

**ÖNCE DAĞIT SONRA TOPLA MİLK-RUN PROBLEMİ VE BİR GERÇEK
HAYAT UYGULAMASI**

Elmedin ZUKOVİÇ

Yüksek lisans Tezi

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Nergiz KASIMBEYLI

Eskişehir

Eskişehir Teknik Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Ağustos 2020

ÖZET

ÖNCE DAĞIT SONRA TOPLA MILK-RUN PROBLEMİ VE BİR GERÇEK HAYAT UYGULAMASI

Elmedin ZUKOVIĆ

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Ağustos 2020

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Nergiz KASIMBEYLI

Gün geçtikçe artan dünya nüfusu ve buna bağlı oluşan talep artışı sonucunda işletmeler daha fazla ürün üretmek zorundadır. Daha fazla ürün üretmek için işletmeler ya yatırım yapmakta ya da mevcut süreçlerini iyileştirmektedir. Yatırım yapmak her işletme için ideal bir çözüm yolu olmadığı için mevcut süreçlerin iyileştirilmesi gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Aynı zamanda şirketler yalnızca kendi süreçlerini değil tedarikçilerinin ve müşterilerinin süreçlerini de iyileştirmek durumundadır. Yani tedarik zincirinin optimizasyonu, şirketlerin süreçlerinin iyileştirilmesi için gerekli olan bir durumdur. Tedarik zinciri içerisinde iyileştirilebilir en uygun süreç ise lojistikdir. Son zamanlarda yapılan çalışmalar da bunu desteklemektedir. Bu sebeple literatürde daha önce değinilmeyen Önce Dağıt Sonra Topla Milk-Run (ÖDSTM-R) problemi bu çalışmanın ana odak notası olmuştur.

Bu çalışma kapsamında, TDM-R problem için karışık tam-sayıli matematiksel model entegrasyonu ele alınmıştır. Oluşturulan model ve yöntem süt ürünleri üretimi ve dağıtımını yapan bir işletme üzerinde test edilmiştir. Sonuçlara bakıldığında, önerilen yöntemin mevcut duruma göre oldukça iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Anahtar Sözcükler: Milk-Run, Tedarik zinciri, Lojistik, Matematiksel model.

ABSTRACT

MILK-RUN PROBLEM WITH BACKHAULS AND A REAL LIFE CASE STUDY

Elmedin ZUKOVIĆ

Department of Industrial Engineering

Lütfen doldurunuz

Eskişehir Technical University, Institute of Graduate Programs, August 2020

Supervisor: Asst. Prof. Dr Nergiz KASIMBEYLI

As a result of the increasing world population and the increase in demand, businesses are forced to produce more products. In order to produce more products, enterprises either invest or improve their existing processes. Since investing is not an ideal solution for every business, the improvement of existing processes is becoming more and more important. At the same time, companies need to improve not only their own processes but also the processes of their suppliers and customers. In other words, the optimization of the supply chain is essential for improving the processes of companies. The most appropriate process that can be improved within the supply chain is logistics. Recent studies support this. For this reason, the Milk-Run with backhauls problem, which has not been mentioned in the literature before, has been the main focus of this study.

In this study, mixed integer mathematical model of Milk-Run with backhauls problem is discussed. The model and method was tested on a dairy product factory. When the results are examined, it is seen that the proposed method gives very good results compared to the current situation

Keywords: Milk-Run, Supply chain, Logistic, Mathematical model

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde, iki yıl boyunca değerli bilgilerini benimle paylaşan, saygıdeğer danışman hocam; Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Nergiz KASIMBEYLİ, çalışmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen arkadaşlarım ve çalışma süresince tüm zorluklarımda ve her zaman benimle olarak bana destek veren değerli aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Elmedin ZUKOVIĆ



ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Eskişehir Teknik Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı”yla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Elmedin ZUKOVIĆ

İÇİNDEKİLER

Sayfa

BAŞLIK SAYFASI.....	i
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	v
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar DİZİNİ.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
GÖRSELLER DİZİNİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. TEDARİK ZİNCİR YÖNETİMİ.....	4
2.1 Tedarik Zinciri Yönetimi Süreçleri.....	8
2.2 Müşteri ilişkileri yönetimi süreci	10
2.3 Müşteri servis yönetimi süreci	11
2.3.1 Talep yönetim süreci	11
2.3.2 Sipariş Tamalama süreci.....	11
2.3.3 İmalat akışı yönetimi süreci	11
2.3.4 Satın alma süreci	11
2.3.5 Ürün geliştirme ve ticarileştirme süreci	11
2.4 Tedarik Zinciri Yönetimi Elemanları	12
2.5 Tedarik Zincirinde Lojistik.....	12
2.6 Gezgin Satıcı Problemi	13
2.7 Araç Rotalama Problemi.....	14
2.8 Milk Run Problemi	14
3. LİTERATÜR TARAMASI.....	16

3.1	Milk Run Problemi Literatür araştırması.....	16
3.2	Literatür Sonucu.....	22
4.	ÖNCE DAĞIT SONRA TOPLA MİLKRUN PROBLEMİ.....	23
4.1.	Önce Dağıt Sonra Topla Milk-Run (ÖDSTM-R) Problemi.....	23
4.2.	Önce Dağıt Sonra Topla Milk-Run Porbleminin Karışık Tam-Sayıli Matematiksel Modeli	24
4.2.1.	Önce dağıt sonra topla milk-run problemi için amaç fonksiyonu	25
4.2.2.	Önce dağıt sonra topla milk-run problemi için kısıtlar	25
5.	SÜT ÜRÜNLERİ ÜRETİMİ VE DAĞITIMI YAPAN BİR İŞLETMEDE UYGULAMA.....	28
5.1.	Şirket Hakkında Genel Bilgiler	28
5.2	Milk Run Döğüsel Dağım sistem tasarlanması	30
5.2.1.	Döngü gruplarının oluşturması.....	30
5.2.2.	Döngülerin ihtiyacı olan haftalık ürün miktarların hesaplanması	32
5.2.3.	Araç rotaların oluşturulması.....	33
5.2.4.	Araç rotaların sonuçları	34
5.3	Uygulama Verilerinin Toplanması.....	35
5.4	Uygulama Verilerinin Yapılması.....	38
6.	SONUÇ	41
	KAYNAKÇA	42
	EKLER	46
	ÖZGEÇMİŞ	

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 3.1. Literatür taraması	21
Tablo 5.1. Depolar arası uzaklık matrisi	31
Tablo 5.2. Grupların haftalık talep miktarı	32
Tablo 5.3. Milk-Run araç rotaları	33
Tablo 5.4. Haftalık toplam alınan yol miktarı	34
Tablo 5.5. Haftalık sevkiyatta toplam geçen süre	35
Tablo 5.6. Güneşoğlu süt ürünlerin şirketi haftalık depo talepleri(ton)	36
Tablo 5.7. Güneşoğlu süt ürünleri şirketi haftalık depo talepleri (palet)	36
Tablo 5.8. . Güneşoğlu süt ürünleri şirketinin lojistik faaliyetleri için kullandığı araç bilgileri	37
Tablo 5.9. Güneşoğlu süt ürünleri şirketinin depoları arasındaki mesafeler (kilometre)	38
Tablo 5.10. Güneşoğlu süt ürünleri şirketinin yeni Milk-Run araç planı	39
Tablo 5.11. Güneşoğlu süt ürünleri şirketinin mevcut araç rotaları	40

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Klasik bir Tedarik Zinciri	7
Şekil 5.1. Depoların gruplanması.....	31



GÖRSELLER DİZİNİ

Sayfa

Görsel 5.1. Güneşoğlu süt ürünleri şirketi logosu (Güneşoğlu Süt Ürünleri Şirketi, 2020)	28
---	----



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

CSM	:	Customer Service Management
CRM	:	Müşteri İlişkileri Yönetimi
DRP	:	Dynamic Routing Policies
DSS	:	Decision Support Systems
KTMM	:	Karışık Tam Sayı Matematiksel Model
M-R	:	Milk-Run
ÖDSTM-R	:	Önce Dağıt Sonra Topla
P-LANE	:	İlerleme Şeridi
SDP	:	Stochastic Dynamic Programming
TZ	:	Tedarik Zinciri
TZY	:	Tedarik Zinciri Yönetimi
VRP	:	Araç Rotalama Yöntemi

1. GİRİŞ

Sürekli artan dünya nüfusu ve buna bağlı artan taleplere bağlı olarak işletmeler süreçlerini iyileştirerek, daha fazla üretim rakipleriyle başa çıkmaya çalışmaktadır. Aynı zamanda işletmeler yalnızca kendi süreçlerinin iyileştirilmesi ile bir avantaj kazanamayacağını, yer aldığı tüm Tedarik Zincirinin (TZ) iyileştirilmesi gerektiğinin farkındadır. Bu noktada TZ’de yer alan ve iyileştirme bakımından en elverişli sürecin lojistik olması nedeniyle, literatürdeki ve gerçek hayattaki araştırma çalışmaları bu alana doğru kaymıştır. Bu araştırmalar sonucunda ortaya konulan sistemlerden biri de Milk-Run (M-R) sistemidir. M-R sisteminde, her bir araç belirlenen en iyi rota üzerinden tüm müşteri talepleri karşılanan kadar araçlar tur atmaya devam etmektedir.

Milk-Run (M-R) sistemi; taşıma işlemi gerçekleştirilecek olan ürünlerin tek bir araç altında birleştirilmesi sağlanarak verimliliğin elde edilmesini amaçlayan bir lojistik tedarik yönteminin genel adı olarak tanımlanmaktadır. Milk-Run (M-R) adı; ismini sokak aralarında belirli bir rota içerisinde evlere süt dağıtan ve tekrar süt kaplarını belirli bir rota içerisinde toplayan süt araçlarından almaktadır. Bu sistem özellikle belirli malların verimli bir şekilde dağıtılması için ortaya çıkmıştır. Bunun yanında bu sistem; ürün kapları, numuneleri ve diğer gerekli olan nesneleri bağlantılı noktalarda toplamak içinde kullanılmaktadır.

Milk-Run (M-R) sisteminin yaygın olarak kullanılma nedenleri şu şekilde sıralanmaktadır. Bunlar;

-Milk-Run (M-R) sistemi küçük birkaç parti malın taşıma işlemlerinin tek seferde yapılmasını sağlamaktadır. Bu şekilde taşıma maliyetlerinin azalmasına yardımcı olmaktadır. Milk-Run sistemi rota oluşturmadaki verimliliği arttırmaktadır.

-Milk-Run (M-R) sistemi, lojistik tedarik sistemlerini iyileştirmek adına gerekli olan ürün toplama işlemlerini sağlayabilmektedir.

-Araç yükleme oranını optimize ederek kat edilen toplam mesafenin kısaltılmasını sağlamaktadır. Bu şekilde karbondioksit salınımını azaltmaya yardımcı olmaktadır. Bu şekilde çeşitli tedarikçi ve üretici koordinasyonlarına ulaşabilmekte, çeviklik ve esneklik geliştirilebilmektedir, aynı zamanda üreticiden geri bildirimler alınarak, sistem verimliliğinin de artması sağlanmaktadır.

Milk-Run (M-R) sistemi; taşıma işlemi gerçekleştirilecek olan ürünlerin tek bir araç altında birleştirilmesi sağlanarak verimliliğin elde edilmesini amaçlayan bir lojistik tedarik yönteminin genel adı olarak tanımlanmaktadır. Milk-Run (M-R) adı; ismini sokak

-Milk-Run (M-R) sistemi 3PL ile lojistik stratejilerinin güncellenmesini sağlamaktadır. Süreçteki envanteri önemli ölçüde azaltarak, sermaye akışını arttırmakta ve yatırım risklerini azaltmaktadır. Stok seviyesini önemli ölçüde azaltarak, depolama masraflarının da azalmasını sağlamaktadır.

Her ne kadar lojistik üzerine birçok çalışma bulunsu da halen birçok konuda eksiklik bulunmaktadır. Bu konulardan biri de M-R sistemleridir.

M-R sistemleri hem fabrika içerisinde hem de fabrika dışarısındaki lojistik sistemlerinde kullanılabilmektedir. Bu nedenle literatür içerisinde iki tip M-R problemi yer almasına rağmen ikisi de aynı durumu ifade etmektedir. M-R sistemleri belirli standartlar çerçevesinde sürekli olarak döngüsel hareket yaptığı için çoğu kez tercih edilmektedir. Bu durum onu basit ama etkili bir yöntem yapmaktadır.

Son yıllarda yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlarla M-R sistemlerine olan ilginin de aynı oranda arttığı görülmektedir. Fakat bu problem üzerine Önce Dağıt Sonra Topla M-R (ÖDSTM-R) sistemi konusunda literatürde büyük açıklık bulunmaktadır. Bu kapsam çerçevesinde ÖDSTM-R sistemi ele alınmıştır. Ele alınan sistem için amaç fonksiyonu olarak tüm taşıyıcıların kat ettiği mesafelerin en küçüklenmesi olarak ele alınmıştır. Problem için bir Karışık Tam-Sayıli Matematiksel Model (KTMM) oluşturulmuş ve sonuçları Sakarya ilinde süt ürünleri üretimi yapan bir işletme üzerinde test edilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde önerilen ÖDSTM-R sisteminin mevcut sisteme göre oldukça iyi sonuçlar çıkardığı görülmektedir.

Yapmış olduğumuz çalışmanın birinci bölümünde girişe yer verilmiş, ikinci bölümde genel olarak TZ hakkında bilgiler verilerek M-R sistemi incelenmiştir. Üçüncü bölümde literatürde var olan M-R sistemleri incelenerek, literatürdeki araştırmalar analiz edilmiştir. Dördüncü bölümde ise ÖDSTM-R sistemi ile ilgili genel bilgiler verilerek bir KTMM modeli oluşturulmuştur. Beşinci bölümde Sakarya'da faaliyet gösteren bir süt ürünleri işletmesinde uygulama yapılarak mevcut durum ile farkı ortaya konulmuştur.

Altıncı bölümde de çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar ve ileride yapılabilecek çalışmalar için önerilere yer verilmiştir.



2. TEDARİK ZİNCİR YÖNETİMİ

Tedarik Zinciri Yönetimi'nin (TZY) literatürde birçok değişik tanımının bulunduğu görülmektedir. Bu tanımlardan en çok kullanılanı şu şekilde Tedarik Zinciri Yönetimi'ni tanımlamıştır. Tedarik Zinciri Yönetimi, hammadde temini yapan işletmeler, hammaddeleri yarı mamul veya nihai ürüne çeviren işletmeler ve dağıtıcıların oluşturduğu bir ağın yönetimidir (Lee&Billington, 1992). Tedarik Zinciri Yönetimi tedarikçiler, üreticiler, dağıtıcılar, lojistik hizmeti sağlayıcıları ve perakendecileri barındıran ve bunların arasındaki malzeme, ürün ve bilgi akışını barındıran bir elemanlar kümesinin yönetimidir (Kopczak, 1997).

1950'li yıllardan sonraki dönem içerisinde özellikle üreticiler üretim maliyetlerini minimize etmek amacıyla, temel operasyonel strateji olarak çok az ürün ve süreç esnekliği ile kitle üretim sistemleri üzerine yoğunlaşmışlar ve bunun üzerine çalışma yapmaya başlamışlardır. Özellikle bu dönem içerisinde yeni ürün geliştirmenin yavaş olduğu, bunun yanında tamamen işletme içi teknoloji ve kapasitenin üzerine çalışıldığı görülmektedir. İşletme içerisindeki darboğaz faaliyetleri, dengeli bir hat akışının devam ettirilebilmesi için stoklarla karşılanması gerektiği sonucuna alınmıştır. Bunun sonucunda da yarı mamul stoklarına yatırım yapılması gerektiği görülmektedir. Bu dönem içerisinde teknoloji ve uzmanlık müşteriler ve tedarikçilerle paylaşılması çok riskli ve kabul edilemez olarak görülmektedir. Bu dönem içerisinde işletmeler arası iş birliği ile alıcı ve tedarikçi ortaklığı üzerine olan ilginin de çok az olduğu görülmektedir (Tan, 2001).

1990'lı yıllardan sonra durumun tamamen farklılaştığı görülmektedir. İşletmelerin karar aldığı noktanın merkezinde müşteri bulunmaktadır. İşletmeler müşterilerini tatmin edebilmek için yer almış oldukları değer zinciri içerisinde bütün üyelerle iş birliği yollarını geliştirmeye çalışmaktadırlar. Bu iş birliği süreci de Tedarik Zinciri Yönetimi adını almıştır (Houlihan, 1985).

Tedarik Zinciri Yönetimi; işletmeler arası süreçlerin düzenli bir şekilde kontrol ve koordinasyon modeli, maliyetlerinin düşürülmesi, kalite ve faaliyetlerin hızının artırılması, kullanılan geleceğin modeli olarak tanımlanmaktadır. Bu noktadan sonra verimlilik savaşları gerçekleştirilecektir (Hammer, 2001).

Tedarik Zinciri Yönetimi; malzeme ve ürünlerin, temel hammadde arzından geri dönüşüm ve yeniden kullanımda dahil olmak üzere nihai ürün aşamasına kadar yönetimini içine alan, üretim yapan işletmelerin tedarikçilerinin proseslerinden, yeteneklerinden ve teknolojik faaliyetlerinden nasıl yararlanacağı üzerine odaklanan ve işletme içerisindeki faaliyetlerin optimizasyon ve ortaklık kurularak yayılmasını sağlayan bir yönetim felsefesidir (Tan, Kannan & Handfield, 1998). Şekil 1.1.'de Tedarik Zinciri için (Shaw, 2000) tarafından yapılan tanımlama verilmiştir:

Tedarik Zinciri Yönetimi'nin (TZY) literatürde birçok değişik tanımının bulunduğu görülmektedir. Bu tanımlardan en çok kullanılanı şu şekilde Tedarik Zinciri Yönetimi'ni tanımlamıştır. Tedarik Zinciri Yönetimi, hammadde temini yapan işletmeler, hammaddeleri yarı mamul veya nihai ürüne çeviren işletmeler ve dağıtıcıların oluşturduğu bir ağın yönetimidir (Lee&Billington, 1992). Tedarik Zinciri Yönetimi tedarikçiler, üreticiler, dağıtıcılar, lojistik hizmeti sağlayıcıları ve perakendecileri barındıran ve bunların arasındaki malzeme, ürün ve bilgi akışını barındıran bir elemanlar kümesinin yönetimidir (Kopczak, 1997).

1950'li yıllardan sonraki dönem içerisinde özellikle üreticiler üretim maliyetlerini minimize etmek amacıyla, temel operasyonel strateji olarak çok az ürün ve süreç esnekliği ile kitle üretim sistemleri üzerine yoğunlaşmışlar ve bunun üzerine çalışma yapmaya başlamışlardır. Özellikle bu dönem içerisinde yeni ürün geliştirmenin yavaş olduğu, bunun yanında tamamen işletme içi teknoloji ve kapasitenin üzerine çalışıldığı görülmektedir. İşletme içerisindeki darboğaz faaliyetleri, dengeli bir hat akışının devam ettirilebilmesi için stoklarla karşılanması gerektiği sonucuna alınmıştır. Bunun sonucunda da yarı mamul stoklarına yatırım yapılması gerektiği görülmektedir. Bu dönem içerisinde teknoloji ve uzmanlık müşteriler ve tedarikçilerle paylaşılması çok riskli ve kabul edilemez olarak görülmektedir. Bu dönem içerisinde işletmeler arası iş birliği ile alıcı ve tedarikçi ortaklığı üzerine olan ilginin de çok az olduğu görülmektedir (Tan, 2001).

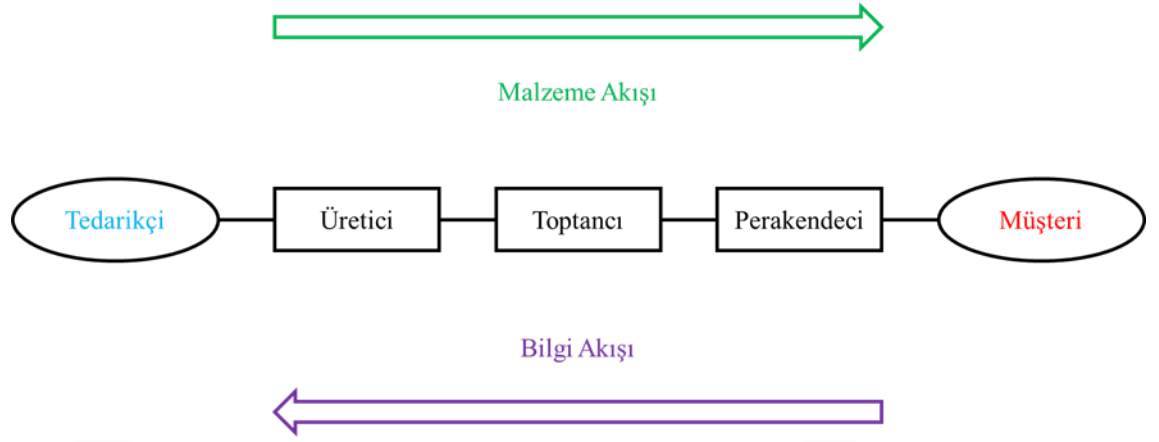
1990'lı yıllardan sonra durumun tamamen farklılaştığı görülmektedir. İşletmelerin karar aldığı noktanın merkezinde müşteri bulunmaktadır. İşletmeler müşterilerini tatmin edebilmek için yer almış oldukları değer zinciri içerisinde bütün üyelerle iş birliği yollarını geliştirmeye çalışmaktadırlar. Bu iş birliği süreci de Tedarik Zinciri Yönetimi adını almıştır (Houlihan, 1985).

Tedarik Zinciri Yönetimi; işletmeler arası süreçlerin düzenli bir şekilde kontrol ve koordinasyon modeli, maliyetlerinin düşürülmesi, kalite ve faaliyetlerin hızının artırılması, kullanılan geleceğin modeli olarak tanımlanmaktadır. Bu noktadan sonra verimlilik savaşları gerçekleştirilecektir (Hammer, 2001).

Tedarik Zinciri Yönetimi; malzeme ve ürünlerin, temel hammadde arzından geri dönüşüm ve yeniden kullanımda dahil olmak üzere nihai ürün aşamasına kadar yönetimini içine alan, üretim yapan işletmelerin tedarikçilerinin proseslerinden, yeteneklerinden ve teknolojik faaliyetlerinden nasıl yararlanacağı üzerine odaklanan ve işletme içerisindeki faaliyetlerin optimizasyon ve ortaklık kurularak yayılmasını sağlayan bir yönetim felsefesidir (Tan, Kannan & Handfield, 1998). Şekil 2.1.'de Tedarik Zinciri için (Shaw, 2000) tarafından yapılan tanımlama verilmiştir:

- Tedarikçi: Hammadde ve/veya yarı mamul üreticisi,
- Üretici: Nihai ürün üreticisi,
- Toptancı: Nihai ürün üreticisinden ürünleri toplu bir şekilde tedarik eden,
- Perakendeci: Müşteri taleplerine göre toptancıdan ürün alan ve pazarlayan,
- Müşteri: Nihai ürün tüketicisi.

Şekil 2.1.'de tedarikçiden müşterileri doğru malzeme akışı, müşterilerden tedarikçilere doğru ise bilgi akışı gerçekleşmektedir. Müşterilerin belirli bir ürüne olan talepleri perakendeciler vasıtasıyla toptancılara, oradan da üretici işletmelere aktarılmaktadır. Bu talebe göre üretici işletmeler üretim gerçekleştirmek için üretim planları hazırlayarak tedarikçilerini bilgilendirmektedir. Tedarikçiler gerekli hammadde ve yarı mamulleri sağladıktan sonra ileri yönlü akış olan malzeme akışı başlatılarak ürünler üreticiye aktarmaktadır. Burada nihai ürüne dönüşüm sağlandıktan sonra toptancılara oradan da perakendecilere aktararak müşterilere pazarlama faaliyetine geçilmektedir. Müşteriler de ürünleri perakendecilerden satın alarak tüketim gerçekleştirmektedir. Müşteriler ürünler hakkında geri bildirimde bulunmaktadır. Bu iki yönlü akış (malzeme akışı ve bilgi akışı) sürekli olarak tekrarlanmaktadır.



Şekil 2.1. Klasik bir Tedarik Zinciri

Genel olarak Tedarik Zinciri Yönetimi; tedarikçi, üretici, toptancı, perakendeci ve müşterileri içerisine alan ve tedarikçiden müşteriye doğru malzeme, müşteriden tedarikçiye doğru bilgi akışının olduğu kapalı bir sistem olarak tanımlanabilmektedir. Bu sistemde var olan kışlar döngüsüdür.

Herhangi bir şeyin problem olarak nitelendirilebilmesi için belirli bir amaca hizmet etmesi gerekmektedir. Diğer problemlerde olduğu gibi TZY problemi de belirli amaçlar doğrultusunda yapılmaktadır. TZY için literatürde sıkça kullanılan bu amaçlardan bazıları şu şekilde sıralanmaktadır (Özdemir, 2004);

- Müşterilerin beklentilerinin karşılanması,
- Stok maliyetlerinin azaltılması,
- Çevrim süresinin en aza indirilmesinin sağlanması,
- Ürün hatalarının en aza indirilmesi,
- Taşıma maliyetlerinin en aza indirilmesi.

TZY'nin bu amaçlarının gerçekleştirilebilmesi için işletmeler; TZ'nin bütününde bilgi ve iletişiminin artırılması, tedarikçilerin ve müşterilerin süreçlerini optimize etmesini sağlamak için çalışmaktadırlar (Kehoe&Boughton, 2001). Rekabet; işletmeler arasında olmayıp, TZ'ler arasında olacaktır.

2.1 Tedarik Zinciri Yönetimi Süreçleri

Tedarik Zinciri Yönetimi süreci özellikle her organizasyon içerisindeki kilit operasyonların yürütülmesinde büyük bir öneme sahip görülmektedir. Eğer başarılı bir tedarik zinciri olmazsa süreçler durabilmekte, verimlilik de azalabilmektedir. Tedarik zinciri yönetimi sürekli olarak gelişmektedir. Bu nedenle Tedarik zinciri yönetimi özel bir fonksiyon haline gelmiştir. Tedarik zinciri yöneticilerine tedarik zinciri harici ya da dahili olsun, verimli ve düşük maliyetli olmasını sağlama sorumluluğu verilmiştir. Etkin bir tedarik zinciri yönetimi süreci için uygulanacak olan mekanizma beş temel aşamayı içermektedir. Bu aşamalar; plan, kaynak-geliştirme, çalışma-uygulama, teslimat ve geri dönüş olarak sıralanmaktadır.

-Plan: Tedarik zinciri yönetimi sürecindeki ilk aşama plan aşamasıdır. Burada ürün ve hizmetlerin müşterilerin talep ve gereksinimlerini nasıl karşılayacağını ele almak için bir plan ve strateji geliştirilmesi gerekmektedir. Bu aşamada özellikle planlama temel olarak maksimum kar getiren stratejiyi tasarlanmaya odaklanması sağlanmalıdır. Ürünlerin tasarlanması ve hizmet sunabilmesi için gereken tüm kaynakların yönetilmesi gerekmektedir. Bu nedenle işletmelerin bir strateji tasarımları sağlanmalıdır. Tedarik zinciri yönetimi; temel olarak bir dizi ölçümün planlanması ve geliştirilmesine odaklanması gerekmektedir.

. Tedarik zinciri yönetimi (TZY) yöneticilerinin özellikle bir liste tanımlaması gerekmektedir. Bu listede; tesislerin yeri ve büyüklüğü, depo tasarımı, teslimat modelleri ve BT çözümleri gibi temel bileşenlerin bulunması gerekmektedir. Tedarik zinciri yönetimi içerisinde ulaştırma maliyeti modellemesi, depo verimliliği gibi önemli matrislerin geliştirilmesi gerekmektedir. Eğer bu gerçekleştirilmezse tedarik zinciri yönetim sürecinin eksik kalacağı görülmektedir.

-Kaynak Geliştirme Aşaması: Bu aşama içerisinde özellikle üretim için gerekli olan hammadde tedarikçileri ile güçlü bir ilişki kurulmaya odaklanması gerekmektedir. Kaynak geliştirme aşamasında yalnızca güvenilir tedarikçiler tanımlanamamaktadır. Bunun yanında ürün nakliyesi, teslimatı ve ödenmesi için farklı planlama yöntemlerinin belirlenmesi de gerekmektedir. İşletmeler ürünlerini geliştirmek için ihtiyaç duydukları öğeler ve hizmetleri sunmak için tedarikçiler seçmelidirler. İşletmeler içerisindeki tedarik zinciri yöneticileri, tüm süreçleri, mal ve hizmet stoklarını ele almak için

birleştirebilmektedir. Bu işlem; gönderileri almak, incelemek, üretim tesislerine aktarmak ve tedarikçi ödemelerini onaylamaktan ibaret olarak görülmektedir.

-Çalışma-Uygulama Aşaması: Çalışma-uygulama aşaması tedarik zinciri yönetimindeki üçüncü aşamadır. Bu aşamada müşteri tarafından talep edilen ürünlerin üretimi ve yapımının gerçekleşmesidir. Bu aşama içerisinde ürünler teslimat için tasarlanmakta, üretilmekte, test edilerek, paketlenmekte ve senkronize edilmektedir. İşletme içerisinde tedarik zinciri yöneticisinin görevi, üretim, test, paketleme ve teslimat için gerekli olan tüm aktivitelerin planlamasını sağlamak olarak belirlenmiştir. Bu aşamada özellikle işletmelerin kalite seviyesi, üretim çıktıları ve işçi verimliliğini ölçebilecekleri tedarik zincirinin en yoğun birimi olarak görülmektedir.

-Teslimat Aşaması: Teslimat aşaması içerisinde bulunan ürünlerin tedarikçinin bulunduğu yerdeki müşteriye teslim edilmektedir. Bu aşama müşterinin siparişlerinin kabul edilerek, malların teslimatının planlanmış olduğu lojistik aşama olarak görülmektedir.

-Geri Dönüş Aşaması: Bu aşama tedarik zinciri yönetiminin son aşamasıdır. Burada kusurlu ya da hasarlı olan malların müşteri tarafından tedarikçiye iade edilmesi sağlanmaktadır. Bu noktada özellikle işletmenin müşteri taleplerini ele alması ve şikayetlerine cevap vermesi gerekmektedir

Tedarik zinciri yönetimi (TZY) süreçleri için Global Tedarik Zinciri Forumu üyelerinin tamamının uygun gördüğü ve literatürde sıkça karşılaşılan sekiz süreç aşağıdaki gibi sıralanmaktadır (Croxtton, Garcia-Dastugue, Lambert, 2001);

- Müşteri İlişkileri Yönetimi (Customer Relationship Management)
- Müşteri Servis Yönetimi (Customer Service Management (CSM)),
- Talep Yönetimi (Demand Management),
- Sipariş Tamamlama (Order Fulfillment),
- İmalat Akış Yönetimi (Manufacturing Flow Management),
- Satın Alma (Procurement),
- Ürün Geliştirme ve Ticarileştirilme (Product Development and Commercialization),

-İade Yönetimi (Returns Management)

2.2 Müşteri ilişkileri yönetimi süreci

Müşteri ilişkileri yönetimi süreci (CRM); işletmelerde ön ofis (front office) olarak adlandırılan satış yönetimi, pazarlama gibi departmanların, global olarak dağılmış müşteriler ile temas noktaları (internet sitesi, e-mail vb.) aracılığı ile iletişim içerisinde olarak müşterilerin beklentilerinin karşılanması sürecidir.

Günümüzde müşteri ilişkileri yönetimi yaklaşımı incelendiğinde; oldukça fazla sayıda işletmenin en önemli pazarlama uygulamalarından biri haline geldiği görülmektedir. Müşteri ilişkileri yönetimi anlayışı, geleneksel pazarlama anlayışlarından oldukça farklı özelliklere sahip bir yaklaşım olarak belirlenmiştir. Geleneksel pazarlama yaklaşımlarının dört başlık altında incelenebilmektedir. Bunlar;

- Üretim anlayış aşaması,
- Ürün anlayış aşaması,
- Satış anlayış aşaması,
- Modern pazarlama anlayışı aşaması.

Bu yaklaşımların hepsi incelendiğinde hepsinin temelinde ürüne ve satışa odaklanma anlayışının geldiği görülmektedir.

Günümüzdeki çağdaş pazarlama anlayışı incelendiğinde işletmelerin varlık nedeni olarak temel amacın; müşteriye hizmet olduğu belirlenmiştir. Bu pazarlama anlayışı içerisinde müşteri kavramı sadece hedef olarak değil, aynı zamanda ortak olarak da değerlendirilmelidir. Günümüzün müşteri yapısı incelendiğinde; daha özgür, daha katılımcı, daha seçici, daha duyarlı bir durum ortaya koymaktadır. Bu koşullar incelendiğinde, müşterilerin ihtiyaç ve beklentilerini karşılamanın yolu ise müşterilerle etkili ve çift yönlü bir etkileşim kurmaktır. Teknolojik gelişmeler ve rekabet yapısında ortaya çıkan değişimler sonucunda yeni bir müşteri yapısı ortaya çıkmıştır.

Dünyada oluşan yeni müşteri modeli artık bilgiye çok daha çabuk ulaşmakta ve seçici bir durum sergilemektedir. Bu noktada müşteri bilgilerinin etkin bir şekilde toplanması, yönetilmesi ve değerlendirilmesi, işletmelerin sahip olduğu en önemli rekabet avantajı haline gelmiştir. Değişim hızının arttığı ve niteliğinin değiştiği günümüz

iş dünyasında müşterilerinde bu değişimden etkilenmektedir. Günümüzün yeni müşteri modeli; sadece kaliteli ve uygun fiyatlı ürün ve hizmetler değil, aynı zamanda fark yaratan değişik ürün ve hizmetleri talep etmektedir. İşletmeler müşterilerin beklentilerini karşılayabilmek için ürün merkezli düşünce sisteminden, müşteri merkezli düşünce sistemine yönelmek zorunda kalmışlardır.

2.3 Müşteri servis yönetimi süreci

CSM; işletmelerin ilgili departmanları aracılığıyla müşteri ürünlerinin elde edilebilirliği, yükleme zamanı, sipariş durumu gibi konularda, işletme ve müşteriler arasında oluşturulan ortak kanallar vasıtasıyla müşterilerin anında bilgilendirilmesi sürecidir.

2.3.1 Talep yönetim süreci

Talep yönetimi; müşteri ihtiyaçları ile işletme arzını dengelendiği ve talep tahmini ile tahmin sonucunda üretim, satın alma ve dağıtım planlarını oluşturma süreci olarak tanımlanmaktadır.

2.3.2 Sipariş Tamalama süreci

Sipariş tamamlama süreci; işletmenin imalat, lojistik ve pazarlama planlarının bütünleşmesi sonucunda müşteri ihtiyaçlarının karşılanabildiği ürünlerin tamamlanması ve etkin bir TZY sisteminin oluşturulması olarak tanımlanmaktadır.

2.3.3 İmalat akışı yönetimi süreci

İmalat akış yönetimi süreci; hedef pazara en iyi şekilde hizmet edebilecek ürünlerin üretilmesi ve gerekli imalat esnekliğinin sağlanması süreci olarak tanımlanmaktadır.

2.3.4 Satın alma süreci

Satın alma süreci; işletmelerin müşteri ile olan ilişkilerinin geliştirilmesi gibi tedarikçileri ile de geliştirmenin sağlanması olarak görülmektedir. bu doğrultuda işletmenin ihtiyaç duyduğu ve satın aldığı ürün tedarikçileri ile ilişkilerin güçlendiği süreçtir.

2.3.5 Ürün geliştirme ve ticarileştirme süreci

Hedef pazarın ihtiyaç duyduğu ve/veya ihtiyaç duyacağı ürünlerin hızlı bir şekilde tespit edilmesi sağlatılarak, onların pazara sunulması sürecidir. Bu süreç; işletmelerin rakipleri ile mücadele edilerek, onların ekarte edilmesindeki kritik süreç olarak görülmektedir.

2.4 Tedarik Zinciri Yönetimi Elemanları

TZ, bir zincir yapısındaki birbirine doğrudan bağlanmış elemanlar olmadığı için bir zincir yapısından ziyade bir şebekeye benzemektedir. Bu şebeke içerisinde şu elemanlar bulunur;

1. Tedarikçiler
2. Üreticiler
3. Dağıtıcılar
4. Müşteriler
5. Taşıma operasyonları

Zincir yerine şebeke tanımlamasının yapılmasındaki esas neden, herhangi bir üreticinin birden fazla tedarikçi ile çalışması, bir üreticinin birden fazla dağıtıcıya nihai ürün yollaması ve benzer şekilde bir dağıtıcının birden fazla müşteriye ürün satmasıdır.

Her bir işletme bu tarz bir şebeke yapısına sahiptir. İşletmeler bu ağ içerisindeki tedarikçi, dağıtıcı ve müşterilere müdahalesi sınırlı olduğu için kendi içerisindeki ve dağıtım operasyonlarındaki iyileştirmeler kritik önem kazanmaktadır. Bu nedenle literatürdeki çalışmaların bir çoğu işletme içerisindeki süreçlerin iyileştirilmesi ve/veya taşıma operasyonlarının iyileştirilmesi üzerinedir. Bu tez kapsamında, dağıtım/nakliye operasyonları üzerine odaklanılmıştır.

2.5 Tedarik Zincirinde Lojistik

Lojistik kavramı, herhangi bir hammadde, yarı mamul veya mamulün bir noktadan başka bir noktaya transferidir. Lojistik operasyonları, hem müşteri memnuniyetinin hızlı bir şekilde sağlanmasında hem de sistemin iyileştirilmesinde kritik rol oynar. Fakat, müşterilerin beklentilerini hızlı bir şekilde karşılamak için her müşteri için ayrı araç çıkartmak durumunda kalınacak ve verimlilik azalacaktır. Tam tersi olarak ise verimlilik çok yüksek olurken müşterilerin beklentileri karşılanamayarak, beklenen sürenin üzerinde müşteri talepleri karşılanmış olacaktır. Dolayısıyla, her iki tarafında beklentilerini en iyi şekilde karşılayacak lojistik kararları kritik rol oynamaktadır. Bir şirketin kullandığı lojistik sisteminin türü, tedarik zincirinde var olan envanterleri ve tesislerin konumlarını doğrudan etkilemektedir.

Herhangi bir TZ’de lojistik, ürünlerin bir noktadan başka bir noktaya taşınmasıdır. TZ’nin diğer elemanları gibi lojistik de hem müşteri memnuniyeti hem de verimli bir sistem varlığını hedeflemektedir. Hızlı bir lojistik sistemi, hızlı taşımalar ile müşteri memnuniyetini artırır fakat stok miktarını arttırarak verimliliği düşürür. Şirketlerin kullandığı lojistik stratejileri, TZ’ndeki diğer şirketlerin envanterlerini ve tesislerinin konumlarını etkilemektedir.

Lojistik stratejileri literatürde çok farklı şekilde ele alınmıştır. Bunlara örnek olarak Gezgin Satıcı Problemi (Travelling Salesman Problem), Araç Rotalama Problemi (Vehicle Routing Problem) veya Milk-Run problemi olabilmektedir. Bu sistemlerin seçimi ve en iyi şekilde uygulanması şirketlerin başarısını etkileyen en önemli faktörlerdendir.

2.6 Gezgin Satıcı Problemi

Gezgin Satıcı Problemi , matematikte en çok çalışılan problemlerden biridir. Birkaç şehir arasındaki mesafe göz önüne alındığında, her bir şehri tam olarak bir kez ziyaret etmek için ve başlangıç noktasına geri dönmek için en kısa rotayı bulmayı imkanı sağlayan yöntem. GSP ilk defa 1800 yıllarda ayrık ve kombinasyonel eniyileme olarak problemlerin altına girmiştir. Matematikçi William Hamilton 19 yüzyılda yaşamış Hamilton türü ortaya çıkarmıştır. Hamilton Türü bir çizgi üzerinde bulunan her noktada ancak bir defa geçen ve başladığı noktaya geri biten turudur.

Kümeler

$MU \in \{1, \dots, n\}$ Dağıtım Yapılacak Müşteriler kümesi

$NO \in \{0, \dots, n\}$ Tüm Noktalar Kümesi

Parametreler

c_{ij} i . Müşteriden j . Müşteriye Gidiş Mesafesi (Kilometre)

Karar Değişkenleri

X_{ij} $\begin{cases} 1, & \text{Eğer } i. \text{ Müşteriden } j. \text{ Müşteriye Uğranılırsa} \\ 0, & \text{Aksi Durumda} \end{cases}$

Tüm bu kümeler, indisler, parametreler ve karar değişkenleri ile oluşturulan matematiksel model Denklem 2.1 – 2.5 ile verildiği gibidir.

$$\sum_{i=0, i \neq j}^n x_{ij} = 1 \quad \forall j \in \{0, \dots, n\} \quad (2.1)$$

$$\sum_{j=0, j \neq i}^n x_{ij} = 1 \quad \forall i \in \{0, \dots, n\} \quad (2.2)$$

$$\text{Alt tur engelleme kısıtları} \quad (2.3)$$

$$x_{ij} = \text{tamsayı} \quad \forall i, j \in \{0, \dots, n\} \quad (2.4)$$

Kısıtları Altında;

$$\text{Enk } Z = \sum_{i=0}^{(n)} \sum_{j=0, j \neq i}^{(n)} c_{ij} \times x_{ij} \quad (2.5)$$

2.7 Araç Rotalama Problemi

Araç Yönlendirme Sorunu'nda (VRP) amaç, bir dizi yeri ziyaret eden birden fazla araç için en uygun rotaları bulmaktır. Dantzig ve Ramser tarafından 1959'da VRP önerildi. Araç Yönlendirme Sorunu (VRP), bir dizi coğrafi dağılmış şehir veya müşteri için bir veya birkaç depoya dayanan bir araç filosu için bir dizi güzergahın belirlenmesi gereken tüm sorun sınıflarına verilen genel bir addır. VRP'nin amacı, bir depodan kaynaklanan ve bir depodan sonlanan minimum maliyetli araç rotaları hakkında bilinen talepleri olan bir dizi müşteri sunmaktır.

2.8 Milk Run Problemi

Milk Run, çeşitli tedarikçilerden karışık yükleri bir müşteriye taşımak için kullanılan bir dağıtım yöntemidir. Bu taşıma yöntemi, bir süt tankerinin bir süt işleme şirketine teslim edilmek üzere çeşitli süt çiftliklerinden süt toplamak için kullandığı süt endüstrisi uygulamasından sonra adlandırılmaktadır.

Milk-Run sistemi; adından da anlaşılacağı üzere süt toplama sisteminden esinlenerek isimlendirilmiştir Milk-Run sistemi bir hammadde ve malzeme çekme sistemi olarak görülmektedir. Bu sistemin işletmeler içerisinde iki ayrı uygulama alanı bulunmaktadır. Bu uygulama alanları şu şekilde sıralanmaktadır;

-Tedarikçilerden işletme hammadde deposuna (merkeze toplama),

-Hammadde deposundan üretim istasyonlarına dağıtım (merkezden hücrelere dağıtım).

Milk-Run sisteminde amaç; rota ve bölge bazında inceleme yapılarak araç doluluğunun sağlanması, bunun sonucunda tedarikçilerin mevcut sevkiyat sıklığını arttırması olarak belirlenmiştir.

Milk-Run uygulaması hammadde deposundan üretim istasyonlarına doğru gerçekleşmektedir. Burada depo içerisinde bulunan ürünlerin ihtiyaç anında ve uygun miktarda kullanıcılar için temin edilmesi sağlanmaktadır. Bu şekilde işlem en az kaynak kullanılarak gerçekleştirilmektedir.



3. LİTERATÜR TARAMASI

Bu bölümde M-R için yapılmış çalışmalar gözden geçirilmiştir. Bu kapsamda sırasıyla, ilk olarak literatür detaylı bir şekilde incelenmiş ve yapılabilecek olası çalışmalar hakkında fikirler verilmiştir.

3.1 Milk Run Problemi Literatür araştırması

1999 yılında (Basnet, Foulds, & Wilson, 1999) tarafından süt toplama tankının ne zaman boşaltılabileceğini belirlemek için bir zamanlama sistemi tasarlanmıştır. Her operasyondan sonra, tankerlerin sınırlı sayıda pompa ile boşaltılması gerekmiştir. Programlama ve sıralamanın ortak problemi, ilave doğrusal olmayan kısıtlamalarla doğrusal bir tamsayılı programlama problemi olarak ortaya çıkarmışlardır.

2009 yılında (Sadjadi, Jafari, & Amini, 2009) tarafından, TZ problemlerini çözmek için yeni bir M-R yöntemi önerilmiş ve bir otomotiv endüstrisi için özel olarak tasarlanan bir KTP matematiksel modeli geliştirmişlerdir. Fakat, geliştirilen KTP matematiksel modeli NP-zor sınıfına dahil olduğu için polinom zamanda en iyi çözüme ulaşılamamış, bu yüzden bir metasezgisel algoritma geliştirmişlerdir. Sanayiden alınan gerçek veriler ile KTP matematiksel model ve metasezgisel algoritmanın performansı karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Bu çalışma sonucunda, önerilen M-R yönteminin lojistik maliyetlerini önemli oranda azaltmak için kullanılabilecek bir araç olduğu gösterilmiştir.

2010 yılında (Nemoto, Hayashi, & Hashimoto, 2010) tarafından, Tayland'daki bir Japon otomobil üreticisi ile ilgili vaka çalışması sunulmuştur. Çalışmalarında, tedarik sürecinin tam kontrolünün ağır trafik koşullarında yapılabileceğini, araç sayısını azaltabildiğini ve trafik koşullarında iyileştirmelere neden olduğunu gösterilmiştir.

2012 yılında (Kilic, Durmusoglu, & Baskak, 2012) tarafından, yalın üretim koşullarında çekme esaslı ve tekrarlamalı imalat ortamında kullanılabilecek yalın bir malzeme taşıma sistemi için belirli rotalarda periyodik olarak hareket eden araçlardan oluşan bir tesis içi M-R sistemi ele alınmıştır. Çalışma kapsamında, tesis içi M-R sistemleri sınıflandırılmış ve gerçek gözlemlere dayanan bir M-R sistemi, araç sayısını ve kat edilen mesafeyi en aza indirmeyi amaçlayan bir matematiksel model kullanılarak

açıklanmıştır. Geliştirilen model sonuçları, gerçek veriler kullanılarak oluşturulan bir sayısal örnek ile karşılaştırılmış ve önerilen modelin gerçek hayat ortamında araç sayısını ve kat edilen mesafeyi en aza indirme konusunda etkin bir araç olabileceği anlaşılmıştır.

2013 yılında (Arvidsson, 2013) tarafından, yalnızca yük faktörünün değiştiği ortak bir kentsel dağıtım ağı senaryosu yani M-R sistemi sunulmuştur. Bu makalede, bu olumsuz etkinin yük faktörü kısıtlamaları gibi diğer erişim kısıtlamalarının bir sonucu olabileceğini ve araç sayısı ve kat edilen toplam mesafe dışındaki faktörlerle ilişkili olabileceğini bulunmuştur. Yük faktörünün artırılması genellikle verimliliği artırmanın bir yolu olarak kabul edilir, ancak belirli koşullar altında yük faktörünün iyileştirilmesinin toplam maliyetleri ve emisyonları artırarak ekonomik ve çevresel sürdürülebilirliği etkilediğini gözlemlermişler.

2014 yılında (Hosseini, Shirazi, & Karimi, 2014) tarafından ele alınan M-R problemi NP-zor olduğundan, sorunu çözmek için harmoni araması (harmonic search) ve simüle edilmiş tavlama (simulated annealing) tabanlı sezgisel tarama (Harmonic Search – Simulated Annealing algoritması) sunulmuştur. Bu sorunun amacı, ağıdaki toplam nakliye maliyetini en aza indirmektir, bu nedenle algoritmada etkili bir araç yönlendirme stratejisi kullanarak gerekli araç sayısını azaltmaya çalışılmıştır.

2015 yılında (Klenk, Galka, & Günthner, 2015) tarafından teslimat ürünlerini elleçlemek için farklı stratejiler geliştirilmiş ve otomotiv endüstrisinden iki büyük şirketin gerçek malzeme tüketim verileri kullanılarak teslimat maliyeti, teslimat süresi ve hizmet seviyesi açısından değerlendirilmiştir. M-R sistemi verimli olmasını sağlamak için, bu sistemler, teslimat sayısındaki zirvelerle baş edebilmesinin lazım olduğu yazarlar tarafından ortaya konulmuştur.

2015 yılında (Novaes, Bez, Burin, & Aragao Jr., 2015) tarafından, Dinamik bir OEM toplama (M-R) yönlendirme sorunu, bir rotadaki zaman sınırını aşması muhtemel görevlerin tamamlayıcı araçlara atandığı ve böylece aktarılan görevler tarafından oluşturulan yardımcı dinamik yollar oluşturulduğu analiz edilmiştir. Sorunu çözmek için, ilgili bazı olasılık parametrelerini tanımlamayı amaçlayan bir simülasyon programı ile birlikte genetik bir algoritma modeli geliştirilmiştir. Sonuçlar, dinamik formülasyonun statik versiyona kıyasla servis seviyesini önemli ölçüde geliştirdiğini gösterilmiştir.

2016 yılında (Korytkowski & Karkoszka, 2016) tarafından, M-R taşıt operatörünün montaj hattının verimliliği üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Montaj hattının etkinliğini değerlendirmek için ayrı bir simülasyon modeli geliştirilmiş ve üretimdeki çeşitli bozukluklarla (teknolojik süreçlerin ve tedarik döngüsünün zaman değişkenliği, tedarik döngülerinin gecikmesi) ve yönetim kararlarının (takt zaman varlığı veya yokluğu, tampon kapasitesi, tedarik döngü süresi) ile ilgili analizini sunmuşlardır.

2016 yılında (Staab, Klenk, Galka, & Günthner, 2016) tarafından, fabrika içi trafik durumlarına odaklanarak M-R sistemlerini analiz etmek için bir simülasyon modeli sunulmuştur. Endüstriyel uygulamada, M-R trenleri genellikle kaynakları, örneğin yükleme alanlarını ve teknolojiyi paylaşır ve aynı izleri kullanır, bu da güzergahlar ve olası trafik sıkışıklıkları ve tıkanıklıkları arasında bağımlılıklara yol açar, bu da döngü sürelerini önemli ölçüde etkilemiştir. Büyük bir endüstriyel vaka çalışmasına uygulanmasını ayrıntılı olarak açıklanmıştır ve düşük gecikme riski olan güzergahların tasarlanması için öneriler elde edilmiştir.

2017 yılında (Güner, Murat, & Chinnam, 2017) tarafından, araçların sahaya dinamik olarak yönlendirilmesinde M-R turları bulmayı amaçlamıştır. Araçların konumunu, günün saatini, mevcut ve olası tıkanıklıkları gözeterek, stokastik dinamik programlama (stochastic dynamic programming - SDP) kullanılarak dinamik rotalama politikaları (dynamic routing policies - DRP) bulmayı amaçlamışlardır. Önerilen yöntem, geçmiş trafik verileri kullanılarak oluşturulmuş bir ağda test edildiğinde, sonuçları önerilen sistemin kullanılabilmesi için umut verici olmuştur.

2017 yılında (Mei, Jingshuai, Teng, Xiuli, & Ting, 2017) tarafından, Anji şirketinin otomobil parçalarının toplanması için bir M-R sistemi geliştirilmiştir. Geliştirilen M-R sistemi için yazarlar tarafından zaman pencerelerini dikkate alan bir matematiksel model ve probleme adapte edilen Clarke-Wright (C-W) algoritması önerilerek C++ yardımıyla kodlanmıştır. Yapılan hesaplamalı sonuçlar ile yalnızca Anji şirketinin değil M-R sistemi kullanan diğer lojistik şirketlerine de rotalarının optimizasyonu konusunda fikir vereceği ve geliştirilen kodlamanın diğer şirketler tarafından da kullanılabileceği öne sürülmüştür.

2018 yılında (Kluska & Pawlewski, 2018) tarafından, M-R sisteminin tasarım ve uygulamasının metodolojisi açıklanmıştır. Metodoloji yedi adımdan oluşmaktadır, M-R

sisteminin örnek simülasyon modeli, kesikli olay ve ajan bazlı simülasyonlar kullanılarak hibrit bir modelleme yaklaşımının uygulanmıştır.

2018 yılında (Urru, Bonini, & Echelmeyer, 2018) tarafından, VDI tarafından önerilen yaklaşımı tamamlamak için bir metodoloji tanıtılmış ve daha sonra sayısal bir örneğe uygulanmıştır. Şirketler yalın lojistik sistemlere giderken tugger trenleri malzeme taşımacılığı için kullanmaya başlanmıştır. Planlamacı tugger tren sistemin planlaması için VDI 5586 taslak normu seçilmiştir.

2018 yılında (Emde, Abedinnia, & Glock, 2018) tarafından, tüm çalışmaların minimum sayıda araçla tamamlanabilmesini ve tüm araçların yaklaşık olarak eşit derecede işgal edildiğinden emin olmak için, bu sorunun karmaşıklığı araştırılmış ve gerçekçi örnekleri çözdüğü gösterilen uygun sezgisel yöntemler geliştirilmiştir. Almanya'daki kamyonlar ve otobüsler için büyük bir motor üreticisinde karşılaştıkları aşağıdaki sorunu ele alınmıştır. Sabit bir çizelge göz önüne alındığında, bir planlama ufku sırasında gerçekleştirilecek M-R ve bir depoda bulunan homojen elektrikli araç filosu, hangi aracın ne zaman şarj molalarının planlanması gerektiğini belirlemek gerekmiştir.

2019 yılında (Bocewicz, Nielsen, & Zbigniew, 2019) tarafından çok dönemli, çok yönlü ve çoklu emtia akışlarının çeşitli müşterilerin talepleri ve dağıtım ağı topolojisi kısıtlamaları ile daha fazla entegrasyonunu sağlayan bir kısıtlama programlama paradigması uygulanmıştır. Her bir tugger treni rotası tarafından ziyaret edilen istasyon dizisini belirleyen yönlendirme kararları ve tugger tren filolarının tıkanıklıksız hareketlerini planlayan çizelgeleme kararları iki tür iç içe alınmıştır. Tartışılan sorunun NP-sert karakteri, taşıt yolundan ve kilitlenme önleme sorunlarından kaynaklanan köklerinden kaynaklanmıştır. Sonuç olarak, iyi bilinen bir kısıtlama memnuniyeti probleminin özyinelemeli bir formülasyonu önerilmiştir.

2019 yılında (Aragao Jr., Novaes, & Luna, 2019) tarafından, araçların Orijinal Ekipman Üreticisi tedarikçilerinden bileşenlerin ve parçaların toplanmasına atandığı dinamik bir araç yönlendirme formülasyonuna ajan tabanlı yaklaşımı uygulamak için işbirliği stratejilerini değerlendirilmiş. Araçlar arasındaki işbirliği stratejilerinin değerlendirilmesi, dağıtılmış karar vermenin işleyişini anlamayı sağlayarak, ulaştırma operasyonlarının özerk kontrol yöntemlerinin benimsenmesine katkıda bulunmuştur.

2019 yılında (Mao, Huang, Fang, & Lu, 2019) tarafından, otomobil parçalarını toplamak için yolculuk yollarını ve toplanan her parçanın atanması gereken P-LANE'yi aynı anda belirleyebilen karışık tam sayı bir programlama formülasyonu önerilmiştir. Otomotiv endüstrisinde benzeri görülmemiş bir kriz, birçok otomobil şirketi tarafından yaygın olarak takip edilen sıfır envanter yaklaşımı olarak ortaya çıkmıştır, bazı gerçek üretim bağlamlarında pratik değildir, çünkü bazı parçalar envanter gerektirdiği için düşük envanter gerektirir. Bu yazıda, ilerleme şeridini (P-LANE) ilgili araç yönlendirme sorununa entegre ederek otomobil parçalarını toplayan yeni bir lojistik yöntemini araştırmışlardır. P-LANE kullanımının toplam maliyetleri önemli ölçüde azaltılabileceğini ve aynı zamanda nakliye verimliliğini artırabileceğini gösterilmiştir.

2019 yılında (Ranjbaran, Kashan, & Kazemi, 2019) tarafından, M-R sisteminde toplam taşıma maliyetlerini en aza indirmek için bazı koşulları dikkate alan bir matematiksel model önerilmiştir. Önerilen matematiksel modelin gevşek bir versiyonunun yardımıyla uygun bir çözüm üretmek için eniyi/ilk uyum stratejileri kullanılmıştır. Ağ yapısı, paletlerin hem ileri hem de geri akışı için doğrudan sevkiyat ve M-R'in bir kombinasyonu olabilmıştır. Ayrıca, en büyük İran otomobil şirketinden toplanan günlük otomobil parçaları gönderilerinden gelen veriler üzerinde de test edilmiştir. Sonuçlar, doğrudan nakliye stratejisine kıyasla M-R stratejisiyle maliyet tasarrufu için önemli bir potansiyel olduğunu göstermiştir.

2019 yılında (Gotthardt, Hulla, Eder, Karre, & Ramsauer, 2019) tarafından, iç malzeme tedariklerinin verimliliğini arttırmak için bir M-R sistemi tanıtılmıştır. Yazarlar, literatürde öğrencilerin aldıkları teorik bilgileri pratikte uygulayabilmeleri için son zamanlarda revaçta olan öğrenme fabrikalarında (learn factories) kullanılan M-R sistemlerinin dijitalleştirilmesinin eksik olduğunu görmüştür. Bu sebeple Graz Teknoloji Üniversitesindeki (Graz Technolog University) bir öğrenme fabrikası olan LEAD Factory'de dijital bir M-R sistemi tanıtılmıştır. Bu sistem, depodan iş istasyonuna otomatik olarak sipariş oluşturmak için RFID teknolojisine dayanır.

2019 yılında (Bocewicz, Nielsen, & Zbigniew, 2019) tarafından, tesis içi M-R sistemi için bu sistemin kısıtlarını sağlayan model ile karar destek sistemi (decision support system - DSS) oluşturulmuştur. Oluşturulan modelde, malzemelerin belirli yükleme/boşaltma noktalarına zamanında teslim edilmesi için nakliye turlarının sayısı

belirlenir. Yazarlar, prototiplenen M-R sistemi için geliştirdikleri DSS ile bu alanda çalışmaların yapılabilirliğini göstermişlerdir.

2019 yılında (Klenk & Galka, Analysis of real-time tour building and scheduling strategies for in-plant milk-run systems with volatile transportation demand, 2019) tarafından, mevcut teslimat siparişlerinin sayısına bağlı olarak M-R döngülerinin başlangıç zamanlarını gerçek zamanlı olarak ele almak için üç alternatif strateji geliştirilmiştir. Geliştirilen üç alternatif strateji, teslimat hizmet seviyesi, sipariş teslim süresi, sistem kullanım oranı ve gereken M-R treni (kamyonu) için bir simülasyon modeli kullanılarak değerlendirilmiştir.

Tablo 3.1. *Literatür taraması*

İlker Küçükoğlu, Betül Yağmahan, Müge Sinem Çağlıyan, Ayşen Yıldız, Dilan Aktokluk	2018	İç Lojistik Sisteminde Malzeme Tedariki İçin Geliştirilmiş Matematiksel Modelleme Yaklaşımı: Bir Uygulama	Tesis İçi M-R
Bülent Sezen, Ramazan Arslan	2018	Tesis İçi Ürün Taşıma Operasyonunun Milk-Run İle Optimizasyonu	Tesis İçi M-R
Aydın Sipahioğlu, İslam Altın	2019	Fabrika İçi Milk Run Rotalama İçin Bir Matematiksel Model	Tesis İçi M-R
Selim Kerem Berk Yıldız	2008	Lojistik Yönetiminde MilkRun Planlaması ve Çapraz Sevkiyat Uygulaması	Tesis İçi M-R
Vugar Abdullayev, Akkaya, Ezgi Cesur, Murat Kübra Gündüz	2012	Bir Otomobil Üretim İşletmesi İçin Yurt İçi Milk Run Malzeme Tedarik Sisteminin Tasarlanması	Tesis İçi M-R
Ceyda Öztürk	2008	Tedarik Zincirinde Milk-Run Sistemi İle Cross Docking Sistemlerinin	Tesis Dışı M-R

		Maliyetlerinin Karşılaştırılması	
Bülent M. Durmuşoğlu, Hüseyin Selçuk Kılıç	2010	Yalın Üretim Ortamında İç Lojistik Sisteminin Tasarımı	Tesis İçi M-R
Gözde Bilici, Özcan Çolak, Faruk İnaltekin, Tayfun Can Küçük, Selçuk Yetimoğlu, Murat Köksalan, Seçil Savaşaneril	2018	Fabrika İçi Çekme Esaslı Taşıma sistemi Tasarımı	Tesis İçi M-R
Seda Reçel, Nurgül Balcı, Betül Çetin, Nursel Öztürk, Türker Özalp, Halil Özbey	2017	Bir Otomotiv Yan Sanayi Firmasında Kesici Takımlar İçin Çekme ve MilkRun Sisteminin Uygulanması	Tesis İçi M-R
Burak Kosif	2012	Kamyon Türü Üretimi İçin Gerekli Taşıma ve Lojistik Faaliyetlerinin Optimizasyonu	Tesis İçi M-R

3.2 Literatür Sonucu

Literatür detaylı bir şekilde analiz edilmiş ve M-R çalışmalarının büyük bir kısmının tesis içi M-R olarak ele alındığı görülmüştür. Tesis dışı M-R olarak yapılan çalışma sayısı oldukça azdır. Bu kapsamda literatürdeki bu açıklığı kapatmak ve yeni yollar gösterebilmek adına tesis dışı M-R sistemi bu çalışma kapsamına alınmıştır. Tablo 3.1’de de yurt içi literatürdeki durum görülmektedir. Literatür detaylı bir şekilde analiz edilmiş ve M-R çalışmalarının büyük bir kısmının tesis içi M-R olarak ele alındığı görülmüştür. Kullandığım 32 çalışmadan %75 Tesis içi %25 Tesis dışı M-R çalışmasıdır. Bu kapsamda literatürdeki bu açıklığı kapatmak ve yeni yollar gösterebilmek adına tesis dışı M-R sistemi bu çalışma kapsamına alınmıştır.

4. ÖNCE DAĞIT SONRA TOPLA MİLKRUN PROBLEMİ

Bu bölümde ilk olarak Önce Dağıt Sonra Topla Milk-Run (ÖDSTDM-R) problemi tanıtılmış, ardından ÖDSTM-R problemi için bir Karışık Tam-Sayı Matematiksel Model (KTMM) tanımlanmıştır.

4.1.Önce Dağıt Sonra Topla Milk-Run (ÖDSTM-R) Problemi

Ele alınan ÖDSTM-R probleminde, taşıyıcı araçlar ilk olarak üretim tesisinden aldıkları ürünleri müşterilere dağıtmakta ve ardından boş/atıl ürünleri toplayarak yeniden üretim tesisine gelmektedir.

ÖDSTM-R problemi şu varsayımlar ile yapılmaktadır:

- Her lokasyonun talebi araç veya araçlar kullanılarak karşılanır.
- Herhangi bir dağıtım lokasyonuna, herhangi bir dağıtım lokasyonundan veya depodan gelinebilir.
- Herhangi bir toplama lokasyonuna, herhangi bir dağıtım lokasyonundan, herhangi bir toplama lokasyonundan veya depodan gelinebilir.
- Depo lokasyonuna, herhangi bir dağıtım lokasyonundan veya herhangi bir toplama lokasyonunda gelinebilir.
- Her araç, araç için oluşturulan rotayı belirli sayıda takip eder.

4.2.Önce Dağıt Sonra Topla Milk-Run Probleminin Karışık Tam-Sayıli Matematiksel Modeli

Bu bölümde ÖDSTM-R problemi için karışık tam-sayıli matematiksel model (KTMM) oluşturulmuştur. Kullanılacak olan kümeler, indisler, parametreler ve karar değişkenleri tanımlandıktan sonra sırasıyla amaç fonksiyonu ve kısıtlar verilmiştir.

Kümeler

$DA \in i/\{1, \dots, N\}$	Dağıtım Yapılacak Müşteriler kümesi
$TO \in j/\{N + 1, \dots, N + M\}$	Toplama Yapılacak Müşteriler Kümesi
$NO \in \{0, \dots, N + M\}$	Tüm Noktalar Kümesi
$AR \in \{1, \dots, K\}$	Araçlar Kümesi

Parametreler

K	Araç Sayısı
N	Dağıtım Yapılacak Müşteri Sayısı
M	Toplama Yapılacak Müşteri Sayısı
A_i	Dağıtım Yapılacak i . Müşterinin Talebi (Palet)
B_i	Toplama Yapılacak i . Müşterinin Arzı (Palet)
C_k	Sevkiyat Yapan k . Aracın Kapasitesi (Palet)
C_{ij}	i . Müşteriden j . Müşteriye Gidiş Mesafesi (Kilometre)

Karar Değişkenleri

U_{ik}	$\begin{cases} 1, & \text{Eğer } k. \text{ Araç ile Dağıtım Yapılacak } i. \text{ Müşteriye Uğranılırsa} \\ 0, & \text{Aksi Durumda} \end{cases}$
V_{jk}	$\begin{cases} 1, & \text{Eğer } k. \text{ Araç ile Toplama Yapılacak } j. \text{ Müşteriye Uğranılırsa} \\ 0, & \text{Aksi Durumda} \end{cases}$

$$X_{ijk} = \begin{cases} 1, & \text{Eğer } k. \text{ Araç ile } i. \text{ Müşteriden } j. \text{ Müşteriye Uğranılırsa} \\ 0, & \text{Aksi Durumda} \end{cases}$$

$tour_k$ k . Aracın Attığı Tur Sayısı

cos_{ijk} k . Aracın i . Şehirden j . Şehire Giderken Kat Ettiği Toplam Mesafe (Kilometre)

4.2.1.Önce dağıt sonra topla milk-run problemi için amaç fonksiyonu

ÖDSTM-R probleminde ele alınan amaç fonksiyonu olarak araçların kat ettiği toplam mesafe en küçükleme kullanılmıştır. Bu amaç fonksiyonu Denklem 4.1 ile verilmiştir.

$$Enk Z = \sum_{i=0}^{(N+M)} \sum_{j=0}^{(N+M)} \sum_{k=1}^K (cos_{ijk}) \quad (4.1)$$

Amaç fonksiyonu olarak verilen Eşitlik 4.1’de her bir $k \in \{1, \dots, K\}$ aracının $i \in \{0, \dots, N + M\}$ noktasından $j \in \{0, \dots, N + M\}$ noktasına gidiş mesafelerinin toplamını minimize etmektedir.

4.2.2.Önce dağıt sonra topla milk-run problemi için kısıtlar

ÖDSTM-R tanımlayabilmek için aşağıda tanımlanan bazı kısıtlara ihtiyaç duyulmaktadır.

$$\sum_{i=1}^N (A_i \times U_{ik}) \leq C_k \times tour_k \quad \forall k \in \{1, \dots, K\} \quad (4.2)$$

$$\sum_{k=1}^K (U_{ik}) \geq 1 \quad \forall i \in \{1, \dots, N\} \quad (4.3)$$

$$\sum_{i=(N+1)}^{(N+M)} (B_i \times V_{ik}) \leq C_k \times tour_k \quad \forall k \in \{1, \dots, K\} \quad (4.4)$$

$$\sum_{k=1}^K (V_{ik}) \geq 1 \quad \forall i \in \{N + 1, \dots, N + M\} \quad (4.5)$$

$$\sum_{i=0}^N (X_{ijk}) = U_{jk} \quad \forall j \in \{i \neq j \mid 1, \dots, N\}, \forall k \in \{1, \dots, K\} \quad (4.6)$$

$$\sum_{i=0}^{(N+M)} (X_{ijk}) = V_{jk} \quad \forall j \in \{i \neq j \mid N+1, \dots, N+M\}, \forall k \in \{1, \dots, K\} \quad (4.7)$$

$$\sum_{j=0}^{(N+M)} (X_{ijk}) = U_{ik} \quad \forall i \in \{i \neq j \mid 1, \dots, N\}, \forall k \in \{1, \dots, K\} \quad (4.8)$$

$$\sum_{j=0 \cup j=(N+1)}^{(N+M)} (X_{ijk}) = V_{ik} \quad \forall i \in \{i \neq j \mid N+1, \dots, N+M\}, \forall k \in \{1, \dots, K\} \quad (4.9)$$

$$\sum_{j=1}^{(N+M)} (X_{0jk}) = 1 \quad \forall k \in \{1, \dots, K\} \quad (4.10)$$

$$\sum_{i=1}^{(N+M)} (X_{i0k}) = 1 \quad \forall k \in \{1, \dots, K\} \quad (4.11)$$

$$\sum_{i=0}^N \sum_{j=0 \cup j=(N+1)}^{(N+M)} (X_{ijk}) = 1 \quad \forall k \in \{1, \dots, K\} \quad (4.12)$$

$$\begin{aligned} BM \times (1 - X_{ijk}) + \cos_{ijk} \\ \geq C_{ij} \times tour_k \end{aligned} \quad \forall i, j \in \{1, \dots, N\}, \forall k \in \{1, \dots, K\} \quad (4.13)$$

$$\begin{aligned} -BM \times (1 - X_{ijk}) + \cos_{ijk} \\ \leq C_{ij} \times tour_k \end{aligned} \quad \forall i, j \in \{1, \dots, N\}, \forall k \in \{1, \dots, K\} \quad (4.14)$$

$$X_i^{1,2} + \dots + X_i^{s,1} \leq S - 1 \quad \begin{aligned} &\forall S \in \{2, \dots, N+M\}, \\ &\forall i^1, \dots, i^S \in \{1, \dots, N+M\}, \\ &\forall k \in \{1, \dots, K\} \end{aligned} \quad (4.15)$$

$$U_{ik}, V_{ik}, X_{ijk} \in \{0, 1\} \quad \forall i, j \in \{1, \dots, N\}, \forall k \in \{1, \dots, K\} \quad (4.16)$$

$$tour_k, \cos_{ijk} \geq 0 \quad \forall i, j \in \{1, \dots, N\}, \forall k \in \{1, \dots, K\} \quad (4.17)$$

Eşitlik 4.2, $\forall k \in \{1, \dots, K\}$ aracının rotası üzerinde bulunan tüm dağıtım merkezlerine dağıttığı ürün miktarları toplamının araç kapasitesini açmamasını sağlar. Eşitlik 4.3, $\forall i \in \{1, \dots, N\}$ dağıtım noktasına en az bir aracın geleceğini sağlar. Eşitlik 4.4, $\forall k \in \{1, \dots, K\}$ aracının rotası üzerinde bulunan tüm toplama merkezlerinden topladığı ürün miktarları toplamının araç kapasitesini açmamasını sağlar. Eşitlik 4.5, $\forall i \in \{N + 1, \dots, N + M\}$ toplama noktasına en az bir aracın geleceğini sağlar. Eşitlik 4.6, $\forall k \in \{1, \dots, K\}$ aracının herhangi bir $j \in \{1, \dots, N\}$ dağıtım merkezinde bulunuyorsa, bu dağıtım merkezine depodan veya herhangi bir başka dağıtım merkezinden gelmesini sağlar. Eşitlik 4.7, $\forall k \in \{1, \dots, K\}$ aracının herhangi bir $j \in \{N + 1, \dots, N + M\}$ toplama merkezinde bulunuyorsa, bu toplama merkezine depo dahil herhangi bir başka noktadan geleceğini sağlar. Eşitlik 4.8, $\forall k \in \{1, \dots, K\}$ aracının herhangi bir $i \in \{1, \dots, N\}$ dağıtım merkezinde bulunuyorsa, bu dağıtım merkezinden depo dahil herhangi bir başka noktaya gitmesini sağlar. Eşitlik 4.9, $\forall k \in \{1, \dots, K\}$ aracının herhangi bir $i \in \{N + 1, \dots, N + M\}$ toplama merkezinde bulunuyorsa, bu toplama merkezinden depo veya herhangi bir başka toplama merkezine gitmesini sağlar. Eşitlik 4.10, $\forall k \in \{1, \dots, K\}$ aracının depodan herhangi bir dağıtım veya herhangi bir toplama merkezine gideceğini sağlar. Eşitlik 4.11, $\forall k \in \{1, \dots, K\}$ aracının herhangi bir dağıtım veya herhangi bir toplama merkezinden depoya gelmesini sağlar. Eşitlik 4.12, $\forall k \in \{1, \dots, K\}$ aracının depodan veya herhangi bir dağıtım merkezinden, herhangi bir toplama merkezine yalnızca bir kez geçebileceğini ifade eder. Eşitlik 4.13 ve Eşitlik 4.14, $\forall k \in \{1, \dots, K\}$ aracının $\forall i, j \in \{1, \dots, N\}$ şehirlerinde kat ettiği toplam mesafenin ölçülmesi için kullanılır. Eşitlik 4.13'te, eğer $X_{ijk} = 1$ olursa yani $k \in \{1, \dots, K\}$ aracının $i, j \in \{1, \dots, N\}$ şehirleri arasına atanırsa, kısıt $cos_{ijk} \geq c_{ij} \times tour_k$ halini alacaktır, tam tersi durumda ise kısıt pasifleşecektir. Eşitlik 4.14'te de, eğer $X_{ijk} = 1$ olursa yani $k \in \{1, \dots, K\}$ arası $i, j \in \{1, \dots, N\}$ şehirleri arasına atanırsa, kısıt $cos_{ijk} \leq c_{ij} \times tour_k$ halini alacaktır, tam tersi durumda ise kısıt pasifleşecektir. Dolayısıyla, Eşitlik 4.13 ve 4.14 eş zamanlı çalışan kısıtlar olduğu için $X_{ijk} = 1$ olduğu durumda $cos_{ijk} = c_{ij} \times tour_k$ olacaktır. Eşitsizlik 4.15 alt tur engelleme kısıdıdır. Depoyu kapsamayan her bir S adet noktanın bir dönen tur oluşmasını engellemektedir. Yani herhangi bir aracın tekrar başa dönmesi yalnızca depolarda mümkün olur. Eşitlik 4.16 ve Eşitlik 4.17 işaret kısıtlarıdır.

5. SÜT ÜRÜNLERİ ÜRETİMİ VE DAĞITIMI YAPAN BİR İŞLETMEDE UYGULAMA

Geliştirilen entegre matematiksel model için bir gerçek hayat uygulaması yapılmıştır. Sakarya da süt ürünleri üretimi yapan Güneşoğlu şirketi için veriler toplanmış ve haftalık araç rotaları çıkarılarak, mevcut durum ile karşılaştırılmıştır.

5.1.Şirket Hakkında Genel Bilgiler

1964 yılında Aziz Üzeyir GÜNEŞ tarafından Güneş Süt Mamulleri Şti. adı ile Sakarya’da bir aile şirketi olarak kurulmuştur. Gıda sektörüne yoğurt üreticiliği ile başlayan şirket, 1972 yılından sonra ayran ve kaşar peyniri üretmeye başlamıştır. Şirket yönetimi tarafından ilerleyen yıllarda, sadece kaşar peyniri üretme kararı alındı. Şirketin logosu Görsel 5.1’de verildiği gibidir.



Görsel 5.1. Güneşoğlu süt ürünleri şirketi logosu (Güneşoğlu Süt Ürünleri Şirketi, 2020)

1995 yılında Aziz Üzeyir Bey'in vefatından sonra Güneş Süt Gıda San. Tic. Ltd. Şti. olarak Muzaffer GÜNEŞ'in yönetiminde yeniden yapılanma sürecine başladı. Bu hareketle birlikte şirket için değişim süreci başladı. GÜNEŞ olan marka ismi GÜNEŞOĞLU olarak değiştirildi. "Kaliteyi, doğallığı ve Lezzeti bir arada bulabileceğiniz bir ürün" sloganı ile yola çıkan şirket ilk yıllarda günde 5 ton süt işleme kapasitesini, günümüzde 120–150 ton civarına çıkarmayı başardı. 2003 yılında Söğütlü 3. Organize sanayi bölgesinde yeni fabrika inşaatına başlamış ve 2006 yılı Nisan ayında günlük 300ton/gün kapasiteli yeni fabrikasında üretime geçmiştir. Şirketin hedefleri içerisinde bulunan MİLKİMUM marketler zincirinin ilkinin Sakarya'nın Ferizli İlçesinde açmıştır.

Yeni üretim tesisi ile ürün çeşitliliği artırılmış ve fabrikadaki teknolojik ekipmanlar kullanılarak yoğurt, ayran, beyaz peynir, kaşar peyniri, yöresel peynirler (dil, örgü, tel, çerkez, abaza), mozerella, tereyağı, lor, krema ve krem peynir üretilmektedir..

Güneşoğlu Süt Ürünleri şirketindeki üretim süreci, ham madde olarak gelen sütün fabrikaya girmesiyle başlamadığı gibi ürünün satışa hazır hale gelmesiyle de bitmemektedir. Şirket, geleneksel üretim politikasını, üretim öncesinin ve satış sonrasının bu sürecin içinde olduğunu kabul etmek suretiyle belirlemiştir. Bu anlamda ülkenin süt ve süt ürünleri sektörünün örnek bir kuruluşu olmak için çalışmaktadır. Şirket 8 farklı ürün(Ayran, Yoğurt, Kaşar Peyniri, Beyaz Peynir, Tereyağı, Lor Peyniri, Süzme Yoğurt

5.2 Milk Run Döğüsel Dağıtım sistem tasarlanması

Bilindiğı üzere işletmenin geleneksel ürün dağıtım sistemi doğrusal bir sistemden oluşmaktaydı. Yeni tasarlanan sistem Milk-Run olacağı için döğüsel bir sistem kurgulanmış olacak. Yani fabrikadan çıkan taşıyıcı bir araç birden fazla depolara ürün bırakarak geri işletmeye gelerek döğüsünü sağlayacaktır. Daha öncede belirttiğimiz gibi işletmede ürün miktarları ve gelen talepler sabit değerlerde kabul edilebildiğı için tasarlayacağımız dağıtım sisteminde Milk-Run' ın sabit hizmetler tipini kullanacağız. Milk-Run sabit hizmetler tipinin belirli bir çalışma algoritması olmadığından yeni tasarlanan sistemde biz şu adımları izledik.

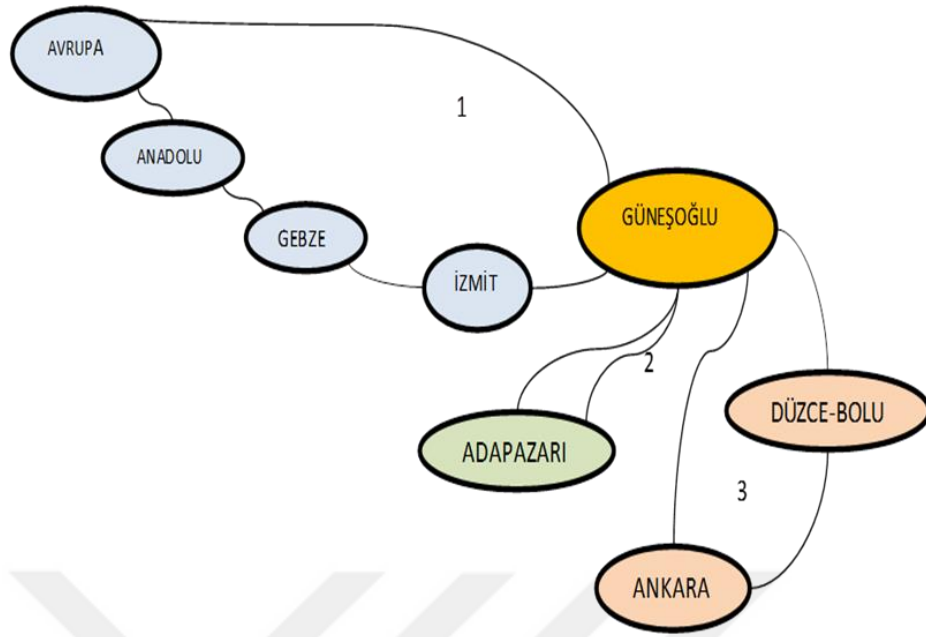
- 1-Araç döğü gruplarının oluşturulması,
- 2-Döğülerin ihtiyacı olan haftalık ürün miktarlarının hesaplanması,
- 3-Hesaplanan ürün miktarına göre araç rotalarının oluşturulması,
- 4-Performans göstergelerinin hesaplanması.

5.2.1.Döğü gruplarının oluşturması

Fabrika bulunduğu konumu itibariyle depoların merkezinde kaldığı söylenebilir. Depoların fabrikamızın sağında ve solunda olmak üzere bir şerit boyunca yayıldığını düşünebiliriz.

Depoları bulundukları bölgeler ve birbirlerine olan uzaklık değerleri göz önünde bulundurularak 3 gruba ayrılabiliriz. Avrupa, Anadolu, Gebze, İzmit 1. grubu, Adapazarı 2. grubu, son olarak ta Düzce-Bolu, Ankara 3. grubu oluşturur.

2. grubun sadece Adapazarı deposundan oluşmasının bazı sebepleri vardır. Bunların en başında fabrikaya en yakın depo olması gelir. Bunun yanında Adapazarı deposundan gelen talep miktarının diğer depolardan daha fazla olmasıdır. Talep miktarı en çok olan ve işletmeye en yakın olan depoyu bir döğü içerisine almak çok mantıklı bir işlem değildir.



Şekil 5.1. Depoların gruplanması

Tablo 5.1. Depolar arası uzaklık matrisi

DEPOLAR	AVRU PA	ANADO LU	ANKA RA	İZMİ T	ADAPAZ ARI	DÜZCE- BOLU	GEBZE
AVRUPA		35 km	450 km	115 km	160 km	260 km	70 km
ANADOLU			415 km	80 km	125 km	225 km	35 km
ANKARA				350 km	315 km	190 km	400 km
İZMİT					75 km	150 km	45 km
ADAPAZA RI						115 km	105 km
DÜZCE- BOLU							200 km
GEBZE							

Tablo 5.1 de depolar arasındaki uzaklıkları ifade eden matristen yararlanılarak aşağıda döngülerin uzunlukları hesaplanmıştır.

1. grubun aldığı toplam yol uzunluğu 425km' dir.

Güneşoğlu-İzmit: 75 km

İzmit-Gebze: 45 km

Gebze-Anadolu: 35 km

Anadolu-Avrupa: 35 km

Avrupa-**Güneşoğlu:** 235 km

2. grubun aldığı toplam yol uzunluğu 20 km' dir.

Güneşoğlu-Adapazarı: 10 km

Adapazarı-**Güneşoğlu:** 10 km

3.grubun aldığı toplam yol uzunluğu 715 km' dir.

Güneşoğlu-Düzce-Bolu: 150 km

Düzce-Bolu-Ankara: 190 km

Ankara-**Güneşoğlu:** 375 km +300 km Antalya.

5.2.2.Döngülerin ihtiyacı olan haftalık ürün miktarların hesaplanması

Grupların haftalık talep miktarları palet sayısınca hesaplanmıştır

Tablo 5.2. Grupların haftalık talep miktarı

Gruplar	Depolar	Ürünler					
		Ayran	Yoğurt	Kaşar P.	Beyaz P.	Tereyağı	Lor
1.Grup							
	Avrupa	110	15	60	7	3	2
	Anadolu	120	15	24	6	2	1
	Gebze	18	100	30	20	2	10
	İzmit	40	24	18	4	2	1

Toplam	634 Palet	288	154	132	37	9	14
2.Grup	Adapazarı	120	25	40	20	5	3
Toplam	213 Palet	120	25	40	20	5	3
3.Grup	Düzce-Bolu	20	9	2	2	0	1
	Ankara	56	20	4	1	1	3
Toplam	119 Palet	76	29	6	3	1	4

5.2.3.Araç rotaların oluşturulması

Depoların gruplandırılarak oluşturulduğu döngülerin haftalık talep miktarları Tablo 5.2 da hesaplanmıştı. Bu hesaplanan talep miktarları ve işletmenin sahip olduğu araç özelliklerinden yararlanılarak yeni bir haftalık araç rotaları belirlendi. Burada önceliğimiz talep miktarını karşılayacak şekilde araçların rotdanmasıdır. Ayrıca sistemdeki kısıtlarda göz önüne alınmıştır. Sistem kurulmadan önce alınan varsayımlarda da belirttiğimiz gibi paletlerin geri toplanmasında herhangi bir kısıt söz konusu değildir. Araçtan bir paletlik ürün boşaltıldığında açılan yere on tane palet dizilebilmektedir.

Tablo 5.3. Milk-Run araç rotaları

Gün Grup	Pazartesi	Salı	Çarşamba	Perşembe	Cuma	Cumartesi	Talep Miktarı
1. Grup (25 Sefer)	2X33 2X18	2X33 2X18	3X33 2X18	2X33 2X18	2X33 2X18	2X33 2X18	645>634
2. Grup (12 sefer)	1X20 1X18	1X20 1X18	1X20 1X18	1X20 1X18	1X20 1X18	1X20 1X18	228>213

3. Grup (6 sefer)	1X20	1X20	1X20	1X20	1X20	1X20	120>119
------------------------------	------	------	------	------	------	------	-------------------

5.2.4.Araç rotaların sonuçları

Geleneksel ürün dağıtım sisteminde olduğu gibi haftalık toplam alınan yol miktarı, sevkiyatta geçen toplam süre (yükleme ve boşaltma süreleri dahil) ve araç maliyetleri bizim Milk-Run sisteminde de performans göstergelerini oluşturur.

Tablo 5.4. Haftalık toplam alınan yol miktarı

Döngüler	Sefer Sayısı	Yol Uzunluğu	Haftalık Yol Uzunluğu
1. Grup	25	425 km	25X425= 10625
2. Grup	12	20 km	12X20=240
3. Grup	6	715 km+300km	6X715=4290
Toplam Haftalık Yol Uzunluğu			15455km

Tablo 5.4 ile Tablo 5.10 arasındaki farka bakıldığında 15455 kilometrelik toplam alınan mesafe 14340 kilometreye indirilmiştir. Yani işletme için 1115 kilometrelik bir fayda sağlanmıştır

Tablo 5.5. Haftalık sevkiyatta toplam geçen süre

Döngü grupları	Tır sefer sayısı	Kamyon sefer sayısı	Alınan Yol (km)	GEÇEN SÜRE HESABI	
1. Grup	13	12	425	$13X(2.5+425/80)+12X(2+425/80)$	189.31
2. Grup	0	12	20	$12X(2+20/80)$	27
3. Grup	0	6	715	$6X(2+715/80)$	65.62
SEVKİYATTA GEÇEN HAFTALIK TOPLAM SÜRE					281.935 saat

Toplam Süre = Tır sefer sayısı X (1.5+1+alınan yol/ort.hız) + Kamyon sefer sayısı X(1.5+0.5+alınan yol/ort.hız)

Tablo 5.5 ile Tablo 5.11 arasındaki farka bakıldığında 281.95 saat toplam zaman 192 saate indirilmiştir. Yani işletme 89saat bir fayda sağlanmıştır

5.3 Uygulama Verilerinin Toplanması

Süt ürünleri üretimi yapan Güneşoğlu şirketi, bünyesinde bulunan İstanbul (Avrupa), İstanbul (Anadolu), Ankara, Gebze, İzmit, Adapazarı, Antalya, Düzce-Bolu olmak üzere toplamda 8 adet depoya ürün sevkiyatı yapmaktadır. Mevcut durumda, depoların haftalık talep miktarlarına bağlı olarak araçların günlük olarak rotalaması yapılır ve sevkiyatı gerçekleştirilir. Araçlar, üzerinde barındırdıkları tüm ürünleri herhangi depolara bıraktıktan sonra boş ürünlerinde toplamasını yaparlar. Literatürde olan tüm problemlerde araç türleri homojendir, bu çalışmanın literatürdeki çalışmalardan farkı araçları heterojen olmasıdır. Problemdeki Araçlar farklı türlere ve farklı kapasitelere sahiptir. Böyle ki, aynı türden olan araçlar da farklı kapasitelerdedirler.

Şirkette kullanılan toplam 10 adet (2 tır,8 kamyon) araç mevcuttur. Araçların kapasiteleri palet cinsinden hesaplamaktadır. 33 palet kapasiteli, 2 Tır, 20 palet kapasiteli 1 Kamyon, 18 palet kapasiteli 4 Kamyon , 14 palet kapasiteli 1 Kamyon , 10 palet kapasiteli 1 Kamyon , 8 palet kapasiteli 1 Kamyon.

Şirket 8 farklı ürün,(Ayran, Yoğurt, Kaşar Peyniri, Beyaz Peynir, Tereyağı, Lor Peyniri, Süzme Yoğurt) üretip dağıtımını yapmaktadır. Araçların ortalama hızı 80 km/h. Amacımız mevcut verileri kullanarak matematiksel modeli uygulayıp optimum bir çözümü ve araçların rotalamaları elde etmektir.

Tablo 5.6. Güneşoğlu süt ürünlerin şirketi haftalık depo talepleri(ton)

Ürün Tipi	İstanbul (Avr.)	İstanbul (As.)	Ankara	Gebze	İzmit	Adapazarı	Antalya	Bolu
Ayran	55	60	28	9	20	55	1	10
Yoğurt	7.5	8	10	50	12	12	7	5
Kaşar Peyniri	30	12	2	15	9	20	4.5	1
Beyaz Peynir	3.5	4	0.5	10	2	10	0	1
Tereyağı	1.5	1	0.5	1	1	2.5	0	0
Lor Peyniri	1	0.5	1.5	6	0.5	1.5	2.5	0.5
Süzme Yoğurt	0	0	0	0	0	0	1.5	0
Toplam	98.5	85.5	42.5	91	44.5	101	16.5	17.5

Şirket ürünlerini standart paletler üzerinde taşımaktadır ve oluşturulacak planların da palet cinsinden istenmektedir. Şirkette bulunan her bir palet 0.5 tonluk ürün taşıyabilmektedir. Dolayısıyla Tablo 5.6’de ton cinsinden verilen talep miktarları Tablo 5.7’de palet cinsinden verilmiştir

Tablo 5.7. Güneşoğlu süt ürünleri şirketi haftalık depo talepleri (palet)

Ürün Tipi	İstanbul (Avr.)	İstanbul (As.)	Ankara	Gebze	İzmit	Adapazarı	Antalya	Bolu
Ayran	110	120	56	18	40	110	2	20
Yoğurt	15	16	20	100	24	24	14	10
Kaşar Peyniri	60	24	4	30	18	40	9	2
Beyaz Peynir	7	8	1	20	4	20	0	2
Tereyağı	3	2	1	2	2	5	0	0

Lor Peyniri	2	1	3	12	1	3	5	1
Süzme Yoğurt	0	0	0	0	0	0	3	0
Toplam	197	171	85	182	89	202	33	35

Şirkette dağıtım ve toplama için kullanılan 2 adet tır ve 8 adet kamyon bulunmaktadır. Yani, toplamda 10 adet araç ile sevkiyat gerçekleştirilmektedir. Sevkiyat için kullanılan bu araçların miktarları ve kapasiteleri (palet cinsinden) Tablo 5.8’de verildiği gibidir.

Tablo 5.8. . Güneşoğlu süt ürünleri şirketinin lojistik faaliyetleri için kullandığı araç bilgileri

Araç Tipi	Miktar	Kapasite (Palet)
Tır	2	33
Kamyon 1	1	20
Kamyon 2	4	18
Kamyon 3	1	14
Kamyon 4	1	10
Kamyon 5	1	8

Şirketin üretim tesisi ve sevkiyat gerçekleştireceği depoların kendi aralarındaki mesafe bilgileri Tablo 5.9’de kilometre cinsinden verildiği gibidir. Bu mesafe bilgileri için, İstanbul da Yavuz Sultan Selim köprüsünün yapılması ile birlikte tır ve kamyon geçişlerinin buradan sağlanacağı için, İstanbul (Avrupa) mesafeleri 30 kilometre arttırılmıştır.

Tablo 5.9. Güneşoğlu süt ürünleri şirketinin depoları arasındaki mesafeler (kilometre)

-den, -e	İstanbul (Avrupa)	Bolu	Adapazarı	Ankara	İzmit	Gebze	İstanbul (Asya)	Antalya
İstanbul (Avrupa)	0	265	150	375	125	75	10	570
Bolu	265	0	30	500	90	130	180	720
Adapazarı	150	30	0	460	50	90	140	680
Ankara	375	500	460	0	395	345	315	480
İzmit	125	90	50	395	0	50	100	640
Gebze	75	130	90	345	50	0	50	610
İstanbul (Asya)	10	180	140	315	100	50	0	580
Antalya	570	720	680	480	640	610	580	0

Tır ve kamyonların ortalama süratleri 80 km/saat olarak kabul edilmektedir. Şirketin lokasyonları arasındaki mesafeler bu ortalama süreye bölündüğünde, saat bazında ortalama yolculuk süresi bulunmaktadır. Ayrıca, tır ve kamyonlara ürün yüklemek ortalama 1.5 saat, tırlardan ürün boşaltmak 1 saat, kamyonlardan ürün boşaltmak 0.5 saat ve tır ve kamyonlara boş palet yüklemek 0.5 saat sürmektedir.

5.4 Uygulama Verilerinin Yapılması

Verilen tüm veriler ile ÖDSTM-R problemi GAMS kullanılarak kodlanmış ve EK-1 ile verilmiştir. Oluşturulan bu GAMS kodu IBM ILOG CPLEX kullanılarak Intel Xeon E5 işlemcili 32 GB ramli bilgisayarda çözülmüştür. Yaklaşık 2 saat sonucunda optimum sonuca ulaşılmıştır.

GAMS kodunun çalışması sonucunda ortaya çıkan M-R planı Tablo 5.10’de verildiği gibi oluşmuştur. Tablo 5.10’te de görüleceği gibi optimum sonuç olarak 14340 kilometre olarak bulunmuştur.

Tablo 5.10. Güneşoğlu süt ürünleri şirketinin yeni Milk-Run araç planı

-den, -e	Rota	Atılan Tur Miktarı	Toplam Alınan Yol	Tur Başına Alınan Yol	Tur Başına Sürüş Saati
Tır – 1	Tesis – Ankara (D) – Ankara (T) – Tesis	3	2250 kilometre	750 kilometre	9,375
Tır – 2	Tesis – İstanbul (Anadolu) (D) – İstanbul (Avrupa) (D) – İstanbul (Avrupa) (T) – İstanbul (Anadolu) (T) – Tesis	10	4320 kilometre	432 kilometre	5,400
Kamyon 1	Tesis – Gebze (D) – Gebze (T) – Tesis	10	2500 kilometre	250 kilometre	3,125
Kamyon 2 – 1	Tesis – Bolu (D) – Bolu (T) – Tesis	2	600 kilometre	300 kilometre	3,750
Kamyon 2 – 2	Tesis – Antalya (D) – Antalya (T) – Tesis	2	2440 kilometre	1220 kilometre	15,250
Kamyon 2 – 3	Tesis – Adapazarı (D) – Adapazarı (T) – Tesis	12	120 kilometre	10 kilometre	0,250
Kamyon 2 – 4	Tesis – İzmit (D) – İzmit (T) – Tesis	5	750 kilometre	150 kilometre	1,875
Kamyon 3	Tesis – Adapazarı (D) – Tesis	15	150 kilometre	10 kilometre	0,250
Kamyon 2 – 4	Tesis – İzmit (D) – İzmit (T) – Tesis	5	750 kilometre	150 kilometre	1,875
Kamyon 3	Tesis – Adapazarı (D) – Tesis	15	150 kilometre	10 kilometre	0,250
Kamyon 4	Tesis – Adapazarı (T) – Tesis	21	210 kilometre	10 kilometre	0,250
Kamyon 5	Tesis – Adapazarı (T) – Tesis	26	260 kilometre	10 kilometre	0,250
TOPLAM			14340 kilometre		192 Saat

Şirket bünyesinde şu anda kullanılan M-R planı ise Tablo 5.10’da verildiği gibidir.

Tablo 5.11. Güneşoğlu süt ürünleri şirketinin mevcut araç rotaları

Depo	Sefer	Alınan Yol	Toplam
AVRUPA	11	11X2X235	5170 KM
ANADOLU	9	9X2X150	2700
ANKARA	5	5X2X375	3750
İZMİT	6	6X2X75	900
ADAPAZARI	6	6X2X10	120
DÜZCE-BOLU	3	3X2X150	900
GEBZE	11	11X2X125	2750
TOPLAM SAYISI	SEVK 51	HAFTALIK MİKTARI(KM)	TOPLAM ALINAN YOL 16290 KM

Tablo 5.10 ile Tablo 5.11 arasındaki farka bakıldığında 16290 kilometrelik toplam alınan mesafe 14340 kilometreye indirilmiştir. Yani işletme için 1950 kilometrelik bir fayda sağlanmıştır

6. SONUÇ

Çalışma kapsamında Önce Topla Sonra Dağıt Milk-Run (ÖDSTM-R) problemi için bir Karışık Tam-Sayılı Matematiksel Model geliştirilmiştir. Gerçek bir veri seti üzerinde yapılan deneysel sonuçlar sonucunda, mevcutta kullanılan M-R planına göre toplam kat edilen mesafenin oldukça iyileştirildiği ortaya çıkartılmıştır.

İlerleyen çalışmalarda, her ne kadar kabul edilebilir süreler içerisinde optimum sonuca ulaşılsa da daha büyük problemleri çözmek için bir çözüm yöntemi geliştirilebileceği gibi şu anki matematiksel modelin performansını daha iyi analiz etmek için başka veri setleri üzerinde denemeler de yapılabilecektir. Uygulamada yer alan Milk-Run sistemi ile geleneksel yöntem mukayese edilmiş, toplam kat edilen mesafe ve rota sayısında değişimler değerlendirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda Milk-Run sisteminin uygulanmasında toplam zaman, kat edilen mesafe, düşüşler gözlemlenmiştir.

Yapmış olduğumuz bu tez çalışmasında milk-run sistem üzerinde durulmuş öncelikle konu ile ilgili literatür taraması yapılarak sonuçlar incelenerek, yorumlanmıştır. Özellikle işletmelerin lojistik bölümünde bu sistemin kullanıldığı görülmektedir. İşletmeden elde edilen bilgiler sonucunda bir model oluşturulmuş ve bu modelin çözümü için GAMS Programı kullanılmıştır.

KAYNAKÇA

- (2020, Ocak 5). Güneşoğlu Süt Ürünleri Şirketi: <http://www.gunesoglu.com.tr/> adresinden alındı
- Aragao Jr., D. P., Novaes, A. G., & Luna, M. M. (2019). An agent-based approach to evaluate collaborative strategies in milk-run OEM operations. *Computers & Industrial Engineering*, 129, 545-555. doi:10.1016/j.cie.2019.01.026
- Arvidsson, N. (2013). The milk run revisited: A load factor paradox with economic and environmental implications for urban freight transport. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 51, 56-62. doi:10.1016/j.tra.2013.04.001
- Basnet, C., Foulds, L. R., & Wilson, J. M. (1999). An exact algorithm for a milk tanker scheduling and sequencing problem. *Annals of Operations Research*, 86, 559-568. doi:10.1023/A%3A1018943910798
- Bocewicz, G., Nielsen, I., & Zbigniew, B. (2019). A decision support model for prototyping in-plant milk-run traffic systems. *9th IFAC Conference on Manufacturing Modeling and Control MIM 2019* (s. 814-819). Berlin, Germany: IFAC. doi:10.1016/j.ifacol.2019.11.230
- Bocewicz, G., Nielsen, P., & Zbigniew, B. (2019). Milk-run routing and scheduling subject to different pick-up/delivery profiles and congestion-avoidance constraints. *10th IFAC Symposium on Intelligent Autonomous Vehicles IAV 2019* (s. 313-320). Gdansk, Poland: IFAC. doi:10.1016/j.ifacol.2019.08.089
- Croxton, K., Garcia-Dastugue, S., Lambert, D., & D., R. (2001). The Supply Chain Management Processes. *International Journal of Logistics Management*, 12(2), 13-36. doi:10.1108/09574090110806271
- Emde, S., Abedinnia, H., & Glock, C. H. (2018). Scheduling electric vehicles making milk-runs for just-in-time delivery. *IIE Transactions*, 50, 1013-1025. doi:10.1080/24725854.2018.1479899

- Gotthardt, S., Hulla, M., Eder, M., Karre, H., & Ramsauer, C. (2019). Digitalized milk-run system for a learning factory assembly line. *Procedia Manufacturing*, 31, 175-179. doi:10.1016/j.promfg.2019.03.028
- Güner, A. R., Murat, A., & Chinnam, R. B. (2017). Dynamic routing for milk-run tours with time windows in stochastic time-dependent networks. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 97, 251-267. doi:10.1016/j.tre.2016.10.014
- Hosseini, S. D., Shirazi, M. A., & Karimi, B. (2014). Cross-docking and milk run logistics in a consolidation network: A hybrid of harmony search and simulated annealing approach. *Journal of Manufacturing Systems*, 33(4), 567-577. doi:10.1016/j.jmsy.2014.05.004
- Kehoe, D., & Boughton, N. (2001). Internet based supply chain management: A classification of approaches to manufacturing planning and control. *International Journal of Operations & Production Management*, 21(4), 516-525. doi:10.1108/01443570110381417
- Kilic, H. S., Durmusoglu, M. B., & Baskak, M. (2012). Classification and modeling for in-plant milk-run distribution systems. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 62, 1135-1146. doi:10.1007/s00170-011-3875-4
- Klenk, E., & Galka, S. (2019). Analysis of real-time tour building and scheduling strategies for in-plant milk-run systems with volatile transportation demand. *9th IFAC Conference on Manufacturing Modelling, Management and Control MIM 2019* (s. 2110-2115). Berling, Germany: IFAC. doi:10.1016/j.ifacol.2019.11.517
- Klenk, E., Galka, S., & Günthner, W. A. (2015). Operating Strategies for In-Plant Milk-Run Systems. *15th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing: INCOM 2015* (s. 1882-1887). Ottawa, Canada: IFAC. doi:10.1016/j.ifacol.2015.06.361
- Kluska, K., & Pawlewski, P. (2018). The use of simulation in the design of Milk-Run intralogistics systems. *16th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing INCOM 2018* (s. 1428-1433). Bergamo, Italy: IFAC. doi:10.1016/j.ifacol.2018.08.314

- Kopczak, L. R. (1997). Logistics partnership and supply chain restructuring: survey results from the US computer industry. *Production and Operations Management*, 6(3), 226-247. doi:10.1111/j.1937-5956.1997.tb00428.x
- Korytkowski, P., & Karkoszka, R. (2016). Simulation-based efficiency analysis of an in-plant milk-run operator under disturbances. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 82, 827-837. doi:10.1007/s00170-015-7442-2
- Lee, H., & Billington, C. (1992). Managing Supply Chain Inventory: Pitfalls and Opportunities. *Sloan Management Review*, 33(3), 65-73.
- Mao, Z., Huang, D., Fang, K., & Lu, D. (2019). Milk-run routing problem with progress-lane in the collection of automobile parts. *Annals of Operations Research*, 1-28. doi:10.1007/s10479-019-03218-x
- Mei, H., Jingshuai, Y., Teng, M. A., Xiuli, L., & Ting, W. (2017). The Modeling of Milk-run Vehicle Routing Problem Based on Improved C-W Algorithm that Joined Time Window. *World Conference on Transport Research - WCTR 2016* (s. 716-728). Shanghai, China: Transportation Research Procedia. doi:10.1016/j.trpro.2017.05.453
- Nemoto, T., Hayashi, K., & Hashimoto, M. (2010). Milk-run logistics by Japanese automobile manufacturers in Thailand. *The Sixth International Conference on City Logistics* (s. 5980-5989). Puerto Vallarta, Mexico: Procedia - Social and Behavioral Sciences. doi:10.1016/j.sbspro.2010.04.012
- Novaes, A. G., Bez, E. T., Burin, P. J., & Aragao Jr., D. P. (2015). Dynamic milk-run OEM operations in over-congested traffic conditions. *Computers & Industrial Engineering*, 88, 326-340. doi:10.1016/j.cie.2015.07.010
- Özdemir, A. İ. (2004). Tedarik zinciri yönetiminin gelişimi, süreçleri ve yararları. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 23, 87-96.
- Ranjbaran, F., Kashan, A. H., & Kazemi, A. (2019). Mathematical formulation and heuristic algorithms for optimisation of auto-part milk-run logistics network considering forward and reverse flow of pallets. *International Journal of Production Research*. doi:0.1080/00207543.2019.1617449

- Sadjadi, S. J., Jafari, M., & Amini, T. (2009). A new mathematical modeling and a genetic algorithm search for milk run problem (an auto industry supply chain case study). *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 44, 194-200. doi:10.1007/s00170-008-1648-5
- Shaw, W. (2000). Distinguishing the critical success factors between e-commerce, enterprise resource planning and supply chain management. *Proceeding of International Engineering Management Conference*, (s. 150). New Mexico, USA.
- Staab, T., Klenk, E., Galka, S., & Günthner, W. A. (2016). Efficiency in in-plant milk-run systems—The influence of routing strategies on system utilization and process stability. *Journal of Simulation*, 10, 137-143. doi:10.1057/jos.2015.6
- Tan, K. C., Kannan, V. R., & Handfield, R. B. (1998). Supply chain Management: supplier performance and firm performance. *International Journal of Purchasing and Material Management*, 34(3), 2-9.
- Urru, A., Bonini, M., & Echelmeyer, W. (2018). Planning and dimensioning of a milk-run transportation system considering the actual line consumption. *15th IFAC Symposium on Control in Transportation Systems CTS 2018* (s. 404-409). Savona, Italy: IFAC. doi:10.1016/j.ifacol.2018.07.066
- Yürekli, A. (2019). Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzu. *Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, 1-12.

EKLER

EK-1. GAMS Kodu

SETS

I Musteriler /1*17/

K Arac Sayisi /1*10/;

ALIAS(I,J)

SCALARS

NUMK Arac Sayisi /10/

N Dagitim Yapilacak Musteri Sayisi /8/

M Toplama Yapilacak Musteri Sayisi /8/

DEPOT Deponun Yeri /17/

BM Büyük bir Sayı /99999999/;

PARAMETERS

A(I) I. Musterinin Dagitim Talebi /1 197, 2 171, 3 85, 4 182, 5 89, 6 202, 7 33, 8 35, 9 0, 10 0, 11 0, 12 0, 13 0, 14 0, 15 0, 16 0, 17 0/

B(I) I. Musterinin Toplama Talebi /1 0, 2 0, 3 0, 4 0, 5 0, 6 0, 7 0, 8 0, 9 197, 10 171, 11 85, 12 182, 13 89, 14 202, 15 33, 16 35, 17 0/

CAP(K) K. Aracin Kapasitesi /1 33, 2 33, 3 20, 4 18, 5 18, 6 18, 7 18, 8 14, 9 10, 10 8/;

TABLE

C(I,J) I. Musteriden J. Musteriye Gitmenin Maliyeti

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17				
1	9999	30	500	90	130	180	720	285	0	
30	500	90	130	180	720	285	265			
2	30	9999	460	50	90	140	680	245	30	
0	460	50	90	140	680	245	150			
3	500	460	9999	395	345	315	480	185	500	
460	0	395	345	315	480	185	375			
4	90	50	395	9999	50	100	640	210	90	
50	395	0	50	100	640	210	125			
5	130	90	345	50	9999	50	610	160	130	
90	345	50	0	50	610	160	75			
6	180	140	315	100	50	9999	580	125	180	
140	315	100	50	0	580	125	10			
7	720	680	480	640	610	580	9999	640	720	
680	480	640	610	580	0	640	610			
8	285	245	185	210	160	125	640	9999	285	
245	185	210	160	125	640	0	150			
9	0	30	500	90	130	180	720	285	9999	
30	500	90	130	180	720	285	265			
10	30	0	460	50	90	140	680	245	30	
9999	460	50	90	140	680	245	150			

11	500	460	0	395	345	315	480	185	500
460	9999	395	345	315	480	185	375		
12	90	50	395	0	50	100	640	210	90
50	395	9999	50	100	640	210	125		
13	130	90	345	50	0	50	610	160	130
90	345	50	9999	50	610	160	75		
14	180	140	315	100	50	0	580	125	180
140	315	100	50	9999	580	125	10		
15	720	680	480	640	610	580	0	640	720
680	480	640	610	580	9999	640	610		
16	285	245	185	210	160	125	640	0	285
245	185	210	160	125	640	9999	150		
17	285	150	375	125	75	10	570	150	285
150	375	125	75	10	570	150	9999;		

BINARY VARIABLES

U(I,K) I. Dagitim Noktasi K. Arac Tarafindan Ziyaret Ediliyorsa 1

V(J,K) J. Toplama Noktasi K. Arac Tarafindan Ziyaret Ediliyorsa 1

X(I,J,K) K. Arac I. Musteriden J. Musteriye Geciyorsa 1;

INTEGER VARIABLES

TOUR(K) K. Aracin Attigi Tur Sayisi

VARIABLES

Z Amac Fonksiyonu

R(I,K) K. Aracın I. Düğüm Noktasından Hemen Önce Üzerinde Bulundurduğu
Ürün Miktarı

T(I,K) K. Aracın I. Düğüm Noktasından Hemen Sonra Üzerinde Bulundurduğu
Ürün Miktarı

;

POSITIVE VARIABLES

COS(I,J,K) K. Aracın I. Şehirden J. Şehire Giderken Yaptığı Toplam Mesafe;

EQUATIONS

EQ1 EQ2 EQ3 EQ4 EQ51 EQ52 EQ61 EQ62 EQ7 EQ8

EQ9 EQ10 EQ11 EQ12_1 EQ12_2 EQ13_1 EQ13_2 EQ14 EQ15 EQ16 EQ17
EQ18 EQ19

OBJECTIVE;

EQ1(K).. SUM(I \$ (ORD(I) <= N),

(A(I))*U(I,K)) =I= CAP(K)*TOUR(K);

EQ2(I) \$ ((ORD(I) <= N).. SUM(K, U(I,K)) =g= 1; EQ3(K).. SUM(I
\$ ((ORD(I) >= N+1) AND

(ORD(I) <= N+M)), (B(I))*V(I,K)) =l= CAP(K)*TOUR(K);

EQ4(I) \$ ((ORD(I) >= N+1) AND (ORD(I) <= N+M).. SUM(K, V(I,K)) =g=
1;

EQ51(J,K) \$ (ORD(J) <= N).. SUM(I \$ ((ORD(I) <= N)

OR (ORD(I) = DEPOT)), X(I,J,K)) =e= U(J,K);

EQ52(J,K) \$ ((ORD(J) >= N+1) AND (ORD(J) <= N+M)..SUM(I \$

((ORD(I) <= N+M) OR (ORD(I) = DEPOT)), X(I,J,K)) =e= V(J,K);

EQ61(I,K) \$ (ORD(I) <= N).. SUM(J \$ ((ORD(J) <=

N+M) OR (ORD(J) = DEPOT)), X(I,J,K)) =e= U(I,K);

EQ62(I,K) \$ ((ORD(I) >= N+1) AND (ORD(I) <= N+M).. SUM(J \$

((ORD(J) >= N+1) AND ORD(J) <= N+M) OR (ORD(J) = DEPOT)), X(I,J,K))
=e= V(I,K);

EQ7(K).. SUM(I \$ (ORD(I) = DEPOT),

SUM(J \$ (ORD(J) <= N+M), X(I,J,K))) =e= 1;

EQ8(K).. SUM(I \$ (ORD(I) <= N+M),

SUM(J \$ (ORD(J) = DEPOT), X(I,J,K))) =e= 1;

EQ9(K).. SUM(I \$ ((ORD(I) <= N) OR
 (ORD(I) = DEPOT)), SUM(J \$ ((ORD(J) = DEPOT) OR ((ORD(J) >= N+1)
 AND
 (ORD(J) <= N+M))), X(I,J,K))) =e= 1;

EQ10(I,J,K).. BM*(1 - X(I,J,K)) + COS(I,J,K)
 =g= TOUR(K)*C(I,J);

EQ11(I,J,K).. -BM*(1 - X(I,J,K)) + COS(I,J,K)
 =l= TOUR(K)*C(I,J);

EQ12_1(I,J,K) \$ ((ORD(I) <= N+M) AND (ORD(J) <= N+M) AND (ORD(I) <>
 ORD(J))).. R(J,K) - R(I,K) + CAP(K)*TOUR(K) - BM*(1 - X(I,J,K)) =l=
 CAP(K)*TOUR(K) - A(I);

EQ12_2(I,J,K) \$ ((ORD(I) <= N+M) AND (ORD(J) <= N+M) AND (ORD(I) <>
 ORD(J))).. R(J,K) - R(I,K) - BM*(1 - X(I,J,K)) + (CAP(K)*TOUR(K) - A(I) - A(J)) =l=
 CAP(K)*TOUR(K) - A(I);

EQ13_1(I,J,K) \$ ((ORD(I) <= N+M) AND (ORD(J) <= N+M) AND (ORD(I) <>
 ORD(J))).. T(J,K) - T(I,K) + CAP(K)*TOUR(K) - BM*(1 - X(I,J,K)) =l=
 CAP(K)*TOUR(K) - B(I);

EQ13_2(I,J,K) \$ ((ORD(I) <= N+M) AND (ORD(J) <= N+M) AND (ORD(I) <>
 ORD(J))).. T(J,K) - T(I,K) - BM*(1 - X(I,J,K)) + (CAP(K)*TOUR(K) - B(I) - B(J)) =l=
 CAP(K)*TOUR(K) - B(I);

EQ14(I,K) \$ (ORD(I) <= N+M).. R(I,K) =g= A(I) + SUM(J \$ ((ORD(J) <= N+M)
 AND (ORD(I) <> ORD(J))), A(J)*X(J,I,K));

EQ15(I,K) \$ (ORD(I) <= N+M).. R(I,K) + T(I,K) - A(I)

=I= CAP(K)*TOUR(K);

EQ16(I,J,K) \$ ((ORD(I) <= N+M) AND (ORD(J) = DEPOT)).. R(I,K)

=I= CAP(K)*TOUR(K) - (CAP(K)*TOUR(K) - A(I)) + BM*(1 - X(I,J,K));

EQ17(I,K) \$ (ORD(I) <= N+M).. T(I,K) =g= B(I) + SUM(J \$ ((ORD(J) <= N+M) AND (ORD(I) <> ORD(J))), B(J)*X(J,I,K));

EQ18(I,J,K) \$ ((ORD(I) <= N+M) AND (ORD(J) = DEPOT)).. T(I,K)

=I= CAP(K)*TOUR(K) - (CAP(K)*TOUR(K) - B(I)) + BM*(1 - X(J,I,K));

OBJECTIVE.. Z =e= SUM(I, SUM(J, SUM(K, COS(I,J,K))));

option optCR = 0;

option reslim = 999999999;

MODEL case1 /all/;

SOLVE case1 using MIP minimizing Z;

DISPLAY X.l;

DISPLAY tour.l;

DISPLAY COS.l;

EK-2. GAMS ÇIKTISI

**** REPORT SUMMARY : 0 NONOPT

0 INFEASIBLE

0 UNBOUNDED

GAMS 25.1.3 r4e34d435fbd Released Oct 30, 2018 WEX-WEI x86 64bit/MS Windows
01/16/99 16:15:55 Page 6

General Algebraic Modeling System Execution

----- 114 VARIABLE X.L K. Arac I. Musteriden J. Musteriye Geciyorsa 1

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

1 .9	1.000				
------	-------	--	--	--	--

2 .1	1.000				
------	-------	--	--	--	--

3 .11		1.000			
-------	--	-------	--	--	--

4 .12			1.000		
-------	--	--	-------	--	--

5.13 1.000

7.15 1.000

8.16 1.000

9.10 1.000

10.17 1.000

11.17 1.000

12.17 1.000

13.17 1.000

15.17 1.000

16.17 1.000

17.2 1.000

17.3 1.000

17.4 1.000

17.5 1.000

17.7 1.000

17.8 1.000

+ 7 8 9 10

6.17 1.000 1.000 1.000

14.17 1.000

17.6 1.000 1.000 1.000

17.14 1.000

---- 115 VARIABLE TOUR.L K. Aracin Attigi Tur Sayisi

1 12.000, 2 3.000, 3 10.000, 4 2.000, 5 2.000, 6 5.000

7 12.000, 8 15.000, 9 21.000, 10 26.000

---- 116 VARIABLE COS.L K. Aracin I. Şehirden J. Şehire Giderken Yaptığı Top
lam Mesafe

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

2 .1	360.000
------	---------

9 .10	360.000
-------	---------

10.17	1800.000
-------	----------

11.17	1125.000
-------	----------

12.17	1250.000
-------	----------

13.17	375.000
-------	---------

15.17	1220.000
-------	----------

16.17	
-------	--

300.000	
---------	--

17.2	1800.000
------	----------

17.3 1125.000

17.4 1250.000

17.5 375.000

17.7 1220.000

17.8 300.000

+ 7 8 9 10

6 .17 120.000 150.000 260.000

14.17 210.000

17.6 120.000 150.000 260.000

17.14 210.000

ÖZGEÇMİŞ

ORCID NO: 0000-0003-4162-877X

1991 yılında Sırbistan’da bulunan Sancak Boşnak bölgesinde doğdum. İlkokul ve ortaokulu Sancakta bitirdim. Lisansımı Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri bölümünde bitirdim. Sonra bir süre özel sektörde kendi alanımda çalıştım. 2017 yılında Anadolu Üniversitesi (Eskişehir Teknik Üniversitesi)’nde Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği dalında yüksek lisansta okuma hakkı kazandım.

