



**T.C. İSTANBUL TİCARET
ÜNİVERSİTESİ**

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİYODİZEL TEDARİK ZİNCİRİ AĞ TASARIMI İÇİN ÇOK AMAÇLI KARMA
TAM SAYILI DOĞRUSAL PROGRAMLAMA MODELİ ÖNERİSİ**

Melike SIRAKAYA

**Danışman
Dr.Öğr. Üyesi Berk AYVAZ**

**Eş Danışman
Dr.Öğr. Üyesi Ali Osman KUŞAKCI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

İSTANBUL - 2018

KABUL VE ONAY SAYFASI

Melike SIRAKAYA tarafından hazırlanan "Biyodizel Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı İçin Çok Amaçlı Karma Tam Sayılı Doğrusal Programlama Modeli Önerisi" adlı tez çalışması 6/7/18 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri önünde başarı ile savunularak, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman

Dr.Öğr.Üyesi Berk AYVAZ
İstanbul Ticaret Üniversitesi



Jüri Üyesi

Prof. Dr. Sibkat KAÇTIOĞLU
İstanbul Ticaret Üniversitesi



Jüri Üyesi

Doç. Dr. Nezir Aydın
Yıldız Teknik Üniversitesi



Onay Tarihi : 23/7/2018



Prof. Dr. Necip ŞİMŞEK
Enstitü Müdürü

AKADEMİK VE ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında,

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

Tarih 26/07/2018

İmza



Melike SIRAKAYA

İÇİNDEKİLER

Sayfa

| | |
|--|------|
| İÇİNDEKİLER..... | iii |
| ÖZET | v |
| ABSTRACT | vi |
| TEŞEKKÜR | vii |
| ŞEKİLLER | viii |
| ÇİZELGELER | ix |
| SİMGELER VE KISALTMALAR..... | x |
| 1.GİRİŞ..... | 1 |
| 2. LİTERATÜR ÖZETİ..... | 5 |
| 2.1 Literatür Metodolojisi | 6 |
| 2.1.1 Kümeleme Analizi..... | 6 |
| 2.1.1.1 Özdüzenleyici Haritalar (SOM) | 6 |
| 2.2 SOM Yöntemi ile Kümeleme Uygulaması | 9 |
| 2.3 İncelenen Çalışmaların Kümelemelere Göre Değerlendirilmesi | 15 |
| 2.4. Literatür Çalışması Sonuçları | 18 |
| 3. BİYODİZEL | 22 |
| 3.1. Biyodizel Özellikleri..... | 23 |
| 3.1.1. Biyodizelin Maliyet Boyutları | 23 |
| 3.1.2. Biyodizelin Çevresel Boyutları..... | 25 |
| 3.1.3. Biyodizelin Sosyal Özellikleri..... | 27 |
| 3.2. Biyodizel Üretimi | 27 |
| 3.2.1. Biyodizel Üretim Prosesleri..... | 28 |
| 3.3. Sürdürülebilir Tarım..... | 30 |
| 3.3.1. Nadaslı Tarım Metodu..... | 30 |
| 3.4. Biyodizel hammadde kaynakları..... | 31 |
| 3.5. Dizel ve Biyodizel Standartları..... | 33 |
| 4. METODOLOJİ..... | 35 |
| 4.1.Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı Metodolojisi | 35 |
| 4.2.Karmaşık-Tam Sayılı Optimizasyon Teknikleri..... | 37 |

| | |
|---|----|
| 4.2.1. Karmaşık Tam Sayılı Doğrusal Programlama | 38 |
| 4.3. Çok Amaçlı Programlama Çözüm Teknikleri | 39 |
| 4.3.1. Tanımlar Ve Genel Bilgiler..... | 40 |
| 4.4. Karar Vericinin Tercihinde Uygulama Zamanına Dayalı Teknikler..... | 41 |
| 4.4.1. Epsilon-Kısıtı Yöntemi..... | 43 |
| 4.5.Çok Amaçlı Programlama Problemlerinin Çözüm Yaklaşımlarını Karar Değişkenlerinin Yapısına Göre Sınıflandırma | 45 |
| 5. PROBLEM TANIMI VE MODEL FORMÜLASYONU | 47 |
| 5.1. Problemin Tanımı | 47 |
| 5.2. Modelin Formülasyonu | 48 |
| 6.UYGULAMA..... | 55 |
| 6.1. Veri Toplama ve Vakanın Detayları | 55 |
| 6.2. Bulgular | 60 |
| 6.3. Duyarlılık Analizleri | 62 |
| 7.SONUÇLAR ve ÖNERİLER | 68 |
| 7.1. Sonuçlar | 68 |
| 7.2. Gelecekteki Çalışmalar İçin Tavsiyeler..... | 69 |
| KAYNAKLAR | 71 |
| EKLER..... | 76 |
| EK A. Matematiksel Modelin Gams Kodları | 76 |
| EK B. Matematiksel Modelin Gams Çıktıları | 94 |
| ÖZGEÇMİŞ..... | 97 |

ÖZET
Yüksek Lisans Tezi
BİYODİZEL TEDARİK ZİNCİRİ AĞ TASARIMI İÇİN ÇOK AMAÇLI KARMA TAM SAYILI
DOĞRUSAL PROGRAMLAMA MODELİ ÖNERİSİ

Melike SIRAKAYA

İstanbul Ticaret Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Berk AYVAZ

Eş Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ali Osman KUŞAKCI

2018, 97 sayfa

Dünyadaki enerji ihtiyacını karşılayan en önemli kaynaklardan biri olan fosil yakıtların yanması sonucunda oluşan sera gazlarının hem çevre kirliliğine hem de küresel ısınmaya sebep olduğu bilinmektedir. Bu nedenlerden dolayı çevre dostu olan yenilenebilir enerji kaynaklarına ilgi artış göstermektedir. Ülkemizde Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından, 2013 yılından itibaren benzine ve motorine yerli katkı olarak, oranları her yıl arttırılmak üzere biyodizel ve etanol ilave zorunluluğu getirilmiştir. Bu da yenilenebilir enerji kaynakları için etkin ve optimal yeşil tedarik zinciri ağı tasarımı çalışmalarının yapılmasını gerekli kılmaktadır. Bu çalışmada, çok amaçlı, çok ürünlü ve çok periyotlu yenilmeyen hammadde kaynaklarından üretilen ikinci nesil biyodizel için tedarik zinciri ağ tasarımı problemi ele alınmıştır. Ele alınan problem için doğrusal programlama modeli geliştirilmiştir.

Önerilen model, biyodizel tedarik zincirinin toplam maliyet, çevresel etki ve sosyal etki minimizasyonunu içermektedir. Çevresel etki değerlendirme süreci için hem literatür çalışmaları incelenmiş hem de uluslararası değerlendirme metotlarına (Eco-indicator99, Recipe 2008, EDIP 2003, EPS 2000, vs.) başvurulmuştur. Ayrıca Uluslararası Standart Örgütü'nün ISO 14000 standardının ortaya koyduğu kriterlere de başvuru yapılarak yeni bir değerlendirme modeli önerilmiştir. Çok amaçlı modelin çözümünde epsilon-constraint metodu kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Biyodizel, çok amaçlı optimizasyon, ikinci nesil biyodizel tedarik zinciri.

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

DEVELOPMENT OF A MULTI-PERIOD MIX INTEGER LINEAR PROGRAMMING MODEL FOR BIODIESEL FUELS

Melike SIRAKAYA

**İstanbul Commerce University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Industrial Engineering**

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Berk AYVAZ

Co-Supervisor: Assist. Prof. Dr. Ali Osman KUŞAKCI

2018, 97 pages

The release of greenhouse gases resulting from the burning of these fuels causes both environmental pollution and global warming. Thus, interest in renewable and green energy sources has been gradually increased throughout the last two decades. Following this passionate trend, the Energy Market Regulatory Authority (EMRA) has imposed new regulations on biodiesel and ethanol use as domestic additives to petroleum derivatives starting from 2013. This necessitates an effective and optimal design of a green supply chain network for renewable energy sources. In this study, the problem of supply chain network design for the second generation biodiesel produced from multi-purpose, multi-product and multi-period non-deficient raw material sources is discussed. A multiobjective mixed integer linear programming model has been developed to tackle the problem we address. A mixed integer linear programming model has been developed for the problem addressed. The proposed model includes the total cost, environmental impact and social impact minimization of the biodiesel supply chain. For the environmental impact assessment process, both literature reviews and international assessment methods (Eco-indicator99, Recipe 2008, EDIP 2003, EPS 2000, etc.) were applied. A new evaluation model has also been proposed, taking into account the criteria set out by the ISO 14000 standard of the International Standards Organization. The epsilon-constraint method is used in the solution of the multipurpose model.

Keywords: Biodiesel, multi objective optimization, second generation biodiesel supply chain.

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan, çalışmamın her aşamasında yolumu açan, yaptığım hatalarımı tölere eden, ilerleyen çalışmalarda yol göstericiliğinden asla uzaklaşmak istemeyeceğim, adaletli davranışları ile her konuda çok değerli bir örnek olan ve tez konusu olarak bana uygun gördüğü tedarik zinciri ağ tasarımı çalışmam boyunca, konumu büyük ilgiyle takip etmemi sağlayan, her aşamasında benimle birlikte emek emek çalışan Danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Berk AYVAZ hocama, uzak yakın demeden, tüm sorularımda rahatlıkla iletişim kurduğum, her daim tezim konusunda bilgi ve tecrübelerini aktaran, asla yapmam diye düşündüğüm literatür çalışmamda satır satır destek olan çok değerli eş danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Ali Osman KUŞAKCI hocama teşekkürlerimi sunarım. Proje çalışmalarımız boyunca her aşamada ayrı ayrı desteklerini esirgemeyen, elinden gelenin fazlası için uğraşan, yolumu açan, çok değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Fatih ÖZTÜRK'e de teşekkürümü borç bilirim.

Hayatta her daim tüm kararlarımda ve çalışmalarımımda desteğini derinden hissettiğim kıymetli ablam Dilek KOCABIYIK ve benim için gerçek bir abi olan eğitim hayatımdaki her aşamayı ayrı ayrı desteklediği için Özkan KOCABIYIK'a teşekkür ederim. Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan değerli annem ve babama sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Tezim sırasında benimle aynı sıkıntıları yaşarken aynı zamanda bana katkıda bulunmak için vaktini ve enerjisini asla esirgemeyen eşim Enis Barış KARAKOÇ'a çok teşekkür ediyorum.

Üniversitemiz Yayın, Araştırma ve Proje Koordinasyon Kurulu tarafından 31.06.2017 tarihinde 14-2017/19 karar no onaylanan 'Biyodizel Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı' projesi ile tezimi maddi olarak destekleyen İstanbul Ticaret Üniversitesi Yayın Araştırma ve Proje Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederim.

Melike SIRAKAYA
İSTANBUL, 2018

ŞEKİLLER

| | Sayfa |
|--|--------------|
| Şekil 2.1. Tipik bir SOM ağ yapısı | 7 |
| Şekil 2.2. Topolojilerin ortalama Dunn İndex değerleri | 11 |
| Şekil 2.3. 1x4 topoloji yapısı ve kümelerin eleman sayıları..... | 15 |
| Şekil 2.4. 1x4 topolojisine göre elde edilen kümeler için girdilerin ağırlıkları | 18 |
| Şekil 3.1. Biyodizelin yaşam döngüsü | 26 |
| Şekil 6.1.1. Tarla Açmak İçin Aday Gösterilen İller | 55 |
| Şekil 6.1.2. Ön İşleme Merkezi Açmak İçin Aday Gösterilen İller | 56 |
| Şekil 6.1.3. Biyorafineri Açmak İçin Aday Gösterilen İller | 56 |
| Şekil 6.1.4. Toplama ve Dağıtım Merkezi Açmak İçin Aday Gösterilen İller..... | 57 |
| Şekil 6.2.1. Tarla, Ön İşleme Merkezi, Biyorafineri ve Dağıtım Merkezi Açılan İller.. | 62 |
| Şekil 6.3.1. Verimlilik Değerlerine Ait Yapılan Duyarlılık Analizi Grafiği | 63 |
| Şekil 6.3.2. Kapasite Değerlerine Ait Yapılan Duyarlılık Analizi Grafiği..... | 64 |
| Şekil 6.3.3. Epsilon Değerlerine Ait Yapılan Duyarlılık Analizi Grafiği | 66 |
| Şekil 6.3.4. Epsilon Değerlerine Ait Yapılan Duyarlılık Analizi Grafiği | 67 |

ÇİZELGELER

Sayfa

| | |
|--|----|
| Çizelge 1.1. Emisyon değerlerinin dizel yakıta oranla kıyaslanması | 2 |
| Çizelge 2.1. SOM kümeleme sürecinin algoritması | 7 |
| Çizelge 2.2. Değişkenlerin alacağı değerler | 9 |
| Çizelge 2.3. Değişkenlerin gösterim şekli | 10 |
| Çizelge 2.5. 1x4 topolojisindeki kümelerin elemanları | 16 |
| Çizelge 2.6. 1x4 topolojisine göre her küme için değişkenlerin ortalama değeri | 17 |
| Çizelge 3.1. Biyodizel üretilebilecek yağlı tohumlu bitkiler..... | 32 |
| Çizelge 3.2. Dizel yakıtı ve bazı bitkisel yağların temel bileşenler | 33 |
| Çizelge 6.1. Yıllara göre biyodizel müşteri dağıtım merkezlerinin biyodizel talebi ... | 57 |
| Çizelge 6.2. Yıllara göre gliserin müşteri merkezinin gliserin talebi | 58 |
| Çizelge 6.3. Dönüşüm faktörü | 58 |
| Çizelge 6.4. Tarla açmanın hektar başına sabit maliyeti..... | 59 |
| Çizelge 6.5. Toplama ve ön işleme merkezi açmanın sabit maliyeti | 59 |
| Çizelge 6.6. Biyodizel müşteri dağıtım merkezi açmanın sabit maliyeti | 59 |
| Çizelge 6.7. Biyorafineri açmanın sabit maliyeti..... | 60 |
| Çizelge 6.3.1. Verimlilik için Duyarlılık analiz sonuçları | 63 |
| Çizelge 6.3.2. Kapasite değerlerine ait duyarlılık analizi sonuçları | 64 |
| Çizelge 6.3.4. Epsilon 2 değerinde yapılan değişikliklere ait duyarlılık analizleri sonuçları | 66 |
| Çizelge EK B.1. f lokasyonundaki tarlalarda bitki yetiştirme merkezi açma kararları | 94 |
| Çizelge EK B.2. i lokasyonu için toplama ve yağ çıkartma merkezi açma kararları ... | 94 |
| Çizelge EK B.3. j lokasyonu biyorafineri açma kararları | 94 |
| Çizelge EK B.4. k lokasyonu depolama ve dağıtım merkez seçilme kararları..... | 95 |

SİMGELER VE KISALTMALAR

| | |
|-----------------|--|
| ADTZ | Açık döngü tedarik zinciri |
| ÇATP | Çok Amaçlı Tamsayı Programlama |
| CH ₄ | Metan |
| CO | Karbonmonoksit |
| DA | Duyarlılık analizi |
| DI | Dunn indeksi |
| DP | Doğrusal programlama |
| HC | Hidrokarbonlar |
| HCl | Hidroklorik Asit |
| HF | Hidroflorik Asit |
| KDTZ | Kapalı döngü tedarik zinciri |
| KTDP | Karma tamsayı doğrusal olmayan programlama |
| KTDP | Karma tamsayı doğrusal programlama |
| NO _x | Azot Oksitler |
| PM | Partikül Madde |
| SA | Senaryo Analizi |
| SOM | Self Organizing Maps |
| SO _x | Kükürt Oksitler |
| TÜİK | Türkiye İstatistik Kurumu |
| UEA | Uluslararası Enerji Ajansı |

1.GİRİŞ

Nüfus artışına ve gelişen sanayiye bağlı olarak artan enerji ihtiyacının, fosil kaynaklı yakıtlar ile karşılanması nedeniyle oluşan çevresel etkiler göz ardı edilemeyecek kadar fazladır. Uluslararası Enerji Ajansı'ndan(UEA) edinilen verilerine göre dünya üzerindeki artan enerji talebini karşılayabilecek petrol rezervi 1,7 trilyon varil civarında olup bu miktar yaklaşık 51 yıllık tüketimi karşılayabilmektedir. Fosil kaynaklı yakıtların günden güne azalması, artan enerji ihtiyacının karşılanması konusunda sıkıntılara neden olmaya başlamıştır. Tüm bu sorunlara etkin çözümler bulmak alternatif yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmekle olacaktır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının tercih edilmesi, doğaya olan olumsuz etkilerin azaltılması yanında enerji kaynağının sürdürülebilir olması bakımından önem kazanmaktadır.

Çevresel etkisi olumsuzluk içermeyen alternatif yenilenebilir enerji kaynakları elde edebilmek için enerji tarımına yönelmenin önemi son zamanlarda anlaşılmaya ve enerji bitkileri olarak adlandırılan yağlı tohumlu yenilebilir ya da yenilemez bitkilerden enerji elde edilmeye başlanmıştır. Alternatif enerji kaynakları araştırıldığında Biyokütle enerjisinin öneminin büyüklüğü görülmektedir. Biyokütle (Biyoenerji) sınıfında enerji elde edilebilecek birçok yakıt türü bulunmaktadır. Bunlar; biyoethanol, biyodizel, biyogaz, biyoalkoller vb. dir.

Bir tarım ülkesi olan ülkemizde biyoyakıt kullanımı enerji tüketiminde dışa bağımlılığı önemli ölçüde azaltacaktır. Biyoyakıtlar içerisinde biyodizel öncelikli seçeneğimizdir. Biyodizelin tarım kaynaklarımızla üretilmesiyle kırsal bölgede ekonomik yapı güçlenerek istihdam oranı da artacaktır. Biyodizel yakıtlar ayrıca kendi içerisinde de 3 nesilde sınıflandırılmaktadır.

Birinci nesil biyodizel yakıtlar, yenilebilir gıda ile rekabet eden bitkilerin yağlı tohumlarından üretilen biyodizel yakıtlardır. Bu bitkilerin bazıları; palm yağları, soya yağı ve kolza yağıdır. İkinci nesil biyoyakıtlar, jatropha gibi gıda olarak tüketilmeyen bitkilerin yağlı tohumlarından üretilmektedir. Üçüncü nesil biyoyakıtlar ise karbondioksitin hammadde olarak kullanıldığı mikroalg, yosunlar ve siyano bakterilerdir. Ayrıca biyodizel üretiminde atık yağlar da kullanılabilenekte olup ülkemizdeki atık yağları değerlendirmek atmosfere salınan karbondioksit miktarını büyük oranda indirecektir.

Biyodizel üretiminde bitkisel yağlı tohumlar kullanılırken temel olarak karşılanması muhtemel gıda krizlerinin önlenmesi amacıyla yenilemeyen bitki türlerinin kullanılması gereklidir.

Biyodizel; sürdürülebilir, çevreye zararlı olmayan ve saf olarak kullanılabilirdiği gibi belirli oranlarda dizel yakıtlarla karıştırılarak da kullanılabilen bir biyoyakıt türüdür.

Biyodizel yakıtlar çeşitli oranlarla dizel yakıtlarla karıştırılarak yakıt olarak kullanılabilmektedir. Bunların gösterimleri

B5 : % 5 Biyodizel + %95 Dizel

B20 : % 20 Biyodizel + %80 Dizel

B50 : % 50 Biyodizel + %50 Dizel

B100 : %100 Biyodizel

şeklinde olmaktadır.

Çevreye etkileri kendi içerisinde kıyaslandığında ise çizelge 1'deki değerler elde edilmiştir.

Çizelge 1.1. Emisyon değerlerinin dizel yakıtla oranla kıyaslanması (www.yegm.gov.tr)

| | Emisyonlar | B20 | B100 |
|-------------|-------------------|------------|-------------|
| CO: | Karbonmonoksit | -6.90% | -34.50% |
| PM: | Partikül Madde | -6.48% | -32.41% |
| HF: | Hidroflorik Asit | -3.10% | -15.51% |
| SOx: | Kükürt Oksitler | -1.61% | -8.03% |
| CH4: | Metan | -0.51% | -2.57% |
| NOx: | Azot Oksitler | 2.67% | 13.35% |
| HCl: | Hidroklorik Asit | 2.71% | 13.54% |
| HC: | Hidrokarbonlar | 7.19% | 35.96% |

Biyodizel yakıtlarla ilgili ülkemizde bir takım düzenlemelerde bulunulmuştur. Ülkemizde biyodizel kullanımı ile ilgili olarak Resmi Gazete de yayımlanan 27 Eylül 2011 tarih ve 28067 sayılı "Motorin Türlerine İlişkin Değişiklik Yapılmasına Dair Tebliğe" göre piyasaya arz edilen motorin türlerinin, yerli tarım ürünlerinden üretilmiş yağ asidi metil esteri(biyodizel) içeriğinin; 01/01/2014 tarihi itibarıyla en az %0,1, 01/01/2015 tarihi itibarıyla en az %0,2, 01/01/2016 tarihi itibarıyla en az %0,3 ve 16/07/2017tarihi itibarıyla %0,5 oranında olması zorunlu hale getirilmiştir.

Biyodizel gibi yenilenebilir alternatif enerji kaynaklarının talebi dünya genelinde artmaktadır ve ilerleyen senelerde bu artışın devam edeceği görülmektedir. Dünya genelinde yenilenebilir

alternatif enerji kaynaklarının kullanımını arttırmak amacıyla önemli teşvikleri verilmektedir. Ülkemizde ise biyodizel kullanımın yaygınlaştırılması ve kullanılması için yapılan teşvik ve yatırımlar yok denilecek kadar azdır.

Bu çalışmada ise dünyada her geçen gün tükenmekte olan ve ülkemizde enerjide dışa bağımlılıktan ötürü her geçen gün maliyeti daha da artan petrole alternatif olabilecek yenilenebilir enerji kaynakları sınıfına giren biyodizel yakıtlar için çok amaçlı bir tedarik zinciri için ağ tasarımı problemi ele alınacaktır.

Tedarik zinciri ağı; üretici, tedarikçi, nakliyecisi, dağıtım merkezleri, perakendeci ve tüketici gibi tedarik zincirini oluşturan sistemler, alt sistemler, operasyonlar ve bunlar arasındaki ilişkileri inceleyen kompleks bir yapıdır (Paksoy, 2005). Tedarik zinciri ağ tasarımı üretim tesislerinin, depo noktalarının, dağıtım ve müşteri merkezlerinin, yerleri, kapasiteleri, birimler arası taşıma kararları gibi hususlar belirlenerek optimum düzeye getirilmeye çalışılır. Tedarik zinciri ağ tasarımı problemi, tedarik zinciri yönetiminin genel performansını etkileyen stratejik düzey kararlarla ilgilidir. Ayrıca, taktiksel kararlar olarak sınıflandırılan farklı dönemlerdeki üretim miktarı ve stok seviyesi gibi üretim planlama kararları, optimal çözümü elde edebilmek için stratejik düzey kararları ile entegre edilebilir.

Bu çalışmada, tedarik zinciri ağ tasarımı modeli maliyet amacının yanında, çevresel ve sosyal kaygılar da güderek 3 amaçlı olarak tasarlanmıştır. Hem sektörlerin ihtiyaçları hem de kanunlarla korunan ve zorunlu tutulan bazı durumlardan dolayı son zamanlarda çok amaçlı tedarik zinciri ağ tasarımı modellerine yönelik kaçınılmaz olmaktadır. Bu model önerilirken tarlada ürün yetiştirmeden, tesis açmaya ve taşıma kararlarına kadar çevresel etki değerleri minimize edilmeye çalışılmış, sosyal etki açısından ise göç eden kişi sayısını minimize etmek amaçlanmıştır. Karar verici tarafından oluşturulmuş amaç fonksiyonları çözüme ulaştırılırken, epsilon kısıt yöntemi tercih edilmiştir. Maliyet amacı ana amaç olarak belirlenerek modele;

- (i) Çevresel etki kısıtları,
- (ii) Sosyal etki kısıtları eklenerek model optimize edilmiştir.

Modelde göz önünde bulundurulmuş stratejik kararlar, tesisi konumu, ham madde seçimi ve tedarik ağı boyunca malzeme akışıdır.

Geleneksel olarak, tedarik zinciri ağlarının tasarımında kullanılan optimizasyon modellerinin ana hedefi maliyet yönüne odaklanmıştır. Bununla birlikte, çevresel kaygılar arttıkça, tedarik zinciri yönetimi bağlamında belirleyici faktörler olarak akademik araştırmalar ve endüstri seviyelerinde çevresel özellikler de ortaya çıkmaktadır. Sosyal kaygılar ise devlet politikalarına bağli olarak kurgulanmıştır. Günümüzde, hem ekonomik hem de çevresel performansları göz önünde bulunduran lojistik yapılara yatırım, önemli ve güncel bir araştırma konusudur. Bu artan önem, esas olarak çevrenin bozulmasına ve yeni çevre düzenlemelerine dayanmaktadır. Bununla birlikte, şirketler kar ve çevre etkisi arasındaki dengeyi hesaplarken, lojistik yapılarının tasarım ve planlama optimizasyonuna yatırım yapmalıdır. Bununla birlikte, şirketler kar ve çevre etkisi arasındaki dengeyi hesaplarken, lojistik yapılarının tasarım ve planlama optimizasyonuna yatırım yapmalıdır.

Bu konuları dikkate alan CO2 emisyonlarını azaltmada etkin bir yaklaşım olduğunu ve aynı zamanda demiryolu taşımacılığının CO2 emisyonlarını azaltma hedefine ulaşmak için dikkate alınması gereken bir unsur olduğunu iddia etmişlerdir. Modelin bu bölümünün en büyük dezavantajı, ekonomik boyutun mevcut olmamasıdır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Son yıllarda küresel ısınma, hava kirliliğinin artması, iklim değişiklikleri, değişkenlik gösteren akaryakıt fiyatlarının yanı sıra tabii kaynakların hızla tükenmesi ve sanayileşme ile paralel bir şekilde gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin yüksek enerji talepleri, yenilenebilir ve temiz enerji kaynaklarına olan ilginin gittikçe artmasına sebep olmuştur.

Bu bağlamda karar vericiler, ekonomik gelişme sağlayan, çevre hassasiyeti olan ve sosyal refahı sağlayan sürdürülebilir çözümler üretmek için biyoenerji, rüzgar, güneş, dalga, gelgit vs. gibi yenilenebilir enerjilere odaklanmışlardır. Özellikle biyoenerji üretim sistemleri, son yıllarda çevresel sorunlara da bağlı olarak, hızla tükenmekte olan ve yenilenemeyen geleneksel enerji üretim sistemleri yerine ikame olabileceği için son yıllarda büyük ilgi görmektedir. Biyoenerji sınıfında biyokütle, biyoethanol, biyodizel, biyogaz, biyoalkoller vb. yakıt türleri bulunmaktadır. Etkin bir biyoyakıt tedarik zincirinin tasarımı, biyoyakıtların fosil yakıtlara karşı yeterliliğinin artırılmasında önemli bir role sahiptir. Bir biyoyakıt tedarik zinciri ağını en iyi şekilde tasarlamak için, birçok araştırmacı matematiksel programlama, simülasyon ve coğrafi bilgi sistemi vb. farklı metodolojiler uygulamıştır. Ülkemizde biyodizel kullanımı ile ilgili olarak Resmi Gazete de yayımlanan 27 Eylül 2011 tarih ve 28067 sayılı “Motorin Türlerine İlişkin Değişiklik Yapılmasına Dair Tebliğe” göre piyasaya arz edilen motorin türlerinin, yerli tarım ürünlerinden üretilmiş yağ asidi metil esteri(biyodizel) içeriğinin; 01/01/2014 tarihi itibarıyla en az %0,1, 01/01/2015 tarihi itibarıyla en az %0,2, 01/01/2016 tarihi itibarıyla en az %0,3 ve 16/07/2017tarihi itibarıyla %0,5 oranında olması zorunlu hale getirilmiştir. Ayrıca biyodizel üretimi için kullanılan yağlı tohumlar kurak bölgelerde de yetiştirilebileceği için tarıma elverişli olmayan bölgelerde de bu alanda istihdam artacak ve sosyal yönden de katkısı olacaktır.

Bu çalışmada biyoyakıtlar için tedarik zinciri ağ tasarımı çalışmaları sistemli yorumlamalar yapabilmek amacıyla yapay sinir ağlarının bir çeşidi olan özdüzenleyici haritalar (Self Organizing Maps-SOM) yöntemiyle amaçları, karar değişkenleri, kısıtları, kullanılan optimizasyon metodu ve sonuçları dikkate alınarak incelenmiş ve kümelenmiştir.

Çalışmanın bundan sonraki bölümünde literatür taraması yapılırken kullanılan metodoloji hakkında bilgi verilmiştir. Üçüncü bölümde incelenen çalışmalar için SOM yöntemi ile analizler

ve değerlendirmeler yapılmıştır. Sonuç bölümünde ise genel değerlendirme ve literatürdeki açıklar ele alınmıştır.

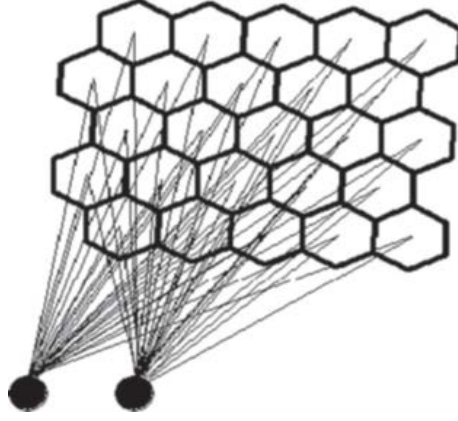
2.1 Literatür Metodolojisi

2.1.1 Kümeleme Analizi

Kümeleme analizi, incelenen birimleri ortak özelliklerine göre belirli sayıda gruplara ayırarak, bu gruplar hakkında genel tanımlamalar yapmaya olanak veren çok değişkenli istatistiksel bir yöntemdir (Kaufman ve Rousseeuw, 1990). Kullanıcının amacı ve kullanım alanları düşünülerek farklı kümeleme analizleri mevcuttur. Bu istatistiksel analiz yöntemlerinin en yaygın olanları; k-ortalamlar yöntemi (MacQueen, 1967), bulanık c-ortalamlar yöntemi (Höppner, 2002) ve zdzenleyici haritalar (Kohonen, 1982) yöntemidir.

2.1.1.1 zdzenleyici Haritalar (SOM)

zdzenleyici haritalar, özel bir çeşit yapay sinir ağı olan veri kümeleme ve görüntüleme yöntemidir. zdzenleyici haritalar ilk olarak Kohonen tarafından 1982 yılında geliştirilmiştir ve Kohonen ağları olarak da adlandırılmaktadır (Kohonen, 1982). zdzenleyici haritalar geniş verilere ait gruplamanın bilinmediği durumlarda, verilerin sistematik kmelendirilmesini amaçlamaktadır (Oğuzlar, 2005). Literatürde SOM yöntemi, su kaynaklarının gruplanması (Kalteh vd., 2007), renklerin tüketiciler zverindeki etkisinin incelenmesi (Mostafa M. M., 2009), kiş aylarındaki aşırı iklim değişikliklerinin incelenmesi ([Cavazos](#), 2000), araç rotalama alışmaları (Schwardt ve Dethloff, 2005), kağıt hamuru ve kağıt Őirketlerine ait sektörel değişimlerin ve finansal performansın eş zamanlı karşılaştırılması (Lnsiluoto vd., 2004), akademik kütüphanelerde yüksek kaynak ve hizmet kullanımı ile ilişkilendirilebilecek veri noktalarını tanımlanması (Ennis vd., 2013) gibi bir çok farklı alanda uygulanmıştır.



Şekil 2.1. Tipik bir SOM ağ yapısı

Özdüzenleyici haritalarda diğer yapay sinir ağlarından farklı olarak, çıkış katmanındaki nöronların dizilimi çok önemlidir. Bu dizilim doğrusal, dikdörtgensel, altıgen veya küp şeklinde olabilir. Görselleştirme açısından dikdörtgensel ve altıgen şeklindeki dizilimler tercih edilmektedir. Şekil 2.1 de tipik bir SOM ağ yapısı gösterilmektedir (Kalteh vd., 2007).

Özdüzenleyici haritalar yönteminde kümeleme analizinde m tane değişken, n tane gruplama olduğu varsayılırsa her bir girdinin her bir düğüme olan uzaklığına bakılmaktadır. Kümeler oluşturulurken ilk olarak her düğümün ağırlık vektörü (w) ile girdi vektörü (x) arasındaki uzaklığı Eşitlik 1’de gösterilen Öklit bağıntısından yararlanılarak hesaplanabilir (Haykin, 2009).

$$d_i = \sqrt{\sum_{j=1}^m (x_j - w_{ij})^2} \quad (1)$$

Özdüzenleyici haritalara ait kümeleme sürecinin adımları Çizelge 2’de yer almaktadır:

Çizelge 2.1. SOM kümeleme sürecinin algoritması

| | |
|---------|--|
| Adım 1: | Ağırlık vektörüne 0 ile 1 arasında rasgele başlangıç değerleri ver. |
| Adım 2: | Her girdi ile ağırlık vektörü arasındaki uzaklığı Denklem 1 yardımı ile hesapla. |

| | |
|---------|---|
| Adım 3: | Hesaplanan uzaklıklar arasındaki en küçük uzaklığa sahip olan düğümü (nöron) seç. Seçilen düğümü kazanan düğüm (winner node) olarak adlandır. |
| Adım 4: | Kazanan düğüm ve öğrenme parametresi (α) yardımıyla ağırlıkları aşağıdaki formülü kullanarak güncelle. Öğrenme parametresi α 'nın 0 ile 1 arasında, genellikle 0'a daha yakın, bir değer aldığı varsayılmaktadır (Alpaydın, 1998). $w_j(new) = w_j(current) + \alpha [x - w_j(current)]$ |
| Adım 5: | Durma kriteri sağlanıncaya kadar Adım 3 ve Adım 4 tekrarla. |

SOM haritalar yöntemi ile çok boyutlu bir veri seti iki boyuta indirgenilebilir. Bu sayede veri seti karar vericiler tarafından kolayca değerlendirilebilmektedir (Özçalıcı, 2016).

Özdüzenleyici haritalarda kümeleme sonuçları elde edildikten sonra, verinin gerçek yapısını temsil edip etmediğini doğrulamak gerekmektedir. Kümeleme algoritmasından elde edilen küme bölünmelerinin uygunluğunu değerlendirmek için Dunn indeksini de (DI) içeren farklı küme geçerlilik indeksleri kullanılmaktadır (Azar vd., 2013). Bu çalışmada farklı kümeleme alternatiflerinden en uygun olanı belirlemek için her bir alternatifin DI değeri hesaplanacak ve karşılaştırılacaktır.

DI'de optimal kümelemeyi belirlemek için kullanılan ölçüt Eşitlik (2)'de verilmiştir.

$$DI = \min_{1 \leq i \leq n} \left\{ \min_{1 \leq i \leq n} \left\{ \frac{d(c_i, c_j)}{\max_{1 \leq k \leq n} \{d'(c_k)\}} \right\} \right\} \quad i \neq j \quad (2)$$

Eşitlik (2) 'de yer alan $d(c_i, c_j)$, i ve j kümeleri arasındaki uzaklığı, $\max_{1 \leq k \leq n} \{d'(c_k)\}$ ise k kümesi içindeki elemanlar arasındaki en büyük mesafeyi göstermektedir. DI değerinin temel amacı kümeler arasındaki mesafeyi en aza indirmek, küme içi uzaklıkları ise en büyüktür. En büyük DI değerine sahip olan kümeleme en iyi gruplandırmayı verecektir.

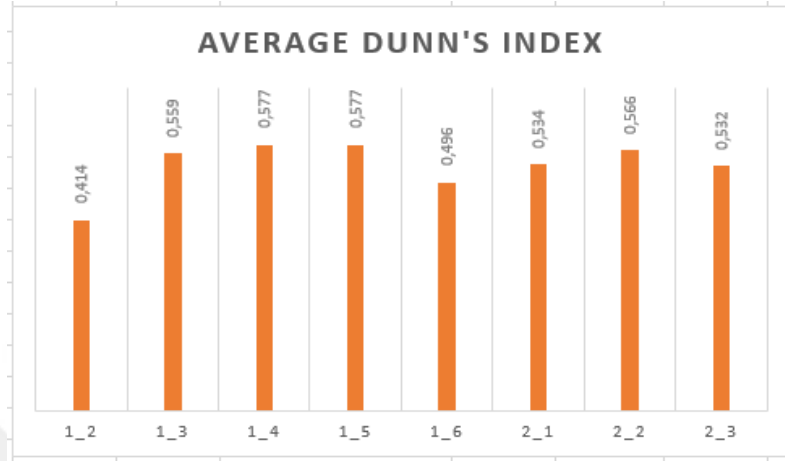
2.2 SOM Yöntemi ile Kümeleme Uygulaması

Bu çalışma yapılırken tedarik zinciri ağ tasarımı, biyodizel gibi anahtar kelimeler aratılmış ve matamatiksel modeli olan 28 makale inceşenmiştir. Makalelerde kullanılan ağ tasarımı yaklaşımlarının temel karakterisitğini yansıtacak şekilde bazı değişkenler belirlendi. Kümeleme yöntemi için dikkate alınan değişkenler şu şekildedir:“Ağ yapısı”, “Model”, “Amaç Fonksiyonu”, “Belirsizliği ele alma yöntemi” ve “Çözüm yöntemi”. Bu değişkenlerin alacağı değerler de Çizelge 2.1’de gösterilmiştir. Buna göre her bir çalışma Çizelge 2.1’de verilen ayırtedici başlıklara göre incelenmiş ve çalışmada kullanılan yöntemle göre değişken değerleri saptanmıştır. Burada değişkenlerin alabileceği değerlerin karşılıklı dışlayan değerler olmadığını; yani, bir çalışmanın örneğin „Belirsizliği Ele Alma Yöntemi“ açısından hem simülasyon hem senaryo analizi kullanabilmesinin mümkün olduğunu belirtmeliyiz.

Çizelge 2.2. Değişkenlerin alacağı değerler

| Değişken | Alabileceği Değerler |
|-------------------------------|---|
| Ağ Yapısı | Açık Döngü Tedarik Zinciri (ADTZ) Kapalı Döngü Tedarik Zinciri (KDTZ) |
| Model | Doğrusal Programlama (DP), Doğrusal Olmayan Programlama (DOP), Karma Tamsayılı Doğrusal Programlama (KTDP), Karma Tamsayılı Doğrusal Olmayan Programlama (KTROP) |
| Amaç Fonksiyonu | Tek Amaçlı Çok Amaçlı |
| Belirsizliği ele alma Yöntemi | Duyarlılık Analizi (DA) Senaryo Analizi (SA) Stokastik Optimizasyon Simülasyon Analizi Bulanık |
| Çözüm Metodu | Kesin Yöntemler Sezgisel Yöntemler |

ortadan kaldırmak için 30 bağımsız deneme yapılmıştır. Bu denemeler sonucunda 1x4 ve 1x5 boyutlarındaki topolojilerin 0,577 ile en yüksek ortalama DI değerlerini verdiği görülmüştür. Elimizde bulunan makale sayısı dikkate alınarak kümeleme işlemi için 1x4 topolojisi seçilmiştir. Analizi gerçekleştirmek ve şekilleri çizmek için MATLAB programı kullanılmıştır.



Şekil 2.2. Topolojilerin ortalama Dunn İndex değerleri

Yapılan literatür taraması sonucu, biyoyakıtların "Tedarik zinciri ağ tasarımı" problemlerine ilişkin ele alınan 28 çalışmaya ait detaylı bilgiler Çizelge 2.4'te verilmiştir.

Çizelge 2.4. Biyoyakıtların tedarik zinciri ağ tasarımı üzerine literatür taraması özeti

| Çözüm Yöntemi | Ağ Yapısı | | Modelleme Tekniği | | | | | | Çözüm Yöntemi | | | | | | | | |
|---------------------|-----------|------|-------------------|-----|------|-------|------------------------|-----|---------------|---------------|------------|-----------|------------|---------|-------|-----------|---------------|
| | Model | | Amaç Fonksiyonu | | | | Belirsizliği Yöntemler | | | Gidermek İçin | Kullanılan | | | | | | |
| | ADTZ | KDTZ | DP | DOP | KTDP | KTDOP | Tek | Çok | D. | A | S. A | Stokastik | Simülasyon | Bulanık | Kesin | Sezgi sel | Meta-Sezgisel |
| Babazadeh et al. | ✓ | | | | | ✓ | | ✓ | ✓ | | | | | | | ✓ | |
| Babazadeh | ✓ | | | | ✓ | | | ✓ | ✓ | | | | | | | ✓ | |
| Azadeh & Arani | ✓ | | | | ✓ | | | ✓ | ✓ | | | | | | | ✓ | |
| Mohseni et al. | ✓ | | | | ✓ | | | ✓ | ✓ | | | | | | | ✓ | |
| Rincón et al. | ✓ | | | ✓ | | | | ✓ | | | ✓ | | | | | ✓ | |
| Jiang & Zhang | ✓ | | | | ✓ | | | ✓ | ✓ | | | | | | | | ✓ |
| Marufuzzaman et al. | ✓ | | | | ✓ | | | ✓ | | | ✓ | | ✓ | | | ✓ | |
| Babazadeh et al. | ✓ | | ✓ | | | | | ✓ | | | | | | | | ✓ | |
| Andersen et al. | ✓ | | | | ✓ | | | ✓ | ✓ | ✓ | | | | | | ✓ | |
| Avami | ✓ | | | ✓ | | | | ✓ | | | ✓ | | | | | ✓ | |

Çizelge 2.4. Biyoyakıtların tedarik zinciri ağ tasarımı üzerine literatür taraması özeti (Devamı)

| Çözüm Yöntemi | Ağ Yapısı | | Modelleme Tekniği | | | | | | Çözüm Yöntemi | | | | | | | |
|-------------------|-----------|------|-------------------|-----|------|-------|------------------------|-----|---------------|------------|------------|-----------|---------------|---------|-------|---|
| | Model | | Amaç Fonksiyonu | | | | Belirsizliği Yöntemler | | Gidermek İçin | Kullanılan | | Sezgi sel | Meta-Sezgisel | | | |
| | ADTZ | KDTZ | DP | DOP | KTDP | KTDOP | Tek | Çok | D. A S. A | Stokastik | Simülasyon | | | Bulanık | Kesin | |
| Moncada et al. | ✓ | | | | | | ✓ | | ✓ | | | | ✓ | ✓ | | |
| Leão et al. | ✓ | | | | ✓ | | ✓ | | ✓ | ✓ | | | | | ✓ | |
| Hombach et al. | ✓ | | | | ✓ | | ✓ | | ✓ | | | | | | ✓ | |
| Mohseni & Pishvae | ✓ | | | ✓ | | | ✓ | | ✓ | | | | | | ✓ | |
| Balaman & Selim | ✓ | | | | ✓ | | | ✓ | ✓ | | | | ✓ | ✓ | | |
| Ivanov & Stoyanov | ✓ | | | | ✓ | | | ✓ | | | | ✓ | | | ✓ | |
| Duarte et al. | ✓ | | | | ✓ | | ✓ | | ✓ | ✓ | | | | | ✓ | |
| Najmi et al. | ✓ | | | ✓ | | | ✓ | | | ✓ | | | | | ✓ | |
| Bai et al. | ✓ | | | | ✓ | | ✓ | | ✓ | ✓ | | | | | ✓ | ✓ |
| Zhang et al. | ✓ | | | | ✓ | | ✓ | | | ✓ | | ✓ | | | ✓ | |

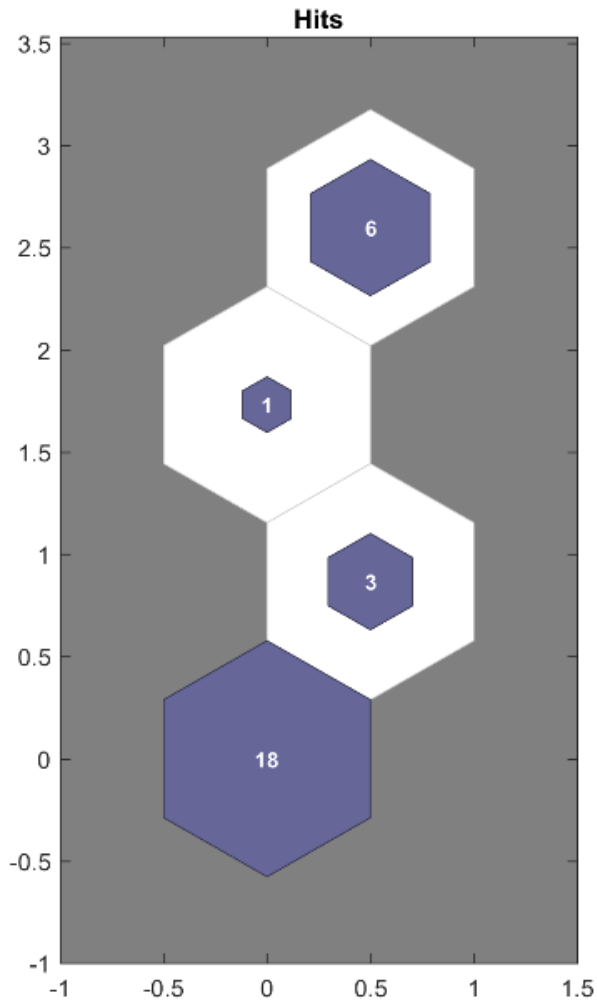
Çizelge 2.4. Biyoyakıtların tedarik zinciri ağ tasarımı üzerine literatür taraması özeti (Devamı)

| Çözüm Yöntemi | Ağ Yapısı | | Modelleme Tekniği | | | | | | Çözüm Yöntemi | | | | | | | |
|-------------------|-----------|------|-------------------|-----|------|-------|------------------------|-----|---------------|-----------|------------|---------|-----------|---------------|-------|--|
| | Model | | Amaç Fonksiyonu | | | | Belirsizliği Yöntemler | | Gidermek | İçin | Kullanılan | | Sezgi-sel | Meta-Sezgisel | | |
| | ADTZ | KDTZ | DP | DOP | KTDP | KTDOP | Tek | Çok | D. A S. A | Stokastik | Simülasyon | Bulanık | | | Kesin | |
| | ✓ | | | | ✓ | | ✓ | | | | ✓ | ✓ | | | ✓ | |
| Cáceres et al. | ✓ | | | ✓ | ✓ | | ✓ | | | ✓ | | | | | ✓ | |
| Meyer et al. | ✓ | | ✓ | | ✓ | | | ✓ | | ✓ | | | | | ✓ | |
| Ren et al. | ✓ | | ✓ | | | | ✓ | | | | | | | | ✓ | |
| Gonela et al. | ✓ | | | | | | ✓ | | | | | | ✓ | | | |
| Pasandideh et al. | ✓ | | | | | | ✓ | | | | | | ✓ | | | |
| Azadeh et al. | ✓ | | ✓ | | | | ✓ | | | ✓ | ✓ | | ✓ | | ✓ | |
| Liu et al. | ✓ | | | | ✓ | | | ✓ | | ✓ | ✓ | | | | ✓ | |
| Li & Hu | ✓ | | | | ✓ | | ✓ | | | | | | ✓ | | ✓ | |

2.3 İncelenen Çalışmaların Kümelemelere Göre Değerlendirilmesi

Özdüzenleyici haritalar yöntemi kullanılarak yapılmış kümeleme analizi sonucunda 1x4 topolojisinde yer alan kümelemenin, incelenenler arasında en iyi kümeleme olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Şekil 3'de en iyi gruplama sonucunu gösteren topoloji ve her küme içerisinde yer alan çalışma sayısına yer verilmiştir.



Şekil 2.3. 1x4 topoloji yapısı ve kümelerin eleman sayıları

Her grupta bilimsel çalışmalara ait yazar ve çalışmaların yapıldığı yıl bilgisi Çizelge 2.5.'te verilmektedir.

Çizelge 2.5. 1x4 topolojisindeki kümelerin elemanları

| Küme 1 | |
|---------------------|------------|
| Yazar | Yıl |
| Babazadeh | 2016 |
| Azadeh & Arani | 2016 |
| Mohseni et al. | 2016 |
| Marufuzzaman et al. | 2014 |
| Babazadeh et al. | 2015 |
| Andersen et al. | 2012 |
| Moncada et al. | 2016 |
| Leão et al. | 2011 |
| Hombach et al. | 2016 |
| Mohseni & Pishvae | 2016 |
| Bai et al. | 2015 |
| Zhang et al. | 2015 |
| Cáceres et al. | 2015 |
| Duarte et al. | 2016 |
| Ren et al. | 2015 |
| Gonela et al. | 2015 |
| Azadeh et al. | 2014 |
| Li & Hu | 2014 |
| Küme 2 | |
| Yazar | Yıl |
| Avami | 2012 |
| Rincón et al. | 2014 |
| Najmi et al. | 2016 |
| Küme 3 | |
| Yazar | Yıl |
| Pasandideh et al. | 2014 |
| Küme 4 | |
| Yazar | Yıl |
| Jiang & Zhang | 2016 |
| Balaman & Selim | 2016 |
| Ivanov & Stoyanov | 2016 |
| Meyer et al. | 2015 |
| Liu et al. | 2014 |
| Babazadeh et al. | 2016 |

Çizelge 2.6. ise, en iyi kümelemeyi veren topolojiye göre her bir kümenin, değişkenler temelinde ortalama değerlerini göstermektedir. Bu değerler incelenerek kümelerin gösterdiği özellikler için yorulda bulunmak mümkündür.

| NODE | Ağ Yapısı | | Model | | | | Amaç Fonksiyonu | | Belirsizlikleri Yöntemler | | | | | Giderecek | | Çözüm Yöntemi | |
|-------------------|-----------|------|-------|-----|------|------|-----------------|------|---------------------------|-----------------|-----------|------------|---------|-----------|----------|---------------|----------|
| | ADTZ | KDTZ | DP | DOP | KTDP | KTDP | Tek | Çok | Duyarlılık Analizi | Senaryo Analizi | Stokastik | Simülasyon | Bulanık | Kesin | Sezgisel | Yarı | Sezgisel |
| NODE (1,1) | 1 | 0 | 0,16 | 0,1 | 0,72 | 0 | 1 | 0 | 0,72 | 0,38 | 0,11 | 0,22 | 0,05 | 1 | 0,05 | 0 | |
| NODE (1,2) | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0,66 | 0,33 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | |
| NODE (1,3) | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | |
| NODE (1,4) | 1 | 0 | 0,33 | 0 | 0,66 | 0,16 | 0,16 | 0,83 | 0,83 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,8 | 0,16 | 0 | |

Çizelge 2.6. 1x4 topolojisine göre her küme için değişkenlerin ortalama değeri

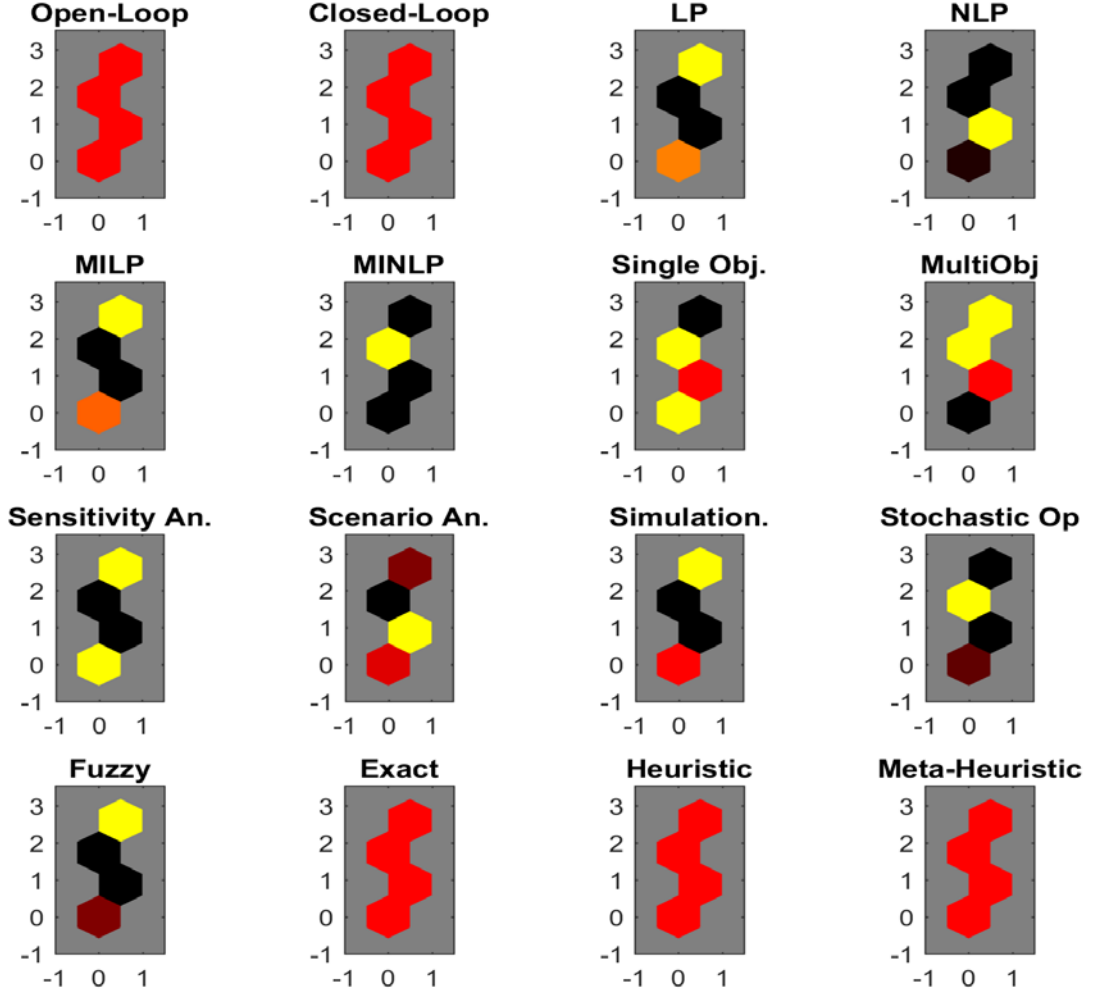
Birinci kümede ele alınan çalışmaların tamamı açık döngü tedarik zinciri olarak tasarlanmıştır ve modeller karmaşık tam sayılı doğrusal programlama olarak gruplandırılmıştır. Az sayıda çalışmada ise model olarak lineer ve lineer olmayan programlamadan yararlanılmıştır. Bu kümedeki çalışmaların tamamı tek amaçlı olarak kurulan modellerin çözümünde kesin çözüm yöntemleri kullanılmış, meta-sezgisel yöntemler ise hiç kullanılmamıştır. Modeldeki belirsizliklerin giderilmesi için çalışmaların neredeyse tamamında duyarlılık analizlerine yer verilmiştir. Duyarlılık analizlerinin yanı sıra az sayıda çalışmada ise senaryo ve simülasyon analizinden yararlanılmıştır.

İkinci kümede ele alınan çalışmalarda açık döngü tedarik zinciri olarak, tek ve çok amaçlı modeller tasarlanmıştır. Kümedeki tüm modeller lineer olmayan programlama olarak modellenmiş ve çalışmalar kesin yöntemler ile çözümlenmiştir. Kümedeki çalışmalarda belirsizlikler senaryo analizi yapılmıştır.

Üçüncü kümede de ele alınan çalışma açık döngü tedarik zinciri olarak tasarlanmış olup, karma tamsayılı doğrusal olmayan programlamaya göre modellenmiştir. Bu kümedeki çalışmayı diğer kümelerden ayıran özelliği ise modelin çözümünde sezgisel yöntemlerin kullanılmasıdır. Belirsizliklerin giderilmesinde ise stokastik optimizasyon analizlerinden yararlanılmaktadır.

Dördüncü kümede de ele alınan çalışmalar açık döngü tedarik zinciri olarak tasarlanmış olup, çoğunlukla karma tamsayılı doğrusal programlamaya göre modellenmiş olup az sayıda da olsa lineer ve karma tamsayılı doğrusal olmayan

programlama ile modellenmiş ve tamamına yakını kesin yöntemler ile çözümlenmiştir. Bu kümedeki çalışmalara çoğunlukla belirsizliği gidermek için duyarlılık analizi uygulanmıştır.



Şekil 2.4. 1x4 topolojisine göre elde edilen kümeler için girdilerin ağırlıkları

Şekil 2.4, girdi vektörünün tüm üyeleri için bir ağırlık düzlemini göstermektedir. Burada küme kompozisyonunda etkisi olmayan değişkenlerin ağırlıklarını temsil eden bağlantılar siyah renkle, yüksek derecede etkisi olan güçlü pozitif bağlantılar ise kırmızı renkle gösterilmiştir. Bu görsel bize her bir kümenin bu şekilde oluşmasında hangi değişkenin ne kadar öneme sahip olduğu hakkında fikir vermektedir.

2.4. Literatür Çalışması Sonuçları

Birinci kümeyi diğer kümelerden ayıran en belirgin özelliği tüm çalışmaların tek amaçlı olarak modellenmesi ve kesin yöntemlerle çözülmesidir. Çalışmalarda kesin yöntemlerin yanında iki aşamalı olarak hem kesin hemde sezgisel yöntemlerle çözümlenmeler de yapılmıştır (Bai vd., 2015). Çalışmalarda ayrıca belirsizlikler altında aralıklı doğrusal programlama ile açık döngü bir tedarik zinciri modellenmiş ve tek amaçlı olarak modellenmiş, belirsizliği gidermek için yaşam döngüsü analizleri gerçekleştirilmiştir (Ren vd. 2015).

Çalışmalar genellikle karma tamsayılı doğrusal programlama ile modellenmiş bunun yanı sıra doğrusal programlama (Babazadeh,2015), (Ren vd. , 2015), (Azadeh vd., 2014) ve doğrusal olmayan programlama (Mohseni & Pishvae, 2016) (Cáceres vd. , 2015) ile modellemeler de yapılmıştır.

İkinci kümede ele alınan çalışmaların tamamı lineer olmayan programlama ile modellenmiş olup, tüm çalışmalarda belirsizliği gidermek için senaryo analizlerine yer verilmiştir. İncelenen çalışmalarda çok amaçlı (Rincón vd., 2014) ve tek amaçlı çalışmalara (Avami, 2012) , (Najmi vd., 2016) yer verilmiştir.

Üçüncü kümede yer alan çalışma açık döngü tedarik zinciri olarak tasarlanarak, karma tamsayılı doğrusal olmayan programlamaya göre modellenmiştir. Bu kümedeki çalışmayı diğer kümelerden ayıran özelliği ise modelin çözümünde sezgisel yöntemlerin kullanılmasıdır.

Dördüncü kümede yer alan çalışmalarda görülen en belirgin ortak özellik tamamına yakınının çok amaçlı olarak tasarlanması ve büyük çoğunluğunda duyarlılık analizleri uygulanmasıdır. Bunun yanında Azadeh vd.'lerinin 2014 yılında İran'da yaptığı çalışmada belirsizlikleri gidermek için duyarlılık, senaryo ve stokastik analizleri yapılmıştır. Kümedeki çalışmalarda benzer olarak Balaman ve Selim'in 2016 yılında Türkiye'de yaptığı çalışmada belirsizlikleri gidermek için duyarlılık analizi ve bulanık optimizasyon metotlarıyla birden fazla yöntem kullanmıştır. Kümedeki çalışmaların neredeyse tamamı kesin çözümlerle çözülmüştür. Kümede bulunan diğer bir çalışma Jiang ve Zhang'ın 2016 yılında Çin'de yaptığı çalışmadır ve genetik algoritma kullanarak sezgisel bir yöntemle çözümlenmiştir.

Nüfus artışına ve gelişen sanayiye bağlı olarak artan enerji ihtiyacının, fosil kaynaklı yakıtlar ile karşılanması nedeniyle oluşan çevresel etkiler son zamanlarda daha çok gündeme gelmiş olup, yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi artmıştır. Enerjinin büyük çoğunluğunun araç yakıtlarında kullanıldığının bilinmesi alternatif yakıt arayışını arttırmış olup; çalışmaların odağına çevreye duyarlı olması açısından da çok önemli olan biyoyakıtları almıştır. Bu çalışmada yeşil ve yenilenebilir enerji kaynağı olan biyoyakıtlar için tedarik zinciri ağ tasarımı konusu ile ilgili yapılmış çalışmalar ele alınmıştır. Ele alınan 28 bilimsel araştırma 2011-2016 yılları arasında yapılmış olup; ağ yapısı, model, amaç fonksiyonu, belirsizliği ele alış yöntemleri ve kullanılan çözüm yöntemleri açısından değerlendirilmiş ve kümeleme çalışması yapılmıştır.

Özdüzenleyici haritalar yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen gruplandırma işlemi ile şimdiye kadar biyoyakıtlar için gerçekleştirilmiş tedarik zinciri ağ tasarımı çalışmalarının yoğunlukları açıkça gösterilmiştir. Kümeleme çalışmasında ortaya çıkan en önemli yorum biyoyakıt tedarik zinciri problemlerinin genellikle açık döngüsel tedarik zinciri olması ve maliyet minimizasyonunu hedeflemesidir. İncelenen çalışmaların büyük çoğunluğunda tek amaç belirlenip bazısında çevresel amaçlar ve sosyal amaçlar da ele alınmıştır.

Kümelemeler yapılırken ağ tasarımı olarak açık döngüsel tedarik zinciri; model olarak doğrusal, doğrusal olmayan, karma tamsayılı doğrusal ve karma tamsayılı doğrusal olmayan programlama modelleri; amaç fonksiyonu olarak tek amaçlı model ve çok amaçlı model; belirsizlikleri giderecek yöntemler için duyarlılık analizi, senaryo, simülasyon, stokastik ve bulanık; çözüm yöntemi olarak ise kesin (exact), sezgisel ve yarı-sezgisel yöntemler ele alınmıştır. Model olarak en fazla karma tamsayılı doğrusal programlama uygulamaların kullanıldığı, doğrusal olmayan karma tamsayılı programlama ile ilgili ise çok az çalışma yapıldığı çalışma sonucunda açıkça görülmüştür. Ayrıca lineer ve lineer olmayan programlamanın kullanıldığı çalışmalar da yapılmıştır. Ele alınan çalışmaların büyük çoğunluğu tek amaçlı olan modellerden oluşmuş olup nispeten az sayıda çok amaçlı modeller de kullanılmıştır. Belirsizliklerin giderilmesinde ise çoğunlukta duyarlılık analizi kullanılırken, senaryo analizleri ikinci en çok kullanılan yöntemdir. Ayrıca modellerde belirsizliklerin giderilmesi için

simülasyon analizi, stokastik optimizasyon ve bulanık optimizasyon çalışmalarına da yer verilmiştir.

Çözüm yöntemlerinde ise kesin yöntemler sıklıkla kullanılmış, sezgisel yöntemler yok denilecek kadar az tercih edilmiştir.



3. BİYODİZEL

Alternatif yakıtlar içerisinde, üzerinde çalışmaların hala tam odakla sürdürüldüğü yakıtlardan biri de; biyodizel yakıtlardır. Biyodizel, bitkilerin yağlı tohumlarından (kanola, keten, pamuk, soya fasulyesi, yer fıstığı, kolza, hindistan cevizi ve palmiye bitkilerinden), kullanılmış atık kızartma yağlarından, hayvansal yağlardan ve bunların dışında kalan biyolojik kökenli yağlardan bir katalizör eşliğinde bir alkol ile (metanol veya etanol) reaksiyon sonucunda oluşan ve yakıt olarak dizel motorlarda büyük modifikasyonlara gerek duyulmadan kullanılan yağ asitleridir. Biyodizel, biyoyakıtlar içerisinde, çevre dostu, yeşil ve yenilenebilir nitelikli biyolojik sıvı haldeki bir alternatif bir yakıttır. Rudolph Dizel, 1893'te Almanya'da motor denemesini gerçekleştirmiş ve 1898'te Paris Dünya Fuarı'nda yer fıstığı yağından elde ettiği biyodizeli yakıt olarak kullanan motorunu sergilemiştir. R.Dizel 1911'de "Bitkisel yağların motor yakıtı olarak kullanılmasının ve bu sayede ülkelerin enerji tarımına geçmesinin, ülkelerin gelişime ciddi katkılar sağlayacağını" ifade etmiş ve 1912'de "Bitkisel yağların motorlarda kullanımı günümüzde önemsiz görünebilir, ancak bitkisel yağlar zamanla petrol ve kömür katranı kadar önem kazanacak" ifadeleriyle biyoyakıtların önemine değinmiştir(Knothe vd.,1996). Fakat petrolün o yıllarda yaygın, ucuz ve günümüzdeki gibi stratejik yakıtlar içerisinde olmaması nedeni ile bu uygulama sadece maliyetli görülerek vazgeçilmiştir. Biyodizelin önemi ise, ilk defa Güney Afrika'daki 2. Dünya Savaşından önce büyük güçlü motorlarda kullanıldığında anlaşılmıştır(Knothe vd.,1996). Önceleri bitkisel yağlardan elde edilen yakıtların en az işlem ve hazırlıkla yani mekanik yağ çıkarma işlemlerinden sonra doğrudan kullanılabilceği düşünülse de motorlar üzerinde yapılmış ayrıntılı deneyler, tam yanmanın gerçekleşmemesinden dolayı pratikte pek çok problem oluştuğunu göstermektedir. Örnek olarak, enjektör uçlarındaki karbon birikimi, motorda kalan aşırı tortu, yağlayıcı yağ seyrelmesi, aşırı viskozite, hızlı ısınma ve soğuma problemleri ve hatta bitkisel yağın polimerleşmesinden dolayı yağlamada oluşan aksaklıklar verilebilir. Bunların yanında soğuk havalarda ilk çalışma problemi, ateşleme kalitesinin ve ısıl verimin düşüklüğü gibi faktörlerde bitkisel yağların, direk püskürtmeli dizel motorlarda ve özellikle bu operasyonel sorunların daha ciddi şekilde görülmesi dizel motorlarda, doğrudan kullanılmasının önündeki en büyük engeldir (Poulton, 1994). Bu sebeplerin

dikkate alınmasından dolayı bitkisel yağlar, yapısı dizel yakıtına yakın olacak şekilde kimyasal değişikliğe uğratarak kullanılmıştır.

3.1. Biyodizel Özellikleri

Mevcut dizel yakıtlara benzer özellikler gösteren biyodizel, dizel motorlarında bazı değişiklikler ve ayarlamalar yapılarak kullanılabilir. Biyodizel yakıtlar, direkt olarak dizel yakıtlar yerine kullanılabilir gibi, mevcut dizel yakıtlarla her oranda karışım oluşturularak da kullanılabilir. Biyodizel, petrol kökenli yakıtlara göre daha az emisyon oranına sahiptir ve kükürt içermez. Dizel motorlarında hava-yakıt karışımı yanma odası içinde gerçekleştirilmesi nedeniyle dolayısıyla karışım oluşturma yanma verimini ve motor performans parametrelerini etkileyen bir işlem olmaktadır. Biyodizelin içerdiği oksijen miktarı, dizel yakıtlarla karşılaştırıldığında %11 oranında daha fazla olduğu için biyodizel kullanımında motorda meydana gelen karışım oluşumu daha iyi olmakta, bunun sonucunda egzoz emisyonlarında da azalma görülmektedir(Schumacher,1997).

3.1.1. Biyodizelin Maliyet Boyutları

Dünyada petrol fiyatlarındaki oluşan sürekli değişiklikler, artan petrol talebine karşılık petrol arzının rekabetçi olmayan yapıların kontrolünde olması ve ithal yakıtta olan bağımlılığın çoğu ülkeyi enerji piyasasında korunmasız bırakması gibi sebepler, biyodizel gibi alternatif yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesini, ülkelerin enerji taleplerini çok çeşitli enerji portfolyolarıyla enerji güvenliğini koruma altına almalarını sağlamaktadır (Lin, 2011). Bunun yanında biyodizel üretim maliyetleri birbirinden farklı bir çok maliyet kalemini içermektedir. Bunlar hammadde kaynakları, işgücü , taşıma ve tesis açma gibi kalemleri içeren maliyetler ve yatırım maliyetleridir (Haas vd. 2006).

Ülkelerin çoğunlukla enerji konularında dışa bağımlı olması, ülkelerin parasal kaynaklarının ciddi bir ölçüde petrol ithalatına ayrılarak harcanması anlamına gelmektedir. Bu kapsamda yeni tohumlardan üretilen biyodizel yakıtların, petrol ithalatının yerine geçmesine imkân sağlayarak dış ticaret dengesini geliştirmesine

imkan tanımaktadır (Lamers, 2011). Büyük ölçekli biyoyakıt üretiminin önündeki en büyük engellerden biri bilinen yakıtlar ile karşılaştırıldığında üretim maliyetlerinin yüksek olmasıdır. IEA (2005)'ya göre son zamanlarda kullanılan üretim teknolojileri ile biyodizel üretimi benzin ve dizel yakıtla kıyasla yaklaşık iki üç kat daha maliyetlidir. Maliyetlerin yüksek olmasından meydana gelen sorunların politik teşvikler, pazar teşvikleri ve teknolojik gelişmeler yolu ile ortadan kaldırılacağı düşünülmektedir. Gelişmekte olan ülkelerin kendi sanayilerini daha bağımsız ilerletebilmek ve biyoyakıtların fiyat ölçeğinde geleneksel yakıtlarla rekabet edebilir kılmak için teşviklerin ve kdv istisnalarının açıkça belirtilmesi ve işleyişteki aksaklıklara çok çeşitli çözümler üretmesi gereklidir (IIED, 2006). Biyoyakıtların sosyal ve ekonomik boyutları beraber düşünüldüğünde, yağlı tohum tarımı ile kırsal kesimlerdeki sürdürülebilir gelişim milyonlarca kişiye istihdam imkânı ve gelir sağlayacak bir süreçtir (Escobar vd. 2009). Yağlı tohumlu bitkilerin yetiştirilmesini ve biyoyakıt üretimini amaçlayan programlar özellikle nadasa bırakılan ve sulanabilir alanlardaki bölgelerdeki tarımsal kalkınma konusunda büyük katkılar sağlayacaktır. Biyoyakıtların artan talepleri, tarımsal ürünlerin fiyatlarında küresel bir artışa neden olacağı ve rekabetçi hammaddeler için taban fiyat etkisi oluşmasına neden olmaktadır (Schmidhuber 2008). Buna karşılık biyoyakıt uygulamalarının gıda ile rekabet ederek fiyatlarının yükselmesine etki edebileceğini ancak bu etki tarımsal ürün türüne ve yetiştirildiği alana göre değişebilmektedir (Zilberman vd. 2012). Özellikle tarımsal arazi olarak değerlendirilmeyen alanlarda üretilecek ürünlerden elde edilecek biyoyakıtlar gıda ile rekabet etmeyerek, biyoyakıt üretiminin gıda fiyatlarına olan etkisinin diğerlerine oranla ciddi derecede az olacağı düşünülmektedir.

Aynı zamanda yenilemeyen bitkilerin yağlı tohumlarından elde edilen biyodizelin ölçek ekonomisinde sıkıntıya neden olmadığı yapılan incelemeler sonucunda tekrar eden literatür bilgilerinde görülmektedir. Literatür incelendiğinde görülmüştür ki, biyodizel sektörü dünyada gereken ilgiyi görerek, gelişme sürecini uzun zaman önce tamamladığı görülmüştür. Literatürde biyodizelin farklı üretim teknikleri üzerine yapılan çalışmalar değerlendirilerek, pazarın üreticiye etkileri noktasında hammadde çeşitleri ve enerji tarımı üzerine teşvik mekanizmaları önerilerinde bulunmaktadır. Bu çalışmada Türkiye biyodizel tedarik zincirinin tasarlanması, aynı zamanda biyoyakıt

piyasasının gelişimine yardımcı olabilecek bilgiler bulunmakta ve maliyet verileri toplanarak, Türkiye'deki uygun bölgelerde tesis ve depo açma kararlarını içeren bir tedarik zinciri ağ tasarımı modeli oluşturulmuştur. Değerlendirme sonucunda elde edilen sonuçlarla aynı zamanda çevresel ve sosyal boyutlarını ele aldığımız Türkiye biyodizel piyasası için öneriler sunulacaktır. Diğer çalışmalardan farklı olarak biyodizel ağı, tarladan son tüketiciye kadar geçen süreci kapsayan tüm kararlar dikkate alınarak tasarlanmıştır. Bunun yanında biyodizelin yan ürünü olan gliserinin hijyenik ürün üretilen firmalara doğrudan satılabildiği görülmüş, çok ürünlü ağ tasarımı modelinin bu yönden de ekonomiye katkıda bulunabileceği görülmektedir. Konunun Türkiye için ağ tasarımı olarak daha önce geniş kapsamlı olarak çalışılmadığı yapılan literatür taramalarında da açıkça görülmüştür.

3.1.2. Biyodizelin Çevresel Boyutları

Fosil yakıtların ülkelerin ekonomisi üzerinde oluşturduğu baskı ve olumsuz etkilerin yanında bir büyük problem de fosil esaslı yakıtların sebebiyet verdiği sera etkisi ve küresel ısınmadır. İçten yanmalı motorlarla her yıl 420 milyon ton CO₂ atmosfere bırakılmaktadır. Dünyamızdaki mevsim dengelerini bozarak, aşırı ısınmaya yol açan sera etkisine de atmosfere bırakılan bu gazlar neden olmaktadır. Bir biyodizel döngüsünde, Biyodizelin yanması sonucu ortaya çıkan CO₂, biyodizel üretilirken yetiştirilen bitkiler tarafından tutulur, karbon ve oksijen ayrılarak oksijen tekrar atmosfere salınabilmektedir. Biyodizelin hammaddesi, karbondioksit açısından doğal bir yutaktır. Biyodizel, tarımsal bitkilerden elde edildiği için, fotosentez yolu ile karbon dioksiti dönüştürüp karbon döngüsünü hızlandırdığı için, sera etkisini arttırmamaktadır. Tükettiğimiz biyodizelden dolayı atmosferde oluşan karbon dioksit, biyodizel üretiminde kullanılacak olan yağlı tohumlu bitkiler tarafından en fazla bir yıl içinde geri alınacaktır.



Şekil 3.1. Biyodizelin yaşam döngüsü

Biyodizel kullanımında, dizel kullanımına oranla CO emisyonu %50, partikül madde %30 azalmaktadır. Biyodizelin kullanımının artmasıyla asit yağmurlarının ana nedeni olan egzoz emisyonundaki SO ve sülfatlar da neredeyse tamamen yok olmaktadır. İnsan sağlığı üzerine önemli etkileri olan aldehit bileşikleri petrolden elde edilen dizel yakıtlara göre %30, yerleşim alanlarındaki duman oluşumuna neden olan hidrokarbon emisyonları %95 azalmaktadır, bunun yanında aromatik bileşenlerin egzoz emisyonları azalmaktadır (Altınsoy A.S.,2007). Biyodizel biyolojik olarak bozunabildiği gibi, biyodizeli oluşturan C16 – C18 metil esterleri doğada çok hızla parçalanıp bozunabilir özelliktedir. Biyodizel suya karışması halinde 28 günde %95'i tamamen bozunurken, petrolden elde edilen dizelin yalnızca %40'ı bozunabilmekte kalan % 60 ise yıllarca bozunmamaktadır. Biyodizelin sudaki canlılara karşı da herhangi bir toksik etkisi bulunmaz ve buna karşın yalnızca 1 litre ham petrol 1 Milyon Litre suya toksik etkide bulunmaktadır. Çevre Koruma Ajansı (Environmental Protection Agency) petrol kaynaklı egzoz emisyonlarının akciğer kanserine sebebiyet verebildiğini, her yıl çocuklarda 17,600 akut, 5500 kronik bronşite sebep olduğunu, buna karşılık biyodizel kullanmanın her yıl 360,000 kişiyi astım krizinden koruyacağı ve 1,5 milyon iş günü kaybını önleyeceğini belirtmektedir (Öğüt ve Oğuz,2005). Biyodizel kullanımı, dizel yakıt kullanımından kaynaklanan ve insan sağlığını tehdit eden birçok çevresel faktörü yok etmektedir.

3.1.3. Biyodizelin Sosyal Özellikleri

Biyodizel kullanımı sayesinde; tarımsal üretimde çeşitlilik sağlanacak, ekolojiye olumlu katkıda bulunması ve sürdürülebilir tarımsal yapı oluşturması, organik tarımın gelişimini desteklemesi, yağ bitkileri tarımını yaygınlaştırarak aynı zamanda gıdadaki yağ açığını kapatması ile ülke ekonomisinin kendi içinde yeterli olmasını sağlayacak hale gelmesi açısından önemlidir. Çiftçilerin en büyük gideri olan enerjiyi kendisinin üretmesini sağlamayarak, “Enerji Tarımı” kültürünü oluşturmasıyla çiftçilerin bilinçli tarıma yönelmesini sağlayarak, tarımla uğraşma oranını arttıracak ve kırsal bölgelerde enerji tarımı güçlenerek göç önlenecektir.

Yağlı tohumun yağlı çekirdeklerinin dışındaki kısmı ve biyoyakıt üretiminden geriye kalan organik posaların, hayvan yemi olarak kullanılmasıyla, hayvancılığın gelişeceği açıkça görülmüş, bunun yanında tarımsal ürünlerin sanayi ve enerjiye entegrasyonu ile sözleşmeli tarıma yol açması özellikleriyle ülkelerin tarımlarında çarpan etkisi oluşturmuştur (Şentürk, Acaroğlu, 2006).

Tarım ve sanayi sektöründe yapılacak ilave yatırımlarla ekonomik anlamda katma değer oluşturabileceği gibi, yeni istihdam olanakları sağlanabilecek, tarım ve sanayi sektörü arasında sağlıklı bir ilişki kurulmasına destek olunarak göçler önlenecektir. Özellikle kırsal kesimde yapılan biyodizel yatırımlarıyla kırsal alanlara yönelik istihdam olanakları sağlanabilecektir (Yaşar, 2009).

3.2. Biyodizel Üretimi

Bitkisel kaynaklar olarak; orman ürünlerini, 5-10 yıl arasında büyüyen ağaç türlerini içeren enerji ormanlarını, bazı su otlarını, algleri ve enerji bitkilerini biyodizel yakıtların hammaddesi olarak kabul etmekteyiz. Enerji bitkileri olan tatlı sorgum, şeker kamışı, mısır gibi bitkiler; diğer bitkilere göre CO₂ ve suyu daha iyi kullanarak, kuraklığa karşı daha dayanıklıdır. Enerji bitkilerinden alkol ve değişik yakıtlar üretilmektedir. Türkiye’de; bitki artıkları, fındık ve ceviz kabuğu, prina, ayçiçeği kabuğu, çığit ve mısır gibi artıklar biyokütleden enerji elde etmek amacıyla

değerlendirilmektedir. Kuru biyokütlenin ısı değeri 3800-4300 kcal/kg arasında değişmektedir.

Bitkisel yağlardan elde edilen enerjinin içeriği, petrol kökenli dizel yakıtlar ile neredeyse aynı seviyededir. Biyodizel yakıtların, dizel yakıtlara göre 10-20 kat daha fazla viskoziteye sahip olması nedeniyle; araç motorlarının enjektörlerinde tıkanma, yağlama yağı problemleri ve motor ömrünün kısılması ana sorunları ile belirtilebilecek pek çok olumsuzluğa sebep oluşturmaktadır (Koç M., 2011). Bitkisel yağların dizel yakıt alternatifi olarak değerlendirilebilmesi için, öncelikle yüksek viskozite probleminin çözülmesi gerekmektedir. Buna göre yüksek viskozite problemi, saf bitkisel yağlara çeşitli yöntemler uygulanarak çözülmeye çalışılmaktadır. Biyodizel yakıtların motor üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak için üretimi esnasında çeşitli yöntemler uygulanmaktadır.

3.2.1. Biyodizel Üretim Prosesleri

Yağlı tohumla, yağa işlenmeden önce temizleme, tohumun nemlendirilmesi, kabuğunun kırılması ve kabuğundan ayırma, pulcuk haline getirme ve kavurma gibi ön işlemlerden geçirilmektedir. Tohuma uygulanacak ön işlem yöntemine karar verilirken, yağlı tohumun yapısal özelliklerine ve ham yağ üretiminde kullanılacak yöntem bakılmaktadır. Ön işleme merkezlerinde işlemlerden geçirilen yağlı tohumlar, yağ üretiminde ham maddenin yağ içeriğine bağlı olarak mekanik presleme, solvent ekstraksiyonu, ön presleme, solvent ekstraksiyonu gibi temel yöntemler kullanılabilir.

Mekanik presleme işlemi: Katı- sıvı fazın birbirinden ayrıldığı yöntem olarak tanımlanabilir. Genellikle yağ oranı % 20'nin üzerinde olan yağlı tohumlara mekanik yağ çıkartma işlemi uygulanmaktadır. Mekanik presleme sonucu esas ürün olarak işlenmemiş yağ, yan ürün olarak posa elde edilmektedir.

Solvent ekstraksiyonu yöntemi: İşlenmemiş yağ üretiminde özellikle tohumların yağ içerikleri azaldıkça mekanik preslemenin verimi düşmekte ve alınamayan yağın

tohumdaki toplam yağa oranı yükselmektedir. Bu nedenle, yağ yüzdesi daha az olan tohumlarda solvent ekstraksiyonu, mekanik preslemeye kıyasla daha iyi sonuç vermektedir.

Ön işleme merkezlerinde yağ çıkartma işlemi tamamlandıktan sonra kimyasal üretim yöntemlerinin uygulandığı proseslere geçilmektedir.

Biyorafinerilerde temel olarak kullanılan üç biyodizel üretim prosesi mevcuttur. Bunlar;

1. Kimyasal Transesterifikasyon,

- Homojen katalizör (asidik, bazik),
- Heterojen katalizör (asidik, bazik),

2. Enzim kullanılarak üretim,

3. Süper kritik akışkan prosesleridir.

Bu alternatiflerin içerisinde ticari olarak en yaygın kullanılan proses homojen alkali kataliz prosesidir. Türkiye'de mevcut tesislerin hemen hemen hepsi homojen alkali kataliz yöntemini kullanmasının temel nedenleri aşağıdaki gibidir:

- Teknolojinin kolaylığı,
- Prosesin maliyetinin ucuz olması,
- Yüksek metil ester dönüşüm oranları.

Bu yöntemlerin haricinde bitkisel yağlar, hayvansal yağları veya her ikisinin karışımını biyoyakıt olarak aracınızda kullanmak için en az üç seçenek üç seçenek daha mevcuttur. Bu yöntemler yağlı tohumlardan elde edilen yağlarda veya kullanılmış atık yağların her ikisine de uygulanabilmektedirler.

- Bitkisel yağların araçlarda yakıt olarak direk kullanılması.
- Dizel ve biyodizelin karıştırılarak kullanılması.
- Biyodizel üretilerek direkt kullanılmasıdır.

3.3. Sürdürülebilir Tarım

Tarımda sürdürülebilirlik kavramı literatürde önceden var olan bir kavramdır ve onlarca senedir tarım sistemlerinde değerlendirilmiş ve uygulanmıştır. Sürdürülebilirliğin temel bileşenleri Amerikan Kongresi tarafından 1990 Tarım Kanunu'nda bölgeye özgü uygulamalar içeren bir bitki ve hayvan üretimi uygulamalarının entegre sistemi olarak özetlenmiştir, uzun vadede sağladığı faydaları ise aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- İnsanların yiyecek ve lif ihtiyaçları karşılanır,
- Çevre kalitesi ve tarım ekonomisi gelişir,
- Yenilenemeyen kaynaklar ve çiftlik kaynaklarının en verimli şekilde kullanımını sağlar ve doğal biyolojik döngüleri ve kontrolleri uygun şekilde düzenler,
- Çiftçilerin ve toplumun bir bütün olarak yaşam kalitesini artırır.

Sürdürülebilir tarım, yeterli bakım yapılması veya çevre kalitesinin ve ekonomik karlılığın geliştirilmesiyle sonuçlanan üretim yöntemlerinin kullanılmasını öngörmektedir. Başka bir deyişle, çevre için gerçek bir sürdürülebilir üretim sisteminin, sistemi kullanan üreticiler için karlı olması ve uzun vadede geçerliliğini koruması gerekmektedir. Bu çalışmada tedarik zinciri ağının tüm süreçlerinin sürdürülebilir olması göz önünde bulundurulduğu için tarımın da sürdürülebilir olması tercih edilmiştir.

3.3.1. Nadaslı Tarım Metodu

Genel tanımıyla nadas; toprağın bir sene boş bırakılmasıdır. Bunun nedeni ise; yağışın yetersiz olduğu bölgelerdeki toprağın verimsiz olmasıdır. Amacı ise; toprağı bir yıl boş bırakarak, suyu ve minerallerini toplamasını sağlayarak verimli tarımsal ürün üretilmesidir.

Nadaslı tarım, dağlık ve engebeli arazi yapısı tarım topraklarının dağınık ve küçük olmasına yol açmıştır. Topraktan daha fazla verim artırılabilmesi için toprağın

dinlenmeye bırakılması (nadas) gerekmektedir. Nadas tamamen iklime bağılılık gösteren bir tarım metodudur. Nadas; az yağışlı ve sulamanın yetersiz olduğu bölgelerde tercih edilmektedir. Türkiye’de nadas tarımının en fazla uygulandığı bölge İç Anadolu Bölgesi, en az Karadeniz bölgesidir.

Biyodizel üretilecek olan yağlı bitkin tohumları ülkemiz iklim koşullarında özellikle karasal iklimlerde yetişebilecek olması ve nadasa bırakılan alanlarda ekilerek değerlendirilmesi gerekmektedir. Ülkemiz tarım arazilerinin %18-22’lik kısmının nadasa bırakılmasını önlemek amacıyla yağlı tohumlu bitkilerin ekimine önem verilmelidir.

3.4. Biyodizel hammadde kaynakları

Biyodizel hammaddesi olarak yağlı tohumlu bitkiler ve hayvansal kaynaklı yağlar, alg ve bakteriler, kullanılmış bitkisel atık yağlar ve biyokütle atıkları kullanılmakla birlikte ticari olarak en çok tercih edilen hammadde kaynağı ise bitkisel yağlardır. Biyodizel standartları oluşturulurken o ülkede en çok bulunan yağlı tohumlar esas alındığı için (kanola ve soya vb.) üretilen biyodizelin yakıt performansı ve soğuk akış özellikleri de daha çok bu yağ kaynaklarına dayandırılmıştır. Buna karşılık, çok fazla bileşen içeren dizel yakıtın kimyasıyla karşılaştırıldığında biyodizel üretiminde kullanılan farklı yağların kimyasal yapıları birbirine yakın içeriktedir, çünkü yağların temel yapısı, %90-98 oranında trigliseridlerden ve az miktarda di ve monogliseritlerden oluşmaktadır (Koç M., 2011). Temel fark, ise yağ asitlerinin karbon zincir uzunluklarından ve doymamışlık oranından oluşmaktadır. Biyodizel yakıtlardan kullanım için en uygun olanları, soya yağı, ayçiçeği yağı, palm yağı, kanola yağı ve pamuk yağıdır. Genelde yeryüzünde 4000 den daha fazla tohumundan yağ çıkarılabilen bitki çeşidi vardır. Ürünlerdeki yağ oranları, tarımsal girdi çeşitlerine ve yetiştirme tekniklerine göre farklılıklar göstermektedir. Çizelge 3.1’de tohum ve yağ elde edilen ve biyodizel üretiminde hammadde olarak kullanılacak yaygın bitkiler ve bunların yağ oranları verilmiştir.

Çizelge 3.1. Biyodizel üretilebilecek yağlı tohumlu bitkiler (Kitani, 1998; Tickell,2000)

| Yağ Bitkisinin Adı | Bilimsel Adı | Kg yağ/ha | Yağ İçeriği (%) |
|--------------------|-----------------------|-----------|-----------------|
| Mısır | Zeamays | 145 | 5-6 |
| Mahun Cevizi | Anacardium ocddentale | 148 | 38-46 |
| Palm | Erythea salvadorensis | 189 | 50 |
| Acı Bakla, Termiye | Lupinus albus | 195 | 6-9 |
| Pamuk | Gossypium spp. | 273 | 20 |
| Kenevir | Cannabis sativa | 305 | 30-35 |
| Soya | Glycine max | 375 | 17-26 |
| Keten | Linum usitatissimum | 402 | 38 |
| Findık | Corylus avellana | 405 | 65-75 |
| Bezir Yağı | Perillafrutescens | 442 | 49-51 |
| Bal Kabağı | Cucurbita pepo | 449 | 24-30 |
| Hardal | Brassica alba | 481 | 27-35 |
| Susam | Sesamun indicum | 585 | 50 |
| Aspir | Carthamus tinctorius | 655 | 25-37 |
| Ayçiçeği | Helianthus anmis | 800 | 35-40 |
| Kakao | Theobroma cacao | 863 | 50 |
| Yer Fıstığı | Arachis hypogaea | 890 | 36-50 |
| Haşhaş | Papaver somniferum | 978 | 40-50 |
| Kolza | Brassica napus | 1000 | 33-40 |
| Zeytin | Olea europaea | 1019 | 35-70 |
| Zencibar | Telfairia pedeta | 1119 | 35-38 |
| Badem | Primus dulcis | 1125 | 25-50 |
| Jojoba | Simmondsia chinensis | 1528 | 48-52 |
| Jatropha | Jatropha curcas | 1590 | 50 |
| Ceviz | Juglans nigra | 4500 | 60 |

Bitkisel yağların karbon ve hidrojen değerleri dizel yakıt değerlerine yakın; oksijen değeri daha yüksek, ısıl değerleri ise dizel yakıtının ısıl değerinden yaklaşık % 10-15 daha azdır. Temel olarak biyodizel üretiminde kullanılan bazı bitkisel yağların, karbon, hidrojen, oksijen ve ısıl değerleri verilerek dizel yakıt ile karşılaştırılmıştır (çizelge 3.2).

Çizelge 3.2. Dizel yakıtı ve bazı bitkisel yağların temel bileşenleri (Alfelbeck, 1986)

| | Birim | Dizel Yakıtı | Kolza Yağı | Soya Yağı | Ayçiçeği Yağı |
|--------------------|-------|--------------|------------|-----------|---------------|
| Karbon, C | % | 86 | 77.7 | 77.8 | 77.6 |
| Hidrojen, H | % | 13 | 12.0 | 11.8 | 11.7 |
| Oksijen, O | % | 0.4 | 10.9 | 10.7 | 11.1 |
| Kükürt, S | % | 0.3 | - | - | - |
| Isıl Değeri | MJ/kg | 41.6 –45.2 | 35.8 | 36.1 | 36.2 |
| | MJ/l | 35.8 | 32.9 | 33.2 | 33.3 |

3.5. Dizel ve Biyodizel Standartları

Mevcut dizel yakıtlara benzer özellikler gösteren biyodizel yakıtlar, dizel motorlarında bazı değişiklikler ve ayarlamalar yapılarak doğrudan kullanılabilir. Biyodizel yakıtlar, direk olarak dizel yakıtların yerine kullanılabilir gibi, mevcut dizel yakıtla her oranda karışım oluşturularak da kullanılabilir. Dizel motorlarda oksijen-yakıt karışımı yanma odası içerisinde gerçekleştirilmekte ve dolayısıyla karışım oluşturma yanma verimini ve motor performans parametrelerini etkileyen bir işlem olmaktadır. Biyodizelin içerdiği oksijen miktarı, dizel yakıtlardakiyle karşılaştırıldığında neredeyse %10 oranında daha fazla olduğundan biyodizel kullanımında karışım oluşumu daha iyi olur, bunun sonucunda egzoz emisyonlarında azalma görülmektedir (Schumacher, 1997).

Biyodizel çeşitli standartlar oluşturulmuştur. Biyodizel için EN 14214 Avrupa Birliği Standardı ile ASTM (American Society for Testing and Materials) D6751 Amerikan D Standardı halen yürürlüktedir.

Biyodizel, gerçek anlamında ASTM D 6751 standardı tarafından tanımlanmakta ve kimyasal ve fiziksel özelliklerine sınırlamalar getirilmektedir. Bu sayede, bugüne kadar biyodizel olarak tanımlanan çok sayıda biyoyakıtlara artık biyodizel denilmesi mümkün değildir. Özellikle ham bitkisel yağlar veya hayvansal yağların hammaddesinden, kısmi tepkimeye girmiş yağlar, kömür çamurları veya yukarıdaki

tanımlara uymayan hiç bir biyolojik yakıt, artık biyodizel yakıtlar sınıfında tanımlanmayacaktır (NREL, 2009).

TS EN 590: AB, Çek Cumhuriyeti, İzlanda, Norveç, İsviçre ve Türkiye’de satışa sunulacak olan tüm dizel yakıtların fiziksel özellikleri bu standartla belirlenen şartları karşılamak zorundadır. Bu standart, normal dizel ile biyodizelin %5 oranında karıştırılmasını uygun bulmaktadır.

DIN 51606: Biyodizel için bir Almanyada kullanılan bir standarttır. Mevcut standartların en yüksek oranlısı olarak değerlendirilmektedir ve tüm araç üreticileri tarafından dizel yakıtlar için en katı (yüksek) standartlar ile uygunluğun karşıtı olarak kabul edilmektedir. Ticari olarak üretilen biyodizelin büyük bir çoğunluğu bu standartları veya daha fazlasını karşılamaktadır.

Ülkemizde EN 590, EN 14214 ve EN 14213 standartları temel alınarak Türk Standartları hazırlanmıştır. Bu standartlar aşağıdaki gibi açıklanmıştır.

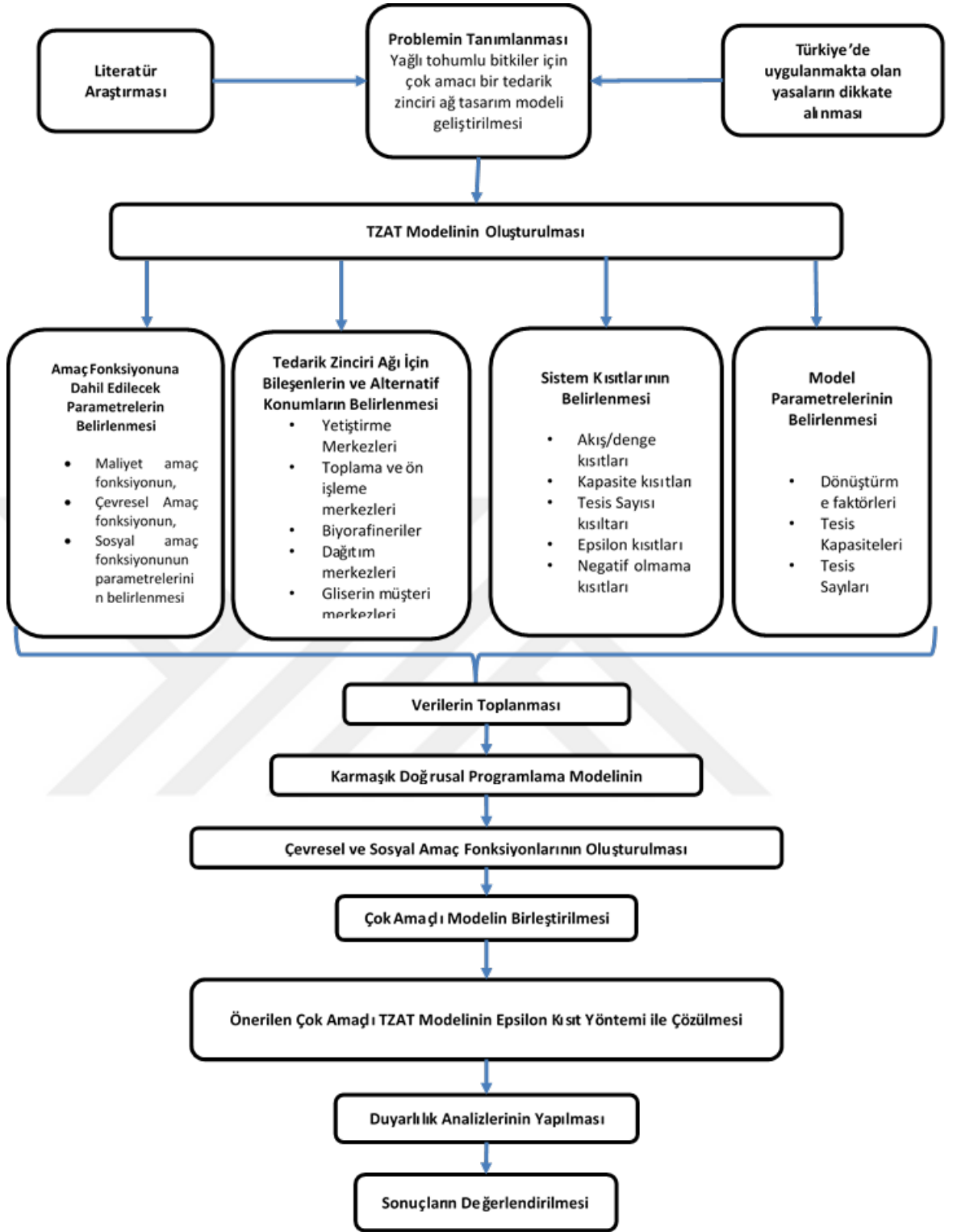
TS EN 14214: Avrupa Standartlar Birliği tarafından oluşturulan biyodizel standardıdır. Genel olarak DIN51606 standardını temel alan standart, dizel motorlar için %100 oranında otomotiv yakıtı olarak kullanılan veya TS EN 590’da belirtilen özelliklere uygun dizel yakıtlara ilave edilen biyodizel için gerekleri ve deney yöntemlerini kapsayan standarttır.

TS EN 14213: Avrupa Standartlar Birliği tarafından oluşturulan ısıtma amaçlı kullanıma uygun biyodizel yakıtlar için oluşturulmuş standarttır. Bu standart, %100 oranında ısıtma yakıtı olarak veya ısıtma yakıtı üretimi için bir karışım bileşeni olarak kullanılmak üzere pazara sunulan biyodizele ait özellikleri ve deney yöntemlerinin açıklandığı standarttır.

4. METODOLOJİ

4.1.Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı Metodolojisi

Optimizasyon ve tedarik konularının git gide daha önemli hale geldiği son günlerde üretilecek ürünler için uygun birer tedarik zinciri ağ tasarımı modelinin geliştirilmesi neredeyse zorunlu bir durum haline gelmiştir. Dünya’da üretilen her bir ürünün taşınması için lojistik gereklidir, hem taşıma için hem de kendi ağ tasarımı için, biyoyakıt tedarik zinciri çalışmaları ülkemizde yapılacak büyük yatırımların çok yönlü olarak değerlendirilmesine imkan sağlayacaktır. Bunun yanında tedarik zincirleri ayrıca hem sosyal hem de çevresel anlamda sorumluluklar taşımaktadır. Bu nedenledir ki artık çok amaçlı tedarik zincirleri günümüzün popüler konularındandır. Bu çalışmada da tarım cenneti olan ülkemizde yetiştirilmesi en uygun olan biyodizel yakıtlar için çok amaçlı çok ürünlü ve çok dönemli bir tedarik zinciri ağ tasarımı modeli ele alınmaktadır. Bu bölümde ele alınan problem için bir metodoloji öne sürülecektir. Şekil 4.1.1. ‘de ele alınan probleme ait izlenen süreç açıklanmaktadır.



Şekil 4.1.1. Biyodizel TZAT problemi akış şeması

Bu çalışmada kullanılan modelleme ve çözüm yöntemleri aşağıdaki gibidir.

4.2.Karmaşık-Tam Sayılı Optimizasyon Teknikleri

Bu çalışmada, karma tam sayılı optimizasyon modeli ve algoritmasının geliştirilmesine büyük ölçüde yer verildiğinde, bu bölümde kısa bir şekilde tanımlama yapılacaktır.

Tedarik zinciri ağ tasarım modelleri ve işletme sorunları genellikle; karışık tam sayılı programlama formülasyonlarına karşılık gelen ve aşağıdaki genel forma sahip olan ayrık / sürekli optimizasyon problemlerini oluşturur:

$$\min Z = f(x) + c^T y$$

Kısıtlar;

$$h(x, y) = 0$$

$$g(x, y) \leq 0$$

$$x^L \leq x \leq x^U, \quad y \in \{0,1\}$$

Burada Z amaç fonksiyonu, $h(x, y) = 0$ ve $g(x, y) < 0$ ise kısıtları ifade etmektedir. Bunlar Sistem dengelerinin, üretim oranlarının ve uygulanabilir tasarım planları ve çizelgeleri için kısıtlamalar gibi sistemin performansını tanımlamaktadır. Y değişkenleri, genellikle 0-1 değerlerini almak için kısıtlanmış ve x değişkenleri durum değişkenlerine karşılık gelen sürekli değişkenlerdir. Bu çalışmada, karma tam sayılı programlama problemleri ikili değişkenleri içermektedir. Eğer bütün kısıtlamalar ve amaç fonksiyonu doğrusal ise, problem karmaşık tam sayılı doğrusal programlama (KTDP) haline gelir. Problemin, kısıtlarda veya amaç fonksiyonunda görünen bazı terimler doğrusal değilse, karma tam sayılı doğrusal olmayan programlama (KTDOP) şeklini alır. Bu bölümde KTDP ve KTDOP modelleri açıklanmıştır.

4.2.1. Karmaşık Tam Sayılı Doğrusal Programlama

Endüstrilerde bir dizi uygulama (örneğin tedarik zinciri planlaması ve süreç çizelgelemesi) doğrusal programlama (DP) veya KTDP problemleri olarak modellenmiştir. KTDP modeller, NP-zor problemlerdir (Nemhauser ve Wolsey, 1988) ve bu tür kombinasyonel problemlerin makul zaman ölçeklerinde çözülmesi zordur. KTDP modeller için iki ana genel çözüm yöntemi, dal-sınır algoritması ve kesikli düzlemlerdir (Gomory, 1958). Dal-sınır algoritması ayrık değişkenlerin ardışık olarak tamsayı değerlerini almaya zorlandığı ve ağacın her düğümünde bir DP'nin çözüldüğü bir araştırma içermektedir. DP modellerine yönelik çözüm, ağaçtaki düğümleri daha fazla dikkate almak için kullanılabilir sınırlar sağlamaktadır. Çözüm arama süreci, tüm düğümler çözülmeye veya çözülmemiş tüm alt problemler üzerinde bulunan en iyi çözüm ile alt sınırlar arasında belirli bir eşik sağlanana kadar devam etmektedir. Kesim düzlemleri algoritmalarında alt sınırlar, doğrusal tamsayı programında gevşetme yapılması ile tekrar sağlanır. Eğer tam olarak rahatlamış DP tam sayılı model mümkün değilse, bu olası sonuç bölgesini arama alanından kesmek için LP'ye bir dizi ilave kısıtlamalar (kesme düzlemleri) eklenir. Kesme düzlemleri bir tamsayı çözüm bulunana kadar oluşturulur. Dal-sınır algoritması, bir integral çözüm bulunana ya da başka bir kesme düzlemi bulmak imkânsız ya da çok pahalı hale gelene kadar kesme düzlemlerinin eklendiği yukarıda bahsedilen çözüm yöntemlerinin birleşimidir. İlerleyen durumlarda, geleneksel dal-sınır algoritması uygulanır ve alt problemlerde kesme düzlemleri nesli devam eder. DP ve KTDP modelleri literatürde yaygın olarak mevcuttur ve daha büyük problemleri ele almak için sürekli ilerleme kaydetmektedir. En iyi bilinen kodlar CPLEX, XpressMP ve Gurobi içerisinde bulunmaktadır. KTDP'ların çözümü için genel tekniklerde yapılan ilerlemeye rağmen, endüstrideki mevcut problemlerin, şu anda var olan KTDP algoritmaları ve kodları kullanılarak doğrudan çözülmesi mümkün olmayan çok geniş ölçekli, çok dönemli optimizasyon modelleri halini almaktadır. Bu nedenle, büyük ölçekli problemleri çözebilecek yöntemler ve yaklaşımlar geliştirmek için literatürde açıklar vardır.

4.3. Çok Amaçlı Programlama Çözüm Teknikleri

Çok amaçlı programlama, özellikle yöneylem araştırmalarında son zamanlarda önem kazanmış alanlardan birisidir. Günümüzde yöneylem araştırması ile ilgili yapılmış çalışmalarda, matematiksel programlama modellerinin büyük çoğunluğu, tek amaçlı olarak kullanılmaktadır. Örneğin, tesis açma maliyetlerinin minimize edilmesi gibi. Aynı problem için ikinci bir amaç, çevresel etki değerlendirmesi veya sosyal etki optimizasyonu olabilir. Böyle bir problem için tek amaçtan daha fazlasına ihtiyaç duyulmaktadır. Dolayısıyla çoğu problemde, tüm bu amaçlardan yalnız birini seçme zorunluluğu her zaman gerçekçi sonuçlar vermemektedir (Joro vd., 1998). Çok amaçlı matematiksel programlama modelleri, matematiksel programlamanın yapısı içindeki birden fazla amacın eş zamanlı olarak gerçekleşmesinin düşünüldüğü bir yöntemdir. Bu önemli alandaki çalışmaların çoğu 1970'den sonra başlamıştır (Evans, 1984). Çok amaçlı matematiksel programlamaya modellerine olan ilginin artmasının birden fazla nedeni vardır.

Bunların *ilki*, neredeyse tüm karar probleminin doğasında çok amaçlılık vardır. Örneğin; stok planlaması problemleri, üretim kapasite problemleri, tesis yer seçim problemleri ve taşıma problemleri çok amaçlı problemlerdir. Böyle problemlerin doğasında olan çok amaçlılıkların anlaşılır bir nedeni vardır: bir tedarik zincirinin optimum ağ tasarımı amaçlandığında, ek olarak araştırma ve sermaye maliyetlerini en küçükleme amacını, tesisler arası taşıma kararlarının minimize edilmesi amacını, çevre koşullarına uygun üretim yapılması amacını ve sosyal etki değerlendirme konusunda optimum bir ağ tasarlama amacını da birlikte getirebilmektedir. Çok amaçlı matematiksel programlama modellerine olan ilginin *ikinci* nedeni ise; çoğu tedarik zinciri ağ tasarım probleminde çok sayıda standardı (ISO 9000, 90001, 14001 vb.)” kabul etme zorunluluğudur. Bunun nedenle karar vericilerin, maliyet amaçlarının yanında çevre ve sosyal amaçları da sağlaması gerekmektedir. Çok amaçlı matematiksel programlamaya olan ilginin *üçüncü* sebebi ise, çok amaçlı problemlerin çözümü için, son yıllarda yeni pek çok metod geliştirilmesi ve kullanılan çözüm programlarındaki gelişmeler sayesinde problem çözüm hızında pek çok gelişme

sağlamasıdır. Bunların sonucu olarak çok amaçlı matematiksel programlama çözüm algoritmaları, daha çok tercih edilir olmaktadır.

4.3.1. Tanımlar Ve Genel Bilgiler

Genel bir p amaçlı bir tamsayı problemi (ÇATP)'nin optimizasyonu aşağıdaki gibi gösterilmektedir:

$$\text{"Maks"} z = (z_1(x), \dots, z_p(x))$$

Kısıtlar

$$x \in X$$

Burada x karar vektörünü; $X \subseteq \mathbb{R}^n$, tamsayı olurlu karar vektörü kümesini; $z_j(x)$ o karar vektörü için j . amaç fonksiyonunun aldığı değeri ve $z(x) = (z_1(x), \dots, z_p(x))$ ise x çözümüne karşılık gelen amaç vektörünü temsil etmektedir. X kümesinin amaç fonksiyonunun uzayındaki görüntüsü ise Z kümesi ile temsil edilmektedir. Tırnak işaretleri vektörlerin maksimizasyonunun tanımlı bir matematiksel işlem olmadığını ifade etmektedir.

Tanım 1: Herhangi $x_1, x_2 \in X$ çözümü için, $z_j(x_1) \leq z_j(x_2) \quad j= 1, \dots, p$ en az bir amaç fonksiyonunda $z_j(x_1) < z_j(x_2)$ koşullarını sağlıyorsa, x_2 çözümünün x_1 çözümünü *baskıladığı* söylenmektedir. Böyle bir x_2 çözümü mevcut değilse, x_1 çözümüne *etkin çözüm* ve $z(x_1)$ noktasına da *baskın nokta* denir.

Tanım 2: Herhangi $x_1, x_2 \in X$ çözümü için, $z_j(x_1) < z_j(x_2) \quad j = 1, \dots, p$ koşulu sağlanıyorsa, x_2 çözümünün x_1 çözümünü *tam baskıladığı* söylenmektedir. Eğer böyle bir x_2 çözümü yoksa x_1 çözümüne *zayıf etkin çözüm* ve $z(x_1)$ noktasına *zayıf baskın nokta* denir.

Tüm baskın noktalar aynı zamanda zayıf baskın noktalar olarak tanımlanmaktadır. Tüm baskın noktaları veya bir kısmını bulmak için önerilen yöntemlerden biri, amaç fonksiyonlarını pozitif ağırlıklandırarak çok amaçlı optimizasyon problemini tek amaçlı optimizasyon problemine dönüştürmektir. Bu sayede farklı pozitif ağırlıklar kullanarak bulunabilen noktalar, *destekli baskın nokta* olarak tanımlanır. Her destekli

baskın nokta, z^n , için $w^T z^w = maks_{x \in X} \sum_{k=1}^p w_k z_k(x)$ eşitliğini sağlayan pozitif bir ağırlık vektörü $w > 0$ bulunabilir. Ancak, böyle bir ağırlık vektörü bulunamayan, bu nedenle *ağırlıklandırma yöntemi* ile bulunması mümkün olmayan noktalar, *desteksiz baskın noktalar* da mevcuttur. Destekli noktaların elde edilmesinden sonra, olası bölgelerde desteksiz noktaların aranması için problem tiplerine özel yöntemler geliştirilmiştir (Ulungu ve Teghem, 1995; Visee vd., 1998; Steiner ve Radzik, 2008; Sipahioğlu ve Saraç, 2010). Ancak, bu yöntemler genel ÇATP problemlerinin çözümü için uygulanabilir değildir.

Çok amaçlı matematiksel programlama modellerinin çözümünde iki temel sınıflandırma kullanılmaktadır:

Birincisi; karar vericinin tercihinde uygulama zamanına bağlı çözüm teknikleridir. Çok amaçlı optimizasyon problemleri için uygulama zamanına bağlı dört genel yaklaşımda (Karar vericiden zamanının: i. Çözümde önce, ii. Çözüm esnasında iii. Çözümde sonra alınması ve iv. Tercih bilgisi alınmadan) incelenmesidir.

İkincisi ise; karar değişkenlerinin sürekli ya da en az birinin kesikli olmasına göre yapılan sınıflandırmadır.

Çözüm tekniklerinin sınıflandırılmasında, kesin sınırlandırmalar aramak mümkün değildir. Çünkü tekniklerin bir çoğu yapısı gereği birden çok sınıfa dahil olabilmektedir. Örneğin, doğrusal programlama modellerinin çözümü için kullanılan teknikler, doğrusal olmayan programlama modelleri içinde geçerli olabilmektedir.

4.4. Karar Vericinin Tercihinde Uygulama Zamanına Dayalı Teknikler

Çok Amaçlı Matematiksel Programlama Probleminin çözümün sırasında, karar vericinin tercihine başvurulması literatürde sıkça kullanılan bir yöntemdir. Karar vericilerin tercih zamanlamasına bağlı olarak farklı çözüm teknikleri kullanılabilir. Tercih bilgisinin zamanına dayalı çözüm tekniklerinin sınıflandırması aşağıdaki gibidir (Evans, 1984; Lieberman, 1991).

Çok Amaçlı Matematiksel Programlama Çözüm Tekniklerinin Tercihe Dayalı Sınıflandırması

1. Çözüm Sürecinin Başında

- Çok amaçlı ayrışım tekniği
- Ağırlıklandırma tekniği
- Doğrusal olmayan yaklaşım
- Bulanık mantık (Fuzzy) yaklaşımı
- Değer fonksiyonu
- Kabul edilebilirlik fonksiyonu
- Hedef programlama
- Ardışık sıralama tekniği
- Sınırlandırılmış amaçlar tekniği

2. Çözüm Süreci Esnasında

- Hiyerarşik ayrıştırma tekniği
- STEM Tekniği
- Çok amaçlı grafik teorisi
- Kısıtlama tekniği
- Parametre uzayı araştırma tekniği
- Rassal arama tekniği
- Etkileşimli e-şebeke tekniği
- Yerel geliştirme tekniği
- Pareto sınırlı haritalar
- STEUER tekniği

3. Çözüm Sürecinin Sonunda

- Çoklu ortaya çıkan yaklaşımlar
- Çok amaçlı genetik algoritmalar
- Dinamik çok amaçlı programlama
- Ulaşılabilir küme tekniği
- Benzer doğrular yaklaşımı

4. Tercih Zamanı Kullanılmadığında

- İdeal uzaklık minimizasyonu tekniği
- Maksimum etkinlik ilkesi
- Mini-max formülasyonu ve küresel ölçüt tekniği

4.4.1. Epsilon-Kısıtı Yöntemi

Önceki bölümde tanımlanan çok amaçlı matematiksel modellerin tanımında açıklanan baskın noktaların bulunabilmesi için uygulanan bir diğer yöntem *epsilon-kısıtı yöntemi*dir. Bu yöntemde, kriterlerden biri ana amaç fonksiyonu olarak seçilirken diğer kriterler için alt sınır koyan kısıtlar eklenmektedir. Matematiksel olarak göstermek istersek;

$$(P^{\varepsilon_j})$$

$$\text{Maksimum } z_j(x)$$

Kısıtlar

$$z_k(x) \geq \varepsilon_k \quad k = 1, \dots, p \quad k \neq j$$

$$x \in X$$

Amaç fonksiyonunda diğer kriterlerin bulunmaması nedeniyle, bu yöntem ile baskın olmayan zayıf baskın noktalar da saptanabilmektedir. Bunun önüne geçmek amacıyla *yeniden geliştirilmiş epsilon-kısıt* yöntemi kullanılır:

$$P^{\varepsilon j}$$

$$\text{Maksimum } z_j(x) + \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq j}}^p p_k z_k(x)$$

Kısıtlar

$$z_k(x) \geq \varepsilon_k \quad k = 1, \dots, p \quad k \neq j$$

$$x \in X$$

Bu modifiye edilmiş yöntemde $p_k > 0$, baskın olmayan zayıf baskın noktaların bulunmasını engellemek amacıyla yeterince küçük pozitif bir sabit sayı olarak seçilir (Steuer, 1986: 429-430).

$X_E \in X$ ve $Z_B \in Z$ sırasıyla tüm geçerli çözümlerin ve baskın noktaların kümesini temsil etmektedir. Özellikle ÇATP problemlerinde, farklı geçerli çözümlerin, kriterler uzayında aynı baskın noktaya karşılık gelmesi durumlarıyla karşılaşılabılır. Bu sebepten dolayı, bu iki kümenin eleman sayısı arasında $|X_E| \geq |Z_B|$ ilişkisi bulunmaktadır. Farklı amaç fonksiyonlarının birlikte değerlendirilmesi ve karşılaştırılması için tüm amaç fonksiyonlarındaki baskın noktalardan alabileceği en iyi ve en kötü değerleri bulmak gerekmektedir.

Tanım 3: Tüm amaç fonksiyonlarının alabileceği en iyi değerleri gösteren noktaya

ideal nokta denir. İdeal nokta, $z^I = (z_1^I, \dots, z_p^I)$ ile gösterilir ve $z_j^I = \max_{x \in X} z_j(x) \quad j = 1, \dots, p$ 'dir.

Tanım 4: Tüm amaç fonksiyonlarının etkin çözümler içerisinde alabileceği en kötü değerleri gösteren noktaya *nadir nokta* denir. Nadir nokta, $z^N = (z_1^N, \dots, z_p^N)$ ile gösterilir ve $z_j^N = \min_{x \in X} z_j(x) j = 1, \dots, p$ 'dir.

Tüm amaç fonksiyonunun sırasıyla optimum seviyeye getirildiği tek amaçlı problemler çözülerek *ideal nokta* bulunmaktadır. Buna karşılık, etkin çözümler üzerinde en kötü değerlere karşılık gelen *nadir noktayı* bulmak çok daha zordur. Son yapılan çalışmalarda bunun için geliştirilmiş özel algoritmalar görülmektedir (Jorge, 2009; Köksalan ve Lokman, 2015; Kırılık ve Sayın, 2015). İdeal ve nadir noktalara ÇATP problemleri için tasarlanmış birçok algorithmada, amaç fonksiyonlarının ölçeklendirilmesinde kullanılmaları nedeniyle ihtiyaç duyulur (Masin ve Bukchin, 2008; Karasakal ve Köksalan, 2009; Miettinen vd., 2010).

4.5.Çok Amaçlı Programlama Problemlerinin Çözüm Yaklaşımlarını Karar Değişkenlerinin Yapısına Göre Sınıflandırma

Çok amaçlı matematiksel programlama problemlerinin çözüm teknikleri, modelin karar değişkenlerinin sürekli ve kesikli (tamsayılı) olmasına göre de sınıflandırılabilir.

Çok Amaçlı Programlamanın Karar Değişkenlerinin Yapısına Göre Sınıflandırılması

1. Tüm Karar Değişkenleri Sürekli

- Tüm amaç ve kısıtlayıcı fonksiyonlar doğrusal
- Eaz bir amaç veya kısıtlayıcı fonksiyon doğrusal değil

2. En Az Bir Karar Değişkeni Kesikli

- Tüm amaç ve kısıtlayıcı fonksiyonlar doğrusal
- En az bir amaç veya kısıtlayıcı fonksiyon doğrusal değil

Bu çalışmada çok amaçlı matematiksel model seçilirken çözüm sürecinin sonunda çoklu ortaya çıkan yaklaşımlar temelinde epsilon- kısıtlama tekniği tercih edilmiştir. Bu metodun seçilmesindeki temel nedenlere bakarsak probleme yönelik tüm etkin

çözümleri bulmayı amaçlamamızdır. Karar vericiye tüm çözümlerin sunulduğu ve etkin çözümlerden birisinin seçmesinin istendiği bu teknikler çözüm alternatiflerinin türetilmesi ile ilgilenmektedir.

Bu tür tekniklerin en büyük avantajı, çözümlerin karar vericinin tercihlerinden bağımsız olmasıdır. Bununla birlikte üç dezavantajı bulunmaktadır. İlki; algoritmaların karmaşıklığı ve bu nedenle karar vericiler tarafında yaşanan anlaşılma güçlüğüdür. İkincisi; sektördeki gerçek problemler bu yaklaşımla çözülmek için çok büyüktür. Üçüncüsü ise, karar vericinin çok fazla sayıda çözüm arasından seçim yapmak zorunda kalmasıdır(Evans, 1984).

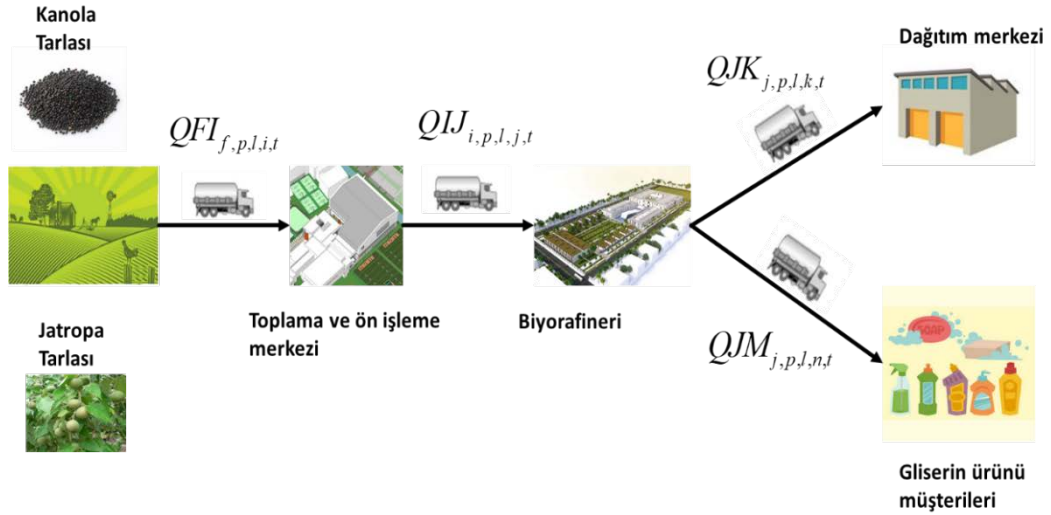


5. PROBLEM TANIMI VE MODEL FORMÜLASYONU

5.1. Problemin Tanımı

Bu çalışmada ele alınan problem, ham madde arz merkezlerinden biyodizel ve yan ürün gliserinin dağıtılmasına kadar tüm aşamaları içeren çok periyotlu bir biyodizel tedarik zinciri ağı tasarlamaktır. Problem, çok ürünlü, çok dönemli, çok modlu ve çok amaçlı tedarik zinciri ağı tasarım problemidir. Geliştirilecek modelde, jatropha tohumları ve kanola tohumları uygunluklarına göre modelde seçilerek, çiftliklerden hasat edilir daha sonra bu tohumlar yağ ekstraksiyonu merkezlerine sevk edilir. Biyorafineriden çıkan biyodizeller ilgili distribütörlere, gliserin için hijyenik ürün üreten fabrikalara gönderilir. Çalışmada kullanılan hammaddeler, gıda bitkileri ile rekabet etmeyen ve sadece biyodizel üretimi için kullanılan bitkilerdir. Bu nedenle üretilen biyodizel ikinci nesil biyodizeldir. Jatropha ve kanola hammaddelerinin her bir şehrin kurak ve yarı kurak bölgelerinde yetiştirildiği ve diğer verimli toprakların ise gıda yetiştiriciliği için kullandığı varsayılmaktadır.

Modeldeki ikinci amaç ise çevresel etkinin minimize edilmesidir. Tesis açma ve taşıma kararlarının her birinde çevresel etki değerleri hesaplanmıştır. Modelin son amacı ise sürdürülebilirliğin üçüncü amacı olan sosyal etki amacıdır. Sosyal anlamda ülkemizde en çok bilinen problemlerden biri olan göç için tesis açılan bölgelerde istihdam sağlanarak, modelde göçün minimize edilmesi amaçlanmaktadır. Problemin akış şeması şekil 1 de gösterilmektedir.



Şekil 5.1. Biyodizel Tedarik Zinciri Akış Şeması

5.2. Modelin Formülasyonu

Göz önüne alınan biyodizel tedarik zinciri şebekesi için kurulan modeldeki temel kümeler ve bunlara ait indisler aşağıda verilmiştir.

İndis

- f : JCL yetiştirme merkezi için aday yerler
- i : JCL'nin toplanması ve yağ çıkartılması için aday yerler
- j : Biyorafineri aday merkezleri
- k : Biyodizel depolama ve dağıtım merkezleri için aday yerler
- n : Gliserin müşteri merkezleri
- l : Taşıma modu
- t : Zaman periyodu
- p : Bitki alternatifleri

Parametreler

- $DBio_{k,t}$: t periyodunda k müşteri merkezi için biyodizel talebi (ton/dönem)
- $DGli_{n,t}$: t periyodunda n müşteri merkezi için gliserin talebi (ton/dönem)
- $verim_{f,t}$: t periyodunda f bölgesindeki JCL tarlalarındaki verim mik. (ton/hektar)
- φ : tohumların JCL yağına dönüştürülme faktörü (yüzde)
- π : yağın biyodizele dönüştürülme faktörü (yüzde)
- $LA_{f,t}$: f konumunda JCL yetiştiriciliği için ayrılmış minimum arazi (ha)

$UA_{f,t}$: f konumunda JCL yetiştiriciliği için ayrılan maksimum arazi (ha)
 $LC_{i,t}$: i bölgesinde JCL nin toplama ve yağ çıkartma merkezi için belirlenen alt sınır
 $UC_{i,t}$: i bölgesinde JCL'nin toplama ve petrol çıkartma merkezi kapasitesinin üst sınırı
 $LB_{j,t}$: j bölgesindeki biyorafinerinin kapasite alt sınırı (ton)
 $UB_{j,t}$: j bölgesindeki biyorafinerinin kapasite üst sınırı (ton)
 $LS_{k,t}$: k bölgesindeki depolama ve dağıtım merkezinin kapasite alt sınırı (ton)
 $US_{k,t}$: k bölgesindeki depolama ve dağıtım merkezinin kapasite üst sınırı(ton)
 $LSN_{n,t}$: n konumundaki biyodizel dagitim merkezinin kapasite alt sinir
 $USN_{k,t}$: n konumundaki biyodizel dagitim merkezinin kapasite ust siniri

 Max_f : jcl ekimi için seçilebilecek maksimum alan sayısı
 Max_u : jcl tohum için toplama ve yağ çıkartma merkezi açılacak maximum yer sayısı
 Max_w : biyodizel depolama ve dağıtım merkezi açmak için maksimum yer sayısı
 $DisJT_{f,i}$: l taşıma modunda f merkezi ile i merkezi arasındaki mesafe
 $DisOT_{i,j}$: l taşıma modunda i merkezi ile j merkezi arasındaki mesafe
 $DisBT_{j,k}$: l taşıma modunda j merkezi ile k merkezi arasındaki mesafe
 $DisGT_{j,n}$: l taşıma modunda j merkezi ile n merkezi arasındaki mesafe

Maliyet Parametreleri

$FCJ_{f,t}$: t periyodunda f bölgesindeki JCL yetiştiricinin sabit maliyeti
 $FCC_{i,t}$: t periyodunda i bölgesinde JCL yağ çıkartmanın sabit maliyeti
 $FCB_{j,t}$: t periyodunda j merkezindeki biyorafineri açmanın sabit maliyeti
 $FCS_{k,t}$: t periyodunda k merkezinde dağıtım merkezi açmanın sabit maliyeti
 VCJ_f : f merkezinde JCL yetiştiricinin hektar başına değişken maliyeti
 $VCC_{i,t}$: t periyodunda i merkezi için birim kapasite başına değişken maliyet
 $VCB_{j,t}$: t periyodunda j merkezi için birim kapasite başına değişken maliyeti
 $VCS_{k,t}$: t periyodunda k merkezi için birim kapasite başına değişken maliyet
 $PCJ_{f,t}$: t periyodunda f merkezindeki JCL çekirdek üretiminin birim maliyeti
 $PCB_{j,t}$: t periyodunda j merkezinde biyodizel üretiminin birim maliyeti
 $PCG_{j,t}$: t periyodunda j merkezinde gliserin üretiminin birim maliyeti
 $PCO_{i,t}$: t periyodunda i merkezinde birim yağ çıkartma maliyeti
 $JCT_{l,t}$: t periyodunda l moduyla f merkezinden i merkezine taşıma maliyeti
 $OCT_{l,t}$: t periyodunda l moduyla i merkezinden j merkezine taşıma maliyeti

$BCT_{l,t}$: t periyodunda l moduyla j merkezindeki biyodizelin k merkezine taşıma maliyeti

$GCT_{l,t}$: t periyodunda l moduyla j merkezindeki gliserinin n merkezine taşıma maliyeti

Çevresel Parametreler

$CE_{f,p}$: f bölgesinde p bitkileri için 1 ton jcl hasat etmenin çevresel etkisi

CEV_i : I bölgesinde periyotlar için 1 ton kapasiteli tesis kurmanın çevresel etkisi

$CBio_j$: J bölgesinde periyotlar için 1 ton kapasiteli biyorafineri kurmanın çevresel etkisi

Cew_k : K bölgesinde planlanan süre için 1 ton kapasiteli tesis kurmanın çevresel etkisi

CEI_i : J merkezinde 1 ton biyodizel üretmenin çevresel etkisi

$CEVB_j$: J merkezinde 1 ton gliserin üretmenin çevresel etkisi

$CEVG_j$: I merkezinde 1 ton JCL yağı üretmenin çevresel etkisi

CET_i : l taşıma moduyla 1 ton JCL taşımanın km basına acığa çıkardığı CO2 etkisi

Sosyal Parametreler

$GOCF_{f,t}$: f bölgesinden t döneminde göç eden bireysayısı

$GOCl_{i,t}$: i bölgesinden t döneminde göç eden bireysayısı

$GOcJ_{j,t}$: J bölgeden t döneminde göç eden bireysayısı

$GOcK_{k,t}$: k bölgesinden t döneminde göç eden birey sayısı

Karar Değişkenleri

$x_{f,t}$: f lokasyonu JCL yetiştirmek için seçilmeli ise 1; değilse 0

$u_{i,t}$: i lokasyonunda JCL toplama ve yağ çıkartma merkezi açılmalı ise 1; değilse 0

$v_{j,t}$: j lokasyonu biyorafineri açmak için seçilmeli ise 1; değilse 0

$w_{k,t}$: k lokasyonu depolama ve dağıtım merkezi için seçilmeli ise 1; değilse 0

Sürekli Karar Değişkenleri

$QJK_{j,p,l,k,t}$: t periyodunda l taşıma moduyla biyorafineri j den toplama ve dağıtım merkezi k ya taşınan biyodizel miktarı

$QJM_{j,p,l,n,t}$: t periyodunda l taşıma moduyla biyorafineri j den müşteri merkezi n ye taşınan gliserin miktarı

$QFI_{f,p,l,i,t}$: t periyodunda l taşıma moduyla yetiştirme merkezi f den toplama ve yağ çıkartma merkezi i ye taşınan tohum miktarı

$QUI_{i,p,l,j,t}$: t periyodunda l taşıma moduyla toplama ve yağ çıkartma merkezi i den biyorafineri j ye taşınan yağ miktarı

$QJN_{j,p,l,n,t}$: t periyodunda l taşıma moduyla biyorafineri j den müşteri merkezi n ye taşınan gliserin miktarı

Amaç Fonksiyonu 1: Maliyet Minimizasyonu

Tesis Açma Maliyeti

$$\sum_{f,p,t} FCJ_{f,t} * x_{f,p,t} + \sum_{i,t} FCC_{i,t} * u_{i,t} + \sum_{k,t} FCS_{k,t} * w_{k,t} + \sum_{j,t} FCB_{j,t} * v_{k,t}$$

Maliyet amaç fonksiyonunun ilk bölümü olan tesis açma maliyetlerinde her bir periyoda ait tesis açma kapama kararı ve tesis açmak için geçerli olan sabit maliyetler ele alınarak hesaplamalar yapılmıştır.

Taşıma Maliyetleri

$$\begin{aligned} & \sum_{f,p,l,i,t} JCT_{l,t} * QFI_{f,p,l,i,t} * DisJT_{f,i} & + & \sum_{i,p,l,j,t} OCT_{l,t} * QIJ_{i,p,l,j,t} * DisOT_{i,j} & + \\ & \sum_{j,p,l,k,t} BCT_{l,t} * QJK_{i,p,l,j,t} * DisBT_{j,k} & + & \sum_{j,p,l,n,t} GCT_{l,t} * QJM_{j,p,l,n,t} * DisGT_{j,n} \end{aligned}$$

Maliyet amaç fonksiyonunun ikinci bölümü olan taşıma maliyeti ise; her bir firmaya ait taşımanın ton başına maliyetlerinin, taşınan miktarlar ve tesisler arası mesafelerle çarpılmasıyla hesaplanmıştır.

Amaç Fonksiyonu 2: Çevresel Etki Minimizasyonu

$$\begin{aligned} & \sum_{j,t} CBio_j * v_{j,t} * UB_{j,t} + \sum_{t,k} Cew_k * w_{k,t} * US_{k,t} \\ & + \\ & \sum_{f,p,l,i,t} CET_l * DisJT_{f,i} * QFI_{f,p,l,i,t} + \sum_{i,p,l,j,t} CET_l * DisOT_{i,j} * QIJ_{i,p,l,j,t} \\ & + \\ & \sum_{j,p,l,k,t} CET_l * DisBT_{j,k} * QJK_{j,p,l,k,t} + \sum_{j,p,l,n,t} CET_l * DisGT_{j,n} * QJN_{j,p,l,n,t} \end{aligned}$$

Çevresel amaç fonksiyonunda ise her bir tesise ait bir tonluk miktar için oluşan çevresel etki değerinin aynı tesise ait açma kapama kararlarının maksimum kapasite değerleri ile çarpılmasıyla oluşturulmaktadır.

Amaç Fonksiyonu 3: Sosyal Fayda Maksimizasyonu

$$\sum_{f,p,t} GOCF_{f,t} - (x_{f,p,t} * 90) + \sum_{i,t} GOCl_{i,t} - (u_{i,t} * 90) + \sum_{j,t} GOCJ_{j,t} - (v_{j,t} * 90) + \sum_{k,t} GOCK_{k,t} - (w_{k,t} * 90)$$

Problemin üçüncü amacı olan sosyal amaç fonksiyonunda ise her bir bölgeye ait ve yıllara bağlı olarak 24-35 yaş arası göç eden iş gücü dikkate alınarak, açılan her bir tesiste kapasitesinden bağımsız olarak 90 kişinin istihdam edilmesiyle toplam göç eden kişi sayısının minimize edilmesi amaçlanmıştır.

Kısıtlar

Denge Kısıtları

$$\sum_{l,i} QFI_{f,p,l,i,t} = verim_{f,p,t} * LA_{f,t} * x_{f,p,t} \quad \forall f, p, t \quad (1)$$

$$\alpha_p * \sum_{f,l} QFI_{f,p,l,i,t} = \sum_{l,j} QIJ_{i,p,l,j,t} \quad \forall i, p, t \quad (2)$$

$$\beta_p * \sum_{i,l} QIJ_{i,p,l,j,t} = \sum_{l,k} QJK_{j,p,l,k,t} \quad \forall j, p, t \quad (3)$$

$$(1 - \beta_p) * \sum_{i,l} QIJ_{i,p,l,j,t} = \sum_{l,n} QJN_{j,p,l,n,t} \quad \forall j, p, t \quad (4)$$

(1)-(4) arasında gösterilen kısıtlar tesisler arası taşınan miktarlar ile açılan tesislere ait çıktılarının birbirlerine eşit olmasını ifade eden kısıtlardır.

Kapasite Kısıtları

$$\sum_{f,p,l} QFI_{f,p,l,i,t} \leq UC_{i,t} * u_{i,t} \quad \forall i, t \quad (5)$$

$$\sum_{i,p,l} QIJ_{i,p,l,j,t} \leq UB_{j,t} * v_{j,t} \quad \forall k, j, t \quad (6)$$

$$\sum_{j,p,l} QJK_{j,p,l,k,t} \leq US_{k,t} * w_{k,t} \quad \forall k, t \quad (7)$$

$$\sum_{j,p,l} QJM_{j,p,l,n,t} \leq USN_{n,t} \quad \forall n, t \quad (8)$$

(5)-(8) arası kısıtlar tesisler arası taşınan tohum, yağ, biyodizel ve gliserin gibi miktarların açılan tesislere ait kapasitelerden daha fazla olmamasını sağlamak için yazılmıştır.

Tesis Sayısı Kısıtları

$$\sum_{f,p} x_{f,p,t} \geq Minx \quad \forall t \quad (9)$$

$$\sum_i u_{i,t} \geq Minu \quad \forall t \quad (10)$$

$$\sum_j v_{j,t} \geq Minv \quad \forall t \quad (11)$$

$$\sum_k w_{k,t} \geq Minw \quad \forall t \quad (12)$$

(9)-(12) arasında gösterilen kısıtlar her periyotta açılması gereken tarla, tesis, depolama ya da müşteri merkezi sayılarına ait minimum değerleri belirlemek için yazılmıştır.

$$\sum_t x_{f,p,t} \leq 1 \quad \forall f, p \quad (13)$$

$$\sum_t u_{i,t} \leq 1 \quad \forall i \quad (14)$$

$$\sum_t v_{j,t} \leq 1 \quad \forall j \quad (15)$$

$$\sum_t w_{k,t} \leq 1 \quad \forall k \quad (16)$$

(13)- (16) arasında gösterilen kısıtlar her bir periyotta açılan tarla, tesis, depolama ya da müşteri merkezi için aynı yerin diğer periyotlarda tekrar açılmasını engelleyen kısıtlardır.

Önerilen çok amaçlı modelin çözümünde epsilon kısıt yöntemi kullanılmış ve denklem (18)-(19) da belirtilen epsilon kısıtlar eklenilerek çözüm yapılmıştır.

Epsilon Kısıtları

$$\sum_{f,p,t} CE_{f,p} * x_{f,p,t} * UA_{f,t} + \sum_{i,t} CEV_i * u_{i,t} * UC_{i,t} \quad +$$

$$\sum_{j,t} CBio_j * v_{j,t} * UB_{j,t} + \sum_{t,k} Cew_k * w_{k,t} * US_{k,t} \quad +$$

$$\sum_{f,p,l,i,t} CET_l * DisJT_{f,i} * QFI_{f,p,l,i,t} + \sum_{i,p,l,j,t} CET_l * DisOT_{i,j} * QIJ_{i,p,l,j,t} \quad +$$

$$\sum_{j,p,l,k,t} CET_l * DisBT_{j,k} * QJK_{j,p,l,k,t} + \sum_{j,p,l,n,t} CET_l * DisGT_{j,n} * QJN_{j,p,l,n,t} \leq 1.57405E+11 * \varepsilon_1 \quad (17)$$

$$\sum_{f,p,t} GOCF_{f,t} - (x_{f,p,t} * 90) + \sum_{i,t} GOCl_{i,t} - (u_{i,t} * 90) + \sum_{j,t} GOCl_{j,t} - (v_{j,t} * 90) + \sum_{k,t} GOCl_{k,t} - (w_{k,t} * 90) \leq 2.439575E + 7 * \varepsilon_2 \quad (18)$$

(17) ve (18) numaralı kısıtlar çok amaçlı modelin tüm amaçları aynı anda çözüldüğünde elde edilen değerleri bulmak için yazılmıştır. Epsilon değerleri tek başına çözüm yapılırken elde edilen sonuç değerlerinden, tümü beraber çözülrken ne kadar sapılabileceğine ait yüzdelik değeri ifade etmektedir.

6.UYGULAMA

6.1. Veri Toplama ve Vakanın Detayları

Bu çalışmadaki biyodizel tedarik zinciri ağ tasarımı probleminde yağlı bitki tohumları için jatropha ve kanola yağlı tohumlu bitkileri, jatropha tarlaları ve kanola tarlaları aday yerleri için son 4 yıllık Türkiye yağış ortalamasına göre 10 aday il, jatropha toplama ve ön işleme merkezleri için 5 aday il, biyorafineriler için 7 aday il, biyodizel müşteri dağıtım merkezleri için petrol firmalarının ana terminallerine göre 6 aday il, gliserin müşteri merkezleri için Türkiye'nin önemli hijyenik ürün üreticisi firmalarının bulunduğu konuma göre 2 aday yer, ulaşım içinse firmaların artık dış kaynak kullanıkları göz önünde bulundurularak 2 farklı firma belirlenmiştir. Aday tarla bölgeleri Türkiye'nin yağış değerleri yağlı bitki tarımına elverişli ve her bölgeden olmasına özen gösterilerek belirlenmiştir. Şekil 6.1.1'de tarla açmak için aday olarak belirlenmiş 10 bölge gösterilmektedir.



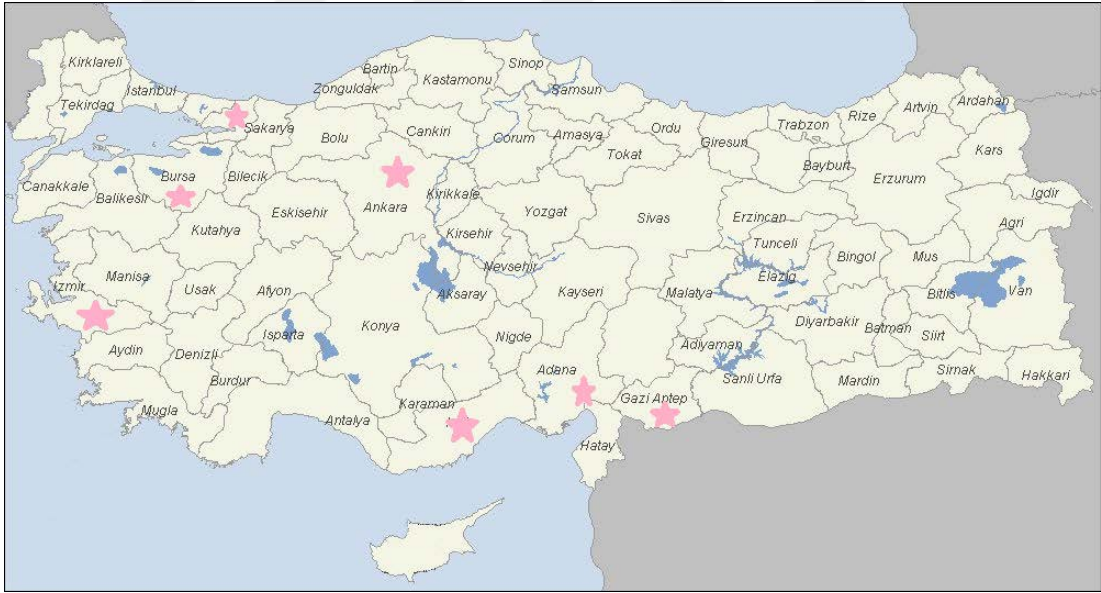
Şekil 6.1.1. Tarla Açmak İçin Aday Gösterilen İller

Bunun yanında tarla merkezlerine yakın olmasına özen gösterilerek belirlenmiş 5 ön işleme merkezi şekil 6.1.2'de gösterilmektedir.



Şekil 6.1.2. Ön İşleme Merkezi Açmak İçin Aday Gösterilen İller

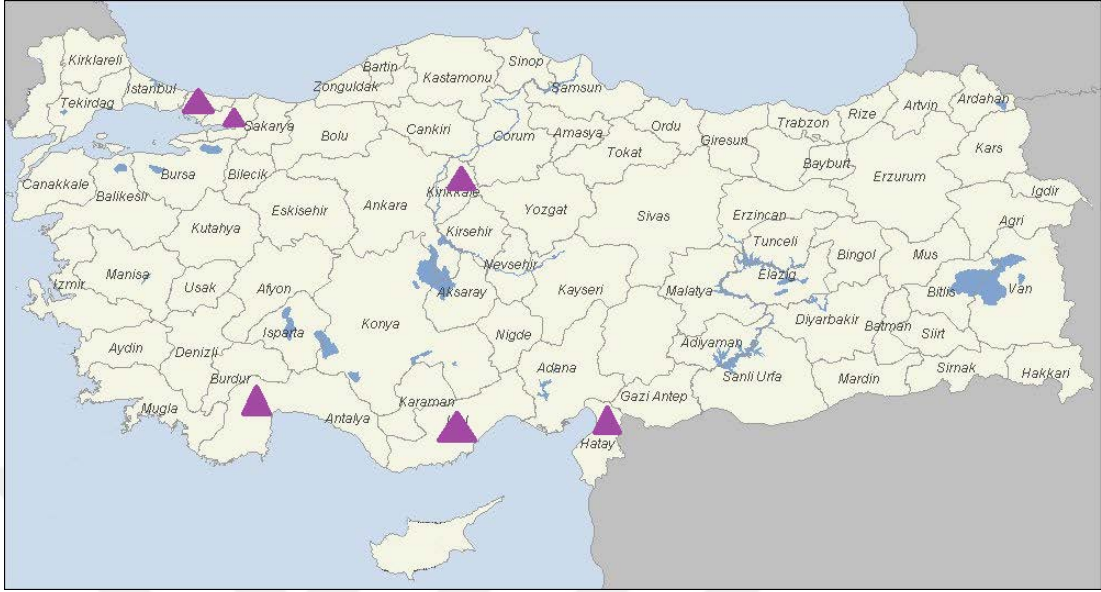
Buna ek olarak ülkemizde hali hazırda faaliyetlerine devam eden biyorafineri merkezleri dikkate alınarak aday olarak gösterilen 7 adet biyorafineri merkezi şekil 6.1.3'de ifade edilmektedir.



Şekil 6.1.3. Biyorafineri Açmak İçin Aday Gösterilen İller

Son olarak ülkemizde alanında öncü olan 2 petrol firmasına ait 6 ilde bulunan ana depolama ve dağıtım merkezleri yine gerçeğe uygun olarak aday gösterilmiştir. Şekil 6.1.4'de bu iki ana firmaya ait merkez depolarının yerleri gösterilmektedir. Biyodizel

son tüketiciye modelde %20 oranında dizel yakıtla karıştırılarak buradan sonra dağıtılacaktır.



Şekil 6.1.4. Toplama ve Dağıtım Merkezi Açmak İçin Aday Gösterilen İller

Modelde 4 yıllık bir planlama öngörülmüştür. Biyodizel talebi; EPDK'nın (Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu) 2014 yılından itibaren başlattığı dizel yakıtlara her yıl için kullanım oranının %20 biyodizel harmanlaması hedefi göz önünde bulundurularak, toplam dizel taleplerinin ilgili yıla ait harmanlama oranı ile çarpılmasıyla her bir yıl için hesaplanmıştır. Her bir ilin biyodizel talebini bulmak için toplam talep miktarı illerin nüfusuna göre oranlanarak dağıtılmıştır (Çizelge 6.1). Gliserin talebi ise; Uysal (2006) çalışmasındaki verilere göre Türkiye için toplam 20.000 ton olarak alınmıştır. 4 yıllık periyoda ait talebi oluşturmak için gliserin talebi her yıl %5 arttırılmıştır (Çizelge 6.2).

Çizelge 6.1. Yıllara göre biyodizel müşteri dağıtım merkezlerinin biyodizel talebi(ton)

| İl/Periyot | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------|---------|---------|---------|---------|
| Kırkkale | 43618 | 50401 | 54708 | 59225 |
| İstanbul | 2338324 | 2701925 | 2932863 | 3175009 |
| Kocaeli | 286667 | 331242 | 359554 | 389239 |
| Kırkkale | 43618 | 50401 | 54708 | 59225 |
| Antalya | 365596 | 422445 | 458552 | 496412 |
| Hatay | 245628 | 283822 | 308080 | 333517 |
| Mersin | 279650 | 323135 | 350754 | 379713 |

Çizelge 6.2. Yıllara göre gliserin müşteri merkezinin gliserin talebi(ton)

| Gliserin Firması/Periyot | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Gliserin1 | 10000 | 10500 | 11025 | 11576 |
| Gliserin2 | 10000 | 10500 | 11025 | 11576 |

Modeldeki hesaplamalarda kullanılan dönüşüm faktörü parametreleri Çizelge 6.3.'te gösterilmektedir. Kanola için kullanılmış değerler yakın değerler olarak tahminleme yapılmıştır.

Çizelge 6.3. Dönüşüm faktörü

| Dönüşüm Faktörü | Açıklaması | Jatropha Değeri | Kanola Değeri | Kaynak |
|-----------------|---|-----------------|---------------|--------------------|
| Alfa | Jatropha tohumlarının yağa dönüşüm faktörü | 0.35 | 0.45 | (Achten vd., 2007) |
| Gama | Jatropha yağının biyodizele dönüşüm faktörü | 0.83 | 0.80 | (Achten vd., 2007) |

Modelde tarlalar için gerekli minimum ve maksimum arazi alanı TÜİK verilerinden nadasa bırakılan arazilerin %10 'luk kısmının hesaplanmasından oluşturulmuştur (TÜİK, 2018). Toplama ve ön işleme merkezlerinin alt ve üst kapasite sınırları [1397150.003, 4961285.385] ton, biyorafinerilerin alt ve üst kapasite sınırları [313867.1491, 1312996] ton, biyodizel müşteri dağıtım merkezlerinin alt ve üst kapasitesi [43618, 3205009] ton, gliserin müşteri merkezinin alt ve üst kapasitesi ise; [10000,26576] ton olarak alınmıştır.

Lokasyonlar arası ulaştırma maliyet verileri için ise 2 farklı lojistik firmasına ait kilometre başına maliyetler baz alınmıştır. İlk firmaya ait veriler sırasıyla km başına ilk yıl 0.43 ve 0.55kr olarak alınarak her yıl fiyatları oranlı olarak yükseltilmiştir. Bunun yanında iller arası mesafeler Karayolları Genel Müdürlüğünün yayınladığı iller arası mesafe matrisinden yararlanılarak kullanılmıştır. Modelde tarla satın almanın, toplama ve ön işleme merkezi, biyorafineri ile biyodizel müşteri dağıtım merkezi açmanın sabit maliyeti Çizelge 6.4, 6.5, 6.6 ve 6.7'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.4. Tarla açmanın hektar başına sabit maliyeti

| İL | SABİT MALİYET (TL) |
|------------|--------------------|
| Çanakkale | 5400000 |
| Kırklareli | 9000000 |
| Denizli | 3900000 |
| Manisa | 7200000 |
| Artvin | 9000000 |
| Sinop | 5100000 |
| Kırşehir | 4200000 |
| Kayseri | 6300000 |
| Erzurum | 4800000 |
| Siirt | 5100000 |

Çizelge 6.5. Toplama ve ön işleme merkezi açmanın sabit maliyeti

| İL | SABİT MALİYET (TL) |
|-----------|--------------------|
| Çanakkale | 960000 |
| Denizli | 475000 |
| Artvin | 250000 |
| Kayseri | 770000 |
| Erzurum | 395000 |

Çizelge 6.6. Biyodizel müşteri dağıtım merkezi açmanın sabit maliyeti

| İL | SABİT MALİYET (TL) |
|-----------|--------------------|
| İstanbul | 340000 |
| Kocaeli | 750000 |
| Kırıkkale | 795000 |
| Antalya | 405000 |
| Hatay | 450000 |
| Mersin | 1000000 |

Çizelge 6.7. Biyorafineri açmanın sabit maliyeti

| İL | SABİT MALİYET (TL) |
|-----------|--------------------|
| İzmit | 674250 |
| Gaziantep | 674250 |
| Ankara | 674250 |
| Mersin | 674250 |
| Adana | 674250 |
| Bursa | 674250 |
| İzmir | 674250 |

Not: Değişken maliyetler sabit maliyetlerin her birinde değişiklik göstermekle birlikte yaklaşık olarak %10'u alınarak hesaplanmıştır.

6.2. Bulgular

Bu veriler ışığında geliştirilen model çok amaçlı yapıda olması nedeniyle tüm amaçlar önce tek tek GAMS programının CPLEX çözücüsü yardımıyla çözümlenmiştir. Modeldeki amaç fonksiyonları tek tek çözüldüğünde tedarik zinciri ağının önümüzdeki 4 yıl için kümülatif, maliyeti 5.980161E+7 tl olarak, çevresel etki değeri 1.57405E+11 olarak, minimize edilmiş sosyal etki amacının sonucu ise 2.439575E+7 olarak hesaplanmıştır.

Ardından epsilon kısıtlama metodu ile tüm amaç fonksiyonları aynı anda yine GAMS programı CPLEX çözücüsünde optimize edilmiştir. Epsilon kısıt yöntemi ile tüm amaç fonksiyonları beraberken çözüm yapıldığında yeni maliyet değerleri 6.790466E+7 tl, çevresel etki değeri 1.59097E+11 ve sosyal etki amacı ise 2.439539E+7 göç eden toplam kişi olduğu görülmüştür.

Model çözüldüğünde $x_{f,p,t}$ olarak ifade edilen, her bir periyottaki tarla açılma kararlarına ait sonuçlar;

1. periyotta Siirt ilinde jatropha tarlası,

2. periyotta Siirt ilinde kanola tarlası,
3. periyotta Artvin ilinde jatropha tarlası,
4. periyotta Artvin ilinde kanola tarlası açılması optimal olarak bulunmuştur.

$U_{i,t}$ olarak ifade edilen her bir periyottaki toplama ve ön işleme merkezi açma kararlarına ait sonuçlar ise;

1. periyotta Kayseri ilinde,
2. periyotta Denizli ilinde,
3. periyotta Erzurum ilinde ve

4. periyotta Artvin ilinde açılması optimal olarak bulunmuştur.

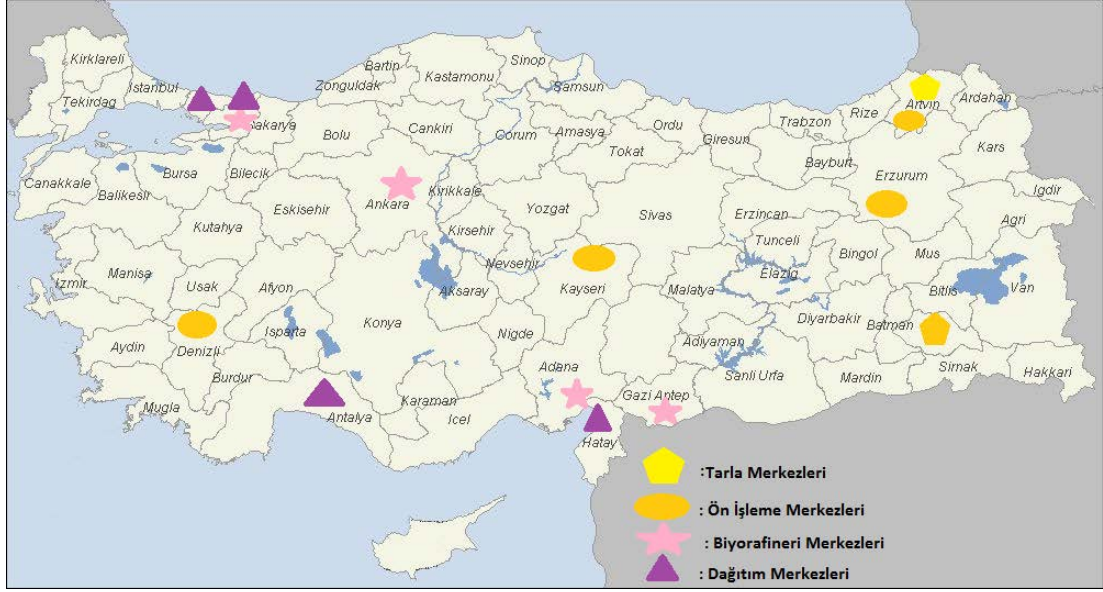
$V_{j,t}$ olarak ifade edilen her bir periyottaki biyorafineri merkezi açma kararlarına ait sonuçlar ise;

1. periyotta Ankara ilinde ,
2. periyotta Gaziantep ilinde,
3. periyotta Adana ilinde ve
4. periyotta İzmit ilinde açılması optimal olarak bulunmuştur.

$W_{k,t}$ olarak ifade edilen her bir periyottaki biyorafineri merkezi açma kararlarına ait sonuçlar ise;

1. periyotta Kocaeli ilinde ,
2. periyotta Hatay ilinde,
3. periyotta Antalya ilinde ve
4. periyotta İzmit ilinde açılması optimal olarak bulunmuştur.

Tüm bu sonuçlar toplu olarak şekil 6.2.1'deki haritada ifade edilmektedir.



Şekil 6.2.1. Tarla, Ön İşleme Merkezi, Biyorafineri ve Dağıtım Merkezi Açılan İller

6.3. Duyarlılık Analizleri

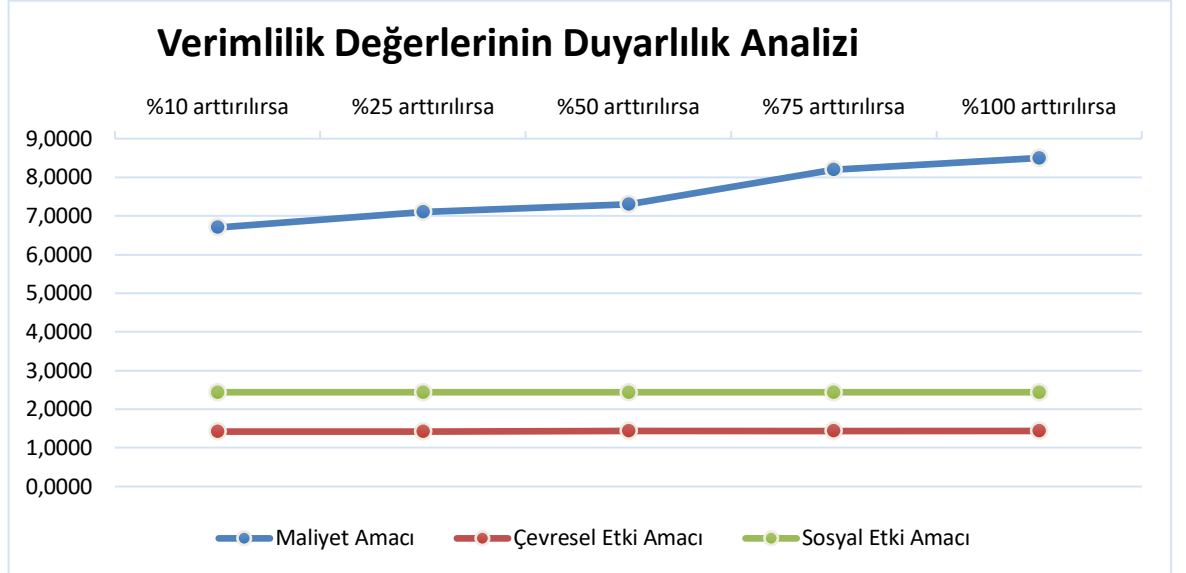
Bu bölümde bazı parametrelerdeki değişimin amaç fonksiyonu değeri üzerindeki etkisini gözleme amacıyla bir takım duyarlılık analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu maksatla tesis kapasiteleri, verimlilik vb. bazı parametrelerin amaç fonksiyonundaki etkilerini görmek için aşağıdaki analizler yapılmıştır. Açılan tarlaların verimliliği üzerinde yapılan duyarlılık analizleri sonucunda tarlaların daha verimli olması daha fazla miktarda ürün çıkmasını sağlayarak üretimi arttırmış ve maliyetleri de dolayısıyla fazla miktarda etkilemiştir. Tabloda sonuçlarını da verdiğimiz gibi verimliliğin artırılması konusunda en çok etkilenen maliyet amacı olmuştur. Buradan yola çıkarak maliyet amacı hassas değişiklikler konusunda çok fazla duyarlı bir amaç fonksiyonudur. Bunun yanında verimlilik değerlerinin artmasıyla üretim miktarları arttığında ton başına taşımanın ortaya çıkarttığı çevresel etki değerleri çevresel etki değerlendirme amaç fonksiyonunda, maliyet amacına oranla daha küçük değişiklikler olmuştur. Yani verimlilik konusundaki değişikliklere çevresel etki amaç fonksiyonu çok daha az duyarlıdır. Tüm bunların yanında sosyal etki amacı sadece açılan tesis kararları ile bağlantılı olduğu için verimlilik miktarındaki değişiklikler sosyal etki amaç fonksiyonunda bir değişikliğe neden olmamıştır. Bu da gösteriyor ki modeldeki sosyal etki değerlendirme amacı, verimlilik konusundaki değişikliklere duyarlı değildir.

Aşağıdaki çizelgede epsilon kısıt yöntemi kullanılarak çözülmüş amaç fonksiyon değerleri paylaşılmıştır. Bu sonuçlardan yola çıkarak çalışmanın ilerleyen safhalarında daha derinleştirilerek tüm amaç fonksiyonlarının, çıkan ürün miktarına göre hesaplanması yapılabilecektir.

Çizelge 6.3.1. Verimlilik için Duyarlılık analiz sonuçları

| VERİMLİLİK | MALİYET AMACI | ÇEVRESEL ETKİ AMACI | SOSYAL ETKİ AMACI |
|-------------------|---------------|---------------------|-------------------|
| %10 ARTTIRILIRSA | 6.721356E+7 | 1.42116E+11 | 2.439539E+7 |
| %25 ARTTIRILIRSA | 7.182917E+7 | 1.42617E+11 | 2.439539E+7 |
| %50 ARTTIRILIRSA | 7.313841E+7 | 1.43451E+11 | 2.439539E+7 |
| %75 ARTTIRILIRSA | 8.245952E+7 | 1.43589E+11 | 2.439539E+7 |
| %100 ARTTIRILIRSA | 8.535073E+7 | 1.43891E+11 | 2.439539E+7 |

Bu değerlere hem uzaktan bakabilmek hem de değerler hakkında detaylı yorum yapabilmek amacıyla grafiklere dönüştürdük ve sonuçlardaki değişiklikleri gözlemledik. Şekil 6.3.1’de sosyal ve çevresel etki amaçları bu değişiklikten etkilenmediği, maliyet amacının ise verimliliklerde oluşan değişikliklere karşı oldukça duyarlı davrandığı açıkça görülmektedir. Verimlilik değerinin 100 kata kadar arttırıldığında bile optimal çözüm bulmaktadır.



Şekil 6.3.1.Verimlilik Değerlerine Ait Yapılan Duyarlılık Analizi Grafiği

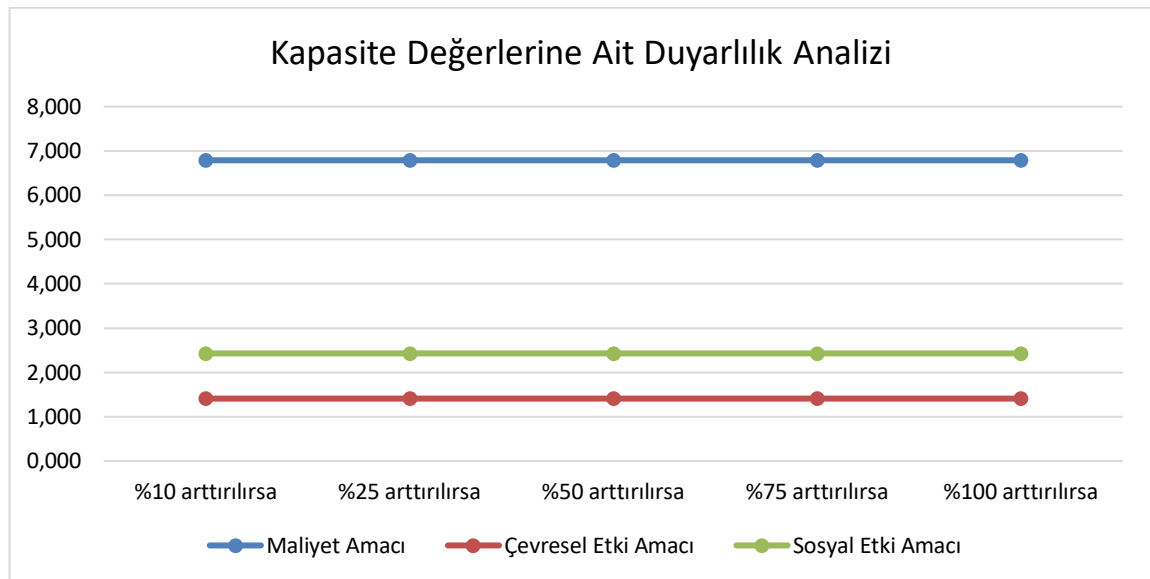
İkinci olarak duyarlılık analizi yaptığımız konu ise tesislere ait kapasitelerdir. Kapasitelere ait yapılan değer artışı analizleri sonucunda da amaç fonksiyonlarının

kapasite değişikliklerine duyarlı olmadığı görülmüştür. Bunun sebebi talebin ancak karşılanması tesis kapasitelerinin hali hazırda tam dolu olarak kullanılmamasıdır. Tablo 6.3.2 'de görülen sonuçlardan yola çıkılarak, modelin 5. Yıldan itibaren taleplerdeki artışa kapasitenin yetişmemesi ve kapasite artışlarının maliyet amacı için duyarlılık gösterilmesi söz konusudur. İstihdamların ise tesis kapasitesine göre yapılarak daha detaylı bir model düşünülebilir, sosyal amaçtaki duyarlılık giderilerek model geliştirilebilir. Taşımaya ait çevresel etki değerleri ise sadece km olarak değil ton*km olarak formülize edilerek çevresel etki amacı duyarlı hale getirilecektir.

Çizelge 6.3.2. Kapasite değerlerine ait duyarlılık analizi sonuçları

| KAPASİTE DEğERLERİ | MALİYET AMACI | ÇEVRESEL ETKİ AMACI | SOSYAL ETKİ AMACI |
|--------------------------|---------------|---------------------|-------------------|
| %10 ARTTIRILIRSA | 6.790466E+7 | 1.41782E+11 | 2439539E+7 |
| %25 ARTTIRILIRSA | 6.790466E+7 | 1.41782E+11 | 2439539E+7 |
| %50 ARTTIRILIRSA | 6.790466E+7 | 1.41782E+11 | 2439539E+7 |
| %75 ARTTIRILIRSA | 6.790466E+7 | 1.41782E+11 | 2439539E+7 |
| %100 ARTTIRILIRSA | 6.790466E+7 | 1.41782E+11 | 2439539E+7 |

Değişiklikleri grafiksel anlamda ifade ettiğimizde ise şekil 6.3.2'deki grafik ile karşılaşmaktayız. Sonuçlarda da görüldüğü gibi kapasite değerlerine duyarlı olmayan bir model olmasının sebebinin, kapasiteleri tam anlamıyla kullanılmamasının getirdiği bir sonuç olarak değerlendirmekteyiz.



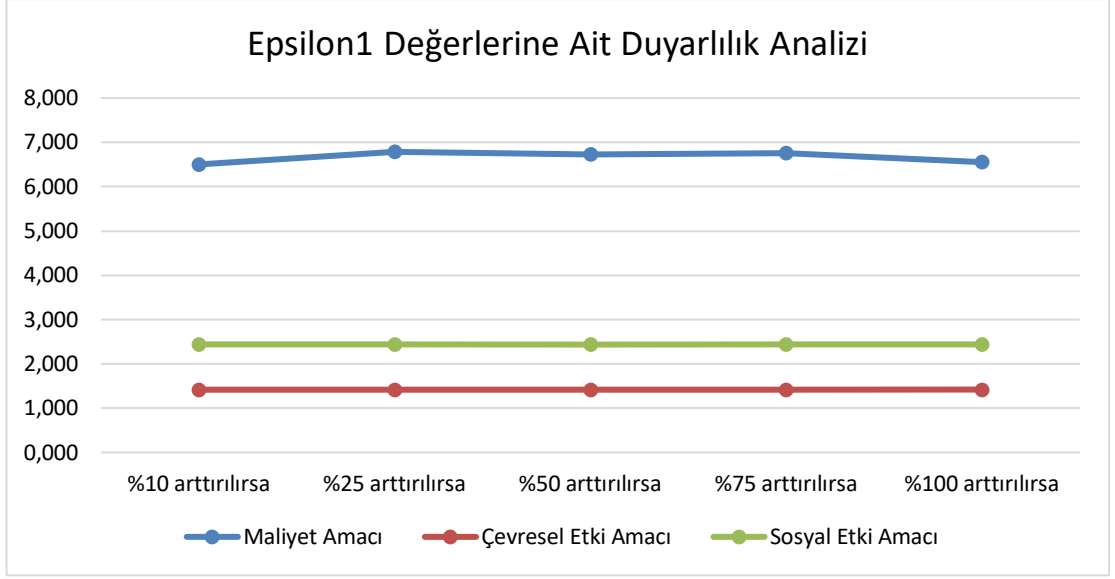
Şekil 6.3.2.Kapasite Değerlerine Ait Yapılan Duyarlılık Analizi Grafiği

Son olarak çok amaçlı matematiksel modelimizin çözümü amacıyla eklediğimiz 2 adet epsilon kısıtında duyarlılık analizleri gerçekleştirdik. Birinci epsilon değerimizi belirli yüzdelik değerlere göre arttırdığımızda maliyet amacının öncelikle arttığı, sonrasında ise doyum noktasına ulaşıp maliyet değerinin tekrar düşmeye başladığı görülmüştür. Çevresel etki amacının ise epsilon değerindeki artışın değeri 2 katına ulaşmadan değişmediği açıkça gözlenmiştir. Sosyal etki amacında ise belirli bir orandan sonra değerde ufak azalmalar görülmüştür. Sonuçlara ait değerler tabloda görülmektedir.

Çizelge 6.3.3. Epsilon 1 değerinde yapılan değişikliklere ait duyarlılık analizleri sonuçları

| Epsilon1 Değerleri | Maliyet Amacı | Çevresel Etki Amacı | Sosyal Etki Amacı |
|---------------------------|----------------------|----------------------------|--------------------------|
| %10 arttırılırsa | 6.502434E+7 | 1.41782E+11 | 2.439539E+7 |
| %25 arttırılırsa | 6.786668E+7 | 1.41782E+11 | 2.439539E+7 |
| %50 arttırılırsa | 6.730272E+7 | 1.41782E+11 | 2.439530E+7 |
| %75 arttırılırsa | 6.761367E+7 | 1.41782E+11 | 2.439521E+7 |
| %100 arttırılırsa | 6.560410E+7 | 1.42052E+11 | 2.439521E+7 |

Grafiksel anlamda incelediğimizde ise; şekil 6.3.2. ile karşılaşmaktayız. Burada da görüldüğü gibi maliyet amacı önce artmış sonra neredeyse sabit kalarak azalmaya başlamıştır. Bunun yanında çevresel etki amacındaki çok ufak değişiklik değişim miktarı çok büyük olduğunda gerçekleşmekte ve sosyal anlamda açılan tesisler fark etmediği için göç eden kişi sayısında kümülatifi ekileyecek derecede değişiklik yaşanmadığı görülmektedir.



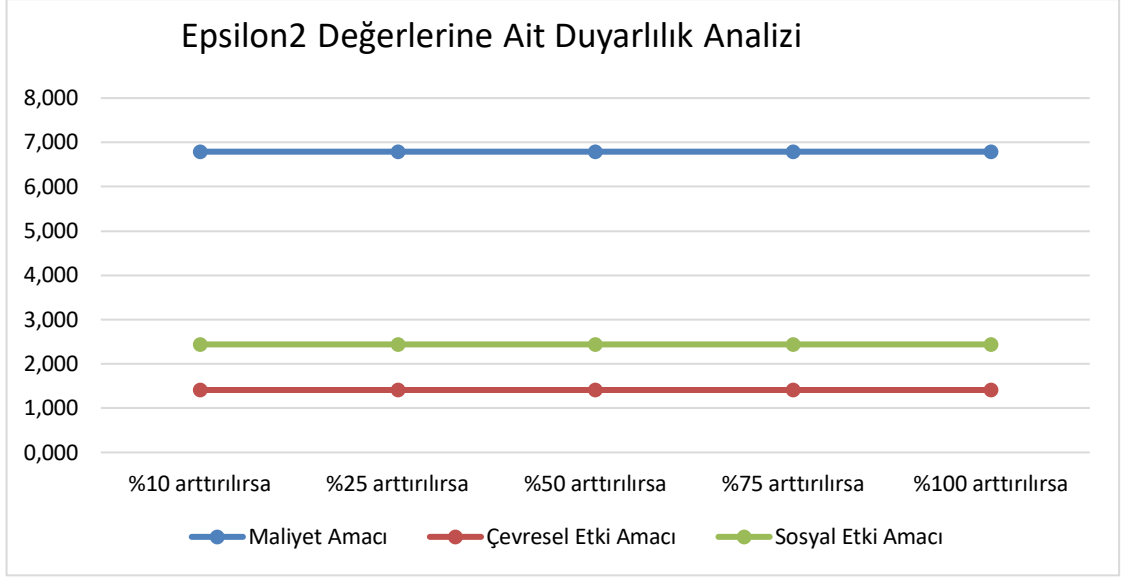
Şekil 6.3.3. Epsilon Değerlerine Ait Yapılan Duyarlılık Analizi Grafiği

Epsilon 2 değeri ise doğrudan sosyal amaçtaki sapmayı engellemeye çalışıldığı için, önceki çözümlere göre önce maliyet amacını gözle görülür oranda yükseltmiş sonrasında ise değerler sabit kalmıştır. Çevresel etki amaç fonksiyonunda değişiklik görülmemekle birlikte sosyal etki değerlendirme amacında ise değişiklik görülmemiştir. Tabloda sonuçlara ait değerler paylaşılmaktadır.

Çizelge 6.3.4. Epsilon 2 değerinde yapılan değişikliklere ait duyarlılık analizleri sonuçları

| Epsilon2 Değerleri | Maliyet Amacı | Çevresel Etki Amacı | Sosyal Etki Amacı |
|--------------------------|---------------|---------------------|-------------------|
| %10 arttırılırsa | 6.790466E+7 | 1.41782E+11 | 2.439539E+7 |
| %25 arttırılırsa | 6.790466E+7 | 1.41782E+11 | 2.439539E+7 |
| %50 arttırılırsa | 6.790466E+7 | 1.41782E+11 | 2.439539E+7 |
| %75 arttırılırsa | 6.790466E+7 | 1.41782E+11 | 2.439539E+7 |
| %100 arttırılırsa | 6.790466E+7 | 1.41782E+11 | 2.439539E+7 |

Grafiksel anlamda incelediğimizde ise; şekil 6.3.4'teki sonuçlar yaptığımız yorumları doğrulamaktadır.



Şekil 6.3.4. Epsilon Değerlerine Ait Yapılan Duyarlılık Analizi Grafiği

Tüm bu sonuçlardan yola çıkarak genel bir duyarlılık analizi değerlendirilmesi yapıldığında ise maliyet amaç fonksiyonunun değişikliklere karşı daha hassas, çevresel amaç fonksiyonunun daha büyük değişikliklere duyarlı sosyal amaç fonksiyonunun ise değişikliklere çok fazla duyarlı olmadığı çıkarımını yapabilmekteyiz.

7.SONUÇLAR ve ÖNERİLER

7.1. Sonuçlar

Günümüz koşullarında enerji sistemlerinin çevresel etkileri devamlı olarak artan bir öneme sahiptir. Alternatif yakıtların çevresel etkileri elde edilmiş yöntemine ve kullanılan taşıta göre değişkenlik göstermesine rağmen negatif etkileri, diğer petrol temelli yakıtlara göre daha azdır. Dizel yakıtlara benzer özellikler gösteren biyodizel yakıtlar, dizel araç motorlarında bazı değişiklikler ve ayarlamalar yapılarak kullanılabilir. Biyodizel yakıtlar, direk motorin yerine kullanılabilir gibi, mevcut motorin yakıtıyla belirli oranlarda karıştırılarak da kullanılabilir. Biyodizel yakıtlar, petrol kaynaklı yakıtlara göre daha az emisyon değerine sahip olmakla beraber kükürt içermemektedir.

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında dizel yakıtlara en yakın spesifik özelliklere sahip çevreci yakıtlar biyodizel yakıtlardır. Biyodizel yakıtların ulaşılabilir ekonomik özellikte olmaları için etkin bir tedarik zinciri ağ tasarımı modelinin zorunluluğu literatürde yapılmış araştırmalar sonucunda da açıkça görülmüştür.

Yapılan çalışma sayesinde, ülkemizde nadir bulunan topraklar değerlendirilerek cari açığı mücadele edilmiş, bunun yanında Türkiye'de yapılan konuyla ilgili ilk çalışma olması yönünden literatüre de büyük katkıda bulunmuştur.

Bu çalışmada, ülkemizde son 4 yıllık periyoda ait biyodizel yakıtlar ile ilgili olarak oluşturulmuş yönetmeliklerdeki biyodizel yakıt harmanlama oranı, biyodizel talebi ile ilgili verilen hesaplanması esnasında dikkate alınmıştır.

Bu nedenlerden dolayı gerçekleştirilen çalışmada Türkiye için gerçek veriler kullanılarak çok amaçlı, çok dönemli ve çok ürünlü bir biyodizel tedarik zinciri ağ tasarımı problemi ele alınmıştır. Önerilen probleme ait model; kuruluş, taşıma ve dağıtım maliyetlerini minimize ederken, tüm değişkenlerin çevresel etkilerini optimize etmekte, bunları yaparken de ülkemizdeki en büyük sorunlardan biri olan delokalizasyon ve göçü asgari düzeye indirmektedir.

Geliştirilen model çok amaçlı yapıda olması nedeniyle tüm amaçlar önce tek tek GAMS programı CPLEX çözücüsü yardımıyla çözümlenmiştir. Ardından epsilon kısıtlama metodu ile tüm amaç fonksiyonları aynı anda yine GAMS programı CPLEX çözücüsünde optimize edilmiştir. Yapılan analiz neticesinde kurulan tedarik zinciri ağının önümüzdeki 4 yıl için, maliyeti $5.980161E+7$ tl olarak, çevresel etki değeri $1.57405E+11$ olarak, minimize edilmiş sosyal etki amacının sonucu ise $2.439575E+7$ olarak hesaplanmıştır. Epsilon kısıt yöntemi ile üç amacı eşzamanlı olarak çözüm yaptığımızda ise, yeni maliyet değerleri $6.314543E+7$ tl, çevresel etki değeri $1.59097E+11$ ve sosyal etki amacı ise $2.439539E+7$ göç eden toplam kişi olduğu görülmüştür.

Modele ait sonuç değerlerinin yüksek çıkması her periyotta nadasa bırakılan arazilerin farklı bölgede olması ve başlangıç maliyetlerine, tesis açma maliyetlerine katlanılmak zorunda olmamızdır. Gıda krizleri nedeniyle biyodizele yapılan eleştiriler, nadasa bırakılan arazilerin kullanılmasını en büyük alternatifimiz haline getirmiş ve maliyetlerimizin artmasına neden olmuştur. Tam anlamıyla sürdürülebilir bir model tasarlamak ana amaç olduğu için modele bu doğrultuda veri girişleri yapılmıştır.

7.2. Gelecekteki Çalışmalar İçin Tavsiyeler

Gelecekteki çalışmalarda, tesis yeri seçim problemini her bölgedeki il alternatifleri çalışmada olduğu gibi homojen dağılım esas alınarak değil, daha detaylı değerlendirme kriterleri ile birlikte Analitik Hiyerarşi Proses metodu kullanılarak, uzmanların katılacakları anket sonuçlarına göre belirlenebilir. Bu durumda ise model daha belirli parametreler ile başlayacağından daha doğru sonuçlara götürebilecektir. Bunun yanında belirsizlikleri ele alma konusunda bulanık programlama, robust programlama gibi modelleme yaklaşımları kullanılarak, çok amaçlı modelin farklı anlamlarda değerlendirilmesi ve karşılaştırılması imkânları oluşacaktır. Çalışmada var olan parametreler zenginleştirilerek, daha detaylı sonuçlar elde edebilme imkânına sahip olabileceğiz. Ayrıca modelleme tarlada yetiştirilen bitkilerden ibaret olarak değil, hammadde kaynağı olarak atık yağlar gibi farklı kaynaklardaki alternatifler düşünülebilir. Bu şekilde model ilk yetiştirme maliyetlerinin fazla olmasından, bir atık yağ toplama zinciri ile kurtulacaktır. Buna ek olarak, biyodizelin dizel yakıtlarla

karıştırılarak kullanılacağı ön görülerek oluşturulmuş model mevcutta var olan büyük petrol firmalarının dağıtım noktalarına kadar planlanmaktadır, bunun yerine saf biyoyakıt dağıtım noktaları düşünülerek daha geniş kapsamlı bir tedarik ağı planlanılabilir. Bu sayede hammaddeden nihai tüketiciye kadar uzanan bir ağ tasarımı yapılmış olacaktır.



KAYNAKLAR

- Acaroglu, M., AB ve Türkiyede Biyodizel Potansiyeli ve Biyodizel Üretimini Geleceği, // Ulusal Biyodizel Sunuşayı, Ankara, 2 Aralık
- Alfelbeck, R., (1986), "Production And Processing Of Plant Oils And By-Products To Fuels", Biomass Conversion For Energy Thermo Chemical Conversion, Proceedings of The First Technical Consultation Cf CNRE, 14-17 October 1986, Germany.
- Altınsoy A. S. (2007), "Biyodizel Üretimi, Motorlarda Kullanımı Ve Türkiye'deki Kaynakların İncelenmesi", Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- Andersen, F., Iturmendi, F., Espinosa, S., Diaz, M.S., (2012). Optimal design and planning of biodiesel supply chain with land competition.
- Avami, A., (2012). A model for biodiesel supply chain: A case study in Iran.
- Azadeh, A., Arani, H. V., (2016). Biodiesel supply chain optimization via a hybrid system Dynamics-mathematical programming approach.
- Azadeh, A., Arani, H. V., Dashti, H., (2014). A stochastic programming approach towards optimization of biofuel supply chain.
- Azar, A. T., El-Said, S. A., Hassanien, A. E., (2013). Fuzzy and hard clustering analysis for thyroid disease. Computer Methods and Programs in Biomedicine. 111(1). 1–16.
- Beals R., Greiner P. C., 1988. Calculus on Heisenberg Manifolds, Annals Mathematics Studies, 119, Princeton University Press.
- Babazadeh, R., Razmi, J., Pishvae, M.S., Rabbani, M., (2016). A sustainable second generation biodiesel supply chain network design problem under risk.
- Babazadeh, R., (2016). Optimal design and planning of biodiesel supply chain considering nonedible feedstock.
- Babazadeh, R., Razmi, J., Rabbani, M., Pishvae, M. S., (2015). An integrated data envelopment analysis mathematical programming approach to strategic biodiesel supply chain network design problem.
- Bai, Y., Ouyang, Y., ShiPang, J., (2015). Enhanced models and improved solution for competitive biofuel supply chain design under land use constraints.
- Balaman, Ş., Selim, H., (2016). Sustainable design of renewable energy supply chains integrated with district heating systems: A fuzzy optimization approach.
- Biyodizel, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, <http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/biyodizel.aspx> , Erişim Tarihi: 25 Nisan 2018.
- Cáceres, R. G. G., Avella, M. E.M., Gómez, F. P., (2015). Tactical optimization of the oil palm agribusiness supply chain.
- Carniel, R., Jolly, A. D., Barbui, L., (2013). Analysis of phreatic events at Ruapehu volcano, New Zealand using a new SOM approach.
- Cavazos, T., (2000). Using Self-Organizing Maps to Investigate Extreme Climate Events: An Application to Wintertime Precipitation in the Balkans.
- Duarte, A., Sarache, W., Costa, Y., (2016). Biofuel supply chain design from Coffee Cut Stem under environmental analysis.
- Ennis, D., Medaille, A., Lambert, T., Kelley, R., Harris, Jr F. C., (2013). A comparison of academic libraries: an analysis using a self-organizing map, Performance Measurement and Metrics, Vol. 14 Issue: 2, pp.118-131.

- Ercan, S., Kayakutlu, G., (2015). SCHEDULING IN ENERGY SYSTEMS. Sigma Journal Engineering and Natural Sciences.679–690.
- Escobar, J.C., E. S. Lora, O. J. Venturini, E. E. Yanez, E. F. Castillo. 2009. "Biofuels: Environment, Technology and Food Security," Renewable and Sustainable Energy Reviews 13(6): 1275-1287.
- Evans, G. (1984). An Overview of techniques for solving multiobjective mathematical programs, Management Science, 30(11): 1268-1282.
- Gomory R. E., 1958. "Outline of an algorithm for integer solutions to linear programs.", Bulletin of the American Mathematical Society, 64, 275-278.
- Gonela, V., Zhang, J., Osman, A., Onyeaghala, R., (2015). Stochastic optimization of sustainable hybrid generation bioethanol supply chains.
- Haykin, S. S., (2009). Neural networks and learning machines. 3rd Edition.
- Hombach, L. E., Cambero, C., Sowlati, T., Walther, G., (2016). Optimal design of supply chains for second generation biofuels incorporating European biofuel regulations.
- Höppner, F., (2002). Speeding up fuzzy c-means: using a hierarchical data organisation to control the precision of membership calculation. Fuzzy Sets and Systems,.128(3).365–376.
- International Energy Agency. 2006. "World Energy Outlook 2006," OECD Publications, Paris.
- Ivanov, B., Stoyanov, S., (2016). A mathematical model formulation for the design of an integrated biodiesel-petroleum diesel blends system.
- Jiang, Y., Zhang, Y., (2016). Supply chain optimization of biodiesel produced from waste cooking oil.
- Jorge, J. M. 2009. "An Algorithm for Optimizing a Linear Function over an Integer Efficient Set," European Journal of Operational Research, vol. 195, p. 98-103.
- Joro, T., Korhonen, P. ve Wallenius, J. (1998). Structural comparison of data envelopment analysis and multiple objective linear programming, Management Science 44(7): 962-970.
- Kalteh, A.M., Hjorth, P., Berndtsson, R., (2007). Review of the self-organizing map (SOM) approach in water resources: Analysis, modelling and application.
- Karasakal, E., Köksalan, M. 2009. "Generating a Representative Subset of the Nondominated Frontier in Multiple Criteria Decision Making," Operations Research, vol. 57 (1), p. 187-199.
- Kaufman, L., Rousseeuw, P. J., (1990). Finding Groups in Data: An Introduction to Cluster Analysis. Wiley Series in Probability and Statistics.
- Knothe, G., Dunn, R.O., Bagby, M.O., 1996. Biodiesel: The use of vegetable oils and their derivatives as alternative diesel fuels, Oil Chemical Research, National Center for Agricultural Utilization Research, Agricultural Research Service, U.S Department of Agriculture, U.S.A.
- Kırlık, G., Sayın, S. 2015. "Computing the Nadir Point for Multiobjective Discrete Optimization Problems," Journal of Global Optimization, vol. 62 (1), p. 79-99.
- Kitani, O., (1998), "CIGR Handbook Of Agricultural Engineering Energy And Biomass Engineering", 5: 182, ASAE, USA.
- Koç M. (2011), "Biyodizel Üretimine Uygun Türkiye'de Yetişen Ve Yetiştirilecek Bitkilerin Ve Biyodizel Teknolojilerinin Belirlenmesi", Doktora Tezi, Yıldız

Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

- Kohonen, T., (1982). Self-organized formation of topologically correct feature maps. *Biological Cybernetics*. 43(1). 59–69.
- Köksalan, M., Lokman, B. 2009. “Approximating the Nondominated Frontiers of Multi-Objective Combinatorial Optimization Problems,” *Naval Research Logistics*, vol. 56, p. 191-198.
- Lamers, P., C. Hamelinck, M. Junginger, ve A. Faaij, 2011. “International Bioenergy Trade-A Review of Past Developments in The Liquid Biofuel Market,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15(6): 2655-2676.
- Lämsiluoto, A., Eklund, T., Back, B., Vanharanta, H., Visa, A., (2004). Industry-specific cycles and companies' financial performance comparison using self-organizing maps, *Benchmarking: An International Journal*, Vol. 11 Issue: 3, pp.267-286.
- Leão, R.R.C.C., Hamacher, S. , Oliveira, F., (2011). Optimization of biodiesel supply chains based on small farmers: A case study in Brazil.
- Li, Q., Hu, G., (2014). Supply chain design under uncertainty for advanced biofuel production based on bio-oil gasification.
- Lieberman, E.R., (1991). Soviet Multi-objective mathematical programming methods: an overview, *Management Science* 37(9): 1147-1165.
- Lin, L., Z. Cunshan, S. Vittayapadung, S. Xiangqian ve D.Mingdon. 2011. “Opportunities and Challenges for Biodiesel Fuel,” *Applied Energy* 88(4): 1020-1031.
- Liu, Z., Qiu, T., Chen, B., (2014). A study of the LCA based biofuel supply chain multi-objective optimization model with multi-conversion paths in China.
- MacQueen, J. B., (1967). Some Methods for classification and Analysis of Multivariate Observations. *Proceedings of 5-th Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*. 281–297.
- Marufuzzaman, M., Eksioğlu, S. D., Huang, Y. E., (2014). Two-stage stochastic programming supply chain model for biodiesel production via wastewater treatment.
- Masin, M., Bukchin, Y. 2008. “Diversity Maximization Approach for Multiobjective Optimization,” *Operations Research*, vol. 56 (2), p. 411-424.
- Meyer, A., Cattrysse, D., Orshoven, J.V., (2015). A generic mathematical model to optimise strategic and tactical decisions in biomass-based supply chains(OPTIMASS).
- Miettinen, K., Eskelinen, P., Ruiz, F., Luque, M. 2010.“NAUTILUS Method: An Interactive Technique in Multi- Objective Optimization Based on the Nadir Point,” *European Journal of Operational Research*, vol. 206 (2), p. 426-434.
- Mohseni, S., Pishvae, M. S., (2016). A robust programming approach towards design and optimization of microalgae-based biofuel supply chain.
- Mohseni, S., Pishvae, M.S., Sahebi, H., Robust design and planning of microalgae biomass-to-biodiesel supply chain: A case study in Iran.
- Moncada, J.A., Lukszo, Z., Junginger, M., Faaij, A., Weijnen, M., (2016). A conceptual framework for the analysis of the effect of institutions on biofuel supply chains.

- Mostafa, M. M., (2009). Shades of green: A psychographic segmentation of the green consumer in Kuwait using self-organizing maps.
- Najmi, A., Shakouri, G. H., Nazari, S., (2016). An integrated supply chain: A large scale complementarity model for the biofuel markets.
- Nemhauser G. L., ve Wolsey L. A., 1988. Integer and combinatorial optimization, John Wiley and Son Inc., New York, NY.
- NREL, (2009), "Innovation for Our Energy Future", Biodiesel Handling and Use Guide, NREL/TP-540-43672 Revised, USA.
- Ögüt, H. ve Oguz, H., 2005. Üçüncü Milenyum Yakıtı Biyodizel, Nobel Yayınevi Ltd. Sti.
- Oğuzlar, A., (2005). Kümeleme Analizinde Yeni Bir Yaklaşım: Kendini Düzenleyen Haritalar (Kohonen Ağları). İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi. 19(2).
- Oil As An Alternative Fuel, Tickell Energy Consulting, USA.
- Özçalıcı, M., (2016). Clustering Stocks with Self-Organizing Maps: An application on Stocks Listed in BIST50 Index. Istanbul University Journal of the School of Business.45.22–33.
- Paksoy T., (2005). Tedarik Zinciri Yönetiminde Dağıtım Ağlarının Tasarımı Ve Optimizasyonu: Malzeme İhtiyaç Kısıtı Altında Stratejik Bir Üretim-Dağıtım Modeli.
- Pasandideh, S.H. R., Niaki, S. T. A., Asadi, K., (2014). Bi-objective optimization of a multi-product multi-period three-echelon supply chain problem under uncertain environments: NSGA-II and NPGA.
- Poulton, M.L., 1994. Alternative Fuels for Road Vehicles. Computational Mechanics Publications, Southampton.
- Ren, J., Dong, L., Sun, L., Goodsite, M. E., Tan, S., Dong, L., (2015). Life cycle cost optimization of biofuel supply chains under uncertainties based on interval linear programming.
- Rincón, L. E., Valencia, M. J., Hernández, V., Matallana, L. G, Cardona, C. A., (2014). Optimization of the Colombian biodiesel supply chain from oil palm crop based on techno-economical and environmental criteria.
- Saraee, M., Moosavi, S. V., Rezapour, S., (2011). Application of Self Organizing Map (SOM) to model a machining process, Journal of Manufacturing Technology Management, Vol. 22 Issue: 6, pp.818-830.
- Schmidhuber, J. 2008. "Impact of an Increased Biomass Use on Agricultural Markets, Prices and Food Security: A Long Term Perspective," Proceedings from the Conference Energy Security in Europe, Lund, 2008, 133-170.
- Schumacher, L.G., (1997), 6V-92TA DDC Engine Exhaust Emission Tests Using Metyili Ester, National SoyDiesel Development Board, USA.
- Schumacher, L.G., 1997. 6V-92TA DDC Engine exhaust emission tests using metli ester, National SoyDiesel Development Board, U.S.A
- Schwardt, M., Dethloff, J., (2005). Solving a continuous location-routing problem by use of a self-organizing map, International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Vol. 35 Issue: 6, pp.390-408.
- Sentürk, T., 2006-2011 Yaglı Tohumlu Bitkiler Üretim Hedefleri ve Destekleme Politikaları// Ulusal Biyodizel Sunuştaşı, Ankara, 2 Aralık
- Sipahioğlu, A., Saraç, T. 2010. "Çok Amaçlı Sırt Çantası Probleminin Çözümüne Yeni Bir Yaklaşım: Konik Skalerleştirme," Endüstri Mühendisliği Dergisi, sayı 21 (4) s. 2-12.

- Steiner, S., Radzik, T. 2008. "Computing all Efficient Solutions of the Biobjective Minimum Spanning Tree Problem," *Computers & Operations Research*, vol. 35 (1), p. 198-211.
- Steuer, R. E. 1986. *Multiple Criteria Optimization: Theory, Computation, and Application*, John Wiley & Sons, Inc., New York, NY.
- Tickell, J., (2000), *From the Fryer to the Fuel Tank The Complete Guide To Using Vegetable*
- Ulungu, E. L., Teghem, J. 1995. "The Two-Phases Method: An Efficient Procedure to Solve Bi-Objective Combinatorial Optimization Problems," *Foundations of Computing and Decision Sciences*, vol. 20 (2), p. 149-165.
- Uysal B. Z., 2007. *Biyodizel Prosesi Yan Ürünü Gliserin. Biyoyakıtlar ve Biyoyakıt Teknolojileri Sempozyumu bildiriler kitabı içinde (177-226)*. Ankara: Gazi Üniversitesi.
- Visee, M., Teghem, J., Pirlot, M., Ulungu, E. L. 1998. "Two-Phases Method and Branch and Bound Procedures to Solve the Bi-Objective Knapsack Problem," *Journal of Global Optimization*, vol. 12, p.139-155.
- Yakıtlarına Göre Trafiğe Kayıtlı Motorlu Kara Taşıtı Sayısı, Türkiye İstatistik Kurumu, <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=24596> , Erişim Tarihi: 12 Mart 2018.
- Yaşar, B., (2009), "Alternatif Enerji Kaynağı Olarak Biyodizel Üretim ve Kullanım Olanaklarının Türkiye Tarımı ve AB Uyum Süreci Açısından Değerlendirilmesi", Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü, Adana.
- Zhang, F., Johnson, D., Johnson, M., Watkins, D., Froese, R., Wang, J., (2015). *Decision support system integrating GIS with simulation and optimisation for a biofuel supply chain*.
- Zilberman, D., G. Hochman, D. Rajagopal, S. Sexton ve G. Timilsina. 2012. "The Impact of Biofuels on Commodity Food Prices: Assesment of Findings," *American Journal of Agricultural Economics* 95(2):275-281.
- 2017 Petrol Piyasası Sektör Raporu, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-107/yillik-sektor-raporu> , Erişim Tarihi: 20 Nisan 2018.

EKLER

EK A. Matematiksel Modelin Gams Kodları

sets

f jcl yetistirme aday yerleri /canakkale, kirklareli, denizli, manisa, artvin, sinop, kirsehir, kayseri, erzurum, siirt/

i jcl toplama ve yağ çıkartma aday yerler /canakkale, denizli, artvin, kayseri, erzurum/

j biyorafineri için aday yerler /izmit, gaziantep, ankara, mersin, adana, bursa, izmir/

k biyodizel depolama ve dağıtım merkezleri için aday yerler /istanbul, kocaali, kirikkale, antalya, hatay, mersin/

n gliserin tüketici merkezleri /gliserin1, gliserin2/

l taşıma modu /firma1, firma2/

t zaman periyodu /1, 2, 3, 4/

p bitki çeşidi /jatropha, kanola/

;

*** jatropha =1 kanola=2 **

parameters

alfa(p) jcl yi jcl yağına dönüştürme faktörü

/

jatropha 0.35

kanola 0.45

/

beta(p) jcl yağının biyodizele dönüştürme faktörü

/

jatropha 0.83

kanola 0.80 /

parameters

VCJ(f) jcl yetiştirmenin hektar başına değişen maliyeti

/

canakkale 90000

kirklareli 39000

denizli 57000

manisa 39000

artvin 90000

sinop 63000
kirsehir 63000
kayseri 66000
erzurum 87000
siirt 51000

/
;

table

LA(f,t) f konumunda jcl yetiştiriciliği için ayrılmış minimum arazi(hektar)

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------|----------|----------|----------|----------|
| canakkale | 20715.1 | 21917.4 | 20684.7 | 19035.3 |
| kirklareli | 3870.7 | 2258 | 1830.6 | 1748.1 |
| denizli | 20701.1 | 16692 | 15831.3 | 19566.4 |
| manisa | 11979.7 | 11675.3 | 11555.7 | 11863.4 |
| artvin | 6457.9 | 5476.6 | 6388 | 5200.7 |
| sinop | 32751.6 | 34766.6 | 30256.4 | 27909.8 |
| kirsehir | 152377.1 | 123552.5 | 156474.6 | 159146.2 |
| kayseri | 216197.4 | 210438.7 | 203794.5 | 194199.6 |
| erzurum | 100848.5 | 108673.9 | 105178.4 | 107089.1 |
| siirt | 821.9 | 1485.4 | 9225.1 | 11533.2 |

;

table

UA(f,t) f konumunda jcl yetiştiriciliği için ayrılmış maksimum arazi

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------|----------|----------|----------|----------|
| Çanakkale | 184609.1 | 188730.6 | 192464.1 | 196014.8 |
| Kirklareli | 202923.6 | 220172.3 | 219324.6 | 230611.3 |
| denizli | 251123.9 | 254281.2 | 251664.1 | 239998.7 |
| manisa | 262815.9 | 256255.4 | 245066.6 | 241899.2 |
| artvin | 7686.1 | 7846.3 | 5631.5 | 5516.2 |
| sinop | 54315.1 | 51037 | 46370.8 | 45102.1 |
| kirsehir | 225982.8 | 236384.8 | 229457.2 | 232955.3 |
| kayseri | 346626.4 | 345268.2 | 343915.1 | 350608.6 |
| erzurum | 255307.4 | 247724.1 | 240064.1 | 236887.3 |
| siirt | 57050.9 | 52557.3 | 51745.1 | 51659.2 |

;

table

LC(i,t) i bölgesinde jcl nin toplama ve yağ çıkartma merkezi için tahsis edilen kapasite alt sınırı (ton)

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| canakkale | 1397150.003 | 1613578.395 | 1751203.644 | 1895507.454 |
| denizli | 2690545.508 | 3107329.989 | 3372360.225 | 3650251.623 |
| artvin | 452571.9269 | 522678.5112 | 567258.7811 | 614002.4042 |
| kayseri | 3634776.206 | 4197828.682 | 4555869.68 | 4931285.385 |
| erzurum | 2052051.213 | 2369928.423 | 2572064.241 | 2784009.134 |

;

table

UC(i,t) i bölgesinde jcl nin toplama ve yağ çıkartma merkezi için tahsis edilen kapasite üst sınırı (ton)

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| canakkale | 1427150.003 | 1643578.395 | 1781203.644 | 1925507.454 |
| denizli | 2720545.508 | 3137329.989 | 3402360.225 | 3680251.623 |
| artvin | 482571.9269 | 552678.5112 | 597258.7811 | 644002.4042 |
| kayseri | 3664776.206 | 4227828.682 | 4585869.68 | 4961285.385 |
| erzurum | 2082051.213 | 2399928.423 | 2602064.241 | 2814009.134 |

;

table

LB(j,t) j bölgesindeki biyorafineri merkezinin kapasite alt sınırı

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| izmit | 390844.1587 | 451388.6762 | 489888.497 | 530256.6042 |
| gaziantep | 945676.8444 | 1092168.859 | 1185322.072 | 1282995.744 |
| ankara | 511276.349 | 590476.6624 | 640839.5688 | 693646.4434 |
| mersin | 347785.0425 | 401659.3992 | 435917.7129 | 471838.4848 |
| adana | 313867.1491 | 362487.3847 | 393404.6409 | 425822.2233 |
| bursa | 748291.8969 | 864207.5907 | 937917.542 | 1015204.427 |
| izmir | 321741.7594 | 371581.8277 | 403274.7667 | 436505.6735 |

;

table

UB(j,t) j bölgesindeki biyorafineri merkezinin kapasite üst sınırı

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-------|--------|--------|--------|--------|
| izmit | 420844 | 481389 | 519888 | 560257 |

| | | | | |
|-----------|--------|---------|---------|---------|
| gaziantep | 975677 | 1122169 | 1215322 | 1312996 |
| ankara | 541276 | 620477 | 670840 | 723646 |
| mersin | 377785 | 431659 | 465918 | 501838 |
| adana | 343867 | 392487 | 423405 | 455822 |
| bursa | 778292 | 894208 | 967918 | 1045204 |
| izmir | 351742 | 401582 | 433275 | 466506 |

;

table

LS(k,t) k bölgesindeki depolama ve dağıtım merkezlerinin kapasite alt sınırı

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----------|---------|---------|-------------|-------------|
| istanbul | 365596 | 422445 | 458552.6727 | 496412.0883 |
| kocaeli | 245628 | 283822 | 308080.976 | 333517.0195 |
| kirikkale | 279650 | 323135 | 350754.0693 | 379713.325 |
| antalya | 2338324 | 2701925 | 2932863.699 | 3175009.285 |
| hatay | 286667 | 331242 | 359554.1353 | 389239.9495 |
| mersin | 43618 | 50401 | 54708.44759 | 59225.33295 |

;

table

US(k,t) k bölgesindeki depolama ve dağıtım merkezlerinin kapasite üst sınırı

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----------|---------|---------|---------|---------|
| istanbul | 395596 | 452445 | 488553 | 526412 |
| kocaeli | 275628 | 313822 | 338081 | 363517 |
| kirikkale | 309650 | 353135 | 380754 | 409713 |
| antalya | 2368324 | 2731925 | 2962864 | 3205009 |
| hatay | 316667 | 361242 | 389554 | 419240 |
| mersin | 73618 | 80401 | 84708 | 89225 |

;

table

LSN(n,t) n konumundaki biyodizel dağıtım merkezinin kapasite alt sınırı

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----------|-------|-------|-------|-------|
| gliserin1 | 10000 | 10500 | 11025 | 11576 |
| gliserin2 | 10000 | 10500 | 11025 | 11576 |

;

table

USN(n,t) n konumundaki biyodizel dagitim merkezinin kapasite ust siniri

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----------|-------|-------|-------|-------|
| gliserin1 | 25000 | 25500 | 26025 | 26576 |
| gliserin2 | 25000 | 25500 | 26025 | 26576 |

;

table

DBio(k,t) t periyodunda k dagitim merkezindeki biyodizel talebi

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----------|---------|---------|---------|---------|
| istanbul | 2338324 | 2701925 | 2932863 | 3175009 |
| kocaeli | 286667 | 331242 | 359554 | 389239 |
| kirikkale | 43618 | 50401 | 54708 | 59225 |
| antalya | 365596 | 422445 | 458552 | 496412 |
| hatay | 245628 | 283822 | 308080 | 333517 |
| mersin | 279650 | 323135 | 350754 | 379713 |

;

table

DGLi(n,t) t periyodunda n müşteri merkezindeki gliserinin talebi

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----------|--------|-------|-------|-------|
| gliserin1 | 10.000 | 10500 | 11025 | 11576 |
| gliserin2 | 10.000 | 10500 | 11025 | 11576 |

;

table

verim(f,p,t) t periyodunda f bölgesindeki jcl tarlalarının verimi

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--------------------|-------|-------|--------|--------|
| canakkale.jatropa | 1.215 | 6.076 | 24.304 | 48.609 |
| canakkale.kanola | 1.215 | 6.076 | 24.304 | 48.609 |
| kirklareli.jatropa | 0.441 | 2.205 | 8.821 | 17.642 |
| kirklareli.kanola | 0.441 | 2.205 | 8.821 | 17.642 |
| denizli.jatropa | 1.156 | 5.781 | 23.124 | 46.248 |
| denizli.kanola | 1.156 | 5.781 | 23.124 | 46.248 |
| manisa.jatropa | 1.260 | 6.302 | 25.209 | 50.41 |
| manisa.kanola | 1.260 | 6.302 | 25.209 | 50.41 |
| artvin.jatropa | 0.212 | 1.060 | 4.24 | 8.481 |
| artvin.kanola | 0.212 | 1.060 | 4.24 | 8.481 |
| sinop.jatropa | 1.627 | 8.135 | 32.54 | 65.08 |
| sinop.kanola | 1.627 | 8.135 | 32.54 | 65.08 |
| kirsehir.jatropa | 0.429 | 2.146 | 8.586 | 17.17 |

| | | | | |
|-----------------|-------|-------|--------|--------|
| kirsehir.kanola | 0.429 | 2.146 | 8.586 | 17.17 |
| kayseri.jatropa | 1.702 | 8.514 | 34.05 | 68.11 |
| kayseri.kanola | 1.702 | 8.514 | 34.05 | 68.11 |
| erzurum.jatropa | 0.514 | 2.572 | 10.288 | 20.57 |
| erzurum.kanola | 0.514 | 2.572 | 10.288 | 20.57 |
| siirt.jatropa | 0.405 | 2.027 | 8.11 | 16.221 |
| siirt.kanola | 0.405 | 2.027 | 8.11 | 16.221 |

;

table

FCJ(f,t) t periyodunda f bölgesindeki jcl yetiştirmenin sabit maliyeti

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------|---------|----------|----------|----------|
| canakkale | 5400000 | 6300000 | 7200000 | 8100000 |
| kirklareli | 9000000 | 10500000 | 12000000 | 13500000 |
| denizli | 3900000 | 4500000 | 5100000 | 5700000 |
| manisa | 7200000 | 8100000 | 9000000 | 9900000 |
| artvin | 9000000 | 10500000 | 12000000 | 13500000 |
| sinop | 5100000 | 6000000 | 6900000 | 7800000 |
| kirsehir | 4200000 | 5100000 | 6000000 | 6900000 |
| kayseri | 6300000 | 7200000 | 8100000 | 9000000 |
| erzurum | 4800000 | 5700000 | 6600000 | 7500000 |
| siirt | 5100000 | 6000000 | 6900000 | 7800000 |

;

table

FCC(i,t) t periyodunda i bölgesindeki jcl çekirdekleri için yağ çıkartma merkezi açmanın sabit maliyeti

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----------|--------|---------|---------|---------|
| canakkale | 960000 | 1056000 | 1161600 | 1277760 |
| denizli | 475000 | 522500 | 574750 | 632225 |
| artvin | 250000 | 275000 | 302500 | 332750 |
| kayseri | 770000 | 847000 | 931700 | 1024870 |
| erzurum | 395000 | 434500 | 477950 | 525745 |

;

table

FCB(j,t) t periyodunda j merkezinde biyorafineri açmanın sabit maliyeti

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|---|---|---|---|
|--|---|---|---|---|

| | | | | |
|-----------|--------|--------|----------|-----------|
| izmit | 674250 | 741675 | 815842.5 | 897426.75 |
| gaziantep | 674250 | 741675 | 815842.5 | 897426.75 |
| ankara | 674250 | 741675 | 815842.5 | 897426.75 |
| mersin | 674250 | 741675 | 815842.5 | 897426.75 |
| adana | 674250 | 741675 | 815842.5 | 897426.75 |
| bursa | 674250 | 741675 | 815842.5 | 897426.75 |
| izmir | 674250 | 741675 | 815842.5 | 897426.75 |

;

table

FCS(k,t) t periyodunda k merkezinde dağıtım merkezi açmanın sabit maliyeti

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----------|---------|---------|---------|---------|
| istanbul | 340000 | 374000 | 411400 | 452540 |
| kocaeli | 750000 | 825000 | 907500 | 998250 |
| kirikkale | 795000 | 874500 | 961950 | 1058145 |
| antalya | 405000 | 445500 | 490050 | 539055 |
| hatay | 450000 | 495000 | 544500 | 598950 |
| mersin | 1000000 | 1100000 | 1210000 | 1331000 |

;

table

VCC(i,t) t periyodunda i bölgesindeki jcl yağ çıkartma merkezi için birim kapasite başına değişken maliyet

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----------|-------|--------|--------|--------|
| canakkale | 96000 | 120000 | 144000 | 168000 |
| denizli | 47500 | 59375 | 71250 | 83125 |
| artvin | 25000 | 31250 | 37500 | 43750 |
| kayseri | 77000 | 96250 | 115500 | 134750 |
| erzurum | 39500 | 49375 | 59250 | 69125 |

;

table

VCB(j,t) t periyodunda j merkezindeki biyorafineri için birim kapasite başına değişen maliyet

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----------|--------|----------|--------|----------|
| izmit | 348749 | 435937.4 | 523124 | 610312.4 |
| gaziantep | 348750 | 435937.5 | 523125 | 610312.5 |
| ankara | 348751 | 435937.6 | 523126 | 610312.6 |
| mersin | 348752 | 435937.7 | 523127 | 610312.7 |

| | | | | |
|-------|--------|-----------|--------|-----------|
| adana | 348753 | 435937.8 | 523128 | 610312.8 |
| bursa | 348754 | 435937.9 | 523129 | 610312.9 |
| izmir | 348755 | 435937.10 | 523130 | 610312.10 |

;

table

VCS(k,t) t periyodunda k merkezindeki dağıtım merkezindeki birim kapasite başına değişken maliyet

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----------|--------|--------|--------|----------|
| istanbul | 88400 | 97240 | 106964 | 117660.4 |
| kocaeli | 195000 | 214500 | 235950 | 259545 |
| kirikkale | 206700 | 227370 | 250107 | 275117.7 |
| antalya | 105300 | 115830 | 127413 | 140154.3 |
| hatay | 117000 | 128700 | 141570 | 155657 |
| mersin | 260000 | 286000 | 314600 | 346060 |

;

table

PCJ(f,t) t periyodunda f lokasyonundaki jcl çekirdeklerinin birim üretim maliyeti

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------|--------|---------|---------|---------|
| canakkale | 1131.4 | 1187.97 | 1247.36 | 1309.72 |
| kirklareli | 1131.4 | 1187.97 | 1247.36 | 1309.72 |
| denizli | 1131.4 | 1187.97 | 1247.36 | 1309.72 |
| manisa | 1131.4 | 1187.97 | 1247.36 | 1309.72 |
| artvin | 1131.4 | 1187.97 | 1247.36 | 1309.72 |
| sinop | 1131.4 | 1187.97 | 1247.36 | 1309.72 |
| kirsehir | 1131.4 | 1187.97 | 1247.36 | 1309.72 |
| kayseri | 1131.4 | 1187.97 | 1247.36 | 1309.72 |
| erzurum | 1131.4 | 1187.97 | 1247.36 | 1309.72 |
| siirt | 1131.4 | 1187.97 | 1247.36 | 1309.72 |

;

table

PCB(j,t) t periyodunda j merkezindeki biyorafineri için biyodizel üretim maliyeti

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----------|---------|----------|----------|----------|
| izmit | 323.487 | 355.8357 | 391.4193 | 430.5612 |
| gaziantep | 323.487 | 355.8357 | 391.4193 | 430.5612 |

| | | | | |
|--------|---------|----------|----------|----------|
| ankara | 323.487 | 355.8357 | 391.4193 | 430.5612 |
| mersin | 323.487 | 355.8357 | 391.4193 | 430.5612 |
| adana | 323.487 | 355.8357 | 391.4193 | 430.5612 |
| bursa | 323.487 | 355.8357 | 391.4193 | 430.5612 |
| izmir | 323.487 | 355.8357 | 391.4193 | 430.5612 |

;

table

PCG(j,t) t periyodunda j merkezindeki biyografineri için gliserin üretim maliyeti

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----------|-------|-------|-------|-------|
| izmit | 29.07 | 31.98 | 35.18 | 38.69 |
| gaziantep | 29.07 | 31.98 | 35.18 | 38.69 |
| ankara | 29.07 | 31.98 | 35.18 | 38.69 |
| mersin | 29.07 | 31.98 | 35.18 | 38.69 |
| adana | 29.07 | 31.98 | 35.18 | 38.69 |
| bursa | 29.07 | 31.98 | 35.18 | 38.69 |
| izmir | 29.07 | 31.98 | 35.18 | 38.69 |

;

table

PCO(i,t) t periyodunda i merkezindeki jcl tohumlarının yağ çıkartma merkezi için birim yağ çıkartma maliyeti

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----------|----------|----------|----------|----------|
| canakkale | 1855.179 | 2040.697 | 2244.766 | 2469.243 |
| denizli | 1855.179 | 2040.697 | 2244.766 | 2469.243 |
| artvin | 1855.179 | 2040.697 | 2244.766 | 2469.243 |
| kayseri | 1855.179 | 2040.697 | 2244.766 | 2469.243 |
| erzurum | 1855.179 | 2040.697 | 2244.766 | 2469.243 |

;

table

DisJT(f,i) f yetiştirme bölgesiyle i yağ çıkartma merkezi arasındaki mesafe

| | canakkale | denizli | artvin | kayseri | erzurum |
|------------|-----------|---------|--------|---------|---------|
| canakkale | 50 | 485 | 1585 | 961 | 1511 |
| kirklareli | 233 | 710 | 1513 | 986 | 1439 |
| denizli | 485 | 50 | 1463 | 708 | 1338 |
| manisa | 331 | 208 | 1551 | 832 | 1446 |
| artvin | 1585 | 1463 | 50 | 850 | 226 |

| | | | | | |
|----------|------|------|-----|-----|-----|
| sinop | 966 | 899 | 722 | 550 | 716 |
| kirsehir | 826 | 646 | 951 | 135 | 763 |
| kayseri | 961 | 708 | 850 | 50 | 632 |
| erzurum | 1511 | 1338 | 226 | 632 | 50 |
| siirt | 1733 | 1467 | 659 | 772 | 446 |

;

table

DisOT(i,j) i jcl yağ çıkartma merkezi ile j biyorafineri arasındaki mesafe

| | | | | | | | |
|-----------|-------|-----------|--------|--------|-------|-------|-------|
| | izmit | gaziantep | ankara | mersin | adana | bursa | izmir |
| canakkale | 399 | 1301 | 655 | 1092 | 1099 | 271 | 328 |
| denizli | 528 | 971 | 475 | 697 | 759 | 438 | 224 |
| artvin | 1191 | 863 | 980 | 1105 | 1036 | 1314 | 1567 |
| kayseri | 664 | 340 | 319 | 325 | 332 | 690 | 848 |
| erzurum | 1117 | 637 | 875 | 879 | 810 | 1240 | 1462 |

;

table

DisBT(j,k) j biyorafineri ile k dağıtım merkezi arasındaki mesafe

| | | | | | | |
|-----------|----------|---------|-----------|---------|-------|--------|
| | istanbul | kocaeli | kirikkale | antalya | hatay | mersin |
| izmit | 111 | 50 | 420 | 607 | 1026 | 828 |
| gaziantep | 1115 | 1004 | 588 | 758 | 194 | 281 |
| ankara | 453 | 342 | 75 | 544 | 680 | 482 |
| mersin | 939 | 828 | 466 | 477 | 260 | 50 |
| adana | 946 | 835 | 473 | 546 | 191 | 69 |
| bursa | 243 | 132 | 467 | 541 | 1029 | 831 |
| izmir | 564 | 453 | 662 | 444 | 1090 | 892 |

;

table

DisGT(j,n) j biyorafineri ile müşteri merkezi n arasındaki mesafe

| | | |
|-----------|-----------|-----------|
| | gliserin1 | gliserin2 |
| izmit | 50 | 75 |
| gaziantep | 1054 | 1079 |
| ankara | 392 | 417 |
| mersin | 878 | 903 |
| adana | 885 | 910 |
| bursa | 182 | 207 |
| izmir | 503 | 528 |

;

table

JCT(l,t) t periyodunda l taşıma moduyla taşıma maliyeti

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--------|------|--------|--------|--------|
| firma1 | 0.55 | 0.5775 | 0.6064 | 0.6367 |
| firma2 | 0.43 | 0.4515 | 0.4740 | 0.4977 |

;

table

OCT(l,t) t periyodunda l taşıma moduyla taşıma maliyeti

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--------|------|--------|--------|--------|
| firma1 | 0.55 | 0.5775 | 0.6064 | 0.6367 |
| firma2 | 0.43 | 0.4515 | 0.4740 | 0.4977 |

;

table

BCT(l,t) t periyodunda l taşıma moduyla taşıma maliyeti

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--------|------|--------|--------|--------|
| firma1 | 0.55 | 0.5775 | 0.6064 | 0.6367 |
| firma2 | 0.43 | 0.4515 | 0.4740 | 0.4977 |

;

table

GCT(l,t) t periyodunda l taşıma moduyla taşıma maliyeti

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--------|------|--------|--------|--------|
| firma1 | 0.55 | 0.5775 | 0.6064 | 0.6367 |
| firma2 | 0.43 | 0.4515 | 0.4740 | 0.4977 |

;

***çevresel parametreler**

parameters

CEV(i) i konumunda 1 ton kapasiteli toplama ve on işleme merkezi kurulumuyla çevreye salınan CO2nin etkisi

/

canakkale 2759.99

denizli 2800.82

artvin 2750.12

kayseri 2550.35

erzurum 2250.15

/

CBio(j) j konumunda 1 ton kapasiteli biyorafineri kurulumuyla aciga cikan CO2nin zararli etkisi

/

| | |
|-----------|---------|
| izmit | 1853.33 |
| gaziantep | 1725.21 |
| ankara | 1700.25 |
| mersin | 1890.52 |
| adana | 1850.99 |
| bursa | 1950.20 |
| izmir | 1850.11 |

/

Cew(k) k konumundaki 1 ton kapasiteli biyodizel dagitim merkezinin kurulumuyla aciga cikan CO2nin etkisi

/

| | |
|-----------|-------|
| istanbul | 23.99 |
| kocaeli | 28.78 |
| kirikkale | 20.49 |
| antalya | 18.78 |
| hatay | 22.78 |
| mersin | 20.49 |

/

CEI(i) i konumundaki toplama ve on isleme merkezinin 1 ton yag uretmesiyle aciga cikan CO2nin etkisi

/

| | |
|-----------|------|
| Çanakkale | 1940 |
| denizli | 2020 |
| artvin | 1850 |
| kayseri | 1950 |
| erzurum | 1750 |

/

CEVB(j) j konumundaki biyorafineride biyodizel stogu tutulmasiyla aciga cikan CO2 etkisi

/

| | |
|-----------|-----|
| izmit | 650 |
| gaziantep | 630 |

ankara 700
mersin 645
adana 550
bursa 780
izmir 800
/

CEVG(j) j konumundaki biyorafineride gliserin stogu tutulmasıyla aciga cikan CO2 etkisi

/
izmit 650
gaziantep 352
ankara 485
mersin 558
adana 631
bursa 890
izmir 750

/
CET(l) l taşıma moduyla 1 ton JCL tasimanin km basina aciga cikardigi CO2 etkisi

/
firma1 0.918
firma2 1.091

/

;

*****çevresel tablolar*****

table

CE(f,p) f konumundaki JCL tarlalarına 1 ton p tohumu ekmenin cevreye saldigi CO2nin zararlı etkisi

| | jatropa | kanola |
|------------|---------|--------|
| canakkale | 1154 | 1200 |
| kirklareli | 1250 | 1100 |
| denizli | 1150 | 1200 |
| manisa | 1200 | 1100 |
| artvin | 950 | 1272 |
| sinop | 1000 | 1150 |
| kirsehir | 1154 | 1154 |
| kayseri | 750 | 850 |
| erzurum | 1120 | 1130 |
| siirt | 1100 | 1120 |

;

*** sosyal tables****

table

GOCF(f,t) f bölgesinden t döneminde göç eden birey sayısı

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------|--------|--------|--------|--------|
| canakkale | 51179 | 51334 | 51979 | 53042 |
| kirklareli | 34372 | 34697 | 35168 | 35605 |
| denizli | 97870 | 99344 | 100569 | 101874 |
| manisa | 136791 | 138037 | 139695 | 141304 |
| artvin | 16967 | 16837 | 16807 | 16614 |
| sinop | 20453 | 20413 | 20548 | 20743 |
| kirsehir | 22271 | 22556 | 22998 | 23453 |
| kayseri | 132238 | 134106 | 135898 | 137672 |
| erzurum | 76332 | 76232 | 76202 | 76048 |
| siirt | 136791 | 138037 | 139695 | 141304 |

;

table

GOCI(i,t) i bölgesinden t döneminde göç eden birey sayısı

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----------|--------|--------|--------|--------|
| canakkale | 51179 | 51334 | 51979 | 53041 |
| denizli | 97870 | 99344 | 100568 | 101873 |
| artvin | 16967 | 16837 | 16806 | 16614 |
| kayseri | 132237 | 134105 | 135898 | 137672 |
| erzurum | 76332 | 76232 | 76202 | 76047 |

;

table

GOCJ(j,t) j bölgesinden t döneminde göç eden birey sayısı

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----------|--------|--------|--------|--------|
| izmit | 172279 | 178005 | 183077 | 188327 |
| gaziantep | 188946 | 193183 | 197424 | 200551 |
| ankara | 515007 | 527057 | 534651 | 544502 |
| mersin | 172725 | 174522 | 177385 | 179393 |
| adana | 216559 | 218316 | 220167 | 221647 |
| bursa | 278753 | 284254 | 290139 | 293680 |
| izmir | 411307 | 416841 | 422354 | 427967 |

;

table

GOCK(k,t) j bölgesinden t döneminde göç eden birey sayısı

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----------|---------|---------|---------|---------|
| istanbul | 1437701 | 1465743 | 1480411 | 1502923 |
| kocaeli | 172279 | 178005 | 183077 | 188327 |
| kirikkale | 27109 | 27027 | 27798 | 27874 |
| antalya | 222256 | 228845 | 232855 | 236439 |
| hatay | 151983 | 153350 | 155516 | 157522 |
| mersin | 172725 | 174522 | 177385 | 179393 |

;

scalars

Minx JCL ekim merkezi için seçilebilecek maksimum alan sayısı /1/

Minu jcl tohumlarının toplama ve yağ çıkartma merkezi açmak için maksimum alan sayısı /1/

Minv biyorafineri açmak için seçilebilecek maksimum yer sayısı /1/

Minw biyodizel depolama ve dağıtım merkezi açmak için seçilebilecek maksimum alan sayısı /1/

;

Binary variables

$x(f,p,t)$ f lokasyonu JCL yetiştirmek merkezi açma kararı

$u(i,t)$ i lokasyonu JCL verimi için toplama ve yağ çıkartma merkezi açma kararı

$v(j,t)$ j lokasyonu biyorafineri açmak için seçilme kararı

$w(k,t)$ k lokasyonu depolama ve dağıtım merkezi için seçilme kararı

;

positive Variables

$QJK(j,p,l,k,t)$ t periyodunda l taşıma moduyla p bitkisinin biyorafineri j den toplama ve dağıtım merkezi k ya taşınan biyodizel miktarı

$QJM(j,p,l,n,t)$ t periyodunda l taşıma moduyla p bitkisinin biyorafineri j den müşteri merkezi n ye taşınan gliserin miktarı

$QFI(f,p,l,i,t)$ t periyodunda l taşıma moduyla p bitkisinin yetiştirme merkezi f den toplama ve yağ çıkartma merkezi i ye taşınan jcl miktarı

$QIJ(i,p,l,j,t)$ t periyodunda l taşıma moduyla p bitkisinin toplama ve yağ çıkartma merkezi i den biyorafineri j ye taşınan jcl miktarı

$QJN(j,p,l,n,t)$ t periyodunda l taşıma moduyla p bitkisinin biyorafineri j de gliserin merkezi n ye taşınan miktarı

;
variable
z1 toplam maliyet
*z2 çevresel etki
*z3 sosyal amac;

Equations

obj amac fonksiyonu
*obj2 çevre fonksiyonu
*obj3 sosyal amac fonksiyonu
kisit1(f,p,t) ekili alanda üretilen jcl tohumlarının miktarı
kisit2(i,p,t) her periyotta ilgili tesisten jcl yağı
kisit3(j,p,t) her periyotta biyorafineride biyodizel talebi
kisit4(j,p,t) her periyotta biyorafinerideki gliserinin talebi
kisit5(i,t) f merkezinde açılacak max tesis sayısı
kisit6(k,j,t) i merkezinde açılacak max tesis sayısı
kisit7(k,t) j merkezinde açılacak max tesis sayısı
kisit8(n,t) k merkezinde açılacak max tesis sayısı
kisit9(t) jcl yetiştirme merkezinden jcl yağ çıkartma merkezine taşınabilecek kapasite
kisit10(t) jcl yağ çıkartma merkezinden biyorafineriye taşınabilecek kapasite
kisit11(t) biyorafineriden dağıtım merkezine taşınabilecek kapasite
kisit12(t) en az 1 tarla açmalı
kisit13(f,p) en az 1 tarla merkezi açmalı
kisit14(i) en az 1 yağ çıkartma merkezi açılmalı
kisit15(j) en az 1 biyorafineri açılmalı
kisit16(k) en az 1 dağıtım tesisi açılmalı
kisit17 çevresel amaç fonksiyonu için epsion1 kısıtı
kisit18 sosyal amaç fonksiyonu için epsion2 kısıtı
;

obj.. z1=e=sum((f,p,t),FCJ(f,t)*x(f,p,t))
+sum((i,t),FCC(i,t)*u(i,t))
+sum((k,t),FCS(k,t)*w(k,t))
+sum((j,t),FCB(j,t)*v(j,t))
+sum((f,p,l,i,t),JCT(l,t)*QFI(f,p,l,i,t)*DisJT(f,i))
+sum((i,p,l,j,t),OCT(l,t)*QIJ(i,p,l,j,t)*DisOT(i,j))
+sum((j,p,l,k,t),BCT(l,t)*QJK(j,p,l,k,t)*DisBT(j,k))
+sum((j,p,l,n,t),GCT(l,t)*QJM(j,p,l,n,t)*DisGT(j,n))

;

*obj2..

z2=e=sum((f,p,t),CE(f,p)*x(f,p,t)*UA(f,t)*1000)+sum((i,t),CEV(i)*u(i,t)*UC(i,t))
*+sum((j,t),CBio(j)*v(j,t)*UB(j,t))+sum((t,k),Cew(k)*w(k,t)*US(k,t))
*+sum((f,p,l,i,t),CET(l)*DISJT(f,i)*QFI(f,p,l,i,t))
*+sum((i,p,l,j,t),CET(l)*DISOT(i,j)*QIJ(i,p,l,j,t))
*+sum((j,p,l,k,t),CET(l)*DISBT(j,k)*QJK(j,p,l,k,t))
*+sum((j,p,l,n,t),CET(l)*DISGT(j,n)*QJN(j,p,l,n,t))
*;

*obj3.. z3=e= sum((f,p,t),(GOCF(f,t)-(x(f,p,t)*90)))+sum((i,t),(GOCl(i,t)-(u(i,t)*90)))
*+sum((j,t),(GOCJ(j,t)-(v(j,t)*90)))+sum((k,t),(GOCK(k,t)-(w(k,t)*90)))
*;

***** denge kısıtları

kisit1(f,p,t)..sum((l,i),QFI(f,p,l,i,t))=e=verim(f,p,t)*LA(f,t)*x(f,p,t);
kisit2(i,p,t)..alfa(p)*sum((f,l),QFI(f,p,l,i,t))=e=sum((l,j),QIJ(i,p,l,j,t));
kisit3(j,p,t)..beta(p)*sum((i,l),QIJ(i,p,l,j,t))=e= sum((l,k),QJK(j,p,l,k,t));
kisit4(j,p,t)..(1-beta(p))*sum((i,l),QIJ(i,p,l,j,t))=e= sum((l,n),QJN(j,p,l,n,t));

***** talep karşılama kısıtları (karşılanamayan kapasite eklenebilir)

*kisit1(k,t).. sum((j,l),QJK(j,l,k,t))=e=DBio(k,t) ;
*kisit2(n,t).. sum((j,l),QJM(j,l,n,t))=e=DGli(n,t) ;

***** kapasite kısıtları

kisit5(i,t).. sum((f,p,l),QFI(f,p,l,i,t))=l=UC(i,t)*u(i,t)*1000;
kisit6(k,j,t).. sum((i,p,l),QIJ(i,p,l,j,t))=l=UB(j,t)*v(j,t)*1000;
kisit7(k,t).. sum((j,p,l),QJK(j,p,l,k,t))=l=US(k,t)*w(k,t)*1000;
kisit8(n,t).. sum((j,p,l),QJM(j,p,l,n,t))=l=USN(n,t)*1000;

***** tesis sayısı

kisit9(t).. sum((f,p),x(f,p,t))=g=Minx;
kisit10(t).. sum((i), u(i,t))=g=Minu;
kisit11(t).. sum((j),v(j,t))=g=Minv;
kisit12(t).. sum((k), w(k,t))=g=Minw;

kisit13(f,p)..sum((t), x(f,p,t))=l=1 ;

```

kisit14(i).. sum((t), u(i,t))=l=1 ;
kisit15(j).. sum((t), v(j,t))=l=1 ;
kisit16(k).. sum((t), w(k,t))=l=1 ;

```

****2. amaç**

```

kisit17.. sum((f,p,t),CE(f,p)*x(f,p,t)*UA(f,t)*1000)+sum((i,t),CEV(i)*u(i,t)*UC(i,t))
+sum((j,t),CBio(j)*v(j,t)*UB(j,t))+sum((t,k),Cew(k)*w(k,t)*US(k,t))
+sum((f,p,l,i,t),CET(l)*DISJT(f,i)*QFI(f,p,l,i,t))
+sum((i,p,l,j,t),CET(l)*DISOT(i,j)*QIJ(i,p,l,j,t))
+sum((j,p,l,k,t),CET(l)*DISBT(j,k)*QJK(j,p,l,k,t))
+sum((j,p,l,n,t),CET(l)*DISGT(j,n)*QJN(j,p,l,n,t))=l= 1.57405E+11 *(1.05)
;

```

****3. amaç**

```

kisit18.. sum((f,p,t),(GOCF(f,t)-(x(f,p,t)* 90)))+sum((i,t),(GOCl(i,t)-(u(i,t)*90)))
+sum((j,t),(GOCJ(j,t)- v(j,t)*90)))+sum((k,t),(GOCK(k,t)-(w(k,t)*90)))=l= 2.439575E+7
*(1.05)
;

```

```

model biyodizel /all/;
solve biyodizel using mip minimizing z1;
option reslim=1000;
display z1.l,x.l,u.l,v.l,w.l,QFI.l,QIJ.l,QJK.l,QJN.l ;

```


EK B. Matematiksel Modelin Gams Çıktıları

F bölgesine ait matematiksel modelin karar verdiği tarla açılan bölgeler Çizelge B.1’de gösterilmiştir. Çizelge’de tarla açılan illerde tekrar farklı iki tohum çeşidinin de tarla açtığı görülmüştür. Matematiksel model birbirine yakın yağ yüzdesi olan tohumların ikisini de yetiştirmenin optimum çözüm olduğunu göstermektedir. Bunun nedeni Jatropha tohumunun ilk 4 yıl tutundurma eğtisinin olması ve taleplere yetecek verimliliğe ulaşması 4.yıldan itibaren başladığı için olduğu düşünülmektedir.

Çizelge EK B.1. f lokasyonundaki tarlalarda bitki yetiştirme merkezi açma kararları

| İl | Bitki Çeşidi | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--------|--------------|---|---|---|---|
| Artvin | Jatropha | | | | + |
| Artvin | Kanola | | | + | |
| Siirt | Jatropha | + | | | |
| Siirt | Kanola | | + | | |

İ bölgesine ait açılan toplama ve yağ çıkartma merkezleri çizelge B.2’de gösterilmektedir. Sonuçlar incelendiğinde dağınık bir tesis açma dağılımı görülüp, tarla merkezi olan bölgede toplama ve yağ çıkartma merkezi de açıldığı görülmektedir.

Çizelge EK B.2. i lokasyonu için toplama ve yağ çıkartma merkezi açma kararları

| İl | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---------|---|---|---|---|
| Denizli | | + | | |
| Artvin | | | | + |
| Kayseri | + | | | |
| Erzurum | | | + | |

J bölgelerine ait açılan biyorafineri merkez konumları çizelge B.3’te gösterilmektedir. Biyorafineri açılma dağılımı toplama ve yağ çıkartma merkezinde olduğu gibi tüm Türkiye’ye dağılım göstermektedir.

Çizelge EK B.3. j lokasyonu biyorafineri açma kararları

| İl | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----------|---|---|---|---|
| İzmit | | | | + |
| Gaziantep | | + | | |
| Ankara | + | | | |
| Adana | | | + | |

Son olarak K merkezlerinde açılan depolama ve dağıtım merkezlerinin konumları Çizelge B.4'de gösterildiği gibidir. Buradan yapılabilecek yorum ise daha çok birbirlerine yakın bölgelerde dağıtım merkezi konumları seçilmiştir.

Çizelge EK B.4. k lokasyonu depolama ve dağıtım merkez seçilme kararları

| İl | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------|---|---|---|---|
| İstanbul | | | | + |
| Kocaeli | + | | | |
| Antalya | | | + | |
| Hatay | | + | | |

Taşınan miktarlara ait sonuçlar ise aşağıda açıklandığı gibidir.

QFI t periyodunda l taşıma moduyla p bitkisinin yetiştirme merkezi f den toplama ve yağ çıkartma merkezi i ye taşınan bitki miktarı sonuçlarını incelersek;

1. Periyotta Siirt'ten 2. taşıma firması ile Kayseri'ye 332.870 ton tohum taşınmıştır.
2. Periyotta Siirt'ten 2. taşıma firması ile Denizli'ye 3010.906 ton tohum taşınmıştır.
3. Periyotta Artvin'den 2. taşıma firması ile Erzurum'a 27085.120 ton tohum taşınmıştır.
4. Periyotta Artvin'den 2. taşıma firması ile Artvin'e 44107.137 ton tohum taşınmıştır.

QII t periyodunda l taşıma moduyla p bitkisinin toplama ve yağ çıkartma merkezi i den biyorafineri j ye taşınan yağ miktar sonuçlarını incelersek;

1. Periyotta Kayseri'den 2. taşıma firması a ile Ankara'ya 116.504 ton yağ taşınmıştır.
2. Periyotta Denizli'den 2. taşıma firması ile Gaziantep'e 1354.908 ton yağ taşınmıştır.
3. Periyotta Erzurum'dan 2. taşıma firması ile Adana'ya 12188.304 ton yağ taşınmıştır.
4. Periyotta Artvin'den 2. taşıma firması ile İzmit'e 15437.498 ton yağ taşınmıştır.

QJK t periyodunda l taşıma moduyla p bitkisinin biyorafineri j den toplama ve dağıtım merkezi k ya taşınan biyodizel miktar sonuçlarını incelersek;

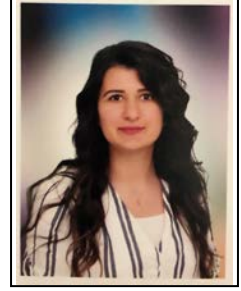
1. Periyotta Ankara'dan 2. taşıma firması ile Kocaeli'ne 96.699 ton biyodizel taşınmıştır.
2. Periyotta Gaziantep'ten 2. taşıma firması ile Hatay'a 1083.926 ton biyodizel taşınmıştır.
3. Periyotta Adana'dan 2. taşıma firması ile Antalya'ya 9750.643 ton biyodizel taşınmıştır.
4. Periyotta İzmit'ten 2. taşıma firması ile İstanbul'a 12813.123 ton biyodizel taşınmıştır.

QJN t periyodunda l taşıma moduyla p bitkisinin biyorafineri j de gliserin merkezi n ye taşınan miktarları incelersek;

1. Periyotta Ankara'dan 1. taşıma firması ile 1 numaralı gliserin merkezine 19.806 ton gliserin taşınmıştır.
2. Periyotta Gaziantep'ten 1. taşıma firması ile 1 numaralı gliserin merkezine 270.982 ton gliserin taşınmıştır.
3. Periyotta Adana'dan 1. taşıma firması ile 1 numaralı gliserin merkezine 2437.661 ton gliserin taşınmıştır.
4. Periyotta İzmit 1. taşıma firması ile 1 numaralı gliserin merkezine 2624.375 ton gliserin taşınmıştır.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Melike SIRAKAYA
Doğum Yeri ve Yılı : İstanbul 18/12/1993
Medeni Hali : (Bekar)
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : melikesirakaya93@gmail.com



Eğitim Durumu

Lise : Pendik Lisesi, 2011
Lisans : Yalova Üniversitesi, / Mühendislik Fakültesi, / Endüstri Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans : İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Yayınları

Sırakaya M., Ayvaz B. , Öztürk F., Biyodizel Yakıtlar İçin Çok Ürünlü Çok Periyotlu Tedarik Zinciri Ağ Tasarım Modelinin Geliştirilmesi, Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi, Kongre Bildiriler Kitabı s.128-135, Bursa 2018.