



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TAM ZAMANINDA ÜRETİM SİSTEMLERİNDE LOJİSTİK
OPERASYONLARIN OPTİMİZASYONU

İlkay YILMAZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA-2010



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TAM ZAMANINDA ÜRETİM SİSTEMLERİNDE LOJİSTİK
OPERASYONLARIN OPTİMİZASYONU

İlkay YILMAZ

Prof. Dr. Erdal EMEL
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA-2010

T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TAM ZAMANINDA ÜRETİM SİSTEMLERİNDE LOJİSTİK
OPERASYONLARIN OPTİMİZASYONU

İlkay YILMAZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 23/09/2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof.Dr. Erdal EMEL
Danışman

Prof.Dr. Feray ÇELİKÇAPA
Jüri Üyesi

Yrd.Doç.Dr. Mehmet AKANSEL
Jüri Üyesi

ÖZET

Tam zamanında üretim sistemi ilk kez Japonya'da ortaya çıkmış ve buradan tüm dünyaya yayılmış bir üretim sistemidir. Bu üretim sisteminin israfa ve maliyetlere duyarlı olması, israfı ve maliyetleri azaltıcı yönde çalışmayı gerektirmesi sebebi ile özellikle üretim sektörlerinde çok önemlidir. Tam zamanında üretim sistemi ile çalışan firmalar için en kritik nokta tedarik zinciri yönetimidir. Düşük stok seviyeleri ile çalışılan ortamda tedarikçilerden toplanan alt parçaların zamanında temin edilmesi çok önemlidir. Günümüz rekabet koşullarında maliyetlerini düşük tutan firmalar pazarda avantajlı durumdadırlar. Tam zamanında üretim sisteminde tedarik süreci lojistik maliyetleri oldukça önemli yer tutmaktadır. Bu çalışmada Tam Zamanında Üretim sisteminde lojistik operasyonları incelenmiştir. Tedarik zincirinde en önemli maliyet unsuru olan taşımaların önerilen bir matematiksel model ile optimizasyon çalışması gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen karışık tamsayılı programlama modeli, müşteri ile tedarikçi arasındaki taşımalarda, araçları -istenilen ürünü, istenilen zamanda ve istenilen miktarda olacak şekilde- optimum yüklemektedir. Model bir uygulama olarak TOYOTA ile tedarikçisi TOYOTETSU arasında varolan Milk-Run toplama operasyonlarında uygulanmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Taşıma ve Yükleme Optimizasyonu, Tam Zamanında Üretim, Lojistik Maliyetleri, Çekme Sistemi, Tamsayılı Programlama.

ABSTRACT

Just In Time (JIT) production system has emerged for the first time in Japan and spread all over the world since then. This production system is sensitive to any kind of waste and the associated costs. Therefore, its philosophy requires elimination of waste and cost not only in production but also in other sectors. Among other fields of use, the most critical area for companies utilizing JIT system is the supply chain management. To supply sub-components from suppliers on a timely manner is critical for low inventory levels. Companies which can manage to keep their costs low, will certainly have a competitive advantage in the market. In this study the logistic operations of JIT production system have been examined. Optimization study was carried out with a proposed mathematical model for minimizing the transportation cost which is the most important cost item in a supply chain. A mixed integer programming model optimizes the load in transportation between a customer and its supplier while satisfying time and quantity constraints. The model has been implemented to a Milk-Run pick-up and delivery operation between TOYOTA and its supplier TOYOTETSU. The results clearly indicate to reduced costs.

Key Words: Transportation and Loading Optimization, Just In Time Production, Logistic Costs, Pull System, Mixed Integer Programming.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEZ ONAY SAYFASI.....	II
ÖZET.....	III
ABSTRACT.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
KISALTMALAR DİZİNİ.....	VII
TABLolar DİZİNİ.....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
SİMGELER DİZİNİ.....	X
1. GİRİŞ.....	1
2. TEMEL MATERYALLER VE LİTERATÜR TARAMASI.....	3
2.1. Tam Zamanında Üretim Sistemi.....	3
2.1.1. Tanımı.....	3
2.1.2. Tarihçe.....	3
2.1.3. Tam Zamanında Üretim Sisteminin Temelleri.....	4
2.1.3.1. Çekme Sistemi.....	4
2.1.3.2. Kanban.....	5
2.1.3.3. Tek Parça Akışı	6
2.1.3.4. Heijunka (Sıralı Üretim).....	6
2.1.3.5. Jidoka (Otonomasyon).....	7
2.1.4. Tedarikçilerin Önemi.....	8
2.2. Tedarik Zinciri Yönetimi.....	9
2.2.1. Tedarik Zinciri Yönetimi Kavramı.....	9
2.2.2. Tedarik Zinciri Yönetiminin Tarihçesi.....	11
2.2.3. Tedarik Zinciri Yönetiminin Süreçleri.....	12
2.2.4. Tedarik Zinciri Yönetiminin Önemi.....	13
2.3. Lojistik.....	14
2.3.1. Tedarik Lojistiği.....	15
2.3.2. Üretim Lojistiği.....	16
2.3.3. Dağıtım Lojistiği.....	17
2.3.4. Ters Lojistik (Geri Dönüş Lojistiği).....	17
2.4. Milk Run Sistemi.....	18
2.4.1. Araç Rotalama.....	18

2.4.2. Çok Tedarikçiden Toplama.....	18
2.4.3. Tek Tedarikçiden Toplama.....	19
2.5. Çok Noktaya Dağıtım ve Toplama Problemleri Çözüm Yaklaşımları.....	20
3. TEK TEDARİKÇİDEN ÇOK TURDA PARÇA TOPLAMA PROBLEMİ.....	23
3.1. Problemin Tanımı.....	23
3.1.1. Sipariş Verme ve Sevkiyat Sistemi.....	24
3.1.2. Üretim Sistemi.....	25
3.1.3. TTÇTPTP Çözümü İçin Amaç Fonksiyonu.....	26
3.1.4. Matematiksel Model.....	28
3.1.5. Modelin Çözümü İçin Öngörüler.....	31
4. UYGULAMA VE YORUMLAR.....	35
4.1 Uygulama Firmasının Tanıtımı.....	35
4.2. Toyotetsu Üretim Sistemi.....	36
4.3. Toyota-Toyotetsu Arasındaki Milk-Run Sistemi.....	38
4.4. Gerçek Datalar ile Modelin Test Edilmesi.....	40
4.4.1. Mevcut Durum Ve Verilerin Elde Edilmesi.....	40
4.4.2. Model Çözümü.....	42
4.4.3. Gerçek Durum- Model Çözümü Karşılaştırması.....	44
4.5. Sonuçların Yorumlanması.....	54
5. SONUÇ.....	55
KAYNAKLAR.....	58
İNTERNET KAYNAKLARI.....	65
EKLER.....	66
ÖZGEÇMİŞ.....	68
TEŞEKKÜR.....	70

KISALTMALAR DİZİNİ

TZÜ	-	Tam Zamanında Üretim
TZY	-	Tedarik Zinciri Yönetimi
TPAÜ	-	Tek Parça Akış Üretimi
ARP	-	Araç Rotalama Problemi
PCD	-	Production Control Department (Üretim Kontrol Departmanı)
TTÇTPTP	-	Tek Tedarikçiden Çok Turda Parça Toplama Problemi
TTTI	-	Toyotetsu Turkey Inc.
AKK	-	Araç Kapasite Kısıtı
MK	-	Mesafe Kısıtı
Web EDI	-	Web Üzerinden Elektronik Veri Değişimi

TABLolar DİZİNİ

	Sayfa	
Tablo 3.1	Günlük sipariş hacminin hesaplanması	32
Tablo 3.2	Heijunkalı olarak sevkiyat planı	33
Tablo 3.3	Palettteki parça adedinin heijunkaya etkisi	34
Tablo 4.1	Toyotetsu'nun tarihçesi	35
Tablo 4.2	10 günlük gerçek sevkiyat hacimleri	41
Tablo 4.3	Araçların doluluk oranları	42
Tablo 4.4	Model çözümüne göre sevkiyat hacimleri	43
Tablo 4.5	Model çözümüne göre araç doluluk oranları	44
Tablo 4.6	Gerçekleşen ile model çözümü karşılaştırma tablosu	45
Tablo 4.7	Model çözümünün sevkiyat planı	46
Tablo 4.8	Model çözümünün hacim olarak sonuçları	50

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa	
Şekil 2.1	Çekme Sistemi	5
Şekil 2.2	Kanban Örneği	6
Şekil.2.3	Heijunkalı Üretim Sistemi	7
Şekil 2.4	Tedarikçiden Parça Çekme Süreci	8
Şekil 2.5	Tedarik zinciri yapısı	11
Şekil 2.6	Üretim Lojistiği	16
Şekil 2.7	Ters lojistik	17
Şekil 2.8	Çok tedarikçiden parça toplama rotası	19
Şekil 2.9	Tek tedarikçiden parça toplama	20
Şekil 3.1	Sipariş ve sevkiyat akışı	25
Şekil 3.2	Üretim süreci	26
Şekil 4.1	Toyota üretim sistemi	36
Şekil 4.2	Üretim hattı Kanban döngüsü	37
Şekil 4.3	Tedarikçi Kanban döngüsü	38
Şekil 4.4	Manifestoların işleyişi	39

SİMGELER DİZİNİ

D_i : i parçasının günlük talep miktarı (adet)

C : Milk-run aracının taşıma kapasitesi (m^3)

J : Günlük toplam tur adedi

T : Günlük net üretim süresi (saat)

P_i : i parçasının üretildiği prosesin bir saatlik üretim kapasitesi (adet/saat)

v_i : i parçasının taşındığı paletin hacmi (m^3)

c_i : i parçasının taşındığı paletteki miktarı (adet)

E_i : i parçasının üretildiği prosesteki hat kenarı stoğu (adet)

n_i : i parçasının Kanban adedi (adet)

i : Parça indisi $i=1...I$

j, h : Tur indisleri $j=1...J$ ve $h=1...J$

h'_{ih} : h ile aynı değerleri alabilen, ancak bazı ilk turlarda –sevkiyat yapılmadığında– 0 değerini alabilen alt tur indisi.

TM : Amaç Fonksiyonu

1. GİRİŞ

Tam zamanında üretim sistemi (TZÜ) günümüzde oldukça önem kazanmış bir üretim şekli olmuştur. TZÜ sisteminin esas ilkeleri; israfı ortadan kaldırmak, kaliteyi geliştirmek, verimliliği arttırmak ve üretim sürecinde sürekli gelişmeyi sağlamaktır. TZÜ sisteminin kalite, verimlilik ve iletişimde sağladığı faydalar ile maliyet ve israflarda sağladığı azalmalar oldukça ilgi çekmektedir. İstenilen ürünün istenilen zamanda ve istenilen miktarda tedarik edilmesi esasına dayanan TZÜ, çekme sistemi olarak çalışır. Çekme sisteminde üretim ve dağıtım talebini gerçekleştirmek için prosesler arasında kanbanlar kullanılır. Çekme sistemi sadece ihtiyaç olduğunda küçük partilerden oluşan malzemelerin üretilmesini sağlar. İdeali tek parça akışıdır. Fakat bu taşıma ve alan kısıtlarından dolayı pek uygulanamaz. En küçük paketleme ile en fazla ürünü taşıma yönünde eğilim oluşur. TZÜ, problemlerin görülmesini zorlaştıran stokların oluşumunu engeller ve dolayısı ile stok maliyetlerini düşürür. Ancak bazı durumlarda tedarikçilere olan güvensizlikten dolayı üretici firmaların hammadde kaynaklı stok tutma eğiliminde oldukları görülmektedir. Günümüzün süreç odaklı sistemlerinde ise tedarikçi ve alıcı firmalar birbirini takip eden ardışık süreçler olarak düşünülmekte ve karşılıklı faydaya dayalı tedarikçi ilişkileri dikkate alınmaktadır.

TZÜ sisteminde talebin istenilen miktar ve zamanda karşılanması için tedarikçi ile üretici arasında gerek teorik ve gerekse uygulamada tedarik zinciri yönetimi (TZY) yaklaşımları ve uygulamaları geliştirilmiştir. TZY müşteriye doğru ürünün doğru zamanda ve doğru miktarda mümkün olan en kısa yol ve düşük maliyetle teslimini organize eden sistemdir. TZÜ ile çalışan firmalar stok maliyetlerini düşürmek ve tedarik parçası beklemekten dolayı üretim hatlarında duruş yaşamamak için etkin bir şekilde TZY uygulamalıdır.

Bu çalışmada TZÜ sistemlerinde tedarik zinciri içerisindeki lojistik operasyonların optimizasyonu için bir matematiksel çözüm yöntemi önerilmiştir. Literatüre bakıldığında son yıllarda bu yönde yapılan çalışmalar oldukça artmıştır. Genel olarak tedarik zincirinin çeşitli aşamaları için farklı yaklaşımlar araştırılıp öneriler sunulmuştur. Özellikle maliyet odaklı olarak birden çok müşteriye optimum dağıtım rotalarının belirlenmesi ve birden çok tedarikçiden optimum toplama rotalarının belirlenmesi çalışmalarına rastlanmaktadır. Yine birden çok müşteri veya tedarikçi için toplama ve dağıtım yapan araçlara optimum yükleme problemlerine çözüm yaklaşımları da oldukça fazladır.

Bu çalışmada ise literatürde bir örneğine rastlanılamayan, tek tedarikçiden çok seferde toplama yapılan durumda araçların optimum yüklenmesi problemi irdelenmiştir. TZÜ sisteminde stoklar sifıra yakındır. Çok seferde, düşük miktarlarda parça taşınır. Erken teslimata ve gecikmeye tahammül yoktur. Bu kısıtlar altında araç kapasitesinin de kullanımını dikkate alan çok seferli toplama yapmak için bir karışık tamsayı programlama modeli geliştirilerek, optimal çözümü elde edilmiştir.

Önerilen model TZÜ ile çalışan TOYOTA ile tedarikçisi TOYOTETSU arasındaki Milk-Run toplama sisteminden elde edilen verilerle çalıştırılmış ve günlük sefer sayılarında yükleme optimizasyonunun gerçekleştiği gösterilmiştir.

2. TEMEL MATERYALLER VE LİTERATÜR TARAMASI

2.1. Tam Zamanında Üretim Sistemi

2.1.1. Tanım

Literatürde TZÜ için yapılmış çeşitli tanımlara rastlamak mümkündür. Bir kaç tanım vermek gerekirse; Monden (1981) “TZÜ, kısa dönemde, gerekli zamanda, gerekli miktarda, gerekli ürünleri üretmektir” şeklinde tanımlamıştır. Hall (1983) bir üretim sistemi ve felsefesi olarak TZÜ tanımını şöyle yapmıştır: “Dar anlamıyla TZÜ, gerekli zamanda, gerekli yerde, yalnızca gerekli malzemeyi bulundurmayı amaç edinen malzeme hareketi ve iletimidir. Crawford ve Cox (1991) ise sistemi: “bir üretim işletmesinde verimsizliklerin sürekli elimine edilmesi suretiyle mükemmelliğe ulaşma yaklaşımıdır” şeklinde tanımlamışlardır.

Genel anlamıyla TZÜ, gerekli hammadde ve malzeme hareketini tam zamanında yapan bütün imalat faaliyetlerini kapsar. İsrafi ortadan kaldırmak, kaliteyi geliştirmek, verimliliği arttırmak, ürünlerde ve üretim sürecinde sürekli gelişmeyi sağlamak felsefenin hedefleridir. Buna göre: “Tam Zamanında Üretim; israfi azaltmaya ve ortadan kaldırmaya dayalı, mükemmelliğe ulaşmaya yönelik bir yaklaşımdır.” Bu tanım malzeme hareketlerinin tam zamanında yapılmasına engel olan tüm problemlerin tanınması ve ortadan kaldırılmasına dikkatleri yoğunlaştırmıştır.

2.1.2. Tarihçe

Tam zamanında üretim sistemi 1970’lerin başlarında Japon üretim organizasyonlarında kullanılmaya başlanılan bir Japon üretim felsefesidir. Bu

felsefe ilk kez Taichi Ohno tarafından Toyota'da müşterilerin taleplerini en az gecikme ile karşılamak amacıyla başlatılmış ve geliştirilmiştir. Bu sebepten dolayı Taichi Ohno TZÜ sisteminin babası olarak anılır. Japonlar, üretim ve yönetim tekniklerini 19. yy. sonlarındaki Meiji Reformasyonuna kadar batı uluslarından öğrenmişlerdir. II.Dünya Savaşı'ndan sonra Amerikan üretim yöntemi tekniklerini kendi işletmelerinde uygulamaya başlamışlardır. TZÜ sisteminin uygulanmaya başladığı yer Toyota tesisleridir. Kültürel bakımdan TZÜ ile Japonya arasında kuvvetli bağlar mevcuttur. Japon çalışma kültürü bu faktörlerden biridir. Bu çalışma ahlakı II.Dünya Savaşı'ndan kısa süre sonra ortaya çıktı ve Japonların ekonomik başarısının tamamlayıcı bir parçası olarak görüldü. Bu, dünyadaki en üstün nitelikli yönetim tekniklerinin geliştirilmesinin arkasındaki birincil motivasyon faktörüdür.

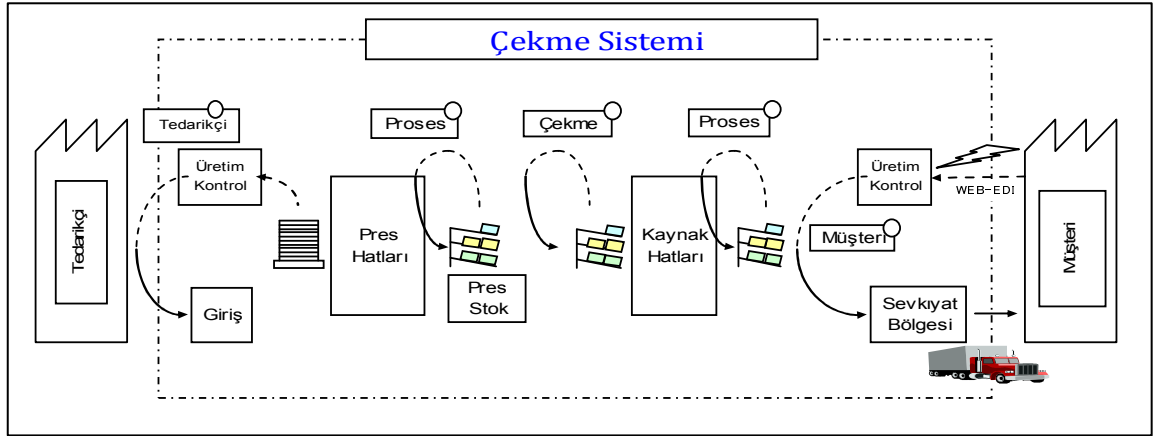
2.1.3. Tam Zamanında Üretim Sisteminin Temelleri

2.1.3.1. Çekme Sistemi

Üretim sürecinde stoksuz, bekleme olmadan ve kesintisiz bir akış gerçekleştirmek için, TZÜ'de çekme sistemi kullanılmaktadır. Geleneksel üretim sistemlerinin aksine, TZÜ sisteminde kesinlikle stok için üretim yapılmamaktadır. Çekme sisteminin gereği olarak, bir sonraki üretim aşamasından istenmeyen hiç bir mamul bir önceki aşamada üretilmemektedir. Bu bizi, tam zamanında üretim ortamlarında, mamullerin önce satıldığı sonra üretildiği düşüncesine götürür. Kanban yöntemi ile gerçekleştirilen bu uygulama, tedarik edilen hammadde ve parçalar için de aynen tedarikçilere yansıtılmaktadır (Morrow, 1992).

Çekme sistemi TZÜ'in en önemli kuralıdır. Bir önceki prosesten ihtiyaç duyulan miktarda, ihtiyaç duyulan zamanda, ihtiyaç duyulan tipteki parça talep edilir ve alınır. Çekme sisteminde itme sisteminde olduğu gibi üretim çizelgesini her prosese göndermeye gerek yoktur. Son prosese gönderilen sipariş sistemi harekete geçirir. Her proses siparişi karşılamak için gerekli olan bir önceki proses

ürünü çeker ve bu hammadde veya tedarikçiden yarımamul çekme ile son bulur. Çekme sistemi sayesinde fazla arastok ya da parça olmamasından dolayı bekleme durumları ile karşılaşılmaz. Çekme sisteminin başarılı olması için prosesler arasında bilgi ve parça akışının çok iyi işlemesi gerekir. Bir önceki prosese ihtiyaç duyulan parçanın cinsi ve miktarı iletilemez ise parça çekilemez ve bu durumda çekme sistemi yürümez. İşte bu bilgi akışını sağlayan en önemli araç Kanban'dır. Çekme sisteminde bir önceki prosese bilgiler Kanban ile iletir ve istenilen parçalar da Kanban ile birlikte bir sonraki prosese iletir. Şekil 2.1'de çekme sistemi işleyişi gösterilmiştir.



Şekil 2.1 Çekme Sistemi

2.1.3.2. Kanban

Kanban Japonca bir kelimedir. Ürünün kimlik kartı da denilebilir. Kanban üzerinde ürün ile ilgili gerekli olan her bilgi mevcuttur. Bu bilgiler ürün numarası, paket tipi, paketteki miktarı, kontrol noktası, önceki proses, sonraki proses ve stok adresi olabilir. Şekil 2.2'de bir Kanban örneği gösterilmiştir. Kanban, çekme sisteminin ilerlemesi için gerekli en önemli araçtır. Kanban sayesinde bir önceki prostesten parça çekilir. Kanban kartları ile prosesler arasında bilgi akışı sağlanır. Kanban proses akışına ters yönde ancak fiziksel birimlerle birlikte sondan başa doğru hareket ederek prosesleri birbirine bağlar. Proseslerin bu şekilde birbirine

bağlanması sonucunda ise sadece gereken parçalar, gerekli olan miktarda ve gerektiği zamanda üretilmekte ve prosesler arasında ara stoklar oluşmamaktadır.

ÜRETİM KANBANI		
Kısa Kod X001	Stok Adresi AA-BB-CC-01	Kontrol Noktası R
Parça No 12345-67890-AA	Kutu Tipi 1234	
Hat No 11-22-33	Sonraki Proses SEVKİYAT	Miktar 15

Şekil 2.2 Kanban Örneği

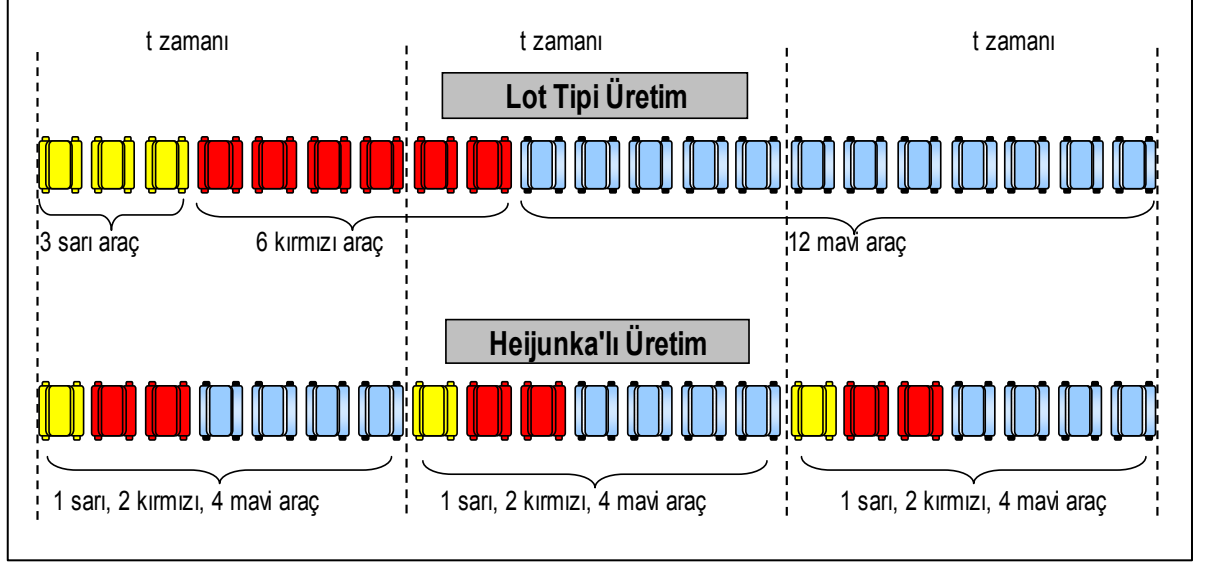
2.1.3.3. Tek Parça Akışı

Tek parça akış üretimi (TPAÜ), küçük hacimli ve çok çeşitli ürünlerin üretimine uygun ve güvenilir bir üretim akış metodudur. TPAÜ tam zamanında üretim, takt zamanı, sınırlı yükleme, Kanban ve Kaizen metodolojisi gibi yalın üretim kavramlarının uygulandığı güvenilir metotların iyi bir karışımıdır. Tek parça akışı ile üretimdeki anormallikler anında fark edilerek uygun olmayan ürünün üretimine devam edilmesi önlenmiş olur. Parti (lot) üretimindeki tedarik süreci tek parça akışı ile kısaltılmış olur. TZÜ'in temel prensibi olan gereken miktarın gereken zamanda üretilmesi sağlanmış olur.

2.1.3.4. Heijunka (Sıralı Üretim)

Heijunka (Sıralı Üretim) kelime anlamı olarak ortalama anlamına gelir. Heijunka'lı üretim; yapılacak üretimin miktara ve çeşide göre sıralı bir şekilde üretilmesi olarak tanımlanabilir. Heijunka uygulamasının temel hedefi müşteri taleplerindeki ani değişimlerin üretim üzerindeki olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak veya azaltmaktır. Böylece dengeli, düzenli üretim ile verimliliği en üst seviyelere çıkararak katma değeri artırmaktır. Şekil 2.3'de üretilmesi gereken

araçların lot tipi ve heijunkalı olarak iki ayrı şekilde üretilmesi durumu gösterilmiştir.



Şekil.2.3 Heijunkalı Üretim Sistemi

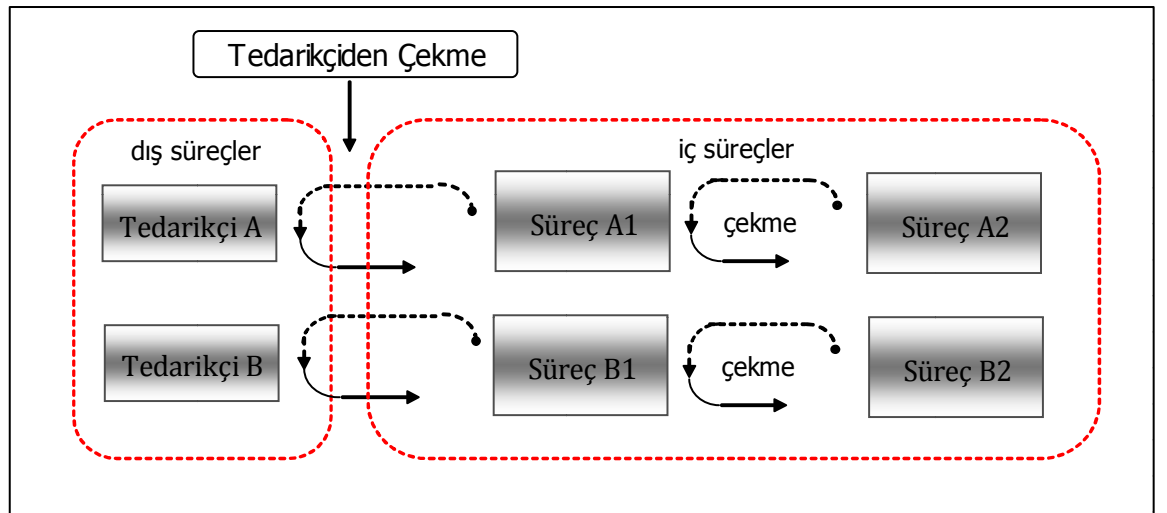
2.1.3.5. Jidoka (Otonomasyon)

Otonomasyon, temelinde otomasyon olgusunu taşıyan fakat sadece makine ile sınırlı kalmayıp, manuel süreçleri ve operasyonları da içeren bir kavramdır. Her iki durumda da otonomasyon üretimdeki anormallikleri tespit etme ve düzeltmeye yönelik bir teknik olarak tanımlanabilir. Otonomasyon üretim hatalarını bulma ve anında üretim hattı veya operasyonu otomatik olarak durdurma yetkisidir. Otonomasyon kalite kontrol fonksiyonunu içeren bir tekniktir. Çünkü otonomasyon, üretim hattından hatalı parçaların geçmesini kesinlikle engellemektedir. Bir hata oluştuğunda üretim hattı durdurularak probleme anında müdahale edilir. Düzeltici ve önleyici faaliyetler yapıldıktan sonra benzer hataların tekrar oluşması önlenmiş olarak üretime başlanır.

2.1.4. Tedarikçilerin Önemi

TZÜ sisteminin düzgün çalışabilmesi için en önemli şartlardan biri de üretim süreçlerinde üretilen tüm parçaların üretilecek miktarlar ve üretim zamanları konusunda doğru bilgi sahibi olmaktır. (Manoochehri, G. H. 1984) Tipik bir imalat sürecinde bu durum bir önceki süreçten gereken miktarın çekilmesi ve önceki sürecin de çekilen miktar kadar üretim yapması şeklinde olur. Aynı durum tüm süreçler için geçerlidir.

TZÜ sistemi açısından bakıldığında ilk prosesin çekeceği hammadde ve yarı mamullerin de stok olarak tutulması israf olarak değerlendirilir. Bu şartlar altında hammadde ve yarı mamulleri sağlayan tedarikçiler de firmanın bir süreci olarak ele alınmaktadır ve tedarikçilerinden malzeme tedarik işlemi sanki bir önceki süreçten parça çekme işlemi gibi yapılmaktadır. Tedarikçiler de bu sistemin bir parçasıdır ve onlar da üretimlerini çekilen miktara ve çekildiği zamana göre ayarlamalıdır. Şekil 2.4'de bir önceki prosesden parça çekme sisteminin tedarikçilere kadar uzanan açılımı görülmektedir. Tedarikçilerden parça çekme işlemi aslında bir satınalma fonksiyonudur ve tedarikçilere sipariş olarak kanban ile bildirilerek yapılır. TZÜ sistemine göre de istenilen miktarda, istenilen tipte ve istenilen zamanda parça teslimatı istenir.



Şekil 2.4 Tedarikçiden Parça Çekme Süreci

2.2. Tedarik Zinciri Yönetimi

2.2.1. Tedarik Zinciri Yönetimi Kavramı

Müşterinin talep ettiği ürünü zamanında ve doğru miktarda üretip sevk edebilmek için, ürünü oluşturan tüm alt bileşenlerin doğru miktarda ve zamanında temin edilmesi gerekir. Tedarik zinciri yönetimi (TZY) hammadde temininden ürünün müşteriye ulaştırılması ve iadelerin geri getirilmesine kadar olan tüm süreci kapsar.

Literatürde TZY'nin birçok tanımına rastlanmaktadır. Bu tanımlardan geniş kapsamlı olanlardan biri Fiğlalı tarafından 2010'da şöyle yapılmıştır: Belirli ve devam ettirilebilir bir hizmet seviyesi çerçevesinde ürünlerin üretimini, müşteriye doğru zaman ve mümkün olan en uygun koşullarda (fiyat, adet) teslimatını sağlayabilmek üzere tedarik zinciri üzerinde yeralan tedarikçi, üretici, toptancı ve satıcıların etkin şekilde entegrasyonu için kullanılan yaklaşımlar ve yöntemler bütünüdür. Diğer bir tanım; Tedarik zinciri, hammadde temini yapan, onları ara mal ve nihai ürünlere çeviren ve nihai ürünleri müşterilere dağıtan, üretici ve dağıtıcıların oluşturduğu bir ağıdır (Lee and Billington, 1992).

TZY' nde çok iyi bir haberleşme ve bilgi akışına ihtiyaç vardır. Özellikle TZÜ şartlarında stokların düşük seviyelerde olduğu düşünülürse, iletişimdeki aksaklıklardan dolayı süreçte problemler yaşanabilir. Haberleşme ve bilgi akışının belirtildiği başka bir tanım ise şöyle yapılmıştır; tedarik zinciri; tedarikçileri, lojistik hizmet sağlayıcılarını, üreticileri, dağıtıcıları ve perakendecileri içine alan ve bunlar arasında malzeme, ürün ve bilgi akışı olan bir elemanlar kümesidir (Kopczak, 1997).

TZY, üretimin herhangi bir tedarik probleminden dolayı aksamaması için tüm tedarik sürecinin koordinasyonun sağlar. Amaç geliştirilmiş üretim kapasitesi, piyasa duyarlılığı ve müşteri/tedarikçi ilişkileri gibi işletmenin tüm performansını

oluşturan değerlerin arttırılmasıdır. Tedarik zinciri yönetimi, hammaddelerin temin edilmesinden imalat ürünlerine ve buradan da tüketiciye işlenmiş ürünlerin dağıtımına kadar tüm tedarik zinciri boyunca bilgiye dayalı karar almamıza olanak vermektedir (Eraslan, 2003).

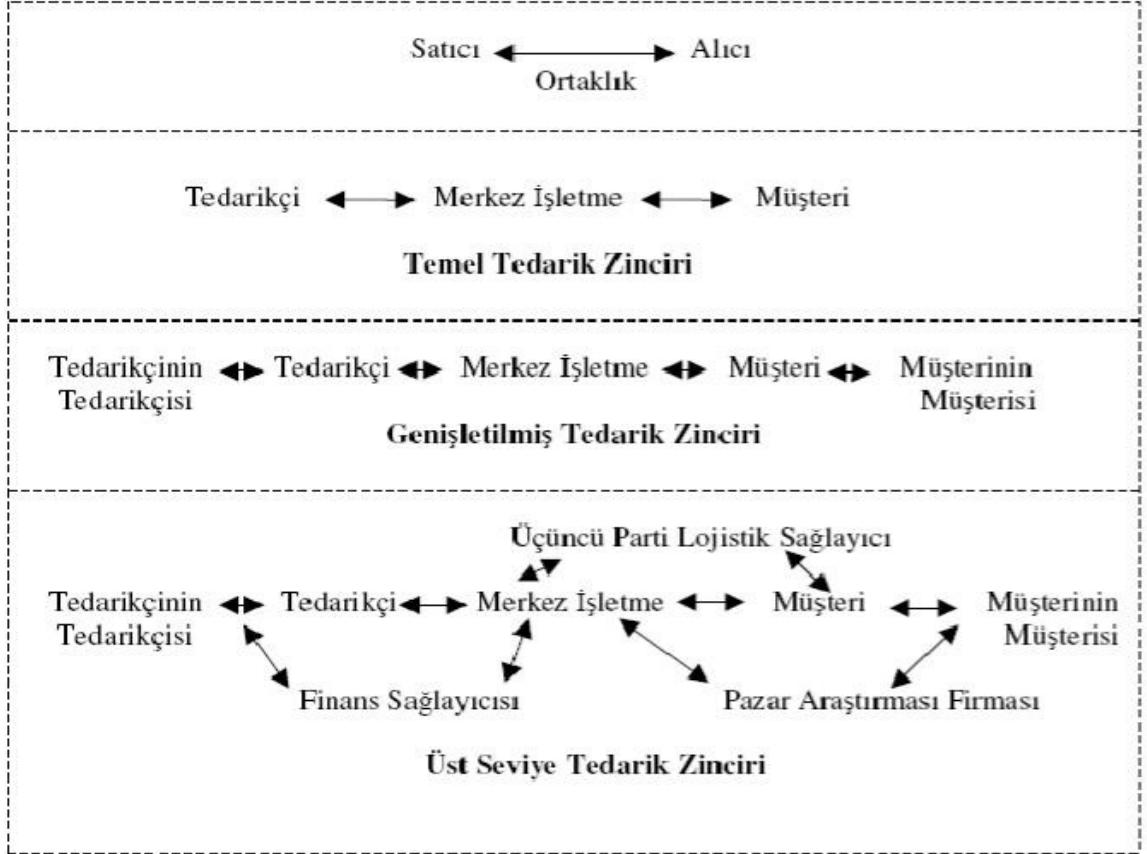
Tedarik zincirinin yönetimi ise, hammaddenin sisteme girip son kullanıcıya teslim edilmesine kadar gerçekleşen zincirdeki hem yukarı hem de aşağı tüm malzeme ve bilgi akışlarının kontrol ve koordinasyonunu kapsayan bir faaliyettir.

Bir tedarik zincirinin en önemli üç unsuru tedarikçiler, üreticiler ve dağıtıcılar olarak gösterilebilir. Bu unsurların kendi başlarına gösterdikleri performans zincirin performansını belirler. Zamanında, istenen kalite ve miktarda parça teminini sağlamakla yükümlü tedarikçilerdir. Doğru parçayı, doğru miktarda talep etme sorumluluğu da üreticilerdedir. Nihayi ürünün son kullanıcıya ulaştırılması dağıtıcıların sorumluluğunda olup zamanında ve uygun şartlarda teslimat önemlidir.

TZÜ sisteminde çalışan firmaların düşük stok seviyesinde çalışması için tedarik zincirini çok iyi yönetmesi gerekmektedir. Zamanında temin edilemeyen bir alt bileşen üretimin durmasına sebep olacağından tüm tedarikçilerden istenen tipte ve miktarda alt bileşeni zamanında temin etmek en kritik işlemdir.

Etkin bir tedarik zinciri yönetimi, müşteri memnuniyetini en üst seviyede tutarken zincirin tüm aşamalarındaki operasyonların da etkin bir şekilde yapılmasını gerektirir. Müşteriler açısından etkinlik siparişlerin istenilen zamanda, miktarda ve kaliteli olarak teslim edilmesidir. Zincir içindeki aşamalardaki etkinlik ise kısa stok çevrim süresi, süre ve mesafe bakımından kısa rotalar düşük operasyon ve satış maliyetleridir.

Tedarik zinciri TZÜ sistemi içinde çekme yöntemi ile parça sağlar. Şekil 2.5'de tedarik zinciri yapısı gösterilmiştir.



Şekil 2.5 Tedarik zinciri yapısı.

Kaynak: EYMEN U.E. Tedarik Zinciri Yönetimi. Kalite Ofisi Yayınları. 2007, S:8

2.2.2. Tedarik Zinciri Yönetiminin Tarihçesi

Literatüre bakıldığında TZY'nin başlangıcı 1960'lara kadar uzanmaktadır. TZY'nin temel aşaması olan fiziksel dağıtım aşaması ile ilgili ilk vurgulama Bowersox tarafından yapılmıştır. Bowersox, fiziksel dağıtım aşaması ile ilgili gözlemlere ek olarak, dağıtım fonksiyonunun firma dışında, kanal-içi entegrasyonla rekabetçi bir avantaj sağlayacağını öne sürmüştür (Bowersox, 1969).

1970'lerde Malzeme İhtiyaç Planlaması (MRP) sisteminin tanıtılmasından sonra yöneticiler süreç içi çalışmaların üretim maliyeti, kalite, yeni ürün geliştirme ve teslimde tedarik zamanları üzerine olan önemli etkisini anlamışlardır. (Özdemir, 2004). Bu dönemde, işletmeler pazarlama, üretim ve finansman ile ilgili

dağıtım faaliyetlerini yürütecek merkezi bir fiziksel dağıtım bölümü oluşturmuşlar ve her bir faaliyetin lojistiğini ayrı ayrı en iyilemek yerine bütün sistemin lojistik yönetimini birleştirmek gerekliliği anlaşılmıştır. Böylece, her bir operasyonun maliyetini azaltmak yerine, bütün sistemin maliyetini bir bütün olarak ele alan tüm lojistik hizmetleri maliyeti yaklaşımı geliştirilmiştir (Ross, 1998).

1980'lerde global rekabetin artması dünya klasmanındaki firmaları daha düşük maliyetle, yüksek kalitede ve daha çok tasarım esnekliği ile güvenilir ürünler sunmaya zorlamıştır. Bu dönemde artık tedarik zinciri yönetiminin ikinci aşaması olan lojistik safhasına geçilmiştir (Metz, 1998). Bu aşama Ross tarafından lojistiğin entegrasyonu olarak ifade edilmektedir (Ross, 1998).

1990'ların ortasından sonra yöneticiler, tedarikçilerden alınan mal ve hizmetlerin, firma müşterilerinin ihtiyaçlarını karşılama yeteneği üzerinde önemli bir etkisinin olduğunu fark etmişlerdir. Ürünleri müşteriye ne zaman, nerede, nasıl ve istenen miktarda, maliyet-etkin bir yöntemle ulaştırmak yeni başarı yöntemi olmuştur. Böylece, kendilerine girdi temin eden yukarı yöndeki bütün firmaların yer aldığı ağın ve aynı zamanda son müşteriye ürünleri ulaştıran ve satış sonrası hizmetleri veren aşağı doğru bütün firmaların yer aldığı ağın bütününün yönetiminde yer almaları gerektiğini anladılar (Handfield and Nicholas, 1999). Bu döneme literatürde, tedarik zinciri yönetimi aşaması denilmektedir (Ross, 1998). Aynı döneme Metz ise, bütünleştirilmiş tedarik zinciri yönetim aşaması ifadesini kullanmaktadır (Metz, 1998). Bundan sonraki döneme Metz artık süper tedarik zinciri yönetimi aşaması adını vermektedir.

2.2.3. Tedarik Zinciri Yönetiminin Süreçleri

Literatürde tedarik zinciri yönetimini oluşturan süreçlerin geniş biçimde tanımına rastlamak mümkün olmasa da Global Tedarik Zinciri Forumu (The Global Supply Chain Forum) üyelerinin tanımladığı sekiz süreç genel kabul görmüştür (Croxtton ve ark. 2001).

Bu süreçler aşağıdaki gibidir:

- 1) Müşteri İlişkileri Yönetimi
- 2) Müşteri Hizmet Yönetimi
- 3) Talep Yönetimi
- 4) Sipariş İşleme
- 5) İmalat Akış Yönetimi
- 6) Satın alma
- 7) Ürün Geliştirme
- 8) İadeler

Forumun yapmış olduğu bu sınıflamada satın alma süreci tedarikçilerle olan ilişkilerle ilgili olduğundan bu sürece “Tedarikçi İlişki Yönetimi” adı verilmektedir (Croxtton ve ark. 2001). Ayrıca “iadeler” yerine “iade yönetimi” denilmesi de uygun görülmüştür.

2.2.4. Tedarik Zinciri Yönetiminin Önemi

TZÜ sistemi ile çalışan üretim firmalarında çok iyi işleyen bir tedarik sisteminin olması gereklidir. Temelinde israfı ve fazla stoğu kesinlikle istemeyen TZÜ sisteminde iyi bir tedarik zinciri yönetimi olmazsa stok kaçınılmaz olur. Birçok alt parça ve bu alt parçaların tedarik edildiği tedarikçilerin olduğu durum düşünülürse, iyi bir tedarik zinciri yönetimi olmadığında parça beklemeden dolayı üretimde duruşların yaşanma riski oluşur. Bu riski göze alamayan klasik üretim sistemi ile çalışan firmalar alt parça stoğu bulundurmak zorundadır. İşte TZY bu durumda önem kazanmaktadır. TZÜ sisteminde tedarikçi parça stoklarının en az seviyede olması TZY ile sağlanabilir. Tedarikçilerin konumları, birbirine uzaklıkları, parça büyüklükleri, günlük kullanım adetleri gibi veriler kullanılarak en uygun tedarik rotası, en uygun tedarik frekansı ve en uygun stok seviyeleri hesaplanır. En uygun rota belirlenmesi için çeşitli çözüm yaklaşımları vardır buna daha ileride değinilecektir. Tedarik frekansı, kullanılacak aracın kapasitesi ve

ihtiyaçlar göz önünde bulundurularak belirlenir. Burada maliyet unsuru karşımıza çıkmaktadır.

TZY sürecinin işletmeye sağladığı birçok fayda vardır, fakat taşımalar her zaman için katma değeri olmayan operasyonlar olarak maliyet kalemlerinin en başta gelen ve tüm yöneticilerin ilk dikkatini çeken unsur olmuştur. İyi bir tedarik zincirinde optimum rota, optimum taşıma frekansı ve optimum stok miktarlarının belirlenmesinin amacı maliyetlerin en aza düşürülmesi çabasıdır. TZÜ sisteminde tedarikçilerden parça toplama işleminin en uygun maliyetle yapılabilmesi için bir yöntem bu çalışmada önerilmiştir.

TZY'nin yararlarını aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür.

- 1) Teslimat performansının iyileşmesi
- 2) Stokların azalması
- 3) Çevrim süresinin kısılması
- 4) Tahmin doğruluğunun artması
- 5) Zincir boyunca verimliliğin artması
- 6) Zincir boyunca maliyetlerin düşmesi
- 7) Kapasite gerçekleştirme oranının artması

Bu yararlar ve daha fazlası aynı zincirde yer alan firmaların (tedarikçi, üretici, dağıtıcı, perakendeci vb.) arasında iletişimin tam olarak kurulması, zincir boyunca faaliyetlerin birlikte koordinasyonu ve kontrolü sayesinde ortak amaç olarak belirlenen maliyetlerin azaltılması, verimliliğin artırılması, karlılık ve müşteri tatmini gibi amaçlara ulaşmak üzere elde edilebilir.

2.3. Lojistik

Lojistik, üretim süreçlerinde kullanılan hammadde, yarı mamul ve mamulün çıkış ve kullanış noktaları arasındaki akışının planlanması ve kontrolü ile ilgilidir.

Lojistik, hammadde, yarı mamul ve mamullerin (ve bunlarla ilgili bilgi akışlarının) tedarik, sevkiyat ve depolama süreçlerinin hem işletme içerisinde hem de dağıtım kanalı boyunca stratejik yönetiminin gerçekleştirilmesi ve maliyet etkin sipariş karşılama yöntemleri ile mevcut ve gelecekteki kar maksimizasyonunun sağlanması olarak değerlendirilmektedir (Christopher, 1998). Lojistik ilk önceleri askeri alanda kullanılan bir fonksiyon iken sanayi devriminden sonra üretim sektörüne girmiş ve zaman içerisinde temel unsurlardan biri olmuştur. Lojistikte amaç; firmanın varlığını sürdürebilmesi açısından organizasyonu kalite, fiyat, zaman ve hizmet gibi hayati pazar değişkenlerine karşı dayanıklı hale getirmektir (Çancı ve Erdal, 2003). Lojistik faaliyetlerini paketleme, depolama ve taşıma şeklinde sıralamak mümkündür. Bu faaliyetler hammaddeden son kullanıcıya kadar tüm süreçte uygulanmaktadır.

2.3.1. Tedarik Lojistiği

Tedarik süreci ve lojistik işlemlerde optimizasyon sağlamak amaçtır. TZÜ sisteminde hammadde ve yarı mamul gibi üretimin ihtiyacı olan girdilerin zamanında hazır bulundurulması şarttır. Hammadde ve yarı mamul tedarikine yönelik iş süreçleri ve malzeme akışını sağlayan lojistik hattının verimi firmanın başarısında büyük rol oynar. Tedarik lojistiği işletmeye giren bütün mal akışlarının ve onlara ait bilgi akışlarının planlanmasını, yönetimini ve kontrolünü kapsamaktadır. Tedarik lojistiğinin temel esası; tedarik piyasaları ve üretim arasında bağlantıyı kurmak ve burada bir köprü görevi görmektir (Koban ve Keser, 2007).

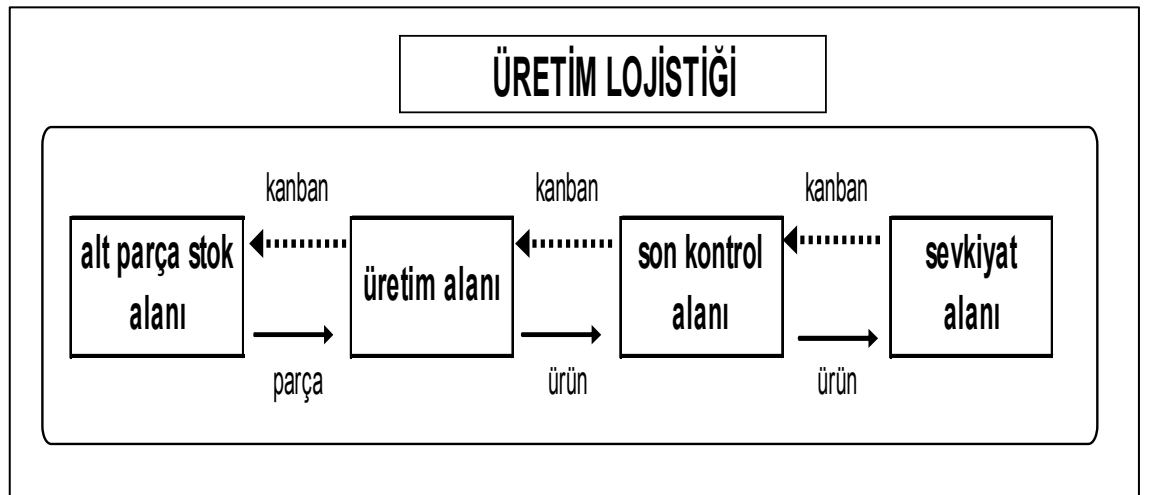
Tedarik lojistiği işletmeye giren bütün akışların ve onlara ait bilgi akışlarının planlanmasını, yönetimini ve kontrolünü kapsamaktadır. Tedarik lojistiğinin temel esası; tedarik piyasaları ve üretim arasında bağlantıyı kurmak ve burada bir köprü görevi görmektir. Diğer lojistik faaliyetlerde olduğu gibi üretim öncesi lojistik operasyonlar da iki aşamada gerçekleştirilmektedir. İlk aşamada hizmet sağlayıcının seçimi, stok yönetimi ve yük akışının birleştirilmesi yer almaktadır. Bunun yanında diğer operasyon ise, malın fiziki akışını

ilgilendirmektedir. Burada müşteri tedarikçiden hammaddenin stok yönetimini gerçekleştirmesini, ihtiyaç takibini, üretim hattına yakın depolamasını ya da doğrudan üretim hattına verilmesinin gerçekleştirilmesini talep etmektedir.

2.3.2. Üretim Lojistiği

Üretim Lojistiği, ürünü oluşturan alt bileşenlerin süreçler arası akışını planlayan ve kontrol eden lojistik türüdür. Tedarikçilerden sağlanan hammadde, malzeme ve alt parçaların mamule dönüştürülmesi esnasında yapılan taşımaları ve ara depolamaları içerir. Bu sistemdeki lojistik faaliyetler tamamen işletme içi bir fonksiyon olarak düşünülür. Üretim öncesi lojistik faaliyetini tamamlayıcı bir unsur olarak üretim lojistiği, üretimin gerçekleşmesi ve üretilen ürünün müşteriye sevkine kadar olan firma içi dolaşımı kapsar.

TZÜ sisteminde müşteriye sevk ile başlayıp bir önceki procesten çekme ile devam eden sistemdeki hareketlerin tamamına üretim lojistiği denilebilir. TZÜ sisteminde yalnız üretim için prosesler birbiri ardına sıralanmıştır. Çekme sistemi ile her proses Kanban ile bir önceki procesten parça talep eder. Bir önceki procese Kanban'ın gitmesi ve bir sonraki procese parçanın dönmesi işlemleri üretim lojistiğinin en küçük parçasını oluşturur. Şekil 2.6'da Kanban ile gerçekleşen üretim lojistiği görülmektedir.



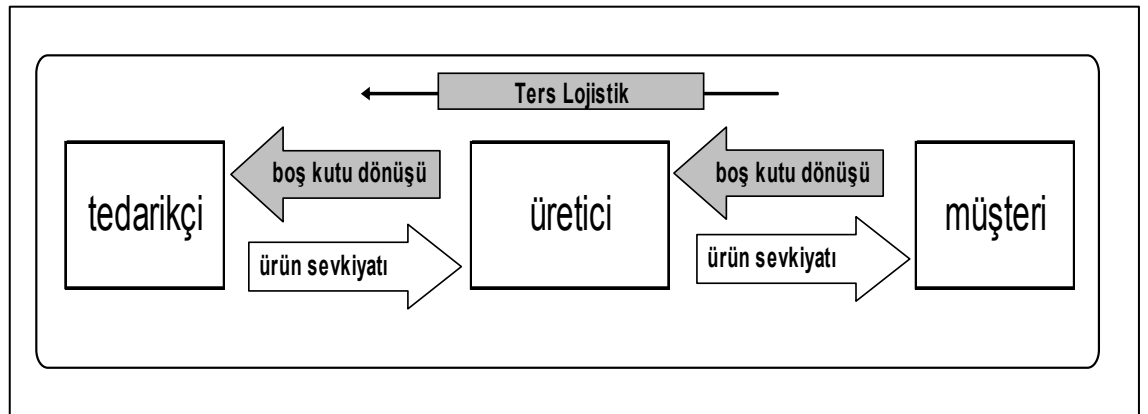
Şekil 2.6 Üretim Lojistiği

2.3.3. Dağıtım Lojistiği

Bu süreçte üretim işlemi tamamlanmış olup, üretilen malların pazara ve müşterilere ulaştırılması sağlanmaktadır. Üretim sonrası lojistik süreci; fiziki dağıtım kanallarını da içine alan ve ürünün müşteriye ulaştırılmasına dönük faaliyeti kontrol altında tutan bir iş akışıdır. TZÜ sisteminin gereği olan müşterinin istediği tipte ürünü, istediği miktarda ve istediği zamanda teslim etmek esastır. Burada lojistik maliyetlerinin düşürülmesi için çeşitli çözüm yöntemlerine başvurulur (Koban ve Keser, 2007).

2.3.4. Ters Lojistik (Geri Dönüş Lojistiği)

Ters lojistik faaliyetleri, üretim sektöründe son müşteriden satıcıya ve oradan da üreticiye geri gelen ürünlerin hareketi, depolanması ve elleçlenmesini kapsar. Bunu uygun olmayan ürünlerin iadesinin izlediği yol olarak tanımlayanlar da vardır. TZÜ sisteminde ters lojistiğe farklı bir yönden bakmak gerekir. TZÜ sisteminin içinde TZY'nde tedarikçilerden KANBAN ile çekme yapılır iken tedarikçiye gerekli olan kutu ve/veya paletlerin gönderilmesi gerekir. Aynı şekilde müşteriye sevk edilen ürünlerin boş kutu ve/veya paletlerinin de tekrar kullanımı için geri gelmesi gerekir. Bu döngünün iyi sağlanması gerekir aksi halde ürünleri koyacak kutu veya paletler olmayacağından üretimde beklemler oluşabilir. Şekil 2.7'de boş kutu hareketinin ters lojistik ile gösterimi yapılmıştır.



Şekil 2.7 Ters lojistik

2.4. Milk-Run Sistemi

Süt satıcısının kapı kapı gezerek evlere süt dağıtımından esinlenerek böyle bir tanımlama getirilmiştir. TZÜ sisteminde istenen tip, istenen miktar ve istenen zaman önemli olduğundan bir sistem ile çalışmak zaruri olmaktadır. Aksi takdirde parçasız kalma, fazla miktar sevkiyatı, erken teslimat, gecikme gibi problemlerin yaşanması kaçınılmaz olur. Birden çok müşteriye ürün dağıtımını yapmak için belirli bir sırada müşterilere tek tek uğrayarak teslimat gereklidir. Birden çok tedarikçiden parça toplama işlemi de aynı tanım, metod ve yöntemler geçerlidir.

2.4.1. Araç Rotalama

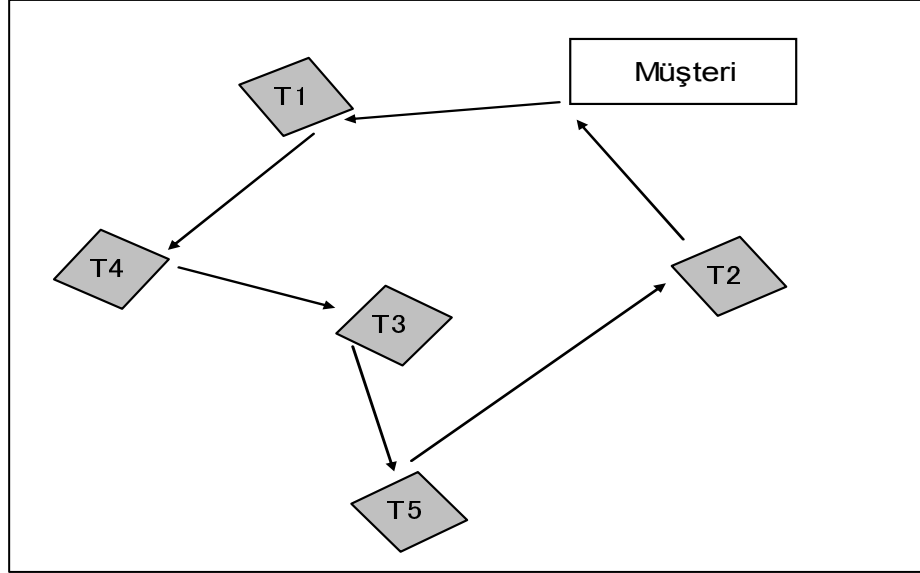
Araç Rotalama Problemi (ARP), ürünün farklı noktalardaki müşterilere kapasite kısıtı olan araçlar ile en kısa yolu kullanarak dağıtımını sağlayacak rotayı bulmaktır. Müşteri taleplerinin zamanında ve minimum maliyet ile karşılanması önemlidir. ARP; kapasitesi belirli (C) araçlar ile belirlenen müşterilere en uygun şekilde hizmet vermek için her araca en uygun rotayı atamayı kapsar (Yurtkuran, 2009).

Literatüre bakıldığında ARP ile ilgili ilk çalışmalar Danztig ve ark. (1959) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada, 15 müşterili bir ARP ele alınmış ve çözümlenmiştir. ARP, çeşitli kapasitelerdeki araçlar ile coğrafi olarak farklı konumlarda bulunan müşterilere en kısa mesafe veya sürede hizmet vererek başlangıç noktasına geri dönmesini sağlayan en uygun rotanın bulunması problemidir. Kapasite kısıtlı ARP, mesafe kısıtlı ARP ve zaman pencereci ARP en çok rastlanan ARP çeşitleridir.

2.4.2. Çok Tedarikçiden Toplama

Bir üreticinin birden çok tedarikçiden alt parça sağladığı durumdur. Bu durumda milk-run araçlarının rotası belirlenir. Araçların kapasite, tedarikçilerin verdiği parçaların paket hacimleri ve günlük kullanım miktarları başlıca kısıtlardır.

Bu kısıtlar altında en iyi araç rotası belirlenir. Şekil 2.8’de çok tedarikçilerden parça toplama rotası örneği verilmiştir.



Şekil 2.8 Çok tedarikçiden parça toplama rotası

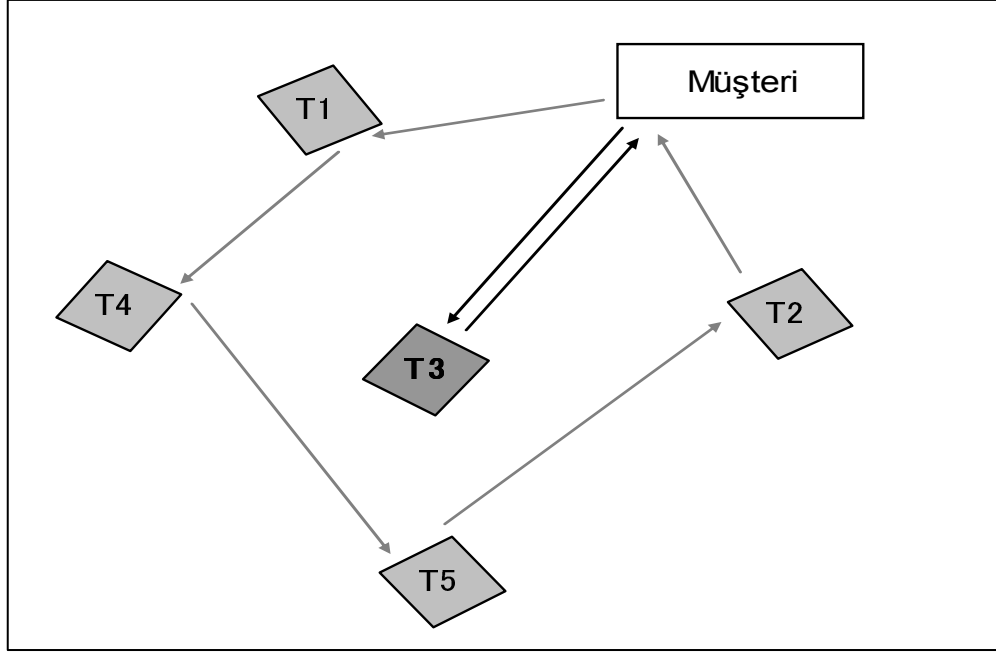
Tedarikçilerin coğrafi konumları gözönüne alınarak yukarıda açıklanan kısıtlara göre en iyi rota bulunur. En iyi rotanın bulunması ile ilgili çeşitli çözüm yöntemleri vardır.

2.4.3. Tek Tedarikçiden Toplama

Tek tedarikçiden çok turda parça toplama durumu tedarikçinin tedarik ettiği parçaların çeşidinin çok, kullanımlarının yüksek ve sevkiyat hacimlerinin büyük olduğu durumlarda gereklidir. Milk-run aracını tedarikçi tek başına doldurabiliyorsa zaten başka bir tedarikçiden parça alması mümkün değildir. TZÜ sisteminde çalışan üreticinin birden çok tedarikçisi olabilir. Bu tedarikçilerin tedarik ettiği parça hacimlerine göre rotalar belirlenir. Birkaç farklı rota olabilir.

Araç kapasitelerine göre optimum yükleme için tedarikçiler gruplanarak rotalar oluşturulur. Çok yüksek miktarda parça tedarik eden tek tedarikçiden birden fazla turda parça toplanabilir. Şekil 2.9’da iki ayrı rota görülmektedir.

Rotanın bir tanesinde birden çok tedarikçiden toplama diğ erinde ise tek tedarikçiden (T3) toplama rotası görülmektedir.



Şekil 2.9 Tek tedarikçiden parça toplama

Firmanın tedarik zincirinde birden çok rotası olabilir. Bazı rotalarda birden çok tedarikçiden toplama yapılırken bazı rotalarda tek tedarikçiden toplama yapılabilir.

2.5. Çok Noktaya Dağıtım ve Toplama Problemleri Çözüm Yaklaşımları

Literatüre bakıldığında TZÜ sisteminde lojistik operasyonları ile ilgili birçok çalışmaya rastlanmaktadır. TZÜ sisteminde tedarik sürecinin bir halkası olan taşımalar ile ilgili en çok rastlanan çalışmalar araç rotalama problemleridir. Birden çok müşteriye dağıtım (aynı çözüm yaklaşımları birden çok tedarikçiden toplama problemleri için de geçerlidir) için en uygun rotanın belirlenmesi sağlayan yaklaşımlarda araç kapasite kısıtı altında (AKK), mesafe kısıtı (MK) altında ve zaman kısıtı altında çalışmalar yapılmıştır.

Bu çalışmada TZÜ sisteminde AKK altında en uygun tur sayısını bulmaya yönelik çözüm önerildiğ inden AKK altında rotalama ile ilgili araştırma yapılmıştır.

AKK altında toplama yapılacak tedarikçiler ve toplanacak parçalar gözönüne alınarak aracın kapasitesini geçmeyecek toplama rotası bulunur. Bu tür problemler için çözüm yöntemlerinden biri Fisher'in (1994) K-Tree metodudur. Bu metod ile 71 noktalı araç kapasite kısıtlı en iyi rota bulunmuştur. Literatürde farklı kesin çözüm yöntemleri mevcuttur. Bunlardan bazıları olan Ball ve diğ. (1995), Laporte (1992), Toth ve Vigo (2002) çalışmaları incelenebilir.

Bir Japon araç üreticisinin tedarikçileri ile arasındaki lojistik faaliyetlerinin optimizasyonu ile ilgili çalışma Kaneko ve Nojiri (2008) tarafından yapılmıştır. TZÜ sisteminde zamanında ve küçük partilerde teslimat için uzak konumlardaki tedarikçiler gözönünde bulundurulularak optimum rota ara depo kullanımı ilave edilerek bulunmuştur. Burada AKK yanında MK'da etkili olduğundan ara depo kullanımı ile optimizasyon sağlanmıştır. Ara depo kullanımı lojistik sürecine depolama maliyeti getirmiştir.

Morabito ve ark. (2000) paletler halindeki yükü AKK altında araca en uygun şekilde yüklemek için bir çalışma yapmışlardır. Geliştirdikleri matematiksel model ile farklı boyutlardaki paletleri kapasitesi belli araca optimum yüklemeyi gerçekleştirmişlerdir. Palet boyutları ve araç kapasitesini değiştirerek denemişler ve olumlu sonuçlar elde ettikten sonra bir vaka çalışması ile uygulamışlardır. Burada yapılan çalışma AKK altında optimum araç yüklemesi işlemidir, söz konusu çalışmadaki ele alınan konu ile bu çalışmanın bir ortak noktası aracın optimum yüklenmesidir fakat TZÜ kısıtı bu problemin çözümünü zorlaştırmaktadır.

Wang ve Sarker (2004), TZY 'de stokların azaltılması için bir yöntem olarak Kanban ile kontrol edilen bir TZY gerekliliğini öngörmüşler ve bunun için de Kanban sayısının kritik nokta olduğunu savunmuşlardır. Optimum Kanban sayısı hesaplanıp sisteme sokulduğunda stok ve taşımaların optimum seviyeye geleceğini karışık tamsayı doğrusal olmayan (MINLP) programlama ile göstermişlerdir. Burada Kanban sayısının hesaplanması tabii ki maksimum stok seviyesini belirler fakat TZÜ'de çekme sisteminde siparişler bir önceki prosese gideceğinden araçların yüklemelerine müdahale edilemez. Çünkü sipariş verilmiştir ve o miktar gönderilmelidir. İstenilen zamanda gönderme kısıtı burada gözardı edilmiştir.

Jin ve ark. (2006) yaptıkları çalışmada TZÜ sisteminde çalışan sistemin tedarikçilerden günlük olarak parça toplanmasında, statik rotalamanın boş araç kapasitesi veya kapasite aşımı sebebi ile bazı parçaların toplanamaması problemini ele almışlardır. Statik rotalamada araç tur sayısı bellidir. Siparişler ise TZÜ'de değişkendir. Bu durumda araç boş kalabilir veya araç kapasitesini aşan yük olabilir. Bunun çözümü için dinamik rotalama ile bazı parçaların erken toplanarak tur maliyetlerinin düşürülebileceği öngörülmüştür. Bunun için bir karışık tamsayılı programlama (Mixed Integer Programming - MIP) modeli ve dört aşamalı sezgisel algoritma ile günlük rotanın erken toplamaya izin vererek şekilde çözümünü önermişlerdir. Model Amerika'da otomotiv endüstrisinde bir firmanın gerçek verileri ile CPLEX çözücüsünde test edilmiştir. 15 tedarikçiden 158 parçayı günlük 47 araç ile toplayan sistemde çalıştırılan model ile ortalama kamyon kullanım verimliliği %40'dan %80'lere çıkmıştır. Kullanılan kamyon sayısında %24 azalma da dahil %20'lik maliyet kazancı sağlanmıştır. %20'lik azaltımın %4'ü erken toplamadan dolayı sağlanmıştır. Aslında TZÜ sisteminde erken teslimat istenmeyen bir durumdur, ancak bu çalışmada maliyet kazancı için erken teslimata izin verilmiştir. Erken ve geç teslimata izin verilmeden çözüm elde edilebilirse TZÜ şartları eksiksiz sağlanmış olur. Çok tedarikçiden toplanmanın ele alındığı söz konusu çalışma, bu tez çalışması için oldukça aydınlatıcı olmuştur.

Literatürde birden çok noktaya dağıtım yapılması veya birden çok tedarikçiden toplama yapılması problemi üzerinde çok sayıda çalışmaya rastlanmıştır. Bu tür durumlar için optimum araç yükleme, araç kapasitesi hesaplama, en iyi rotayı bulma, optimum sipariş miktarı konuları incelenmiştir. TZÜ sisteminde tek tedarikçiden çok turda parça toplama problemi ile ilgili çalışmaya ise yerli ve yabancı literatürde rastlanmamıştır. Yapılan çalışmalardan bütünü ile olmasa da yerel olarak yararlanılarak bu tür problemler için çözüm yaklaşımında bulunulmuştur.

3. TEK TEDARİKÇİDEN ÇOK TURDA PARÇA TOPLAMA PROBLEMİ (TTÇTPTP)

3.1. Problemin Tanımı

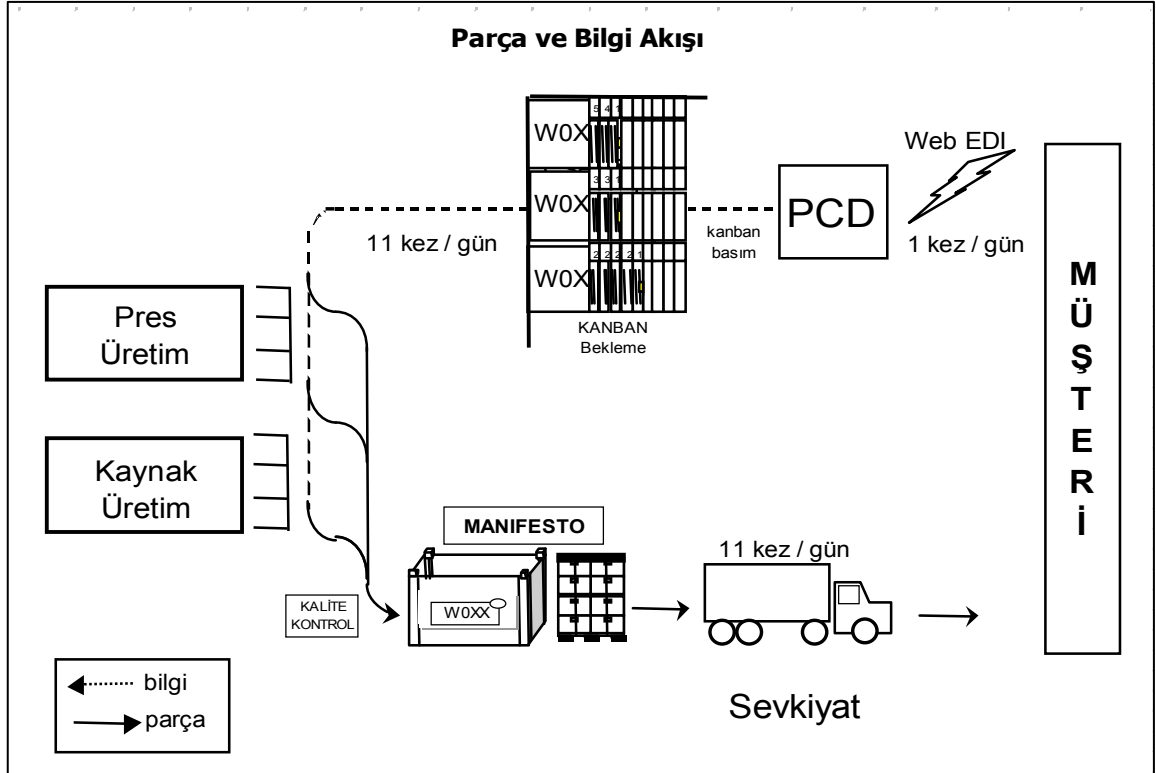
Günümüz rekabet koşullarında pazarda pay sahibi olmak ve sahip olunan pazar payını kaybetmemek için kaliteli ürünü daha ucuza sunmak gerekmektedir. Bir ürünü oluştururken kullanılan tüm girdilerin de aynı şekilde düşünülmesi gerekmektedir. Son kullanıcıdan hammaddeye doğru giderken herbir aşama bu bilinç ile çalışmak durumundadır. Sadece son üreticinin maliyet konusunda çabalaması yetersiz kalacaktır. Her aşamada yapılacak maliyet indirimi çalışmaları toplamda daha büyük bir etki yaratacaktır. Kalite-düşük maliyet uyumunu zorunlu kılan rekabetçi koşullar hem firmalar arası rekabeti artırmış hem de dünya ekonomisinde her üretilen malın satıldığı 2. Dünya savaşı sonrası koşulların 80'li yıllara doğru ortadan kalktığını göstermiştir. Rekabetçi üretim şartlarında klasik kütle üretim maliyetleri yüksek olduğundan üreticiler yeni üretim şekilleri bulmaya zorlanmışlar ve yalın üretime yönelmeye başlamışlardır.

Artan hammadde ve işçilik maliyetleri maliyet düşürme baskısı altında olan firmaları üretim sürecindeki her noktayı incelemeye itmiştir. Bu noktada ürüne katma değeri olmayan ve bir o kadar da gerekli olan taşımalar dikkat çekmeye başlamıştır. Üretim hatları arasındaki taşımalar mümkün olduğunca kısaltılmaya çalışılır iken tedarik sürecindeki dış taşımalarda da maliyet azaltıcı yöntemler üzerinde çalışılmaya başlanmıştır. TZY'nde coğrafi olarak birbirinden farklı konumlarda bulunan tedarikçilerden parça toplamanın lojistik maliyetleri oldukça yüksektir. Bu maliyetler katma değeri olmayan faaliyet olmasından dolayı azaltılmaları daha da önem kazanmaktadır.

Tüm bu gelişmeler sonucunda günümüz şartlarında uygulanmakta olan TZY ve lojistik işlemlerinde firmaların geliştirdiği yöntemler olmuştur. TZÜ sisteminin en etkin kullanıldığı otomotiv sanayisinde coğrafi olarak geniş alana yayılmış ve çok çeşitli alt bileşenleri sağlayan tedarikçilerden parça toplama işlemleri TZY ile gerçekleştirilmektedir. Maliyetlerin azaltılması için yapılan çalışmalar ile en uygun rotaların bulunması problemleri çözülmüştür. Birçok tedarikçiden parça tedariği sağlamak için bulunan optimum rotaların yanı sıra araçların verimli kullanılması da önemlidir. TZÜ sisteminde karşılıklı güvene dayalı tedarikçi ilişkisi önemlidir. Özellikle otomotiv ana sanayisi tedarikçilerini geliştirerek; çok fazla tedarikçiden az çeşitli yarımamul almak yerine daha az sayıda tedarikçiden daha yüksek miktarda yarımamul alma eğilimindedir. Bu kendi tedarikçisini oluşturma çalışması olarak da değerlendirilir. Bu durumda bazı tedarikçiler tek başlarına anasanayinin ihtiyaçlarını yüksek oranlarda karşılayabilmeye başlamışlardır. TZY’nde rotalar belirlenir iken böyle büyük ölçekli tedarikçiler tek başlarına araçları doldurabilir hatta günde birden fazla tur ile sevkiyat yapabilirler. Bu durumda tek tedarikçiden çok turda parça toplama sistemi oluşmuştur.

3.1.1. Sipariş Verme ve Sevkiyat Sistemi

Üretici, çeşitli coğrafi konumlardaki tedarikçilerinden günlük olarak hammadde ve yarımamul tedarik etmektedir. Bunun için milk-run sistemi ile çeşitli rotalar ve her bir rota için çeşitli tur adetleri ile toplamaları gerçekleştirmektedir. Rotalar ve tur sayıları her periyot (belirlenen üretim dönemi) sonunda sonraki periyot için yapılmaktadır. Araçların tedarikçilere giriş ve çıkış saatleri de aynı zamanda belirlenmektedir. Şekil 3.1’de gerçek durumda siparişin gelişi, üretimin yapılması ve sevkiyatın gerçekleşmesinin çekme sistemi ile gösterimi yapılmıştır.



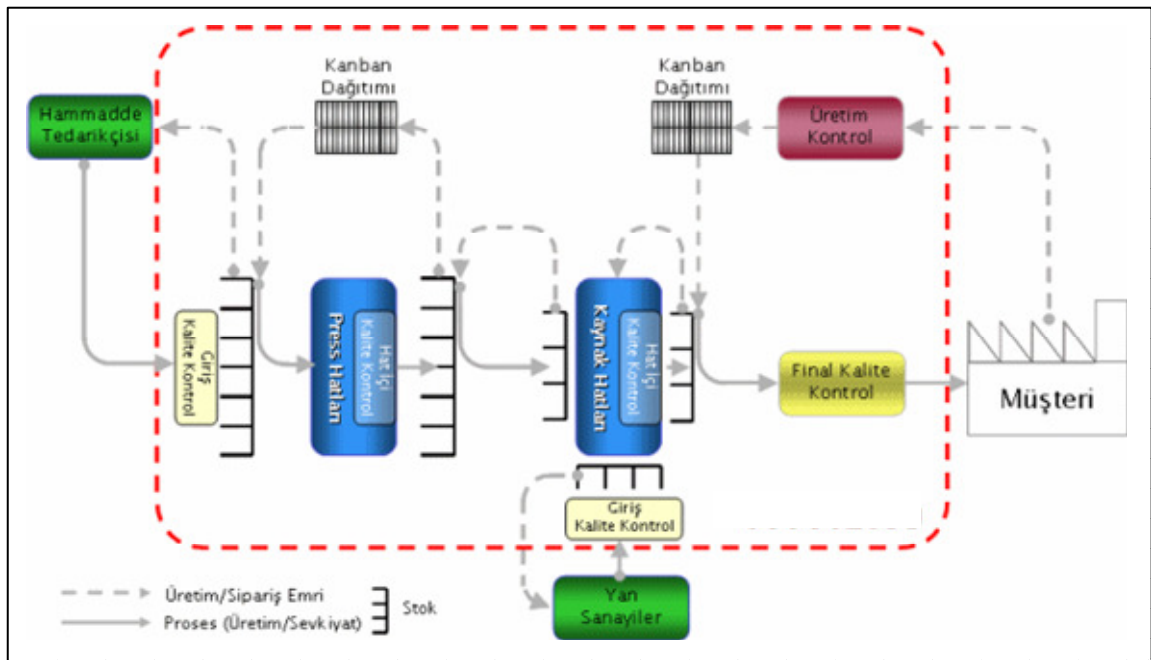
Şekil 3.1 Sipariş ve sevkiyat akışı

Her periyot sonunda yeni periyot için günlük tur sayısı belirlenir. Bununla birlikte araçların tedarikçiye giriş ve çıkış saatleri de belirlenir. Milk-run araçları mutlaka belirlenen saatte parça almak üzere tedarikçiye gelir ve çıkış saati geldiğinde tedarikçiden ayrılır. TZÜ sisteminde çalışan üreticinin çekme sistemine göre verdiği günlük siparişlerdeki dalgalanmalardan dolayı bazı araçlarda boş yer kalmakta bazı araçlara ise siparişler sığmamaktadır. Boş yer kalan araçlar verimsiz kullanılmış olduğundan maliyet oluşturur. Diğer yandan TZÜ sisteminde araca sığmayan parçalar ise eksik sevkiyat oluşturur. Bu eksik sevkiyat müşteride parça beklemeden dolayı duruş riski meydana getirir. Müşterinin istediği ürünü istediği zamanda ve miktarda tedarik etme prensibi gerçekleşmemiş olur.

3.1.2. Üretim Sistemi

Üretim, hem müşteride hem de tedarikçide TZÜ sistemi ile çekme sistemi olarak gerçekleştirilmektedir. Sistemi harekete geçiren uyarı Web-EDI aracılığı ile müşteri sipariş kanbanlarının tedarikçiye ulaşmasıdır. Müşteriden gelen sipariş

Kanban'ının üretim hattından sevk edilecek parçayı çekmesi ile sistem harekete geçer. Üretim hattı sevk edilen parçanın aynından üretime başlar, üretim yaparken alt parça kullanır. Üretim hattındaki alt parçalar kullanıldıkça alt parçaların Kanban'ları bir önceki prosese giderek gerekli olan altparçayı çeker ve üretim hattına getirir. Çekilen parçanın Kanban'ı da bir önceki prosese gider ve çekme sistemi hammaddeye veya hammadde tedarikçisine kadar sürer. Üretim prosesi Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2 Üretim süreci

3.1.3. TTÇTPTP Çözümü İçin Amaç Fonksiyonu

Tek tedarikçiden çok turda parça toplama probleminde (TTÇTPTP) müşteri çeşit ve miktar bakımından yüksek miktarda parça aldığı tedarikçisi ile arasında bir milk-run sistemi kurar. Toplanacak i . parçanın hacmi v_i iken parçaların toplam hacmi en az bir aracı dolduracak kadar olmalıdır. Toplanacak parçaların hacmi $\sum v_i$, araç hacmi C ile bölünerek günlük milk-run tur sayısı belirlenir. Tur sayısı günlük olarak en az bir veya birden fazla olur. TZÜ sisteminde istenen i . parçadan n_i miktarında ve istenen zamana karşılık gelen j . turda gönderilmesi

gerekmektedir. Sevkiyattaki gecikmeler TZÜ şartlarında müşterinin üretimini durdurma riski oluşturur.

Tur sayıları ve tedarikçiye giriş-çıkış zamanları belirlenmiş olan milk-run sisteminde erken sevkiyat istenen turdan bir veya birkaç tur öncesindeki araca parça yüklenmesi ile olur. Bu durum erken sevkiyattan dolayı müşteriye gönderilen parçalarda beklemeye ve dolayısı ile stoklamaya sebep olacağından kesinlikle istenmeyen bir durumdur. Erken sevkiyat tam zamanında ilkesine ters düşer ve maliyetleri artırır.

Geç sevkiyat durumu ise bazı turlarda istenen parçaların toplam hacminin araç hacminden büyük olması durumunda ortaya çıkar. Bu durumda araç hacmi aşıldığından bazı siparişler araca sığmayacağından sevk edilemeyecektir. Zamanında sevk edilemeyen parça TZÜ ile üretim yapan müşteride duruş riski oluşturur.

Bir başka durum ise bazı turlardaki araçların alması gereken parçaların toplam hacmi araç hacminden küçük olduğunda araçlar boş kapasite ile turu tamamlar. Bu durumda araç verimsiz kullanılmış olur. Maliyet unsuru ortaya çıkar. Bu nedenle araçların kapasitelerinin maksimum düzeyde kullanılması maliyetleri azaltıcı etki yapar.

Her üç durumda da oluşan uygunsuzluklar TZÜ sisteminin işleyişinde olmaması gereken durumlardır. Üretim şartlarında bu uygunsuzluklar genellikle ortaya çıkmaktadır ve istenmese de gerçek üretim şartlarında bu uygunsuzluklara belli ölçülerde tolerans gösterilmektedir. Bu çalışmada, benzer bir yaklaşımla uygunsuzluklara belli ölçülerde müsaade edilerek, yükleme ve sevkiyat sırası probleminde çözüm önerilmiştir.

Bu problemin çözümü için amaçlanan, müşterinin üretim hızını (takt time) dikkate alan, siparişlerin araçlara optimum yüklenmesi ve tam zamanında gönderilmesini sağlayacak bir sevkiyat planının oluşturulmasıdır. Bunun için erken

sevkiyat ile müşteride stokların artması veya geç sevkiyat ile duruşların oluşmasını önleyecek bir amaç fonksiyonu belirlenmiştir. Buna göre enküçüklenmesi istenen amaç fonksiyonu;

$$TM = \min \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J S_{ij} + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J u_{ij}$$

Burada öncelikle her bir i parçasının j . turda gönderilen miktarının müşteride oluşturduğu ihtiyaç fazlası stok miktarı S_{ij} 'nin en küçüklenmesi sağlanacaktır. Müşterinin üretim hızına ve toplam tur sayısına göre, her i parçası için heijunkalı olarak tedarik edilmesi gereken miktar vardır. Fakat kutu veya palet içindeki miktarlardan dolayı tam olarak istenilen miktarın sevk edilmesi mümkün değildir. TZÜ sisteminde daha önce bahsi geçen tek parça akışı işte bu durumlar için çok önemlidir. Eğer kutu ve paletlerde herbir i parçasından bir adet olsaydı o zaman üretim hızına göre tam ihtiyaç kadar parça sevk etmek mümkün olabilirdi. Parçaların tek tek taşınması veya bir palete bir adet konulması lojistik maliyetlerini artıracığından bir palete mümkün olan en fazla miktarda parça konulması tercih edilir. Amaç fonksiyonundaki u_{ij} ise sevkiyat miktarının üretim hızını karşılayamayacağı durumlarda duruş yaşanmaması için gereken ilave miktarı gösterir. Sonuç olarak, bu fonksiyonda yer alan her iki değişkenin de tüm parçalar ve tüm turlar üzerinden toplamının en küçük olduğu durumda, her turda sevk edilecek en uygun palet sayısının elde edilmesi için bir model geliştirilecektir.

3.1.4. Matematiksel Model

TTÇTPTP için tam zamanında üretim şartlarında heijunkalı bir tedarik sağlamak için geliştirilen model;

Karar Değişkenleri :

n_{ij} : j . turda sevk edilecek i parçasının Kanban adedi (palet)

S_{ij} : j . turda sevk edilen i parçasının palettteki miktarından dolayı elde kalan stok miktarı (adet).

u_{ij} : j . turda sevk edilecek i parçasının eksik sevkiyatından dolayı duruş olmaması için gerekli miktar.

Parametreler:

D_i : i parçasının günlük talep miktarı (adet)

C : Milk-run aracının taşıma kapasitesi (m^3)

J : Günlük toplam tur adedi

T : Günlük net üretim süresi (saat)

P_i : i parçasının üretildiği prosesin bir saatlik üretim kapasitesi (adet/saat)

v_i : i parçasının taşındığı paletin hacmi (m^3)

c_i : i parçasının taşındığı palettteki miktarı (adet/palet)

E_i : i parçasının üretildiği prosesteki hat kenarı stoğu (adet)

i : Parça indisi $i=1..I$

j, h : Tur indisleri; $j=1..J$ ve $h=1..J$

h'_{ih} : h ile aynı değerleri alabilen, ancak bazı ilk turlarda –sevkiyat yapılmadığında- 0 değerini alabilen alt turun sıra sayısı.

Amaç fonksiyonu:

$$\min TM = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J S_{ij} + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J u_{ij} \quad (3.1)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J n_{ij} v_i \leq JC \quad (3.2)$$

$$\sum_{i=1}^I n_{ij} v_i \leq C \quad \forall j \text{ için} \quad (3.3)$$

$$\sum_{j=1}^J n_{ij} c_i \geq D_i \quad \forall i \text{ için} \quad (3.4)$$

$$E_i + \sum_{j=1}^h P_i h'_{ih} (T / J) + u_{ij} \geq \sum_{j=1}^h c_i n_{ij} \quad \forall i, h \text{ için} \quad (3.5)$$

$$\sum_{j=1}^h n_{ij} c_i - h'_{ih} D_i / J = S_{ih} \quad \forall i, h \text{ için} \quad (3.6)$$

$$S_{ij} \geq 0, \quad n_{ij} \geq 0 \text{ ve tam sayı, } u_{ij} \geq 0, \quad \forall i, j \text{ için} \quad (3.7)$$

Kısıt (3.2), günlük siparişin toplam hacminin günlük milk-run turu toplam kapasitesinden küçük veya eşit olmasını sağlar. Herbir parçanın özel kutu veya paleti vardır ve bu değişmez. Bu kutu veya paletin hacmi ile günlük toplam Kanban adedi çarpıldığında o günkü toplam sipariş hacmi bulunur. Tüm parçalar için bu işlem yapıp toplandığında o gün ki siparişin hacmi bulunur. Bu hacim toplam araç kapasitesinden küçük olmalıdır ki taşıma eksiksiz yapılabilsin.

Kısıt (3.3), bir turda gönderilecek parçaların kapladığı hacmin araç hacminden küçük ya da eşit olması koşulunu sağlar.

Kısıt (3.4), TZÜ sisteminin temeli olan istenen miktarda gönderme koşulunu sağlar. Günlük ihtiyaçtan daha az sevkiyatı engeller.

Kısıt (3.5), müşterinin üretim hızına göre zamanında sevkiyat yapabilmek için tedarikçi üretim kapasitesinin yeterliliğini test eder. Üretim hızı sevkiyat hızına eşit yada büyük olmalıdır aksi halde sevk zamanı geldiğinde sevk edilecek parça olmayabilir.

Kısıt (3.6), kutu veya palettteki miktardan dolayı (tek parça akışı sağlanamadığından) gönderilmesi gereken miktardan fazla gönderilen miktarı hesaplar, amaç fonksiyonu da bunu enküçüklemeye çalışır.

(3.7), karar değişkenlerini gösterir. Stok sıfırdan küçük olamaz ve Kanban adedi tamsayıdır.

3.1.5. Modelin Çözümü İçin Öngörüler

Günlük siparişler parça numarası, palet tipi, kutudaki miktar gibi Kanban üzerinde yer alan bilgiler olacak şekilde gelir. Gelen siparişe göre i parçasından kaç palet sevk edilmesi gerektiği günlük sipariş adedi D_i , palettteki miktar c_i ile bölünerek hesaplanır. Burada D_i/c_i bölümünün sonucu tam sayı değil ise yukarı yuvarlanarak $\lceil D_i/c_i \rceil$, sevk edilecek palet sayısı bulunur. Her i parçası için o gün sevk edilecek optimum palet sayısı n_i ile i parçasının palet hacmi v_i çarpılıp tüm i 'ler için toplanarak gerekli araç hacmi bulunur. Gereken hacim araç hacmi C ile bölünerek gerekli tur sayısı J bulunur. Tablo 3.1 de $i=2$ için hesaplama gösterilmiştir. Tüm i 'ler için bu hesaplama yapıp toplanarak toplam hacim bulunur.

Tablo 3.1 Günlük sipariş hacminin hesaplanması

No	Müşteri Parça No	Üretim Yeri	Günlük Sipariş (D_i)	Palettteki Miktar (c_i)	Palet Tipi	En (mm)	Boy (mm)	Yükseklik (mm)	Hacim (m^3)
1	XXXXX-02010-00	Kaynak	396	80	1111	800	1200	640	0,61
2	XXXXX-03010-00	Kaynak	398	80	1111	800	1200	640	0,61
3	XXXXX-02040-00	Kaynak	398	8	4444	400	600	220	0,05
4	XXXXX-02030-00	Kaynak	398	8	4444	400	600	220	0,05
...
			$398 / 80 = 4,98 \rightarrow 5$ KANBAN		$5 \times 0,61 = 3,05 m^3$				

Daha önce bahsedildiği gibi palettteki parça miktarından dolayı müşterinin istediği miktar tam olarak sevk edilemez. Siparişten daha az sevkiyat duruşa sebep olacağından sipariş miktarını karşılayacak en uygun miktar sevk edilir. Burada siparişten fazla gönderilecek parçanın en az olması, TZÜ'de istenmeyen erken gönderme şartı için önemlidir. Palettteki miktarlar belirlenmiş ve değişmeyeceğinden bu durum kabul edilmek zorundadır.

Müşteride duruş yaşanmaması için günlük sevkiyatın karşılanması gerekir. Palettteki miktardan dolayı gün sonunda siparişten fazla gönderilen miktar olabilir. Eğer sipariş palettteki miktara tam bölünebiliyorsa bu durumda (tek parça akışında olacağı gibi) sipariş istenen miktarda sevk edilir. Gün sonunda fazla gönderilen miktar ertesi gün başlangıcından itibaren ne kadar süre kullanılabilirse o süre içindeki turlarda sevkiyatı yapılmaz. Bu h' tur indisi ile kontrol edilir. Bu durumda ilk sevkiyattan itibaren bazı turlarda h' sıfır değerini alır ve bu turlarda sözkonusu parçanın sevkiyatı olmaz.

Hesaplanan tur sayısına göre günlük siparişler araçlara sıralı olarak dağıtılmalıdır. Model bu dağıtımı yaparken hesaplanması gereken ilk konu müşterinin üretim hızına göre sevkiyat planını yapmaktır. Müşterinin günlük üretim zamanı tur sayısına bölünerek tur frekansı bulunur. Hesaplanan sevk edilmesi gereken palet adetleri heijunkalı olarak turlara dağıtılmalıdır. Dağıtım

sırasında ki diğer bir kısıt ise araç kapasiteleridir. Her turda gönderilecek adetler belirlenirken planlanan hacmin araç hacmini geçmemesi gerekir.

Model yukarıda açıklanan tüm durumları dikkate alarak parçaları turlara dağıtır. Tablo 3.1 de görülen 2 nolu parçanın siparişi 398 adet paletteki miktarı ise 80 adettir. Sipariş miktarını karşılayabilmek için 5 palet sevk etmek gerekir. Bu 5 palet heijunkalı olarak 9 turda sevk edilecek ise sevkiyat planı Tablo 3.2'de görüldüğü gibi gerçekleşmelidir.

Tablo 3.2 Heijunka'lı olarak sevkiyat planı

Parça No	Milk-Run Turlarındaki Kanban Adetleri								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	0	1	0	1	0	1	0	1
2	1	0	1	0	1	0	1	0	1
3	6	5	6	5	6	5	6	5	6
4	6	5	6	5	6	5	6	5	6

Her parçanın palette birer adet taşınması mümkün olsaydı problem daha kolay çözülebilirdi. Paletteki parça miktarı üretim hızına uygun olarak yapılması gereken sevkiyatı güçleştirmektedir. Paletteki miktarlar TZÜ sisteminde istenmeyen erken sevkiyata sebep olmaktadır. Model bu zorlama altında en uygun heijunkalı sevkiyatı bulur.

Her palette bir adet parça olması durumu ile gerçek palet içi miktarın olduğu durumun karşılaştırması yapıldığında fark görülebilir. *i* parçası için siparişin 10 adet olduğunu varsayalım. Günlük milk-run 10 turda gerçekleşiyor ise; palette tek parça taşınması durumunda her turda 1 parça taşınır ve üretim hızıyla birebir örtüşen taşıma sağlanır. Palette 3 adet olduğunu varsayarsak müşteri talebini karşılayabilmek için 4 palet sevk etmek gerekir. Tablo 3.3 de bu durum karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir.

Tablo 3.3 Paletteki Kutudaki parça adedinin heijunkaya etkisi

Sipariş Miktarı :10 adet											Paletteki Miktar:3										
Paletteki Miktar:1											Paletteki Miktar:3										
Turlar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Kanban Ad.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1			1			1	
Parça Ad.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3			3			3			3	
sipariş miktarı kadar sevkiyat											siparişten 2 adet fazla sevkiyat										

Tablo 3.3'de görüldüğü gibi paletteki miktar üretim hızında sevkiyat yapmayı zorlaştırır. Müşteri talebi doğrultusunda her turda 1 adet gitmesi gerekir iken ilk turda 3 adet gönderilmek zorundadır. İlk turda 1 palet (3 adet parça) gönderilmez ise müşteride duruş yaşanır. Fakat üretim hızına göre ihtiyaç 1 adet iken 3 adet gönderilerek erken sevkiyat yapılmıştır. Bu durum paletteki miktarlardan dolayı zorunlu olarak erken gönderime ve müşteride stoğa sebep olur. Amaç fonksiyonunda bu stoğun da enküçülenmesi istenir.

Yapılan heijunkalı sevkiyat planına göre üretimin kapasitesinin de kontrol edilmesi gerekir. TZÜ sisteminde satış hızında üretim yapmak, hammadde stoğundan bitmiş ürün stoğuna kadar olan tüm proseslerde stok azaltımı sağlar. Siparişten daha az gerçekleşecek sevkiyata müsaade edilmez.

4. UYGULAMA VE YORUMLAMA

4.1. Uygulama Firmasının Tanıtımı

TTÇTPTP için önerilen modelin gerçek veriler ile uygulamasını yapıp sonuçları görmek için TOYOTETSU A.Ş. seçilmiştir. Toyotetsu Türkiye, 6 Nisan 2001 tarihinde Toyoda Iron Works Şirketi'nin bir yatırımı olarak kuruldu. Toplam 40 bin ton sac işleme kapasitesi vardır. Firmanın tarihçesi Tablo 4.1'de gösterilmiştir. Firma ile ilgili daha ayrıntılı bilgiye <http://www.toyotetsu.com.tr> internet adresinden ulaşılabilir

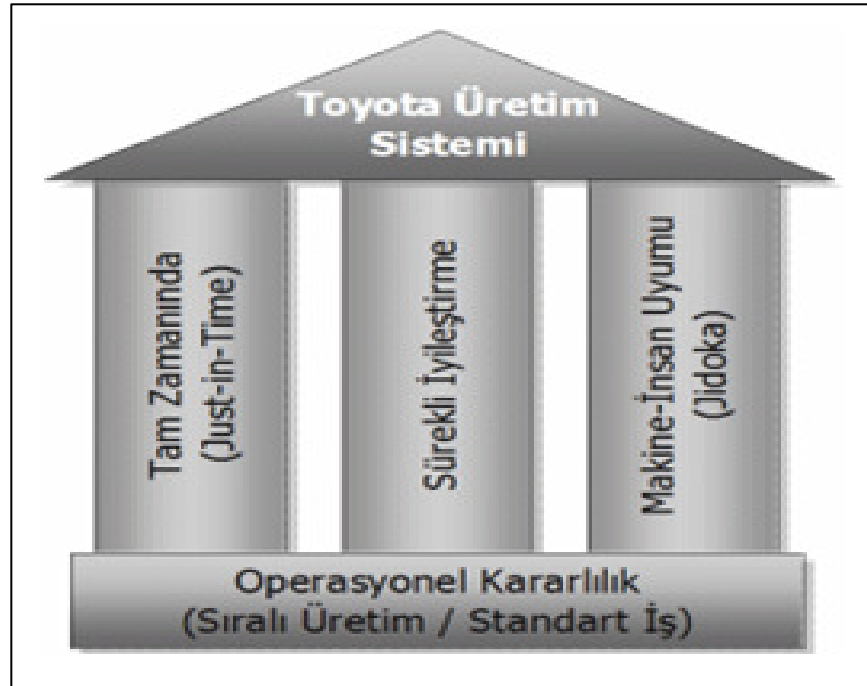
Tablo 4.1 Toyotetsu'nun Tarihçesi

TOYOTETSU (TOYODA IRON WORKS) Tarihçe	
1946	Toyota Motor'un katılımıyla Koromo Iron Works kuruldu.
1959	Şirketin ismi Toyoda Iron Works olarak değiştirildi.
1970	Fabrika sayısı Japonya'da 3'e ulaştı.
1979	Kaliteli üretimi 'PM ödülü' ne değer görüldü.
1980	Toyota Motor'un "Yılın Ödülü"nü kazandı. 1990'dan itibaren beş yıl üst üste bu ödüle hak kazandı.
1995	Japonya dışında ilk üretim merkezini Toyotetsu olarak Endonezya'da kurdu. Toyotetsu Amerika kuruldu. Toplam çalışan sayısı 1670'e ulaştı.
1998	Toyota Teknoloji Ödülü'nü almaya hak kazandı. Toyotetsu Hindistan kuruldu.
1999	ISO9001 ve ISO9002 kalite güvence sistemleri uygulamaya başlandı.
TOYOTETSU Türkiye	
2001	6 Nisan 2001'de Toyotetsu Türkiye (TTI) Toyoda Iron Works Ltd. Şirketi (TIW) tarafından kuruldu.
2002	Corolla parçalarının üretim ve sevkiyatı başladı.
2003	17 Eylül 2003'de Toyotetsu Türkiye'nin resmi açılışı gerçekleşti.
2004	Verso'nun üretim ve sevkiyatı başladı. Toyotetsu fabrikası genişletildi. ISO 14001 sertifikasını almaya hak kazandı.
2005	Yaris parçalarının üretim ve sevkiyatı başladı.
2007	Auris parçalarının üretim ve sevkiyatı başladı.
2009	Yeni Verso parçalarının üretim ve sevkiyatı başladı.

TOYOTETSU ile müşterisi TOYOTA arasında problemimizin tanımı ile aynı olan bir tedarik sistemi vardır. TOYOTETSU'nun TOYOTA'ya sağladığı çeşit ve hacim olarak büyük ürünleri vardır ve bu sebepten TOYOTA günde birden fazla turda parça tedariki yapmaktadır..

4.2. Toyotetsu Üretim Sistemi

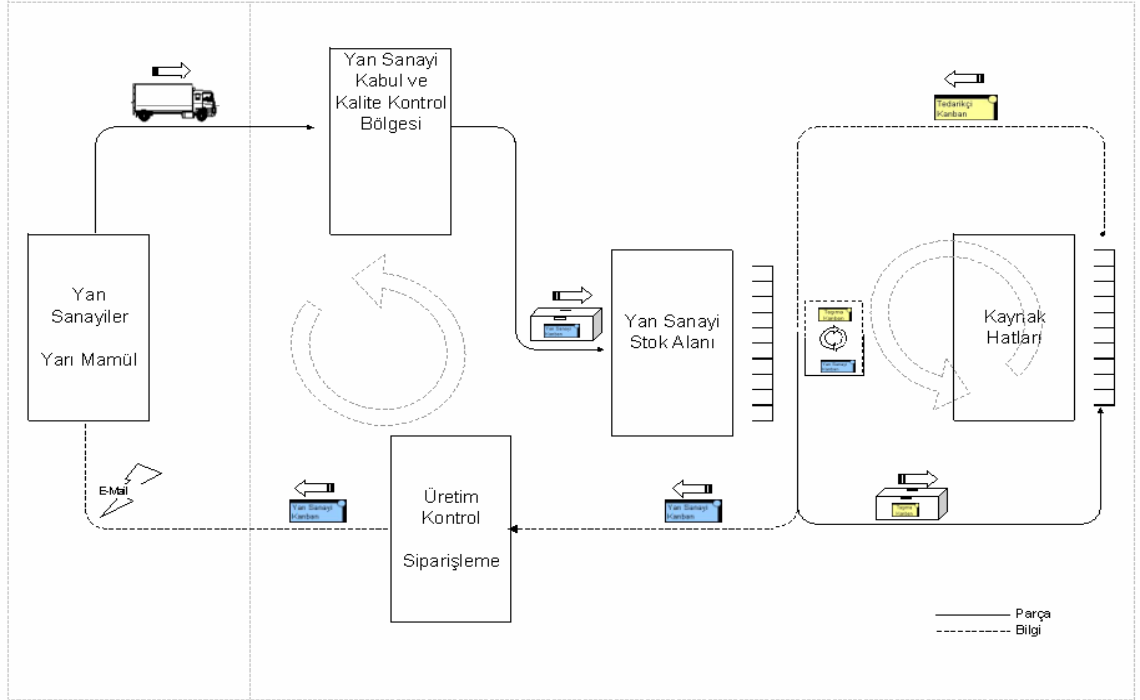
Toyota için gövde parçaları üretimi yapan Toyotetsu, Toyota üretim sistemi ile üretim yapmaktadır. Toyota üretim sistemini oluşturan bileşenler TZÜ, sürekli iyileştirme ve insan makina uyumudur. Şekil 4.1 de bu bileşenler gösterilmiştir.



Şekil 4.1 Toyota üretim sistemi

Kaynak: http://www.toyotetsu.com.tr/production-production_philosophy.htm

Toyota'dan siparişler elektronik ortamda günlük olarak gelir. Sipariş her parça için tek kullanımlık Kanban olarak indirilir ve yazdırılır. Kanbanlar üretim emri olarak üretim hatlarına gider. Bu çekme sisteminin başlangıcıdır. Toyota Kanban'ı ile hattan alınan parçanın yerine 1 adet Kanban'lık üretim başlar. Şekil 4.2'de üretim hatları Kanban döngüsü görülmektedir.



Şekil 4.3 Tedarikçi Kanban döngüsü

Kaynak: http://www.toyotetsu.com.tr/production-production_system

4.3. Toyota-Toyotetsu Arasındaki Milk-Run Sistemi

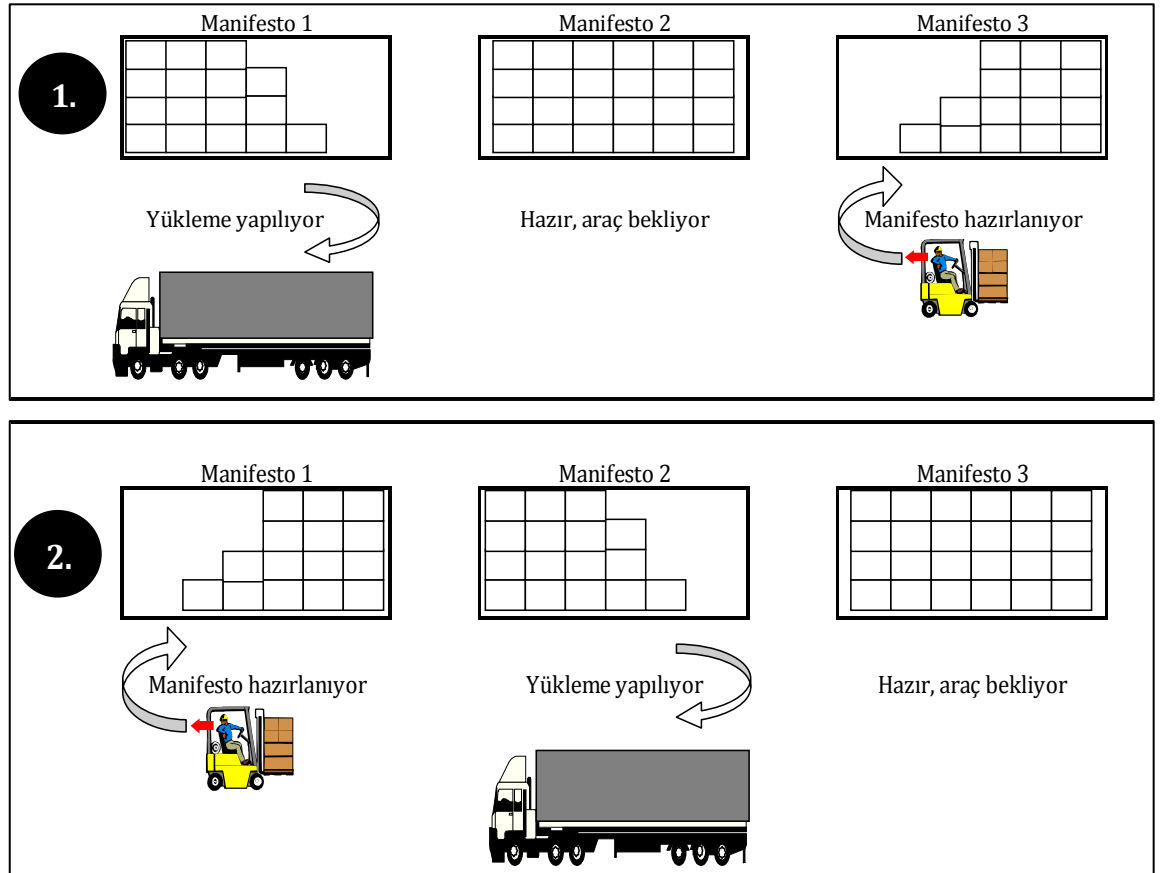
Toyotetsu'nun Toyota'ya tedarik ettiği parça çeşidi yüksek ve parça hacimleri büyüktür. Bu nedenle Toyota sadece Toyotetsu'dan günde birden çok seferde büyük hacimli TIR'larla parça toplar. Toyota-Toyotetsu arasındaki milk-run sistemi bu çalışmada incelenen TTÇTPTP için uygun bir örnek teşkil eder.

Üretim planında her ay bir periyot olarak yılda 12 periyot vardır. Her periyodun son haftası bir sonraki periyodun milk-run planı yapılır. Burada yeni periyottaki planlanan üretim miktarlarına göre günlük ihtiyaçlar hesaplanıp bu ihtiyaçları karşılayacak tur sayısı belirlenir. Bu tur sayısı 1 periyot için geçerlidir. Toyota-Toyotetsu'ya giriş – çıkış saatleri de belirlidir ve değişmez.

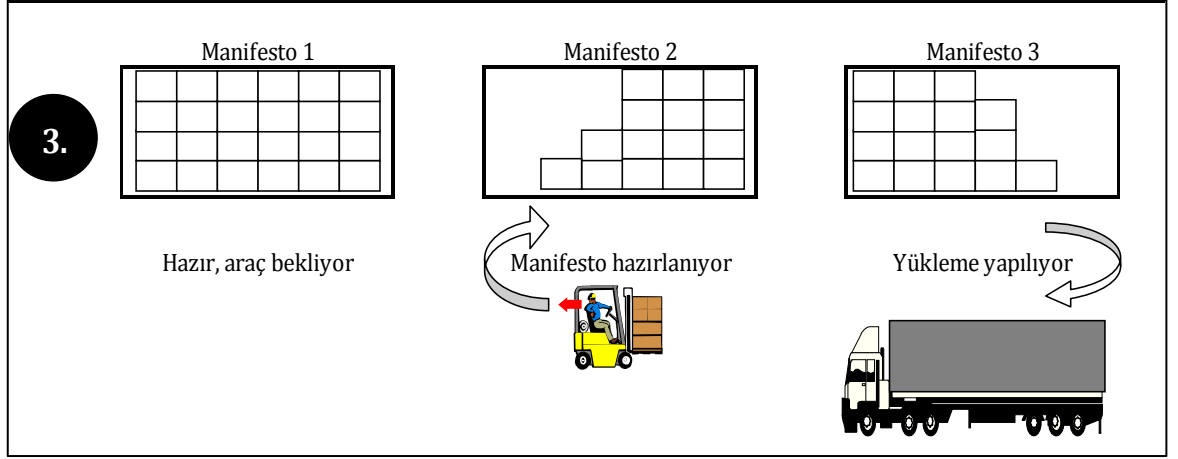
Milk-Run aracının giriş ve çıkış saatleri belirli olduğundan o turda yüklenecek parçaların araç girişinden önce hazır olması gerekir. İşte bunun için

manifesto uygulaması vardır. Manifesto, araçlar gelmeden önce gönderilecek parçaların sıralandığı ve aracı beklediği bölgedir. Araç giriş saatinden yarım saat önce o araca yüklenecek tüm parçalar üretim hatlarından alınarak belirlenen manifestoya toplanır. 3 adet manifesto vardır.

Herhangi bir t anında manifestolardaki durumları şöyle sıralanabilir: Birinci manifestoda araç gelmiştir sevkiyat için yükleme yapılmaktadır. İkinci manifestoda gelecek ilk aracı bekleyen parçalar vardır. Manifesto sevk edilecek tüm parçaları içerir sevkiyata hazırdır. Üçüncü manifestoya ise bir sonraki aracın alacağı parçalar üretimden toplanarak sıralanır. Araç yüklenip Tototetsu'dan ayrıldıktan sonra bir sonraki araç giriş yapar. Bu araç ikinci manifestodaki parçaları almak üzere ikinci manifesto bölgesine gelir. Üçüncü manifestoda parçaların toplanması bittikten sonra birinci manifestoya parçalar toplanmaya başlar. Döngü bu şekilde devam eder. Manifesto işleyişi Şekil 4.4'de gösterilmiştir.



Şekil 4.4 Manifestoların işleyişi



Şekil 4.4 Manifestoların işleyişi (devamı)

Periyot başında belirlenen milk-run tur sayısına göre araçlar hergün aynı saatte toplama yaparlar. Fakat günlük kullanımlar, model ve opsiyon değişikliklerinden dolayı sipariş adetlerinde değişiklikler olabilir. TZÜ sisteminde kullanılan parçanın çekilmesi şeklinde sipariş geldiğinden her aracın alacağı parça ve hacmi hergün değişkenlik göstermektedir. Oysa tur adetleri periyot başında belirlenmiştir. Bu durumda bazı araçlarda boşluklar kalmakta bazı araçlara ise sipariş sığmamakta ve parça sevkedilememektedir. Üretimdeki esneklik ve siparişlerdeki değişimlere uyum lojistik operasyonlarda gerçekleşmemektedir. Günlük değişen dinamik talepler için aylık statik bir toplama planı yapılması TZÜ sistemi ile çalışılan ortamda maliyet oluşturmaktadır.

4.4. Gerçek Datalar ile Modelin Test Edilmesi

4.4.1. Mevcut Durum ve Verilerin Elde Edilmesi

Toyota-Toyotetsu arasındaki süregelen milk-run turlarından 10 günlük gerçekleşen değerler alınarak mevcut durum verileri oluşturulmuştur. Burada periyot sonunda yeni periyot için bir kez belirlenip periyot sonuna kadar hergün tekrar eden turların günlük siparişlerdeki değişimleri ile doluluk oranları incelenmiştir. Alınan 10 günlük değerlerin ait olduğu periyotta günlük 11 tur yapılmaktadır. Araçlar büyük hacimli TIR'lardan oluşur. 85 m³ olan araç kullanım

hacmi %5'lik yükleme toleransı verilerek 81m³ olarak alınmıştır. 143 çeşit parça mevcuttur.

Web-EDI aracılığı ile gelen günlük siparişler MS Excel dosyasına dönüştürülür. Bunlar matematiksel modelin çözümünde kullanılacak ham verilerdir. MS Excel dosyasında bu veriler işlenerek modelin kullanabileceği veriler haline getirilir. Her bir *i* parçası için günlük sevk edilecek palet adedi ile paletlerin hacimleri çarpılarak hacimler bulunur. Gerçek siparişlerde hangi turda hangi parçadan sevk edileceği belli olduğundan her bir aracın taşıyacağı toplam hacim bulunur. Bu şekilde bulunan veriler 10 gün için hesaplanmıştır.

Tablo 4.2'de 10 gün için gerçek miktarların m³ olarak kapladığı alan gösterilmiştir. Tabloda birinci gün için bakılırsa, birinci turda toplam 62,08 m³ taşınmıştır. İkinci ve diğer turlar için taşınan miktarlar da tabloda görülmektedir. Birinci gün 11 turda ortalama 61.91 m³ taşınmıştır.

Tablo 4.2 10 günlük gerçek sevkiyat hacimleri (m³)

	Tur_1	Tur_2	Tur_3	Tur_4	Tur_5	Tur_6	Tur_7	Tur_8	Tur_9	Tur_10	Tur_11	ortalama
1.Gün	62,08	60,56	68,35	63,00	50,31	67,23	53,08	66,77	62,03	64,17	63,47	61,91
2.Gün	62,08	57,88	50,75	62,07	64,72	56,60	59,82	54,34	58,49	68,72	52,85	58,94
3.Gün	61,08	51,32	50,77	66,28	56,80	56,83	59,26	53,85	60,14	61,28	52,76	57,31
4.Gün	61,67	54,58	66,24	65,87	68,59	54,65	67,14	61,14	53,77	60,12	66,29	61,82
5.Gün	61,55	66,99	59,57	63,85	59,98	61,10	60,54	63,36	62,11	64,89	66,34	62,75
6.Gün	62,88	61,31	64,99	63,17	58,29	64,34	61,31	63,97	59,04	59,40	65,86	62,23
7.Gün	61,24	68,56	55,50	64,43	62,44	63,72	63,01	71,81	47,46	68,58	57,04	62,16
8.Gün	52,71	66,74	59,60	60,98	64,74	57,03	58,44	61,10	60,51	61,18	66,14	60,83
9.Gün	73,63	58,43	69,17	64,88	67,02	65,86	62,92	62,48	64,11	61,85	66,44	65,16
10.Gün	63,99	68,92	69,36	57,29	71,45	64,69	59,76	66,04	69,20	62,09	59,32	64,74

Araçların her turda taşıdığı hacimler, araçların her tur için kullanım kapasitesi oranını hesaplamak için kullanılırsa Tablo 4.3'deki sonuçlar bulunur.

Tablo 4.3 Araçların doluluk oranları

	Tur_1	Tur_2	Tur_3	Tur_4	Tur_5	Tur_6	Tur_7	Tur_8	Tur_9	Tur_10	Tur_11	ortalama
1.Gün	77%	75%	84%	78%	62%	83%	66%	82%	77%	79%	78%	76%
2.Gün	77%	71%	63%	77%	80%	70%	74%	67%	72%	85%	65%	73%
3.Gün	75%	63%	63%	82%	70%	70%	73%	66%	74%	76%	65%	71%
4.Gün	76%	67%	82%	81%	85%	67%	83%	75%	66%	74%	82%	76%
5.Gün	76%	83%	74%	79%	74%	75%	75%	78%	77%	80%	82%	77%
6.Gün	78%	76%	80%	78%	72%	79%	76%	79%	73%	73%	81%	77%
7.Gün	76%	85%	69%	80%	77%	79%	78%	89%	59%	85%	70%	77%
8.Gün	65%	82%	74%	75%	80%	70%	72%	75%	75%	76%	82%	75%
9.Gün	91%	72%	85%	80%	83%	81%	78%	77%	79%	76%	82%	80%
10.Gün	0,79	0,85	0,86	0,71	0,88	0,80	0,74	0,82	0,85	0,77	0,73	80%

Tablo 4.3'de de görüldüğü gibi araçlar kapasiteleri tam dolu olmadan taşıma yapmaktadır. Turlarda boş kapasite ile verimsiz taşıma yapılmakta ve bu da lojistik maliyetini artırmaktadır.

4.4.2. Model Çözümü

Tablo 4.3'de görüldüğü üzere mevcut durumda araçların taşıma kapasiteleri verimli olarak kullanılamamaktadır. Bunun nedeni TZÜ sisteminde, çekme prensibi ile dinamik bir üretim-talep ortamında siparişleme yapılır iken toplama planının uzun dönemli statik bir şekilde yapılmış olmasıdır. Siparişlerin dinamik yapısına taşımaların uzun dönemli statik yapısı uyum sağlayamamaktadır. İstenilen parçanın istenilen adette ve istenilen zamanda sevkiyatını araçların taşıma

kapasitelerini optimum seviyede kullanarak hergün tekrar planlayan dinamik bir sistem bu model ile gerçekleştirilmeye çalışılmaktadır.

Modelin çözümü için gerçek siparişler veri olarak alınıp MS Excel dosyasına dönüştürülmüştür (allpartslst.xls). Daha önce açıklandığı gibi günlük siparişin toplam hacmi hesaplanıp, araç hacmine bölünerek gerekli tur adedi bulunmuştur. Palettteki miktarlar, sipariş miktarları, palet hacimleri ve tur sayısı verileri kullanılarak model CPLEX çözücüsünde çalıştırılmıştır. Matematiksel modelin MPL kodu Ek-1'de verilmiştir. Aynı işlemler 10 gün için tekrarlanmış ve Tablo 4.4'deki sonuçlar elde edilmiştir. Tablo 4.4'de 10 gün için her turda kaç m³ taşındığı görülmektedir.

Tablo 4.4 Model çözümüne göre sevkiyat hacimleri (m³)

	Tur_1	Tur_2	Tur_3	Tur_4	Tur_5	Tur_6	Tur_7	Tur_8	Tur_9
1.Gün	80,42	80,13	80,19	76,55	78,42	80,66	78,84	78,89	78,02
2.Gün	80,45	80,12	80,20	79,73	79,27	79,81	79,26	78,46	79,28
3.Gün	79,98	79,04	71,67	79,17	71,45	71,47	74,06	72,04	70,21
4.Gün	80,81	78,89	69,24	77,16	75,07	70,49	79,72	73,23	79,34
5.Gün	80,88	77,20	73,27	74,72	75,53	70,92	80,15	72,39	79,31
6.Gün	80,45	78,94	72,26	76,32	76,39	70,92	80,57	74,18	80,71
7.Gün	80,37	80,15	67,87	74,71	75,53	71,68	79,70	70,70	79,31
8.Gün	80,48	76,44	79,72	78,21	80,89	74,59	80,76	79,20	0,00
9.Gün	76,60	74,76	66,68	75,57	73,98	63,60	76,41	69,86	70,91
10.Gün	80,37	79,00	69,13	77,16	75,52	69,23	80,57	70,70	79,31

Model çözüm sonuçlarına, araç taşıma kapasitesi kullanım oranları olarak bakılırsa Tablo 4.5'deki sonuçlar bulunur.

Tablo 4.5 Model çözümüne göre araç doluluk oranları

	Tur_1	Tur_2	Tur_3	Tur_4	Tur_5	Tur_6	Tur_7	Tur_8	Tur_9
1.Gün	99%	99%	99%	95%	97%	100%	97%	97%	96%
2.Gün	99%	99%	99%	98%	98%	99%	98%	97%	98%
3.Gün	99%	98%	88%	98%	88%	88%	91%	89%	87%
4.Gün	100%	97%	85%	95%	93%	87%	98%	90%	98%
5.Gün	100%	95%	90%	92%	93%	88%	99%	89%	98%
6.Gün	99%	97%	89%	94%	94%	88%	99%	92%	100%
7.Gün	99%	99%	84%	92%	93%	88%	98%	87%	98%
8.Gün	99%	94%	98%	97%	100%	92%	100%	98%	0%
9.Gün	95%	92%	82%	93%	91%	79%	94%	86%	88%
10.Gün	99%	98%	85%	95%	93%	85%	99%	87%	98%

4.4.3. Gerçek Durum- Model Çözümü Karşılaştırması

Model çözümünde görülen sonuçlarda; 10 günlük gerçek sevkiyat hacimlerinin TZÜ standartları altında daha iyi araç taşıma kapasitesi kullanarak daha az turda gerçekleştirilebileceği görülmüştür. Burada sıralı ve üretim hızını yakalayabilen bir sevkiyat planı oluşturulmuştur. Mevcut durumda 11 olarak gerçekleşen tur adedi 9 tur ile gerçekleştirilebilmektedir. 8. günde ise 8 tur ile gerçekleştirilebilir olduğu görülmektedir. Burada hergün için 2 tur (bazı günler için 3 tur) daha az araç kullanarak lojistik maliyetlerinde azalma sağlanabilir. Tablo 4.6'da gerçek durum ile model çözümünün karşılaştırılması yapılmıştır. Tablo 4.6'da gösterilen ortama sütündeki değerler m³ ve yüzde olarak gösterilmiştir.

Tablo 4.6 Gerçekleşen ile model çözümü karşılaştırma tablosu

10 Günlük Gerçek Sevkiyatlar ile Model Çözümünün Karşılaştırılması													
		TUR-1	TUR-2	TUR-3	TUR-4	TUR-5	TUR-6	TUR-7	TUR-8	TUR-9	TUR-10	TUR-11	Ortalama
1.Gün	Gerçek Sevkiyatlar	63,99	68,91	69,36	57,28	71,45	64,69	59,76	66,04	69,20	62,09	59,31	65,63
		79%	85%	86%	71%	88%	80%	74%	82%	85%	77%	73%	81%
	Model Çözümü	80,42	80,13	80,19	76,55	78,42	80,66	78,84	78,89	78,02	2 sefer daha az		79,12
		99%	99%	99%	95%	97%	100%	97%	97%	96%			98%
2.Gün	Gerçek Sevkiyatlar	73,63	58,43	69,16	64,87	67,02	65,86	62,92	62,48	64,11	61,84	66,44	65,39
		91%	72%	85%	80%	83%	81%	78%	77%	79%	76%	82%	81%
	Model Çözümü	80,45	80,12	80,20	79,73	79,27	79,81	79,26	78,46	79,28	2 sefer daha az		79,62
		99%	99%	99%	98%	98%	99%	98%	97%	98%			98%
3.Gün	Gerçek Sevkiyatlar	52,71	66,73	59,60	60,97	64,73	57,02	58,43	61,10	60,51	61,18	66,14	60,20
		65%	82%	74%	75%	80%	70%	72%	75%	75%	76%	82%	74%
	Model Çözümü	79,98	79,04	71,67	79,17	71,45	71,47	74,06	72,04	70,21	2 sefer daha az		74,34
		99%	98%	88%	98%	88%	88%	91%	89%	87%			92%
4.Gün	Gerçek Sevkiyatlar	61,23	68,55	55,49	64,42	62,44	63,72	63,01	71,80	47,46	68,57	57,04	62,01
		76%	85%	69%	80%	77%	79%	78%	89%	59%	85%	70%	77%
	Model Çözümü	80,81	78,89	69,24	77,16	75,07	70,49	79,72	73,23	79,34	2 sefer daha az		76,00
		100%	97%	85%	95%	93%	87%	98%	90%	98%			94%
5.Gün	Gerçek Sevkiyatlar	62,88	61,30	64,98	63,16	58,29	64,34	61,30	63,97	59,04	59,39	65,85	62,14
		78%	76%	80%	78%	72%	79%	76%	79%	73%	73%	81%	77%
	Model Çözümü	80,88	77,20	73,27	74,72	75,53	70,92	80,15	72,39	79,31	2 sefer daha az		76,04
		100%	95%	90%	92%	93%	88%	99%	89%	98%			94%
6.Gün	Gerçek Sevkiyatlar	61,54	66,99	59,57	63,85	59,98	61,10	60,53	63,35	62,11	64,88	66,33	62,11
		76%	83%	74%	79%	74%	75%	75%	78%	77%	80%	82%	77%
	Model Çözümü	80,45	78,94	72,26	76,32	76,39	70,92	80,57	74,18	80,71	2 sefer daha az		76,75
		99%	97%	89%	94%	94%	88%	99%	92%	100%			95%
7.Gün	Gerçek Sevkiyatlar	61,67	54,58	66,24	65,87	68,59	54,64	67,14	61,13	53,77	60,11	66,29	61,51
		76%	67%	82%	81%	85%	67%	83%	75%	66%	74%	82%	76%
	Model Çözümü	80,37	80,15	67,87	74,71	75,53	71,68	79,70	70,70	79,31	2 sefer daha az		75,56
		99%	99%	84%	92%	93%	88%	98%	87%	98%			93%
8.Gün	Gerçek Sevkiyatlar	61,07	51,31	50,76	66,28	56,79	56,83	59,26	53,85	60,14	61,28	52,75	57,37
		75%	63%	63%	82%	70%	70%	73%	66%	74%	76%	65%	71%
	Model Çözümü	80,48	76,44	79,72	78,21	80,89	74,59	80,76	79,20	3 sefer daha az			78,79
		99%	94%	98%	97%	100%	92%	100%	98%				97%
9.Gün	Gerçek Sevkiyatlar	62,07	57,87	50,75	62,06	64,71	56,60	59,82	54,34	58,48	68,72	52,85	58,52
		77%	71%	63%	77%	80%	70%	74%	67%	72%	85%	65%	72%
	Model Çözümü	76,60	74,76	66,68	75,57	73,98	63,60	76,41	69,86	70,91	2 sefer daha az		72,04
		95%	92%	82%	93%	91%	79%	94%	86%	88%			89%
10.Gün	Gerçek Sevkiyatlar	62,07	60,56	68,34	62,99	50,30	67,23	53,08	66,77	62,03	64,17	63,47	61,91
		77%	75%	84%	78%	62%	83%	66%	82%	77%	79%	78%	76%
	Model Çözümü	80,37	79,00	69,13	77,16	75,52	69,23	80,57	70,70	79,31	2 sefer daha az		75,67
		99%	98%	85%	95%	93%	85%	99%	87%	98%			93%

1.Gün için model çözümünün sonuçları - KANBAN Dağılımı

Parça	TIR -1	TIR-2	TIR-3	TIR -4	TIR-5	TIR-6	TIR -7	TIR-8	TIR-9	Toplam Kanban
29	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
30	2	1	1	1	1	2	1	1	1	11
31	2	2	2	1	2	2	2	1	2	16
32	2	2	2	1	2	2	2	1	2	16
33	6	5	5	5	5	5	5	5	5	46
34	0	5	4	4	4	4	4	4	9	38
35	0	6	5	5	5	6	5	5	11	48
36	0	6	5	5	5	6	5	5	11	48
37	0	2	1	1	1	1	1	1	3	11
38	0	2	1	1	1	1	1	1	3	11
39	0	3	3	2	3	3	2	3	5	24
40	0	3	3	2	3	3	2	3	5	24
41	7	7	7	7	7	7	7	7	7	63
42	0	7	7	7	7	7	7	7	14	63
43	1	1	1	2	1	1	2	1	1	11
44	4	3	4	3	4	3	3	4	3	31
45	4	3	4	3	4	3	3	4	3	31
46	7	7	7	7	7	7	7	7	7	63
47	7	7	7	7	7	7	7	7	7	63
48	1	1	1	1	1	1	1	0	1	8
49	0	0	1	0	0	1	0	0	1	3
50	0	0	1	0	0	0	1	0	1	3
51	1	1	1	1	1	1	0	1	1	8
52	1	1	1	0	1	1	0	1	1	7
53	2	2	2	1	2	1	2	1	2	15
54	2	1	2	1	1	1	1	2	1	12
55	1	1	1	1	1	1	1	0	1	8
56	1	1	1	1	1	1	1	0	1	8
57	3	2	2	2	2	2	2	2	2	19
58	3	2	2	2	2	2	2	2	2	19
59	4	3	3	3	3	3	3	3	3	28
60	4	3	3	3	3	3	3	3	3	28
61	1	1	2	1	1	2	1	2	1	12
62	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
63	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
64	1	1	1	1	2	1	1	1	1	10
65	1	1	1	1	2	1	1	1	1	10
66	1	1	1	1	1	1	0	1	1	8
67	1	1	1	1	1	1	0	1	1	8
68	2	1	1	1	1	1	2	1	1	11

1.Gün için model çözümünün sonuçları - KANBAN Dağılımı										
Parça	TIR -1	TIR-2	TIR-3	TIR -4	TIR-5	TIR-6	TIR -7	TIR-8	TIR-9	Toplam Kanban
109	2	2	2	2	2	2	2	2	2	18
110	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2
111	0	0	1	0	0	0	0	1	0	2
112	2	1	1	1	2	1	1	1	2	12
113	2	1	1	1	2	1	1	1	2	12
114	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
115	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
116	0	1	1	0	1	0	1	1	1	6
117	1	1	0	1	0	1	1	0	1	6
118	1	1	2	1	1	1	1	1	1	10
119	0	2	1	1	1	1	1	2	1	10
120	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
121	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
122	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2
123	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2
124	0	1	1	1	1	1	1	1	1	8
125	1	1	2	1	1	1	1	1	0	9
126	0	1	0	1	0	1	0	0	1	4
127	1	1	0	1	0	1	0	1	0	5
128	1	0	1	0	1	0	0	1	1	5
129	0	1	0	0	0	0	0	1	0	2
130	0	1	1	0	1	1	0	0	1	5
131	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2
132	1	1	0	1	0	1	0	1	0	5
133	0	1	0	0	0	1	0	1	0	3
134	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
135	0	0	0	1	0	0	0	1	0	2
136	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2
137	1	1	0	1	0	1	0	1	0	5
138	1	2	1	1	1	1	1	1	1	10
139	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
140	1	1	1	1	0	1	1	1	0	7
141	1	1	1	1	0	1	1	1	0	7
142	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
143	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1

Tablo 4.7'de TZÜ için tek parça akışı olmayan durumda en iyi sıralı sevkiyat planının model çözümü ile elde edildiği görülmüştür. Araç kapasiteleri açısından da bakıldığında elde edilen planın mümkün olan en az araç ile ve araç kapasiteleri

aşılmadan gerçekleştiği görülür. Bunun için Tablo 4.8'e bakıldığında tüm araçların taşıma kapasiteleri TZÜ ve paletteki miktar zorlaması altında optimum kullanıldığı görülmüştür. Her tur için araç kapasitesi aşılmamıştır. Her bir araç için en alt satıra bakıldığında toplam sevkedilecek hacimlerin araç kapasinden küçük olduğu görülür.

Tablo 4.8 Model çözümünün hacim olarak sonuçları

1.Gün için model çözümünün sonuçları - Tur hacimleri (m ³)									
Parça	TIR -1	TIR-2	TIR-3	TIR -4	TIR-5	TIR-6	TIR -7	TIR-8	TIR-9
1	0,6144	0,6144	0	0,6144	0	0,6144	0	0,6144	0
2	0,6144	0,6144	0	0,6144	0	0,6144	0	0,6144	0
3	0,3168	0,264	0,264	0,264	0,264	0,3168	0,264	0,264	0,264
4	0,3168	0,264	0,264	0,264	0,264	0,3168	0,264	0,264	0,264
5	0,6144	0,6144	0	0,6144	0	0,6144	0	0,6144	0
6	0,6144	0,6144	0	0,6144	0	0,6144	0	0,6144	0
7	0,3168	0,264	0,264	0,264	0,264	0,3168	0,264	0,264	0,264
8	0,3168	0,264	0,264	0,264	0,264	0,3168	0,264	0,264	0,264
9	0	0,6144	0	0,6144	0	0	0,6144	0	0,6144
10	0	0,6144	0	0,6144	0	0	0,6144	0	0,6144
11	0,0264	0,0264	0,0264	0,0264	0,0264	0,0264	0,0264	0,0264	0
12	0,8448	0	0	0,8448	0	0	0,8448	0	0
13	0,8448	0	0	0,8448	0	0	0,8448	0	0
14	0,0264	0,0264	0,0264	0,0264	0,0264	0,0264	0	0,0264	0,0264
15	0,0264	0,0264	0,0264	0,0264	0,0264	0,0264	0	0,0264	0,0264
16	0,0064	0,0064	0,0064	0,0064	0,0064	0,0064	0	0,0064	0,0064
17	0,1056	0,0792	0,1056	0,0792	0,1056	0,0792	0,1056	0,0792	0,0792
18	0,1056	0,0792	0,1056	0,0792	0,1056	0,0792	0,1056	0,0792	0,0792
19	5,0688	4,224	4,224	4,224	5,0688	5,0688	4,224	4,224	5,0688
20	0,1056	0,1056	0,1056	0,1056	0,1056	0,1056	0,1056	0,1056	0,1056
21	0,1056	0,1056	0,1056	0,1056	0,1056	0,1056	0,1056	0,1056	0,1056
22	7,68	6,144	6,144	6,144	6,144	7,68	6,144	6,144	6,144
23	0,2112	0,1584	0,2112	0,1584	0,2112	0,1584	0,2112	0,1584	0,2112
24	0,2112	0,1584	0,2112	0,1584	0,2112	0,1584	0,2112	0,1584	0,2112
25	0,2112	0,1584	0,2112	0,1584	0,2112	0,1584	0,2112	0,1584	0,2112
26	0	0	0,0528	0	0	0	0	0	0,0528
27	0,8448	0,8448	0,8448	0,8448	0,8448	0,8448	0,8448	0,8448	0,8448
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	1,728	1,728	1,728	1,728	1,728	1,728	1,728	1,728	1,728
30	3,672	1,836	1,836	1,836	1,836	3,672	1,836	1,836	1,836

1.Gün için model çözümünün sonuçları - Tur hacimleri (m³)									
Parça	TIR -1	TIR-2	TIR-3	TIR -4	TIR-5	TIR-6	TIR -7	TIR-8	TIR-9
31	0,1056	0,1056	0,1056	0,0528	0,1056	0,1056	0,1056	0,0528	0,1056
32	0,1056	0,1056	0,1056	0,0528	0,1056	0,1056	0,1056	0,0528	0,1056
33	0,0792	0,066	0,066	0,066	0,066	0,066	0,066	0,066	0,066
34	0	0,066	0,0528	0,0528	0,0528	0,0528	0,0528	0,0528	0,1188
35	0	0,3168	0,264	0,264	0,264	0,3168	0,264	0,264	0,5808
36	0	0,3168	0,264	0,264	0,264	0,3168	0,264	0,264	0,5808
37	0	1,2288	0,6144	0,6144	0,6144	0,6144	0,6144	0,6144	1,8432
38	0	1,2288	0,6144	0,6144	0,6144	0,6144	0,6144	0,6144	1,8432
39	0	1,2672	1,2672	0,8448	1,2672	1,2672	0,8448	1,2672	2,112
40	0	1,2672	1,2672	0,8448	1,2672	1,2672	0,8448	1,2672	2,112
41	0,3696	0,3696	0,3696	0,3696	0,3696	0,3696	0,3696	0,3696	0,3696
42	0	0,3696	0,3696	0,3696	0,3696	0,3696	0,3696	0,3696	0,7392
43	1,5936	1,5936	1,5936	3,1872	1,5936	1,5936	3,1872	1,5936	1,5936
44	0,0528	0,0396	0,0528	0,0396	0,0528	0,0396	0,0396	0,0528	0,0396
45	0,0528	0,0396	0,0528	0,0396	0,0528	0,0396	0,0396	0,0528	0,0396
46	0,3696	0,3696	0,3696	0,3696	0,3696	0,3696	0,3696	0,3696	0,3696
47	0,3696	0,3696	0,3696	0,3696	0,3696	0,3696	0,3696	0,3696	0,3696
48	0,8448	0,8448	0,8448	0,8448	0,8448	0,8448	0,8448	0	0,8448
49	0	0	0,8448	0	0	0,8448	0	0	0,8448
50	0	0	0,8448	0	0	0	0,8448	0	0,8448
51	0,4224	0,4224	0,4224	0,4224	0,4224	0,4224	0	0,4224	0,4224
52	0,4224	0,4224	0,4224	0	0,4224	0,4224	0	0,4224	0,4224
53	1,6896	1,6896	1,6896	0,8448	1,6896	0,8448	1,6896	0,8448	1,6896
54	1,6896	0,8448	1,6896	0,8448	0,8448	0,8448	0,8448	1,6896	0,8448
55	0,4224	0,4224	0,4224	0,4224	0,4224	0,4224	0,4224	0	0,4224
56	0,4224	0,4224	0,4224	0,4224	0,4224	0,4224	0,4224	0	0,4224
57	0,0792	0,0528	0,0528	0,0528	0,0528	0,0528	0,0528	0,0528	0,0528
58	0,0792	0,0528	0,0528	0,0528	0,0528	0,0528	0,0528	0,0528	0,0528
59	0,2112	0,1584	0,1584	0,1584	0,1584	0,1584	0,1584	0,1584	0,1584
60	0,2112	0,1584	0,1584	0,1584	0,1584	0,1584	0,1584	0,1584	0,1584
61	2,448	2,448	4,896	2,448	2,448	4,896	2,448	4,896	2,448
62	0,8448	0,8448	0,8448	0,8448	0,8448	0,8448	0,8448	0,8448	0,8448
63	0,8448	0,8448	0,8448	0,8448	0,8448	0,8448	0,8448	0,8448	0,8448
64	1,5936	1,5936	1,5936	1,5936	3,1872	1,5936	1,5936	1,5936	1,5936
65	1,5936	1,5936	1,5936	1,5936	3,1872	1,5936	1,5936	1,5936	1,5936
66	0,4224	0,4224	0,4224	0,4224	0,4224	0,4224	0	0,4224	0,4224
67	0,4224	0,4224	0,4224	0,4224	0,4224	0,4224	0	0,4224	0,4224
68	3,1872	1,5936	1,5936	1,5936	1,5936	1,5936	3,1872	1,5936	1,5936
69	3,1872	1,5936	1,5936	1,5936	1,5936	1,5936	3,1872	1,5936	1,5936
70	0	0,8448	0	0,8448	0	0,8448	0	0,8448	0,8448

1.Gün için model çözümünün sonuçları - Tur hacimleri (m ³)									
Parça	TIR -1	TIR-2	TIR-3	TIR -4	TIR-5	TIR-6	TIR -7	TIR-8	TIR-9
71	0	0,8448	0	0,8448	0	0,8448	0	0,8448	0,8448
72	2,7	1,35	1,35	1,35	2,7	1,35	2,7	1,35	1,35
73	2,7	1,35	1,35	1,35	2,7	1,35	2,7	1,35	1,35
74	0,1848	0,1848	0,1848	0,1848	0,1848	0,1848	0,1848	0,1848	0,1848
75	0,1848	0,1848	0,1848	0,1848	0,1848	0,1848	0,1584	0,1848	0,1848
76	1,8432	1,2288	1,2288	1,2288	1,8432	1,2288	1,2288	1,8432	1,2288
77	0,0528	0,0264	0,0528	0,0264	0,0264	0,0528	0,0264	0,0528	0,0264
78	0,0528	0,0528	0,0264	0,0528	0,0264	0,0528	0,0264	0,0528	0,0264
79	1,2288	0,6144	0,6144	0,6144	0,6144	1,2288	0,6144	0,6144	0,6144
80	0,6144	0,6144	0,6144	0,6144	0,6144	0,6144	0	0,6144	0,6144
81	0	0,6144	0	0,6144	0	0	0,6144	0	0,6144
82	0,0792	0,0792	0,0528	0,0792	0,0792	0,0528	0,0792	0,0792	0,0528
83	0,0792	0,0792	0,0528	0,0792	0,0792	0,0528	0,0792	0,0792	0,0528
84	0,0528	0,0528	0,0528	0	0,0528	0,0528	0,0528	0	0,0528
85	0	0	0,0528	0	0	0	0,0528	0	0,0528
86	0	2,448	2,448	2,448	0	2,448	2,448	0	2,448
87	0	0	0	0	0	0	0	2,448	0
88	2,448	0	2,448	0	2,448	0	2,448	0	2,448
89	0	2,448	0	0	0	0	0	0	0
90	0,1056	0,1056	0,0528	0,1056	0,0528	0,1056	0,0528	0,1056	0,1056
91	0,1056	0,1056	0,0528	0,1056	0,0528	0,1056	0,0528	0,1056	0,1056
92	0,8448	0,4224	0,4224	0,4224	0,4224	0,4224	0,4224	0,4224	0,4224
93	0,8448	0,8448	0,8448	0,8448	0,8448	0	0,8448	0,8448	0,8448
94	0	0	0	0,8448	0	0	0	0	0
95	0	0	0	0,8448	0	0	0	0	0
96	0	0,4224	0	0	0,4224	0,4224	0	0	0,4224
97	0	0,4224	0	0	0,4224	0	0	0,4224	0
98	0,8448	0,8448	0,8448	0,8448	1,6896	0,8448	0,8448	0,8448	0,8448
99	0,8448	0,8448	0,8448	1,6896	1,6896	0,8448	0,8448	1,6896	0,8448
100	0,4224	0,4224	0,4224	0,4224	0,4224	0	0,4224	0,4224	0,4224
101	0,4224	0,4224	0,4224	0,4224	0,4224	0	0,4224	0,4224	0,4224
102	0	2,448	2,448	0	2,448	2,448	2,448	2,448	0
103	0,8448	0,4224	0,4224	0,4224	0,4224	0,4224	0,4224	0,4224	0,4224
104	0,8448	0,8448	0,8448	0,8448	0	0,8448	0,8448	0,8448	0
105	0,8448	0,8448	0,8448	0,8448	0	0,8448	0,8448	0,8448	0
106	1,5936	0	1,5936	0	1,5936	1,5936	0	1,5936	0
107	1,5936	0	1,5936	0	1,5936	0	1,5936	1,5936	0
108	0,1056	0,1056	0,1056	0,1056	0,1056	0,1056	0,1056	0,1056	0,1056
109	0,1056	0,1056	0,1056	0,1056	0,1056	0,1056	0,1056	0,1056	0,1056
110	0	0	0	0,4224	0	0	0	0	0,4224

1.Gün için model çözümünün sonuçları - Tur hacimleri (m³)									
Parça	TIR -1	TIR-2	TIR-3	TIR -4	TIR-5	TIR-6	TIR -7	TIR-8	TIR-9
111	0	0	0,4224	0	0	0	0	0,4224	0
112	0,1056	0,0528	0,0528	0,0528	0,1056	0,0528	0,0528	0,0528	0,1056
113	0,1056	0,0528	0,0528	0,0528	0,1056	0,0528	0,0528	0,0528	0,1056
114	1,5936	1,5936	1,5936	1,5936	1,5936	1,5936	1,5936	1,5936	1,5936
115	1,5936	1,5936	1,5936	1,5936	1,5936	1,5936	1,5936	1,5936	1,5936
116	0	0,0264	0,0264	0	0,0264	0	0,0264	0,0264	0,0264
117	0,0264	0,0264	0	0,0264	0	0,0264	0,0264	0	0,0264
118	0,8448	0,8448	1,6896	0,8448	0,8448	0,8448	0,8448	0,8448	0,8448
119	0	1,6896	0,8448	0,8448	0,8448	0,8448	0,8448	1,6896	0,8448
120	0,8448	0	0	0	0	0	0	0	0
121	0,8448	0	0	0	0	0	0	0	0
122	0	0	0	0,8448	0	0	0	0	0,8448
123	0	0	0	0,8448	0	0	0	0	0,8448
124	0	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26
125	1,26	1,26	2,52	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	0
126	0	0,0264	0	0,0264	0	0,0264	0	0	0,0264
127	0,0264	0,0264	0	0,0264	0	0,0264	0	0,0264	0
128	0,4224	0	0,4224	0	0,4224	0		0,4224	0,4224
129	0	0,8448	0	0	0	0	0	0,8448	0
130	0	0,4224	0,4224	0	0,4224	0,4224	0	0	0,4224
131	0	0,4224	0	0	0	0,4224	0	0	0
132	0,4224	0,4224	0	0,4224	0	0,4224	0	0,4224	0
133	0	0,0064	0	0	0	0,0064	0	0,0064	0
134	0	0	0	0	0	0,8448	0	0	0
135	0	0	0	0,0064	0	0	0	0,0064	0
136	0	0,4224	0	0	0	0,4224	0	0	0
137	0,0064	0,0064	0	0,0064	0	0,0064	0	0,0064	0
138	0,0132	0,0264	0,0132	0,0132	0,0132	0,0132	0,0132	0,0132	0,0132
139	0,0132	0,0132	0,0132	0,0132	0,0132	0,0132	0,0132	0,0132	0,0132
140	0,0132	0,0132	0,0132	0,0132	0	0,0132	0,0132	0,0132	0
141	0,0132	0,0132	0,0132	0,0132	0	0,0132	0,0132	0,0132	0
142	0	0	0	0,4224	0	0	0	0	0
143	0	0	0	0,4224	0	0	0	0	0
Σ	80,4248	80,1300	80,1892	76,5492	78,4228	80,6580	78,8388	78,8860	78,0184

4.5. Sonuçların Yorumlanması

Mevcut durumda belirlenen milk-run tur sayıları periyot boyunca değişmediğinden statik bir durumdur. Tüm periyot boyunca aynı tur sayısı dinamik yapıdaki çekme sistemine tam olarak cevap verememektedir. Talepteki değişimlere göre günlük olarak milk-run planının yapılması araç taşıma kapasitelerinin verimli kullanımını sağlar. Araçlar kapasite kullanımlarının artması ise toplam araç sayısını azaltarak lojistik maliyetlerinde kazanç sağlar.

Geliştirilen matematiksel model TZÜ sisteminin temeli olan müşterinin istediği parçadan istediği zamanda ve istediği miktarda tedarik etme prensibine en uygun czm bulmaktadır. Araç taşıma kapasiteleri kullanımını en iyileyerek lojistik operasyonlarda optimizasyon ile maliyet kazancı sağlamaktadır. TZÜ sisteminde tek parça akışı çok önemli olmasına rağmen uygulanması en güç olan ve hatta uygulanamayan prensiptir. Bu şartlarda talebin en uygun heijunka ile müşteride duruşa sebep olmadan ve mümkün olan en az stok gerçekleşecek şekilde sevkiyatını sağlayan milk-run planı model czm ile elde edilmiştir.

5. SONUÇ

Bu çalışma kapsamında, TZÜ sisteminin temelini oluşturan unsurlardan gerekli olanı gerektiği zamanda ve gerektiği miktarda tedarik etme prensibinin lojistik zorluklarına karşı bir öneri geliştirilmiştir. Coğrafi olarak çeşitli bölgelere dağılmış tedarikçilerden zamanında parça toplamak için literatürde birçok yöntem incelenmiştir. Sanayi devrimi ile başlayan talebin yoğun olduğu, üretilenin satıldığı dönemlerde maliyetler çok ön planda değildi. O dönemlerde tedarikçiler nerede olursa olsun maliyet kaygısı olmadan büyük lotlarda ve uzun lojistik rotalarla parça tedarik ediliyordu. Talebin yavaş yavaş doyması ile rekabet ortamı oluşmaya başladı ve maliyetler görülmeye başlandı.

TZÜ sisteminde stok maliyetlerinin azaltılması için zamanında ve istenen miktarda tedarik temel prensiptir. Üretimde kullanılacak hammadde ve yarımamullerin zamanında ve istenen miktarda sağlanması durumunda stok seviyeleri düşürülebilir. Zamanında ve istenen miktarda tedarik için ise iyi bir tedarik yönetimi gerekmektedir. Tedarikçiler ile olan ilişkiler, karşılıklı güven ortamı ve tedarik sürecinin geliştirilmesi için ise TZY sistemi gelişmiştir. TZY ile çeşitli bölgelerde bulunan tedarikçilerden en uygun rota ve turlarla parça toplama sistemleri geliştirilmiştir. Literatürde rotaların belirlenmesi, araç yüklemelerin optimizasyonu gibi konularda çalışmalar yapılmıştır.

Bu çalışmada incelenen konu özellikle TZÜ sistemi ile çalışan otomotiv sektöründe sayı olarak çok ve dağınık olan tedarikçilerden parça toplama operasyonlarının lojistik yönüdür. Tek parça akışının pek mümkün olmadığı, kutu veya paletlerde birden çok parçanın taşınmak zorunda olduğu durumda ortaya çıkan zorluklar gözönüne alınarak optimizasyon yaklaşımı denenmiştir.

Literatürde en çok incelenen konular; birden çok tedarikçiden toplama yapılan durumdaki rota optimizasyonu, araç yükleme optimizasyonu, stok seviyelerinin optimizasyonuudur. Bu çalışmada literatürdeki çalışmalar ışığında bir alternatif olarak büyük tedarik kapasiteli tek tedarikçiden parça toplama problemi incelenmiştir. TZÜ sistemi ile çalışan müşteri ve tedarikçi arasındaki çok seferde gerçekleşen tedarik sürecinin istenen miktarda ve zamanda en az stok ile heijunkalı bir şekilde gerçekleşmesini sağlayacak dinamik milk-run planı geliştirilmiştir.

Dinamik milk-run planı ile TZÜ sisteminde çalışan tedarikçinin sevkiyat planının hergün tekrar yapılması gerekir. TZÜ ile çalışan müşterinin siparişleri günlük ve dinamik bir yapıda iken tedarikçiden yapılacak toplama planının sabit olması aslında bütün olarak TZÜ felsefesine uymamaktadır. Siparişlerdeki değişkenlik taşınacak hacimleri değiştireceğinden araç rotaları ve tur sayıları da buna uymalıdır. Böylece sabit günlük tur sayıları yerine o günün siparişini karşılayacak tur sayısı belirlenir. Boş taşıma kapasite kullanımı maliyetleri düşeceği gibi fazla miktarın sığmamasından dolayı sevk edememe ve parça beklemeden dolayı duruş riskleri de ortadan kalkmış olur.

Çalışmada önerilen sistem modellenip sonuçlarına bakıldığında günlük siparişe göre günlük milk-run tur sayısının belirlenmesi ile lojistik operasyonlarda optimizasyon sağlanmıştır. Model TZÜ sistemi ile çalışan Toyota ile tedarikçisi Toyotetsu arasında gerçekleşen milk-run sisteminin 10 günlük gerçek değerleri ile test edilmiş ve başarılı sonuç elde edilmiştir.

Bu çalışmada TZÜ sistemi ile çalışan üretim firmalarında yüksek hacimde parça sağlayan büyük tedarikçilerden çok seferde parça toplama rotası için lojistik optimizasyonu sağlayan bir yaklaşım geliştirmiştir. Bundan sonraki çalışmalarda; paketteki miktardan dolayı (tek parça olamadığından) zorlanılan durumlara iyileştirme alternatifleri incelenebilir.

Çok miktarda ve küçük ölçekli tedarikçi yerine daha az sayıda ve güçlü tedarikçi ile çalışmak tedarik sürecini daha verimli kılacak ve riskleri azaltacaktır. Özellikle Japon üreticiler tedarikçi geliştirme programları ile güçlü tedarikçiler oluşturup çok tedarikçi ve düşük hacim yerine büyük ve güvenilir tedarikçilerden yüksek hacimde parça tedarik etme felsefesini benimsemişlerdir. Toyotetsu böyle bir örnektir ve bu örnekler Toyota'nın tedarikçilerine bakıldığında artar.

Bu çalışma ülkemizde gelişen ve büyüyen otomotiv sektöründe uygulanmakta olan TZÜ ve TZY çalışmalarında firmalara katkı sağlayarak, yapılacak araştırma, geliştirme ve yeni fikirlere ışık tutacak sonuçlar göstermiştir.

KAYNAKLAR

ACAR, N. 1997. Tam Zamanında Üretim. Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları No : 542. Ankara, 163s.

ACAR, N. 1993. Tam Zamanında Üretim Ortamında Satınalma ve Yansanayi ile İlişkiler. Verimlilik Dergisi, 1:77-98.

AKMAN, G., Ü. KOYUNCU.2006. “Tedarikçi ilişkileri Yönetiminde Müşteri Memnuniyetinin Ölçülmesi”, - Yöneylem Araştırması/Endüstri Mühendisliği – 26. Ulusal Kongresi Bildiriler Kitabı, 3-5 Temmuz 2006, Kocaeli.

AI, T.J. ve V, KACHITVICHYANUKUL. 2007. A Particle Swarm Optimization for the Capacitated Vehicle Routing Problem. International Journal of Logistics and SCM Systems.

BAĞBOZAN, K. 2007. Otomotiv Yedek Parça Sektöründe Tedarik Zinciri Uygulamaları. Yüksek Lisans Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi.

BIANCHESSI, N., G. RIGHINI. 2007. “Heuristic Algorithms for the Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pick-up and Delivery,” Computers & Operations Research, Vol: 34, pp. 578–594.

BOWERSOX, D.J. 1969. Readings in Physical Distribution Management:The Logistics of Marketing. Eds. Bowersox, D.J., La Londe, B.J., and Smykay, E.W., MacMillan, New York.

BÖHLE, C., W. DANGELMAIER. 2008. Milk Run Optimization with Delivery Windows and Hedging Against Uncertainty. DOI: 10.1007/978-3-642-00142-0_40. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp.247-252.

CHRISTOPHER, M., 1998, Logistic and Supply Chain Management, Pearson Education Lmt., İngiltere.

CHRISTOPHER, C., J. GATTOMA. 2004. Supply Chain Cost Management and Value-based Pricing. *Industrial Marketing Management* 34 (2005) 115– 121

CHUAH, K.H., J.C. YINGLING. 2005. Routing for a Just-in-Time Supply Pickup and Delivery System. *Transportation Science* Vol. 39, No. 3, August 2005, pp. 328–339

CLAUDIO, D., A. KRISHNAMURTHY. 2009. Kanban-based Pull Systems With Advance Demand Information. *International Journal of Production Research* Vol. 47, No. 12, 15 June 2009, 3139–3160

CROXTON, K.L., S.J. DASTUGUE-GARCIA, D.M. LAMBERT. 2001. “The Supply Chain Management Process”, *The International Journal of Logistics Management*, Vol.12, No.2, pp.13-35

ÇANCI, M. ve M. ERDAL. 2003. Lojistik Yönetimi, Eler Matbaacılık San. ve Tic. A.Ş., İstanbul.

DANTZING, G.B., J.H. RAMSER. 1959. “The Truck Dispatching Problem”, *Management Science*, Vol.6, No.1, pp. 80-91.

DEMİR, C. 2006. Tam Zamanında Üretim Ve Otomotiv Sektöründe Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi.

DETHLOFF, J. 2001. “Vehicle Routing and Reverse Logistics: the Vehicle Routing Problem With Simultaneous Delivery and Pick-up,” *OR Spektrum*. pp. 79-96.

EMRE, A. 1995. Tam Zamanında Üretim Sistemlerinin Ülkemizdeki Uygulamaları ve Sorunları. Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları No:543. Ankara, 87 s.

ERASLAN, E. 2003. "Multi-Echelon Envanter Modelleri", Akademik Çalışmalar. Başkent Üniversitesi. Ankara.

EYMEN, U.E. 2007. Tedarik Zinciri Yönetimi. Kalite Ofisi Yayınları. No:14

FİĞLALI, A. 2010. Lojistik Yönetimi-1 Ders Notları. Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli.

FINK, A., F. ROTHLAUF. Advances in Computational Intelligence in Transport, Logistics, and Supply Chain Management. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2008. India. 276 p.

FISHER, M. L. 1994. Optimal Solution of Vehicle Routing Problems Using Minimum K-trees, Operations Research 42, 626-642.

GERDAN, O. 2007. Müşteriler Arası Malzeme Akışlı Eş Zamanlı Dağıtım-Toplama Yapılan Araç Rotalama Problemi ve Sezgisel Çözümü. Doktora Tezi. Gazi Üniversitesi.

GOVIL, M., J.M. PROTH. 2002. Supply Chain Design and Management. Academic Press. USA. 187 p.

HALL, R.W. 1983. Zero Inventories. Dow-Jones Irwin Press. Homewood, IL.

HANDFIELD, R.B., E.L. NICHOLAS. 1999. Introduction to Supply Chain Management, Prentice-Hall, Inc., New Jersey

HIRANO, H. JIT Implementation Manual. VOL.3. CRC Press. 2009. USA.

JIN, M., K. LIU, B.EKŞİOĞLU. 2006. Routing with Early Ordering for Just-In-Time Manufacturing Systems. M. Gavrilova et al. (Eds.): ICCSA 2006, LNCS 3982, pp. 748 – 756.

KANEKO, J., W. NOJIRI. 2008. The Logistics of Just-in-Time Between Parts Suppliers and Car Assemblers in Japan. *Journal of Transport Geography* 16 (2008) 155–173

KANNAN, V.R., K.C. TAN. 2005. Just-in-Time, Total Quality Management and Supplychain Management: Understanding Their Linkages and Impact on Business Performance. *Omega* 33 (2005) 153 – 162

KHAN, L.R., R.A. SARKER. 2002. An Optimal Batch Size for a JIT Manufacturing System. *Computers & Industrial Engineering* 42 (2002) 127-136

KOBAN, E., H.Y. KESER. 2007. *Dış Ticarete Lojistik*. Ekin Kitabevi, İstanbul. 207s.

KOPCZAK, L.R. 1997. “Logistics Partnership and Supply Chain Restructuring. Survey Results from the US Computer Industry” *Production and Operations management*, Vol.6 No.3, pp.226-247.

LAPORTE, G. 1992. “The Vehicle Routing Problem: An Overview of Exact and Approximate Algorithms”. *Eur. J. Opl. Res.* 59, 345–358, 28.

LEE, H.L., C. BILLINGTON 1992. “Managing Supply Chain Inventory: Pitfalls and Opportunities” *Sloan eManagement Review*, Vol.33 No.3, pp.65-73.

LEE, L.C. 1987. “Parametric Appraisal of the JIT System”, *International Journal of Production Research*, 25 (10): 1415-1429.

LEE, E.K., S. HA, S.K. KIM. 2001. Supplier Selection and Management System Considering Relationships in Supply Chain Management. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 48(3):307-318.

MANOOCHEHRI, G.H. 1984. Supplier and the Just-In-Time Concept. *Journal of Purchasing and Materials Management* (Winter) pp:16-22.

METZ, P.J., 1998. *Demystifying Supply Chain Management, Industry Integrated Supply Chain Management*, Massachusetts Institute of Technology Management, Cambridge.

MONDEN, Y. 1981. What Makes the Toyota Production System Really Tick? *Industrial Engineering and Management Press*. Vol.13. No.1

MONDEN, Y. 1986. "Toyota Production System", *Industrial Engineering and Management Press*, Georgia, pp.43-53.

MORABITO, R., S.R. MORALES, J.A. WIDMER. 2000. Loading Optimization of Palletized Products on Trucks. *Transportation Research Part E* 36 (2000) 285-296.

MORROW, M. 1992. *Activity-Based Management*, Woodhead-Faulkner, New York.

MIN, H. 1989. "The Multiple Vehicle Routing Problem With Simultaneous Delivery and Pick-up Points," *Transportation Research*, Vol: 23A, pp. 377-386.

ÖZDEMİR, A. 2004. "Tedarik Zinciri Yönetiminin Gelişimi, Süreçleri ve Yararları" *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*. Sayı:23, Temmuz-Aralık, ss. 87-96

ROSS, D.F. 1998. *Competing Through Supply Chain Management: Creating Market-Winning Strategies Through Supply Chain Partnerships*, Kluwer Academic Publishers, Boston.

SARIN, S.C., M.P. GRECO, E.M. DAR-EL. 2004. *European Journal of Operational Research* 168 (2006) 905–921

SCHNIEDERJANS, M. 1993. *Topics in Just-In-Time Management*. Allyn & Bacon. 309 p.

SO, K.C., J.S. SONG. 1998. Price, Delivery Time Guarantees and Capacity Selection. *European Journal of Operational Research I* (1998) 2849

TAN, K.C., V.R. KANNAN, R.B. HANDFIELD. 1998. "Supply Chain Management: Supplier Performance and Firm Performance", *International Journal of Purchasing and Material Management*, Vol.34 No.3, pp.2-9.

TAN, K.C. 2001. "A framework of Supply Chain Management Literature", *European Journal of Purchasing&Supply Management*, Vol.7, pp.39-48

TAN, K.C., LYMAN S.B., WISNER J.D. 2002. Supply Chain Management: A Strategic Perspective , *International Journal of Operations and Production Management*, Vol: 22, No:6.

TAKAHASHI, K., M.D. HIROTANI. 2005. Comparing CONWIP, Synchronized CONWIP and Kanban in Complex Supply Chains. *Int. J. Production Economics* 93–94 (2005) 25–40

TANYAŞ, M. 2003. Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi, 3D Lojistik Depo Donanım Dağıtım, Taşıma ve İşletme Sistemleri Dergisi, Sayı:15.

TEIGEN, R. 2000. "Supply Chain Management Introduction". *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, pp.12-40.

TONI, A., G.NASSIMBENI. 2000. Just-in-Time Purchasing: An Empirical Study of Operational Practices, Supplier Development and Performance. *The International Journal of Management Science*, 28:631-651.

YANG, J.S., J.CHAO, H.PAN. 2004. Just-in-Time Purchasing: An Integrated Inventory Model Involving Deterministic Variable Lead Time and Quality Improvement Investment. *Int. J. Prod. Res.*,42(5):853-863.

YURTKURAN, A. 2009. "Araç Rotalama Problemlerinin Çözümü İçin Yeni Bir Meta-Sezgisel Yaklaşım: Elektromanyetik Algoritma. Yüksek Lisans Tezi. Uludağ Üniversitesi.

WANG, S., B.R., SARKER. 2006. Optimal Models for a Multi-Stage Supply Chain System Controlled by Kanban Under Just-in-Time Philosophy. *European Journal of Operational Research* 172 (2006) 179–200

WANG, S., B.R., SARKER. 2004. A Single-Stage Supply Chain System Controlled by Kanban Under Just-in-Time Philosophy. *Journal of the Operational Research Society* (2004) 55, 485–494

WANG, W., R.Y.K. YUNG., Y. CHAI. 2004. Approach of Just-in-Time Distribution Requirements Planning for Supply Chain Management. *Int. J. Production Economics* 91 (2004) 101–107

İNTERNET KAYNAKLARI

http://www.cozumvar.com.tr/tr/Yayinlarimiz/Kitaplarimiz/Tedarik_Zinciri_Yone_timi.pdf Erişim: Haziran 2010

<http://iibf.erciyes.edu.tr/dergi>. Erişim: Temmuz 2010

<http://www.kalder.org> Erişim: Haziran 2010

<http://www.kaliteofisi.com/download/e-kitap.asp> Erişim: Mayıs 2010

<http://www.loder.org.tr/TR/Egitimler.aspx>. Erişim: Temmuz 2010-07-15

<http://www.mpm.org.tr/yayinlarimiz> Erişim: Mayıs Haziran 2010

http://www.sistemim.com.tr/article_tr_jit.htm. Erişim: Temmuz 2010

<http://www.sorucevap.com/ismeslek/is-kariyer/yoneticiler> Erişim: Haziran 2010

<http://supply-chain.org/bookstore> Erişim: Haziran 2010

<http://www.tedarikzinciri.org/kitaplar> Erişim: Mayıs 2010

<http://tez2.yok.gov.tr/> Erişim: 05 Temmuz 2010

<http://www.tiw.co.jp/eng/index.html> Erişim: Temmuz 2010

http://www2.toyota.co.jp/en/vision/production_system/just.html Erişim: Temmuz 2010

http://www.toyotetsu.com.tr/production-production_system.htm Erişim: Temmuz 2010

<http://www.yalinenstitu.org.tr/makaleler>. Erişim: Haziran 2010

EKLER

Ek-1 Matemetiksel modelin MPL kodlaması

TITLE

LOGISTICS_OPTIMIZATION;

DATA

N=143;

INDEX

i := 1..N;

j := 1..9;

h := j

DATA

v[i] := EXCEL RANGE("allpartslist.xls","J2..J144");

c[i] := EXCEL RANGE("allpartslist.xls","E2..E144");

D[i] := EXCEL RANGE("allpartslist.xls","BF2..BF144");

P[i] := EXCEL RANGE("allpartslist.xls","K2..K144");

E[i] := EXCEL RANGE("allpartslist.xls","L2..L144");

K[i,j] := EXCEL RANGE("allpartslist.xls","Heijunka");

hdata[i,j] := EXCEL RANGE("allpartslist.xls","hdata2");

T := 17.32;

C := 81;

J := 9;

INTEGER VARIABLES

$n[i,j]$ export to excelrange ("allpartslist.xls","kanban1"); ! j. turda i. parçadan taşınacak kanban sayısı

VARIABLE

$S[i,j]$ export to excelsparse ("allpartslist.xls","stok",3); ! j. tur sonunda i. parçadan kalan stok miktarı

$u[i,j]$ export to excelsparse ("allpartslist.xls","eksik",3);

MODEL

MIN TM=SUM(i,j: $S[i,j]$)+SUM(i,j: $u[i,j]$);

SUBJECT TO

constr1: $SUM(i,j: n[i,j]*v[i]) \leq J*C$;

constr2[j]: $SUM(i: n[i,j]*v[i]) \leq C$;

constr3[i]: $SUM(j: n[i,j]*c[i]) \geq D[i]$;

constr4[i,h]: $E[i]+sum(j \leq h: P[i]*hdata[i,h]*(T/J))+ u[i,j] \geq sum(j \leq h: c[i]*n[i,j])$;

constr5[i,h]: $SUM(j \leq h: n[i,j]*c[i]) - hdata[i,h]*D[i]/J = S[i,h]$;

END

ÖZGEÇMİŞ

İlkay YILMAZ, Endüstri Mühendisi
Uludağ Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, (1990-1994).

İletişim:

TOYOTETSU TÜRKİYE A.Ş.
TOSB TAYSAD Organize Sanayi Bölgesi
7.Yol 5.Parsel 41480
Şekerpınar, Gebze, KOCAELİ
Tel: 00 90 262 658 87 10 Dahili:4301
GSM: 00 90 532 344 28 88
Email: yilmazi@toyotetsu.com.tr

Öğrenim:

İlk, Orta ve Lise öğrenimini Samsun'da tamamladıktan sonra Uludağ Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. Almanya Justus Liebig Üniversitesinde Almanca eğitimi gördü.

İş Tecrübesi:

KALE Oto Radyatör A.Ş. (1997-2001)
Üretim Planlama ve Metod Mühendisi.
TOTOYETSU Otomotiv Parçaları San. Tic. A.Ş. (2001-D.Ediyor)
Üretim Kontrol Müdürü.

Mesleki İlgil Alanları:

Tam Zamanında Üretim Sistemleri, otomotiv sanayisinde TZÜ uygulamaları. Kanban kullanımının ülkemizdeki uygulamaları. Çekme sistemi, minimum stok seviyeleri ile maliyet avantajları ve rekabette avantajlar.

Alınan Özel Eğitimler:

Japonya'da TPS, JIT, Kanban ile üretim eğitimleri.

Bilgisayar Kullanımı:

Windows (2000, ME, XP), MS Office Uygulamaları (Word, Excel, Powerpoint, Ms Outlook), Ms Access.

Yabancı Dil:

İngilizce, Almanca, Japonca.

TEŞEKKÜR

Tez çalıőmam boyunca yapıcı ve yönlendirici desteğini esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Erdal EMEL'e, TOYOTETSU TÜRKIYE ailesine, hep yanımda olan, destekleyen ve anlayıő gösteren eőim Dilem'e, moral kaynaklarım Sarp ve Doruk'a sonsuz teőekkürlerimi sunarım.