 + XABGA47 + XABGA48 + XABGA49 + XABGA50 + XABGA51 + XABGA52 + XABGA53 + XABGA54 + XABGA55 + XABGA56 + XABGA57 + XABGA58 + XABGA59 + XABGA60 + XABGA61 + XABGA62 + XABGA63 + XABGA64 + XABGA65 + XABGA66 + XABGA67 + XABGA68 + XABGA69 + XABGA70 + XABGA71 + XABGA72 + XABGA73 + XABGA74 + XABGA75 + XABGA76 + XABGA77 + XABGA78 + XABGA79 + XABGA80 + XABGA81 + XABGA82 + XABGA83 + XABGA84 + XABGA85 + XABGA86 + XABGA87 + XABGA88 + XABGA89 + XABGA90 + XABGA91 + XABGA92 + XABGA93 + XABGA94 + XABGA95 + XABGA96 + XABGA97 + XABGA98 + XABGA99 + XABGA00 = 0
XABGB01 + XABGB02 + XABGB03 + XABGB04 + XABGB05 + XABGB06 + XABGB07 + XABGB08 + XABGB09 + XABGB10 + XABGB11 + XABGB12 + XABGB13 + XABGB14 + XABGB15 + XABGB16 + XABGB17 + XABGB18 + XABGB19 + XABGB20 + XABGB21 + XABGB22 + XABGB23 + XABGB24 + XABGB25 + XABGB26 + XABGB27 + XABGB28 + XABGB29 + XABGB30 + XABGB31 + XABGB32 + XABGB33 + XABGB34 + XABGB35 + XABGB36 + XABGB37 + XABGB38 + XABGB39 + XABGB40 + XABGB41 + XABGB42 + XABGB43 + XABGB44 + XABGB45 + XABGB46 + XABGB47 + XABGB48 + XABGB49 + XABGB50 + XABGB51 + XABGB52 + XABGB53 + XABGB54 + XABGB55 + XABGB56 + XABGB57 + XABGB58 + XABGB59 + XABGB60 + XABGB61 + XABGB62 + XABGB63 + XABGB64 + XABGB65 + XABGB66 + XABGB67 + XABGB68 + XABGB69 + XABGB70 + XABGB71 + XABGB72 + XABGB73 + XABGB74 + XABGB75 + XABGB76 + XABGB77 + XABGB78 + XABGB79 + XABGB80 + XABGB81 + XABGB82 + XABGB83 + XABGB84 + XABGB85 + XABGB86 + XABGB87 + XABGB88 + XABGB89 + XABGB90 + XABGB91 + XABGB92 + XABGB93 + XABGB94 + XABGB95 + XABGB96 + XABGB97 + XABGB98 + XABGB99 + XABGB00 = 0
XABGC01 + XABGC02 + XABGC03 + XABGC04 + XABGC05 + XABGC06 + XABGC07 + XABGC08 + XABGC09 + XABGC10 + XABGC11 + XABGC12 + XABGC13 + XABGC14 + XABGC15 + XABGC16 + XABGC17 + XABGC18 + XABGC19 + XABGC20 + XABGC21 + XABGC22 + XABGC23 + XABGC24 + XABGC25 + XABGC26 + XABGC27 + XABGC28 + XABGC29 + XABGC30 + XABGC31 + XABGC32 + XABGC33 + XABGC34 + XABGC35 + XABGC36 + XABGC37 + XABGC38 + XABGC39 + XABGC40 + XABGC41 + XABGC42 + XABGC43 + XABGC44 + XABGC45 + XABGC46 + XABGC47 + XABGC48 + XABGC49 + XABGC50 + XABGC51 + XABGC52 + XABGC53 + XABGC54 + XABGC55 + XABGC56 + XABGC57 + XABGC58 + XABGC59 + XABGC60 + XABGC61 + XABGC62 + XABGC63 + XABGC64 + XABGC65 + XABGC66 + XABGC67 + XABGC68 + XABGC69 + XABGC70 + XABGC71 + XABGC72 + XABGC73 + XABGC74 + XABGC75 + XABGC76 + XABGC77 + XABGC78 + XABGC79 + XABGC80 + XABGC81 + XABGC82 + XABGC83 + XABGC84 + XABGC85 + XABGC86 + XABGC87 + XABGC88 + XABGC89 + XABGC90 + XABGC91 + XABGC92 + XABGC93 + XABGC94 + XABGC95 + XABGC96 + XABGC97 + XABGC98 + XABGC99 + XABGC00 = 0
XABGD01 + XABGD02 + XABGD03 + XABGD04 + XABGD05 + XABGD06 + XABGD07 + XABGD08 + XABGD09 + XABGD10 + XABGD11 + XABGD12 + XABGD13 + XABGD14 + XABGD15 + XABGD16 + XABGD17 + XABGD18 + XABGD19 + XABGD20 + XABGD21 + XABGD22 + XABGD23 + XABGD24 + XABGD25 + XABGD26 + XABGD27 + XABGD28 + XABGD29 + XABGD30 + XABGD31 + XABGD32 + XABGD33 + XABGD34 + XABGD35 + XABGD36 + XABGD37 + XABGD38 + XABGD39 + XABGD40 + XABGD41 + XABGD42 + XABGD43 + XABGD44 + XABGD45 + XABGD46 + XABGD47 + XABGD48 + XABGD49 + XABGD50 + XABGD51 + XABGD52 + XABGD53 + XABGD54 + XABGD55 + XABGD56 + XABGD57 + XABGD58 + XABGD59 + XABGD60 + XABGD61 + XABGD62 + XABGD63 + XABGD64 + XABGD65 + XABGD66 + XABGD67 + XABGD68 + XABGD69 + XABGD70 + XABGD71 + XABGD72 + XABGD73 + XABGD74 + XABGD75 + XABGD76 + XABGD77 + XABGD78 + XABGD79 + XABGD80 + XABGD81 + XABGD82 + XABGD83 + XABGD84 + XABGD85 + XABGD86 + XABGD87 + XABGD88 + XABGD89 + XABGD90 + XABGD91 + XABGD92 + XABGD93 + XABGD94 + XABGD95 + XABGD96 + XABGD97 + XABGD98 + XABGD99 + XABGD00 = 0
XATM - 10.00XA01 - 37.72XB01 - 22.26XC01 - 60.80XD01 - 65.86XE01 - 90.88XF01 - 61.17XG01 - 93.16XH01 - 91.28XI01 - 99.19XL01 - 103.03XN01 - 107.07XO01 - 111.11XP01 - 115.15XQ01 - 119.19XR01 - 123.23XS01 - 127.27XT01 - 131.31XU01 - 135.35XV01 - 139.39XW01 - 143.43XX01 - 147.47XY01 - 151.51XZ01 - 155.55YA01 - 159.59YB01 - 163.63YC01 - 167.67YD01 - 171.71YE01 - 175.75YF01 - 179.79YG01 - 183.83YH01 - 187.87YI01 - 191.91YJ01 - 195.95YK01 - 199.99YL01 - 203.03YM01 - 207.07YN01 - 211.11YO01 - 215.15YP01 - 219.19YQ01 - 223.23YR01 - 227.27YS01 - 231.31YT01 - 235.35YU01 - 239.39YV01 - 243.43YW01 - 247.47YX01 - 251.51YY01 - 255.55YZ01 - 259.59YA01 - 263.63YB01 - 267.67YC01 - 271.71YD01 - 275.75YE01 - 279.79YF01 - 283.83YG01 - 287.87YH01 - 291.91YI01 - 295.95YJ01 - 299.99YK01 - 303.03YL01 - 307.07YM01 - 311.11YN01 - 315.15YO01 - 319.19YP01 - 323.23YQ01 - 327.27YR01 - 331.31YS01 - 335.35YT01 - 339.39YU01 - 343.43YV01 - 347.47YW01 - 351.51YX01 - 355.55YY01 - 359.59YZ01 - 363.63YA01 - 367.67YB01 - 371.71YC01 - 375.75YD01 - 379.79YE01 - 383.83YF01 - 387.87YG01 - 391.91YH01 - 395.95YI01 - 399.99YJ01 - 403.03YK01 - 407.07YL01 - 411.11YM01 - 415.15YN01 - 419.19YO01 - 423.23YP01 - 427.27YQ01 - 431.31YR01 - 435.35YS01 - 439.39YT01 - 443.43YU01 - 447.47YV01 - 451.51YW01 - 455.55YX01 - 459.59YY01 - 463.63YZ01 - 467.67YA01 - 471.71YB01 - 475.75YC01 - 479.79YD01 - 483.83YE01 - 487.87YF01 - 491.91YG01 - 495.95YH01 - 499.99YI01 - 503.03YJ01 - 507.07YK01 - 511.11YL01 - 515.11YM01 - 519.19YN01 - 523.23YO01 - 527.27YP01 - 531.31YQ01 - 535.35YR01 - 539.39YS01 - 543.43YT01 - 547.47YU01 - 551.51YV01 - 555.55YW01 - 559.59YX01 - 563.63YY01 - 567.67YZ01 - 571.71YA01 - 575.75YB01 - 579.79YC01 - 583.83YD01 - 587.87YE01 - 591.91YF01 - 595.95YH01 - 599.99YI01 - 603.03YJ01 - 607.07YK01 - 611.11YL01 - 615.15YM01 - 619.19YN01 - 623.23YO01 - 627.27YP01 - 631.31YQ01 - 635.35YR01 - 639.39YS01 - 643.43YT01 - 647.47YU01 - 651.51YV01 - 655.55YW01 - 659.59YX01 - 663.63YY01 - 667.67YZ01 - 671.71YA01 - 675.75YB01 - 679.79YC01 - 683.83YD01 - 687.87YE01 - 691.91YF01 - 695.95YH01 - 699.99YI01 - 703.03YJ01 - 707.07YK01 - 711.11YL01 - 715.15YM01 - 719.19YN01 - 723.23YO01 - 727.27YP01 - 731.31YQ01 - 735.35YR01 - 739.39YS01 - 743.43YT01 - 747.47YU01 - 751.51YV01 - 755.55YW01 - 759.59YX01 - 763.63YY01 - 767.67YZ01 - 771.71YA01 - 775.75YB01 - 779.79YC01 - 783.83YD01 - 787.87YE01 - 791.91YF01 - 795.95YH01 - 799.99YI01 - 803.03YJ01 - 807.07YK01 - 811.11YL01 - 815.15YM01 - 819.19YN01 - 823.23YO01 - 827.27YP01 - 831.31YQ01 - 835.35YR01 - 839.39YS01 - 843.43YT01 - 847.47YU01 - 851.51YV01 - 855.55YW01 - 859.59YX01 - 863.63YY01 - 867.67YZ01 - 871.71YA01 - 875.75YB01 - 879.79YC01 - 883.83YD01 - 887.87YE01 - 891.91YF01 - 895.95YH01 - 899.99YI01 - 903.03YJ01 - 907.07YK01 - 911.11YL01 - 915.15YM01 - 919.19YN01 - 923.23YO01 - 927.27YP01 - 931.31YQ01 - 935.35YR01 - 939.39YS01 - 943.43YT01 - 947.47YU01 - 951.51YV01 - 955.55YW01 - 959.59YX01 - 963.63YY01 - 967.67YZ01 - 971.71YA01 - 975.75YB01 - 979.79YC01 - 983.83YD01 - 987.87YE01 - 991.91YF01 - 995.95YH01 - 999.99YI01 - 1003.03YJ01 - 1007.07YK01 - 1011.11YL01 - 1015.15YM01 - 1019.19YN01 - 1023.23YO01 - 1027.27YP01 - 1031.31YQ01 - 1035.35YR01 - 1039.39YS01 - 1043.43YT01 - 1047.47YU01 - 1051.51YV01 - 1055.55YW01 - 1059.59YX01 - 1063.63YY01 - 1067.67YZ01 - 1071.71YA01 - 1075.75YB01 - 1079.79YC01 - 1083.83YD01 - 1087.87YE01 - 1091.91YF01 - 1095.95YH01 - 1099.99YI01 - 1103.03YJ01 - 1107.07YK01 - 1111.11YL01 - 1115.15YM01 - 1119.19YN01 - 1123.23YO01 - 1127.27YP01 - 1131.31YQ01 - 1135.35YR01 - 1139.39YS01 - 1143.43YT01 - 1147.47YU01 - 1151.51YV01 - 1155.55YW01 - 1159.59YX01 - 1163.63YY01 - 1167.67YZ01 - 1171.71YA01 - 1175.75YB01 - 1179.79YC01 - 1183.83YD01 - 1187.87YE01 - 1191.91YF01 - 1195.95YH01 - 1199.99YI01 - 1203.03YJ01 - 1207.07YK01 - 1211.11YL01 - 1215.15YM01 - 1219.19YN01 - 1223.23YO01 - 1227.27YP01 - 1231.31YQ01 - 1235.35YR01 - 1239.39YS01 - 1243.43YT01 - 1247.47YU01 - 1251.51YV01 - 1255.55YW01 - 1259.59YX01 - 1263.63YY01 - 1267.67YZ01 - 1271.71YA01 - 1275.75YB01 - 1279.79YC01 - 1283.83YD01 - 1287.87YE01 - 1291.91YF01 - 1295.95YH01 - 1299.99YI01 - 1303.03YJ01 - 1307.07YK01 - 1311.11YL01 - 1315.15YM01 - 1319.19YN01 - 1323.23YO01 - 1327.27YP01 - 1331.31YQ01 - 1335.35YR01 - 1339.39YS01 - 1343.43YT01 - 1347.47YU01 - 1351.51YV01 - 1355.55YW01 - 1359.59YX01 - 1363.63YY01 - 1367.67YZ01 - 1371.71YA01 - 1375.75YB01 - 1379.79YC01 - 1383.83YD01 - 1387.87YE01 - 1391.91YF01 - 1395.95YH01 - 1399.99YI01 - 1403.03YJ01 - 1407.07YK01 - 1411.11YL01 - 1415.15YM01 - 1419.19YN01 - 1423.23YO01 - 1427.27YP01 - 1431.31YQ01 - 1435.35YR01 - 1439.39YS01 - 1443.43YT01 - 1447.47YU01 - 1451.51YV01 - 1455.55YW01 - 1459.59YX01 - 1463.63YY01 - 1467.67YZ01 - 1471.71YA01 - 1475.75YB01 - 1479.79YC01 - 1483.83YD01 - 1487.87YE01 - 1491.91YF01 - 1495.95YH01 - 1499.99YI01 - 1503.03YJ01 - 1507.07YK01 - 1511.11YL01 - 1515.15YM01 - 1519.19YN01 - 1523.23YO01 - 1527.27YP01 - 1531.31YQ01 - 1535.35YR01 - 1539.39YS01 - 1543.43YT01 - 1547.47YU01 - 1551.51YV01 - 1555.55YW01 - 1559.59YX01 - 1563.63YY01 - 1567.67YZ01 - 1571.71YA01 - 1575.75YB01 - 1579.79YC01 - 1583.83YD01 - 1587.87YE01 - 1591.91YF01 - 1595.95YH01 - 1599.99YI01 - 1603.03YJ01 - 1607.07YK01 - 1611.11YL01 - 1615.15YM01 - 1619.19YN01 - 1623.23YO01 - 1627.27YP01 - 1631.31YQ01 - 1635.35YR01 - 1639.39YS01 - 1643.43YT01 - 1647.47YU01 - 1651.51YV01 - 1655.55YW01 - 1659.59YX01 - 1663.63YY01 - 1667.67YZ01 - 1671.71YA01 - 1675.75YB01 - 1679.79YC01 - 1683.83YD01 - 1687.87YE01 - 1691.91YF01 - 1695.95YH01 - 1699.99YI01 - 1703.03YJ01 - 1707.07YK01 - 1711.11YL01 - 1715.15YM01 - 1719.19YN01 - 1723.23YO01 - 1727.27YP01 - 1731.31YQ01 - 1735.35YR01 - 1739.39YS01 - 1743.43YT01 - 1747.47YU01 - 1751.51YV01 - 1755.55YW01 - 1759.59YX01 - 1763.63YY01 - 1767.67YZ01 - 1771.71YA01 - 1775.75YB01 - 1779.79YC01 - 1783.83YD01 - 1787.87YE01 - 1791.91YF01 - 1795.95YH01 - 1799.99YI01 - 1803.03YJ01 - 1807.07YK01 - 1811.11YL01 - 1815.15YM01 - 1819.19YN01 - 1823.23YO01 - 1827.27YP01 - 1831.31YQ01 - 1835.35YR01 - 1839.39YS01 - 1843.43YT01 - 1847.47YU01 - 1851.51YV01 - 1855.55YW01 - 1859.59YX01 - 1863.63YY01 - 1867.67YZ01 - 1871.71YA01 - 1875.75YB01 - 1879.79YC01 - 1883.83YD01 - 1887.87YE01 - 1891.91YF01 - 1895.95YH01 - 1899.99YI01 - 1903.03YJ01 - 1907.07YK01 - 1911.11YL01 - 1915.15YM01 - 1919.19YN01 - 1923.23YO01 - 1927.27YP01 - 1931.31YQ01 - 1935.35YR01 - 1939.39YS01 - 1943.43YT01 - 1947.47YU01 - 1951.51YV01 - 1955.55YW01 - 1959.59YX01 - 1963.63YY01 - 1967.67YZ01 - 1971.71YA01 - 1975.75YB01 - 1979.79YC01 - 1983.83YD01 - 1987.87YE01 - 1991.91YF01 - 1995.95YH01 - 1999.99YI01 - 2003.03YJ01 - 2007.07YK01 - 2011.11YL01 - 2015.15YM01 - 2019.19YN01 - 2023.23YO01 - 2027.27YP01 - 2031.31YQ01 - 2035.35YR01 - 2039.39YS01 - 2043.43YT01 - 2047.47YU01 - 2051.51YV01 - 2055.55YW01 - 2059.59YX01 - 2063.63YY01 - 2067.67YZ01 - 2071.71YA01 - 2075.75YB01 - 2079.79YC01 - 2083.83YD01 - 2087.87YE01 - 2091.91YF01 - 2095.95YH01 - 2099.99YI01 - 2103.03YJ01 - 2107.07YK01 - 2111.11YL01 - 2115.15YM01 - 2119.19YN01 - 2123.23YO01 - 2127.27YP01 - 2131.31YQ01 - 2135.35YR01 - 2139.39YS01 - 2143.43YT01 - 2147.47YU01 - 2151.51YV01 - 2155.55YW01 - 2159.59YX01 - 2163.63YY01 - 2167.67YZ01 - 2171.71YA01 - 2175.75YB01 - 2179.79YC01 - 2183.83YD01 - 2187.87YE01 - 2191.91YF01 - 2195.95YH01 - 2199.99YI01 - 2203.03YJ01 - 2207.07YK01 - 2211.11YL01 - 2215.15YM01 - 2219.19YN01 - 2223.23YO01 - 2227.27YP01 - 2231.31YQ01 - 2235.35YR01 - 2239.39YS01 - 2243.43YT01 - 2247.47YU01 - 2251.51YV01 - 2255.55YW01 - 2259.59YX01 - 2263.63YY01 - 2267.67YZ01 - 2271.71YA01 - 2275.75YB01 - 2279.79YC01 - 2283.83YD01 - 2287.87YE01 - 2291.91YF01 - 2295.95YH01 - 2299.99YI01 - 2303.03YJ01 - 2307.07YK01 - 2311.11YL01 - 2315.15YM01 - 2319.19YN01 - 2323.23YO01 - 2327.27YP01 - 2331.31YQ01 - 2335.35YR01 - 2339.39YS01 - 2343.43YT01 - 2347.47YU01 - 2351.51YV01 - 2355.55YW01 - 2359.59YX01 - 2363.63YY01 - 2367.67YZ01 - 2371.71YA01 - 2375.75YB01 - 2379.79YC01 - 2383.83YD01 - 2387.87YE01 - 2391.91YF01 - 2395.95YH01 - 2
```

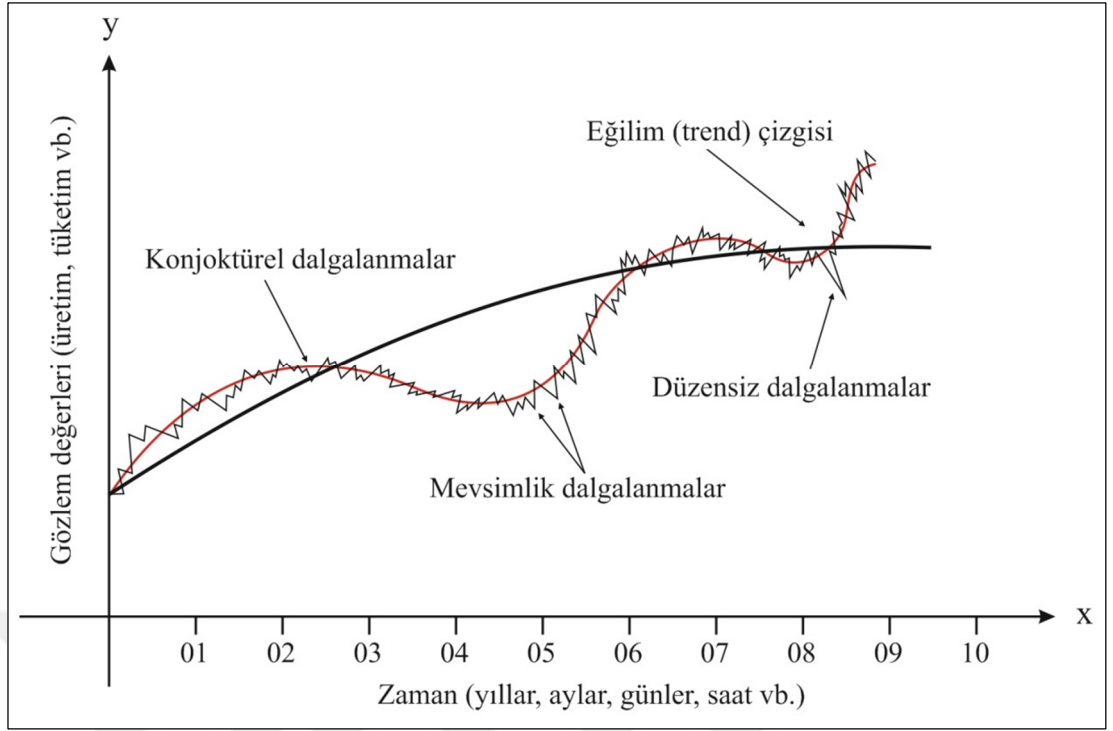


Şekil 3.3. Planlama modeli çözüm çıktısının alınması

3.3. Zaman Serileri Analizi ile 2029 Yılı Hayvan Varlığının Belirlenmesi

İstatiksel bir olayda, gözlem değerlerinin zaman değişkeninin konumlarına göre aldığı değerlerin sıralanması ile elde edilen verilere “zaman serisi” denilmektedir. Zaman serileri genellikle eşit zaman aralıklarında toplanan gözlem değerlerinden oluşmaktadır. Zaman serisi analizi ile gelecek hakkında öngörüler yapılırken, geçmişteki hareketlerin gelecekte de aynı eğilim içerisinde bulunacağı varsayılır. Zaman serisi analizi ile elde edilecek öngörüler, geleceğe dönük kısa veya uzun süreli planlar yaparken büyük faydalar sağlamaktadır (Şekil 3.4) (Anonim, 2019).

Belirli zaman aralıklarıyla gözlenen ve kaydedilen istatistik veriler çeşitli konularla ilgili zaman serilerini meydana getirirler. Bu seriler yıllara göre milli gelirin, istihdamın veya ihracatın kaydettiği gelişme gibi iktisadi zaman serileri olabileceği gibi, bir mağazanın aylık satışlarını, mevsimlere göre ısı derecelerini veya bir canlının kalp atışlarını ifade eden, işletme, meteoroloji veya tıp konuları ile ilgili serilerde olabilirler (Köksal, 2002).



Şekil 3.4. Zaman serilerini etkileyen faktörler ve eğilim çizgisi (Anonim, 2019)

$$y = a + bx + cx^2 \quad (3.7)$$

Eşitlikte;

y; trend değerlerini (teorik değerleri)

a; Trend doğrusunun y (ordinat) eksenini kestiği noktayı

b; Zamanda bir birimlik değişimin y’de meydana getireceği değişim miktarını

x; Bağımsız değişken durumundaki zamanı

c; Zamanda bir birimlik değişimin karesinin y’de meydana getireceği değişim miktarını

Bu doğru denkleminde “a”, “b” ve “c” katsayıları ifade etmektedir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Isparta İli Hayvancılık Verilerinin Değerlendirilmesi

Türkiye'nin son on yıllık büyükbaş hayvancılık verileri değerlendirildiğinde, 2010 yılında 10 855 051 olan büyükbaş hayvan sayısı 2019 yılında yaklaşık %55.00 oranında artarak 2019 yılında 16 849 976 baş olmuştur. Türkiye'de yapılan büyükbaş hayvancılığın en büyük payını süt sığırcılığı oluşturmaktadır. Büyükbaş hayvancılık içerisinde en büyük paya sahip 24 aydan büyük sağmal ineklerin sayısı 2010 yılında 5 029 679 iken yaklaşık %50.00 oranında bir artış ile 2019 yılında 7 579 493 başa çıkmıştır. 2019 yılı verileri itibariyle süt sığırcılığı amaçlı beslenen büyükbaş hayvanların sayısı 12 352 214 iken toplam büyükbaş hayvan sayısı içerisindeki oranı %73.30'dur. Besi sığırcılığı amaçlı beslenen büyükbaş hayvan sayısı 4 497 762 iken toplam büyükbaş hayvan sayısı içerisindeki oranı %26.70'dir (Çizelge 4.1).

Türkiye'de yapılan büyükbaş hayvancılık verileri illere göre değerlendirildiğinde Konya ili 896 283 büyükbaş hayvan sayısı ile birinci sırada yer alırken, Türkiye'nin toplam büyükbaş hayvan sayısı içerisindeki oranı %5.32'dir. Erzurum ili 789 900 büyükbaş hayvan sayısı ile ikinci sırada yer alırken toplam hayvan sayısı içerisindeki oranı %4.69'dur. Üçüncü sırada ise 754 883 büyükbaş hayvan sayısı ile üçüncü sırada yer almaktadır ve toplam hayvan sayısı içerisindeki oranı %4.48'dir. Türkiye'de büyükbaş hayvancılık yapılan ilk on sıradaki illerin toplam hayvan sayısı 5 788 002 iken toplam hayvan sayısı içerisindeki oranı %34.35'dir. Isparta ili ise 145 820 büyükbaş hayvan sayısı ile kırk altıncı sırada yer alırken Türkiye'nin toplam hayvan sayısı içerisindeki oranı %0.87'dir (Çizelge 4.2).

Isparta ili ilçelerinin büyükbaş hayvancılık verileri değerlendirildiğinde, Yalvaç ilçesi 23 571 baş süt sığırı, 7 627 baş besi sığırı olmak üzere toplamda 31 198 adet büyükbaş hayvana sahiptir ve bu hayvan varlığı ile Isparta ili içerisinde birinci sırada yer almaktadır. Yalvaç ilinin toplam Isparta hayvan varlığı içerisindeki payı %21.39'dir. Şarkikarağaç ilçesi 21 272 baş süt sığırı, 8 060 baş besi sığırı olmak üzere toplamda 29 332 adet büyükbaş hayvan varlığı ile ikinci sırada yer almaktadır. Şarkikarağaç ilçesinin toplam Isparta hayvan varlığı içerisindeki payı ise %20.12'dir. Merkez ilçesi ise 14 051 baş süt sığırı, 5 005 baş besi sığırı olmak üzere toplamda 19 056 büyükbaş

hayvan varlığı ile üçüncü sırada yer almaktadır. Merkez ilçesinin büyükbaş hayvarlığının Isparta ili toplam büyükbaş hayvan varlığı içerisindeki oranı %13.07'dir. Yalvaç, Şarkikarağaç ve Merkez ilçelerinin büyükbaş hayvan varlığı Isparta ili büyükbaş hayvan varlığının %54.58'ini oluşturmaktadır (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.1. Türkiye'deki son on yıllık büyükbaş hayvancılık verileri (TÜİK, 2019)

Yıllar	Süt sığırçılığı			Besi sığırçılığı		Toplam hayvan sayısı (baş)
	Buzağı ve dana (0-12 ay)	Düve (12-24 ay)	Sağmal (+24 ay)	Buzağı ve dana (0-12 ay)	Tosun (12-24 ay)	
2010	1 429 623	1 731 613	5 029 679	1 367 343	1 296 793	10 855 051
2011	1 603 287	1 811 318	5 489 352	1 549 310	1 366 461	11 819 728
2012	1 726 898	2 051 611	6 253 467	1 669 770	1 571 586	13 273 332
2013	1 810 495	2 061 910	6 455 699	1 757 005	1 626 388	13 711 497
2014	1 752 167	2 000 332	6 460 843	1 726 279	1 584 712	13 524 333
2015	1 710 749	1 936 338	6 379 865	1 708 101	1 576 544	13 311 597
2016	1 756 885	2 012 106	6 259 026	1 750 982	1 634 111	13 413 110
2017	2 107 179	2 242 144	6 874 607	2 146 578	1 930 003	15 300 511
2018	2 197 018	2 378 131	7 304 490	2 252 947	2 154 306	16 286 892
2019	2 296 352	2 476 369	7 579 493	2 335 533	2 162 229	16 849 976

Çizelge 4.2. 2019 yılı itibariyle başlıca illerin büyükbaş hayvan varlığı (TÜİK, 2019)

Sıra	İller	Süt sığırçılığı			Besi sığırçılığı		Toplam hayvan sayısı (baş)	Oranı (%)
		Buzağı ve dana (0-12 ay)	Düve (12-24 ay)	Sağmal (+24 ay)	Buzağı ve dana (0-12 ay)	Tosun (12-24 ay)		
1	Konya	117 513	136 441	396 065	129 061	117 203	896 283	5.32
2	Erzurum	117 344	122 979	357 834	104 915	86 828	789 900	4.69
3	İzmir	95 735	101 505	384 096	97 583	75 964	754 883	4.48
4	Diyarbakır	72 648	81 991	282 314	70 847	80 888	588 688	3.49
5	Kars	82 672	102 711	216 710	76 872	66 589	545 554	3.24
6	Balıkesir	77 568	74 320	231 052	85 286	59 174	527 400	3.13
7	Ankara	51 594	52 337	158 762	80 730	153 065	496 488	2.95
8	Aydın	65 051	65 581	191 380	63 076	50 426	435 514	2.58
9	Afyonkarahisar	54 337	59 472	166 929	56 682	53 365	390 785	2.32
10	Ağrı	49 103	55 246	157 867	51 837	48 454	362 507	2.15
46	Isparta	21 615	23 275	63 650	21 711	15 569	145 820	0.87
Diğer iller toplamı		1 491 172	1 600 511	4 972 834	1 496 933	1 354 704	10 916 154	64.78
Türkiye toplamı		2 296 352	2 476 369	7 579 493	2 335 533	2 162 229	16 849 976	100.00

Çizelge 4.3. Isparta ili ve ilçelerinin hayvan sayıları ve grupları (TÜİK, 2019)

İlçeler	Süt sığırçılığı			Besi sığırçılığı		Toplam hayvan sayısı (baş)	Oranı (%)
	Buzağı ve dana (<12 ay)	Düve (12-24 ay)	Sağmal (+24 ay)	Buzağı ve dana (<12 ay)	Tosun (12-24 ay)		
Yalvaç	3 810	4 078	15 683	4 096	3 531	31 198	21.39
Şarkikarağaç	5 531	5 812	9 929	5 735	2 325	29 332	20.12
Merkez	2 421	2 730	8 900	2 230	2 775	19 056	13.07
Eğirdir	2 163	2 762	6 893	1 732	1 169	14 719	10.09
Sütçüler	1 628	1 406	4 866	1 562	934	10 396	7.13
Keçiborlu	1 166	1 266	3 569	1 779	1 348	9 128	6.26
Aksu	1 123	1 826	2 870	885	1 249	7 953	5.45
Gelendost	1 145	711	3 096	1 216	367	6 535	4.48
Atabey	837	1 051	2 337	859	891	5 975	4.10
Gönen	935	650	2 240	795	373	4 993	3.42
Senirkent	508	515	2 100	520	261	3 904	2.68
Yenişarbademli	211	352	653	165	124	1 505	1.03
Uluborlu	137	116	514	137	222	1 126	0.77
Toplam	21 615	23 275	63 650	21 711	15 569	145 820	100.00

4.2. Planlama Modeli İle İlgili Verilerin Değerlendirilmesi

4.2.1. Alternatif biyogaz tesisleri ile ilgili verilerin değerlendirilmesi

Planlama modelimizin geliştirilmesi aşamasında ihtiyacımız olan biyogaz tesisi kapasite, kurulum, işletme gelir ve giderleri ilgili veriler ARTAŞ Endüstriyel Tesisler Taahhüt ve Ticaret A.Ş.'nden teklif alınarak elde edilmiştir. Bu kapsamda mevcut ve ülkemiz koşullarına uygun olacak şekilde A, B, C ve D olmak üzere 4 adet alternatif biyogaz tesisi planlama modeli algoritmasına dahil edilmiştir.

Bu alternatif tesislerden A tipi tesisin gübre işleme kapasitesi yıllık 58 400 tondur. B tipi tesisin gübre işleme kapasitesi yıllık 105 000 tondur. B tipi tesisin gübre işleme kapasitesi yıllık 150 000 ton iken D tipi tesisin gübre işleme kapasitesi yıllık 192 720 tondur.

Planlama modelimizde kullanılan 4 adet farklı biyogaz tesisinin hepsi günde 24 saat çalıştırılacak olup bu tesislerin hepsinin elektrik üretim verimleri %41 ve biyogaz metan içerikleri ise %55'dir.

Alternatif A tipi biyogaz tesisinin yıllık gübre işleme miktarı 58 400 ton olup, saatlik elektrik üretimi 619 kWh ve yıllık elektrik enerjisi üretim miktarı ise 4 546 440 kWh'dır. Tesisin saatlik biyogaz üretimi 275 m³ iken yıllık biyogaz üretimi ise 2 406 445 m³'dür (Çizelge 4.4).

Alternatif B tipi biyogaz tesisinin yıllık gübre işleme miktarı 105 400 ton olup, saatlik elektrik üretimi 1 000 kWh ve yıllık elektrik enerjisi üretim miktarı ise 7 344 814 kWh'dır. Tesisin saatlik biyogaz üretimi 480 m³ iken yıllık biyogaz üretimi ise 4 204 800 m³'dür (Çizelge 4.5).

Alternatif C tipi biyogaz tesisinin yıllık gübre işleme miktarı 150 000 ton olup, saatlik elektrik üretimi 1 500 kWh ve yıllık elektrik enerjisi üretim miktarı ise 11 017 221 kWh'dır. Tesisin saatlik biyogaz üretimi 685 m³ iken yıllık biyogaz üretimi ise 6 004 250 m³'dür (Çizelge 4.6).

Alternatif D tipi biyogaz tesisinin yıllık gübre işleme miktarı 192 720 ton olup, saatlik elektrik üretimi 2 008 kWh ve yıllık elektrik enerjisi üretim miktarı ise 17 590 080 kWh'dır. Tesisin saatlik biyogaz üretimi 891 m³ iken yıllık biyogaz üretimi ise 7 801 875 m³'dür (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.4. A tipi biyogaz tesisi özellikleri

Açıklama	Birim	Miktar
Tesis çalışma süresi	saat/gün	24/7
Biyogaz üretimi	m ³ /saat	275
Biyogaz üretimi	m ³ /gün	6 593
Biyogaz üretimi	m ³ /yıl	2 406 455
Biyogaz metan içeriği	%	55
Elektrik üretimi	kWh	619
Elektrik üretimi	kWh/yıl	4 546 440
Elektrik dönüşüm verimi	%	41
Atık işleme miktarı	ton/yıl	58 400

Çizelge 4.5. B tipi biyogaz tesisi özellikleri

Açıklama	Birim	Miktar
Tesis çalışma süresi	saat/gün	24/7
Biyogaz üretimi	m ³ /saat	480
Biyogaz üretimi	m ³ /gün	11 520
Biyogaz üretimi	m ³ /yıl	4 204 800
Biyogaz metan içeriği	%	55
Elektrik üretimi	kWh	1 000
Elektrik üretimi	kWh/yıl	7 344 814
Elektrik dönüşüm verimi	%	41
Atık işleme miktarı	ton/yıl	105 000

Çizelge 4.6. C tipi biyogaz tesisi özellikleri

Açıklama	Birim	Miktar
Tesis çalışma süresi	saat/gün	24/7
Biyogaz üretimi	m ³ /saat	685
Biyogaz üretimi	m ³ /gün	16 450
Biyogaz üretimi	m ³ /yıl	6 004 250
Biyogaz metan içeriği	%	55
Elektrik üretimi	kWh	1.500
Elektrik üretimi	kWh/yıl	11 017 221
Elektrik dönüşüm verimi	%	41
Atık işleme miktarı	ton/yıl	150 000

Çizelge 4.7. D tipi biyogaz tesisi özellikleri

Açıklama	Birim	Miktar
Tesis çalışma süresi	saat/gün	24/7
Biyogaz üretimi	m ³ /saat	891
Biyogaz üretimi	m ³ /gün	21 375
Biyogaz üretimi	m ³ /yıl	7 801 875
Biyogaz metan içeriği	%	55
Elektrik üretimi	kWh	2 008
Elektrik üretimi	kWh/yıl	17 590 080
Elektrik dönüşüm verimi	%	41
Atık işleme miktarı	ton/yıl	192 720

Alternatif biyogaz tesisi seçenekleri kurulum maliyetlerine göre değerlendirildiğinde A tipi seçeneğin biyogaz tesisi kurulum maliyeti 9 340 850 TL, inşaat maliyeti 3 289 300 TL ve ko-jeneratör maliyeti 2 095 500 olmak üzere toplamda tüm sistemin kurulum maliyeti 14 725 650 TL'dir. B tipi seçeneğin biyogaz tesisi kurulum maliyeti 15 240 000 TL, inşaat maliyeti 5 397 500 TL ve ko-jeneratör maliyeti 4 127 500 olmak üzere toplamda tüm sistemin kurulum maliyeti 24 765 000 TL'dir. C tipi seçeneğin biyogaz tesisi kurulum maliyeti 18 097 500 TL, inşaat maliyeti 7 937 500 TL ve ko-jeneratör maliyeti 5 397 500 olmak üzere toplamda tüm sistemin kurulum maliyeti 31 432 500 TL'dir. D tipi seçeneğin biyogaz tesisi kurulum maliyeti 22 225 000 TL, inşaat maliyeti 12 700 000 TL ve ko-jeneratör maliyeti 6 350 000 olmak üzere toplamda tüm sistemin kurulum maliyeti 41 275 000 TL'dir (Çizelge 4.8).

Biyogaz tesisi seçenekleri gelirlerine göre değerlendirildiğinde A tipi biyogaz tesis seçeneğinin elektrik enerjisi üretiminden sağlayacağı gelir 3 763 759 TL ve ısı enerjisi üretiminden sağlayacağı gelir 325 317 TL olmak üzere toplam geliri 4 089 076 TL'dir. B tipi biyogaz tesis seçeneğinin elektrik enerjisi üretiminden sağlayacağı gelir 6 650 711 TL ve ısı enerjisi üretiminden sağlayacağı gelir 582 009 TL olmak üzere toplam geliri 7 232 720 TL'dir. C tipi biyogaz tesis seçeneğinin elektrik enerjisi üretiminden sağlayacağı gelir 9 409 392 TL ve ısı enerjisi üretiminden sağlayacağı gelir 813 295 TL olmak üzere toplam geliri 10 222 687 TL'dir. D tipi biyogaz tesis seçeneğinin elektrik enerjisi üretiminden sağlayacağı gelir 10 587 336 TL ve ısı enerjisi üretiminden sağlayacağı gelir 306 864 TL olmak üzere toplam geliri 10 894 200 TL'dir (Çizelge 4.9).

Alternatif biyogaz tesis seçenekleri giderlerine göre değerlendirildiğinde, A tipi biyogaz tesisi seçeneğinin personel gideri 895 369 TL, elektrik gideri 688 511 TL, kimyasal gideri 222 504 TL, yedek parça gideri 160 020 TL ve ko-jeneratör gideri 266 700 TL olmak üzere toplam gideri 2 233 105 TL'dir. B tipi biyogaz tesisi seçeneğinin personel gideri 895 369 TL, elektrik gideri 1 053 846 TL, kimyasal gideri 381 699 TL, yedek parça gideri 228 600 TL ve ko-jeneratör gideri 412 750 TL olmak üzere toplam gideri 2 972 264 TL'dir. C tipi biyogaz tesisi seçeneğinin personel gideri 895 369 TL, elektrik gideri 1 419 200 TL, kimyasal gideri 556 260 TL, yedek parça gideri 285 750 TL ve ko-jeneratör gideri 571 500 TL olmak üzere toplam gideri 3 728 079 TL'dir. D tipi biyogaz tesisi seçeneğinin personel gideri 1 374 864 TL,

elektrik gideri 2 081 403 TL, yedek parça gideri 161 925 TL ve ko-jeneratör gideri 609 600 TL olmak üzere toplam gideri 4 227 792 TL'dir (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.8. Alternatif biyogaz tesisi seçeneklerinin kurulum maliyetleri

Açıklama	Biyogaz tesisi maliyetleri (TL)			
	A tipi	B tipi	C tipi	D tipi
Biyogaz tesisi kurulum maliyeti	9 340 850	15 240 000	18 097 500	22 225 000
İnşaat maliyeti	3 289 300	5 397 500	7 937 500	12 700 000
Ko-Jeneratör	2 095 500	4 127 500	5 397 500	6 350 000
Toplam	14 725 650	24 765 000	31 432 500	41 275 000

Çizelge 4.9. Alternatif biyogaz tesisi seçeneklerinin gelirler tablosu

Gelirler	Biyogaz tesisi işletme gelirleri (TL)			
	A tipi	B tipi	C tipi	D tipi
Elektrik geliri	3 763 759	6 650 711	9 409 392	10 587 336
Isı geliri	325 317	582 009	813 295	306 864
Toplam	4 089 076	7 232 720	10 222 687	10 894 200

Çizelge 4.10. Alternatif biyogaz tesisi seçeneklerinin giderler tablosu

Giderler	Biyogaz tesisi işletme giderleri (TL)			
	A tipi	B tipi	C tipi	D tipi
Personel gideri	895 369	895 369	895 369	1 374 864
Elektrik gideri	688 511	1 053 846	1 419 200	2 081 403
Kimyasal gideri	222 504	381 699	556 260	-
Yedek Parça gideri	160 020	228 600	285 750	161 925
Ko-Jeneratör gideri	266 700	412 750	571 500	609 600
Toplam	2 233 105	2 972 264	3 728 079	4 227 792

4.2.2. Hayvancılık ve gübre üretimi ile ilgili verilerin değerlendirilmesi

Planlama modeli içerisinde kısıt faktörü olarak yer alacak olan gübre üretim miktarlarını belirlemek için uluslararası kuruluşların çalışmaları ile belirlenmiş ve yayınlanmış abaklardan yararlanılmıştır. Bu abaklardaki değerlere göre Türkiye içerisinde yetiştiriciliği yapılan hayvanların yaş ve ortalama ağırlık oranlarına yakın değerleri katsayılar kullanılarak modele dahil edilmiştir. Elde edilen bu verilere göre ortalama 200 kg ağırlığı sahip 0-12 ay arasında olan erkek hayvanların (buzağı ve dana) günlük gübre üretimi yaklaşık 11.79 kg olup bu elde edilen gübrelerin su içeriği %88 civarındadır. Ortalama 150 kg ağırlığa sahip olan 0-12 aylık dişi hayvanların (buzağı ve dana) günlük gübre üretimleri 8.62 kg ve bu gübrenin su içeriği yaklaşık %88'dir. 12-24 ay arası olan tosunların ortalama ağırlığı 350 kg ve günlük gübre üretimleri 22.68 kg'dır. Tosunlardan elde edilen gübredeki su içeriği yaklaşık %92'dir. 12-24 arasındaki düvelerin ise ortalama ağırlıkları 350 kg olarak kabul edilmiş ve

günlük gübre üretimleri yaklaşık 20.41 kg olarak bulunmuştur. Düvelerden elde edilen gübrenin su içeriği yaklaşık olarak %88'dir. Türkiye'deki sağmal hayvanların ortalama ağırlıkları 450 kg olarak kabul edilmiş ve gübre üretim miktarı 28.12 kg olarak belirlenmiş ve sağmal hayvanlardan elde edilen gübrelerin su içeriği %88 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.11).

Isparta ili ilçeleri yıllık üretilen gübre miktarlarına göre değerlendirildiğinde, hayvan sayısı ve üretilen gübre miktarı açısından birinci sırada yer alan Yalvaç ilçesinin dişi hayvanlardan elde ettiği gübre miktarı 203 334 ton/yıl, erkek hayvanlardan elde ettiği gübre miktarı 46 857 ton/yıl olmak üzere toplam 250 191 ton/yıl'dır. İkinci sırada yer alan Şarkikarağaç ilçesinin dişi hayvanlardan elde ettiği gübre miktarı 162 608 ton/yıl, erkek hayvanlardan elde ettiği gübre miktarı 43 927 ton/yıl olmak üzere toplam 206 535 ton/yıl'dır. Üçüncü sırada yer alan Merkez ilçesinin dişi hayvanlardan elde ettiği gübre miktarı 119 303 ton/yıl, erkek hayvanlardan elde ettiği yıllık gübre miktarı 32 568 ton/yıl olmak üzere toplam 151 871 ton/yıl'dır. Isparta ili genelinde ise dişi hayvanlardan elde edilen gübre miktarı 894 689 ton/yıl, erkek hayvanlardan elde edilen gübre miktarı 222 314 ton/yıl olmak üzere yıllık toplam 1 117 003 ton/yıl'dır (Çizelge 4.12, Çizelge 4.13 ve Çizelge 4.14).

Planlama modeli içerisinde kullanılacak veriler modele işlenirken model algoritması içerisinde ilçe gübre üretim miktarlarının toplam biyogaz tesisi kapasitesine bağlı olarak eşitlemeye çalışması sonucunda çözüm için sonsuz bir döngü oluşturmaması ve modelin çözümünde daha rahat çözüm çıktıları bulabilmesi amacıyla \pm %5 hata payı ile çalışılmıştır. Çözüm çıktılarında elde edilecek olan çözümlerin tam sayılı olması istendiğinden dolayı ilçe gübre üretim miktarlarının alt ve üst sınır değerleri modele tamsayıyla değişken olarak tanımlanmıştır (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.11. Büyükbaş hayvanların günlük gübre üretim miktarları (Anonim, 2006; Anonim, 2016; MWPS, 2004)

Büyükbaş hayvan grubu		Yaş grubu (ay)	Canlı ağırlık (kg)	Yaş gübre üretimi (kg/gün)	Su içeriği (%)	Azot (N) (kg/gün)	Fosfor (P ₂ O ₅) (kg/gün)	Potasyum (K ₂ O) (kg/gün)
Dişi hayvanlar	Buzağı ve dana	<12	150	8.62	88	0.049	0.009	0.041
	Düve	12-24	350	20.41	88	0.104	0.036	0.104
	İnek	>24	450	28.12	88	0.136	0.050	0.109
Erkek hayvanlar	Buzağı ve dana	<12	200	11.79	88	0.064	0.045	0.050
	Tosun	12-24	350	22.68	92	0.132	0.057	0.103

Çizelge 4.12. Isparta ili dışı büyükbaş hayvanların yıllık gübre üretimleri

İlçeler	Dışı hayvanlar								
	Buzağı ve dana (<12 ay)	Günlük gübre üretimi (kg/gün)	Yıllık gübre üretimi (ton/yıl)	Düve (12-24 ay)	Günlük gübre üretimi (kg/gün)	Yıllık gübre üretimi (ton/yıl)	Sağmal (+24 ay)	Günlük gübre üretimi (kg/gün)	Yıllık gübre üretimi (ton/yıl)
Yalvaç	3 810	8.62	11 987	4 078	20.41	30 380	15 683	28.12	160 967
Şarkikaraağaç	5 531	8.62	17 402	5 812	20.41	43 297	9 929	28.12	101 909
Merkez	2 421	8.62	7 617	2 730	20.41	20 338	8 900	28.12	91 348
Eğirdir	2 163	8.62	6 805	2 762	20.41	20 576	6 893	28.12	70 748
Sütçüler	1 628	8.62	5 122	1 406	20.41	10 474	4 866	28.12	49 944
Keçiborlu	1 166	8.62	3 669	1 266	20.41	9 431	3 569	28.12	36 632
Aksu	1 123	8.62	3 533	1 826	20.41	13 603	2 870	28.12	29 457
Gelendost	1 145	8.62	3 603	711	20.41	5 297	3 096	28.12	31 777
Atabey	837	8.62	2 633	1 051	20.41	7 830	2 337	28.12	23 987
Gönen	935	8.62	2 942	650	20.41	4 842	2 240	28.12	22 991
Senirkent	508	8.62	1 598	515	20.41	3 837	2 100	28.12	21 554
Yenişarbademli	211	8.62	664	352	20.41	2 622	653	28.12	6 702
Uluborlu	137	8.62	431	116	20.41	864	514	28.12	5 276
Toplam	21 615		68 006	23 275		173 391	63 650		653 292

Çizelge 4.13. Isparta ili erkek büyükbaş hayvanların yıllık gübre üretimleri

İlçeler	Erkek hayvanlar					
	Buzağı ve dana (<12 ay)	Günlük gübre üretimi (kg/gün)	Yıllık gübre üretimi (ton/yıl)	Tosun (12-24 ay)	Günlük gübre üretimi (kg/gün)	Yıllık gübre üretimi (ton/yıl)
Yalvaç	4 096	11.79	17 627	3 531	22.68	29 230
Şarkikaraağaç	5 735	11.79	24 680	2 325	22.68	19 247
Merkez	2 230	11.79	9 596	2 775	22.68	22 972
Keçiborlu	1 779	11.79	7 656	1 348	22.68	11 159
Eğirdir	1 732	11.79	7 453	1 169	22.68	9 677
Sütçüler	1 562	11.79	6 722	934	22.68	7 732
Aksu	885	11.79	3 808	1 249	22.68	10 339
Atabey	859	11.79	3 697	891	22.68	7 376
Gelendost	1 216	11.79	5 233	367	22.68	3 038
Gönen	795	11.79	3 421	373	22.68	3 088
Senirkent	520	11.79	2 238	261	22.68	2 161
Uluborlu	137	11.79	590	222	22.68	1 838
Yenişarbademli	165	11.79	710	124	22.68	1 026
Toplam	21 711		93 431	15 569		128 883

Çizelge 4.14. 2019 yılı planlama modeli kısıt faktörleri içerisinde yer alan ilçe gübre üretim miktarları alt ve üst sınır değerleri

İlçeler	Gübre üretim Miktarı (ton/yıl)	Planlama modeli sınır değerleri	
		Alt sınır (-% 5)	Üst sınır (+% 5)
Yalvaç	250 191	237 681	262 701
Şarkikaraağaç	206 535	196 208	216 862
Merkez	151 871	144 277	159 465
Eğirdir	115 259	109 497	121 023
Sütçüler	79 994	75 994	83 994
Keçiborlu	68 547	65 119	71 973
Aksu	60 740	57 704	63 778
Gelendost	48 948	46 500	51 394
Atabey	45 523	43 246	47 798
Gönen	37 284	35 420	39 148
Senirkent	31 388	29 818	32 956
Yenişarbademli	11 724	11 139	12 311
Uluborlu	8 999	8 548	9 448
Toplam	1 117 003	1 061 151	1 172 851

4.2.3. Taşıma mesafeleri ve katsayıları ile ilgili verilerin değerlendirilmesi

Planlama modelimiz içerisinde karar değişkeni olarak yer alan biyogaz tesisi kurulum merkezlerinin belirlenmesinde kullanılacak olan taşıma katsayıları için düz, engebeli ve tepelik olmak üzere 3 farklı coğrafik yapı seçeneği mevcuttur. Bu coğrafi yapılar içerisinde yakıt tüketimleri de değişmektedir. Düz bir coğrafi yapıya sahip bölgelerde bir ton tarımsal ürünü bir km taşımak için gerekli yakıt miktarı (mazot) 0,05 litredir. Engebeli bir yapıya sahip coğrafya için ise bir ton tarımsal ürünü bir km taşımak için yaklaşık 0.10 litre yakıtı gerek duyulmaktadır. Aşırı engebeler bir coğrafyaya sahip tepelik bölgelerde ise bir ton tarımsal ürünü bir km taşımak için tüketilen yakıt miktarı 0.15 litredir.

Isparta ilinin coğrafi yapısı incelendiğinde yükseltelerin fazla olduğu engebeli bir coğrafi yapıya sahip olduğu varsayılmıştır. Bu sebeple planlama modelimiz içerisinde bir ton tarımsal ürün için gerekli yakıt miktarı 0.10 litre olarak belirlenmiş ve bu değer modelde işlenen TL karşılığı taşıma katsayısı ise 0.619 TL olarak bulunmuştur (Çizelge 4.15).

Aynı şekilde planlama modeli çözümleri içerisinde yer alan biyogaz tesisleri kurulum merkezlerini belirlemede ilçeler arasındaki gidiş geliş yol mesafeleri kısıt faktörü olarak modelde işlenmiştir. Bu ulaşım ağı belirlenirken ilçeler aralarındaki gidiş-dönüş yol mesafeleri belirlenmiş ve bir ulaşım tablosu oluşturulmuştur. Bununla birlikte aynı ilçede üretilen gübrenin olası aynı ilçede kurulacak olan biyogaz tesisine gönderilmesi durumunda gidiş dönüş mesafesinin 5 km olmak üzere toplamda 10 km olarak kabul edilerek ulaşım ağı tablosuna işlenmiştir. Ulaşım tablosunun bir kısmı ise Çizelge 4.16'de verilmiştir. İlçeler arasındaki yol mesafelerinin ayrıntılı bir şekilde Ek 2'de verilmiştir.

Çizelge 4.15. Gidiş dönüş taşıma maliyeti katsayısı değeri (Anonim, 2014)

Yolun yapısı	Yakıt tüketimi (litre/ton-km)	Yakıt tüketimi (TL/ton-km)
Düz	0.05	0.309
Engeli	0.10	0.619
Tepelik	0.15	0.928
Ortalama	0.10	0.619

Çizelge 4.16. Potansiyel biyogaz tesisi kurulum merkezleri ile gübre üretim merkezleri arasındaki yol mesafelerinin bir bölümü

Gidiş-dönüş yol mesafeleri (km)		Potansiyel biyogaz tesisi kurulum merkezleri							
		Aksu	Atabey	Eğirdir	Gelendost	Gönen	Keçiborlu	Merkez	Senirkent
Gübre üretim merkezleri	Aksu	10.00	37.72	22.26	60.80	65.86	90.88	61.17	93.16
	Atabey	37.72	10.00	15.46	55.65	28.14	53.16	43.10	89.00
	Eğirdir	22.26	15.46	10.00	42.19	43.60	68.62	38.91	70.90
	Gelendost	60.80	55.65	42.19	10.00	83.79	108.81	79.10	95.73
	Gönen	65.86	28.14	43.60	83.79	10.00	25.02	22.90	60.86
	Keçiborlu	90.88	53.16	68.62	108.81	25.02	10.00	38.92	35.84
	Merkez	61.17	43.10	38.91	79.10	22.90	38.92	10.00	74.76
	Senirkent	93.16	89.00	70.90	95.73	60.86	35.84	74.76	10.00

4.3. Planlama Modeli Çözüm Çıktılarının Değerlendirilmesi

Algoritması oluşturulan planlama modelimizin çözüm çıktıları değerlendirildiğinde; modelimiz Aksu, Eğirdir, Keçiborlu, Merkez, Sütçüler, Şarkikaraağaç ve Yalvaç olmak üzere 7 ilçede biyogaz tesisi kurulumunu önermiş diğer ilçelerde biyogaz tesisi kurulumunun optimal bir çözüm olmayacağını ortaya koymuştur. Planlama modelimiz aynı zamanda biyogaz tesisi kurulmayacak olan Atabey, Gelendost, Gönen, Senirkent, Uluborlu ve Yenişarbademli ilçelerinde üretilecek gübrenin diğer ilçelerde kurulacak biyogaz tesislerine gönderilerek değerlendirilmesini uygun çözüm olarak ortaya koymuştur (Çizelge 4.17).

Planlama modelinin algoritması gereği en büyük gübre üretiminin yapıldığı ilçelerdeki gübrenin o ilçede kurulacak biyogaz tesislerinde işlenmesi oluşacak taşıma masraflarını minimize etmesi bakımından anlamlı bir çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır. Model çözüm çıktıları biyogaz tesislerinin kurulacağı yerleri belirtmekle birlikte, gübre üretim merkezleri ve biyogaz tesisleri arasındaki gübre dağıtım planlamasını da ortaya koymaktadır (Çizelge 4.17).

Planlama modelimizin çıktı sonuçlarına göre, A tipi biyogaz tesisinden Sütçüler ilçesinde 1 adet kurulumu gerekmektedir. B tipi biyogaz tesisinden Aksu ilçesinde 1 adet kurulumu gerekmektedir. C tipi biyogaz tesisinden ise Eğirdir ilçesinde 1 adet, Keçiborlu ilçesinde 1 adet, Merkez ilçesinde 1 adet, Şarkikaraağaç ilçesinde 1 adet ve Yalvaç ilçesinde 2 adet olmak üzere 6 adet biyogaz tesisi kurulumu gerekmektedir.

Planlama modelimiz toplamda 8 adet biyogaz tesisi kurulumunu önerirken, hiçbir ilçemizde D tipi biyogaz tesisi kurulumunu önermemiştir (Çizelge 4.17) (Şekil 4.1).

Bölgesel planlama modelimiz biyogaz tesisi kurulumunun yapılacağı ilçeleri belirlerken aynı zamanda bu tesislere gönderilecek gübrelerin dağıtım planlamasını da yapmaktadır.

Modelimiz Aksu ilçesinde kurulacak B tipi 105 000 ton/yıl gübre işleme kapasitesine sahip biyogaz tesisine gerekli gübre miktarının 57 704 tonunun Aksu, 18 563 tonunun Eğirdir, 17 594 tonunun Sütçüler ve 11 139 tonunun ise Yenişarbademli ilçelerinden gelmesi gerektiğini ortaya koymuştur (Çizelge 4.18).

Eğirdir ilçesinde kurulacak C tipi 150 000 ton/yıl gübre işleme kapasitesine sahip biyogaz tesisine gerekli gübre miktarının 28 677 tonu Atabey, 90 934 tonu Eğirdir ve 30 389 tonu Gelendost ilçelerinden gelecektir (Çizelge 4.18).

Keçiborlu ilçesinde kurulacak C tipi 150 000 ton/yıl gübre işleme kapasitesine sahip biyogaz tesisine gerekli gübre miktarının 8 846 tonu Atabey, 35 420 tonu Gönen, 67 368 tonu Keçiborlu, 29 818 tonu Senirkent, ve 8 548 tonu Uluborlu ilçelerinden gelecektir (Çizelge 4.18).

Merkez ilçesinde kurulacak C tipi 150 000 ton/yıl gübre işleme kapasitesine sahip biyogaz tesisine gerekli gübre miktarının 5 723 tonu Atabey ve 144 277 tonu Merkez ilçesinden gelecektir (Çizelge 4.18).

Sütçüler ilçesinde kurulacak A tipi 58 400 ton/yıl gübre işleme kapasitesine sahip biyogaz tesisine gerekli gübre miktarının tamamı yine Sütçüler ilçesinden gelecektir (Çizelge 4.18).

Yine aynı şekilde Şarkikaraağaç ilçesinde kurulacak C tipi 150 000 ton/yıl gübre işleme kapasitesine sahip biyogaz tesisine gerekli gübre miktarının tamamı Şarkikaraağaç ilçesinden gelecektir (Çizelge 4.18).

Yalvaç ilçesinde kurulacak 2 adet C tipi 150 000 ton/yıl gübre işleme kapasitesine sahip biyogaz tesisine gerekli gübre miktarının 16.111 tonu Gelendost, 46 208 tonu Şarkikaraağaç ve 237 681 tonu Yalvaç ilçelerinden gelecektir (Çizelge 4.18).

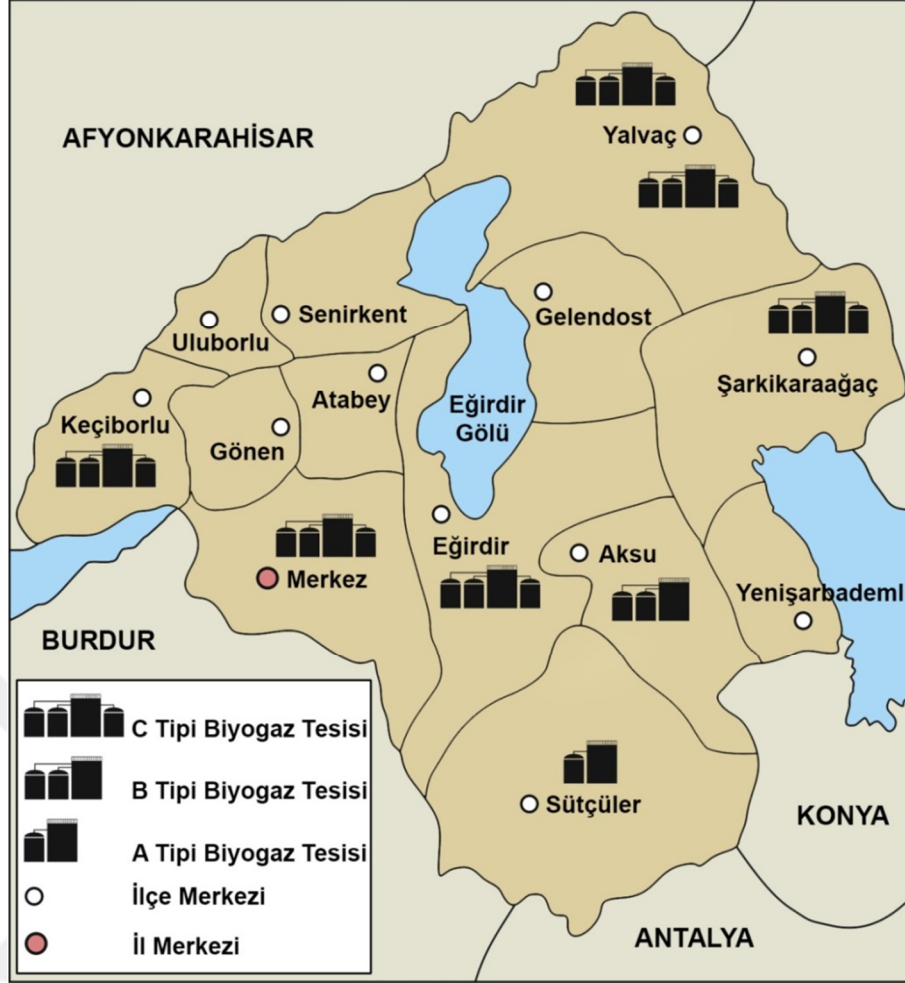
Model çözüm sonuçlarına göre ilçelerde kurulacak olan biyogaz tesisleri sayesinde üretilen biyogaz üretimleri değerlendirildiğinde, Yalvaç ilçesinin yıllık 12 008 500 m³'lük bir biyogaz üretiminin olacağı hesaplanmıştır. Eğirdir, Keçiborlu, Merkez ve Şarkikaraağaç ilçelerinin herbirinin ayrı ayrı olmak üzere yıllık 6 004 250 m³'lük bir biyogaz üretiminin olacağı hesaplanmıştır. Aksu ilçesinin ise yıllık 4 204 800 m³'lük bir biyogaz üretiminin olacağı hesaplanırken Sütçüler ilçesinin biyogaz üretiminin ise yıllık 2 406 455 m³ olacağı hesaplanmıştır. Isparta ili ilçelerinde kurulacak biyogaz tesisleri sayesinde Isparta ili genelinde toplamda yıllık 42 636 755 m³'lük bir biyogaz üretiminin olacağı hesaplanmıştır (Çizelge 4.19).

Çizelge 4.17. Model sonuçlarına göre kurulması öngörülen biyogaz tesisi tipi, kapasiteleri ve sayıları

Biyogaz tesisi kurulan ilçeler	Biyogaz tesis tipi	Biyogaz tesis kapasitesi (ton/yıl)	Biyogaz tesis sayısı (adet)	Toplam gübre işleme kapasitesi (ton/yıl)
Aksu	B	105 000	1	105 000
Eğirdir	C	150 000	1	150 000
Keçiborlu	C	150 000	1	150 000
Merkez	C	150 000	1	150 000
Sütçüler	A	58 400	1	58 400
Şarkikaraağaç	C	150 000	1	150 000
Yalvaç	C	150 000	2	300 000
Toplam			8	1 063 400

Çizelge 4.18. Isparta ili biyogaz tesisi kurulum merkezleri ve gübre dağıtım planı

	Biyogaz tesisi kurulum merkezleri							İlçelerin gübre üretim miktarları (ton/yıl)	
	Aksu	Eğirdir	Keçiborlu	Merkez	Sütçüler	Ş,karaağaç	Yalvaç		
Gübre üretim merkezleri	Aksu	57 704						57 704	
	Atabey		28 677	8 846	5 723			43 246	
	Eğirdir	18 563	90 934					109 497	
	Gelendost		30 389				16 111	46 500	
	Gönen			35 420				35 420	
	Keçiborlu			67 368				67 368	
	Merkez				144 277			144 277	
	Senirkent			29 818				29 818	
	Sütçüler	17 594				58 400		75 994	
	Şarkikaraağaç						150 000	46 208	196 208
	Uluborlu			8 548				8 548	
	Yalvaç							237 681	237 681
Yenişarbademli	11 139						11 139		
Biyogaz tesisleri toplam kapasiteleri (ton/yıl)	105 000	150 000	150 000	150 000	58 400	150 000	300 000	1 063 400	



Şekil 4.1. Model çıktı sonuçlarına göre biyogaz tesisi kurulacak ilçeler ve tesis tipleri

Çizelge 4.19. Biyogaz tesisi tipi, kapasiteleri ve yıllık biyogaz üretimi

Biyogaz tesisi kurulan ilçeler	Biyogaz tesis tipi	Biyogaz tesis kapasitesi (ton/yıl)	Biyogaz tesis sayısı (adet)	Biyogaz tesisi biyogaz üretimi (m ³ /yıl)	Toplam biyogaz üretimi (m ³ /yıl)
Aksu	B	105 000	1	4 204 800	4 204 800
Eğırdır	C	150 000	1	6 004 250	6 004 250
Keçiborlu	C	150 000	1	6 004 250	6 004 250
Merkez	C	150 000	1	6 004 250	6 004 250
Sütçüler	A	58 400	1	2 406 455	2 406 455
Şarkikaraağaç	C	150 000	1	6 004 250	6 004 250
Yalvaç	C	150 000	2	6 004 250	12 008 500
Toplam			8		42 636 755

Yine aynı şekilde model çözüm sonuçlarına göre ilçelerde kurulacak olan biyogaz tesisleri sayesinde üretilen elektrik enerjisi üretimleri değerlendirildiğinde, Yalvaç ilçesinin yıllık 22 034 442 kWh'lik bir elektrik enerjisi üretiminin olacağı hesaplanmıştır. Eğırdır, Keçiborlu, Merkez ve Şarkikaraağaç ilçelerinin herbirinin ayrı ayrı olmak üzere yıllık 11 017 221 kWh'lik bir elektrik enerjisi üretiminin olacağı hesaplanmıştır. Aksu ilçesinin ise yıllık 7 344 814 kWh'lik bir elektrik enerjisi üretiminin olacağı hesaplanırken Sütçüler ilçesinin elektrik enerjisi üretiminin ise yıllık

4 546 440 kWh olacağı hesaplanmıştır. Isparta ili ilçelerinde kurulacak elektrik enerjisi tesisleri sayesinde Isparta ili genelinde toplamda yıllık 77 994 580 kWh'lik bir elektrik enerjisi üretiminin olacağı hesaplanmıştır (Çizelge 4.20).

Planlama modeli çözüm çıktıklarına göre 7 ilçede kurulması öngörülen 8 adet biyogaz tesisinin kurulum maliyetleri ise şu şekildedir. Yalvaç ilçesinde kurulacak biyogaz tesislerinin toplam maliyeti 62 865 000 TL'dir. Eğirdir, Keçiborlu, Merkez ve Şarkikaraağaç ilçelerinde kurulacak biyogaz tesislerinin her birinin kurulum maliyeti 31 432 500 TL'dir. Sütçüler ilçesinde ise kurulacak biyogaz tesisinin kurulum maliyeti ise 14 725 650 TL iken Aksu ilçesinde kurulacak biyogaz tesis kurulum maliyeti ise 24 765 000 TL'dir. Isparta ili ilçelerinde kurulacak biyogaz tesislerinin toplamda maliyeti ise 228 085 650 TL'dir (Çizelge 4.21).

Çizelge 4.20. Biyogaz tesisi tipi, kapasiteleri ve yıllık elektrik enerjisi üretimleri

Biyogaz tesisi kurulan ilçeler	Biyogaz tesis tipi	Biyogaz tesis kapasitesi (ton/yıl)	Biyogaz tesis sayısı (adet)	Biyogaz tesisi elektrik üretimi (kWh/yıl)	Toplam elektrik üretimi (kWh/yıl)
Aksu	B	105 000	1	7 344 814	7 344 814
Eğirdir	C	150 000	1	11 017 221	11 017 221
Keçiborlu	C	150 000	1	11 017 221	11 017 221
Merkez	C	150 000	1	11 017 221	11 017 221
Sütçüler	A	58 400	1	4 546 440	4 546 440
Şarkikaraağaç	C	150 000	1	11 017 221	11 017 221
Yalvaç	C	150 000	2	11 017 221	22 034 442
Toplam			8		77 994 580

Çizelge 4.21. Biyogaz tesisi tipi, kapasiteleri ve toplam yatırım maliyeti

Biyogaz tesisi kurulan ilçeler	Biyogaz tesis tipi	Biyogaz tesis kapasitesi (ton/yıl)	Biyogaz tesis sayısı (adet)	Biyogaz tesisi kurulum maliyeti (TL)	Toplam maliyet (TL)
Aksu	B	105 000	1	24 765 000	24 765 000
Eğirdir	C	150 000	1	31 432 500	31 432 500
Keçiborlu	C	150 000	1	31 432 500	31 432 500
Merkez	C	150 000	1	31 432 500	31 432 500
Sütçüler	A	58 400	1	14 725 650	14 725 650
Şarkikaraağaç	C	150 000	1	31 432 500	31 432 500
Yalvaç	C	150 000	2	31 432 500	62 865 000
Toplam			8		228 085 650

Planlama modeli sonuçlarına göre Isparta ilinin çeşitli ilçelerinde kurulacak olan 8 adet biyogaz tesisinden elde edilecek elektrik enerjisi karşılığında işletme gelirleri şu şekildedir. Yalvaç ilçesinde kurulacak olan biyogaz tesislerinden elde edilecek gelir yıllık 20 445 374 TL'dir. Eğirdir, Keçiborlu, Merkez ve Şarkikaraağaç ilçelerinde kurulacak olan biyogaz tesislerinin herbirinden elde edilecek gelir yıllık 10 222 687 TL'dir. Aksu ilçesinde kurulacak olan biyogaz tesisinden elde edilecek gelir yıllık

olarak 7 232 720 TL'dir. Sütçüler ilçesinde kurulacak olan biyogaz tesisinden elde edilecek gelir yıllık olarak 4 089 076 TL'dir. Isparta ilçelerinde kurulacak olan biyogaz tesislerinden Isparta ili genelinde elde edilecek toplam gelir 72 657 918 TL'dir (Çizelge 4.22).

Kurulacak olan biyogaz tesislerinde toplanmış olan yaş gübrelerin elektrik enerjisi üretimi için kullanılmasından sonra, geriye kalan kurutulmuş gübrenin satışında elde edilecek yıllık gelirler şu şekildedir. Yalvaç ilçesinde kurulacak olan biyogaz tesislerinde enerji üretimi için kullanıldıktan sonra geriye kalan kurutulmuş gübre miktarı 36 000 ton olup bu miktarın zirai gübre (kurutulmuş gübre) olarak satışından elde edilecek gelir yıllık 3 600 000 TL'dir. Eğirdir, Keçiborlu, Merkez ve Şarkikaraağaç ilçelerindeki biyogaz tesislerinde elektrik enerjisi üretimi için kullanılan gübre miktarından geriye kalan kurutulmuş gübre miktarı her bir ilçe için 18 000 ton olup bu gübrenin satışından elde edilecek gelir her bir ilçe için ayrı ayrı yıllık 1 800 000 TL'dir. Aksu ilçesinde kurulacak olan biyogaz tesisinde elektrik enerjisi üretimi için kullanıldıktan sonra geriye kalan kurutulmuş gübre miktarı 12 600 ton olup bu gübrenin zirai gübre olarak satışından elde edilecek gelir yıllık 1 260 000 TL'dir. Sütçüler ilçesinde ise biyogaz tesisinde enerji üretimi için kullanıldıktan sonra geriye kalan kurutulmuş gübre miktarı 7 008 ton olup bunun satışından elde edilecek gelir yıllık 700 800 TL'dir. Isparta ili toplamında ise yıllık 1 063 400 ton gübrenin biyogaz tesislerinde işlenerek biyogaz dönüştürülmesinden sonra geriye kalan kurutulmuş gübrenin miktarı 127 608 ton'dur. Bu kurutulmuş gübrenin satışından elde edilebilecek miktar toplamda 12 760 800 TL/yıl olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.23).

Çizelge 4.22. Biyogaz tesislerinin yıllık toplam işletme gelirleri

Biyogaz tesisi kurulan ilçeler	Biyogaz tesis tipi	Biyogaz tesis kapasitesi (ton/yıl)	Biyogaz tesis sayısı (adet)	Biyogaz tesisi işletme geliri (TL/yıl)	Toplam işletme geliri (TL/yıl)
Aksu	B	105 000	1	7 232 720	7 232 720
Eğirdir	C	150 000	1	10 222 687	10 222 687
Keçiborlu	C	150 000	1	10 222 687	10 222 687
Merkez	C	150 000	1	10 222 687	10 222 687
Sütçüler	A	58 400	1	4 089 076	4 089 076
Şarkikaraağaç	C	150 000	1	10 222 687	10 222 687
Yalvaç	C	150 000	2	10 222 687	20 445 374
Toplam			8		72 657 918

Çizelge 4.23. Biyogaz tesislerinin yıllık toplam gübre satışı gelirleri

Biyogaz tesisi kurulan ilçeler	Biyogaz tesislerinde işlenen gübre miktarı (ton/yıl)	Gübre katı madde oranı (%)	Organik gübre miktarı (ton/yıl)	Organik gübre satış fiyatı (TL/ton)	Toplam gübreden elde edilecek gelir (TL/yıl)
Aksu	105 000	12	12 600	100	1 260 000
Eğirdir	150 000	12	18 000	100	1 800 000
Keçiborlu	150 000	12	18 000	100	1 800 000
Merkez	150 000	12	18 000	100	1 800 000
Sütçüler	58 400	12	7 008	100	700 800
Şarkikaraağaç	150 000	12	18 000	100	1 800 000
Yalvaç	300 000	12	36 000	100	3 600 000
Toplam	1 063 400		127 608		12 760 800

Bölgesel planlama modeli kapsamında ilçelere kurulacak olan biyogaz tesislerinin personel gideri, elektrik enerjisi kullanımı, kimyasal madde kullanımı, yedek parça maliyeti ve ko-jeneratör bakımları sonucunda oluşacak olan yıllık giderleri şu şekildedir. Yalvaç ilçesinde kurulacak olan biyogaz tesislerinin yıllık gider masrafları 7 456 158 TL'dir. Eğirdir, Keçiborlu, Merkez ve Şarkikaraağaç ilçelerinde kurulacak olan biyogaz tesislerinin her birinin yıllık işletme masrafı ayrı ayrı olmak üzere 3 728 079 TL'dir. Sütçüler ilçesinde kurulacak olan biyogaz tesisinin yıllık işletme masrafı ise 2 233 105 TL'dir. Aksu ilçesinde kurulacak olan biyogaz tesisi işletme masrafı yıllık 2 972 264 TL'dir. Isparta ili ilçelerinde kurulacak olan biyogaz tesislerinin yıllık işletme masrafı toplamda 27 573 843 TL'dir (Çizelge 4.24).

Planlama modeli sonucunda elde edilen çıktılar değerlendirildiğinde, biyogaz tesislerine enerji üretimi amaçlı gönderilen gübrelerin bu tesislere taşınması sonucunda oluşacak ulaştırma masrafları şu şekildedir. Yalvaç ilçesinde kurulacak olan biyogaz tesislerine Gelendost, Şarkikaraağaç ve Yalvaç ilçelerinden gönderilecek gübrelerin ulaştırma maliyeti yıllık 2 264 518.74 TL'dir. Aksu ilçesinde kurulacak olan biyogaz tesisine Aksu, Eğirdir, Sütçüler ve Yenişarbademli ilçelerinden gönderilecek olan gübrelerin ulaştırma maliyeti yıllık 2 202 385.88 TL'dir. Keçiborlu ilçesinde kurulacak olan biyogaz tesisine Atabey, Gönen, Keçiborlu, Senirkent ve Uluborlu ilçelerinden gönderilecek gübrelerin ulaştırma maliyeti yıllık 2 055 581.66 TL'dir. Eğirdir ilçesinde kurulacak olan biyogaz tesisine Atabey, Eğirdir ve Gelendost ilçelerinden gönderilecek gübrelerin ulaştırma maliyeti yıllık 1 630 940.17 TL'dir. Merkez ilçesinde kurulacak olan biyogaz tesisine Atabey ve Merkez ilçelerinde gönderilecek olan gübrelerin taşıma maliyeti yıllık 1 045 757.97 TL'dir. Şarkikaraağaç ilçesinde kurulacak olan biyogaz tesisine yine Şarkikaraağaç ilçesinden

gönderilecek olan gübreleri taşıma maliyeti yıllık 928 500.00 TL'dir. Sütçüler ilçesinde kurulacak olan biyogaz tesisine Sütçüler ilçesinden gönderilecek olan gübrelerin taşıma maliyeti yıllık 361 496.00 TL'dir. Biyogaz tesislerine ilçelerden gönderilecek olan gübrelerin Isparta ili genelinde oluşturduğu taşıma maliyeti yıllık 10 489 180.43 TL'dir (Çizelge 4.25).

Çizelge 4.24. Biyogaz tesislerinin yıllık toplam işletme giderleri

Biyogaz tesisi kurulan ilçeler	Biyogaz tesis tipi	Biyogaz tesis kapasitesi (ton/yıl)	Biyogaz tesis sayısı (adet)	Biyogaz tesisi işletme gideri (TL/yıl)	Toplam işletme gideri (TL/yıl)
Aksu	B	105 000	1	2 972 264	2 972 264
Eğirdir	C	150 000	1	3 728 079	3 728 079
Keçiborlu	C	150 000	1	3 728 079	3 728 079
Merkez	C	150 000	1	3 728 079	3 728 079
Sütçüler	A	58 400	1	2 233 105	2 233 105
Şarkikaraağaç	C	150 000	1	3 728 079	3 728 079
Yalvaç	C	150 000	2	3 728 079	7 456 158
Toplam			8		27 573 843

Çizelge 4.25. Biyogaz tesislerine gübre taşıma kaynaklı oluşan ulaştırma masrafları

Gübre üretim merkezleri	Biyogaz tesisi kurulan ilçeler	Biyogaz tesislerine gelen gübre miktarı (ton/yıl)	Taşıma mesafesi (km)	Taşıma katsayısı (TL/ton.km)	Taşıma maliyeti (TL/yıl)
Aksu	Aksu	57 704	10.00	0.619	2 202 385.88
Eğirdir		18 563	22.26		
Sütçüler		17 594	91.28		
Yenişarbademli		11 139	86.34		
Atabey	Eğirdir	28 677	15.46	0.619	1 630 940.17
Eğirdir		90 934	10.00		
Gelendost		30 389	42.19		
Atabey	Keçiborlu	8 846	53.16	0.619	2 055 581.66
Gönen		35 420	25.02		
Keçiborlu		67 368	10.00		
Senirkent		29 818	35.84		
Uluborlu		8 548	25.97		
Atabey	Merkez	5 723	43.10	0.619	1 045 757.97
Merkez		144 277	10.00		
Sütçüler	Sütçüler	58 400	10.00	0.619	361 496.00
Şarkikaraağaç	Şarkikaraağaç	150 000	10.00	0.619	928 500.00
Gelendost	Yalvaç	16 111	17.45	0.619	2 264 518.74
Şarkikaraağaç		46 208	21.65		
Yalvaç		237 681	10.00		
Toplam					10 489 180.43

Isparta ili ilçelerinde kurulacak olan biyogaz tesislerinin gelir ve giderleri soucunda oluşan net gelirleri şu şekildedir. Yalvaç ilçesinde kurulacak olan biyogaz tesislerinin yıllık net geliri 14 324 697 TL'dir. Şarkikaraağaç ilçesinde kurulacak olan biyogaz tesisinin yıllık net geliri 7 366 108 TL'dir. Merkez ilçesinde kurulacak olan biyogaz tesisinin yıllık net geliri 7 248 850 TL'dir. Eğirdir ilçesinde kurulacak olan biyogaz tesisi net geliri yıllık 6 663 668 TL'dir. Keçiborlu ilçesinde kurulacak olana biyogaz tesisi net geliri yıllık 6 239 026 TL'dir. Aksu ilçesinde kurulacak olan biyogaz

tesisinin yıllık net geliri 3 318 070 TL'dir. Ve son olarak Sütçüler ilçesinde kurulacak olan biyogaz tesisi yıllık net geliri 2 195 275 TL'dir. Isparta ili ilçelerinde kurulacak olan biyogaz tesislerinin yıllık net gelirleri toplam 47 355 694 TL'dir. Isparta ilinde kurulacak olan biyogaz tesislerinin yatırım maliyetlerini geri alma süresi yaklaşık olarak 5 (4.81) yıldır (Çizelge 4.26 ve Çizelge 4.27).

Planlama modeli sonuçlarına göre Isparta ilinde biyogaz kullanılarak elde edilebilecek toplam elektrik enerjisi üretim miktarı 77 994.58 MWh/yıl olarak hesaplanmıştır. Üretilen bu toplam elektrik enerjisi miktarının aylık ölçekte karşılığı 6 499.55 MWh/ay olarak hesaplanmıştır. Düzenli olarak aylık planda üretilecek bu elektrik enerjisi miktarı, Isparta ilinin aylık elektrik enerjisi tüketim miktarının %6.86 ile %8.66 arasında değişen oranlarına karşılık gelmektedir. Yıllık ölçekte ise Isparta ilindeki büyükbaş hayvan potansiyeli kullanılarak üretilecek elektrik enerjisi miktarının, Isparta ilinin yıllık toplam elektrik tüketiminin %7.74'ünü karşılama potansiyeli mevcuttur (Çizelge 4.28).

Çizelge 4.26. Biyogaz tesislerinin yıllık toplam net gelirleri

Biyogaz tesisi kurulan ilçeler	Biyogaz tesisi gelirleri (TL/yıl)		Biyogaz tesisi giderleri (TL/yıl)		Net gelir (TL/yıl)
	Elektrik ve ısı enerjisi	Gübre satışı	Personel, bakım, elektrik vb.	Taşıma masrafları	
Aksu	7 232 720	1 260 000	2 972 264	2 202 386	3 318 070
Eğirdir	10 222 687	1 800 000	3 728 079	1 630 940	6 663 668
Keçiborlu	10 222 687	1 800 000	3 728 079	2 055 582	6 239 026
Merkez	10 222 687	1 800 000	3 728 079	1 045 758	7 248 850
Sütçüler	4 089 076	700 800	2 233 105	361 496	2 195 275
Şarkikaraağaç	10 222 687	1 800 000	3 728 079	928 500	7 366 108
Yalvaç	20 445 374	3 600 000	7 456 158	2 264 519	14 324 697
Toplam	72 657 918	12 760 800	27 573 843	10 489 181	47 355 694

Çizelge 4.27. Biyogaz tesislerinin yatırım masrafını geri alma süresi

Biyogaz tesisi kurulan ilçeler	Biyogaz tesisi yatırım masrafları (TL)	Net gelir (TL)	Yatırımı geri alma süresi (yıl)
Aksu	24 765 000	3 318 070	4.81
Eğirdir	31 432 500	6 663 668	
Keçiborlu	31 432 500	6 239 026	
Merkez	31 432 500	7 248 850	
Sütçüler	14 725 650	2 195 275	
Şarkikaraağaç	31 432 500	7 366 108	
Yalvaç	62 865 000	14 324 697	
Toplam	228 085 650	47 355 694	

Çizelge 4.28. Biyogazdan elde edilecek elektrik enerjisinin toplam Isparta ili elektrik enerjisi tüketimine oranı (EPDK, 2019)

Aylar	Isparta ili elektrik tüketimi (MWh)	Türkiye elektrik tüketimi içerisindeki payı (%)	Isparta ili biyogaz kaynaklı elektrik üretimi (MWh)	Elektrik üretiminin toplam tüketim içerisindeki payı (%)
Ocak	85 984.20	0.45	6 499.55	7.56
Şubat	77 314.13	0.44	6 499.55	8.41
Mart	81 486.98	0.44	6 499.55	7.98
Nisan	79 224.84	0.43	6 499.55	8.20
Mayıs	80 006.21	0.43	6 499.55	8.12
Haziran	75 045.98	0.40	6 499.55	8.66
Temmuz	94 688.74	0.44	6 499.55	6.86
Ağustos	91 192.81	0.46	6 499.55	7.13
Eylül	85 704.44	0.42	6 499.55	7.58
Ekim	88 359.41	0.47	6 499.55	7.36
Kasım	83 896.57	0.44	6 499.55	7.75
Aralık	84 306.22	0.44	6 499.55	7.71
Toplam	1 007 210.53	0.44	77 994.58	7.74

4.4. Zaman Serileri Analizi ile 2029 yılı Isparta İli Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi ve İlave Biyogaz Tesislerinin Planlaması

2029 yılı Isparta ili biyogaz potansiyelini belirleyebilmek amacıyla ilk önce hayvan gruplarına göre 2029 yılı hayvan sayıları zaman serileri analizi (trend analizi) kullanılarak tahmini olarak belirlenmiştir. Bu yapılan analizde 2004-2019 yılı arasındaki 16 yıllık veri seti kullanılmıştır. Yapılan analize göre;

Dişi hayvanlardan 0-12 ay kadar yaş arası olan dana ve buzağuların zaman serileri analizi çizgisi (eğilim çizgisi) denklemi $y=29.329x^2+535.61x+6706.9$ iken $R^2=0.9415$ 'dir. 2029 yılı tahmini hayvan varlığı ise 40 459 başdır (Çizelge 4.29 ve Çizelge 4.30) (Şekil 4.2).

Dişi hayvanlardan 12-24 ay kadar yaş arası olan düvelerin zaman serileri analizi çizgisi (eğilim çizgisi) denklemi $y=37.843x^2+278.9x+10922$ iken $R^2=0.8732$ 'dir. 2029 yılı tahmini hayvan sayısı 43 755'dir (Çizelge 4.29 ve Çizelge 4.30) (Şekil 4.3).

Dişi hayvanlardan 24 ay ve daha büyük yaşta olan sağmalların zaman serileri analizi çizgisi (eğilim çizgisi) denklemi $y=-105.96x^2+4593.6x+18548$ iken $R^2=0.8369$ 'dir. 2029 yılı tahmini hayvan sayısı 66 353'dür (Çizelge 4.29 ve Çizelge 4.30) (Şekil 4.4).

Erkek hayvanlardan 0-12 ay kadar yaş arası olan dana ve buzağların zaman serileri analizi çizgisi (eğilim çizgisi) denklemi $y=12.17x^2+827.44x+6172.7$ iken $R^2=0.9318$ 'dir. 2029 yılı tahmini hayvan varlığı ise 35 913 başdır (Çizelge 4.29 ve Çizelge 4.30) (Şekil 4.5).

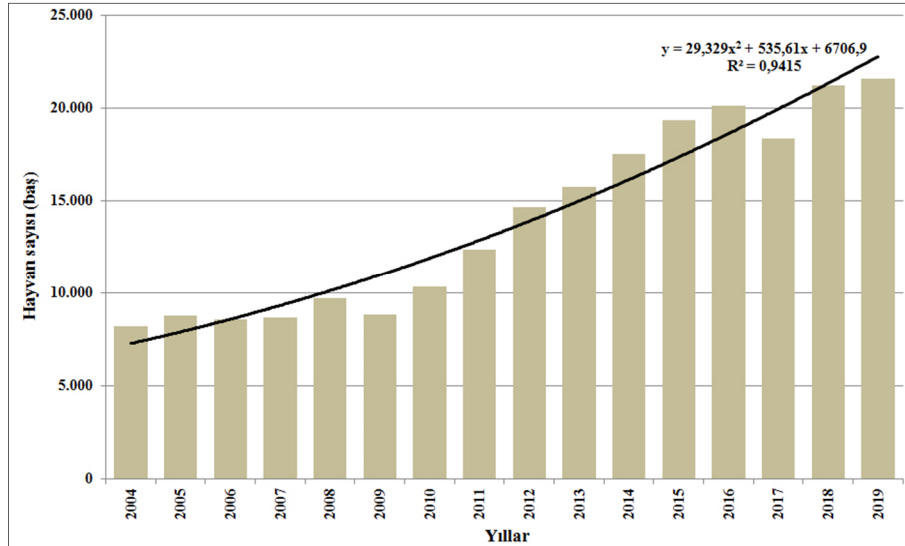
Erkek hayvanlardan 12-24 ay yaş arası olan tosunların zaman serileri analizi çizgisi (eğilim çizgisi) denklemi $y=-15.523x^2+843.44x+6722.2$ iken $R^2=0.9318$ 'dir. 2029 yılı tahmini hayvan varlığı 18 158'dir (Çizelge 4.29 ve Çizelge 4.30) (Şekil 4.6).

Çizelge 4.29. Zaman serileri analizi eğilim çizgisi denklemleri, R^2 ve 2029 yılı hayvan varlıkları

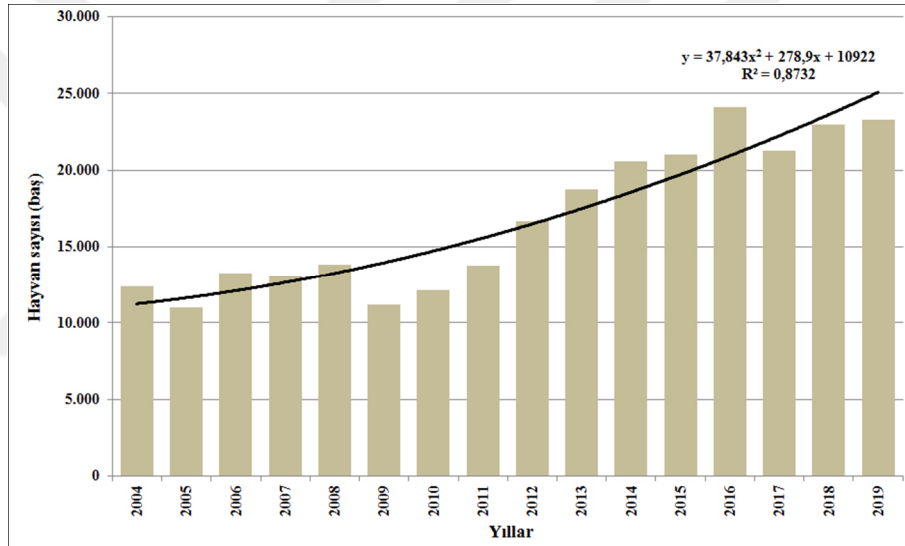
Hayvan grupları		Eğilim çizgisi denklemi	R^2	2029 yılı hayvan varlığı (baş)
Dişi	Dana ve Buzağı (0-12 ay)	$y= 29.329x^2 + 535.61x + 6706.9$	0.9415	40 459
	Düve (12-24 ay)	$y= 37.843x^2 + 278.9x + 10922$	0.8732	43 755
	Sağmal (+24 ay)	$y= -105.96x^2 + 4593.6x + 18548$	0.8369	66 353
Erkek	Dana ve Buzağı (0-12 ay)	$y= 12.17x^2 + 827.44x + 6172.7$	0.9318	35 913
	Tosun (12-24 ay)	$y= -15.523x^2 + 843.44x + 6722.2$	0.7693	18 158

Çizelge 4.30. Zaman serileri analizine göre Isparta ili hayvan sayıları ve grupları

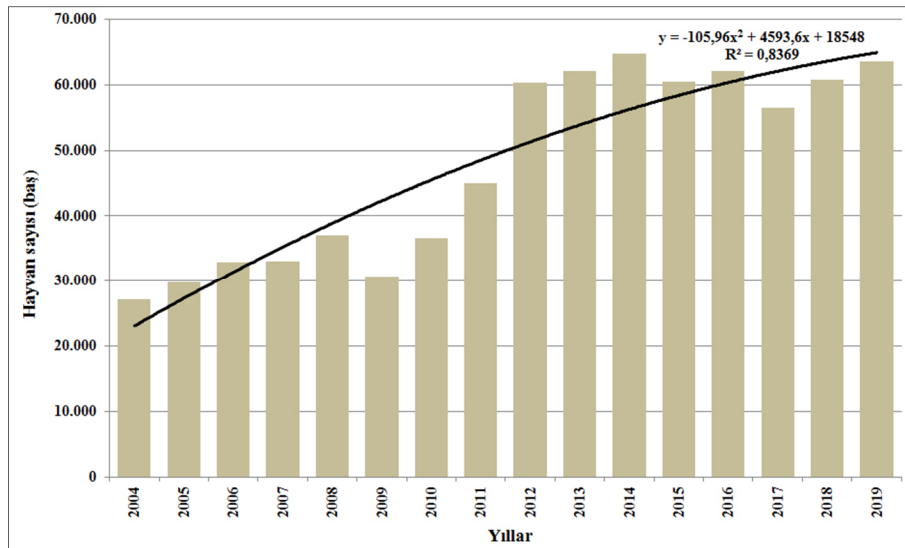
Yıllar	n	Dişi hayvanlar			Erkek hayvanlar		Toplam hayvan sayısı (baş)
		Buzağı ve dana (<12 ay)	Düve (12-24 ay)	Sağmal (+24 ay)	Buzağı ve dana (<12 ay)	Tosun (12-24 ay)	
2004	1	8 219	12 363	27 167	8 125	8 357	64 231
2019	16	21 615	23 275	63 650	21 711	15 569	145 820
2020	17	24 288	26 600	66 017	23 756	16 575	157 236
2021	18	25 850	28 203	66 902	25 010	16 875	162 840
2022	19	27 471	29 882	67 575	26 287	17 144	168 359
2023	20	29 151	31 637	68 036	27 590	17 382	173 796
2024	21	30 889	33 468	68 285	28 916	17 589	179 147
2025	22	32 686	35 374	68 323	30 267	17 765	184 415
2026	23	34 541	37 356	68 148	31 642	17 910	189 597
2027	24	36 455	39 413	67 761	33 041	18 024	194 694
2028	25	38 428	41 546	67 163	34 465	18 106	199 708
2029	26	40 459	43 755	66 353	35 913	18 158	204 638



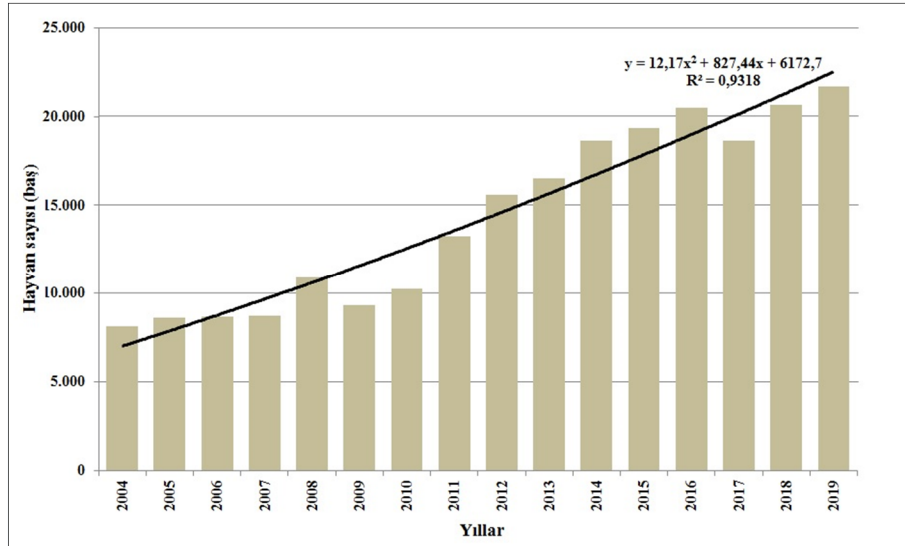
Şekil 4.2. Dişi hayvan grubuna ait buzağı ve danaların zaman serileri analizi



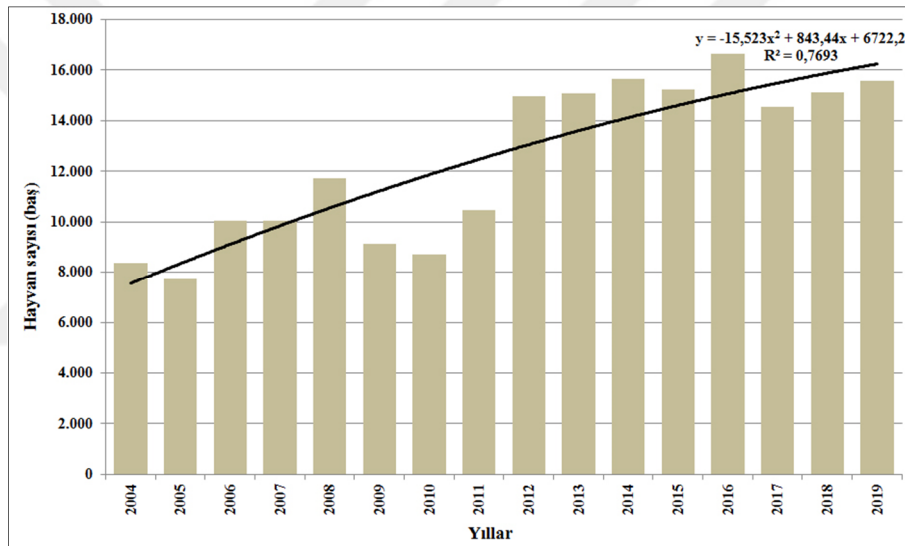
Şekil 4.3. Dişi hayvan grubuna ait düvelerin zaman serileri analizi



Şekil 4.4. Dişi hayvan grubuna ait sağmalların zaman serileri analizi



Şekil 4.5. Erkek hayvan grubuna ait buzağı ve danaların zaman serileri analizi



Şekil 4.6. Erkek hayvan grubuna ait tosunların zaman serileri analizi

Zaman serileri analizi analizi yöntemine göre belirlenen Isparta ilindeki farklı cins ve yaş gruplarındaki toplam hayvan sayılarının ilçelere göre dağıtılmasında uzun yıllık yüzdeler ortalamalar esas alınmıştır. İlçelerin farklı cins ve yaş gruplarına ait 2004-2019 yılı arasındaki 16 yıllık yüzdeler ortalamaların 2029 yılındada aynı şekilde oluşacağı varsayılmıştır. İlçelerin farklı cins ve yaş gruplarına ait 2004-2019 yılı arasındaki 16 yıllık ortalama oranları Çizelge 4.31’de verilmiştir.

İlçelerin farklı cinsiyet ve yaş gruplarına ait hayvan sayılarını belirleyebilmek amacıyla, belirlenmiş yüzdeler ortalamaları kullanılmıştır. Kullanılan bu yüzdeler

oranlar sayesinde ilçelerin çeşitli cins ve yaş gruplarına ait hesaplanan hayvan sayıları Çizelge 4.32’de verilmiştir.

Çizelge 4.31. İlçelerin farklı cinsiyet ve yaş gruplarına göre Isparta ili hayvan varlığı içerisindeki ortalama oranları

İlçeler	Dişi hayvanlar			Erkek hayvanlar	
	Buzağı ve dana (<12 ay) (%)	Düve (12-24 ay) (%)	Sağmal (+24 ay) (%)	Buzağı ve dana (<12 ay) (%)	Tosun (12-24 ay) (%)
Aksu	4.46	4.87	4.60	4.58	4.34
Atabey	4.22	3.48	3.17	4.25	4.93
Eğirdir	10.96	8.58	7.79	9.28	12.40
Gelendost	4.61	3.60	6.19	4.55	2.49
Gönen	4.26	3.72	3.40	3.67	3.18
Keçiborlu	7.01	9.11	6.77	8.93	7.80
Merkez	9.76	10.68	9.94	8.53	19.98
Senirkent	2.90	2.21	3.80	3.08	2.25
Sütçüler	6.41	6.49	6.35	6.27	4.28
Şarkikaraağaç	20.65	26.58	27.38	21.64	20.75
Uluborlu	0.37	0.44	0.41	0.59	1.32
Yalvaç	23.34	18.91	19.07	23.52	15.34
Yenişarbademli	1.05	1.32	1.13	1.11	0.94
Toplam	100.00	100,00	100.00	100.00	100.00

Çizelge 4.32. İlçelerdeki dişi ve erkek hayvanların farklı yaş gruplarına ait 2029 yılı hayvan sayılarının belirlenmesi

İlçeler	Dişi hayvanlar			Erkek hayvanlar	
	Buzağı ve dana (0-12 ay) (baş)	Düve (12-24 ay) (baş)	Sağmal (+24 ay) (baş)	Buzağı ve dana (0-12 ay) (baş)	Tosun (12-24 ay) (baş)
Aksu	1 804	2 131	3 052	1 645	788
Atabey	1 707	1 523	2 103	1 526	895
Eğirdir	4 434	3 755	5 169	3 333	2 252
Gelendost	1 865	1 575	4 107	1 634	452
Gönen	1 724	1 628	2 256	1 318	577
Keçiborlu	2 836	3 987	4 492	3 207	1 416
Merkez	3 949	4 673	6 595	3 063	3 628
Senirkent	1 173	967	2 521	1 106	409
Sütçüler	2 594	2 840	4 214	2 252	777
Şarkikaraağaç	8 355	11 631	18 168	7 771	3 768
Uluborlu	150	193	272	212	240
Yalvaç	9 443	8 274	12 654	8 447	2 785
Yenişarbademli	425	578	750	399	171
Toplam	40 459	43 755	66 353	35 913	18 158

İlçelerde hesaplanan hayvan sayıları kullanılarak hayvanların gübre üretim katsayıları kullanılmak suretiyle 2029 yılı gübre üretim miktarları hesaplanmıştır. Bu hesaplanan 2029 yılı tahmini gübre miktarından var olan 2019 yılı gübre miktarının çıkarılması suretiyle 2029-2019 arasında ilçelerin gübre üretim miktarlarında meydana gelecek gübre üretim artışı hesaplanmıştır. 2019 yılı için kullanılan planlama modelinde olduğu gibi model algoritmasının çözüm bulma adına sonsuz bir

döngüye girmemesi ve daha rahat bir şekilde çözüm bulabilmesi amacıyla \pm %5'lik bir alt ve üst sınırlar belirlenmiştir (Çizelge 4.33).

Çizelge 4.33. 2029 yılı Isparta ili ve ilçeleri gübre üretim miktarları, planlama modeli alt ve üst sınır değerleri

İlçeler	2029 yılı tahmini gübre üretimi (ton/yıl)	2019 yılı gübre üretimi (ton/yıl)	Gübre üretimi farkı (ton/yıl)	Planlama modeli sınır değerleri	
				Alt sınır (-% 5)	Üst sınır (+% 5)
Aksu	66 478	60 741	5 737	5 450	6 024
Atabey	52 277	45 522	6 755	6 417	7 093
Eğirdir	127 963	115 260	12 703	12 068	13 338
Gelendost	70 528	48 947	21 581	20 502	22 660
Gönen	51 156	37 284	13 872	13 178	14 566
Keçiborlu	110 252	68 546	41 706	39 621	43 791
Merkez	158 141	151 871	6 270	5 957	6 584
Senirkent	44 915	31 387	13 528	12 852	14 204
Sütçüler	88 693	79 994	8 699	8 264	9 134
Şarkikaraağaç	364 041	206 535	157 506	149 631	165 381
Uluborlu	7 601	8 998	0	0	0
Yalvaç	280 632	250 191	30 441	28 919	31 963
Yenişarbademli	16 474	11 725	4 749	4 512	4 986
	1 439 151	1 117 001	323 547	307 370	339 724

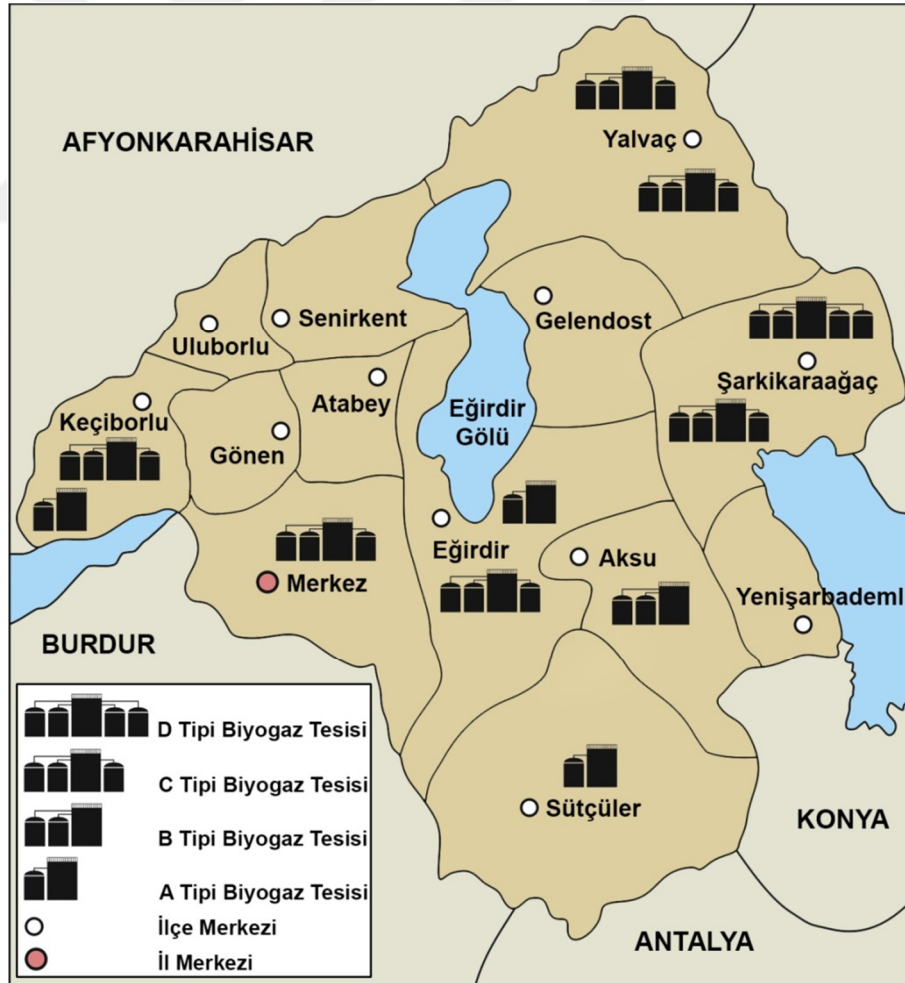
2019 yılı oluşturulan bölgesel planlama modeli 2029 yılı için hesaplanan verilerle güncellenerek tekrar çözüm alınmıştır. Elde edilen çözüme göre model 2029 yılı Eğirdir ilçesinde mevcut olan biyogaz tesislerine ilave olarak yıllık 58 400 ton gübre işleme kapasitesine sahip A tipi bir adet biyogaz tesisi kurulmasını önermiştir. Bu 58 400 ton gübre işleme kapasitesinin 5 450 tonu Aksu ilçesinden, 6 417 tonu Atabey ilçesinden, 13 338 tonu Eğirdir ilçesinden, 11 723 tonu Gelendost ilçesinden, 7 251 tonu Gönen ilçesinden, 5 957 tonu Merkez ilçesinden ve 8 264 tonu Sütçüler ilçesinden gelecektir (Çizelge 4.34 ve Şekil 4.7).

Modelimiz Keçiborlu ilçesinde var olan biyogaz tesislerine ilave olarak 58 400 ton gübre işleme kapasitesine sahip A tipi bir adet biyogaz tesisi kurulmasını önermiştir. Bu 58 400 ton gübre işleme kapasitesinin 5 927 tonu Gönen ilçesinden, 39 621 Keçiborlu ilçesinden ve 12 852 tonu Senirkent gelecektir (Çizelge 4.34 ve Şekil 4.7).

Planlama modeli ilk defa D tipi biyogaz tesisi kurulmasını önermiş ve Şarkikaraağaç ilçesinde 192 720 ton gübre işleme kapasitesine sahip bir adet D tipi biyogaz tesisinin kurulmasının gerektiğini hesaplamıştır. Bu gübre işleme kapasitesinin 8 779 tonu Gelendost ilçesinden, 150 510 tonu Şarkikaraağaç ilçesinden, 28 919 tonu Yalvaç ilçesinden ve 4 512 tonu Yenişarbademli ilçesinden gelecektir (Çizelge 4.34 ve Şekil 4.7).

Çizelge 4.34. 2029 yılı Isparta ili ilave biyogaz tesisi kurulum merkezleri ve gübre dağıtım planı

İlçeler	Biyogaz tesisi kurulum merkezleri			İlçelerin gübre üretim miktarları (ton/yıl)
	Eğirdir	Keçiborlu	Şarkikaraağaç	
Gübre üretim merkezleri	Aksu	5 450		5 450
	Atabey	6 417		6 417
	Eğirdir	13 338		13 338
	Gelendost	11 723		8 779
	Gönen	7 251	5 927	13 178
	Keçiborlu		39 621	39 621
	Merkez	5 957		5 957
	Senirkent		12 852	12 852
	Sütçüler	8 264		8 264
	Şarkikaraağaç			150 510
	Uluborlu			0
	Yalvaç			28 919
	Yenişarbademli			4 512
	Biyogaz tesisleri toplam kapasiteleri (ton/yıl)	58 400	58 400	192 720



Şekil 4.7. 2029 yılı model çıktı sonuçlarına göre mevcut ve ilave biyogaz tesisi kurulacak ilçeler ve tesis tipleri

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bitkisel ve hayvansal atıkların biyogaz ve elektrik enerjisi üretimi ile birlikte atıkların işlenmesi sonucunda elde edilen organik gübrenin bitkisel üretim amaçlı kullanılabilmesi biyogaz üretim sistemlerini günümüzün önemli alternatif enerji üretim araçlarından biri haline getirmektedir. Aynı zamanda bitkisel ve hayvansal atıkların değerlendirilmesiyle elde edilecek olan enerjinin yine tarım sektörü içerisinde kullanılması, tarım sektörünün toplam enerji tüketimi içerisindeki yükünü azaltması bakımından önemlidir.

Günümüz şartları göz önüne alındığında, bir yöredeki bitkisel ve hayvansal atıkların değerlendirilmesi için bölgesel boyutlarda planlama ve değerlendirme yapmak gerekmektedir. Küçük ölçekli aile işletmeleri için biyogaz tesisleri planlamasının enerji üretimi açısından etkinliği ve verimliliği yetersiz kalmaktadır. Bunun yerine bitkisel ve hayvansal atıkların kullanılarak enerji üretimi konusu tarım sektöründen ayrı bağımsız bir iş kolu şeklinde değerlendirilmeli ve planlanmalıdır. Gelişmiş ülkelerde biyogaz dönüşüm sistemleri, güneş, rüzgar vb. gibi yenilenebilir enerji üretim yöntemleri ile birlikte değerlendirilmekte ve ciddi yatırımlar yapılmaktadır. Bu konudaki bilinç düzeyinin artırılması ve geleceğe yönelik planlamaların yapılması zorunludur.

Büyük ölçeklerde bölgesel biyogaz tesislerinin kurulmasında ve işletilmesindeki en büyük engellerden birisi de büyük yatırım şirketlerinin tercihlerini diğer alternatif enerji araçlarından yana kullanmalarıdır. Tarımsal üretimde çalışan ve biyogaz tesisleri için gerekli atıkları üreten çiftçilerimizin böyle bir yatırımı üstlenmeleri için gerekli maddi altyapıları mevcut değildir. Bu nedenden ötürü büyük kapasiteli bölgesel ölçekte çalışan biyogaz tesislerinin kurulumu ve işletilmesi devlet kurumlarının öncülüğünde buna ilaveten çiftçilerimizin katılımıyla çözülmesi gereken bir mesele olarak karşımıza çıkmaktadır. Tıpkı tarımsal kalkınma kooperatiflerinde olduğu gibi bir bölgedeki biyogaz tesisine o bölgedeki tüm çiftçilerin ortak olabilmesi için gerekli yasal düzenlemelerin yapılması ve bu tesislerin kurulumu amacıyla ihtiyaç duyulan sermayenin hibe, kredi ve teşviklerle devlet tarafından sağlanması gerekmektedir.

Bölgesel planlama modeli sonuç çıktıları değerlendirildiğinde, Isparta ilinde yapılması öngörülen 8 adet büyük ölçekli biyogaz tesislerinin toplam yatırım maliyetinin 4.81 yıl gibi çok kısa bir sürede geri kazanıldığı belirlenmiştir. Bununla birlikte bu tesislerde üretilen elektrik enerjisi ile Isparta'nın elektrik tüketiminin ortalama olarak %7.74'ünün karşılanabileceği olması biyogaz tesislerinin karlı ve verimli bir yatırım olduğunu ortaya koymuştur. Böyle bir yatırım potansiyelinin değerlendirilmesi, Türkiye'nin enerji politikası açısından geleceğe yönelik kaçırılmaması gereken fırsatlardan birisidir. Türkiye'de bulunan üniversitelerde, araştırma kurumlarında ve özel sektörde yapılan birçok akademik çalışmada bu konunun önemi vurgulanmaktadır.

Büyük ölçekli biyogaz tesislerinin kurulumunun ve işletilmesinin getirdiği avantajlarından birisi de enerji üretim sektöründe oluşturacağı istihdamdır. Kurulması öngörülen biyogaz tesisleri, tesislerin bakımından, bitkisel ve hayvansal atıkların tesislere nakliyesine ve tesislerin işletilmesinde görev yapacak teknik personele vb. gibi birçok noktada istihdam alanı oluşturacaktır. Bu oluşturulan istihdam kapasitesi Türkiye'nin en büyük problemi olan işsizlik sorununun çözülmesinde küçük de olsa katkı sağlayacaktır. Almanya'nın biyogaz sektöründe yaptığı atılım ve gelişmenin yarattığı istihdam kapasitesi bunun en büyük örneğidir.

Biyogaz tesislerinin ülke genelinde kurulması ve yaygınlaştırılmasıyla enerji üretimi konusunda yapacağı katkı artacak ve aynı zamanda bu sektöre ekipman ve yedek parça sağlayan iş kollarını da geliştirecektir. Türkiye'nin otomotiv sektöründe dünyanın en büyük yedek parça tedarikçilerinden birisi olması gibi biyogaz tesislerine de yedek parça ve motor ekipmanları sağlayan ülke konumuna gelmesi mümkündür. Biyogaz tesislerinin yaygınlaşması ve ölçeklerinin büyümesi ko-jeneratör, karıştırıcılarda kullanılan elektrik motorları vb. üretimleri yapan sanayii alanlarını da geliştirecek ve bu sektörlerde bir ekonomik girdi oluşturacaktır.

Bitkisel ve hayvansal atıkların biyogaz tesislerinde enerji üretimi amacıyla değerlendirilmesinin çevre açısından olumlu etkileri göz ardı edilmemelidir. Atıkların çürümesi sonucunda ortaya çıkan metan gazının oluşturduğu sera gazı etkisinin karbondioksit salınımından daha büyük olduğu bilinmektedir. Oluşan metan gazının enerji üretimi amacıyla kullanılması bu olumsuz iklimsel etkiyi ortadan

kaldırması bakımından önemlidir. Buna ilave olarak günümüzde yoğun ve endüstriyel bir tarım yapılmakta hem bitkisel üretimde hem de hayvansal üretimde çok ağır ve fazla miktarda kimyasal ilaçlar kullanılmaktadır. Kullanılan bu ilaçların kalıntıları bitkilerin atıkları veya hayvanların sıvı idrarları sebebiyle toprak altına sızmakta ve yeraltı su kaynaklarımızı kirletmektedir. Bu ise hem çevre hem de insan sağlığını ciddi derece de tehdit eden bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Biyogaz tesisleri, bitkisel ve hayvansal atıklarda bulunan ağır ilaç kalıntılarını yok ederek çevre ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri ortadan kaldırarak önemli bir görevi yerine getirmektedir.

Enerji konusunda büyük oranda dışa bağımlı olan ülkemizin, mevcut olan yenilenebilir enerji kaynaklarını etkin ve verimli şekilde kullanarak bu bağımlılığı azaltması geleceğimiz açısından önemlidir. Kendi ihtiyacı olan enerjiyi kendi kaynaklarını kullanarak sağlayan gelişmiş ülkelerin hem ekonomik, hem sosyal ve hem de siyasi alandaki bağımsızlıkları bilinen bir gerçektir. Enerji üretimi sadece mühendisliğin bir konusu olmayıp aynı zamanda da içerisinde sosyal ve politik meselelerin çözümünü de barındıran geniş etki alanına sahip bir mesele olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle bu alanda yapılacak her planlamanın ve gelişmenin uzun vadede olumlu sosyal ve politik etkileri olacaktır. Bu nedenle rüzgar, güneş, su vb. gibi sürdürülebilir ve yenilenebilir enerji kaynakları ile birlikte bitkisel ve hayvansal atıkların tamamının değerlendirilerek enerji üretimi için kullanılması, bu amaçla kurulacak tesislerin bölgesel ölçekte planlanması, kurulması ve işletilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Altıkat, S. & Çelik, A. (2012). Iğdır İlinin Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyeli. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(1), 61-66.
- Aksu, Y. (2019). *Amasya İlindeki Hayvansal Atıkların Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Aktaş, T., Özer, B., Soyak, G. & Ertürk, M. C. (2015). Tekirdağ İli'nde Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogazdan Elektrik Üretim Potansiyelinin Belirlenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 11(1), 69-74.
- Anon (1994). *Biogas a Source of Rural Employment*. Tata Energy Research Institute, New Delhi, 4-5.
- Anonim (2006). Ohio Livestock Manure Management Guide, Ohio State University Extension, Ohio.
- Anonim (2014). Guide to machinery costs, Department of Agriculture, Forestry and Fisheries, Pretoria, South Africa, 100s.
- Anonim (2016). Generally Accepted Agricultural and Management Practices for Manure Management and Utilization, Department of Agriculture and Rural Development, Michigan.
- Anonim (2019). *İstatistik II*, Murat Yayınları.
- Ar, F. F. (2018). Ottan Çöpten Enerji. *Enerji ve Çevre Dünyası Dergisi*, 143, 22-25.
- Aşcı, M. F. (2018). *Hatay İli Biyogaz Enerjisi Potansiyelinin İncelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, İskenderun Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Avan, H. (2014). *Tokat İlindeki Hayvansal Atıkların Biyogaz Üretim Potansiyelinin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Kullanılarak Değerlendirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Avcıoğlu, A. O., Çolak, A. & Turker, U. (2013). Türkiye'nin Tavuk Atıklarından Biyogaz Potansiyeli. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10(1), 21-28.
- Badem, A. (2017). *Erzincan İlindeki Hayvansal Atıkların Biyogaz Potansiyelinin Değerlendirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Baran, M. F., Lüle, F. & Gökdoğan, O. (2017). Adıyaman İlinin Hayvansal Atıklardan Elde Edilebilecek Enerji Potansiyeli. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 4(3), 245-249.

- Boyacı, S. (2017). Kırşehir İlinin Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 4(4), 447-455.
- Çelikkaya, H. (2016). Biyogaz. Fırat Kalkınma Ajansı, 39s.
- Çevik, A. (2016). *Çanakkale İlindeki Hayvansal Atıkların Biyogaz Potansiyelinin Değerlendirilmesi*. (Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü)
- DAKA (2016). DAP Bölgesi Kırsal Alanda Biyogaz Üretimine Yönelik Sektör Raporu Hazırlanması Projesi, Doğu Anadolu Kalkınma Ajansı, 165s.
- DİE (1999). Türkiye İstatistik Yıllığı. T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, Ankara.
- Doruk, İ. & Bozdeveci, A. (2017). Denizli İlinin Kırsal Kesimlerinde Hayvansal Kaynaklı Atıklardan Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(3), 181-186.
- EBA (2018). Annual Statistical Report. European Biogas Association, 11s.
- EPDK (2019). Elektrik Piyasası Sektör Raporu. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, Ankara.
- Floudas, C. A. & Lin, X. (2005). Mixed Integer Linear Programming in Process Scheduling: Modeling, Algorithms, and Applications, *Annals of Operations Research*, 139, (131-162).
- Gamrath, G., Koch, T., Martin, A., Miltenberger, M., & Weminger, D. (2015). Progress in Presolving for Mixed Integer Programming, *Mathematical Programming Computation*, 7, 367-398. Doi 10.1007/s12532-015-0083-5.
- Görmüş, C. (2018). *Türkiye'deki Hayvan Gübrelerinin Biyogaz Enerji Potansiyelinin Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Gürel, A. (2010). *Tekirdağ İlinin Keşfedilmeyen Değerlerinden Biyogaz Potansiyeli*. Tekirdağ Değerleri Sempozyumu, 18 Eylül-21 Ekim, Tekirdağ, 60-69.
- Halisdemir, B. (2009). *Aktif Çamur ve Portakal Posasının Biyogaz Üretim Verimleri ve Bazı Önışlemlerin Biyogaz Üretim Verimine Etkilerinin Araştırılması*. (Doktora Tezi, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Kacara, C. (2017). Hatay İlinin Hayvansal Gübre Kaynağından Üretilabilir Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(1), 34-39.
- Kağnıcıoğlu, C, H. ve Yıldız, A. (2006). 0-1 Tamsayılı Bulanık Hedef Programlama Yaklaşımı İle Sınav Görevi Atama Probleminin Çözümü, *Journal of Science And Technology*, 7(2), 413-429.

- Karadağ, F. (2019). *Bursa İli Merkezi Biyogaz Tesisleri Planlama Modelinin Geliştirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü)
- Karaman, S., Avan, H. & Gökalp, Z. (2015). Tokat İlinin Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogaz Enerjisi Potansiyeli ve Uygulanabilirliği. *Bahri Dağdaş Hayvancılık Araştırma Dergisi*, 4(2), 11-19.
- KGM (2019). Isparta İli Siyasi Haritası. Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Koçer, N., Öner, N., İlker, C. S. (2006). Türkiye’de Hayvancılık Potansiyeli ve Biyogaz Üretimi. *Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları*, 4(2), 17-20.
- Köksal, B., A. (2002). *İstatistik Analiz Metodları*, Çağlayan Basımevi.
- MWPS, (2004). Manure Characteristics, MidWest Plan Service, Iowa.
- Öbekcan, H. (2014). *Çorum İlinin Biyogaz Üretim Potansiyelinin Araştırılması*. (Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Öçal, F. (2013). *Biyogaz Enerjisi Üretimi ve Eskişehir İli İçin Uygulama*. (Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Özbaşer, F. T. & Erdem, E. (2013). Biyogaz Üretimi ve Kullanımı. *Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 53(2), 115-124.
- Özçelik, T. (2020). *Konya İli Beyşehir İlçesinin Hayvan Gübrelerinin Biyogaz Enerji Potansiyellerinin Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Öztürk, B. (2019). *Aydın İli Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Salihoğlu, N. K., Teksoy, A. & Altan, K. (2019). Büyükbaş ve Küçükbaş Hayvan Atıklarından Biyogaz Üretim Potansiyelinin Belirlenmesi: Balıkesir İli Örneği. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8(1): 31-47. doi: 10.28948/ngumuh.516798.
- Seyhan, A. K. & Badem, A. (2018). Erzincan İlindeki Hayvansal Atıkların Biyogaz Potansiyelinin Araştırılması. *Akademik Platform Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 6(1), 25-35. Doi: 10.21541/apjes.334256.
- Şen, M. (2010). *Boludaki Tavuk Çiftliklerinin Biyogaz Kapasitesinin Araştırılması*. (Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Taha, H. A. (1997). Operations Research: An Introduction, *Pearson Education Publisher*.

- Taşova, M. & Yazarel, S. (2019). Yozgat İli Hayvansal Kaynaklı Atıkların Biyogaz ve Enerji Potansiyellerinin Belirlenmesi. *International Journal of Life Sciences and Biotechnology*, 2(1), 16-24.
- Tekeli, M. (2014). *Türkiye Biyogaz Potansiyelinin Belirlenerek Isı Ve Elektrik Enerjisi Üretimine Uygulanabilirliği*. (Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Tınmaz Köse, E. (2017). Trakya Bölgesinde Hayvan Gübrelерinin Biyogaz Enerji Potansiyelinin Belirlenmesi ve Sayısal Haritaların Oluşturulması. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilim Dergisi*, 23(6), 762-772. doi: 10.5505/pajes.2016.33600.
- Tolay, M., Yamankaradeniz, H., Yardımcı, S. & Reiter, R. (2008). *Hayvansal Atıklardan Biyogaz Üretimi*. VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, UTES'2008, 17-19 Aralık, İstanbul, 259-264.
- TÜİK (2019). Hayvancılık İstatikleri Veri Tabanı. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara.
- Yetiş, A. D., Gazigil, L., Yetiş, R. & Çelikezen, B. (2019). Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyeli: Bitlis Örneği. *Academic Platform Journal of Engineering and Science*, 7(1), 74-78. Doi: 10.21541/apjes.405308.
- Yıldırım, M. (2019). *Şanlıurfa Yöresinde Biyogaz Üretim Yapılarının Uygulanabilme Olanaklarının Araştırılması*. (Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Yılmaz, H. İ. & Karadağ, F. (2019). *Bursa İli Büyükbaş Hayvan Varlığına Dayalı Biyogaz ve Elektrik Enerjisi Üretim Potansiyelinin Değerlendirilmesi*. 10. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi, 12-14 Aralık, Antalya, 91-97.
- Yokuş, İ. (2019). *Sivas İli Hayvansal Atık Kaynaklı Sürdürülebilir Biyogaz Üretimi İçin Optimum Tesis Lokasyonlarının Belirlenmesi*. (Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Walla, C., & Schneeberger, W. (2008). The Optimal Size For Biogas Plants. *Biomass And Bioenergy*, 32(6), 551-557.
- Vielma, J. P. (2015). Mixed Integer Linear Programming Formulation Techniques, *Society for Industrial and Applied Mathematics*, 57(1), 3-57. doi.org/10.1137/130915303.

EKLER

EK A. Çizelgeler



EK A. Çizelgeler

Çizelge A.1. İlçeler arası mesafeler

Gidiş-dönüş yol mesafeleri (km)	POTANSİYEL BİYOGAZ TESİSİ KURULUM MERKEZLERİ												
	Aksu	Atabey	Eğirdir	Gelendost	Gönen	Keçiborlu	Merkez	Senirkent	Sütçüler	Şarkıkaraağaç	Uluborlu	Yalvağ	Yenişarbademli
Aksu	10.00	37.72	22.26	60.80	65.86	90.88	61.17	93.16	91.28	99.19	103.03	75.83	86.34
Atabey	37.72	10.00	15.46	55.65	28.14	53.16	43.10	89.00	129.00	94.04	79.13	57.75	124.06
Eğirdir	22.26	15.46	10.00	42.19	43.60	68.62	38.91	70.90	113.54	80.58	80.77	57.22	108.60
Gelendost	60.80	55.65	42.19	10.00	83.79	108.81	79.10	95.73	152.08	40.81	105.60	17.45	147.14
Gönen	65.86	28.14	43.60	83.79	10.00	25.02	22.90	60.86	157.14	122.18	50.99	85.89	152.20
Keçiborlu	90.88	53.16	68.62	108.81	25.02	10.00	38.92	35.84	182.16	147.20	25.97	121.87	177.22
Merkez	61.17	43.10	38.91	79.10	22.90	38.92	10.00	74.76	152.45	117.49	64.89	94.13	147.51
Senirkent	93.16	89.00	70.90	95.73	60.86	35.84	74.76	10.00	184.44	97.46	9.87	86.03	179.50
Sütçüler	91.28	129.00	113.54	152.08	157.14	182.16	152.45	184.44	10.00	192.89	208.13	169.53	177.62
Şarkıkaraağaç	99.19	94.04	80.58	40.81	122.18	147.20	117.49	97.46	192.89	10.00	107.33	21.65	102.96
Uluborlu	103.03	79.13	80.77	105.60	50.99	25.97	64.89	9.87	208.13	107.33	10.00	95.90	189.37
Yalvağ	75.83	57.75	57.22	17.45	85.89	121.87	94.13	86.03	169.53	21.65	95.90	10.00	124.61
Yenişarbademli	86.34	124.06	108.60	147.14	152.20	177.22	147.51	179.50	177.62	102.96	189.37	124.61	10.00

GÜBRE ÜRETİM MERKEZLERİ

Çizelge A.2. Planlama modeli çıktı sonuçları

<i>Global optimal solution found</i>			
Objective value	: 0.3756270E+08	Total variables	: 832
Objective bound	: 0.3756270E+08	Nonlinear variables	: 0
Infeasibilities	: 0.000000	Integer variables	: 754
Extended solver steps	: 35254	Total constraints	: 120
Total solver iterations	: 154236	Nonlinear constraints	: 0
Elapsed runtime seconds	: 5.88	Total nonzeros	: 1573
Model Class	: MILP	Nonlinear nonzeros	: 0

Variable	Value	Reduced Cost
YA01	4245123.	0.000000
YA02	0.000000	0.000000
YA03	5205575.	0.000000
YA04	0.000000	0.000000
YA05	0.000000	0.000000
YA06	5272119.	0.000000
YA07	5113875.	0.000000
YA08	0.000000	0.000000
YA09	2375648.	0.000000
YA10	5095500.	0.000000
YA11	0.000000	0.000000
YA12	0.1025486E+08	0.000000
YA13	0.000000	0.000000
<hr/>		
XABGTB	1.000000	0.000000
XCBGTC	1.000000	0.000000
XFBGTC	1.000000	0.000000
XGBGTC	1.000000	0.000000
XKBGTA	1.000000	0.000000
XLBGTC	1.000000	0.000000
XPBGTC	2.000000	0.000000
<hr/>		
XABGB04	1.000000	3900000.
XCBGC02	1.000000	4950000.
XFBGC02	1.000000	4950000.
XGBGC02	1.000000	4950000.
XKBGA04	1.000000	2319000.
XLBGC02	1.000000	4950000.
XPBGC01	1.000000	4950000.
XPBGC03	1.000000	4950000.

Variable	Value	Reduced Cost
XA01	57704.00	0.9700000
XB03	28677.00	1.499620
XB06	8846.000	5.156520
XB07	5723.000	4.180700
XC01	18563.00	2.159220
XC03	90934.00	0.9700000
XD03	30389.00	4.092430
XD12	16111.00	1.692650
XE06	35420.00	2.426940
XF06	67368.00	0.9700000
XG07	144277.0	0.9700000
XH06	29818.00	3.476480
XK01	17594.00	8.854160
XK09	58400.00	0.9700000
XL10	150000.0	0.9700000
XL12	46208.00	2.100050
XN06	8548.000	2.519090
XP12	237681.0	0.9700000
XR01	11139.00	8.374980
<hr/>		
XATM	3557974.	0.000000
XCTM	2634798.	0.000000
XFTM	3320810.	0.000000
XGTM	1689431.	0.000000
XKTM	584000.0	0.000000
XLTM	1500000.	0.000000
XPTM	3658350.	0.000000

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Yalçın GÖNBE
Doğum Yeri ve Yılı : Isparta, 1989
Medeni Hali : Evli
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : ylc0332@gmail.com



Eğitim Durumu

Lise : Isparta Gürkan Süper Lisesi, 2007
Lisans : SDÜ, Ziraat Fakültesi, 2015

Mesleki Deneyim

Güven Tarım, Ziraat Mühendisi	2014 –2015
Yaprak Tarım, Stajyer	2015 –2016
Grand Berk Hazır Yemek Firması, Servis müdürü	2016 - 2017
MYK Danışmanlık ve Tarım, Ziraat Mühendisi	2017 –2018
Sofra Yemek Üretim Ve Hizmet A.Ş., Proje Müdürü	2018 –2019
A 101 Yeni Mağazacılık, Günlük Temsilci	2019–.....(halen)