

**T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
İŞLETME BİLİM DALI**

**TERSİNE LOJİSTİK YÖNETİMİNDE KABUL VE ÜRETİM
POLİTİKALARININ OPTİMİZASYONU**

DOKTORA TEZİ

**Hazırlayan
Sedat BELBAĞ**

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. Abdullah ERSOY**

Ankara – 2013

**T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
İŞLETME BİLİM DALI**

**TERSİNE LOJİSTİK YÖNETİMİNDE KABUL VE ÜRETİM
POLİTİKALARININ OPTİMİZASYONU**

DOKTORA TEZİ

**Hazırlayan
Sedat BELBAĞ**

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. Abdullah ERSOY**

Ankara – 2013

ONAY

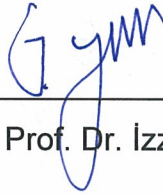
Sedat BELBAĞ tarafından hazırlanan **“Tersine Lojistik Yönetiminde Kabul ve Üretim Politikalarının Optimizasyonu”** başlıklı bu çalışma 27 Aralık 2013 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda (oybirliği / oyçokluğu) ile başarılı bulunarak jürimiz tarafından İşletme bilim dalında Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.



Prof. Dr. Raşih DEMİRCİ (Başkan)



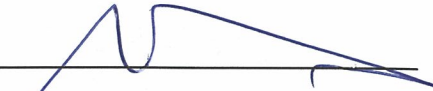
Prof. Dr. Abdullah ERSOY (Danışman)



Prof. Dr. İzzet GÜMÜŞ



Prof. Dr. Armağan TARIM



Doç. Dr. Mehmet BAŞ

ÖZET

BELBAĞ, Sedat. Tersine Lojistik Yönetiminde Kabul ve Üretim Politikalarının Optimizasyonu, Doktora Tezi, Ankara, 2013.

Çevre konusunda artan duyarlılık son yıllarda çevre dostu üretim sistemlerinin geliştirilmesinde büyük rol oynamıştır. Günümüzde, tüketiciler çevreye karşı sorumluluk bilinci gelişmiş işletmeleri daha çok tercih etmektedir. Özellikle gelişmiş ülkelerde oluşturulan yeni yasal düzenlemeler, üreticileri ürünlerin kullanım sonrası oluşturduğu kirlilikten sorumlu tutmaktadır. Çok kullanılan çevre dostu üretim sistemlerinden biri de yeniden üretimdir. Yeniden üretimin amacı, kullanılmış ürünleri ya eski parçalarını değiştirerek ya da bu ürünlere yeni parçalar ilave ederek yeniden kullanılabilir hale getirmektir. Her ne kadar yeniden üretim, toplama veya geri dönen ürünlerin stoklanması gibi çeşitli ilave lojistik faaliyetlerden kaynaklanan maliyetleri içerse de, geleneksel üretime nazaran daha düşük üretim maliyeti yüzünden büyük ölçüde maliyet avantajı sağlamaktadır. Bu yüzden, üretici işletmeler açısından normal üretim ve yeniden üretimi etkili ve uyumlu bir şekilde kontrol edilmesi çok önemlidir. Bu çalışma, tek bir ürün talep eden tüketicilerin ihtiyacını karşılamayı amaçlayan bir orijinal parça üreticisi işletmeden esinlenerek ortaya çıkmıştır. Orijinal parça üreticisi işletme, normal ve yeniden üretimden oluşan bir karma üretim sistemi kullanmaktadır. Her iki üretim yöntemi de siparişe üretim temelinde yapılmaktadır. Geri dönen ürün stoğu tutulmasına rağmen son ürün stoğu tutulmamaktadır. Bu problemde, üretim sisteminde gerçekleştirilen Kabul ve üretim kontrolü ele alınmaktadır ve optimal politika yapılarının oluşturulması amaçlanmaktadır.

Anahtar Sözcükler

1. Tersine Lojistik
2. Kabul ve Üretim Kontrolü

ABSTRACT

BELBAĞ, Sedat. Optimal Admission and Production Policies in Reverse Logistics Management, Doctoral Thesis, Ankara, 2013.

The growing concern on environmental issues has resulted in an interest in environment-friendly manufacturing technologies over the last few decades. Today, customers think more favorably of environmentally responsible companies. Also, with new legal directives, manufacturers are becoming responsible regarding issues such as the disposal of their products. A widely used form of environment-friendly manufacturing is the so-called remanufacturing. The main purpose of remanufacturing is to increase the quality of used products to the standards of a new product by replacing worn-out or outdated parts or combining with new technologies. Although remanufacturing comes with additional costs due to supplementary logistics operations such as collecting and stocking return inventories, it also generates cost savings because remanufacturing is rather cheap as compared to traditional manufacturing. Hence, it is of significant importance for OEMs to control manufacturing and remanufacturing operations effectively and harmoniously. The current work is motivated by an OEM that supplies a single product for customer demand. The OEM uses a hybrid production system where both manufacturing and remanufacturing operations can be carried out. Hence, besides manufacturing new products, it collects and remanufactures outdated and/or broken products. The production runs on a make-to-order basis regardless of the production method of choice. Hence, no serviceable inventory is kept. We consider the problem admission and the production controls in the production system described above, and aim at characterizing the optimal policy structures.

Keywords

1. Reverse Logistics
2. Admission and Production Control

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
TABLolar	v
ŞEKİLLER	vi
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ VE TERSİNE LOJİSTİK

1.1. GİRİŞ	4
1.2. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ.....	5
1.3. TEDARİK ZİNCİRİ STRATEJİLERİ.....	12
1.4. TEDARİK ZİNCİRİNİ ETKİLEYEN UNSURLAR	17
1.4.1. Yer Seçimi	18
1.4.2. Stok	20
1.4.3. Taşıma.....	25
1.4.4. Bilgi.....	29
1.4.5 Tedarik.....	32
1.4.6. Fiyatlandırma	34
1.5. TERSİNE LOJİSTİK TANIMI	35
1.6. TERSİNE LOJİSTİĞİ DESTEKLEYEN UNSURLAR.....	38
1.7. TERSİNE LOJİSTİKTE YER ALAN AKTÖRLER.....	40
1.8. TERSİNE LOJİSTİK FAALİYETLERİ.....	41
1.9. TERSİNE LOJİSTİKTE AKIŞ TÜRLERİ.....	44
1.10. TERSİNE LOJİSTİK İLE REKABET AVANTAJI.....	47
1.11. TERSİNE LOJİSTİK VE GELENEKSEL TEDARİK ZİNCİRİ ARASINDAKİ FARKLAR.....	50
1.12. TERSİNE LOJİSTİK ÖNÜNDEKİ ENGELLER.....	53
1.13. TÜRKİYE'DE TERSİNE LOJİSTİK.....	55

İKİNCİ BÖLÜM

TERSİNE LOJİSTİK İLE İLGİLİ KONULAR

2.1. TERSİNE DAĞITIM SİSTEMLERİ.....	60
2.1.1. Deterministik Modeller	63
2.1.2. Stokastik Modeller	66
2.2. TERSİNE STOK KONTROL SİSTEMLERİ	69
2.2.1. Deterministik Stok Modelleri	71
2.2.2. Stokastik Modeller	76
2.3. KABUL VE ÜRETİM KONTROLÜ.....	81

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

OPTİMAL KABUL VE ÜRETİM KONTROLÜ MODELİ

3.1. GİRİŞ	83
3.2. MARKOV KARAR SÜREÇLERİ	85
3.2.1. Değer Yenileme Yöntemi.....	88
3.3. MODEL	89
3.4. OPTİMAL POLİTİKANIN YAPISI	93
3.5. MODELİN SAYISAL ÖRNEKLERİ	99
SONUÇ.....	107
KAYNAKÇA	110
EKLER.....	121

TABLolar

Tablo 1: Yalın Strateji ve Çevik Strateji	15
Tablo 2: Tersine Lojistik ile Geleneksel Üretim Sistemi Arasındaki Farklar.	52
Tablo 3: Elektrik ve Elektronik Eşyalarda Hedeflenen Geri Dönüşüm Oranları	57
Tablo 4: Tersine Dağıtım Sistemi Modelleri.....	68
Tablo 5: Deterministik Stok Modelleri.....	73
Tablo 6: Stokastik Stok Modelleri.....	74
Tablo 7: Zaman Parametreleri.....	100
Tablo 8: Maliyet Parametreleri	101
Tablo 9: Optimal Politika ve Basit Politikanın Karşılaştırılması.....	103

ŞEKİLLER

Şekil 1. Tedarik Zinciri Yapısı (Waters, 2003)	7
Şekil 2: Tedarik Zincirini Etkileyen Unsurlar (Waters, 2003)	18
Şekil 3: İngiltere’de Toplam Stok Miktarının GSMH Oranı (Waters, 2003)..	22
Şekil 4: Tersine Lojistik Dağıtım Sisteminin Genel Yapısı	61
Şekil 5: Tersine Lojistikte Genel Stok Kontrol Sistemi.....	69
Şekil 6: Tersine lojistikte Üretim ve Kabul Kontrolü	91
Şekil 7: Optimal Politika Yapısı	98

GİRİŞ

İnsanlık, Taş Devri süresince avcı-toplayıcı topluluklardan tarımla uğraşan topluluklara dönüştükçe toplum ve devletleri oluşturdu. İnsanlık tarihinde gerçekleştirilen ilk üretim faaliyeti olan tarım, Sanayi Devrimi'ne kadar insanlığın en önemli geçim kaynağı oldu. Sanayi Devrimi ile birlikte tarımda kullanılan yoğun emek gücü yerini makinelerin otomatik faaliyetlerine bıraktı. Bunun neticesinde, üretim faaliyetlerinde tam anlamıyla bir sıçrama gerçekleşti. Üretim artışıyla birlikte insanların daha önceden ihtiyacı olmayan yepyeni ürünler üretilmeye başlandı. Özellikle 1900 yılların başında gelişen teknoloji ile birlikte insanlar zamanlarının çoğunu tüketen birçok rutin işi makinelere devretmeye başladı. Sanayi toplumunda fabrikalardaki rutin işlerde zamanını harcayan insanlar, makineleşme sayesinde elde ettikleri boş zamanlarını kendilerini geliştirmek için kullandılar. Böylece, insanların beyin gücünü kas gücüne göre çok daha fazla kullandığı bilgi toplumu ortaya çıktı. Bilgi toplumunda öncellerine göre çok daha verimli ve etkili üretim yöntemleri geliştirerek sadece bilimkurgu romanlarında bahsi geçen sayısız icada imza atıldı. Doğal olarak, üretilen bu kadar ürünün bir şekilde tüketicilere arz edilmesi gerekiyordu. Tüketiciler bu ürünleri aldıkça sürekli olarak daha iyisini ve yenisini talep etmeye başladılar. Özellikle 1990'lardan itibaren gelişmiş ülkelerde eskiyen ürünlerin ne yapılacağına dair ciddi sorunlar ortaya çıkmaya başladı. Bu zamana kadar kullanılmış ürünler gömme ya da yakma gibi klasik olan ve bir o kadar da zararlı yöntemlere ortadan kaldırılmaya çalışıldı. Öyle ki bazı gelişmiş ülkeler kendisinden daha az gelişmiş ülkelere çöplüklerini gönderdi. Yine de, tüm bu çabaların bir geleceği olmadığı zaman içerisinde anlaşıldı. Bu sebeple, gelişmiş ülkeler gerek çevrelerini atıklardan korumak gerekse kıtlaşan kaynaklara alternatif kaynak bulabilmek için yeni yöntemlere başvurma yoluna gitmek zorunda kaldı. İşte Tersine Lojistik konusunun son yıllarda neden bu kadar önemli hale geldiğini kısaca bu şekilde açıklamak mümkündür.

Bahsedildiği üzere tersine lojistikte, başta çevresel duyarlılık olmak üzere, kaynak korunumu ya da daha ucuz kaynak elde etme gibi çeşitli sebeplerden ötürü çok büyük aşamalar kaydedilmiştir. Gelişmiş ülkelerde hazırlanan çevreyi korumaya yönelik yasal düzenlemeler, işletmelerin tersine lojistiğe olan ilgisini motive eden en önemli faktör olarak gösterilebilir. Avrupa Birliği'nin 2002 yılında yayınladığı ve 2003 yılında yasa haline getirdiği Atık Elektrik ve Elektronik Eşyalar yönergesi buna en büyük örneği teşkil etmektedir. Bu yönergeye göre, 2009 yılına kadar yılda hane başına en düşük 4 kilogram olmak üzere her türlü elektronik eşyanın toplanması, geri dönüşümü ve yeniden kullanımı hedeflenmiştir. Çevresel Koruma Ajansına göre, yalnızca 2005 yılında yaklaşık 1,9 ile 2,2 milyon ton kullanılmış veya istenmeyen elektronik eşyanın 1,5 ile 1,9 milyon tonu gömülürken, sadece 345,000 – 379,000 tonu geri dönüşüme uğramıştır (Prashant, 2008).

Tersine lojistiği geleneksel tedarik zincirinde ürünlerin tüketiciden üreticiye doğru akışı olarak tanımlamak oldukça yetersiz kalmaktadır. Tersine lojistik; geriye doğru ürün akışı sağlanması için geri dönen ürünlerin toplanması, stoklanması, incelenmesi, ayrılması ve bunun sonucunda hangi tür faaliyetle yeniden kazanılacağına karar verilmesinin tümünü içermektedir. Tersine lojistik çatısı altında gerçekleştirilen faaliyetler tamir, geri dönüşüm, yenileştirme ya da yeniden üretim olarak sıralanmaktadır. Bunların arasında yeniden üretim özellikle son yıllarda bir adım öne çıkmıştır. Amerika Birleşik Devletleri genelinde 2011 yılı boyunca tüm sektörlerde 43 trilyon dolar değerinde yeniden üretime sokulmuş ürün üretilmiştir. Bu toplamın 13 trilyon dolarını havacılık sektörü, 6 trilyon dolarını otomotiv sektörü, 5 trilyon dolarını makinecilik sektörü, 2,5 trilyon dolarını bilişim sektörü ve 1,5 trilyon dolarını sağlık sektörü üretmiştir (Koopman & Laney, 2012). Ayrıca dünyada uluslararası alanda söz sahibi birçok işletme mevcut üretim sistemlerini yeniden üretimi sistemi ile bütünleşmiştir. Mesela, Caterpillar ürettiği iş makinelerinin motor, aktarma organları, alt gövde ve hidrolik sistemlerinde yeniden üretimden elde edilen parçaları kullanmaktadır (CAT, 2013). Hewlett-Packard kullanılmış ürünlerini ve ticari sebeplerden ötürü geri dönen ürünlerini

bir ürün havuzunda toplamaktadır. Daha sonra toplanan bu ürünler çok detaylı bir kalite incelemesinden geçtikten sonra HP standartlarına uygun olarak etiketlenmektedir. Etiketlenen ürünler, yeni ürünler ile aynı garantiye sahip olarak satılmaktadır (HP, 2012).

Son yıllarda yeniden üretim konusu akademik çalışmalarda da giderek daha fazla yer almaktadır. Üretim ve stok kontrolü üzerine yapılan akademik çalışmalar, özellikle normal üretim ile yeniden üretimin bir araya getirildiği karma üretim sistemleri üzerine farklı üretim ve stok politikaları üretmektedir. Diğer yandan, Kabul ve üretim kontrolü açısından yapılan akademik çalışma sayısı oldukça azdır. Bu çalışma ise, müşteri ihtiyaçlarını siparişe üretim yapan karma bir üretim sistemine sahip bir işletmenin kabul ve üretim kontrolü için optimal politikalar üretmeyi amaçlamaktadır.

Bu çalışmanın ilk bölümü tersine lojistik konusu hakkında derinlemesine bir inceleme yapmaktadır. Tersine lojistiğin tanımından nedenlerine, içerdiği faaliyetlerden sağladığı faydalara kadar çeşitli başlıklar incelenecektir. İkinci bölümde tersine lojistik ile yakından ilgili konular incelenerek, kapsamlı bir literatür taraması yapılmış ve bunlar tablolar halinde sunulmuştur. Tezin son bölümü ise, tezin konusunu oluşturan üretim sisteminin Kabul ve üretim kontrolüne ilişkin optimal politikalar üreten modele ayrılmıştır. Bu bölümde modelin yapısı, ortaya çıkardığı kontrol politikaları incelenmekte ve en sonunda kabul ve üretim sınırlandırıldığı bir örnek ile karşılaştırması yapılmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ VE TERSİNE LOJİSTİK

1.1. GİRİŞ

Geleneksel tedarik zinciri yönetiminin temel amacı müşteri ihtiyaçlarını karşılamak olarak tanımlanmıştır. Bir tedarik zincirinde hammadde, yarı mamul, son ürün ve bilgi işletmelerin başlıca kaynaklarını oluşturmaktadır. İşletmeler planlama, uygulama ve kontrol etme faaliyetlerini gerçekleştirerek kaynaklarını etkin ve düşük maliyetli bir şekilde kullanmalıdır (Vitasek, 2013). Geleneksel tedarik zinciri yönetimi, kaynakları üreticiden son tüketiciye ulaşmasını sağlayan tek yönlü bir süreçtir. Yakın zamana kadar geleneksel tedarik zinciri yönetimi içerisinde yapılan birçok çalışma, bu tek yönlü ilişki üzerinde yoğunlaştırmıştır. Oysaki sınırlı kaynaklara sahip olduğumuz bir çevrede artan tüketici ihtiyaçlarını karşılamak için her türlü ürünün geri kabul edilmesi ve bu ürünlerin çeşitli yöntemlerle yeniden değerlendirilmesinin önemi giderek artmaktadır. Tüketicilerden geri alınarak, tedarik zincirine yeniden dâhil olan bu kaynakların planlama, dağıtım ve stoklama problemleri ortaya çıkmaktadır.

Geleneksel tedarik zincirinde üretici işletmeler genellikle tüketici kullanımından sonra ürünlerine ne olduğu ile ilgilenmemektedir. Ürünlerin birçoğu üretim ve dağıtım maliyetleri minimum olacak şekilde tasarlanırken; tamir, yeniden kullanım, yeniden üretim konuları dikkate alınmamaktadır (Thierry, Salomon, Van Nunen, & Van Wassenhove, 1995). Ayrıca üretimden sonra ortaya çıkan hurda veya atıkların durumu üretici işletmeler açısından önemli bir sorundur. Uzun vadede hurda veya atıkların gömme ya da yakma gibi yöntemlerle ortadan kaldırılması bu soruna nihai bir çözüm getirmemektedir. Her iki yöntem de çevre açısından ciddi sorunlara sebep olmaktadır. Son yıllarda çevresel konulara artan ilgi, çevre dostu üretim teknolojilerinin ön plana çıkmasını sağlamaktadır. Günümüzde bilinçli

tüketiciler çevreye duyarlı ve sosyal sorumluluk sahibi işletmeleri, rakiplerine oranla daha fazla tercih etmektedir. Bunun yanı sıra, yeni çıkan yasalar da üretici işletmelere, ürünlerini kullanım sonrasında ortadan kaldırması konusunda yükümlülük getirmektedir.

Geleneksel tedarik zincirini oluşturan faaliyetler, tüm bu sorunların çözümü için yetersiz kalmaktadır. Tersine lojistik ise, ürünün üretiminden işlevini yitirdikten sonraki duruma kadar olan tüm sürecin planlama, dağıtım ve kontrol faaliyetlerini gerçekleştirmektedir. Tersine lojistik, belirli bir zaman içerisinde farklı miktar ve çeşitlerde geri dönen ürünlerden maksimum değer yaratmak için gerçekleştirilen faaliyetlerin toplamı olarak tanımlanmaktadır (Guide & Van Wassenhove, 2008). Tersine lojistik, ürünlerin tüketicilerden çeşitli sebeplerden ötürü geri alınıp yeniden kullanım faaliyetleri sayesinde ilave değer yaratılmasını sağlamaktadır.

Tersine lojistik yönetiminin özellikle doksanlı yıllardan itibaren akademik alanda olduğu kadar çeşitli endüstrilerde de önemi giderek artmaktadır. İlk zamanlarda atıkların değerlendirilmesi sorununa çözüm amacıyla yapılan çalışmalar zamanla tamir, yeniden kullanım ve yeniden üretim gibi çeşitli yeniden değerlendirme faaliyetlerini de içerisine almıştır.

1.2. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ

Her işletme müşteri ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla ürün sunmaktadır. Bu ürünler kimi zaman mal şeklinde kimi zaman ise hizmet şeklinde sunulmaktadır. Hatta birçok işletme, hem mal hem de hizmet sunumunu aynı anda yerine getirmektedir. Örnek olarak, bir otomobil üreticisi işletme ürettiği otomobilleri satarak müşterinin ihtiyacını mal ile karşılar, bu otomobiller için satış sonrası verdiği garanti sayesinde hizmet sunmuştur. İşletmelerin müşteri ihtiyacını karşılamak amacıyla faaliyet gösterebilmesi için çeşitli girdiler gerekmektedir. İşletmenin mal ve ya hizmet üretebilmesi gereken girdiler genel olarak hammadde, emek, sermaye ve bilgi olarak sıralanabilmektedir. İşletme

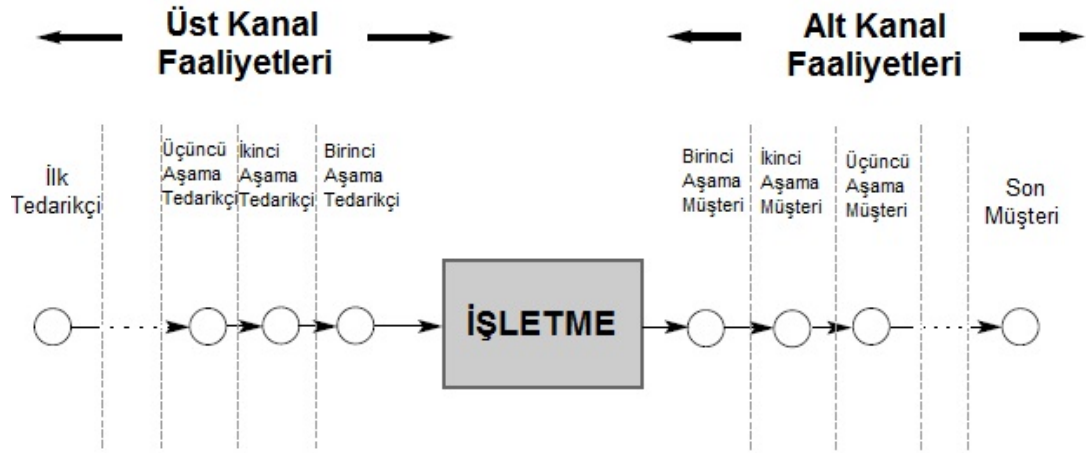
elindeki girdileri elde etmek istenilen ürünün niteliğine göre çeşitli süreçlerden geçirmektedir. Süreçler neticesinde özellikle mal üretiminde çoğu zaman hammaddenin fiziksel ya da kimyasal yapısında değişim gerçekleşmektedir. Böylece, müşterilerin ihtiyacını karşılayacak son ürüne ulaşılmış olunmaktadır. Bir ürünün üretimden müşteriye sunulacak hale gelmeden önce gerçekleştirilen her türlü işleme içsel işlemler, işletmeye gelmeden önceki ve son ürün halinden sonraki işlemlere ise dışsal işlemler denilmektedir. Tüm işlemlerin sonucunda ortaya ürünün dışında elde edilen kar, atık ya da ücret gibi çeşitli çıktılar çıkmaktadır.

Buraya kadar olan kısımda sadece bir işletmede gerçekleştirilen işlemler üzerinde durulmaktadır. Oysaki gerçek hayatta işletmeler dışarıya bağımlı yaşamaktadır. Bir işletme tedarikçisinden hammadde aldığı zaman müşteri olurken, başka bir işletmeye ya da kişilere ürün sattığında ise tedarikçi konumuna gelmektedir. Bir ürün, ilk üreticiden son müşteriye kadar birçok işletmeden geçmektedir. Öyle ki, kimi işletme için son ürün olan bir ürün bir başka işletme için hammadde olarak değerlendirilmektedir. Ortaya çıkan zincire benzeyen yapı odak alınan noktaya göre farklı şekilde adlandırılabilir. Eğer süreçler ön plana çıkarılıyorsa lojistik kanalı, elde edilen değer vurgulanıyorsa değer zinciri veya müşteri taleplerinin nasıl karşılandığı dikkate alınıyorsa talep zinciri olarak isim verilmektedir (Porter, 1985).

Genel olarak tüm anlatılanlar tedarik zinciri yönetimi kavramında toplanmaktadır. Tedarik Zinciri Yönetimi Konseyi'nin (The Council of Supply Chain Management Professionals) tanımına göre tedarik zinciri yönetimi, tüm lojistik, iletişim, tedarik ve kaynak yaratma faaliyetlerinin planlanması ve yönetilmesi sürecidir. Ayrıca, tedarikçi, toptancı, perakendeci, üçüncü parti işletmeleri ve müşteriler arasındaki koordinasyon ve işbirliğinin sağlanmasıdır. Bunun dışında en basit şekilde, tedarik zinciri ürünlerin tedarikçiden son kullanıcıya ulaşmasını sağlayan faaliyetler topluluğu olarak tanımlanmaktadır (Waters, 2003).

Tedarik zincirini oluşturan faaliyetler, müşteri beklentilerini karşılama özelliğine sahip olmalıdır. Tedarik zincirinin yapısı dinamik olmalı ve bölümler arasında süregelen bilgi, ürün ve nakit akışı içermelidir (Chopra & Meindl, 2007). Tedarik zinciri yönetimi, 1990'ların başında ortaya çıkan bir yaklaşım ve model olarak göze çarpmaktadır. Tedarik zinciri yönetimi başlarda sadece uluslararası işletmelerde uygulanabilecek bir model olarak dikkate alınmıştır. Böylece ilk olarak uluslararası işletmeler tedarik zinciri yönetimini uygulamaya sokmuştur. Uygulamaların sonucunda uyumsuz olarak çalışan satış, depolama, üretim gibi bölümler arasında koordinasyon ve performans artışı yaşanmıştır. Tedarik zincirinin kapsamı genişletilerek işletmeler arasında uygulandığında, işlemlerin hızlanması, gecikmelerin azalması ve iletişimin iyileşmesi gibi faydalar gözlemlenmiştir (Hewitt, 2001).

Şekil 1: Tedarik Zinciri Yapısı (Waters, 2003)



Şekil 1'de genel bir tedarik zinciri yapısı görülmektedir. İlk tedarikçiden başlayıp işletmeye kadar olan kısım üst kanal faaliyetleri olarak ele alınırken, işletmeden başlayıp son müşteride neticelenen kısım alt kanal faaliyetleri olarak değerlendirilmektedir. Her işletme tedarik zincirinde farklı düzeylerde faaliyet gösterdiği için genelde işletmenin sunduğu ürüne göre konumlanmaktadır. Örnek olarak, kereste üreten bir işletme mobilya üretiminde tedarik zincirinin en başında bulunurken, mobilyayı satan perakendeci işletmeler tedarik zinciri yapısının müşteriden önceki son halkasını oluşturmaktadır. Bu sebeple bazı tedarik zinciri yapıları çok kısa

olurken, bazıları ise çok uzun olabilmektedir. Canivato (2002) çalışmasında Kuzey Amerika, Avrupa ve Asya'da bulunan şirketleri inceleyerek, 16 çeşit tedarik zinciri olduğunu belirtmiştir. Bu tedarik zinciri çeşitleri, yapılarının karmaşıklık düzeyi, harcama ölçütleri, çalışan sayısı, işlem sayısı ve kontrol sistemi dikkate alınarak üç grup altında sınıflandırmıştır. İlk grubu oluşturan firmalar, basit ve dar kapsamlı tedarik zinciri yapısına sahiptir. İkinci grubu oluşturan işletmeler, arasında taşımacılık, depolama, sipariş ve müşteri hizmetlerini geliştirme hususlarında işbirliği yapılmaktadır. Üçüncü grupta bulunan işletmeler ise, ikinci gruptakilere ek olarak aralarında bilgi akışına dayalı bir tedarik zinciri oluşturmuştur. Rakip firmalar karşısında avantaj elde edebilmek için tedarik zincirine dâhil olan firmalar arasında tam bir bilgi alışverişi olmalıdır.

Tedarik zincirinin amacı, müşteriye sunulan ve sağlanan toplam değeri maksimize etmektir. Tedarik zincirinde üretilen değer ise, son ürünün müşteri açısından değeri ile müşteri ihtiyaçlarını karşılayabilme özelliğine sahip ürünü üretebilmenin maliyeti arasındaki farktır (Chopra & Meindl, 2007). Tedarik zinciri içerisinde ortaya çıkan her bir bilgi, ürün ve kaynak akışı maliyet unsuru oluşturmaktadır. Bu yüzden etkili bir tedarik zinciri yönetimi, en az çabayla toplam karlılığı maksimize etmeyi hedeflemektedir. Tedarik zinciri yönetiminin çözmeye çalıştığı en temel problem karmaşık ve belirsiz bir ortamdaki talebi karşılayacak miktarda ürün üretmektir. Ürün hayat döngüsünün kısaltması ve ürün çeşitliliğinin artması tedarik zincirinin karmaşıklığını ve maliyetlerini de arttırmıştır. Dış kaynak yönetimi, küreselleşme ve pazarlardaki rekabet ortamı tedarik zincirini tek işletmeye odaklanmak yerine, işletmeler arası ortaklık bakış açısına yöneltmiştir. Bilgi teknolojisindeki gelişmeler işletmeler arasında gerçek zamanlı olarak bilgi paylaşımı, koordinasyon ve karar vermeyi sağlamaktadır (Kopczak & Johnson, 2003).

Tedarik zincirleri oldukça karmaşık yapıya sahip oldukları için çoğu zaman bir işletmede açısından kaçınılmaz haldedir. Ancak sınırlı alan ya da durumlarda tedarik zinciri oluşturulması gerekmemektedir. Çiftçilerin tarladan

topladıkları ürünlerini doğrudan yol kenarlarında müşterilere satması veya yazarların kitaplarını elektronik ortamdan satması gibi bu duruma örnek olarak gösterilebilir. Ürünlerin doğrudan satılması yoluyla belli sayıda tüketiciye ulaşılabilir. Ancak, günümüzde her tüketicinin her ürüne üretim yerine doğrudan ulaşması pratikte imkânsızdır. Bu sebeple, ürünlerin üretim yerinden tedarik edilerek tüketicilere ulaştırılması için iyi oluşturulmuş bir tedarik zincirine mutlak suretle ihtiyaç vardır. Tedarik zinciri ürünlerin ulaştırılmasının yanında arz ve talebin de dengelenmesinde kilit bir rol oynamaktadır. Tedarik zincirini oluşturan işletmeler ürünleri stoklarında bulundurarak taleplerde gerçekleşen dengesizlikler ile başa çıkmaktadır. İyi tasarlanmış bir tedarik zincirinden şu faydalar elde dilmektedir (Waters, 2003):

- Üreticilerin, müşterilerin konumuna bağımlı olmaksızın faaliyetlerini en uygun yerlerde gerçekleştirmesi,
- Üreticilerin faaliyetlerini daha büyük tesislerde gerçekleştirerek ölçek ekonomisinden faydalanması,
- Üreticilerin daha az son ürün stoğu tutarken bu stokları daha alt kademede yer alan işletmelere devretmesi,
- Toptancı işletmelerin yüksek miktarda ürün siparişi vererek maliyet avantajından faydalanması,
- Toptancı işletmelerin birçok tedarikçiden temin edilen stokları tutarak perakendeci işletmelere seçim şansı sunması,
- Toptancı işletmelerin perakendeci işletmelere yakınlığından kaynaklanan kısa temin süresi,
- Güvenilir toptancı işletmeler sayesinde perakendeci işletmelerin daha az stok tutması,
- Perakendeci işletmelerin daha az sürece sahip olmasından kaynaklanan müşteri ihtiyaçlarına daha hızlı cevap verebilme kabiliyeti,
- Taşıma faaliyetleri yüksek miktarda yapılması sayesinde daha az maliyete katlanması,
- İşletmelerin belirli faaliyetlerde uzman hale gelmesi.

Tedarik zinciri yönetiminin son yıllarda bu derece önem kazanmasında birçok faktörün doğrudan ya da dolaylı bir şekilde katkısı bulunmaktadır. Bunların başında gelişen ekonomiler ile birlikte küreselleşmenin çok hızlı bir ivme ile artmasıdır. Küreselleşme faaliyetlerinin neticesinde işletmeler, yerel kaynaklara olan bağımlılıklarından kurtularak çok farklı ülkelerden ihtiyaçları olan kaynakları temin edebilme gücüne sahip olmuştur. Örneğin, Apple ürünlerinin tasarımını Amerika Birleşik Devletleri'nde gerçekleştirirken, maliyet avantajından dolayı üretim faaliyetlerini İrlanda, Brezilya ve Çin'de yapmaktadır. Bu ek olarak, küreselleşme işletmelerin farklı bir ülkede ürettiği ürünleri yine dünyanın farklı bölgesindeki pazarlara sunmasına olanak sağlamaktadır. Diğer yandan, küreselleşme ile birlikte üretim yeri ve pazarlar arasındaki mesafelerde de artış yaşanmasının sonucunda ürünlerin zamanında müşterilere ulaştırma sorunu ortaya çıkmıştır. Bu sebeple, tedarik zinciri ağının oluşturulması ve yönetilmesi konuları daha da önemli hale gelmiştir. İşletmelerin farklı pazarlara açılması ile birlikte farklı kültür, dil ve inanışları dikkate alarak planlama yapması gerekliliği tedarik zinciri yönetimini etkilemektedir (Saat Ersoy & Ersoy, 2011).

Dış kaynak kullanımı tedarik zinciri yönetiminin gelişimine katkıda bulunan bir diğer faktördür. Tedarik zinciri yönetimi öncesine kadar işletmeler hammadde dışındaki büyük süreçlerini kendi içerisinde çözmeye çalışmaktaydı. Gelişen üretim yöntemleri ve teknoloji ile birlikte çoğu zaman işletmeler için tüm süreçleri kontrol etmek çok yüksek maliyetlere katlanmak anlamına gelmektedir. Bu sorunun üstesinden gelebilmek amacıyla işletmeler dış kaynak kullanımına başvurmaktadır. İşletmelerin verdiği satın alma ya da üretme kararı dış kaynak kullanımını doğrudan etkilemektedir. İçsel ya da dış kaynakları kullanma kararı gibi uzun dönemli kararlar, mevcut tedarik seçenekleri, maliyetler ve kaliteye bağlıdır (Frazelle, 2002). Özellikle istenilen kalitede ürün tedariki veya tedarik süresindeki dengesizlikler dış kaynak kullanımında karşılaşılan en büyük problemlerdir. Buna rağmen, bir işletme ürün sunmasını gerektiren her türlü faaliyeti yerine getiremeyebilir ve hatta kimi zaman getirmemesi çok daha avantajlıdır. Bazı süreçlerde işinde uzmanlaşmış

üçüncü parti işletme ile çalışmak hem maliyet hem de esneklik açısından büyük bir rekabet avantajı sağlamaktadır.

Küreselleşme ile birlikte rekabet ortamı artan rakip işletme sayısından dolayı daha da acımasız hale gelmiştir. Birbirleri ile rekabet içinde olan işletmeler yüzünden pazara sunulan ürünlerin yaşam döngülerinde gözle görülür bir kısalma yaşanmaktadır. Mesela, teknoloji sektöründe kimi ürünlerde ürün hayat eğrisi yıllardan aylara kadar gerileme göstermiştir. Bu sebeple, işletmelerin rakiplerine üstünlük kurabilmesi sürekli olarak pazara yeni ürün sunması gerekmektedir. Teknolojik ürün devlerinden Samsung pazara sunduğu farklı akıllı telefon modelleri ile 2012 yılının son çeyreğinde pazarın %34'üne sahip konuma gelerek, pazar lideri Apple'ın hâkimiyetine ciddi bir darbe vurmuştur (Shaughnessy, 2013). Tüm bu avantajı sürekli hale getirebilmek için işletmeler üretim sürelerini ve uzmanlık alanlarını dikkate alan tedarik zinciri yapısı geliştirmektedir. Tedarik zincirini oluşturan her bir eleman rekabet ortamından kaynaklanan olumsuzlukları minimal hale getirebilmek amacıyla ortak hareket etmek durumundadır.

Tedarik zinciri yönetiminin başka çıkmak istediği bir diğer sorun ise yükselen maliyetleri kontrol altına alabilmektir. Küreselleşme ve dış kaynak kullanımı gibi durumlardan kaynaklanan maliyetler işletmelere büyük bir yük getirmektedir. İşletmelerin üretim tesislerini dünyanın çeşitli bölgelerine dağıtması ya da başka işletmelere taşeron üretim yaptırması sonucunda gerek üretim maliyetlerinde gerekse taşıma ve dağıtım maliyetlerinde artış yaşanmaktadır. Bu maliyetlerle başa çıkabilmek için tedarik zinciri içerisinde yer alan her bir aktörün görevlerini eksiksiz ve zamanında yerine getirmesi çok önemlidir. Aksi takdirde, yükselen maliyetler elde edilen kârda düşüşe sebep olacaktır ve tedarik zincirini oluşturan her bir aktör etkilenecektir. Maliyet avantajından yararlanamayan işletmeler rakipleri karşısında güç kaybederek çok ciddi sorunlarla karşı karşıya kalmaktadır.

Son olarak stok yönetimi tedarik zinciri yönetimi içerisinde çok önemli bir yere sahiptir. Tedarik zinciri yönetiminde işletmeler müşteri ihtiyaçlarını

etkili bir stok yönetimi ile karşılamaktadır. İşletmenin stoklarının talebi karşılayamayacak düzeyde ise müşteri belki de bir daha geri dönmeksizin kaçırılmaktadır. Stok düzeylerinin çok yüksek olması ise, stok maliyetlerinin aşırı artmasına sebep verecektir. Stok düzeyini dengelemek tedarik zincirindeki her bir aktörün başlıca görevlerinden biridir. Üreticiden başlayarak tüketiciye kadar ilerleyen bir yapıda her bir işletme talepteki dengesizlikten korunmak amacıyla stoklarında gerekenden fazla ürün stoğu bulundurma yoluna gidebilmektedir. Böylece ürün stokları her kademede giderek artmaktadır. Stokların giderek arttığı bu durum kamçı etkisi olarak adlandırılmaktadır. Tedarik zincirini oluşturan işletmeler kamçı etkisinden korunabilmek için etkili bir iletişim ve işbirliğine ihtiyaç duymaktadır.

1.3. TEDARİK ZİNCİRİ STRATEJİLERİ

Tedarik zinciri stratejisi, işletmenin içinde bulunduğu sektörde edineceği konumu ve değişen rekabet şartlarında varlığını sürdürebilmesini doğrudan etkilemektedir. Bu sebeple tedarik zincirinin devamlılığını sağlayacak stratejiler oluşturulmalıdır. Tedarik zinciri stratejisi, hammaddenin tedarikinden işletmeye nakline, ürünün veya hizmetin üretilmesinden müşteriye ulaştırılmasına kadar işletme içinde ya da dışında birbirini takip eden olaylar dizisini kapsamaktadır (Chopra & Meindl, 2007).

Geleneksel yönetim yapısında verilen kararlar uzun, orta ve kısa vadeli olmak üzere sırasıyla stratejik, taktiksel ve operasyonel kararlar olarak sınıflandırılmaktadır. Stratejik kararlar üst düzey yöneticiler, taktiksel kararlar orta düzey yöneticiler ve operasyonel kararlar da en alt kademe yöneticiler tarafından verilmektedir. Tedarik zinciri yönetiminde ise, işletmeler bu katı yapıdan vazgeçilerek daha esnek bir oluşuma yönelmektedir. İşletmenin geleceğini etkileyecek birçok kararda çeşitli kademelerdeki yöneticilerden oluşan gruplar etkili olmaktadır.

Her tedarik zinciri oluştuğu işletmelerin ihtiyaçları ve bulunduğu sektöre göre farklı yapıda olabilmektedir. Bu sebeple, tedarik zinciri yönetiminde çok farklı stratejiler geliştirilmektedir. Kimi tedarik zinciri maliyet avantajından en etkili şekilde faydalanmak amacıyla iken kimisi ise ürün farklılaştırma yoluyla rekabet etmektedir.

- **Yalın Strateji**

Yalın stratejinin temel amacı, hammadde, insan kaynağı, stok, ekipman ve zaman kullanan her bir faaliyeti gerektiğı kadar kullanmaktır. Böylece atıkları en aza indirecek malzeme akışı, en düşük tedarik süresi, en az stok ve en az maliyet hedefleri etkili bir şekilde yönetilmiş olunmaktadır. Bu tür stratejiyi uygulayan işletmelerin ilk hedefi gerçekleştirdikleri faaliyetler neticesinde değeri yaratmaktır. Daha sonra yaratılan değerin etkin bir şekilde tedarik zinciri ağı içerisinde iletimi sağlanarak bu değeri müşterilerle buluşturmaktır. Yalın stratejiye uyum sağlamış tedarik zincirlerindeki işletmeler çekme mantığı ile çalışmaktadır. Yani, her işletme ihtiyaçları doğrultusunda bir önceki aşamada yer alan işletmeden ürün talep etmektedir. Yalın stratejinin bir diğer faydası faaliyetlerden kaynaklanan atıkların en aza çekilmesidir. Atıkların etkili bir şekilde yönetimi işletmelere maliyet avantajı sağlamaktadır. Yalın strateji değeri katmayan her türlü faaliyetten kurtulmak istemektedir. Bu yüzden, karmaşık tedarik zinciri yapılarını olabildiğince basit hale getirmektedir. Tüm bu avantajlarına rağmen yalın strateji, taleplerdeki beklenmeyen artışlar karşısında kırılgan bir yapıya sahip olabilmektedir (Lawrence, Klimberg, & Miori, 2011). Özellikle stok miktarlarının çok düşük tutulması bu duruma sebep olabilmektedir.

- **Çevik Strateji**

Kimi zaman maliyetleri düşük tutmak için tedarik zinciri yapısını basitleştirmek işe yaramamaktadır. Çok hızlı değişen koşul ve müşteri ihtiyaçlarına aynı çabuklukta cevap verebilecek bir yapı aranmaktadır. Çevik strateji, pazarda her an değişebilecek koşullara cevap verebilecek bir sistemi öngörmektedir. Bu tür stratejiyi benimseyen işletmeler yalın stratejinin maliyetlere çok fazla odaklandığından dolayı değişen piyasa koşullarına, artan rekabet ortamına ve bilinçli tüketici ihtiyaçlarına cevap veremediğini savunmaktadır. Çevik strateji, tedarik zincirini oluşturan işletmelerin arasında eşzamanlı bilgi paylaşımına giderek faaliyetleri rakiplerine göre daha çabuk gerçekleştirmeyi öngörmektedir (Christopher, 2005). Çevik stratejinin odak noktasında müşteriler bulunmaktadır. Çevik strateji benimsemiş işletmelerin müşterilere kolaylıkla ulaşabilme yeteneği artmaktadır. Müşterilerin istekleri tam olarak anlaşılacak, değişen talepler doğrultusunda hızla hareket edilmektedir. Müşteri beklentilerini aşan kalite ve değeri ortaya koyarak, müşterilerin gözünde rakiplere göre daha çok tercih edilir hale gelmektedir. Müşteri beklentilerinin tam olarak karşılanmış müşteri işletmeyi çevresindeki başka kişilere de tavsiye ederek yeni müşterileri çekmektedir. Çevik stratejide satış sonrasındaki müşteri memnuniyet düzeyini de dikkate almak gerekmektedir. Tablo 1’de yalın strateji ile çevik stratejinin karşılaştırılması görülmektedir.

- **Stratejik Ortaklık**

Stratejik ortaklık yolunu benimseyen işletmeler, tedarik zinciri yapısının her aşamasında bir bütün oluşturacak hale gelmektedir. İşletmeler birbirileri ile çok uzun dönem çalışarak her türlü ihtiyaçlarını kendi aralarında karşılamaktadır. Bu stratejinin temel amacı, işletmelerin uzun dönemli çalışmasından kaynaklanan faydanın paylaşılması ve etkin çalışan bir tedarik zinciri oluşturmaktır. İşletmelerin stratejik ortaklık oluşturmalarının sebepleri arasında daha iyi bir hizmet seviyesine ulaşma, esnek yapıda olma, maliyetlerde azaltma, yüksek bütçeli yatırımdan kaçınma ve uzmanlıktan

yoksun olma sayılabilmektedir (Christopher, 2005). Bu stratejinin kullanıldığı en bilinen alanlar taşımacılık, depo hizmeti, ithalat/ihracat hizmetleri ve bilgi sağlayıcılığı olarak sıralanabilir.

Tablo 1: Yalın Strateji ve Çevik Strateji

Faktör	Yalın Strateji	Çevik Strateji
Amaç	Etkin faaliyetler	Talebi karşılayacak esneklik
Yöntem	Gereksiz her şeyin elenmesi	Müşteri tatmini
Kısıtlar	Hizmet düzeyi	Maliyet
Değişim Oranı	Durağan bir yapı	Hızlı Değişim
Performans Ölçütü	Verimlilik	Tedarik süresi
İş durumu	Standart	Değişken
Kontrol	Dönemsel planlama	Yetkilendirilmiş çalışan

- **Zaman Temelli Strateji**

Zaman temelinin amacı en basit şekilde ürünlerin en hızlı şekilde teslimini garanti altına almaktır. Bu stratejiden elde edilen faydalar tedarik zincirinde daha az stok tutmadan kaynaklanan düşük maliyetler, kısalan ödeme sürelerinden kaynaklanan hızlı nakit akışı ve gereksiz faaliyetlerin azaltılması olarak sıralanabilir. Daha hızlı teslimatın yapılması daha iyi hizmet seviyesi sağlamaktadır. Bu stratejinin yalın stratejiden farkı odağın maliyetten ziyade zaman da olmasıdır.

- **Çevre Koruma Stratejisi**

Müşterilerdeki çevre duyarlılığının artması işletmelerin bulundukları çevre ile etkileşimleri gözden geçirmesine sebep olmuştur. İşletmeler faaliyetlerini gerçekleştirirken çevreye verdikleri zararı en aza indirecek yöntemlere yönelmek durumunda kalmaktadır. Çevreye duyarlı işletmeler daha çok geri dönüşüm yapılabilen ürünler kullanıp, yeniden kullanılabilir konteynırları tercih etmektedir. Her ne kadar çevreyi koruma faaliyetleri işletmeler tarafından çoğunlukla maliyet yükü olarak görülse de, müşterilerin takdiri kazanılarak rekabet avantajı sağlanmaktadır. Bunun yanı sıra, çevreyi korumaya yönelik birçok uygulama ciddi oranlarda maliyetten tasarruf

sağlamaktadır. Geri dönüşüme yönelik ürün tasarımı hem hammaddenin yeniden kullanılmasını sağlamakta hem de daha az parça kullanılmasına yol açmaktadır.

- **Yüksek Miktarda Üretim Stratejisi**

Bu strateji mevcut kaynaklardan kullanabildiğinin en fazla noktasına kadar kullanmayı amaçlamaktadır. Üretim tesisleri çok yüksek sabit maliyet içerdiğinden dolayı bu tesisleri tam kapasitede çalıştırmak sabit maliyetlerin daha fazla birime dağılmasını sağlamaktadır. Yalın stratejinin farklı çeşidi olan yüksek üretim stratejisi bir noktada yalın stratejiden ayrılmaktadır. Yalın stratejiyi benimsemiş bir işletmenin bir tesisi %60 kapasite ile çalışıyorsa, bu işletme %40'lık atıl kapasiteyi nasıl ortadan kaldıracağını belirlemeye çalışmaktadır. Halbuki yüksek üretim stratejisini benimsemiş bir işletme atıl kapasiteyi azaltmaktan ziyade kalan kapasiteyi nasıl kullanabileceğini belirlemek istemektedir.

- **Çeşitlendirme veya Uzmanlaşma Stratejileri**

Çeşitlendirme stratejisi çok geniş bir yelpazede ürün ve hizmet sunarak olabildiğince çok müşterinin ihtiyaçlarını tatmin edebilmeyi amaçlamaktadır. Bu tür strateji uygulayan işletmelere örnek olarak Boyner ve YKM gibi departman mağazacılık yaparak çok çeşitte her marka ürünü satan yerler verilebilir.

Bazı işletmeler ise, çok özel bir alanda uzmanlaşarak o alanda yaptığı işte en iyisi olmayı hedeflemektedir. Uzmanlaşma stratejisini benimseyen işletmeler, özellikle yüksek gelir grubuna hitap eden ve genellikle kişiye özel ürünler sunmaktadır. Müşteri uzmanlaşmış strateji uygulayan işletmenin sunduğu ürün veya hizmetin ikamesini bulamamaktadır. Bazen bir işletme hem çeşitlendirme hem de uzmanlaşma stratejilerini aynı anda uygulayabilmektedir. Örnek olarak, bir kargo işletmesi bir yandan her türlü ürünü birçok yere dağıtabilirken, diğer yandan belli bir fazladan ücret karşılığında çok daha özel eşyaları taşıma hizmeti verebilmektedir.

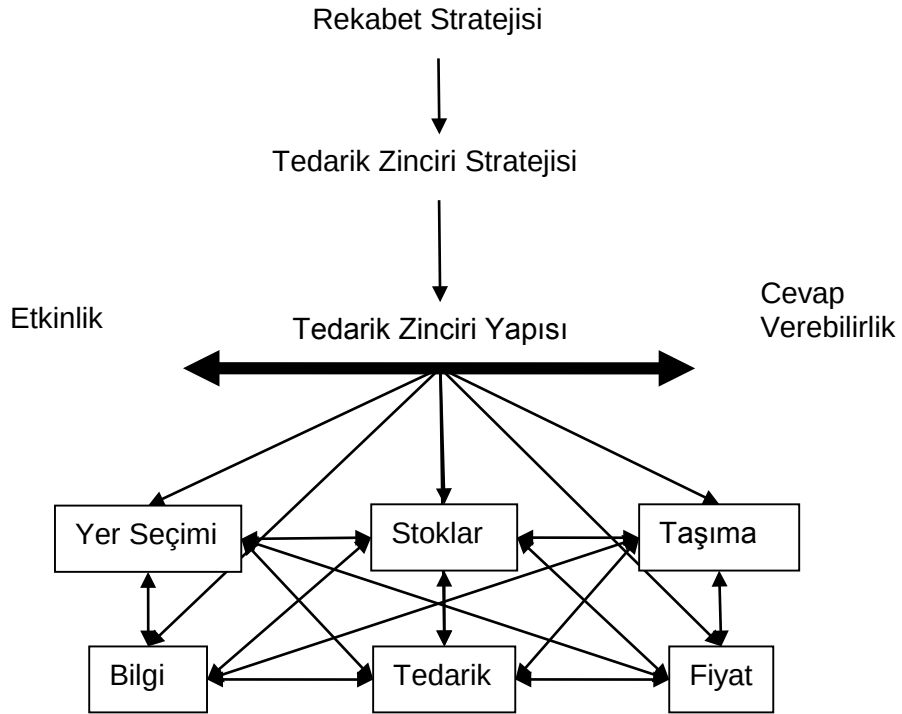
- **Büyüme Stratejisi**

İşletmeler yüksek hacimde çalıştığı ölçüde ölçek ekonomisinde faydalanabilmektedir. Yüksek hacimde yapılan üretim gerek maliyetlerde azalmaya gerekse de daha iyi hizmet sunulmasında yarar sağlamaktadır. Büyüme stratejisi uygulayan işletmeler rakiplerinden Pazar payı kapmayı, daha geniş bölgelere hizmet sunmayı, daha fazla faaliyet gerçekleştirmeyi ve daha çok çeşit ürün sunmayı amaçlamaktadır.

1.4. TEDARİK ZİNCİRİNİ ETKİLEYEN UNSURLAR

Yöneticilerin, tedarik zinciri oluşturma kararını verirken dikkat etmesi gereken belli başlı unsurlar bulunmaktadır. Bir şirketin ne kadar verimli olduğunu ve müşteri ihtiyaçlarını ne ölçüde karşıladığını belirlemek için tedarik zincirini oluşturan tesis, stok, taşıma, bilgi, tedarik ve fiyat unsurları incelenmelidir. Bu unsurların birbirleri ile olan ilişkinin yapısı tedarik zincirinin stratejik başarısını etkilemektedir (Chopra & Meindl, 2007). Tedarik zincirini etkileyen unsurların arasındaki etkileşim arttıkça, tedarik zincirinden elde edilen artı değerde de bir artış yaşanmaktadır. Şekil 2’de tedarik zincirini etkileyen unsurlar ve bu unsurların tedarik zinciri stratejisi ile olan ilişkisini ortaya koymaktadır.

Şekil 2: Tedarik Zincirini Etkileyen Unsurlar (Waters, 2003)



1.4.1. Yer Seçimi

Yer seçimi ile ilgili kararlar genellikle işletmelerin yeni bir tesis açma durumunda ortaya çıkmaktadır. İşletmelerin kuruluş yeri seçimi kararı verirken, tesisin kurulacağı yerin konumu çok önemlidir. Kuruluş yeri seçimi kararı yeni bir işletme açısından bir defa verilebilecek bir karar gibi değerlendirilse de, faaliyetleri sürdüren işletmelerin de mevcut tesislerinin yerini değiştirme kararı veya yeni tesis kurma kararları da kuruluş yeri kararı içerisinde ele alınmaktadır. Yer seçimi kararı işletmenin verdiği stratejik kararların başında gelmektedir. Bir işletme yer seçimi kararı verdiği zaman çok yüksek maliyetlere katlanmak durumundadır. Eğer bir işletme yanlış yer seçimi yaparsa, yanlış tercih yaptığı için tesisi kapatması veya başka bir yere taşınması çok büyük

zararlara neden olmaktadır. Hatalı bir yerde kurulmuş tesiste çalışmak performansı olumsuz etkilerken, başka bir yere taşınmak oldukça güçtür. Bunun için en başta doğru yer için kuruluş kararı vermek tek çözümdür. Her ne kadar doğru yer seçimi bir işletmenin başarısını garantilemiyor olsa da, hatalı yer seçimi başarısızlığı tetiklediği kesindir.

Yer seçimi etkinlik ve cevap verilebilirlik açısından tedarik zinciri performansını etkileyen anahtar unsurlardan biridir. Eğer ürün tek bir tesiste üretiliyor ve stoklanıyorsa, işletme ölçek ekonomisinden faydalanarak maliyetlerini azaltmaktadır. Diğer yandan, müşterilerin çoğuna uzakta kaldığı için ihtiyaçlarına cevap verme düzeyi azalmaktadır. Müşterilere yakın tesis kurma kararı verildiğince ise talepleri hızlı bir şekilde karşılanabilmekte, öte yandan maliyet avantajı kaybedilmektedir.

İşletmeler yer seçimi kararı verirken ölçülebilen ve ölçülemeyen birçok faktörü göz önünde bulundurmalıdır. Ölçülebilen faktörler işlem maliyetleri, ücret seviyesi, vergiler, döviz kuru, rakip işletme sayısı, mevcut pazardan uzaklık, nüfus sayısı, tedarikçi sayısı olarak; ölçülemeyen faktörler ise, tedarik zincirinin yapısı, politik istikrar, sosyal eğilimler, endüstriyel ilişkiler, yasal düzenlemeler, gelecekteki ekonomik gelişmeler olarak sıralanabilir.

Bir üretim işletmesi açısından yer seçimi yapılırken, üretim tesislerinin standardizasyon, esneklik ya da her ikisinin bir araya getirildiği tesis özelliklerinden hangisini içermesi gerektiği doğru bir şekilde belirlenmelidir. Standart kapasite belirli sayıdaki ürünü esnek kapasiteye göre daha verimli bir şekilde üretmektedir. Esnek kapasitede ise, daha düşük verimle daha fazla çeşitte ürün üretimi yapılmaktadır. Ayrıca işletmelerin tesislerini tasarlarken odak noktasını ürün veya süreç olarak belirlemesi de yer seçimi etkilemektedir. Ürün odaklı tesislerde birçok süreci tek bir ürün üzerinde gerçekleştirirken, süreç odaklı tesiste ise belli süreçler birçok farklı ürün üzerinde yapılmaktadır. Depolar veya dağıtım tesisleri açısında yer seçimi yapılırken, bu tesislerin yükleme ya da depolama işlevlerinin hangisini yerine getireceği kararı verilmelidir. Yükleme merkezlerine büyük miktarlarda gelen ürünler daha

küçük partilere bölünerek dağıtıldığı için merkezi bir konumda bulunmalıdır. Depoların ise müşteri ihtiyacını çabuk bir şekilde karşılayabilmesi için çeşitli noktalarda bulunması fayda sağlamaktadır.

Küreselleşmenin etkisi ile birlikte birçok işletme uluslararası düzeyde faaliyet göstermektedir. İşletmelerin küresel düzeyde yer seçimi yaparken farklı seçenekler ortaya çıkmıştır. Bu seçenekler şu şekilde sıralanabilir:

- Lisanslama ve imtiyaz anlaşması: İşletmenin ürün üretimi ve arzı yerel işletme tarafından gerçekleştirilir. Marka sahibi işletme satışlardan belli oranda kâr payı almaktadır.
- İhracat: İşletme üretimi kendi tesislerinde gerçekleştirme farklı pazarlara dağıtımını ise yerel işletmelere yaptırmaktadır.
- Yerel düzeyde dağıtım ve satış: İşletme ürününü ana tesiste üretmekte fakat dağıtım ve satışı yeni pazarlarda yerel olarak gerçekleştirmektedir.
- Yerel düzeyde birleştirme: İşletme ürünün birçok parçasını ana tesiste üretmekte, fakat ürünün son haline getirilmesi yerel pazarda olmaktadır.
- Tamamen yerel düzeyde üretim: İşletme üretimden dağıtım ve satışa kadar tüm faaliyetlerini yerel pazarda gerçekleştirmektedir.

1.4.2. Stok

Stok, bir üretim sisteminde üretilen mamule dolaylı veya dolaysız olarak katılan bütün fiziksel varlıklar ve mamulün kendisi olarak tanımlanabilir. Bir başka tanıma göre stok, tüm işletme ve kurumların satmak veya üretim sisteminde girdi olarak kullanmak üzere bulundurdıkları malzeme ve kalemlerin toplamıdır (Arnorld, 1991). Farklı işletmeler değişik özelliklere sahip olan stoklara ihtiyaç duymaktadır. Stok tanımı içerisine dâhil olan varlıkları bir arada incelemek işletmenin yanılmasına neden olabilir. Stoklanan varlıklar arasında cins, değer, kullanım alanı, stoklama biçimi gibi faktörler açısından

farlılıklar bulunmaktadır (Kobu, 2008). İşletmelerin yapısına göre farklılık gösteren stokların sınıflandırılması şu şekildedir (Muller, 2003):

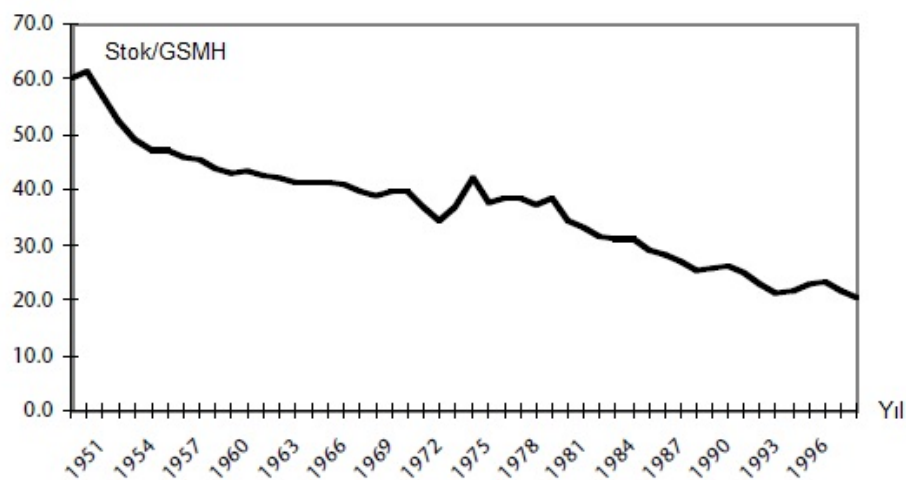
- Hammaddeler: Üretime giren ve üzerinde çeşitli işlemler gerçekleştirilerek değer kazandırılan tüm varlıklara hammadde denir. Hammaddenin tanımı işletmeden işletmeye farklılık gösterebilir. Örneğin bir kumaş, iplik fabrikası için son ürün olabilirken, konfeksiyon fabrikası açısından hammadde teşkil etmektedir.
- Yarı mamuller: Üretim sürecindeki işlemleri henüz tamamlanmamış ya da bir sonraki işlem için bekletilen varlıklardır. Yarı mamul miktarlarının en az seviyede tutulması gereklidir. Yarı mamullerin artmasına iş akışındaki gecikmeler, bir süreçten başka bir sürece taşınmasında gerçekleşen gecikmeler ve süreçlerde meydana gelen darboğazlar sebep olmaktadır.
- Mamuller: Hammaddeler üzerinde yapılması gereken bütün işlemlerin tamamlandığı ve müşteriye sunulmaya hazır olan varlıklardır. Mamuller, tahmin edilebilen veya edilemeyen talepleri karşılamak için stoklanmaktadır.
- Levazım: İşletmenin süreçlerde kullandığı ve son ürünün bir parçası olmayan stok kalemlerine denilmektedir. Ampul, bilgisayar, fotokopi kâğıtları, makine yağı, boya gibi maddeler bu grubun içerisine dâhil edilebilir.
- Tamir parçaları ve yedek parçalar: Mamulün oluşturulmasında kullanılan ve genellikle işletme dışından temin edilen parçalardır. Özellikle mamulün satışından sonraki dönemde müşterilerin karşılaştığı, ürünle ilgili problemleri çözmek için oldukça önemlidir. Motoru bozulan bir otomobilin tamiri için gereken parçalar örnek olarak gösterilebilir.

İşletmeler tarafından stok sürekli değişkenlik gösteren talep dalgalanmaları ile başa çıkabilmek için tutulmaktadır. Tedarik zincirinde ise

stok arz ile talep arasındaki dengeyi sağlamaktadır. Stok tutmanın bir diğer faydası ise, müşteri taleplerini zamanında karşılayarak müşteri memnuniyetini arttırmaktır. Böylece, ileriki dönemde memnun müşteri yeniden işletmeyi tercih edecek hatta başkalarına tavsiye ederek yeni müşterileri de çekecektir. Ayrıca stok tutmak, işletmelerin ölçek ekonomisinde faydalanarak maliyetleri düşürmesini sağlamaktadır.

Stok tutma maliyet avantajı sağlamanın yanında çoğu zaman maliyet unsuru olarak da görülmektedir. İşletmelerin stok tutma eğilimi geçmişten bugüne giderek azalmaktadır. Şekil 3'te İngiltere ekonomisinde tutulan toplam stok miktarını gösterilmektedir. Buna göre, işletmelerin stok tutmayı maliyet unsuru gördükleri için giderek azaltmaya çalıştığı söylenebilir. Bu grafiğe göre 1950'lerden itibaren tutulan toplam stok miktarlarında düzenli bir azalma eğilimi görülmektedirken, 1970'li yıllarda özellikle başta Amerika olmak üzere girilen küresel krizden dolayı işletmeler karşılaşılan belirsizlik durumu ile başa çıkabilmek amacıyla stok tutma durumunda kalmıştır. Krizin çözümü kavuştuğu 1980'lerden sonrasında ise stok tutma miktarları yeniden düşüşe geçmiştir.

Şekil 3: İngiltere'de Toplam Stok Miktarının GSMH Oranı (Waters, 2003)



Stoklar bir işletmenin rekabet stratejisini doğrudan etkilemektedir. Eğer bir işletme müşteri ihtiyaçlarına çok hızlı bir şekilde karşılamak istiyorsa, belli

miktardaki ürünlerini müşterilere yakın olan depolarında konumlandırmak zorundadır. İşletmelerin stratejik kararlarında göz önünde bulundurması gereken stokların özellikleri şu şekilde sıralanabilir (Stevenson, 2002);

- Tedarik zincirini oluşturan her bir aşama için tampon oluşturmaktadır
- Beklenenden fazla talep miktarları ve ya beklenmeyen bir zamandaki talebi karşılama olanağı yaratmaktadır.
- Ertelenen ya da çok küçük miktardaki teslimatlara imkân sağlamaktadır.
- Çok büyük miktarlarda sipariş verilmesinde kaynaklanan fiyat indiriminden faydalanılmasını sağlamaktadır.
- Malzeme fiyatlarındaki dalgalanmadan korumaktadır.
- Tama kapasite taşıma gerçekleştirilerek maliyette azalmaya neden olmaktadır.
- Enflasyonun yükseldiği dönemlerde işletmelerin karlılığını korumaktadır.
- Acil durumlarda gerekli olan malzemenin teminini kolaylaştırmaktadır.

Stokların kullanım amaçları işletmelerim gösterdiği faaliyet ve bulundukları sektörün durumuna göre oldukça farklılaşabilmektedir. Buna rağmen stoklar kullanım amaçlarına göre dört farklı kategori altında toplanmaktadır. Her bir kategori içerisinde stoklar işletmenin farklı bir ihtiyacını karşılamaktadır.

❖ **Dönem stokları**

Dönem stokları, işletmenin tedarikçiden sipariş ettiği ürünün gelişine kadar olan sürede talepleri karşılamak için kullandığı ortalama stok miktarını göstermektedir. Bu süre içerisinde kullanılan stok miktarı, yüksek miktardaki materyallerin üretim, taşıma ve satın alınmasına bağlıdır. İşletmeler ölçek ekonomisinden faydalanabilmek için büyük miktarlarda üretim ya da satın alım

yapmaktadır. Buna karşın, miktardaki artışlar taşıma maliyetlerinde de artışa sebep olmaktadır. Bu sebeple, tedarik zinciri yöneticileri az sayıda fakat yüksek miktarlarda üretim ya da satın alma ile çok sayıda ama az miktarda üretim ya da satın alma kararı verme konusunda çok dikkatli olmalıdır. Aksi takdirde, işletmenin katlanması gereken maliyetler giderek artacaktır.

❖ **Güvenlik Stokları**

Güvenlik stokları işletmenin öngöremediği talep artışlarına karşı veya talepteki dalgalanmayı engellemek için tutulmaktadır. Ürünlere talep edilen miktar genellikle büyük oranda belirsizlik içerdiğinden işletmelerin güvenlik stoğu tutması kaçınılmazdır. Burada yöneticilerin vermesi gereken en önemli karar güvenlik stoğu miktarının ne kadar olması gerektiğidir. Eğer bu miktar gereğinden fazla ise, satılamayan ürünler maliyet unsuru haline dönüşecektir. Tam tersi durumda işletme talepleri zamanında karşılayamadığı için müşteri tatminsizliği ortaya çıkacaktır.

❖ **Mevsimsel Stoklar**

Mevsimsel stoklar, güvenlik stoklarının aksine tahmin edilebilen durumlar için tutulmaktadır. İşletmeler mevsimlik stokları, talebin düşük olduğu dönemlerde yükselterek, kapasitelerinin yetersiz kaldığı yüksek talep dönemlerinde kullanmaktadır. Yöneticiler mevsimsel stoklar için üretim yapıp yapmama ve yapılacaksa ne oranda olması gerektiği sorularına yanıt aramaktadır. Eğer bir işleme düşük maliyetlere katlanarak üretim sistemini kolaylıkla değiştirebiliyorsa, mevsimsel stok tutmasına gerek bulunmamaktadır. Aksi takdirde, işletme belli bir oranda sürekli olarak üretim yapmalı ve fazla olan kısmı talebin yükseldiği dönemlerde kullanma yoluna gitmelidir. Bu yüzden, yöneticiler mevsimsel stok tutma ile daha esnek bir üretim sistemine sahip olma maliyeti arasında tercih yapmalıdır.

❖ **Uygun Ürün Seviyesi**

Uygun ürün seviyesi talebin belli bir oranının bulundurulmuş stoklar ile karşılanması için kullanılan miktardır. Yüksek miktardaki bir seviye müşteri

ihtiyaçlarını çok çabuk bir şekilde karşılanmasını sağlamaktadır. Aksine, düşük miktarda ise elde bulundurma maliyeti düşerken, müşteri taleplerinin büyük bir oranı zamanında karşılanamamaktadır. Bu sebeple, müşteri ihtiyaçlarını üretim yapmadan stoklardan sayesinde zamanında karşılamak ile zamanında karşılanamayan taleplerden kaynaklanan elde bulundurmama maliyetine katlanmak durumunda kalınmaktadır.

1.4.3. Taşıma

Taşıma işlemi tedarik zincirinde yer alan ürünleri bir noktadan diğerine ulaştırılmasından sorumludur. Diğer tedarik zinciri etkileyen unsurlarda olduğu gibi taşıma işlemi de işletmenin tedarik zinciri stratejisini doğrudan etkilemektedir. Hızlı bir taşıma sistemine sahip işletme müşteri ihtiyaçlarını anında karşılayabilirken, bu durumun getirdiği fazladan maliyetlere katlanmak zorundadır. Taşıma, tedarik zincirinde yer alan faaliyetlerin en maliyetli olanlarından biridir. Amerika Birleşik Devletleri'nde işletmelerin katlandıkları maliyetlerin %40'ını oluştururken 400 milyar dolarlık yıllık gider tutarına erişmektedir (Frazelle, 2002). Taşımadan kaynaklanan giderler sık ve az miktarlardaki siparişler, artan uluslararası ticaret, yakıtların zamlanması, işgücü kıtlığı, sendikalaşmanın artması gibi sebeplerden dolayı sürekli artmaktadır.

Bir işletmenin sahip olduğu taşıma sisteminin niteliği, taşınan ürünlerin değerini etkilemektedir. İlk olarak taşıma işlemi, ürünün değerini konum açısından fayda sağlamaktadır. Etkisiz bir taşıma sistemine sahip olan bir işletme maliyetleri rakiplerine göre yüksek olacağından dolayı fiyat açısından rekabet edememektedir. Etkili bir taşıma sistemi ürünleri başka bir yere düşük maliyet ile ulaşmasını sağlamaktadır. Ayrıca düşük taşıma maliyetleri işletmelerin çok uzaktaki tedarikçi işletmelerle çalışmasına da yardım etmektedir. Böylece işletmeler sadece yerel tedarikçilere bağımlı kalmaktan kurtulmaktadır. İkinci olarak taşıma işleminin zaman faydası bulunmaktadır. Bir

ürün için oluşan talep belli bir zaman diliminde gerçekleşmektedir. Eğer bir ürün kendisine talep olmadığı zaman pazara sürülürse, herhangi bir değer arz etmemektedir. Bu sebeple etkili bir taşıma, gerektiği yere gerektiği zamanda ürünü ulaştırarak zaman faydasını ortaya çıkarmaktadır. Son olarak taşıma işlemi, gereken miktardaki ürünü herhangi bir hasar görmeden ulaştırması ile kalite faydasını ortaya çıkarmaktadır. Ürünlerin eksiksiz ve hasarsız yerine ulaşması gerek gönderen gerekse alıcı işletmenin daha az miktarda güvenlik stoğu tutmasını sağlamaktadır.

Tedarik zincirinde taşıma ve dağıtım ağı oluşturmak çok önemli bir stratejik karardır. Taşıma ağı oluştururken tesislerin konumu, taşıma yolları ve ürünün gönderilirken kullanılacak rotalar dikkate alınmaktadır. Bir işletme ürünün doğrudan müşteriye ulaştırılması ya da aracı bir işletmeye gönderilmesi arasında karar vermelidir. Ek olarak, taşıma ağı oluşturulurken birden çok arz ve talep noktasına taşımanın tek sefer ya da birden çok seferde ulaşılması kararı da değerlendirilmelidir. İşletmeler kullanabilecekleri karayolu, denizyolu, havayolu, demiryolu ve boru hattı gibi çeşitli yollardan bir veya birkaçını tercih etmektedir.

- Karayolu

Karayolu taşımacılıkta en yaygın ve en çok tercih edilen yöntemdir. Karayolu taşımacılığın sağladığı en büyük yarar, neredeyse her yere yapılabilmesinden kaynaklanan esnek yapıda olmasıdır. Her ne kadar karayoluyla gerçekleştirilen taşımacılık hız açısından yavaş olsa da, diğer yollara nazaran daha az noktaya uğrayarak zaman tasarruf sağlamaktadır. Amerika'da 2002 yılında hane başına ortalama 45,324 dolar değerinde yük 15,310 ton/mil ortalama ile taşınmıştır (Ammah-Tagoe, 2006). Türkiye'de yük ve yolcu taşımacılığında en çok tercih edilen yöntem kara yolu taşımacılığıdır. Yolcu taşımacılığının yaklaşık % 95'i, mal taşımacılığının da yaklaşık % 90'ı kara yolu üzerinden yapılmaktadır Türkiye'deki karayolu ile taşınan yük miktarı 2008 yılı itibariyle 181.935 ton/km'ye ulaşmıştır (Deloitte, 2010). Karayolu ile taşımacılık tam kapasite taşıma ve kapasite altında taşıma olarak ikiye

ayrılmaktadır. Tam kapasite taşımanın amacı, araçların boş zamanlarını en aza indirecek şekilde planlamaktır. Tam kapasite taşımada ölçek ekonomisinden faydalanılmaktadır. Bu tür taşıma özellikle birbirlerine büyük miktarda ürün gönderen üretim tesisleri ile depolar ya da tedarikçi ile üretim tesisleri arasında olmaktadır. Kapasite altında taşıma ise küçük miktardaki ürünlerin çeşitli yerler ulaştırılmasını amaçlamaktadır. Tedarik zincirinde yer alan işletmeler arasındaki küçük çaptaki taşıma işlemleri bu şekilde yerine getirilmektedir. Örnek olarak, ürünlerin merkezi depodan alınarak farklı perakendecilere götürülmesi verilebilir. Bu tür taşıma özellikle bölgesel dağıtım ağına sahip işletmeler tarafından tercih edilmektedir. Kapasite altında taşımada planlama ve rotalama çok büyük önem taşımaktadır.

- Denizyolu

Denizyolu taşımacılığı çok büyük miktarlardaki ürünlerin taşınması kullanılan en ucuz yöntemdir. Bunun yanında, limanlarda ve diğer taşıma noktalarında en fazla bekleme süresine sahip olduğunda dolayı en yavaş taşıma yoludur. Limanlarda karşılaşılan gümrük, güvenlik ve konteynırların düzenlenmesi gibi sorunlar bu gecikmenin başlıca nedenleridir. Denizyolu ile taşımacılık genellikle ürünlerin bir kıtadan başka bir kıtaya gönderilmesinde kullanılmaktadır. Diğer yandan Avrupa'da nehir ve kanallar aracılığı ile bu tür taşımacılık aktif olarak kullanılmaktadır. Küresel deniz yolu taşımacılığı sektörü 2004 ile 2006 yılları arasında % 34,5 ile çok hızlı bir büyüme sergilemiş; ancak 2007 yılında gelirler % 21,4 düşmüştür. 2009 yılında gelirlerin düşmeye devam ettiği tahminine karşılık sektörün 2013 yılına doğru toparlanması beklenmektedir. Deniz yolu taşımacılığı sektörü 2008 yılında 749 milyar ABD doları gelir elde etmiştir (Deloitte, 2010). Uluslararası okyanus ötesi kargo taşımacılığında 2007 yılında taşınan yük miktarı 8 milyar tonu aşmıştır. Ayrıca son 10 yılda, yıllık ortalama büyüme oranı yüzde 3'ün üzerinde gerçekleşmiştir (Moore, 2010). Denizyolu taşımacılığında karşılaşılan en büyük problem esnek olmamasıdır. Ürünlerin gönderilebileceği limanlar belli

başlı yerlerde olduğu için ancak buralara kadar gönderim yapılmakta ve sonrasında diğer taşıma yollarına başvurulmaktadır.

- Havayolu

Düşük maliyetinden dolayı uluslararası taşımacılıkta denizyolu en çok tercih edilen yöntem olsa da, hızı çok düşük olduğundan dolayı her zaman kullanılamamaktadır. Havayolu ise özellikle uluslararası taşımacılıkta en hızlı yöntem olarak görülmektedir. Diğer yandan, ürünlerin hızlı taşınması için yüksek maliyetlere katlanmak zorunda kalınmaktadır. Havayolu taşımacılığı yükte hafif pahalı ağır ürünler için tercih edilen bir yöntemdir. Yani taşınacak ürünün miktarı az fakat değeri çok yüksekse havayolu taşımacılığı en uygun yöntemdir. 2004 ile 2008 yılları arasında % 5,6'lık bir büyüme kaydeden küresel hava kargo taşımacılığı sektörü 2008 yılında toplam 100 milyar ABD doları tutarında gelir elde etmiştir. 2004 ile 2007 yılları arasındaki % 7,4'lük hızlı bir büyüme döneminin ardından, sektör 2008 yılında değer bakımından sadece % 0,1 oranında büyümüş ve hacim bakımından % 0,5 küçülmüştür (Deloitte, 2010). Genel olarak üç tip havayolu taşımacılığından bahsedilebilir. Birincisi, normal havayollarının yolcuların kullanmadığı kargo bölümünü taşımacılığa ayırmasıdır. İkincisi, kargo uçaklarının gerçekleştirdiği taşımacılıktır. Uçak tamamen ürün taşımaktadır. Üçüncüsünde ise, sadece tek seferlik uçak kiralama yoluna gidilmektedir.

- Demiryolu

Demiryolu taşımacılığı özellikle ağır ve hacimli ürünlerin bir yerden başka bir yere naklinde kullanılmaktadır. 2003 ile 2007 yılları arasında gerçekleşen % 6,3'lük bir büyüme döneminin ardından demir yolu taşımacılığındaki büyümenin hız kaybedeceği tahmin edilmektedir. Sektör 2007 yılında küresel anlamda 472,1 milyar ABD doları tutarında gelir elde etmiştir (Deloitte, 2010). Demiryolu taşımacılığı, kapasitesi çok yüksek olduğundan dolayı diğer taşıma yöntemlerine göre dikkate değer maliyet avantajı sağlamaktadır. Buna rağmen, sadece demiryolunun ulaşabildiği bölgelere gidebildiği için esnekliği düşüktür. Demiryolu taşımacılığında

yalnızca belirlenen istasyonlarda durularak birçok bölgeye ulaşım sınırlandırılmaktadır. Ayrıca denizyolu taşımacılığından sonra en yavaş taşımacılık şeklidir. Bu yüzden, ürünlerin hızlı bir şekilde gönderilmesi istendiğinden beklentileri karşılamakta zorlanmaktadır.

- Boru Hattı

Boru hattı taşımacılığı petrol ve gaz ürünlerinin taşınması için kullanılmaktadır. Boru hattı çok yüksek miktarlardaki ürünün çok uzak mesafelere ulaşımını sağlamaktadır. Fakat bu ulaştırma işlemi oldukça yavaş gerçekleşmektedir. Ayrıca taşıma sadece boru hattı boyunca olmakla birlikte belirli sıvı ve gazlar için geçerlidir. İlk yatırımın büyüklüğüne rağmen boru hattı sıvıların taşınmasındaki en ucuz yöntemdir.

1.4.4. Bilgi

Bilgi tedarik zinciri yapısının her bir bileşenini derinlemesine etkilemektedir. Bilgi her ne kadar tedarik zincirini doğrudan veya dolaylı olarak etkilese de, genellikle gereğinden daha az derecede dikkate alınmaktadır. Bilgi tedarik zincirinin aşamaları arasındaki bağlantıyı sağlamaktadır. Böylece hem tedarik zincirinin koordinasyonunu sağlar hem de tedarik zincirinin toplam kârlılığının en fazla olmasına yol açmaktadır. Ayrıca bilgi günlük işlerinde yürütülmesinde önemli görev üstlenmektedir.

Bilgi, adeta diğer tedarik zinciri unsurlarını birbirine bağlayan tutkal görevi görmektedir. Yöneticilerin gerek stratejik gerek taktiksel temelde karar verebilmesi açısından doğru ve yeterli bilgiye ulaşması gerekmektedir. Bilginin yokluğunda bir yönetici müşteri ihtiyaç ve talepleri, stokta bulunan ürün miktarı ve taşınması gereken ürün miktarı hakkında karar verememektedir. Bilgi, tedarik zincirinin performansını arttıran en önemli etmendir.

İlk olarak yöneticiler, görevlerini yerine getirebilmek için doğru ve yeterli bilgiyi elde etmelidir. Bilgi olmadan tedarik zinciri durumu doğrudan

gözlenemeyeceği gibi yerinde kararlar vermekte mümkün olmamaktadır. Belirsizlik altında bilgilerin her zaman için yüzde yüz doğru olması beklenmese de, en azından doğru karar vermeye yetecek kadar verinin el edilmesi arzulanmaktadır. İkinci olarak, bilginin istenilen zamanda ulaşılabilir olması gereklidir. İhtiyaç duyulduğu anda bilgi ulaşılabilir değilse, o bilginin kullanılacağı fırsat kaçırılmış olunacaktır. Bu sebeple, yöneticiler doğru ve zamanında karar verebilmesi için güncel bilgiler kolaylıkla ulaşılabilir olmalıdır. Son olarak, bilgi yöneticiler tarafından gerekli durumlarda kullanılabilir olmalıdır. İşletmeler genellikle birçok konu hakkında veri depolamaktadır. Fakat kullanılacak verilerin dikkatli bir şekilde bu veri havuzundan ayrılarak yöneticilere sunulması gerekmektedir. Ayrıca, gereksiz bilgilerin başta ayıklanarak boşuna yer kaplamasını önlemekte başvurulabilecek bir diğer yöntemdir. Tedarik zincirinde bilgi yönetimini etkileyen unsurlar şu şekilde sıralanabilir:

- İtme ve Çekme

Bir işletmenin tedarik zinciri içerisinde itme ya da çekme sistemi ile çalışma kararı bilgi sistemini etkilemektedir. İtme sistemleri, malzeme ihtiyaç planlaması ile hazırlanan ana üretim planına ait formlar vasıtasıyla bilgi edinmektedir. Bu formlar tedarikçilerden gelecek ürünlerin teslim süresi, miktarı ve tipi hakkında bilgi içermektedir. Yöneticiler de bu bilgiler doğrultusunda planlama yapmaktadır. Çekme sistemi ise, gerçekleşen talepler ile ilgili bilginin tüm tedarik zinciri boyunca çabuk bir şekilde iletilmesini istemektedir. Böylece ürünün üretim ve dağıtım taleple eş zamanlı olarak gerçekleşmektedir.

- Koordinasyon ve Bilgi Paylaşımı

Tedarik zincirinin her aşamasında etkili bir bilgi paylaşımı, tüm tedarik zincirinin kârını maksimum kılacak koordinasyonun gerçekleşmesini sağlamaktadır. Koordinasyon yokluğunda ise kârlılıkta kayda değer bir azalma gözlenmektedir. Tedarik zincirinin her aşamasında koordinasyonu

sağlayabilmek için tedarik zincirini oluşturan her işletme kendi arasında bilgi paylaşımını gerçekleştirmek zorundadır.

- Tahminleme ve Toplam Üretim Planlama

Tahminleme gerçekleşecek talepleri ve durumları ortaya koymaya yaramaktadır. Tahminleme yoluyla bilgi elde etmek için oldukça karmaşık yöntemler kullanılabilir. Yöneticiler nereye kadar tahmin yapılacağını ve bu tahminlere ne ölçüde güvenilebileceğini bilmek durumundadır. Tahminlerden elde edilen bilgiler işletmenin uzun ve kısa dönemde planlama yapması açısından hayati önem taşımaktadır. Toplam üretim planlaması tahminleri faaliyet planlarına taşıyarak öngörülen talepleri karşılamayı amaçlamaktadır. Toplam üretim planlaması tedarik zincirinde yer alan tedarikçi ile işletme arasındaki en önemli bilgi kaynaklarından biridir. Toplam üretim planlaması sayesinde gerek işletme gerekse tedarikçi nerede ve ne zaman faaliyet gerçekleştirilmesini bilmektedir.

İşletmeler, tedarik zincirini yönetirken bilgiye ulaşmak amacıyla son yıllarda birçok bilgi teknolojisinden faydalanmaktadır. Yöneticiler hangi teknolojileri kullanacağı ve bunları diğer işletmeler ile birlikte nasıl entegre edeceğini belirlemektedir. Bilgi teknolojilerinde gelişmeler gün geçtikçe daha da önemli hale gelmektedir. Elektronik Veri Değişimi (EDI) bu teknolojilerin başında gelmektedir. İşletmeler elektronik veri değişimini kullanarak tedarikçilerine hiçbir kağıt işi ile uğraşmadan anında sipariş verebilmektedir. Bu sayede hızlı ve doğru siparişler verilerek, ürünler zamanında müşterilere ulaştırılmaktadır. Bir diğer bilgi teknolojisi son 20 yılda tüm dünyayı saran internettir. İnternet sayesinde işletmeler hem anlık işlem yapabilme kabiliyetine erişmiş hem de işlemler daha takip edilebilir hale gelmiştir. Kurumsal Kaynak Planlaması (ERP) işletme içinde ve tüm tedarik zincirinde bilgi paylaşımı ve bu bilgiye ulaşılabilirlik sağlayan bir sistemdir. Sistemin sağladığı gerçek zamanlı bilgi sayesinde tedarik zincirindeki faaliyetlerin kalitesi artmaktadır. Kurumsal kaynak planlaması işletmenin her bölümünü ve tedarik zincirinde yer alan diğer işletmeler arasında yetkilendirme oranında bir bağlantı sağlamaktadır. Son

olarak işletmeler Radyo Frekansı ile Tanımlama (RFID) teknolojisini kullanarak ürünlerin izlerini sürebilmektedir. Ürünlere takılan sürekli sinyal yollayan aktif ya da sadece hareket halinde iken sinyal gönderen pasif vericilerle ürünlerin an be an stokta mı yoksa tedarik zincirindeki başka bir işletmede mi olduğu tespit edilmektedir.

1.4.5 Tedarik

Tedarik mal ve hizmet alımı için gereken süreçlere denilmektedir. Bir işletme tedarik süreci ile ürünlerin hareketini başlatma ve kontrol etme kabiliyetine sahip olmaktadır. Tedarik süreci sayesinde işletmeler faaliyetlerini gerçekleştirebilmek için tedarikçilerden hammadde, parça, mal, hizmet ve diğer kaynakları temin etmektedir. Tüm tedarik zinciri yapısı açısından en önemli kararlardan biri hangi işlemlerin işletme içerisinde hangi faaliyetleri dış kaynaklar tarafından yapılacağıdır.

Tedarik sürecinde yöneticiler işletme için en uygun tedarikçi seçme konusunda olabildiğince dikkatli davranmalıdır. İşletme için en avantajlı anlaşmanın yapılması amaçlanmaktadır. İşletme tarafından tedarikçileri üzerinde ne ölçüde kontrolü olduğu da değerlendirilmesi gereken bir başka konudur. İşletmenin ilişki içerisinde olduğu her bir tedarikçi işletme tedarik zinciri performansını doğrudan etkilemektedir. Tedarikçi ve işletme arasındaki iletişim kanalları yeterli olduğu sürece bilgi akışı da kolaylaşacaktır.

Bir işletmenin tüm faaliyetlerini kendi kendine gerçekleştirebilmesi kontrolün tamamının elinde olması anlamına gelmektedir. Yine de, birçok sektörde tüm faaliyetleri işletme içerisinde gerçekleştirmek mümkün değildir. Tüm faaliyetleri işletme içerisinde gerçekleştirmek her ne kadar kontrol gücü verse de, çoğu zaman yüksek maliyetlere katlanmayı gerektirmektedir. Bu yüzden işletmeler birçok faaliyetini ilgili alanlarda uzmanlaşmış üçüncü parti işletmelere devretmektedir (Celestino, 1999). Üçüncü parti işletmeler tedarik zincirinde çeşitli şekillerde rol oynayarak artı değer yaratmaktadır. İşletmeler

üçüncü parti işletmeler ile işbirliğine giderek kapasite artışını sağlayabilmektedir. Birçok işletme artan talepleri karşılamak için çok fazla kaynak gerektiren yeni yatırım yapmaktansa, üçüncü parti işletmelere ürünlerini ürettirip, bu ürünleri tedarik edebilmektedir. Yine işletmeler çok fazla stok tutmak istemediği zaman ürün stoklarını üçüncü parti işletmenin sorumluluğuna bırakmaktadır. Böylece hem stok maliyetlerini düşürmekte hem de müşteri ihtiyaçlarını zamanında karşılayabilmektedir. Üçüncü parti işletmelerin en çok tercih edildiği faaliyet taşıma işlemi olmaktadır. Gerek taşıma yönteminin seçimi gerekse katlanılan maliyetlerin yüksek oluşundan dolayı birçok işletme taşıma konusunda uzmanlaşmış işletmeler ile çalışmaktadır. Günümüzde birçok üçüncü parti işletme bilgi yönetimi ve paylaşımı açısından işletmelere hizmet sunmaktadır. Bilginin depolanması ve işe yara bilgilerin tespit edilmesi ciddi anlamda zaman ve maliyet gerektirdiği için işletmeler bu hizmeti dışarıdan alma yoluna gitmektedir. Son olarak üçüncü parti işletmeler bir işletmenin karşılaşılabileceği risk faktörünü de azaltmaktadır. Örneğin, yeni bir pazara giren işletmenin yerel bir işletme ile çalışarak müşterilerin işletmeye bakış açısından kaynaklanan riski düşürmektedir.

Üçüncü parti işletmelerle çalışmanın faydalarının yanında çeşitli riskleri de bulunmaktadır (Deepen, 2007). İlk olarak, süreçlerin üçüncü parti işletmeler tarafında yerine getirilmesi tedarik zinciri yapısında bozulmalar neden olabilmektedir. Süreçlerin kontrolü işletmede olmadığı için üçüncü parti işletmenin etkinliği tedarik zinciri performansını doğrudan etkilemektedir. İkinci olarak, üçüncü parti işletmelerle koordinasyon bozulmasından dolayı maliyetlere katlanmaktır. Örnek olarak, üçüncü parti işletme ile koordinasyon bozukluğundan dolayı bir işletmenin elinde fazladan stok bulundurması kaynaklı maliyetler gösterilebilir. Üçüncü olarak, müşterilerle işletme arasına başka bir işletme sokulması sonucunda müşteriler ile olan ilişki bozulabilir. İşletme adına işlem yapan bir başka işletme müşteri memnuniyetsizliğine neden olması marka sahibi işletmeyi doğrudan etkilemektedir. Dördüncü olarak işletme adına faaliyet gösteren bir işletme, daha sonra aynı işletmeye

rakip olabilmektedir. İşletme bir faaliyeti tamamen üçüncü parti işletmeye devrettiği zaman o işletmeye bağımlı hale gelmektedir. Üçüncü parti işletme ile herhangi bir anlaşmazlık çıktığı zaman ciddi anlamda güç kaybedebilmektedir. Üçüncü parti işletme tarafından tutulan bilgilerin sızdırılması da karşılaşılan bir diğer risktir. Çoğu zaman üçüncü parti işletmeler rakip işletmelere hizmet verdiğinden dolayı zaman zaman bilgi sızıntıları gerçekleşebilmektedir. Son olarak, üçüncü parti işletme ile hatalı düzenlenmiş bir kontratta işletmenin zarar etmesine neden olabilmektedir.

1.4.6. Fiyatlandırma

Fiyatlandırma bir işletmenin mal ve hizmetini ne kadar değer biçmesi gerektiğinin kararıdır. Fiyatlandırmanın en temel amacı işletmenin kazancını en üst seviyeye taşımaktır. Fiyatlandırma hem hedeflenen pazar bölümünü hem de müşterilerin beklentilerine göre belirlenmektedir. Fiyatlandırma arz ve talebin dengelenmesi içinde kullanılmaktadır. Örnek olarak, kısa dönemli indirimler fazla stokların eritilmesi veya mevsimsel dalgalanmaları azaltmak için kullanılmaktadır.

İşletmeler bulundukları sektörün yapısı ve sundukları ürünün niteliğine göre farklı fiyatlandırma stratejileri sunmaktadır. Temel ihtiyaçları karşılayan ürünlere sabit fiyat politikası uygulanırken, nitelikli ürünlerde farklılaştırılmış fiyat politikası uygulanmaktadır. Ürünün fiyatlandırılması işlemi işletmenin elde ettiği gelir seviyesini doğrudan etkilemektedir. İşletmenin rekabet silahlarından en önemlilerinde bir olan fiyatlandırma rakip işletmelere karşı kullanılan bir silahtır. İşletmeler çoğu zaman rakip işletmelerin sunduğu ürünlerin fiyatlarını dikkate alarak ürünlerini fiyatlandırma yoluna gitmektedir. Fiyatlandırma kararı işletmenin ürünü sunduğu pazar bölümüne, sunumun zamanlamasına ve ürünün bulunabilirliğine göre farklılık gösterebilmektedir. Örnek olarak, Apple özellikleri açısından rakiplerinden üstün olan Iphone'un son sürümü 5 serisini iki farklı fiyatlandırma ile piyasaya sürmüştür. Üstün özelliklere sahip Iphone

5S ile yüksek gelir grubundaki müşterilere ulaşmaya çalışırken, özellikler olarak daha düşük olan Iphone 5C ile alt gelir grubuna sahip müşterilere ulaşmayı amaçlamaktadır. İşletmeler ürünlerin toptan bir şekilde alımında ise genellikle fiyat indirimi yaparak hem daha fazla ürün satma hem de ürünleri stokta tutmadan kaynaklanan maliyetlerden kurtulmayı gerçekleştirmektedir.

1.5.TERSİNE LOJİSTİK TANIMI

Tedarik Zinciri Yönetimi Konseyi'nin (The Council of Supply Chain Management Professionals) tanımına göre lojistik;

[...] müşteri ihtiyaçlarını karşılayabilmek amacıyla üretim noktasından tüketim noktalarına doğru hammadde, yarı mamul, son ürün ve bilginin etkin ve düşük maliyetli olarak akışını planlama, uygulama ve kontrol etme sürecidir (Rogers & Tibben-Lembke, 1998).

Tedarik zincirinin temel amacı müşteri ihtiyaçlarını karşılamak olarak tanımlanmaktadır. Tedarik zinciri ağında bulunan hammadde, yarı mamul, son ürün ve bilgi kaynaklarımızı oluşturmaktadır. Tedarik zincirinde planlama, uygulama ve kontrol etme faaliyetlerini gerçekleştirilerek kaynaklar etkin ve düşük maliyetli bir şekilde kullanılmalıdır. Kısacası, tedarik zinciri yer alan kaynakları müşteri ihtiyaçlarını karşılamak için ilgili aktörlere ulaştırılmasını sağlayan tek yönlü bir süreçtir.

Yakın zamana kadar tedarik zincirlerinde üzerine yapılan çalışmaların birçoğu, bu tek yönlü ilişki üzerinde araştırmalarını yoğunlaştırmıştır. Oysaki sınırlı kaynaklara sahip olduğumuz bir çevrede, artan tüketici ihtiyaçlarını karşılamak için her türlü ürünün geri kabul edilmesi ve bu ürünlerin çeşitli şekillerde yeniden değerlendirilmesinin önemi giderek artmaktadır. Tüketicilerden geri alınan ve yeniden tedarik zinciri ağına dâhil olan bu kaynakların planlama, dağıtım ve stoklama problemleri de ortaya çıkmaktadır.

Tersine lojistik tüketicilerden yeniden elde edilen kaynakların geriye doğru akışına ve bu akışta gerçekleşen faaliyetlerin yönetimine odaklanmıştır. Literatürde tersine lojistiğin ne olduğunu kapsamını belirlemek için çeşitli tanımlamalar ortaya konulmuştur. İlk tanımlardan biri Tedarik Zinciri Konseyi tarafından yapılmıştır;

[...] geri dönüşümde, atıklardan kurtulmada ve tehlikeli maddelerin yönetiminde lojistiğin rolünü ortaya koyan bir terimdir; genel olarak kaynak azaltmayı, geri dönüşümü, değiştirmeyi, yeniden kullanımı ve atıklardan kurtulmayı gerçekleştiren lojistik faaliyetleri ile ilgili tüm konuları içermektedir (Vitasek, 2013).

Rogers ve Tibben-Lembke (1998)'nin birçok işletme üzerinde yaptıkları geniş çaplı çalışmalarının neticesinde ortaya koydukları tanım;

[...] Tersine lojistik, ürünleri yeniden değerlemek veya atıklardan kurtulmak amacıyla tüketim noktalarından üretim noktasına doğru hammadde, yarı mamul, son ürün ve bilginin akışını etkin ve düşük maliyetli olarak planlama, uygulama ve kontrol etme sürecidir.

Carter ve Ellram (1998) yaptıkları literatür taramasında tersine lojistik şu şekilde tanımlamıştır;

[...] Tersine lojistik, kaynak azaltmayı hedefleyen tersine dağıtımdır. Tersine dağıtım ise, yeniden kullanma, geri dönüşüm ve atıklardan kurtulma neticesinde ortaya çıkan ürün ve materyallerin geri dönmesidir.

Fleischmann ve diğerleri (2001) çalışmasında tersine lojistiği aşağıdaki gibi tanımlamaktadır;

[...] Tersine lojistik, yeniden değerlemek veya atıklardan kurtulmak amacıyla geleneksel tedarik zincirinin tersi yönünde ikinci el ürün ve bunlarla ilgili bilginin dâhili akışını etkili ve etkin bir şekilde planlama, uygulama ve kontrol etme sürecidir.

Dowlatshahi (2005) ise, şu şekilde bir tanımlama yoluna gitmiştir;

[...] Tersine lojistik geri dönüşüm, yeniden üretim ve atıklardan kurtulma seçeneklerini kullanabilmek için tüketim noktasından elde edilen ürün ve parçaların sistematik bir şekilde toplanması ile gerçekleşen süreçtir.

İncelenen tanımların her biri tersine lojistiği farklı kriterlere göre ele almaktadır. Tedarik Zinciri Konseyi'nin tanımı tersine lojistiği geri dönüşüm, atıklardan kurtulma ve ürünleri yeniden kullanmayı destekleyecek faaliyetler olarak tanımlayarak, tersine lojistiği sadece çevresel açıdan değerlendirmektedir. Rogers ve Tibben-Lembke tanımı ise konuyu ekonomik açıdan ele almaktadır. Tanım kaynakların etkili ve düşük maliyetli bir şekilde planlanması, uygulanması ve kontrol edilmesi üzerine vurgu yapmaktadır. Carter ve Ellram'a göre tersine lojistik kaynak azaltmayı amaçlayan tüketiciden üreticiye doğru olan bir dağıtım biçimidir. Fakat tanımda tersine lojistiğin çevresel, sosyal ve pazarlama açısından öneminden bahsedilmemektedir. Fleischmann ve diğerlerinin tanımını Rogers ve Tibben-Lembke'nin tanımı üzerinden geliştirerek kaynakları ikinci el ürün ve ürünlerle ilgili bilgi olarak tanımlamış ve tersine lojistiğin dâhili bir süreç olduğuna vurgu yapmıştır. Dowlatshahi tersine lojistiği, tüketim sonrasında toplanan ürün ve parçaların yeniden üretim sürecine dâhil olması için gereken bir süreç olarak tanımlamıştır.

Genel olarak, tersine lojistik hakkında tüm araştırmacılar tarafından kabul edilen bir tanım bulunmamaktadır. Bu sebeple, tersine lojistiğin daha anlaşılır hale gelebilmesi için çeşitli tanımlar incelenmiştir. Tersine lojistik üzerine yapılan tüm tanımlarda ortak noktanın geleneksel lojistik faaliyetlerinin tersi yönünde yani geriye doğru bir akım olduğu söylenebilir. Ancak, tanımlar arasında kapsam açısından derin farklılıklarda bulunmaktadır. Özellikle tersine lojistiğin amacı bakımından ortak bir anlaşma yoktur. Tedarik Zinciri Konseyi tersine lojistiğin amacını sadece geri dönüşüm ya da atıklardan kurtulma yönünden incelerken, Rogers ve Tibben-Lembke yeniden değerlemeyi de işin içine katmaktadır. Yine, Tedarik Zinciri Konseyi tersine lojistiği atık ve tehlikeli

maddelerden kurtulmak için yapılan lojistik faaliyetler olarak değerlendirirken, Fleischmann ve diğerleri tersine lojistiğin kapalı döngü içerisinde gerçekleştiğini savunmaktadır.

Bu çalışmada tersine lojistik; herhangi bir sebepten dolayı geleneksel tedarik zinciri ağının tersi yönünde hareket eden ürün ve parçaların, yeniden değer yaratabilmek amacıyla çeşitli yöntemler kullanarak geri kazanımı veya bunlardan kurtulmak için gerçekleştirilen her türlü faaliyet olarak ele alınmaktadır.

1.6. TERSİNE LOJİSTİĞİ DESTEKLEYEN UNSURLAR

Stratejik değişkenler işletmelerin temelden etkileyen uzun dönemli kararlardan oluşmaktadır. Geçmişte özellikle finans ve pazarlama işletmenin en önemli stratejik değişkenleri olarak ele alınmaktaydı. 80'lerden sonra ise bunlara lojistik değişkeni de eklenmiştir. 90'ların başından itibaren, tersine lojistiğin çok önemli bir stratejik değişken olduğu anlaşılmaya başlanmıştır. Tersine lojistiği, işletmelerin stratejik değişkeni olarak görülmesini ekonomik, pazarlama, çevresel ve yasal faktörlerin tetiklediği söylenebilir. Bu faktörlerin her biri, gün geçtikçe tersine lojistiğin gelişimini daha da fazla arttırmaktadır.

Ekonomik Faktörler

Üreticilerin geri topladığı ürünler, genellikle yeni ürün üretimi için satın alınan kaynaklardan daha ucuz bir kaynak olanağı sunmaktadır. Toplanan ürünler, çeşitli tersine lojistik faaliyetleri uygulanarak hammadde düzeyinden ürün parçası düzeyine kadar farklı açılardan değerlendirilmektedir. Böylece gerek yeni hammadde satın alımı gerekse yeni parça üretimi gibi maliyetlerden önemli ölçüde tasarruf sağlanmaktadır. İşletmelerin tersine lojistik faaliyetlerini uygulayarak yeni bir ürün üretmek için katlanılan maliyeti %40 oranında düşürmek için %20 daha az çaba harcaması gerektiği tahmin edilmektedir

(Dowlatshahi S. , 2000). Ayrıca, geri toplanan ürünlerin tamir edilerek ya da bu ürünlerden çıkan parçaları ikinci el pazarlarda değerlendirme imkânı da doğmaktadır.

Pazarlama Faktörleri

Pazarlama faktörleri, tersine lojistiğin bir işletmenin pazar konumunu geliştirmesinde doğrudan fayda sağlamaktadır. Yoğun rekabet ortamı, işletmelerin ürünlerini müşterilerinden geri ödeme yoluyla almasında etkindir. İşletmeler ürünlerin özellikle kullanım sonunda iadesini arttırmak amacıyla depozito, yeni üründe indirim veya belli bir kaliteye kadar ürünler için geri alım ücreti gibi çeşitli teşvik yolları geliştirmiştir (Guide & Van Wassenhove, 2001). Diğer yandan, ürünlerin geri toplanması müşterilerin gözündeki çevreye değer veren işletme imajını arttırmaktadır. Bu amaçla, işletmelerin birçoğu çevreyi korumak adına gerçekleştirdikleri tersine lojistik faaliyetlerini senelik olarak hazırladıkları çevre raporlarında belirtmektedir. Böylece, rakiplerine oranla daha çevreci bir işletme imajı çizerek rekabet avantajı sağlamak istenilmektedir. Son olarak, ürünlerin geri toplanması müşterilerin eski ya da atık ürünlerden kurtulmasını sağlayan bir hizmet olarak görülebilir.

Çevresel Faktörler

Gelişen çevrecilik bilinci, ürünlerin kullanım ömründen sonraki durumları hakkında işletmelere resmi ya da gayri resmi bir şekilde sorumluluk yüklemektedir. Yakın zamana kadar kullanım ömrünü tamamlamış birçok ürün genellikle yakma ya da gömme yöntemleri ile ortadan kaldırılmaktaydı. Gerek yakma gerekse gömme yöntemlerinin çevreye verdiği ciddi zararlar yüzünden işletmeler bu yöntemlere alternatif olarak yeniden üretim, geri dönüşüm, tamir gibi tersine lojistik faaliyetlerini tercih etmektedir. Özellikle gelişmiş ülkelerdeki sivil toplum örgütleri çeşitli kampanyalar düzenleyerek işletmeleri bu yola doğru yönlendirmektedir. Ayrıca sosyal sorumluluk çerçevesinde işletmeler de tersine lojistik faaliyetlerine ağırlık vermektedir.

Yasal Faktörler

Birçok gelişmiş ülkede uygulanmakta olan çevreyi korumaya yönelik yasalar, tersine lojistiğin gelişimi ve yayılımı açısından en önemli faktörlerdir. Bu ülkelerde, ürünlerin kullanım ömürleri sonundaki durumunun üretici işletmelerin sorumluluğunda olduğu vurgulanmaktadır. Bu yüzden de gelişmiş ülkeler, üretici işletmelere ürünlerini çevreye en az zarar verecek ya da hiç vermeyecek şekilde değerlendirmesi konusunda yükümlülük getirici yasalar oluşturmaktadır. Örneğin, Hollanda'daki otomobil endüstrisi, kullanılmış arabaların geri dönüşümünü yapmak zorundadır (Cairncross, 1992). Türkiye'de ise, Çevre Kanunu'nun 3. Maddesine dayandırılarak Çevre ve Orman Bakanlığı'nın yayınladığı Ömrünü Tamamlamış Lastik (ÖTL) Yönetmeliği'ne göre lastik üretici işletmeler ÖTL %50'sine kadar olan kısmını geri dönüşüme tabi tutmak zorundadır. Ayrıca Çevre Bakanlığı Haziran 2013'ten itibaren yürürlüğe girecek olan Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyaların (AEEE) Kontrolü Yönetmeliği ile birlikte işletmeler sattıkları ürünlerin büyük bir kısmı kadar eski ürünleri toplamak zorunda kalacaklardır (Zaman Gazetesi, 2013).

1.7. TERSİNE LOJİSTİKTE YER ALAN AKTÖRLER

Tüketiciler, tersine lojistik ağının başlangıcında yer almaktadır. Geleneksel tedarik zinciri ağında son halka olmasına rağmen tersine lojistik ağında döngüyü başlatıcı konumundadır. Bu sebeple, tersine lojistik ağında tüketicilerin yarattığı arz işletmelerin talebini oluşturmaktadır. Tüketiciler ürünün ekonomik ömrünü tamamlaması, ürünün bozulması, garanti kapsamında iade gibi birçok sebepten ötürü ürün ya da parçaları tersine lojistik ağına dâhil edebilmektedir.

Perakendeciler genellikle tüketicilerle ilk etkileşime giren aktör konumundadır. Özellikle ürünün hatalı olması, üründe garanti kapsamında bozulma veya yanlış ürün teslimatı yüzünden yaşanan geri dönüşlerde tüketiciler, öncelikle ürünü satın aldığı ya da en yakın ilgili perakendeciye

ulaştırmaktadır. Tersine lojistik ağı içerisinde birincil toplama merkezi olarak da anılmaktadır.

Toptancı/Dağıtımıcılar tersine lojistik ağına birçok perakendeciden gelen ürün ve/veya parçaları üretici işletmelere ulaştırma görevini yerine getirmektedir. Bu aşamada tüketicilerden kaynaklanan geri dönüşlerin yanında perakendeciler tarafından da ürün geri dönüşleri yaşanabilmektedir. Perakendecilerin stoklarında kalmış fazla ürün, tespit edilmiş hatalı ürünler ya da taşımada hasar görmüş ürünler bu tür geri dönüşlere örnek olarak gösterilebilmektedir. Bazı tersine lojistik ağlarında toptancı/dağıtıcı işletmelerin görevlerini üretici işletmede gerçekleştirebilmektedir.

Üretici işletmeler varsa toptancı/dağıtıcılardan yoksa perakendecilerden gelen ürün ve/veya parçaların geri dönüşlerini kabul etmektedir. Üretici işletmeler genellikle ürün ve/veya parçalar üzerinde çeşitli değişiklikler yaparak, bunların pazarda yeniden yer almasını istemektedir. Üretici işletmelerin geri dönmüş ürünlere yönelik gerçekleştirdiği faaliyetlerle ürünlerin yeniden değerlendirilmesi sağlanmaktadır. Üretici işletmeler, yeniden değerlendirilen ürünleri ya tedarik zinciri ağına tekrardan katarak tüketiciye sunmakta ya da ikinci el pazarlarda orijinal ürün değerinden daha düşük bir fiyata satmaktadır.

Tedarikçiler tersine lojistik ağının son noktasında bulunmaktadır. Tedarikçilere genellikle üretici işletmelerden geri dönüşler yaşanmaktadır. Geri dönüşler ürün ya da hammadde şeklinde olabilmektedir. Tedarikçiler geri dönüş yoluyla elde ettikleri ürün ve/veya hammaddeleri ağırlıklı olarak geri dönüşüme sokmakta ya da atıklardan kurtulma yoluna gitmektedir.

1.8. TERSİNE LOJİSTİK FAALİYETLERİ

Tersine lojistik ağına geriye doğru bir hareket içerisinde bulunan ürünler, tersine lojistik ağının her aşamasında farklı geri dönüştürme

yöntemlerine maruz kalabilmektedir. Bu dönüştürme yöntemlerinin uygulanabilirliği, ürünlerin yapısına ve geri dönüş nedenine doğrudan bağlıdır. Kimi ürünler üzerinde sadece tek bir geri dönüştürme yöntemi uygulanabilirken, kimi ürünler üzerinde ise birden çok yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemler, geri dönmüş ürüne farklı işlemlerin uygulanmasıyla değeri üzerinde etki etmektedir. Bu sebeple tercih edilen geri dönüştürme yöntemine göre ürünün hitap ettiği pazar da farklılık göstermektedir. Ürünleri geri dönüştürme yöntemleri konusu üzerinde tüm araştırmacıların görüş birliğine vardığı bir sınıflandırma bulunmamaktadır. Ürünleri geri dönüştürmede kullanılan yöntemler şu şekilde sıralanabilmektedir (Thierry, Salomon, Van Nunen, & Van Wassenhove, 1995);

Yeniden kullanım (reuse), tersine lojistik ağının en kısa yoldan tüketicilerle buluşmasını sağlayan yöntemdir. Özellikle hasarsız ve sürekli kullanılan ürünler veya malzemeler için uygulanmaktadır. Bu yöntemde ürün ya da parçalara temizleme, cilalama, düzeltme gibi işlemler uygulanmaktadır. Yeniden kullanıma konteynırlar, içecek şişeleri, taşıma paletlerinin bozulmaya uğrayana kadar ki süreci örnek olarak gösterilebilir.

Tamir (repair) ürünün fiziksel yapısında ya da çalışma düzeninde meydana gelen bir bozukluğu ortadan kaldırmak amacıyla yapılan geri dönüştürme yöntemidir. Üründeki hasar küçük boyutlarda olduğundan sadece çalışması için gereken parçalarda düzeltme yapılmaktadır. Tamir seçeneğinde talepte belirsizlik, yüksek seviyede yedek parça stoğu, müşteriye özel tamir hizmeti, kısa cevap verme süreleri, koordinasyonun sağlanması, esnek kapasite ihtiyacı gibi karşılaşılan çeşitli güçlükler bulunmaktadır (Blumberg, 1999).

Yenileştirme (Refurbishing) yönteminde, tamir seçeneğine göre ürün üzerinde daha fazla değişikliğe gidilmektedir. Ürünler modüller halinde parçalarına ayrılmaktadır. Ürünün bozulan modüllerin yenilenmesi, mevcut modüllerin yenileri ile değiştirilmesi işlemleri gerçekleştirilmektedir. Yenileştirme, hem ürünlerin kalitesini yükseltmekte hem de hizmet sürelerini

uzatmaktadır. Sun Microsystem geri dönüşe uğramış ürünlerini, parçaların değeri ve değiştirme zorluğuna bağlı olarak Amerika, Latin Amerika veya Asya'da yerel düzeyde yenileştirme yapmaktadır (Rogers & Tibben-Lembke, 1998).

Yeniden üretme (remanufacturing) işlemine dâhil olan ürünler detaylı bir inceleme altına alınmaktadır. Kullanılmış ürünlerin her bir parça ve modülü tamamen demonte edilmiştir. Hasarlı ve güncelliği yitirmiş parçalar yenileri ile değiştirilmektedir. Tamir edilebilir parça ve modüller ise, düzeltilerek kapsamlı bir şekilde testlere sokulmaktadır. Onay almış parçalar önce modüllere sonra da ürünlere monte edilerek tekrardan üretime dâhil edilmektedir. Yeniden üretme işlemleri bilgisayar, cep telefonu ve ya otomobil üretimi gibi farklı endüstri dallarına değişiklik gösterebilmektedir (Kim, Song, Klm, & Jeong, 2006). BMW uzun yıllardır motor, starter ve alternatör gibi birçok yüksek değere sahip parçaları yeniden üretmektedir. Bu parçalar sıkı kalite standartlarına göre değerlendirilerek, BMW'nin değiştirilebilir parça havuzunun bir üyesi haline gelmektedir. Yeni parçalarla aynı kalite ve garanti şartlarına bağlı olan yeniden üretilmiş parçalar, orijinal fiyatının yüzde 30 ya da 50'sine satılmaktadır.

Geri Dönüşüm (Recycling), ürünlerde hiçbir geri dönüştürme seçeneğinin kullanılamaması durumunda tercih edilmektedir. Diğer geri dönüştürme seçeneklerinin amacı ürünün kimliğini ve fonksiyonelliğini olabildiğince korumaktır. Geri dönüşümde ise, ürünün fiziksel yapısı değişmekte ve tekrardan hammadde haline geri getirilmektedir. Hammaddeye dönüşen ürün ya da parçaları tekrardan aynı ürünün veya başka bir ürünün üretim sürecine girebilmektedir. Ürünler ne kadar küçük parçalara ayrılabilirse geri dönüşüm o derece etkili gerçekleştirilebilir (Carter & Ellram, 1998).

1.9. TERSİNE LOJİSTİKTE AKIŞ TÜRLERİ

Tersine lojistikte çok çeşitli nedenlerden ötürü ürünlerin perakendeci ve/veya üreticilere dönmesi söz konusudur. Tersine lojistikte gerçekleşen bu akışlar, geleneksel tedarikçi zinciri yönetimine göre büyük farklılıklar göstermektedir. Özellikle ürünlerin varış noktası geleneksel tedarik zincirinden farklıdır. Üreticilere ürünün geri dönmesi, outlet yolu ile ucuza satış, yardım kurumlarına bağış, gömme veya geri dönüşüm için başka işletmelere gönderme bu duruma örnek oluşturmaktadır (Tibben-Lembke & Rogers, 2002). Bu çalışmada tersine akış türleri sırasıyla kullanım sonrası dönüşler, ticari dönüşler, garanti kapsamındaki dönüşler, üretim artığı ve yarı-mamul dönüşleri ve son olarak paketlenme kaynaklı dönüşler olarak ele alınacaktır.

Kullanım sonrası dönüşler

Kullanım sonrası dönüşler genellikle tersine lojistikte en çok karşılaşılan akış türü olmaktadır. Kullanım sonrası dönüşler, ürünlerin kullanıldıktan ya da ömürlerini tamamladıktan sonra tersine lojistik ağında yer alan akışları kapsamaktadır. Bu kapsama giren ürün çeşitleri oldukça geniş bir yelpazeye yayılmaktadır. Ayrıca, kullanım sonrasında geri dönen ürünlerin mutlaka teknik ya da ekonomik anlamda ömürlerini tamamlamak zorunda değildir. Örnek olarak, Amerika Birleşik Devletleri'nde cep telefonu kullanıcıların %80'i cep telefonları çalışır durumda olmasına rağmen mevcut cep telefonlarını yaklaşık olarak her sene bir üst modeli ile değiştirmektedir (Guide & Van Wassenhove, 2009). Bilgisayar, fotokopi makinesi, yazıcı gibi birçok ürün üretici işletmeler tarafından kısa veya uzun dönemli olarak başka işletmelere kiralanma yolunu tercih edebilmektedir. Buna benzer kiralama sözleşmesinin bitmesi sonucu geri dönen ürünlerde yine bu grubun içine dâhil edilebilmektedir. Kiralama neticesinde üretici işletmelere geri dönen ürünler genellikle yeniden üretim yoluyla tersine lojistik ağına katılmaktadır. Yeniden üretim yapılmadan önce her bir parça incelemekten geçirilip, kullanıma uygun olan ile uygun olmayan parçalar ayrılır ve kullanıma uygun olan parçalar değerlendirilmektedir. Son olarak ise, ekonomik değeri kalmamış ürünler hammadde haline

dönüştürülmek üzere geri dönüşüm yapan işletmelere gönderilmektedir (Lee & Dong, 2008).

Ticari Dönüşler

Ticari dönüşler tedarik zinciri içerisinde yer alan herhangi iki aktör arasında doğrudan gerçekleşen geri dönüşleri içermektedir. Kullanım sonrası geri dönüşlerden farklı olarak, ticari dönüşlerde ürünü geri gönderen taraf ürünü teslim alan taraftan bir gelir beklentisi içerisinde girmektedir. Bu tür dönüşlerde en sık rastlananlar durumlar perakendeciden üretici işletmelere ve müşterilerden perakendecilere dönüşlerdir. Ticari dönüşler temel olarak farklı tedarik zinciri taraflarının gücüne dayanmaktadır. Ayrıca, alıcıdan satıcıya doğru gerçekleşen finansal riski de ortaya koymaktadır. Bu risk özellikle dönemsel veya kısa hayat döngüsü gösteren ürünlerden kaynaklanmaktadır. Örnek olarak, doğrudan ya da katalog satışı gerçekleştiren işletmeler açısından ticari dönüşler çok sık rastlanan tersine akış türüdür. Bu sebeple, birçok işletme yüksek miktardaki dönen ürünler ile baş edebilmek amacıyla özel birimler oluşturmaktadır. Amerika genelinde yapılan bir araştırmaya göre geri dönen ürünlerin başında %50 ile dergiler gelirken bunu %20-30 arası kitaplar, aynı yüzde ile tebrik kartları ve %20 ile bilgisayar takip etmektedir (Rogers & Tibben-Lembke, 1998). Geri dönen ürünlerin çoğunlukla kullanılmamış olduğu düşünüldüğünde farklı pazar bölümlerinde (ikinci el satılması gibi) yeniden sunulma olanağına kavuşabilmektedir. Tabii ki, gazete veya dergi benzeri yaşam döngüsü çok kısa olan ürünler açısından yeniden sunuma hazırlama zamanı çok önemli hale gelmektedir. Ayrıca, geri dönen ürünlerin talep düşüklüğü göz önüne alındığında bunlar için yeni talep alanları oluşturma gerekliliği ortaya çıkabilmektedir. Elektronik ürünler açısından bazı parçalarını daha iyileri ile değiştirerek yeniden satışa sunma seçeneği kullanılabilmektedir.

Garanti Kapsamındaki Dönüşler

Bu kapsamda ele alınan ürünlerin geri dönüşleri ise ya üretim hatasından ya da taşıma sırasında zarar görmesinden kaynaklanmaktadır. Garanti kapsamındaki dönüşler müşteri veya perakendeciler tarafından üretici işletmelere gönderilmektedir. Kimi zaman üretici işletmelerin ürünlerini üretim hattından kaynaklanan hatalı üretimden dolayı toplu olarak geri çağırma yoluna gitmesi de bu duruma dâhil edilmektedir. Garanti kapsamında geri dönen ürünler genellikle tamir edilmek yoluyla tekrardan değerlendirilmektedir. Ayrıca, müşteriye parasının tamamının geri ödenmesi ya da yeni bir ürün gönderilmesi de işletmenin imajını koruması açısından tercih edilen çözümler arasındadır. Bu tür geri dönüşlerde işletmenin hızlı bir cevap verme sistemi olması değer kaybını en aza indirmektedir (Krikke, Blanc, & Van de Velde, 2004).

Üretim Artığı ve Yarı-Mamul Dönüşleri

Özellikle üretici işletmelerde üretim süreçleri gerçekleştirilirken birçok hammaddenin belirli bir miktarı üretim artığı haline gelmektedir. Örnek olarak, metal ya da tahta kesimlerinde ortaya çıkan fazla parçalar verilebilir. Bu artık miktardaki parçalar geri dönüşüm için başka işletmelere gönderilerek yeniden değerlendirilebilmektedir. Yine, üretimde hataya maruz kalan yarı-mamuller farklı pazarlara gönderilmektedir.

Paketleme Kaynaklı Dönüşler

Paketleme kaynaklı dönüşler, tersine lojistikte ilk ele alınan geriye doğru akış türü olarak değerlendirilmektedir. Özellikle satılamamış, taşıma esnasında veya rafta iken zarar görmüş ürünler paketleme kaynaklı geri dönüşleri oluşturmaktadır (Tibben-Lembke & Rogers, 2002). Bu kapsama yeniden kullanılabilir kutular, kasalar, paletler ve şişeler de dâhil edilmektedir. Tedarik zinciri içerisinde taşımacılıkla sıklıkla kullanılan bu materyallerin tekrardan kullanımı, paketlemeden kaynaklı dönüşleri oluşturmaktadır. Bunların yeniden kullanımı genellikle herhangi karmaşık bir işleme

gerektirmemektedir. Sadece temizlik yapılması yeniden kullanılabilirlikleri için yeterli olmaktadır. Çoğunlukla bu materyallerin sorumluluğu lojistik işinden sorumlu işletmeler tarafından üstlenilmektedir. Bunun dışında üretici işletme bu sorumluluğu kendi üstüne de alabilmektedir. Avrupa Birliği taşıma için kullanılan bu materyallerin yeniden kullanım sorumluluğunu ilgili işletmelere yüklemeye yönelik yasal düzenlemeye gitmiştir.

1.10. TERSİNE LOJİSTİK İLE REKABET AVANTAJI

Tersine lojistiğin geleneksel tedarik zincirinden üretim, stok ve dağıtım gibi birçok konuda önemli farklılıklar göstermektedir. Bu sebeple, tersine lojistik faaliyetlerini gerçekleştiren işletmelerin geleneksel tedarik zincirlerinde kullanılan rekabet stratejilerinin yerine yenilerini koyması gerekmektedir. Geleneksel yaklaşımları benimsemiş işletmeler kullanılmış ürünleri göz ardı etmektedir. Hâlbuki etkili bir tersine lojistik sistemi hammadde ihtiyacını azaltarak karlılığı ve çevreci bir imaj yaratarak pazar payını arttırmaktadır. Ayrıca müşteri tatmin seviyesi ve müşteri sadakati gibi unsurlardaki artışlarda tersine lojistik sisteminin dolaylı yollardan katkısı olarak görülmektedir.

Dünya üzerinde birçok uluslararası işletme, tersine lojistik faaliyetlerini mevcut tedarik zincirlerine ekleyerek ya da yeniden yapılanmaya giderek rakiplerine göre çok önemli rekabet avantajı elde etmiştir. Örnek olarak, Kodak 1990 yılında oluşturduğu geri dönüşüm programı ile orijinalinde kullan-at mantığı ile üretilmiş tek kullanımlık kameralarını müşterilerinden geri toplamaya başlamıştır. Programın başladığı 1990 yılında toplanan sadece 0,9 milyon adet kamera iken 1998 yılında 61 milyon kameraya, 2005 yılında ise toplamda 650 milyon adet kamera seviyesine yükselmiştir. Günümüzde tek kullanımlık kameraların geri dönüşüm oranı Amerika Birleşik Devletleri'nde %80 iken dünya genelinde %75'lere kadar yükselmiştir. Bu durum Kodak açısından yılda ortalama 9 milyon dolarlık bir maliyet avantajı sağlamaktadır (Chengalur, 2005). Xerox geri dönüşüm programını 1987 yılında "varlık geri

dönüşümü” adı altında Hollanda’da yeni bir tesis oluşturarak başlatmıştır. Xerox’un bu programı başlatmak için iki temel sebebi bulunmaktadır. Birincisi, geri dönen eskimiş ürünleri tedarik kanalından bir an evvel çıkarmaktır. İkincisi ise, tedarik kanalından çıkardığı bu ürünleri yeniden üretime sokup yeni bir gelir kaynağı oluşturmaktır. İşletme 1989 yılında eski ürünlerinin sadece %7’sini yeniden üretim işlemine sokmuştur. 1997 yılında ise 80,000 adet yazıcının %75’i yeniden üretime girmiştir. Yürütülen bu program sayesinde, Xerox 1996 yılında toplamda 65 milyon dolar ek gelir elde ettiğini duyurmuştur (King, Barker, & Cosgrove, 2007). CATERPILLAR Mississippi’deki yeniden üretim tesisinde iki farklı dizel motorun 20,000 parçasının 8 saatlik mesailer halinde temizliğini, incelenmesini ve tamirini yapmaktadır. Toplamda 14 tane yeniden üretim tesisi olan işletmenin sırf bu tesislerden yıllık geliri 1 milyar doları geçerken bu rakamın yıllık %20 oranında büyüdüğü tahmin edilmektedir (Jayaraman & Luo, 2007).

Görüldüğü üzere tersine lojistik faaliyetlerini uygulayan işletmeler gerek ekonomik gerekse sosyal anlamda çok önemli bir rekabet avantajı elde etmektedir. Düzenli bir şekilde uygulanan tersine lojistik programları işletmelerin performansını artırıcı bir etkiye sahiptir. Kullanılmış ürünlerin geri dönüşümünden elde edilen gelirler yatırım açısından önemli bir kaynak oluşturmaktadır. İşletmelerin çevreye duyarlı ürünler sunması, bu yönde hassasiyeti olan müşterilerin bu ürünleri tercih etmesini sağlamaktadır. Ayrıca, geri dönen ürünlerden elde edilen bilgiler işletmelerin ürünlerindeki hataları görerek, bunları fırsata dönüştürme şansı sunmaktadır. İşletme geri dönen ürünler üzerinden ürün performansını ve müşteri beklentilerini belirleyerek pazarlama programlarını ve ürün tasarımını değiştirme yoluna gidebilmektedir.

Tersine lojistik faaliyetleri ile rekabet avantajı elde edebilmek için işletmeler net bir stratejiye sahip olmalıdır. Bu strateji, geri dönen ürün ve bilgi akışı ile başa çıkabilmek için hayati bir öneme sahiptir. Geri dönen ürünlerin değeri, pazardan ne kadar uzak kalırsa o oranda azalmaktadır (Blackburn, Guide, Souza, & Van Wassenhove, 2004). HP, piyasa sunulan her yeni ürün

modeli ile ürün hayat seyrinin giderek kısaldığını bildirmektedir. Geri dönen ürünlerin taşınması, ayırması, değerlendirmesi ve yeniden üretilmesi süreçlerindeki gecikmeler sadece ürünün kalan değerinin daha da düşmesine sebep olmaktadır. Geri dönen ürünün kalan değerindeki düşüş, bu ürüne uygulanacak tersine lojistik faaliyetinin ekonomik olarak çekiciliğini de düşürmektedir. Bu sebeple, HP geri dönen ürünleri en hızlı şekilde yeniden üretime sokarak yaşanması beklenen kaybı en aza indirme çabası içindedir (Guide, Souza, Van Wanhosse, & Blackburn, 2006).

İşletmeler açısından geri dönen ürünler zamanlama, kalite ve miktar bakımından oldukça belirsizdir. Hangi ürün için ne kadar ve ne zaman ödeme yapılmalı problemi genellikle çözülmesi zor bir sorundur. Bu problem belli bir maliyet katlanarak çözülebilmektedir. Önemli olan katlanılan bu maliyetin elde edilecek faydadan yüksek olmamasıdır (Jayaraman & Luo, 2007). Bu sebeple, işletmelerin çok iyi koordine edilen geri dönüşüm programları oluşturulması, rekabet avantajı sağlamak için mutlaka gereklidir.

Bunlara ek olarak, işletmelerin etkili bir tersine lojistik sistemi oluşturma yolunda üçüncü parti lojistik işletmeleri ile yakın ilişki halinde olması gereklidir. Çoğu zaman tersine lojistik faaliyetlerini sıfırdan kurmak yerine bu işte uzmanlaşmış bir işletme ile çalışmak büyük avantaj sağlamaktadır. Özellikle taşıma, geri dönüşüm ve atıklardan kurtulma konularında uzmanlaşmış işletmeler, üretici işletmelerin yasal veya çevresel baskılardan dolayı oluşan yükümlülüklerini üstlenmekte büyük başarı göstermektedir. Bu sayede işletmeler, gerek maliyet gerekse zaman açısından rakiplerine göre avantaj sağlamaktadır. Blumberg (1999) yapılan anket neticesinde tersine lojistik açısından destek sağlayan üçüncü parti lojistik işletmelerini şu şekilde belirtmektedir:

- Tersine lojistik açısından destek veren lojistik sağlayıcıları
- Tersine lojistik uzmanları
- Tersine lojistik sağlayıcıları
- Bağımsız toplayıcılar

- Ticari atık toplayıcıları ve işleyici işletmeler
- Genel depo kiralayan işletmeler

Görüldüğü üzere işletmenin tersine lojistik faaliyetlerini kendi dinamikleri ile mi gerçekleştireceği yoksa dışarıdan bir işletme ile mi çalışacağı sorusu büyük bir stratejik öneme sahiptir. Tersine lojistik faaliyetleri genellikle yatırım gerektirdiği için uluslararası işletmeler bu faaliyetleri kendi içlerinde gerçekleştirirken, daha küçük ölçekteki işletmeler üçüncü parti işletmelere güvenmektedir.

1.11. TERSİNE LOJİSTİK VE GELENEKSEL TEDARİK ZİNCİRİ ARASINDAKİ FARKLAR

Bölüme giriş kısmında tersine lojistiğin geleneksel tedarik zincirinden farkları kısmen değinilmişti. Burada ise, ikisi arasındaki farklılıklar detaylandırılarak aktarılacaktır. Öncelikle Fleischmann ve diğerlerinin (1997) belirttiği üzere, tersine lojistik geleneksel tedarik zinciri yapısının simetriği olmak zorunda değildir. Şöyle ki, tersine lojistik faaliyetlerini içsel ya da dışsal yollar ile gerçekleştiren bir işletme ileriye doğru oluşturulan zinciri tekrardan gözden geçirmek durumundadır. Aksi takdirde, mevcut sistemde ciddi sıkıntılar oluşma riski bulunmaktadır.

Tersine lojistik ile geleneksel tedarik zinciri arasındaki farkın ilk ve belki de en önemlisi tahmin konusudur. Burada tahmin kavramı hem geri dönen ürün miktarı hem de bu ürünlerin çeşitli tersine lojistik faaliyetlerden sonraki haline yönelik talep miktarı açısından değerlendirilmelidir. Bilindiği üzere, geleneksel tedarik zincirinde üreticiden tüketiciye doğru tek yönlü bir akış olduğundan dolayı işletmeler sadece yeni ürüne olan talebi tahmin etmesi yeterli olmaktadır. Hâlbuki tersine lojistik yapan bir işletme, bunun yanında hangi üründen ne kadar ve ne zaman döneceğini tahmin ederek işlemlerini bu tahminler doğrultusunda düzenlemelidir. Bu sebeple, tersine lojistikte planlama yapmak geleneksel yola göre çok daha zor kabul edilmektedir

(Flapper, 1995). Tersine lojistikte tahmin yapmanın bir diğer zorluğu ise geri dönüş zamanı miktarının üründen ürüne değişkenlik göstermesidir. Örneğin, elektronik ürünler kendisinden beklenen işlevi yerine getirdiği halde yeni modelleri yüzünden kısa sürede değiştirilebilmektedir.

Bir diğer önemli farklılık ise, kaynak ve hedef noktaların sayısıdır. Yani, ileriye doğru akışta genellikle tek bir üretim noktasından birçok tüketim noktasına doğru ürün akışı varken, tersine lojistikte bunun tam tersi olduğu söylenebilir. Geri dönen ürünler, ya ürünün temin edildiği perakendecilere ya da işletmenin belirlediği başka tesislere gelmektedir. Bu durum, birçok farklı geri taşıma noktası oluşturduğundan planlama sorunu ortaya çıkmaktadır. Geleneksel tedarik zincirinde ürünlerin üretim tesisinden hangi depolara gideceği önceden belli iken, tersine lojistikte genellikle hangi perakendeci veya depodan ne kadar ürün alınacağı diğerine göre daha belirsizdir. Bu da, taşıma araçlarının rota oluşturmasını doğrudan etkilemektedir. Geri dönen ürünlerin nerelerden toplanacağı belirlense bile, sonrasında nereye gideceği konusu da dikkate alınmalıdır. Burada özellikle ürünün sahip olduğu kalite düzeyi toplandıktan sonra gideceği yeri belirlemektedir. Eğer ürün yeterli bir kalite seviyesinde ise, tersine lojistik faaliyetlerinden biri kullanılarak yeniden değerlendirilebileceği gibi istenilen kalite düzeyinde olmayanlar atık olarak düşünülmektedir. Bu yüzden tersine lojistik faaliyeti yürüten bir tesis, geri dönen ürünlerin akıbeti hakkında dikkate değer bir zaman ayırmak zorundadır.

Fiyatlandırma konusu bir başka farklılık olarak ele alınmaktadır. Yeni ürünün sahip olduğu özellikler ve müşterilerin talep düzeyine göre çeşitli yöntemler kullanılarak fiyatlandırılmaktadır. İdeal olarak, müşterilere sunulan yeni ürünlerin kalitesi aynı olduğu için her yerde aynı fiyattan satılması beklenmektedir. Fakat gerçekte bir ürünün fiyatı alım miktarı ya da müşterilerin alım gücüne göre farklılık gösterebilmektedir. Tersine lojistikte ise, geri dönen ürünlerin kalitesi aynı olmadığından ve tersine lojistik faaliyetleri yoluyla bile yeni ürün ile aynı kaliteye ulaşamayabileceğinden dolayı en uygun fiyatı belirlemek büyük bir sorun yaratmaktadır. Potansiyel müşterilerin ilgisini

yeniden kullanıma sunulan ürünlerin üzerinde toplayabilmek için genellikle yeni üründen çok daha düşük fiyat politikası uygulanmaktadır (Tibben-Lembke & Rogers, 2002). Tersine lojistik faaliyetleri sonucunda yeniden kullanıma sokulan bir ürünün fiyatı ve satılabilirliği, üretici işletmenin verdiği garanti ve marka değeri ile de doğru orantılı olduğu söylenebilir.

Ürünlerin müşterilere ulaştırılma hızı bir diğer farklılık olarak göze çarpmaktadır. İleri doğru akışın olduğu tedarik zincirleri müşteri ihtiyaçlarını olabildiğince hızlı bir şekilde karşılayabilmek için oluşturulmaktadır. Eğer bir müşterinin ihtiyacı zamanında karşılanamazsa, bunun için stok literatüründe ceza maliyeti tanımlanmaktadır. Ceza maliyetleri müşterinin işletmeye olan güven sarsılmasından dolayı gelecekteki alım kararını da içermektedir. Tersine lojistikte ürünlerin taşınmasından yeniden kullanıma uygun hale getirilmesine kadar geçen zaman normal üretime göre daha uzun süreceği için işletmelerin müşterilere cevap verebilme hızı daha önemli hale gelmektedir. Ayrıca, geri dönen ürünün tekrardan müşterilere sunulacak hale getirecek zaman uzadıkça, o ürünlerin değeri de giderek azalmaktadır. Özellikle ürün hayat seyrinin çok kısa olduğu teknoloji sektöründe değer kaybı çok hızlı gerçekleşmektedir. Guide ve diğerlerinin (2000) oluşturduğu tersine lojistik sistemi ile geleneksel üretim sistemi arasındaki farklılıklar detaylı olarak tablo 2'de verilmektedir.

Tablo 2: Tersine Lojistik ile Geleneksel Üretim Sistemi Arasındaki Farklar

Faktörler	Tersine Lojistik Sistemi	Geleneksel Üretim Sistemi
Çevresel odak	Üretim sonrası oluşan atıklardan korunma amaçındadır.	Üretim öncesinde çevreye en az zarar verici tasarım amaçındadır.
Lojistik Faaliyetler	İleriye ve geriye doğru faaliyetler Geri dönen ürün miktar ve zamanlaması belirsiz Arz temelli akış	Sadece ileriye doğru akış Geri dönen ürün yok Talep temelli akış
Üretim Planlama ve Kontrol	Talep geri dönen ürünler ile birlikte dengelenmektedir. Ürün geri dönüşümdeki belirsizlik Stokastik rotalama ve işlem süreleri Üretim sistemi ayırıştırma, yeniden üretim ve yeniden birleştirme süreçlerinden oluşur.	Talep dengelemede geri dönen ürünler dikkate alınmaz Planlanan üretim belirlidir. Sabit rotalama ve sabit işlem süreleri Üretim sistemi üretme ve birleştirme süreçlerinden oluşmaktadır.

Tahmin	Hem geri dönen ürün hem de son ürün için yapılır.	Sadece son ürün için yapılır.
Satın Alma Kararları	Değişken geri dönüş oranları yüzünden malzeme ihtiyacı belirsiz	Malzeme ihtiyacı genelde belirli
Stok	Geri dönen ürünler ve bunlardan elde edilen parçalar, hammadde, yarı-mamul, son ürün	Hammadde, yarı-mamul, son ürün

Geleneksel üretim sürecinde ürünler müşteri ihtiyaçlarını tatmin edecek şekilde tasarlanırken, bu ürünlerin kullanım sonrasında durumunu dikkate almamaktadır. Son yıllarda çevre kirliliği, kaynakların giderek azalması ve yasal düzenlemeler işletmeleri tersine lojistik faaliyetlerine doğru yönlendirmektedir. Tersine lojistik faaliyetlerini etkili bir şekilde yerine getirebilmek için ürünlerin geri dönüşüme uygun tasarlanması büyük önem taşımaktadır. Toffel (2003), tersine lojistiğin etkili bir şekilde uygulanması için ürünlerde yapılması gereken değişiklikleri aşağıdaki gibi sıralamaktadır:

- Ürünü modüler olarak tasarlayarak yeni ürünlerde geri dönen ürünlerden elde edilen parçalar kullanılabilir.
- Daha az parça, daha az zehirli bileşen ve daha detaylı içerik koymak.
- Ürünleri birbirine geçmeli şekilde tasarlayarak ürünü ayırma ve geri dönüşüm maliyetlerini düşürmek.
- Ürünlerde kaplama ve boyayı daha az kullanarak geri kullanımı desteklemek.
- Ürünlerde geri dönüşüm geçirmiş materyaller kullanmak.
- Ürünün üretildiği hammaddenin artık değeri yüksek olması.

1.12. TERSİNE LOJİSTİK ÖNÜNDEKİ ENGELLER

Tersine lojistik kimi zaman zorunluluktan (çevresel ve yasal faktörler) kimi zamansa getirdiği avantajlardan (maliyet, varlık korunumu) dolayı uygulanmaktadır. Tersine lojistik birçok açıdan ilgi çekici bir faaliyet olsa da çoğunlukla uygulanması çeşitli içsel ve dışsal faktörler nedeniyle oldukça zordur. Tersine lojistik faaliyetlerinin mevcut sistem ile bütünleşmesi iyi planlanmadığı takdirde başarısızlıkla sonuçlanabilmektedir. Bu olası

başarısızlığı engellemek için tersine lojistik uygulamasına yönelik bir yol haritası hazırlanmalıdır.

Bir işletmenin tersine lojistik faaliyetlerini uygulamasında karşısına çıkan en büyük engel miktar, teknoloji ve kalite açısından belirsizlik faktörüdür. Tersine lojistikte miktar belirsizliği geri dönen ürün sayısının tahmin edilebilme zorluğudur. Geri dönen ürünlerin miktarındaki değişkenlik ürünün yapısı ile doğrudan ilişkilidir. Bu belirsizlik arttıkça, işletmenin ürün miktarını kontrolü için harcadığı maliyetlerde de artış olacaktır. Eğer tersine lojistik faaliyetleri üçüncü parti bir işletme tarafında gerçekleşiyorsa, bu işletmelerle olan anlaşmalar daha maliyetli hale gelebilmektedir (Poppo & Zenger, 1998). Bu sebeple, işletmeler tersine lojistik faaliyetlerini kendi içinde gerçekleştirme yoluna gitmektedir. Teknolojik belirsizlik, ürün özelliklerinde meydana gelen değişim sıklığı ve teknolojik gelişim olasılığından kaynaklanmaktadır. Ürün özelliklerinin sıklıkla değişmesi ya da ürünlerin hayat döngüsünün kısa olması, tersine lojistik faaliyetlerinin daha çabuk gerçekleştirilmesini gerektirmektedir. Aksi takdirde, ürünün geriye kalan değeri tekrardan arz edilene kadar ortadan kaybolmaktadır (Martin, Guide, & Craighead, 2010). Kalite belirsizliği ürünün geri döndüğündeki durumundan kaynaklanmaktadır. Bazı ürünler taşıma kaynaklı sebeplerden döndüğünde yeni gibi durumda olabilmektedir. Bazı ürünler ise, herhangi bir tersine lojistik faaliyeti ile değerlendirilemeyecek durumda olduğundan atık olarak ele alınmaktadır. Kalitedeki belirsizlik ürün üzerinde harcanması gereken işlem zamanını arttırmaktadır (Guide V. D., 2000).

Tersine lojistik önündeki engellerden biri de yeterli bir bilgi sisteminin eksikliğidir. Etkili bir bilgi sistemi, ürünün hayat eğrisi boyunca tersine lojistik faaliyetleri desteklemesi için çok önemlidir. Ürünün ilk üretiminde kullanılan hammadde ve teknoloji, aynı ürünün kullanım sonrası hangi tersine lojistik faaliyetine dâhil olacağını doğrudan belirlemektedir. Bu yüzden, çok iyi bir bilgi sistemi ürünün tersine lojistik faaliyetlerine uygun olarak tasarlanmasını sağlamaktadır. Ayrıca etkili bir bilgi sistemi, geri dönen ürünlerin önceki

satışlarla olan bağlantısını tespit edilmesini de sağlamaktadır (Ravi & Shankar, 2005).

Bir diğer engel ise, tersine lojistiğe karşı örgütsel direnç ve üst yönetimin bu konuya kendini adamamasıdır. Tersine lojistik düşünce tarzı ve uygulamada kökten değişiklikler gerektirdiği için genellikle çalışanlar tarafından bu değişime karşı bir direnç gelişecektir. Bu direncin üstesinden üst yönetimin tersine lojistik faaliyetlerini çalışanlara benimsetmesi ile gelinebilir. Üst yönetim tarafından açık bir vizyon ortaya konulmadığı takdirde sorunlar artarak devam edecektir. Üst yönetimin tersine lojistik faaliyetlerine en az diğer faaliyetler kadar önem vermesi, gerek çalışanların gerekse iş ortaklarının bu yeni yapıya uyum sorununu en aza indirebilir.

Finansal kısıtlar, işletmeler açısından çoğu zaman tersine lojistik faaliyetlerini gerçekleştirmede engel teşkil etmektedir. Tersine lojistik faaliyetlerini işletme içerisinde gerçekleştirebilmek için büyük çaplı yatırıma ihtiyaç gerekmektedir (Ravi & Shankar, 2005). Eğer tersine lojistik faaliyetleri üçüncü parti işletmelere devredilirse yine ciddi maliyetlere katlanmak zorunda kalılabilmektedir. Bu sebeple, işletmelerin tersine lojistik faaliyetlerini yerine getirebilmek için etkili bir finansal kaynak planlaması yapması şarttır.

1.13. TÜRKİYE'DE TERSİNE LOJİSTİK

Türkiye'de tersine lojistik faaliyetleri, 2000'li yılların ortasından itibaren çeşitli işletmeler tarafından gerçekleştirilmeye başlanmıştır. Türkiye'nin gelişmekte olan bir ülke olması ve gerekli yasaların eksikliği tersine lojistik faaliyetlerinin uygulanmasını geciktirmiştir. Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa Birliği ülkeleri gibi gelişmiş ülkelerde 90'lı yılların başından itibaren ürünlerin kullanım sonrası toplanmasına yönelik yasalar uygulanmaktadır (Prahinski & Kocabasoğlu, 2006). Avrupa Birliği'nin uyguladığı Atık Elektrik ve Elektronik Eşyalar (Waste Electrical and Electronic Equipment) ile Kullanılmış Araç (End-of-Life Vehicles) yönetmelikleri örnek gösterilebilir. Ancak, bu

yasaların bir kısmı Türkiye’de Avrupa Birliği’ne uyum süreci ile uygulanmaya başlanmıştır. Bu sebeple, tersine lojistik Türkiye’de gerek gerçek hayat uygulaması gerekse akademik çalışma alanlarında çok az yer bulmaktadır.

Türkiye’de tersine lojistik faaliyetlerinin genellikle çevreyi korumaya yönelik olan yasada yapılan değişiklikler nedeniyle başladığı söylenebilir. Çevre ve Orman Bakanlığı’nın çıkardığı atık ambalaj, atık pil ve akü, atık yağ, atık bitkisel yağ, atık elektrik ve elektronik eşyalar (AEEE), inşaat atıkları, ömrünü tamamlamış lastik (ÖTL) yönetmelikleri bu değişikliklere örnek verilebilir (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2013). 2005 yılında yürürlüğe girmiş atık pil ve akü yönetmeliğine göre pil üreticileri, bir önceki yıl piyasaya sürdükleri miktarları hesaba katarak atık haline gelen pilleri yönetmeliğin yürürlüğe girdiği tarihi takip eden ilk yıl % 15, ikinci yıl % 25, üçüncü yıl % 30, dördüncü yıl % 35, beşinci yıl % 40 ve devamı yıllarda ise Bakanlığın belirleyeceği oranlarda toplamak veya toplatmak ve bertaraf etmek zorundadır. Aynı yönetmeliğe göre akü üreticileri ise, depozito uygulamasına tabi olan atık akümülatörlerin yönetmeliğin yürürlüğe girdiği tarihi takip eden ilk yıl % 70, ikinci yıl %80, üçüncü yıl % 90 oranından az olmayacak şekilde toplanarak geri kazanması, bertaraf etmesi ve bunlara ilişkin belgelerin her yıl depozito müracaatlarıyla birlikte Çevre Bakanlığına sunması zorunludur. Bu faaliyetler, Taşınabilir Pil Üretici ve İthalatçıları Derneği (TAP) ve Akümülatör ve Geri Kazanım Sanayicileri Derneği (AKÜDER) tarafından yerine getirilmektedir.

Atık yağ yönetmeliğine göre I. kategorideki atık yağlardan doğrudan, II. kategoriden yağlar ise rejenerasyon ve rafinasyon yöntemleri ile yeniden kullanılabilir. I. ve II. kategori atık yağlar çimento, alçı ve kireç fabrikalarında, kil kurutma ve demir-çelik yüksek fırınlarında, enerji santrallerinde mevcut yakıta ilave edilerek kullanılabilir. Petrol Sanayi Derneği (PETDER), Motor Yağı Üreticileri adına Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından atık motor yağlarının toplanması konusunda yetkilendirilmiştir. PETDER tarafından Son 7 yılda, 81 ildeki 12.038 farklı atık motor yağı üreticisinden 96.780 sefer yapılarak 123.627 ton atık motor yağı toplanmıştır. Sadece 2012

yılında atık motor yağı üreticilerine 14.730 sefer yapılarak toplanan ve lisanslı işletmelere teslim edilen atık motor yağı miktarı 18.545 ton olarak gerçekleşmiştir. Organizasyona katılım sağlayan şirket sayısı 2012 yılı sonu itibarı ile 84 olup, bu şirketler tarafından 2011 yılında piyasaya sunulan motor yağı miktarı 185.743 ton olarak gerçekleşmiştir (PETDER Sektör Raporu 2012).

22 Mayıs 2012’de çıkarılan ve Haziran 2013’ten itibaren yürürlüğe giren AEEE yönetmeliği sayesinde evlerde ve işyerlerinde bulunan buzdolabı, televizyon, çamaşır makinesi, cep telefonu ve bilgisayar gibi eski ve kullanılmayan elektrikli ve elektronik aletler de değerlendirilebilecektir. Yönetmeliğe göre, elektrik ve elektronik eşyalarda geri dönüşüm hedefleri tablo 3’te verilmektedir. Buna göre 2016 yılında elektrik ve elektronik eşyaların en az %50 en çok %75 oranında geri dönüşüm işlemlerine sokulması hedeflenmektedir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı verilerine göre, Türkiye’de yılda 539 bin ton AEEE ortaya çıkmaktadır. Bu atıkların sadece 20 bin tonu koşullara uygun olarak geri dönüştürülebilmektedir. En çok televizyon ve bilgisayar monitörün çöpe atıldığı açıklanırken, en çok AEEE üreten şehirler ise İstanbul, Kocaeli ve Ankara olarak belirtilmiştir. Türkiye’de kişi başı AEEE üretimi ise yaklaşık 7 kilogram olmaktadır. 2011 yılsonu itibarıyla Türkiye’de geri kazanımı sağlanan AEEE miktarı 8.200 kg ve lisanslı AEEE işleme tesis sayısı ise 21 olarak açıklanmıştır (Çevre Koruma ve Atıkları Değerlendirme Vakfı, 2013).

Tablo 3: Elektrik ve Elektronik Eşyalarda Hedeflenen Geri Dönüşüm Oranları

Elektrikli ve Elektronik Eşya Kategorileri	Yıllar				
	2012	2013	2014	2015	2016
	Ağırlıkça (%) olarak				
Büyük ev eşyaları (%)	50	55	60	65	75
Küçük ev aletleri (%)	10	20	30	40	50
Bilişim ve telekomünikasyon ekipmanları (%)	15	25	35	50	65
Tüketici ekipmanları (%)	15	25	35	50	65
Işıklandırma cihaz ve aletleri (%)	10	20	30	40	50
Gaz deşarj lambaları	50	55	60	70	80
Elektrikli ve elektronik aletler (%)	10	20	30	40	50
Oyuncaklar, eğlence, spor aletleri (%)	10	20	30	40	50
İzleme ve kontrol cihaz ve aletleri (%)	10	20	30	40	50
Otomatlar (%)	50	55	60	65	75

Son olarak ömrünü tamamlamış lastik yönetmeliğine göre lastik üreticileri, her yıl bir önceki yıl iç piyasaya sürülen lastik tonajını hesaba alarak yönetmeliğin yürürlüğe girdiği 2005 yılında %30 olmak üzere, ikinci yıl %35, üçüncü yıl %40, dördüncü yıl %45 ve beşinci yıl %50 devamı yıllarda ise Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın ortalama lastik aşınma oranını dikkate alarak belirleyeceği oranlarda ÖTL'leri toplamak/toplatmak, toplanan miktarın geri kazanımını veya ortadan kaldırılmasını sağlamak ile yükümlüdürler. Lastiklerin dış derinliği belirli bir milimetreye (binek araç lastikleri için 1.6 mm) düştüğü zaman araç altında kullanımı tehlike arz etmekte olup, yasalar bu tür lastiklerle trafiğe çıkılmasına izin vermemektedir. Her yıl Türkiye'de yaklaşık olarak 180-200.000 ton civarında ÖTL oluştuğu hesaplanmaktadır (Lastik Sanayicileri Derneği, 2013). Türkiye'deki ÖTL'nin tamamı Lastik Sanayicileri Derneği (LASDER) tarafından toplanıp lisanslı geri dönüşüm işletmelerine teslim edilmektedir.

Yürürlüğe giren bu yönetmelikler sayesinde küçükte olsa tersine lojistik faaliyetleri giderek artmaktadır. Türkiye'de tersine lojistik faaliyetleri başlangıç aşamasında olduğundan dolayı yukarıda da bahsedildiği üzere üçüncü parti işletmeler aracılığı ile yerine getirilmektedir. Ne yazık ki, Türkiye'deki işletmeler yurtdışındaki işletmelerin aksine kendi içlerinde tersine lojistik faaliyetleri gerçekleştirecek tesis kurmak seçeneğini çeşitli sebeplerden ötürü değerlendirmemektedir.

Türkiye'de tersine lojistik ile ilgili yapılan akademik çalışmaların sayısı da işletme uygulamaları kadar sınırlıdır. Akademik düzeyde çok az olan bu çalışmaların arasından iki tanesi ön plana çıkmaktadır. Erol ve diğerlerinin (2010) yaptığı çalışma, Türkiye'deki otomobil, beyaz eşya, elektronik ve mobilya sektöründeki tersine lojistik faaliyetlerinin varlığı ve düzeyini aydınlatmaya yönelik ilk çalışmadır. Yazarlar bu çalışma ile Türkiye'deki dört sektörde faaliyet gösteren çeşitli işletmelerin tersine lojistik ile ilgili çalışmalarını incelemektedir. Yapılan görüşmeler sonucunda, Türkiye'de bu dört önemli sektörde yer alan işletmelerin tersine lojistik faaliyetleri

gerçekleştirmesindeki en büyük engel olarak yeterli yasal ve ekonomik teşviklerin sunulmaması gösterilmektedir. Teşvikler az olduğundan dolayı işletmeler gerekli altyapı ve teknoloji için gereken yatırımdan olabildiğince kaçmaktadır. Bir diğer önemli sonuç ise, işletme yöneticilerinin tersine lojistik faaliyetlerine karşı önyargı ile yaklaştığıdır. Yöneticiler işletmenin tersine lojistik faaliyetleri yaptığı takdirde bu yöntemlerle üretilen ürünlerin kalitesi yeni ürüne nazaran daha düşük algılanması ihtimali yüzünden marka imajına zarar geleceğini düşünmektedir. Bu sebeple de, tersine lojistik faaliyetleri gerçekleştirmekten kaçınma yoluna gidilmektedir.

Bir diğer dikkate değer çalışma ise, Erol ve diğerleri gibi saha araştırması yapmak yerine, Türkiye’de faaliyet gösteren büyük bir beyaz eşya üreticisi için potansiyel tersine lojistik ağı oluşturmaktadır (Tuzkaya, Gülsün, & Önsel, 2011). Bu çalışmada, beyaz eşya üreticisi için potansiyel geri toplama depolarının yeri ve potansiyel geri toplama merkezinin konumu en az maliyet gözeterek tespit edilmeye çalışılmaktadır. Bu çalışmanın önemi, Türkiye’de bulunan bir işletmenin potansiyel tersine lojistik ağını oluşturmak için yapılmış ilk çalışma olmasıdır. Kısacası, Türkiye’de tersine lojistik faaliyetleri çok geç dikkate alınsa da, gelecek dönemlerde çok daha incelenecek bir konu olacağı kaçınılmazdır.

İKİNCİ BÖLÜM

TERSİNE LOJİSTİK İLE İLGİLİ KONULAR

Tersine lojistik dağıtım, stok yönetimi ve üretim planlama gibi konular açısından geleneksel tedarik zinciri yönetimine göre oldukça farklı özelliklere sahiptir. Bunun neticesinde, birçok akademik çalışma bu konuları tersine lojistiğe göre incelemektedir. Yapılan çalışmaların sayısı ve inceledikleri alanlar çok fazla olduğundan dolayı, bu tezde sadece tersine lojistikteki dağıtım, stok, üretim ve Kabul kontrolü üzerine yapılmış başlıca çalışmalar incelenecektir. Böylece, geçmişten günümüze tersine lojistiğin bahsedilen alanlarda ne derece bir ilerleme kaydettiği tespit edilmeye çalışılacaktır.

2.1. TERSİNE DAĞITIM SİSTEMLERİ

Tersine lojistikte dağıtım sistemlerinin temel amacı, tüketiciden üreticiye herhangi bir sebeple geri dönen ürünlerin toplanması ve tedarik zincirini oluşturan ilgili taraflara iletilmesidir. Literatürde bazı çalışmalar tersine lojistikten kaynaklanan faaliyetleri ayrı bir dağıtım sistemi olarak ele alırken, bazı çalışmalar ise geleneksel dağıtım sistemleri ile tersine lojistik faaliyetlerinin birleşimi üzerinde yoğunlaşmıştır.

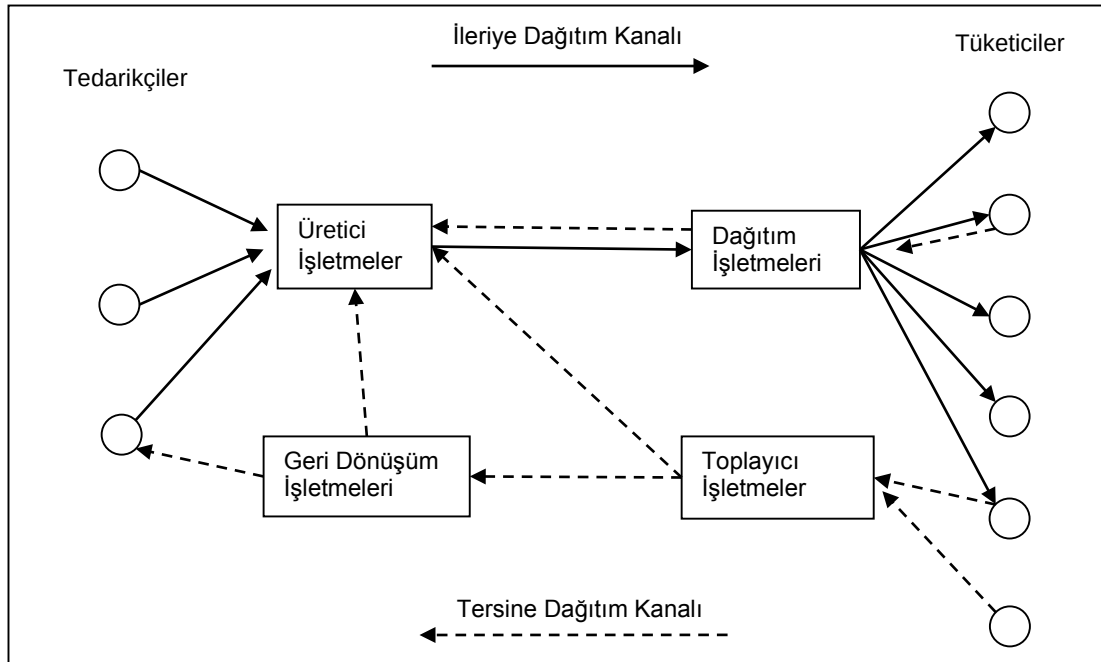
Tersine lojistikteki dağıtım sistemlerinin karşılaştığı en önemli problem geri dönen ürünler için yeni bir ağ oluşturma ya da mevcut ağ ile birleştirilme kararının verilmesidir. Bu probleme, doğru ve yeterli bir çözüm bulunabilmesi için öncelikle belli başlı konular aydınlatılmalıdır. İlk olarak, tersine lojistik ağında hangi aktörlerin bulunduğu ve bunların ağdaki aktif rolleri belirgin hale getirilmelidir. Daha önceki bölümlerde bahsedildiği üzere, üretici işletmeler geleneksel tedarik zincirinde sadece ürünlerin üretilmesi ve müşterilere ulaştırılmasından sorumlu iken, tersine lojistikte ürünlerinin yeniden üretilmesi ve/veya geri dönüşüme sokulmasında sorumlu hale gelmektedir. Ayrıca, ikinci

el ürün alan işletmeler ya da hurdacı işletmeler gibi çeşitli aktörler geleneksel tedarik zinciri yapısına katılarak yeni bir yapı ortaya çıkarabilmektedir.

İkinci olarak, işletmeler tersine lojistik dağıtım sistemi içerisinde geleneksel tedarik zincirinde bulunmayan yeni işlemleri dikkate almaktadır. Bu işlemler geri dönen ürünü toplama, kontrol etme, ayrıştırma, eritme, gömme ve yakma olarak sıralanabilmektedir. Bu işlemlerin hepsi veya birkaçı tersine lojistik ağındaki aktörler tarafından gerçekleştirilebilmektedir. Her bir işlem, işletme açısından çeşitli yükümlülük ve zorluk getirebilmektedir. Mesela, geri dönen ürünlerin perakendeciler tarafından toplanması yüksek miktarda taşıma maliyetine sebep olmaktadır. Ayrıca, toplama işleminin gerçekleştiği tüm perakendecilerle üretici işletme arasında etkili bir iletişim ve koordinasyona ihtiyaç vardır. Diğer yandan, geri dönen ürünlerin tek tek perakendeciler yerine üretici işletmeler tarafından oluşturulmuş merkezi toplama merkezlerine gönderilmesi ile hem yüksek taşıma maliyeti hem de koordinasyon sorununa çözüm olarak önerilmektedir (Rogers & Tibben-Lembke, 1998). Buna ek olarak, geri dönen ürünlerin gerekli kontrollerden geçirilmesi ve çeşitli testlere sokulması gibi işlemler için hem pahalı ekipmanlar hem de deneyimli işgücü gerekmektedir. Görüldüğü üzere, bu işlemlerin mevcut ağa katılması ya da başka bir ağ yoluyla gerçekleştirilmesi işletmeler açısından verilmesi gereken önemli kararlardır.

Son olarak, işletmelerin gerçekleştirdikleri tersine lojistik faaliyetlerinin tersine dağıtım sistemini belirleyen bir diğer unsur olarak görülebilir. Örnek olarak, geri dönüşüm ve atık gömme/yakma işlemlerinin gerçekleştirilmesi genellikle tek taraflı bir akış gerektirmektedir. Dolayısıyla, bu tür bir yapıda tersine lojistik ağı ile geleneksel tedarik zinciri ağının birleştirilmesi oldukça zordur. Diğer yandan, yeniden üretim faaliyeti ürünlerin tamamının veya bir kısmının yenilerek tekrardan müşterilere sunulmasından kapalı döngü bir yapıya sahiptir. Bu sebeple, tersine lojistik ağı ile geleneksel tedarik zinciri ağının birleşimi daha kolay hale gelmektedir.

Şekil 4: Tersine Lojistik Dağıtım Sisteminin Genel Yapısı



Şekil 4'de ileriye ve geriye doğru akışlardan oluşan bir tersine lojistik dağıtım sisteminin genel yapısı görülmektedir (Fleischmann, Bloemhof-Ruwaard, Dekker, van der Laan, van Nunen, & van Wassenhove, 1997). Sistemdeki aktörlerin sayısı artabileceği gibi, toplayıcılık ya da geri dönüşüm gibi faaliyetler üretici işletme çatısı altına sokularak azaltılabilir. Bu da, tersine lojistik dağıtım sistemi ile geleneksel tedarik zincirindeki dağıtım sistemleri arasında birleşme derecesini göstermektedir.

Geleneksel tedarik zinciri talebe dayanan bir yapıda olmasına karşın, tersine lojistik sisteminde daha önceden bahsedilen yasal ve çevresel sebeplerden dolayı her zaman talebe dayalı olmak zorunda değildir. Daha açık bir şekilde, tersine lojistik faaliyetlerinin gerçekleşmesi için genellikle geri dönen ürün ile ilgili bir talebin oluşması beklenmemektedir. Bu yüzden, geri dönen üründen sorumlu işletmeler ya bu ürünleri tersine lojistik faaliyetleri ile yeniden değerlendirip mevcut veya alternatif bir piyasaya sunmaktadır. Eğer geri dönen ürünleri tekrardan değerlendirme seçeneği mevcut değilse, bunlardan en uygun şekilde kurtulma yoluna gidilmektedir.

Tersine lojistik dağıtım sistemleri özellikleri açısından farklı kategoriler altında incelemeye alınabilmektedir. Bu çalışmada ise, genel olarak deterministik ve stokastik modeller olmak üzere iki grup altında incelenecektir.

2.1.1. Deterministik Modeller

Tersine lojistik dağıtım sistemlerini deterministik düzeyde ele alan çalışmaların modellerini dayandırdığı temel varsayım, sisteme geri dönen ürün sayılarının ve bu ürünlere yönelik talep miktarlarının kesin olarak bilinmesidir. Buradan yola çıkarak işletmelerin hangi tesisler arasında ne miktarlarda ürün aktarılması problemine cevap aranmaktadır. Yine, ağda bulunması gereken tesis sayıları ve kapasite miktarları da tespit edilebilmektedir. Bazı çalışmalar ise, ürünlerin tedarik ya da üretim sürelerini de dikkate alarak çalışma alanını genişletmiştir.

Ginter ve Starling (1978) bu konu ile ilgili öncü çalışmalardan birini gerçekleştirerek, geri dönüşüm için oluşturulması gereken tersine lojistik dağıtım kanalları üstünde durmuştur. Özellikle katı atık oluşumundaki artışlar ve kaynakların kıt hale gelmesi, tersine lojistik dağıtım sistemlerinin oluşturulmasını gerektiren nedenler olarak ortaya konulmuştur. Tersine lojistik dağıtım sistemini oluşturan çeşitli aktörlerin tanımlaması ve özellikleri açıklanmıştır.

Aynı şekilde, Spengler ve diğerleri (1997) iki farklı örnek olay çalışması üzerinden giderek tersine lojistik dağıtım sistemi önermektedir. Birinci örnekte, devlete ait binalarının yıkılarak geri dönüşüme tabi tutulması işlemine yönelik bir tersine dağıtım modeli; ikinci örnekte ise, demir ve çelik endüstrinde geri dönüşümü ele alan bir model önermiştir. Bu modellerin temel amacı, hangi tersine lojistik işlemlerinin nerede, ne zaman, kim tarafından ve ne şekilde yapılacağı sorularına optimal sonuçlar üretmektir.

Barros, Dekker ve Scholten (1998), kum geri dönüşümü için iki aşamalı bir tersine lojistik ağı önermektedir. Buna göre, geri toplanmış kum merkezi bir depoda toplandıktan sonra test edilmekte ve temiz, yarı-temiz ve kirli kum olarak ayrıştırılmaktadır. Daha sonra, işlem gereken yarı-kirli ve kirli kum ilgili merkezlere gönderilerek tekrardan kullanılabilir hale getirilmektedir. Model geleneksel tedarik zincirine ek olarak, toplama ve temizleme merkezlerinin nerelere kurulması gerektiğini tespit etmektedir.

Bahsedilen çalışmalardan farklı olarak Kroon ve Vrijens (1994) taşıyıcılar (palet, kasa vb.) için oluşturulan bir tersine lojistik dağıtım sistemini ele almıştır. Taşıyıcıların tekrardan tedarik zincirine dâhil olması için üç farklı dağıtım sistemi üzerinde durulmuştur. Her bir sistemde farklı aktörlerin hangi sorumluluklarının olduğu ortaya konmuştur.

Louwers ve diğerleri (1999) ömrünü tamamlamış halıların yeniden kullanılması için gereken işlemlerin oluşturduğu bir tersine lojistik dağıtım ağı önermiştir. Ev, ofis, araba gibi çok farklı kaynaklardan gelen ömrünü tamamlamış halı ve benzer kaplamaların bölgesel yeniden işleme merkezlerine gönderilerek tekrardan müşterilere ulaştırma sorununa çözüm aranmaktadır.

Buraya kadarki makalelerin ortak özelliği hepsinin tersine lojistik dağıtım ağını geleneksel tedarik zincir ağından farklı olarak ele almalarıdır. Geri dönüşüm faaliyetinin yapısı da işletmeleri bu yönde bir ağ tasarımı bir anlamda yönelttiği söylenebilir. Bundan sonraki çalışmalar ise, daha çok tersine lojistik dağıtım ağı ile geleneksel tedarik zincir dağıtım ağını bir arada ele almaya yöneliktir. Bu çalışmaların ortak özelliği olarak, tersine lojistik işlemlerinde sorumlu bir merkezi yapı öngörmeleri, ürünlerin yeniden üretim sonucu değerlendirmeleri ve önceki çalışmalara göre daha karmaşık bir ağ yapısına sahip olmaları gösterilebilir.

Krikke ve diğerleri (1999) her iki farklı ağı bir araya getirecek ilk çalışmalardan birini yapmıştır. Fotokopi makinelerin yeniden üretim süreci için

dizayn edilen tersine lojistik ağı, optimal yer tespiti yapmaktadır ve tesisler arasındaki ürün akış miktarını belirlemektedir. Model çok aşamalı ve birden fazla ürünün bulunduğu durumlar için optimal sonuçlar vermektedir.

Fleischmann ve diğerleri (2001) geleneksel tedarik zincirlerine ürün geri dönüşüm faaliyetlerin eklenmesinin yaratacağı etkiyi belirlemek amacıyla. Bu sebeple, tersine lojistik faaliyetlerini geleneksek ağ yapısına dahil edecek şekilde yeni bir ağ modeli tasarlanmıştır. Ayrıca, model ileri ve tersine ağlarda ayrı ayrı bulunan tesislerin birleşimi, dağıtım kanallarının birleşimi, tersine lojistik işlemleri için gereken teknolojilerin değerlendirilmesi gibi durumları da dikkate almaktadır.

Krikke ve diğerleri (2003) buzdolaplarının geri dönüşümü için hem ileri hem de tersine lojistik ağlarının bir araya getirildiği bir model önermiştir. Önerilen bu model kapalı döngü tedarik zinciri yapısında olmakla birlikte her iki ağın maliyet optimizasyonunu aynı anda gerçekleştirmektedir. Ayrıca, oluşturulan yeni ağın merkezileşmesi ya da ademi merkezileşmesi sonucunda ne yönde farklılaşacağı sorusuna yanıt aranmaktadır.

Tuzkaya ve diğerleri (2011) çok kriterli karar verme yöntemleri ile tersine lojistik ağını bir araya getiren yeni bir model ortaya koymuştur. Türkiye'deki bir beyaz eşya üreticisinin toplama merkezlerini ANP-Fuzzy TOPSIS yöntemi ile seçerek, daha sonra bu merkezlerin dahil edildiği bir optimizasyon yapmaktadır. Model geri dönen ürünlerin nereden ne miktarda toplanmasını belirleyebilmek amacıyla ilk toplama merkezlerinin ve merkezi toplama merkezlerinin konumlandırılmasına çözüm aramaktadır. Geri dönen ürünler ilk toplama merkezlerinde sadece depolanırken, merkezi toplama merkezlerinde inceleme altına alınarak geri dönüşüm kararı verilmektedir.

2.1.2. Stokastik Modeller

Tersine lojistik dağıtım sistemlerinde stokastik modellerin deterministik modellerden farkı, çeşitli kanallardan geri dönen ürün miktarını ve bu ürünlere olan talebin belirsiz olarak kabul etmesidir. Stokastik modeller genellikle iki aşamalı süreç oluşturmaktadır. İlk aşamada problem deterministik olarak oluşturulup, ikinci aşamada geri dönen ürünler ve talepler stokastik olarak kabul edilerek çeşitli senaryolar içerisinde incelenmektedir.

Listeş ve Dekker (2005) bir işletmenin lojistik yapısını belirsizlik faktörlerini dikkate alarak yeniden oluşturmak için yeni bir model önermektedir. Bu modele göre, deterministik kuruluş yeri seçme problemi belirsizlik faktörler ile genişleterek stokastik bir problem haline getirilmiştir. Stokastik model alanında uzman kişiler tarafından oluşturulmuş çeşitli senaryolar içerisinde en uygun sonucu aramaktadır.

Salema ve diğerleri (2007) genel bir tersine lojistik ağ modelini kapasite sınırlamaları, birden çok ürün ve geri dönen ürün ve talebi belirsizlik altında incelemektedir. Geri dönen ürün ve talep miktarları senaryo bağımlı bir yapıda olup senaryo temelli model karma tam sayılı programlama yöntemi ile çözülmektedir.

Lieckens ve Vandaele (2007) genel bir tersine lojistik ağı modelini bir kuyruk modeli ile bir araya getirmiştir. Böylece önerilen model, envanter pozisyonu ve tedarik süresi gibi dinamik unsurlar açısından değerlendirme imkanı sağlamaktadır. Problem doğrusal olmayan bir süreç olduğundan dolayı, çözümü karma tam sayılı doğrusal olmayan programlama ile yapılmaktadır.

Lee ve Dong (2009) dinamik kuruluş yeri seçimi ve yerleştirme problemini, stokastik unsurları dikkate alarak yeni bir model haline getirmiştir. Buna göre, modelin her dönemi göz önünde bulunduran deterministik kısmı gerekli seçim ve yerleştirmeleri yapmaktadır. Daha sonra stokastik

parametreler çeşitli senaryolar dâhilinde bulunan bulgulara eklenip tavlama benzetimi algoritması ile çözülmektedir.

Kara ve Onut (2010) kâğıt geri dönüşümü gerçekleştiren bir işletme için iki aşamalı bir stokastik model önermektedir. Model belirsizlik altında büyük ölçekli tersine lojistik ağında, optimal tesis sayısı ve bu tesisler arasında gidip gelen optimal ürün miktarını tespit etmektedir. Tersine lojistik dağıtım sistemleri hakkında incelenen deterministik ve stokastik modellerin özellikleri tablo 4’de özetlenmektedir.

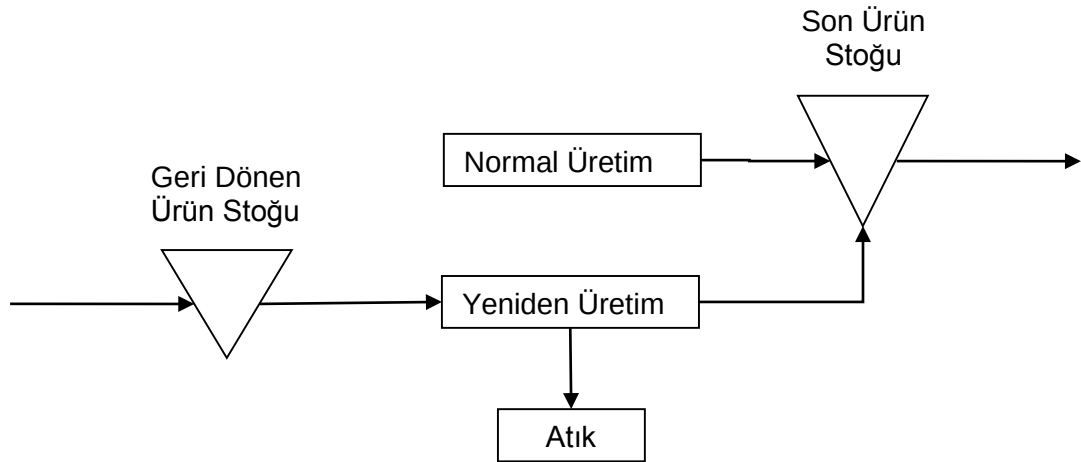
Tablo 4: Tersine Dağıtım Sistemi Modelleri

Yazar(lar)	Model Yapısı	Kapasite	Çevre		Talep		Ürün		Aşama		Maliyetler			
			Statik	Dinamik	Det.	Stok.	Tek	Çok	Tek	Çok	Sabit Maliyetler	Değişken Maliyetler	Envanter Maliyetleri	Ceza Maliyetleri
Kroon & Vrijens (1994)	MILP	Sınırsız	+		+		+		+		+	+		
Spengler, Püchert, Penkuhn, & Rentz (1997)	MILP	Sınırlı	+		+			+		+		+		
Barros, Dekker, Scholten (1998)	MILP	Sınırlı	+		+			+		+	+	+		
Louwens, Kip, Peters, Souren, Flapper (1999)	MINLP	Sınırsız	+		+		+			+	+	+	+	
Krikke, van Harten, Schuur (1999)	MILP	Sınırsız	+		+		+			+	+	+	+	
Fleischmann, Beullens, Bloemhof-Ruwaard, van Wassenhove (2001)	MILP	Sınırsız	+		+		+			+	+	+		+
Krikke, Bloemhof-Ruwaard, van Wassenhove (2003)	MILP	Sınırlı	+		+		+			+	+	+		
Tuzkaya, Gülsün, Önsel (2011)	MILP	Sınırlı	+		+		+			+	+	+	+	
Listeş, Dekker (2005)	SP	Sınırlı		+		+	+			+	+	+		
Salema, Barbosa-Povoa, Novais (2007)	MILP	Sınırlı		+										
Lieckens & Vandale (2007)	MINLP	Sınırlı		+		+	+		+		+	+	+	+
Lee & Dong (2009)	TSSP	Sınırlı		+		+		+		+	+	+		
Kara & Onut (2010)	TSSP	Sınırlı		+		+	+			+	+	+		-

2.2. TERSİNE STOK KONTROL SİSTEMLERİ

Tersine lojistikte ilgili bir diğer önemli konu da stok yönetimidir. Geleneksel tedarik zincirlerinde ele alınan stok yönetimi yöntemleri, geri dönen ürünler yüzünden oluşan koşullarla başa çıkamamaktadır. Bu sebeple, geri dönen ürünlerden kaynaklı koşullar incelenerek, tersine lojistikte ele alınan stok yönetimi önemli değişiklikler geçirmiştir. İşletmelerin etkili kaynak planlaması yapabilmesi için uygun kontrol yöntemlerine ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Şayet, geri dönüşüm işlemleri üçüncü parti bir işletme tarafından yapılıyorsa, geleneksel tedarik zincirindeki stok yönetimi yöntemleri yeterli olabilmektedir. Diğer yandan, geri dönen ürünler orijinal parça üreticisine dönüyorsa, dönen bu parçalar üretici açısından alternatif bir kaynak olarak ele alınmaktadır. Bu durumda, yeni bir stok yönetimi politikası oluşturulmasının önünü açmaktadır.

Şekil 5: Tersine Lojistikte Genel Stok Kontrol Sistemi



Şekil 5 bir tersine stok kontrol sisteminin işleyişini gösteren genel bir yapıyı temsil etmektedir. Tersine lojistik stok kontrol sistemlerinin büyük çoğunluğunda, yeniden üretime hazır olan pazardan geri dönmüş ürünler ve doğrudan talebi karşılamaya yönelik olan son ürünler olarak iki farklı ürün kategorisi oluşturulmaktadır. Geri dönen ürünler, tercih edilen tersine lojistik

faaliyetlerinden biri ile dönüştürülerek hizmete hazır yani talebi karşılamaya yetkin ürün haline getirilmektedir. Örnek olarak, bir fotokopi makinesi üreticisi işletmenin normal üretim, yeniden üretim ve atık işlemlerini plan ve kontrol etmesi gösterilebilir (Van der Laan & Salomon, 1997).

Genellikle, geri dönen ürünler ile son ürünler birbirine paralellik gösteren iki farklı stok noktasında toplanmaktadır. Bunun neticesinde, geleneksel stok kontrol sistemlerinden farklı olarak iki farklı stok noktasının durumu dikkate alınması zorunluluğu ortaya çıkmıştır.

Tersine lojistikte geri dönen ürünlerin tamamı dış faktörlerden kaynaklandığı için, tersine lojistik faaliyeti yapan bir işletme geri dönen ürünlerin kalitesi ve dönüş zamanı üzerinde herhangi bir kontrolü bulunmamaktadır. Bu da doğal olarak, gerek geri dönen ürün stoğu gerekse son ürün stoğu kontrolü açısından büyük güçlükler oluşturmaktadır. Geri dönen ürünlerin çoğunlukla tamamı yeniden üretime uygun olmamaktadır. Özellikle ürünün niteliğine göre değişen oranlardaki miktarlar istenilen kalite düzeyine erişmediği için atık olarak değerlendirilmektedir. Atık olan kısım ilgili işletme tarafından önemli bir maliyet unsuru olarak ele alınmaktadır.

Öte yandan son ürün stoğu ise, hem geri dönen ürünlerin yeniden üretimi ile hem de normal üretimden gelen ürünler için ortak bir toplanma noktasıdır. Normal üretim yoluyla üretilen ürünler genellikle yeniden üretim ile üretilen ürünlere göre daha maliyetli olmasına karşın müşteri talebini karşılamak açısından büyük önem arz etmektedir.

Tersine stok kontrol sistemlerinde dış kaynaklı etkenler olan geri dönen ürün arzı ile talep arasında önemli bir ilişki bulunmaktadır. Özellikle elektronik sektöründe geri dönen ürünlerden elde edilen parçaların yeni ürünlerde kullanılması ile ortaya çıkan yapı kapalı bir döngü göstermektedir. Böylece, eski ürünlerin kimi zaman bazı parçalarının yenilenmesi kimi zamanda bu ürünlerden çıkan parçalarla üretime katılması yoluyla döngü tamamlanmış olmaktadır.

Buna karşın, geri dönen ürün ile talep arasında her zaman bağlantı bulunmak zorunda değildir. Mesela, geri dönen ürün işletme tarafından ürünün özelliğini yitirecek şekilde geri dönüşüme sokulduğu durumlarda mevcut müşteri talebini karşılamamaktadır. Geri dönen ürünler yeni haliyle talep edildikleri piyasalardan ziyade, ikinci el veya hammadde piyasası gibi alternatif pazarlara sunulmaktadır. Örneğin, Lastik sektöründe geri dönen lastikler çoğunlukla hammaddelerine ayrıştırılarak ilgili hammaddeyi kullanan ya da bu hammaddeleri alan toptancılara satılması yoluna gidilmektedir.

Tersine stok kontrol sistemleri açısından dikkate değer sayıda sayısal model önerilmektedir. Bu çalışmada tersine stok kontrol sistemleri ile ilgili modelleri deterministik ve stokastik modeller olmak üzere iki ana başlık altında incelenecektir. Tablo 5 ve tablo 6 sırasıyla deterministik ve stokastik modellerin özelliklerini özetlemektedir.

2.2.1. Deterministik Stok Modelleri

Tersine stok kontrolü problemlerine yönelik yapılan çalışma sayısında son yıllarda oldukça büyük bir artış vardır. Bu çalışmalar, geri dönen ürün ve talep yapısı üstüne varsayımları göz önünde bulundurarak kabaca iki gruba ayrılabilir. Birinci grupta yer alan çalışmalar, geri dönen ürün ve talep miktarlarının deterministik olduğu varsayımı ile inceledikleri problemlere çözüm getirmektedir. Bu çalışmalar temel olarak, klasik parti sipariş miktarı problemini yeniden üretim ve normal üretim sistemlerinin bir arada ele alındığı sistemler açısından incelemektedir. Her ne kadar talep ve geri dönen ürün miktarının deterministik olarak varsayımı basit problemleri çözmek için kolaylık sağlasa da, bu varsayım genellikle gerçek hayatta karşılaşılan belirsizlik sorunu ile başa çıkamamaktadır.

Deterministik modellerin bazıları şekil 3'de gösterildiği gibi iki farklı stok noktasını dikkate alırken, bazıları da geri dönen ürün ve son ürünlerin bir arada bulunduğu sadece tek bir stok noktasını ele almaktadır. Yine, bu tür modeller

sadece bir dönem için sabit maliyet ve değişken maliyet arasındaki optimal noktaya odaklanan statik veya bu noktayı her dönem için hesaplayan dinamik modeller olarak ayrılabilir.

Beltran ve Krass (1997) talep ve geri dönen ürünlerin birlikte değerlendirildiği stok seviyesini belirleyen dinamik sipariş miktarı modeli geliştirmiştir. Wagner-Within modeline benzetmek ile birlikte net talebin pozitif ya da negatif olması bakımından farklılaşmaktadır. Ayrıca, stok seviyesi dışarıdan ürün alma yoluyla artmakta ya da ürünleri atık olarak değerlendirilmesi sonucunda azalmaktadır. Modeldeki stok, tedarik ve atık maliyetleri konkav olmakla birlikte problem sonlu dönemli olarak incelenmektedir.

Teunter ve van der Laan (2002) klasik ekonomik sipariş miktarı modelini yeniden üretim işlemini de katarak hem indirgenmiş maliyet hem de ortalama maliyet açısından modellemiştir. Model, indirgenmiş maliyet açısından indirgenmiş nakit akışlarını da dikkate alarak optimal maliyeti bulurken, ortalama maliyet açısından optime yakın sonuç vermektedir. Gerek üretim gerekse yeniden üretim işlemi için tedarik süresi tanımlanmış olmayıp sadece üretim için hazırlık maliyeti tanımlanmıştır.

Kleber ve diğerleri (2002) genel deterministik modellerin mevsimsellik ve ürünün hayat seyri gibi faktörleri ele almadığını belirterek, geri dönen ürün ve talebi dinamik ele almıştır. Geri dönen ürünlerin miktarının talebi geçtiği ya da tam tersinin olduğu durumları incelemektedir. Bu sorunlarla başa çıkabilmek için birden çok tersine lojistik faaliyetinin gerçekleştirildiği stok modeli önermektedir. Buna göre, ürün kalitesine göre ya atık olacak ya da yeniden değerlendirmeye sokularak farklı yöndeki talepleri karşılayacaktır.

Tablo 5: Deterministik Stok Modelleri

	Ürün	Normal Üretim	Yeniden Üretim	Dış Kaynak	Tedarik/ Üretim Süresi	Sipariş Erteleme	Stok Mal.	Hazırlık Mal.	Üretim Mal.	Yeniden Üretim Mal.	Atık Mal.	Elde Bulundurmama Mal.
Deterministik												
Beltran ve Krass (1997)	Tek	+	+				+		+	+	+	+
Teunter ve Van der Laan (2002)	Tek	+	+				+		+	+	+	
Kleber ve diğerleri (2002)	Tek	+	+				+		+	+	+	
Kiesmüller (2003)	Tek	+	+			+	+		+	+	+	+
Teunter (2004)	Çok	+	+				+		+	+		
Atasu ve Çetinkaya (2006)	Tek	+	+	+					+	+		
Pan ve diğerleri (2009)	Tek	+	+				+		+	+	+	

Tablo 6: Stokastik Stok Modelleri

	Ürün	Normal Üretim	Yeniden Üretim	Dış Kaynak	Tedarik/ Üretim Süresi	Sipariş Erteleme	Stok Mal.	Hazırlık Mal.	Üretim Mal.	Yeniden Üretim Mal.	Atık Mal.	Elde Bulundurmama Mal.
Stokastik												
Simpson (1978)	Tek	+	+	+		+	+		+	+	+	
Inderfurth (1997)	Tek	+	+	+	+	+	+		+	+	+	
Van der Laan ve diğerleri (1999)	Tek	+	+		+	+	+	+	+	+		
Inderfurth (2001)	Çok		+		+	+	+			+	+	+
Kiesmüller (2003)	Tek	+	+		+	+	+		+	+	+	+
Bayındır ve diğerleri (2003)	Tek	+	+			+	+		+	+		+
Inderfurth (2004)	Tek	+	+		+		+		+	+	+	
Van der Laan ve Teunter (2006)	Tek	+	+		+	+	+	+	+	+		+
Teunter ve diğerleri (2008)												
Ahıska ve King (2010)	Tek	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+

Kiesmüller (2003) yeniden üretim, normal üretim ve atık kontrolü yapan bir işletme için doğrusal maliyetlere sahip, sonlu planlama ufkunda, dinamik geri dönen ürün ve talep varsayımlarına dayanan bir model öngörmektedir. Diğer modellerden temel farkı, modelde tedarik süresi etkisinin de incelenmesidir. Hem üretim hem de yeniden üretim için sıfıra eşit ya da farklı olmak üzere tedarik süreleri tanımlanmaktadır. Modelde kullanılmış ürünlerin atık maliyeti ve yeni ürün üretim maliyetleri her zaman için yeniden üretim maliyetinden büyük olduğu varsayılmaktadır. Ayrıca model, sipariş erteleme için izin verildiği ve verilmediği iki farklı politika açısından değerlendirilmektedir. Eğer sipariş ertelenmesi mümkün değilse, sistemin optimal çözümü tamamen geri dönmüş ürün stoğuna bağlı olmaktadır. Sipariş ertelenmesi mümkün ise, siparişin ertelenmesinden kaynaklanan maliyet ile yeniden üretimden sağlanan maliyet avantajı arasındaki tercih durumu incelenmektedir. Sonuçta optimal politikanın boş stok miktarı, geri dönmüş ürün stoğunun pozitif olması ve sipariş ertelenmesi gibi çeşitli unsurlardan etkilendiği tespit edilmiştir.

Teunter (2004) ekonomik sipariş miktarı modelini, ürün geri dönüşümü işlemine göre yeniden modellemiştir. Burada her sipariş için sabit bir geri dönen ürün miktarı belirlenerek optimal sonuca giden $(1, R)$ ve her sipariş için sabit bir üretim miktarı belirlenerek optimal sonuca giden politikalar ayrı ayrı incelenmektedir. Modelin plan ufku sonsuz olmakla birlikte gerek talep gerekse geri dönen ürünler deterministik ve sürekli yapıdadır. Ele alınan maliyetler sırasıyla üretim maliyeti, yeniden üretim maliyeti, geri dönen ürünleri stoklama maliyeti ve son ürün stok maliyetidir. Modelin amacı parti büyüklüğü politikasının birim başına düşen ortalama maliyetini minimum olmasını sağlamaktır.

Konstranras and Papachristos (2006) ise, Teunter'in modelini sipariş erteleme durumunu da ele alarak çeşitli politikalar açısından değerlendirmektedir. Bu çalışmada erteleme durumu dikkate alınarak bir önceki çalışmaya göre daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Atasu ve Çetinkaya (2006) ürüne olan talep ile geri dönen ürünlerin dönüş süresinin uzaması arasında tersine bir bağlantı olduğunu söylemektedir. Yani, ne kadar çabuk geri dönüş olursa bu ürünlerin yeniden üretiminden sağlanacak fayda o derece fazla olacaktır. Bu sebeple, yeniden üretilmiş olan ürünlerden yüksek fayda sağlayabilmek için toplama oranları, geri dönen ürünün zamanlaması ve kullanılabilirliğinin talep ile uyuşması gerekmektedir. Bu sorunun üstesinden gelebilmek için, geri dönüştürebilir ürünlerin optimal bir şekilde toplanması ve kullanılmasını sağlayan bir model geliştirilmiştir. Bu problem çeşitli özel durumlar açısından çözülmektedir.

Son olarak, Pan ve diğerleri (2009) bahsedilen diğer deterministik modellerin oldukça önemli olmasına rağmen kısıtlı kapasite sorununu dikkate almadığını belirtmektedir. Bu doğrultuda üretim, yeniden üretim ve atık ürün kapasitelerini sınırlandırarak kapasite sınırlı dinamik sipariş miktarı modeli tanımlamıştır. Modelde sipariş erteleme durumunda izin verilmemektedir. Bahsedilen problem farklı senaryolar altında dinamik programlama algoritmaları kullanılarak analiz edilmiş ve çözülmüştür. Problemin çözümüne yönelik sözde polinomik algoritma önerilmektedir. Üretim ve yeniden üretimin kapasite sınırı altında çözümünden başka olarak sadece yeniden kapasite sınırı altında olduğu probleme ilişkinde çözüm yapılmaktadır.

2.2.2.Stokastik Modeller

Bu gruba giren çalışmalar ise, belirsizlikle başa çıkabilmek adına gerek talep gerekse geri dönen miktarını stokastik olduğunu varsaymaktadır. Stokastik modellerde ürünsüz kalma durumu karşısında satış kaybı ya da sipariş erteleme gibi yöntemler kullanılmaktadır. Birçok modelde dışarıdan tedarik, yeniden üretim ve/veya atık kararları dikkate alınarak optimal politikalar üretilmektedir. Yine, bazı modeller tek bir stok noktasını varsayarken, diğer modeller geri dönen ürün ve son ürün olmak üzere iki farklı talep noktası varsaymaktadır. Talep ve geri dönen ürün miktarındaki

belirsizlikle başa çıkabilmek için birçok çalışma tarafından stokastik modeller önerilmektedir.

Simpson (1978) geri dönen ürün stoğu ve hizmet stoğu olmak üzere iki farklı stok noktasını ilk öneren çalışmayı gerçekleştirmiştir. Çalışmasında eski parçaların yeniden kullanımı ile ortaya çıkacak maliyetlerdeki düşüşle fazladan stok bulundurmanın getirdiği maliyet yükü arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Her dönem gerçekleşen geri dönen ürün ve talep miktarları normal dağılıma sahiptir. Ancak, aynı dönem içerisinde aralarında korelasyon olabilmektedir. Tedarik, yeniden üretim ve atık ürün miktarlarını optimal olarak çözen (L, M, U) politikasını önermekle birlikte sabit maliyetler ile tedarik süreleri dikkate alınmamaktadır.

Inderfurth (1997) ise Simpson'ın modeline tedarik sürelerinin, tedarik ve yeniden üretim miktarlarına olan etkisini ekleyerek geliştirmiştir. Çalışmasında tedarik sürelerinin farklı olmasının sistemin karmaşıklığını etkilediğini göstermiştir. Geri dönen ürünlerin stoklandığı veya stoklanmadığı durumlar için tedarik sürelerini dikkate alan optimal politikalar karşılaştırılmaktadır. Sonuç olarak, eğer tedarik süreleri birbirine eşit ise uygun bir stok düzeyi için Simpson'ın politikası optimal olmaktadır. Diğer bütün durumlarda ise, kullanılan Markov modeli çok büyüdüğü için basit bir optimal politikaya izin vermemektedir.

Bir diğer çalışmada Van der Laan ve diğerleri (1999), bir karma üretim sistemi için üretim planlama ve stok kontrol metodu geliştirmiştir. Karma üretim sisteminde tedarik süresi ve değişkenliğinin beklenen toplam maliyetlere olan etkisi incelenmektedir. Gerek normal üretimin gerekse yeniden üretimin tedarik süreleri stokastik olarak ele alınmaktadır. Yeniden üretim, son ürün stoğunun (elde bulunan son ürün stoğu eksi ertelenen sipariş artı yeniden üretilen miktar veya normal üretim) durumuna göre belirlenen bir (s, S) politikası ile kontrol edilmektedir. Uzun dönemli beklenen maliyet iki boyutlu bir Markov süreci ile çözülmektedir. Bu çalışmanın en önemli katkısı, geleneksel üretim sistemi ile

itme ve çekme kontrolü yapılabilen karma üretim sistemi arasında bir karşılaştırma yapmasıdır.

Inderfurth (2001) benzer bir problemi ele alarak karma üretim sistemi yerine, müşteri ihtiyaçlarını birden çok tersine lojistik faaliyeti ile karşılandığı bir sistem öngörmektedir. Yani, modelde farklı talepler sadece tersine lojistik faaliyetleri yaparak karşılanmakta ve normal üretim ile talepler karşılanamamaktadır. Herhangi bir talebi karşılayamayan geri dönen ürünler atık olarak değerlendirilmektedir. Sonlu planlama ufkunda yeniden üretim, atık, stok ve sipariş erteleme maliyetlerinden oluşan beklenen toplam indirgenmiş maliyetin minimizasyonu amaçlanmaktadır. Özellikle ileri teknoloji ürünleri için gereken model, optimal ya da optimale yakın sonuçlar ortaya koymaktadır.

Kiesmüller (2003) stokastik bir yeniden üretim sisteminde farklı tedarik sürelerinin etkilerini incelemektedir. Benzer çalışma yapan Van der Laan ve diğerleri (1999) normal üretim ve yeniden üretim kararlarını hizmet stoğuna göre alırken, optimal bir stok seviyesi belirleyememektedir. Bu çalışma ise, normal üretim ve yeniden üretiminden çıkmış ürünler için farklı stok seviyelerini dikkate almakta ve sistem performansını artıran yeni yaklaşım önermektedir. Durağan bir modelde çok büyük oranlarda geri dönen ürün varsa ve atık seçeneğine bağlı özel maliyetler sistem performansını arttırdığı için bu çalışmada geri dönen ürünler atık olarak değerlendirilmemektedir. Uzun tedarik süresine sahip kararlar, stok seviyesini etkileyen tüm olağandışı siparişleri içerirken, kısa tedarik süresine sahip kararlar sadece yeni verilmiş siparişler gelene kadarki ürün siparişlerini kapsamaktadır.

Bayındır ve diğerleri (2003) karma bir üretim sisteminde optimal politika üretmek yerine, yeniden üretimin stok maliyetleri üzerindeki etkilerinin genel yapısını incelemektedir. Oluşturulan modelde stoklarla bağlantılı maliyet kararları ve yeniden üretim kararları aynı anda verilmektedir. Modelde talep oluşumu üretici işletme ile müşterinin bulunduğu özel bir zaman dilimi olarak ele alınırken, yeniden üretim kararı talebin oluşması ile birlikte verilmektedir.

Sayısal sonuçlara göre incelenen birçok farklı durumda hem normal üretim hem de yeniden üretim yapan sistem stok bağlantılı maliyetleri azaltmaktadır.

Inderfurth (2004) öngördüğü model, literatürde bulunan standart stokastik yeniden üretim modellerine (Inderfurth, 1997; van der Laan et al., 1999) ürün ikamesini eklenmiş halidir. Karma üretim sisteminin kontrol ve optimizasyonu, belirlenen bir satış politikasına göre yapılmaktadır. Geri dönen ürün miktarı belirsiz olduğunda, normal ve yeniden üretim sürelerindeki farklılık optimal politika yapısını etkilemektedir. Modelde normal üretim ile üretilen ürünler ve yeniden üretim ile üretilen ürünler farklı stok noktalarında tutulmaktadır. Ayrıca, normal üretim ile yeniden üretim neticesinde elde edilen ürünlere olan talep miktarları da farklılık göstermektedir. Yeniden üretim yoluyla yeniden üretilmiş ürünlere olan talep karşılanamazsa, normal üretim yoluyla fazla talep karşılanmaktadır. Son olarak, geri dönen ürünler istenilen kalitede değilse atık ürün olarak değerlendirilmektedir. Çalışma sonucunda karma üretim sisteminde stokastik talep altında ikame edilebilir ürünün stok seviyesinde düşüş olduğu gözlenmiştir.

Van der Laan ve Teunter (2006) karma üretim sistemini klasik (s, Q) politikasının itme ve çekme stratejilerini içeren yeniden üretim politikası ile genişleterek incelemektedir. Daha önceki çalışmalardan farklı olarak hem üretim hem de yeniden üretim açısından hazırlık maliyetleri de dikkate alınmaktadır. Çalışma optimal politika yerine gerek itme gerekse çekme politikalarını optime yakın sonuç veren sezgisel yöntem olarak tanımlamaktadır. Sezgisel yöntemler, ekonomik sipariş miktarının stokastik talep ve geri dönen ürün miktarlarını da içeren hali olarak görülmektedir. Sezgisel yöntemler, uygulanması daha zor olan optimal politikaya göre sadece % 1.3'lük bir sapma göstererek, kullanılması oldukça verimli olduğunu kanıtlamıştır.

Teunter ve diğerleri (2008) aynı üretim hattında yapılan normal ve yeniden üretim için her dönem üretilmesi gereken ürün partisi miktarını ve üretim süresini hesaplayan basit bir sezgisel yöntem önermektedir.

Çalışmanın odak noktasını, her ürün için aynı döngü zamanına ve her dönemde tek bir üretim ve yeniden üretim partisi için döngü zamanlarını ele alan politikalar oluşturmaktadır. Bu probleme çözüm arayan dört farklı sezgisel yöntem geliştirilmiştir. Optimal çözüme karşın sezgisel yöntemler sadece %1.36'lık bir ortalama farkla sonuç vermektedir.

Ahıska ve King (2010) markov karar süreçlerini kullanarak, yeniden üretilen ürünlerin hayat döngülerini dikkate alan optimal stok politikalarını çözmektedir. Hazırlık maliyetlerinin yeniden ve normal üretim üzerindeki etkilerini incelemektedir. Ürünün hayata döngüsü evreleri için farklı politikalar önerilmektedir. Politika karakterizasyonunun kalitesi uzun dönem optimal maliyetin değişim oranınca şu şekilde değerlendirilmektedir;

$$\% \text{ optimal maliyetteki değişim} = \left(\frac{\text{politika karakterizasyonunun maliyeti}}{\text{optimal maliyet}} - 1 \right) * 100$$

Bir kere uzun dönem optimal ya da optimale yakın politika karakterizasyonu belirlendiği zaman, politikaların performansı gerçekçi örneklerde başarılı bir şekilde uygulanmasına bağlı olarak değerlendirilmektedir.

Buraya kadar ki çalışmaların hepsi, tersine lojistik içerisinde yer alan üretim planlama ve stok kontrol problemini stoğa üretim ortamı açısından ele almaktadır. Oysaki üretim planlama ve stok kontrol problemi sadece stoğa üretim ortamında değil, siparişe üretim ortamında da oldukça yaygındır. Bu yönden tersine lojistik literatüründe siparişe üretim ortamında gerçekleştirilen üretim planlama ve stok kontrolü problemine çözüm sunacak modellerin olmaması ciddi bir eksikliktir.

2.3. KABUL VE ÜRETİM KONTROLÜ

Kabul ve üretim kontrolü geleneksel tedarik zinciri çatısı altında genişçe bir literatüre sahip bir konudur. Dağıtım ve stok kontrolü sistemleri tersine lojistikte oldukça fazla ele alınmasına rağmen, kabul ve üretim kontrolü tersine lojistikte incelenmemiş bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Geri dönen ürünlerin kalite ve zamanlamasındaki belirsizlik çok yüksek düzeyde olduğu için bu ürünlerin sisteme kabul edilip edilmeme problemi işletmeye önemli bir sorun oluşturmaktadır. Kabul kontrolü gerek geri dönen ürünler gerekse bu ürünleri talep eden müşterilerin sisteme kabul edilmesi kararlarına yardımcı olmaktadır.

Bu çalışma üretim ve stok kontrolünün yanında kabul kontrolünü de dikkate almaktadır. Kontrole tabi olmayan tek bir kaynağın bulunduğu sistemde sırasıyla müşteriler hemen kuyruğa girer, hizmet almak için bekler, hizmeti alır ve kuyruktan çıkmaktadır. Diğer taraftan, kabul kontrolü olan sistemlerde ya müşterilerin geliş oranları değiştirilir ya da bazı gelişler ret edilerek sisteme girişi engellenmektedir. Bunu gerçekleştirebilmek için karar verici kişi her karar döneminde sistemdeki müşteri sayısını gözlemlemek durumundadır. Böylece, sistemdeki kuyruğu oluşturan müşteri sayısı kontrol altında tutulmaktadır (Puterman, 2005). Stidham (1985) kuyruk sistemlerindeki kabul kontrolü hakkında kapsamlı bir literatür taraması yapmıştır. Kabul kontrolü üzerine yoğunlaşmış çalışmaların ele aldığı çeşitli yöntemleri değerlendirmektedir.

Ha (1997) kabul kontrolü ile üretim kontrolünü bir arada ele alan ilk çalışmalardan birini gerçekleştirmiştir. Tek bir ürünün üretildiği, üretimin stoğa üretim şeklinde gerçekleştiği, müşterilerin çeşitli önem derecelerine ayrıldığı ve kayıp satışların olduğu varsayımlarına dayanan bir stok oranlama problemine çözüm aranmaktadır. Belirli bir önem derecesine sahip bir müşteri talebi geldiğinde, işletme stoktaki ürün ile talebi karşılama ya da talebi reddetme yoluna gidebilmektedir. İşletmenin asıl amacı, elde tutma ve müşteriyi reddetmeden kaynaklanan beklenen maliyetleri minimize e da

yeniden üretimi tercih etme arasındaki ilişkinin incelemesi yönündedir. Bunun gerçekleşmesi için, bu çalışmada gerekli olan optimal kabul ve üretim kontrolü politikasının yapısı karakterize edilecektir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

OPTİMAL KABUL VE ÜRETİM KONTROLÜ MODELİ

3.1. GİRİŞ

Bir önceki bölümde bahsedildiği üzere gerek işletmeler gerekse akademik çalışmalar açısından tersine lojistik oldukça popüler bir konu haline gelmiştir. Tersine lojistiğe yönelik ilginin nedeni çevre duyarlılığı, yasal ve ekonomik faktörler gibi çeşitli unsurlar ile açıklanmaktadır. Tersine lojistik herhangi bir sebeple işletmelere geri dönen ürünlerin yeniden değerlendirilmesi için uygulanan çeşitli yöntemler olsa da, bunlar içinde en geniş kullanım alanına sahip olanı yeniden üretimdir. Bunun yanında, yeniden üretim işleminin geri dönen ürünleri toplama, ayırma ve stoklama gibi destekleyici lojistik işlemleri gerektirmesi, işletmelere fazladan maliyet yükü getirmektedir. Yine de yeniden üretim işlemi, girdi maliyetleri bakımında geleneksel üretime göre tasarruf sağladığından dolayı özellikle orijinal parça üretici işletmeler tarafından tercih edilen bir seçenek haline gelmektedir. İlaveten, geri dönen ürünlerin toplanması gerek varlık korunumu gerekse üretim ve yeniden üretim işlemlerini etkili ve uyumlu bir şekilde kontrol edilebilmesi açısından büyük bir öneme sahiptir.

Bu çalışma, müşteri ihtiyacını karşılamak için bir çeşit ürün üreten orijinal parça üreticisi bir işletmenin tersine lojistik sisteminden esinlenerek ortaya çıkmıştır. Orijinal parça üreticisi işletme hem normal üretim hem de yeniden üretim hattından oluşan bir karma üretim sistemi kullanmaktadır. Bu işletme yeni ürün üretmesinin yanında, ekonomik ömrünü tamamlamış ya da bozulmuş ürünleri toplayarak yeniden üretim işlemene sokmaktadır. Yeniden üretim yöntemi ile ürettiği ürünleri, normal üretim yoluyla üretilen ürünlerden ayırmamakta ve yeni gibidir garantisi vererek tekrardan satışa sunmaktadır. Bu yüzden, yeniden üretim yoluyla üretilen ürünler ile normal üretim yoluyla üretilen ürünler arasında kalite farkı bulunmadığı kabul edilmektedir. İşletme

gelen talepleri ekonomik olarak hangi üretim yöntemini ile karşılaması gerektiğini belirlemeden önce, geri dönen ürünler hakkında bir karar vermelidir. Bu karara göre, işletme ya geri dönen ürünleri kabul ederek yeniden üretimle değerlendirebilmek amacıyla stokta tutacak ya da reddederek atık ürün kategorisine sokma ve sistemden uzaklaştırma kararını vermektedir. Üretim işlemi, üretim yöntemi seçimine bakılmaksızın (ister normal ister yeniden üretim olsun) siparişe üretim temelinde yapılmaktadır. Yani, müşteri talepleri geldikçe üretim yapılmakta aksi takdirde üretim gerçekleşmemektedir. İşletme geri dönen ürün stoğu bulundurmasına rağmen son ürün stoğu bulundurmamaktadır. Bu yüzden, talep miktarı ve bu miktarın hangi üretim yoluyla karşılanması gerekliliği işletme açısından çok büyük öneme sahiptir.

Bahsedilen sisteme oldukça benzer bir sistemi bilgisayar ve elektronik devi Dell kullanmaktadır. Sanal outlet marketi olarak işleyen bu sistemde Dell dizüstü bilgisayar, masaüstü bilgisayar, ekran ve yazıcı gibi ürünlerini müşterilere satmaktadır. Yeniden üretim sonucu üretilen ürünler, hem yeni ürünler ile aynı sınırlı donanım ve hizmet garantisi almakta hem de yeni ürünlere göre ciddi bir fiyat avantajına sahip olmaktadır (Dell, 2013). Ek olarak, Dell bütün ürünlerini dünya çapında siparişe üretim temelinde yapan ilk işletmedir. Bu sebeple Dell'in tedarik zinciri, müşteri ihtiyaçlarını önceden belirlenmiş dönemler içerisinde karşılayabilmek için tedarikçileri ile uyumlu bir şekilde çalışmaktadır. Sonuç olarak, Dell son ürün açısından stoksuz çalışma mantığı ile rakiplerine karşı maliyet ve esnek üretim avantajlarını elde etmiştir.

Yukarıda bahsedilenler üzerine, bu çalışmada bir üretim sistemi açısından kabul ve üretim kontrol problemi ele alınmaktadır. Bu problemin çözümüne ilişkin optimal politika yapısı oluşturulması amaçlanmaktadır. Optimal politika bir yandan sistemdeki mevcut geri dönen ürünlerin sayısına göre kabul edilmesi gereken ürün miktarı, diğer yandan sistemdeki geri dönen ürün miktarı ve müşteri sayısına bağlı olarak kullanılması gereken üretim yöntemi hakkında kararlar vermektedir. Siparişe üretim ortamında, önce

müşterilerden talepler toplanıp, sonrasında ihtiyaç duyulan miktarlarda üretim yapılmaktadır. Bu sebeple, siparişe üretim ortamında müşteri taleplerini zamanında karşılayabilmek için esnek üretim sistemlerine ihtiyaç vardır. Aksi takdirde, siparişlerin belirlenen sürede karşılanamaması uzun dönemde müşteri tatminsizliğine ve satışlarda azalmaya neden olmaktadır. Geri dönen ürünler ile siparişe üretim yapılması için işletmelerin sahip olduğu geri dönen ürün miktarını yönetmesi hayati bir önem taşımaktadır. Bu da ancak, geri dönen ürünler için bir kabul kontrolü yapılması ile gerçekleştirilebilir.

Kabul kontrolü, çeşitli sistemlerin karar verici tarafından aktif olarak kontrol edilmesine denilmektedir. Kabul kontrolü, sistemde dinamik olarak değişebilecek olan geliş veya hizmet sürecine ait parametreleri dikkate almaktadır (Stidham & Weber, 1993). Böylece, karar verici belirli kurallar çerçevesinde gerekli durumlar karşısında sistemin yapısını istediği yönde etkileyebilmektedir. Kabul kontrolünde sistemdeki iş veya müşteri sayısı, belirlenen geliş oranının ayarlanması yoluyla ya da geliş sayısına göre gelen iş veya müşterinin reddedilmesi ile belirlenmektedir. Bu çalışmada ise, kabul kontrolü orijinal parça üreticilerine üretim sistemlerini gelen talepleri zamanında karşılayacak hale getirmesi konusunda yardım etmektedir. Kabul kontrolü, genellikle kuyruğa geliş süreci ve hizmet sürecini denetlemek amacı ile kullanılmaktadır. Kabul kontrolünün bu çalışmadaki amacı, geliş süreci içerisinde sisteme giren geri dönen ürünler üzerinde denetim sağlamaktır. Hizmet sürecinde ise, sistemdeki işler ile müşteriler eşleştirilerek talep karşılanması olmaktadır. Böylece ya sistem boş hale gelmekte ya da bir sonraki hizmet sürecine geçilmektedir.

3.2. MARKOV KARAR SÜREÇLERİ

Bir karar sürecinde rassallık çeşitli şekillerde ortaya çıkabilir. Kimi zaman durumlar arası geçişler rassal nitelikte olurken kimi zaman da durumlara karşılık gelen getiriler rassal nitelikte olabilmektedir. Bu sebeple,

çözümlerde yapılması gereken işlemler de bunlara bağlı olarak değişmektedir. Ayrıca, durumlar arası geçiş olasılıklarının markov zinciri özelliği taşıması halinde bu tür problemler markov karar süreçleri başlığı altında incelenmekte ve çözümü de buna uygun olarak yapılmaktadır.

Markov karar süreçleri, karar vericilerin farklı hareket tarzlarını seçerek zaman içinde süreçleri etkilediği ve izlediği stokastik süreçlerden oluşmaktadır. Bu sayede, karar vericiler hem tercih ettikleri hareket tarzına hem de sistemin bulunduğu duruma bağlı olarak getiri kazanmaktadır. Bir markov karar süreci matematiksel olarak beş temel unsurdan oluşmaktadır ve şu şekilde gösterilmektedir;

$$\{T, S, A_s, p_t(.|s, a), r_t(.|s, a) : t \in T, s \in S, a \in A_s\}$$

Burada ilk olarak T terimi, karar verilen zamanları içeren kümeyi göstermektedir. Kararların verildiği zamanlar genellikle kesikli olmak ile birlikte, sonlu sayıda olabileceği gibi $T = \{1, 2, 3, \dots, N\}$, sonsuz sayıda da $T = \{1, 2, 3, \dots\}$ olabilmektedir. Kesikli zaman problemlerinde ele alınan zaman dönem veya aşamalara bölünerek dikkate alınmaktadır. Her bir karar, ilgili zaman döneminin başında alındığı genel olarak kabul görmektedir. Bir markov karar süreci, en düşük üst zaman sınırının sonlu veya sonsuz olmasına göre sırasıyla sonlu zaman ufkunda ya da sonsuz zaman ufkunda markov karar süreci olarak adlandırılmaktadır. Eğer markov karar süreci sonlu ufukta yer alıyorsa, son karar döneminde herhangi bir karar verilmemektedir.

İkinci olarak S terimi, sistemin bulunabileceği olası durumların tamamını içeren kümeyi göstermektedir. Her bir karar döneminde sistem bir durumda bulunmaktadır. Sistem her bir süreç ve hareket tarzı sonucunda aynı durumda kalmakta veya başka bir duruma geçmektedir. Sistemin çeşitli durumlar arasında hareket etmesini karar vericinin hareket tarzı seçimi belirlemektedir.

Üçüncü olarak A_s terimi, sistem durumu s'te iken gerçekleştirilebilecek olası hareket tarzlarının toplamını gösteren kümedir. Karar verici mevcut hareket tarzlarından seçimler yaparak sistemin durumunda değişikliklere

sebebi olmaktadır. Hareket tarzları zamana bağımlı olarak değişmediği varsayılmaktadır. Hareket tarzları deterministik ve ya stokastik olarak seçilebilmektedir. Eğer hareket tarzlarının seçimi stokastik ise, A_s üzerinde tanımlanmış olasılık dağılımına göre seçim yapılmaktadır.

Dördüncü olarak $p(.|s,a)$ terimi, olasılık dağılımına bağlı olarak bir sonraki dönemde sistemin hangi durumda bulunacağını olasılığını göstermektedir. Eğer zaman kesikli ise, sistemin durumunun bir dönemden bir sonraki döneme ne şekilde dönüşeceği belirlenmelidir. Bu fonksiyona geçiş olasılıkları fonksiyonu denilmektedir.

Son olarak $r_t(.|s,a)$ terimi, her bir a hareket tarzında sonra sistemin bir s duruma t zamanında geçmesinden kaynaklanan kazancı göstermektedir. Bu terim pozitif olduğu zaman getiriyi, negatif olduğu zaman ise maliyeti göstermektedir. Karar alıcının hangi hareketi seçeceği bu faydanın değerinin veya beklenen değerinin ne olduğuna bağlıdır. Bu sebeple faydanın değeri ya da beklene değeri hareket tarzından önce bilinmekte ve ileride verilecek kararlardan etkilenmemektedir.

Bir markov karar sürecinde karar kuralı, karar vericiye belirli bir karar döneminde nasıl bir karar vermesi konusunda yol göstermektedir. Karar kuralları geçmiş bilgilerle olan bağlantısı ve hareket tarzı seçimine göre değişiklik göstermektedir. Eğer bir karar kuralı sadece sistemin mevcut durumuna dayanıyorsa, markov özelliği gösteren karar kuralı olarak ele alınmaktadır. Diğer yandan bir karar kuralı, zamanın başlangıcından bulunduğu zamana kadar içinde bulunun durumları ve verilen hareket tarzı kararlarını dikkate alıyorsa, tarihe dayalı karar kuralı olarak adlandırılmaktadır. Bir karar kuralı sadece belirli hareket tarzlarını seçilebildiği durumlarda deterministik ve belli bir olasılık dağılımına göre hareket tarzlarının seçilebildiği durumlarda stokastik olarak da sınıflandırılmaktadır. Böylece, karar vericinin seçebileceği markov özelliği gösteren deterministik ve stokastik ile tarihe dayalı deterministik ve stokastik olmak üzere dört farklı karar kuralı bulunduğu söylenebilir.

Bir politika, karar vericiye gelecekteki olası bir durum için hangi hareket tarzını seçmesi gerektiği gösteren bir kılavuzdur. Bir politika her dönem için verilen karar kurallarından $\Pi = \{d_1, d_2, d_3, \dots\}$ oluşmaktadır. Eğer her karar döneminde aynı karar kuralı uygulanıyorsa, politika durağan politika olarak adlandırılmaktadır. Durağan politikalar da deterministik ve stokastik olmak üzere iki ayrı grupta incelenmektedir. Bazen deterministik durağan politikalar saf politika olarak da geçmektedir. Durağan politikalar sonsuz dönemli markov karar süreçleri açısından temel teori olarak görülmektedir.

Bütün bu notasyonların oluşturduğu ve bunların içindeki fayda fonksiyonlarının ve geçiş olasılıklarının şimdiki durumdan etkilendiği, hareketin de şimdiki durumda seçildiği karar süreçlerine markov karar süreçleri denir. Uygulanan politika aynı zamanda fayda (maliyet / kazanç) sırası üretir. Karar problemi, ilk karar anından önce, maksimum fayda fonksiyonunun planını seçmektir. Markov karar süreci ise, mümkün hareketlerin, faydaların ve geçiş olasılıklarının yalnızca bulunulan duruma ve harekete bağlı olduğu karar süreçleridir. Markov karar sürecinde amaç, ani ve sonradan oluşan getiri veya maliyeti optimum kılan politikayı belirlemektir. Bunun için kullanılan ortak kriter de uzun dönemli birim zaman başına beklenen ortalama maliyeti minimum veya getiriye maksimum kılmaktır.

3.2.1. Değer Yenileme Yöntemi

Değer yenileme yöntemi markov karar süreci çözümünde kullanılan başlıca çözüm yöntemlerinden biridir. Değer yenileme yöntemi gelişigüzel bir değerden başlayarak diğer değerlerin tespit edilmesinde kullanılmaktadır. Bu yöntem değer fonksiyonun sürekli güncellenmesini sağlayarak sonsuz dönemdeki markov karar süreçlerinin çözümünde oldukça büyük bir kolaylık

sağlamaktadır. Elde edilen değer fonksiyonlarının değerleri uzun dönemde birleşmediğinden dolayı mekanizmanın sonlanması için bir kriter belirlenmesi gereklidir. Bu sonlandırma kriteri markov karar sürecinin indirgenmiş ya da ortalama maliyet olmasına göre farklılık gösterebilmektedir.

Bu çalışmada sonsuz dönemde ortalama maliyeti minimum kılacak markov karar süreci tanımlandığı için bu kriter, her bir tekrardaki maksimum maliyet ile minimum maliyet farkının minimum maliyete bölümünden elde edilen değer ε değerinden büyük olmasıdır. Yani, bu farklardan elde edilen değer ε değerinden küçük olduğu sürece yineleme devam edecek, büyük olduğu noktada ise sonlanacaktır. Değer yenileme yönteminin aşamaları şu şekilde sıralanabilir.

I. İlk aşamadaki değer fonksiyonun değeri sıfır olarak ele alınır.

$$V_0(i, j) = 0 \quad \forall (i, j)$$

II. V_n 'in değeri V_{n-1} 'in değerinden yola çıkılarak hesaplanmaktadır.

III. $m_n = \min_{ij} [V_n(i, j) - V_{n-1}(i, j)]$ ve $M_n = \max_{ij} [V_n(i, j) - V_{n-1}(i, j)]$ değerleri hesaplanarak sınırlar belirlenir.

IV. Eğer $M_n - m_n < \varepsilon \times m_n$ süreç durdurulur. Aksi takdirde ikinci aşamaya dönülerek dördüncü aşama gerçekleşene kadar süreç devam ettirilmektedir.

Görüldüğü üzere değer yenileme yöntemi uygulaması oldukça kolay bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle bilgisayar dilleri ile kodlanması ve çözdürülmesi açısından büyük fayda sağlamaktadır.

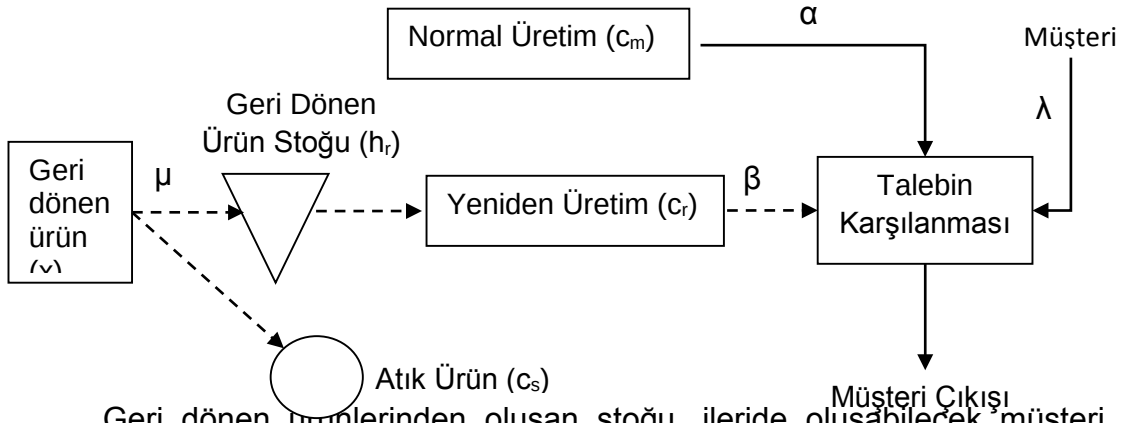
3.3. MODEL

Bu çalışmada, gelen talepleri yeni ürünler üreterek ya da yeniden üretilen ürünler ile karşılayan bir orijinal parça üreticisi işletme ele alınmaktadır.

Yeniden üretilen ürünlerin yenilerinden bir farkı olmadığı kabul edilmektedir. Her iki üretim yöntemi sonucunda çıkan ürünler müşteri ihtiyaçlarını tam olarak karşılamaktadır. Orijinal parça üreticisi işletme, hem normal üretim hem de yeniden üretim işlemlerinde siparişe üretim temelinde çalışmaktadır ve son ürün stoğu tutmamaktadır.

Şekil 6 bahsedilen üretim sisteminin görsel olarak temsil etmektedir. Görüldüğü üzere talep miktarları belirsiz olmakla birlikte, λ oranına sahip Poisson dağılımına göre gelmektedir. Her müşteri sadece bir ürün talep etmektedir. Bunun yanında, işletme yasal zorunluluk, sosyal sorumluluk veya varlık korunumu gibi çeşitli sebeplerden ötürü kullanılmış ürünlerini geri toplamaktadır. Geri dönen ürünlerin de miktarı belirsiz olup, ürünler μ oranına sahip Poisson dağılımına göre gelmektedir. Her işlem sonucunda, sisteme bir adet geri dönen ürün girişi olmaktadır. Yeni bir ürün üretimi veya geri dönen ürünlerin yeniden üretimleri için gereken zamanlar sırasıyla $1/\alpha$ ve $1/\beta$ ortalamalı üssel dağılıma sahiptirler.

Şekil 6: Tersine lojistikte Üretim ve Kabul Kontrolü



Geri dönen ürünlerden oluşan stoğu, ileride oluşabilecek müşteri taleplerini karşılamak amacıyla tutulmaktadır. İşletme geri dönen ürünlerin stokta tutulması ya da atık ürün olarak değerlendirme kararlarını vermektedir. Stokta tutulan her bir geri dönen ürünün, birim zamanda h_r kadar bir elde bulundurma maliyeti vardır. Şayet geri dönen ürün, atık ürün olarak değerlendirilip üretime sokulmazsa, işletme bir ceza maliyetine (c_s) katlanmak durumundadır. Bu ceza maliyeti, atık ürünün ortadan kaldırılması için işletmenin katlanması gereken maliyetleri göstermektedir. Geri dönen üründe olduğu gibi, herhangi bir zamanda sisteme müşteri girebilmektedir. Sistemde bulunan her bir müşteri h_c kadar bir bekleme maliyetine sebep olmaktadır. Bu yüzden, işletme müşteri taleplerini normal üretim veya yeniden üretim yoluyla olabildiğince hızlı karşılamak istemektedir. Aksi takdirde, sistemde müşteri birikmesi maliyetleri giderek arttırmaktadır. Talep, normal üretim ya da yeniden üretim olmak üzere iki farklı üretim yöntemi ile karşılanabilmektedir. Gerek normal üretim, gerekse yeniden üretim açısından birim üretim maliyetleri (c_m ve c_r) söz konusudur. Bu maliyetler, bir birim talebi karşılamak için katlanması gereken normal üretim (c_m) ve yeniden üretim (c_r) işlemlerinden kaynaklanmaktadır. İşletme sağlanan maliyet avantajından dolayı ($c_r < c_m$) mümkün olduğu sürece yeniden üretimi normal üretime tercih etmektedir. Müşterilerden talep gelmesi durumunda, işletme öncelikli olarak geri dönen ürün stok miktarına bakmaktadır. Eğer geri dönen ürün stoğunda ürün varsa, işletmenin ilk tercihi yeniden üretim yoluyla talebi karşılamak olmaktadır. Diğer yandan, normal üretim maliyetleri yeniden üretime göre düşük olduğu takdirde,

normal üretimi yeniden üretime tercih edebilmektedir. Eğer geri dönen ürün stoğunda ürün bulunmuyorsa, müşteri talebi geri dönen ürün stoğunda geri dönen ürün bulunana kadar normal üretim yoluyla karşılanmaktadır.

Bir kabul ve üretim kontrolü politikasında herhangi bir zamanda verilen karar sistemin o anki durumunu ortaya koymaktadır. Bu sebeple, sadece Markov politikaları dikkate alınmaktadır. Bir Markov politikasında sistem, geçmiş dönemde alınmış kararlardan etkilenmeyeceği, yani hafızası olmadığı için bir Markov politikası optimal politika olacaktır. Bu çalışmada, sonsuz dönemde birim zaman başına ortalama maliyeti minimize edecek optimal kabul ve üretim kontrolü politikası aranmaktadır.

İncelenen optimal kabul ve üretim kontrolü problemi Markov karar sürecine göre formüle edilmektedir. Her bir durum (x, y) olarak tanımlanmakla birlikte, bu değişkenler sırasıyla geri dönen ürün stoğunda bulunan ürün sayısı ile sistemdeki müşteri sayısını göstermektedir. Bu durum göz önünde bulundurularak $t(x, y)$ fonksiyonu (x, y) durumunda birim zaman bulunmaktan kaynaklanan maliyet fonksiyonu ve g ise işlem (ürün geri dönüşü, müşteri gelişi, yeniden üretim, normal üretim) başına ortalama maliyet olarak tanımlanmaktadır. Tüm bunlar bir araya getirilerek $t(x, y)$ fonksiyonu şu şekilde gibi tanımlanmaktadır:

$$t(x, y) = \frac{1}{\Lambda} [h_r * x + h_c * y + \lambda T_1 t(x, y) + \mu T_2 t(x, y) + \alpha T_3 t(x, y) + \beta T_4 t(x, y)]$$

Burada Lippman (1975)'in yöntemine göre tüm oranlar $\Lambda = \lambda + \mu + \alpha + \beta$ şeklinde toplanarak normalizasyon yoluna gidilmektedir. Eşitlikte yer alan $\frac{1}{\Lambda} \{h_r * x + h_c * y\}$ terimleri her karar döneminde katlanılan beklenen elde bulundurma ve bekletme maliyetlerini temsil etmektedir. Fonksiyonda yer alan T_1, T_2, T_3 ve T_4 durum operatörleri, her biri işletmenin karşılaşacağı olaylar sonucunda değişen durumları ifade etmektedir. Bir sonraki bölümde operatörlerin her biri açık olarak anlatılmaktadır. Lambda (λ) ile çarpılan T_1

operatörü, bir ürünün geri dönmesi durumuna ilişkindir. Buna göre, işletme geri dönen ürünü kabul ederek stoğunu bir adet daha arttırabilir ya da geri dönen ürünü reddederek stok miktarı aynı kalmaktadır. İşletme bu iki karar arasından en az maliyetli olan tercih etmektedir. $Mü(\mu)$ ile çarpılan T_2 operatörü, bir müşterinin sisteme girmesi ile ilişkilidir. Müşterinin sisteme girmesi ile birlikte sistemdeki müşteri sayısı bir kişi daha artmaktadır. Alpha (α) ile çarpılan T_3 operatörü, yeniden üretim gerçekleştirerek müşteri talebini karşılamayı göstermektedir. Bu üretim yönteminin kullanılabilmesi için gerek geri dönen ürün stoğunun gerekse müşteri sayısının sıfırdan büyük olması gereklidir. Aksi takdirde, yeniden üretim ile müşteri talebini karşılamak mümkün olmamaktadır. Son olarak Beta (β) ile çarpılan T_4 operatörü, müşteri talebinin normal üretim yoluyla karşılanmasını göstermektedir. İşletmenin yoğun müşteri talebini yeniden üretim ile karşılanamadığı durumlarda, normal üretimden elde edilen ürünler yardımıyla talep karşılanabilmektedir. Böylece sistemde çok fazla müşteri beklemeyeceği için müşteri bekletme maliyeti azalmaktadır. Eğer sistemde müşteri bulunmuyorsa, sistem mevcut durumunu korumaktadır.

3.4. OPTİMAL POLİTİKANIN YAPISI

Bu bölümde incelenen modelin kabul ve üretim politikası açısından karakterizasyonu yapılacaktır. Modelin çözüm aradığı başlıca problemler şunlardır:

- 1- Hangi durumlarda geri dönen ürün stoğuna ürün kabul edilmelidir?
- 2- Hangi durumlarda üretim ve/veya yeniden üretim yapılmalıdır?

Bu sorular doğrultusunda modelin politika karakterizasyonu için aşağıda belirtilen çeşitli tanımlamalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmada ele alınan model, kesikli zaman Markov karar sürecinde $\mathbb{Z}^+ \times \mathbb{Z}^+$ 'de tanımlı bir S durum uzayında bulunan $t(x,y): \mathbb{Z}^+ \times \mathbb{Z}^+ \rightarrow \mathbb{R}$ 'ye tanımlı bir t fonksiyonunu aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır:

$$t(x, y) = \frac{1}{\lambda} [h_r * x + h_c * y + \lambda T_1 t(x, y) + \mu T_2 t(x, y) + \alpha T_3 t(x, y) + \beta T_4 t(x, y)]$$

Bu tanımlanan t fonksiyonu seçilecek her bir hareket tarzının sonucunda verilecek karara göre farklılık göstermektedir. Bu fonksiyon, oluşabilecek her bir durum göz önünde bulundurularak T_1 , T_2 , T_3 , T_4 ve T operatörleri yardımıyla şu şekilde açıklanmaktadır:

$$T_1 t(x, y) = \min[t(x + 1, y), t(x, y) + c_s],$$

$$T_2 t(x, y) = t(x, y + 1),$$

$$T_3 t(x, y) = \begin{cases} t(x - 1, y - 1) + c_r & x \geq 0, y \geq 0 \\ t(x, y) & x = 0, y = 0 \end{cases},$$

$$T_4 t(x, y) = \begin{cases} \min[t(x, y - 1) + c_m, t(x, y)] & y \geq 0 \\ t(x, y) & y = 0 \end{cases},$$

$$T t(x, y) = \frac{1}{\lambda} [h_r * x + h_c * y + \lambda T_1 t(x, y) + \mu T_2 t(x, y) + \alpha T_3 t(x, y) + \beta T_4 t(x, y)]$$

Tanımlanan T_1 operatörü müşterilerden bir adet ürün geri dönmesi karşısında verilebilecek kararı göstermektedir. İşletme geri dönen ürünü kabul ederek elde bulundurma maliyetlerini arttırabilir ya da reddederek ürünlerin atık haline gelmesinden dolayı ceza maliyetine katlanmaktadır. Bu iki karar arasında minimum olanı seçilmektedir. T_2 operatörü sisteme bir müşterinin dahil olmasını göstermektedir. Böylece geri dönen ürün sayısı aynı kalırken sistemdeki müşteri sayısı artmaktadır. T_3 operatörü yeniden üretimin ancak ve ancak hem geri dönen ürün sayısının hem de müşteri sayısının pozitif olduğu durumlarda yapılabilindiğini, aksi takdirde sistemin aynı durumda kaldığını belirtmektedir. T_4 operatörü ise, işletmenin sistemde çok fazla sayıda müşteri varsa talebi üretim yoluyla karşılayarak, bekleyen müşteri sayısını azaltmasını veya geri dönen ürün girişini umarak müşteriyi bekletmesini göstermektedir. Eğer sistemde bekleyen müşteri bulunmuyorsa, normal üretime gerek olmadığından dolayı sistemin durumunda herhangi bir değişiklik olmamaktadır.

İşletmenin karşılaştığı durumlarını matematiksel olarak ifade eden durum operatörlerinin tanımlanmasının yanında optimal politika yapısının karakterizasyonu için aşağıdaki fark operatörlerinin de tanımlanması gerekmektedir. S durum uzayında bulunan tanımlı herhangi bir t fonksiyonu için fark operatörleri şu şekilde tanımlanmaktadır:

$$D_1 t(x, y) = t(x + 1, y) - t(x, y),$$

$$D_2 t(x, y) = t(x, y + 1) - t(x, y),$$

$$D_3 t(x, y) = t(x - 1, y - 1) - t(x, y),$$

$$D_4 t(x, y) = t(x, y - 1) - t(x, y).$$

D_1 operatörü ile tanımlanan fonksiyon stokta bir adet daha geri dönmüş ürün tutmanın marjinal maliyetini, D_2 hizmet kuyruğunda bir adet daha müşteri bekletmenin marjinal maliyetini göstermektedir. D_3 bir adet geri dönmüş ürününün yeniden üretim yoluyla müşteri talebini karşılanmasından kaynaklanan marjinal geliri ve D_4 ise bir adet müşteri talebini normal üretim yoluyla karşılanmasından kaynaklanan marjinal geliri göstermektedir.

V , S uzayında tanımlanan fonksiyonları içine alan bir küme olarak tanımlanırsa, eğer $t \in V$ ise,

$$(i) D_1 t(x, y) \uparrow x \text{ ve } \downarrow y ,$$

$$(ii) D_2 t(x, y) \downarrow x \text{ ve } \uparrow y ,$$

$$(iii) D_3 t(x, y) \uparrow x \text{ ve } \uparrow y ,$$

$$(iv) D_4 t(x, y) \uparrow x \text{ ve } \downarrow y \text{ olarak tanımlanmaktadır.}$$

Burada $\uparrow$ ve $\downarrow$ sembolleri sırasıyla operatörlerin yapısal olarak sistemde bulunan geri dönen ürün miktarı ve müşteri sayısına göre azalmayan ve artmayan olduğu anlamına gelmektedir. Yukarıda belirtilen koşullar t fonksiyonu üzerinde tanımlanmış D_1 , D_2 , D_3 ve D_4 operatörlerinin özelliklerini göstermektedir. $D_1 t(x, y) \uparrow x$ stoğa bir adet daha geri dönen ürünün

eklenmesinden kaynaklanan marjinal maliyetin giderek arttığını belirtmektedir. Yani, karar verici elinde x adet geri dönen ürün varken $x+1$ adet ürün bulundurmamak istemeyecektir, çünkü müşteri sayısı aynı oranda artmadığı için bu geri dönen ürünü yeniden üretime sürecine sokamayacaktır. $D_1 t(x, y) \downarrow y$ ise, stoğa bir adet daha ürün eklenirken, hizmet kuyruğuna giren müşteri sayısının marjinal maliyeti azalttığını belirtmektedir. Geri dönen ürün stoğu, sadece yeni müşterilere yeniden üretim yaparak azaltılabildiği göz önüne alındığında böyle bir sonucun olması beklenmektedir.

İkinci olarak, $D_2 t(x, y) \downarrow x$ durumunda hizmet kuyruğuna giren müşteri sayısı artarken geri dönen ürün sayısının artması sonucunda marjinal maliyetin azaldığını göstermektedir. Hizmet kuyruğuna giren müşterilerin sayısı öncelikli olarak yeniden üretim ile daha düşük maliyetle azaltılabileceği için geri dönen ürün sayısı bu durum açısından pozitif etki sağlamaktadır. $D_2 t(x, y) \uparrow y$ durumunda ise, müşteri sayısının artması müşteri bekletmenin marjinal maliyetini de arttırmaktadır. Geri dönen ürün sayısı artmıyorken hizmet kuyruğuna giren müşteri sayısı giderek artmakta ve bu da fazladan maliyet yükü getirmektedir.

Üçüncü olarak, $D_3 t(x, y) \uparrow x$ durumunda geri dönen ürün sayısının artması geri dönmüş ürününün yeniden üretim yoluyla müşteri talebini karşılanmasından kaynaklanan marjinal kazancı arttırmaktadır. Şöyle ki, stokta yeterli miktarda geri dönen ürünün olmaması yeniden üretimi sekteye uğratacak ve daha az müşterinin ihtiyacı karşılandığı için kazanç da düşecektir. Bu sebeple, geri dönen ürün sayısının artması marjinal kazanca olumlu yönde etki etmektedir. $D_3 t(x, y) \uparrow y$ durumunda ise, hizmet kuyruğuna giren müşteri sayısının arttırması yeniden üretim yoluyla müşteri talebini karşılanmasından kaynaklanan marjinal kazancı arttırmaktadır. Bu durumda da, yeterli miktarda geri dönmüş ürün olmasına rağmen yeterli sayıda müşteri hizmet kuyruğunda değilse geri dönmüş ürünler stokta bekleyecek ve ek maliyet oluşturacaktır. O yüzden hizmet kuyruğuna müşteri girmesi marjinal kazanca artı etkisi bulunmaktadır.

Son olarak, $D_4 t(x, y) \uparrow x$ durumunda, geri dönen ürün sayısı arttıkça bir adet müşteri talebini normal üretim yoluyla karşılanmasından kaynaklanan marjinal kazanç da artmaktadır. Normal üretim yeniden üretime göre özellikle girdi harcamaları yüzünden daha maliyetli olduğundan dolayı normal üretim yoluna gidilmesi maliyeti arttırmaktadır. Bu sebeple, geri dönen ürün sayısı arttıkça daha fazla yeniden üretim yapılacağı için normal üretimden kaynaklanan maliyet azalacaktır. $D_4 t(x, y) \downarrow y$ durumunda ise, hizmet kuyruğuna giren müşteri sayısı arttıkça müşteri talebini normal üretim yoluyla karşılanmasından kaynaklanan marjinal kazanç azalmaktadır. Normal üretim yoluyla geri dönen ürünlere yönelik müşterilerin talebini geri dönen ürün stok miktarı az iken karşılamanın ilk başlarda olumlu etkisi olsa da, müşteri sayısı arttıkça daha az olumlu ve daha çok maliyetli hale geleceği için marjinal kazanç giderek azalmaktadır.

Yardımcı Kuram (Lemma) 1.

Eğer $t \in V$ ise, T_1t, T_2t, T_3t, T_4t ve $Tt \in V'$ dir.

İspat: Yardımcı kuram ve tüm diğer teoremlerin ispatı ekte verilmektedir.

Bütün bu tanımlamalardan yola çıkarak, aşağıdaki teorem kabul ve üretim kontrolü modelinin optimal politika yapısını tanımlamaktadır.

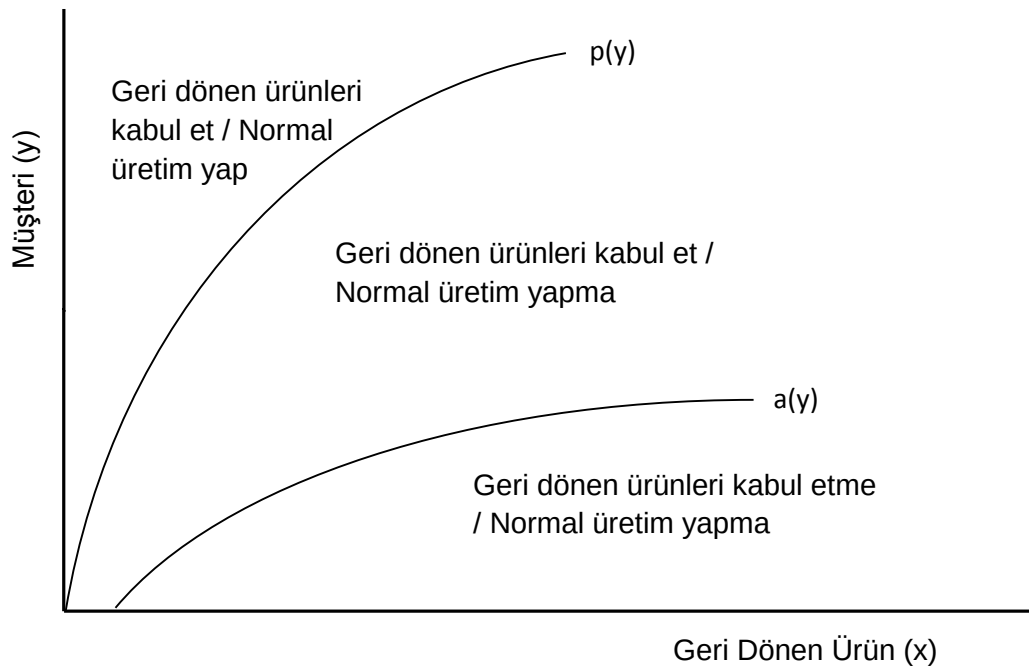
Teorem 1.

- a) Optimal kabul politikası $a(y)$ olarak adlandırılan bir değişim eğrisi ile tanımlanmaktadır. Buna göre eğer $x < a(y)$ ise, optimal politika geri dönen ürünü kabul ederek geri dönen ürün stoğuna dahil etmektir. Diğer yandan $x \geq a(y)$ ise, optimal politika geri dönen ürünü kabul etmeyerek mevcut geri dönen ürün stok miktarını sabit tutmaktır.
- b) Optimal üretim politikası da, aynı şekilde $p(y)$ olarak adlandırılan bir değişim eğrisi ile tanımlanmaktadır. Buna göre $x \leq p(y)$ ise, optimal politika müşteri ihtiyacının üretim yoluyla karşılanmasıdır. Eğer $x >$

$p(y)$ ise, optimal politika müşteri ihtiyacının yeniden üretim yoluyla karşılanmasıdır.

Teorem 1'de anlatılan genel bir probleme ait optimal politikanın yapısı görsel olarak şekil 7'de gösterilmektedir. Optimal politika yapısı geri dönen ürünlerin kabul edilip edilmemesi ve tercih edilecek üretim yöntemi kararlarına göre üç bölgeden oluşmaktadır.

Şekil 7:Optimal Politika Yapısı



Bu yapıya göre, birinci bölgede geri dönen ürünlerin kabul edildiği ve müşteri ihtiyaçlarını üretim yoluyla karşılandığı görülmektedir. İkinci bölgede ($a(y)$ ve $p(y)$ eğrilerinin arasında kalan bölge), geri dönen ürünlerin kabul edilmekte, fakat yeterince geri dönen ürün miktarı elde edildiği için artık talepler yeniden üretim yoluyla karşılanmaktadır. Son bölgede ise, geri dönen ürün miktarı çok fazla olduğu için geri dönen ürünler kabul edilmemekte ve müşteri ihtiyaçları yeniden üretim ile karşılanmaktadır.

Teorem 2.

Eğer optimal üretim politikası üretim yapma yönündeyse, optimal kabul politikası geri dönen ürünü kabul etme yönündedir. Yani optimal kabul politikası ve optimal üretim politikası arasındaki ilişki her zaman için $p(y) \leq a(y)$ olacaktır. Bu yüzden, işletme normal üretim yapıyorsa her geri dönen ürünü de kabul etmelidir.

Teorem 2 optimal politikanın yapısı açısından çok önemli sonuçlar içermektedir. İlk olarak, eğer bir durum için optimal üretim kararı normal üretim yapmak ise, o durumda verilecek optimal kabul kararı geri dönen ürünü kabul etmek olacaktır. Aksi takdirde, yeterli geri dönen ürün miktarına ulaşamadıkça daha ucuz olan yeniden üretim gerçekleşemeyecektir. İkinci olarak, $a(y)$ 'nin daha fazla geri dönen ürünün kabul edilmesine izin vermesi ile birlikte hem normal üretimden kaynaklanan maliyet hem de ceza maliyetinden tasarruf sağlanmaktadır.

3.5. MODELİN SAYISAL ÖRNEKLERİ

Önceki bölümde Teorem 1 tarafından belirlenen optimal kontrol politikası oldukça karmaşık yapıdadır. Optimal kontrol politikasına göre işletme üretim ve geri dönen ürün kabulü hakkındaki kararlarını değişim eğrilerini değerlendirerek vermelidir ve bu da uygulamada büyük sorunlar yaratabilmektedir. Ayrıca gerek üretim gerekse kabul kararları geri dönen ürün miktarı ve müşteri sayısını göre eşzamanlı verilmesi gerekliliği bir diğer zorluktur. Geri dönen ürün miktarı ve müşteri sayısındaki artışların çok olması optimal üretim ve kabul verme kararlarını ters yönde etkilemekte ve giderek zorlaştırmaktadır. Bu sebepler, modelin uygulanabilirliğini önemli ölçüde güçleştirmektedir. Bu yüzden optimal politika yapısını, uygulanması daha kolay olan bir basit bir politika yapısı ile karşılaştırmaya gidilecektir. Böylelikle optimal politika ile uygulaması daha kolay olan basit bir politika arasındaki farklılıklar ortaya çıkartılacaktır.

Bu karşılaştırmayı yapmadan önce optimal politikaya göre belirlenmesi ve uygulanması daha kolay olan basit politika açıklanması gerekmektedir. Basit politika, A ve P gibi iki tam sayı parametre ile belirlenmektedir. A sayısı kabul edilecek maksimum geri dönen ürün miktarını gösterirken, P sayısı ise taleplerin üretim yoluyla karşılanma sınırını göstermektedir. Öyle ki, eğer işletmenin elinde P kadar geri dönen ürün varsa talep üretim yoluyla karşılanacak, P'den daha fazla ise yeniden üretim yoluyla karşılanacaktır. Herhangi A ve P değeri için hesaplanması oldukça kolay bir Markov zincirinin oluşması sonucunu doğuracaktır. Geriye kalan uygun A ve P değerlerinin tespiti. Bunun için de basit bir iki yönlü arama gerçekleştirilmektedir. Bu basit politika, her ne kadar hesaplanılabilirlik açısından zor olsa bile, tanımlanması ve uygulanması oldukça kolay bir politikadır.

Basit politika belirlendikten sonra optimal politika ile karşılaştırması sistemin işleyişinin uygun bir şekilde değerlendirilebilmesi için gereklidir. Bunu sağlamak amacıyla modelde yer alan parametrelerin değerleri farklılaştırılıp, optimal politika sonuçları ile basit politika sonuçları elde edilmiştir. Modelin parametreleri sistematik bir şekilde belirlenerek 32 farklı senaryodan sonuçlar elde edilmiştir. Tablo 7 ve tablo 8 sırasıyla zamanlara ve maliyetlere ait veri setlerinin oluşturma sistematikliğini göstermektedir.

Tablo 7: Zaman Parametreleri

Müşteri	Geri Dönen Ürün	Yeniden Üretim	Normal Üretim
Sabit	Yavaş	Sabit	Yavaş
	Hızlı		Hızlı

Tablo 8: Maliyet Parametreleri

Müşteri Bekletme Maliyeti	Geri Dönen Ürün Stok Maliyeti	Normal Üretim Maliyeti	Yeniden Üretim Maliyeti	Atık Maliyeti
Sabit	Düşük	Sabit	Düşük	Düşük
	Yüksek		Yüksek	Yüksek

Öncelikle veri setlerinde müşterinin geliş hızı her senaryo için sabitlenmiş olup geri dönen ürünün geliş hızı ise yavaş ve hızlı olmak üzere iki farklı veri olarak ele alınmıştır. Müşterilerin sisteme geliş hızı her zaman gerek hızlı gerekse yavaş geri dönen ürün hızından büyük olmaktadır. İşletmeye gelecek müşteri talepleri, hem normal üretim hem de yeniden üretim ile karşılandığı için geri dönen ürün sayısından fazla olduğu varsayılmaktadır.

Diğer yandan yeniden üretim hızı sabitlenirken, normal üretim hızı yavaş ve hızlı olmak üzere iki farklı parametre olarak değerlendirilmektedir. Yeniden üretimin normal üretime göre daha az işlem gerektirmesi nedeniyle gerek yavaş gerekse hızlı normal üretimden daha çabuk yapılmaktadır. Yeniden üretim geri dönen ürünler üzerinde eskimiş parçaları değiştirme ya da yeni parça ekleme gibi işlemler gerektirdiğinden normal üretimden çok daha kısa sürede gerçekleştirilmektedir.

Tablo 8'de birim müşteri bekletme maliyeti sabit olarak tutulmuş, geri dönen ürünlerin birim stok maliyeti ise düşük ve yüksek olarak ele alınmıştır. Geri dönen ürünler kabul politikasına göre değerlendirildiğinden dolayı, geri dönen ürün birim stok maliyetlerinin farklılaştırılması, optimal politikasının ne yönde etkilendiğini tespiti açısından önem arz etmektedir. Müşteri talebini kaybetmek çok daha risk içerdiği için birim müşteri bekletme maliyeti birim geri dönen ürün maliyetinden daha büyük varsayılmıştır. Normal üretim maliyeti sabit olarak tutulmuş, yeniden üretim maliyeti ise düşük ve yüksek olarak ele alınmıştır. Normal üretimde sıfırdan hammadde temin edilirken, yeniden üretimde ürünler zaten üretilmiş olmaktadır. Bu sebeple, normal üretimin maliyeti yeniden üretim maliyetlerine göre daha yüksek olarak belirlenmiştir. Atık maliyetler ise işletmeye büyük yük getirdiği için istenmemektedir. Bu

yüzden, atık maliyetler özellikle yeniden üretim maliyetlerin den daha fazla olacak şekilde düşük ve yüksek olarak belirlenmiştir.

Tablo 9 bahsedilen sistematığe göre oluşturulmuş 32 sayısal örneğin optimal politika ve sezgisel yöntem neticesinden elde edilen sonuçları göstermektedir. Sonuçlardan da görüldüğü üzere optimal politikadan elde edilen maliyetler ile basit politika arasında elde edilen maliyetler arasında ciddi farklar bulunmaktadır. Öyle ki, onikinci senaryoda optimal politika ile basit politika arasındaki yüzde fark 17 iken altıncı senaryoda yüzde 73'e kadar çıkmıştır. Buradan yola çıkarak optimal politikanın basit politikaya göre çok ciddi oranda maliyet avantajı sağladığı söylenebilir. Her ne kadar basit politika maliyet açısından avantajlı olmasa da, A ve P sayıları bir defa hesaplandığı için uygulanması çok daha kolaydır.

Tablo 9: Optimal Politika ve Basit Politikanın Karşılaştırılması

No	μ	λ	α	β	h_c	h_r	c_m	c_r	c_s	Optimal	Basit Politika	A	P	% Fark
1	1	0,6	1,5	1	4	1	50	5	25	12,474	22,219	30	20	43,86
2	1	0,8	1,5	1	4	1	50	5	25	9,405	18,002	14	13	47,76
3	1	0,6	1,5	1,2	4	1	50	5	25	7,134	13,717	30	17	47,99
4	1	0,8	1,5	1,2	4	1	50	5	25	5,652	10,521	14	11	46,28
5	1	0,6	1,5	1	4	2	50	5	25	9,490	26,934	18	16	64,77
6	1	0,8	1,5	1	4	2	50	5	25	7,329	27,453	8	11	73,30
7	1	0,6	1,5	1,2	4	2	50	5	25	10,082	20,972	15	15	51,93
8	1	0,8	1,5	1,2	4	2	50	5	25	6,198	16,583	8	10	62,62
9	1	0,6	1,5	1	4	1	50	10	25	10,120	18,130	30	20	44,18
10	1	0,8	1,5	1	4	1	50	10	25	7,775	28,132	13	13	72,36
11	1	0,6	1,5	1,2	4	1	50	10	25	11,212	12,974	28	17	13,58
12	1	0,8	1,5	1,2	4	1	50	10	25	8,593	10,361	13	11	17,06
13	1	0,6	1,5	1	4	2	50	10	25	11,216	34,038	15	18	67,05
14	1	0,8	1,5	1	4	2	50	10	25	9,404	30,105	8	11	68,76
15	1	0,6	1,5	1,2	4	2	50	10	25	8,915	20,522	14	15	56,56
16	1	0,8	1,5	1,2	4	2	50	10	25	7,372	14,079	10	7	47,6

Tablo 9 (devamı): Optimal Politika ve Basit Politikanın Karşılaştırılması

17	1	0,6	1,5	1	4	1	50	5	50	10,055	16,494	30	20	39,04
18	1	0,8	1,5	1	4	1	50	5	50	6,174	10,661	19	13	42,09
19	1	0,6	1,5	1,2	4	1	50	5	50	8,877	12,247	30	17	27,52
20	1	0,8	1,5	1,2	4	1	50	5	50	5,673	10,797	19	11	47,46
21	1	0,6	1,5	1	4	2	50	5	50	9,469	21,363	22	18	55,68
22	1	0,8	1,5	1	4	2	50	5	50	9,275	33,762	11	11	72,53
23	1	0,6	1,5	1,2	4	2	50	5	50	10,615	18,687	21	15	43,20
24	1	0,8	1,5	1,2	4	2	50	5	50	6,190	16,703	10	9	62,94
25	1	0,6	1,5	1	4	1	50	10	50	8,976	17,108	30	20	47,53
26	1	0,8	1,5	1	4	1	50	10	50	7,000	13,027	18	13	46,27
27	1	0,6	1,5	1,2	4	1	50	10	50	6,843	29,429	30	18	76,75
28	1	0,8	1,5	1,2	4	1	50	10	50	7,208	16,408	14	10	56,07
29	1	0,6	1,5	1	4	2	50	10	50	11,443	26,463	21	18	56,76
30	1	0,8	1,5	1	4	2	50	10	50	11,406	19,110	11	10	40,31
31	1	0,6	1,5	1,2	4	2	50	10	50	10,137	18,623	20	15	45,57
32	1	0,8	1,5	1,2	4	2	50	10	50	7,924	19,644	10	10	59,66

İlk olarak sadece geri dönen ürünlerin geliş hızında farklılaşan birinci ve ikinci senaryolar incelendiğinde, ikinci senaryodan elde edilen optimal politikanın maliyeti birinci senaryodan elde edilen maliyetten daha düşük olduğu görülmektedir. Bunun sebebi, ikinci senaryodaki geri dönüş hızının yüksek olmasıdır. Yüksek geri dönüş hızı olduğu için geri dönen ürün stoğunda daha fazla ürün bulunacak ve böylece daha fazla yeniden üretim yapılabilecektir. Bu her ne kadar geri dönen ürün stoğundan kaynaklanan maliyeti attırsa da yeniden üretimden kaynaklanan kazanç daha fazla olduğu için maliyetlere pozitif yönde bir etkisi olmaktadır. Diğer tüm senaryolarda da tüm parametreleri aynı olup, sadece geri dönüş hızında farklılaşma olduğu zaman hızlı geri dönüşte maliyetlerin düşmesi bahsedilenleri desteklemektedir. Sadece normal üretim zamanları bakımından farklılaşan birinci senaryo ile üçüncü senaryoların maliyetlerine bakacak olursak, üçüncünün optimal politika maliyetinin daha iyidir. Bunun sebebi ise, normal üretimin daha hızlı yapılması sayesinde daha düşük birim müşteri bekleme maliyetine katlanması olarak açıklanabilir.

Yeniden üretim maliyetleri açısından farklılaşan üçüncü ve onbirinci senaryolara bakıldığında, üçüncü senaryonun optimal politika maliyeti onbirinci senaryonun maliyetinden daha düşük olduğu görülmektedir. Yeniden üretim maliyetinde artışın doğal sonucu olarak ortalama maliyet de artmaktadır. Aynı şekilde onikinci senaryonun optimal politika maliyetinin dördüncü senaryonun maliyetinden büyük olması bunu destekler niteliktedir. Son olarak ceza maliyetleri açısından birbirinden farklılaşan dokuzuncu ve yirmibeşinci senaryolar incelenecek olursa, dokuzuncu senaryonun optimal politika maliyetinin yirmibeşinci senaryonunkinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Ceza maliyetinin yüksek olması işletmenin daha fazla geri dönen ürünü kabul etmesini gerektirmektedir. Her ne kadar geri dönen ürün stok maliyeti artsa da ceza maliyetine katlanmak daha büyük bir yük getirdiği için daha fazla stok tutulma tercihi yapılmaktadır. Bu da sonuç olarak maliyetlerde düşüşe yol açmaktadır.

Basit politikanın verdiği sonuçlar optimal politika sonuçlarına göre çok daha kötü olmasına rağmen optimal politika ile tutarlılık göstermektedir. Örnek olarak, birinci ve ikinci senaryoların basit politika göre sonuçları optimal politika sonuçları ile paralellik göstermektedir. Aynı şekilde geri dönen ürün sayısı arttıkça maliyetin de düştüğü gözlenebilir. Basit politikanın belirlediği geri dönen ürünü kabul etme sınırı olan A ve normal üretim ile yeniden üretim sınırını belirleyen P değerleri de incelenmesi gereken bir başka konudur. İlk senaryodaki A ve P değerlerine bakıldığında 30 ve 20 olduğu görülmektedir. Yani gerek kabul edilen geri dönen ürün sayısı açısından gerekse normal üretim sınırı açısından oldukça büyük değerlerdir. İkinci senaryoda ise A ve P değerli sırasıyla 14 ve 13 olmaktadır. Görüldüğü üzere geri dönen ürün sayısındaki artış basit politikanın seçtiği sınırları nerede ise yarıya düşürmektedir. Diğer senaryo çiftlerinde de aynı durumun gözlenmesi geri dönen ürün sıklığının işletmenin belirlemesi gereken sınırları çok ciddi bir şekilde etkilediğini göstermektedir.

Bunun dışında basit politika senaryoların birçoğunda geri dönen ürün sınırını maliyet avantajından dolayı üretim eşiğine göre daha büyük bir değer olarak belirlemektedir. Bu durum yalnızca altıncı, sekizinci ve ondördüncü senaryolarda tam tersi şeklinde olmuştur. Ayrıca, üretim sınırının daha düşük olduğu senaryolarda daha fazla yeniden üretim yapma imkânı olduğundan dolayı daha düşük maliyet ortaya çıkmaktadır.

SONUÇ

Tersine lojistik özellikle artan çevre duyarlılığı ve yasal düzenlemelerden dolayı giderek daha önemli hale gelen bir konudur. Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa Birliği başta olmak üzere birçok gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde gerek çevrenin korunması gerekse kaynakların daha etkili kullanımı için üretici işletmeler tersine lojistik faaliyetleri gerçekleştirmektedir. Geleneksel tedarik zinciri ile tersine lojistik arasındaki fark sadece ürünlerin akış yönü olmayıp, mevcut süreçlerin farklılaşması ve yepyeni süreçler eklenmesini de içermektedir. Tersine lojistik garanti kapsamında dönüşleri içermesine rağmen, ana kaynağı kullanım sonrası ürünlerin dönüşleri ve ticari döngüler oluşturmaktadır. Ayrıca tersine lojistik faaliyetleri ürünün mevcut durumunda farklı düzeylerde değişiklik yapan tamir, yeniden üretim ve geri dönüşüm şeklinde gerçekleştirilmektedir. Bunların arasında gerek uygulanma gerekse akademik açıdan yeniden üretim yöntemi bir adım öne çıkmaktadır. Yeniden üretim, kullanılmış ürünleri ya eski parçalarını değiştirerek ya da bu ürünlere yeni parçalar ilave ederek yeniden kullanılabilir hale getirmektir. İşletmeler yeniden üretim faaliyetini yaparken fazladan maliyetlere katlanmak zorunda olsa da, bu faaliyet neticesinde geleneksel üretim yöntemlerine göre büyük tasarruf sağlamaktadır. Kimi işletmeler yeniden üretim faaliyetlerini kendi içerisinde gerçekleştirirken, kimi işletmeler ise bu iş üzerine uzmanlaşmış dış kaynaklardan destek almaktadır.

Bu çalışma müşteri taleplerini bir çeşit ürün ile karşılayan bir orijinal parça üretici işletmenin tersine lojistik sisteminden esinlenerek ortaya çıkmıştır. Bu işletme hem normal üretim hem de yeniden üretimden oluşan karma bir üretim sistemi kullanmaktadır. Karma üretim sistemi siparişe üretim temelinde yapılmaktadır. Bu çalışma bahsedilen işletmenin kabul ve üretim kontrol problemini incelemekte ve bu problemin çözümüne ilişkin optimal politika yapısı oluşturulması amaçlanmaktadır. Optimal politika yardımı ile işletmenin iki farklı stratejik kararda kontrolü sağlanmaktadır. Bunlardan ilki, işletmenin geriye dönen ürün kabulüne ilişkindir. İkincisinde ise, müşteri

taleplerini ne zaman normal üretim veya yeniden üretim yoluyla karşılayacağını belirlenmesidir.

Bu çalışmanın mevcut üretim ve stok kontrolü literatüründen en önemli farkı, hem normal üretim hem de yeniden üretimden oluşan karma üretim sisteminin sadece siparişe üretim olarak gerçekleştirmesidir. Literatürdeki çalışmaların tamamında geri dönen ürünler ve son ürünler için iki farklı stok noktası bulunmaktadır. Hâlbuki bu çalışma, son ürün stoğu tutmayarak tam anlamıyla siparişe üretim temelinde çalışan bir işletmenin üretim sistemini incelemektedir.

Diğer yandan kabul ve üretim kontrolü literatüründe tersine lojistik konusu hemen hemen hiç incelenmemiş bir konudur. Bu yönde sadece bir çalışma yapılmıştır (Kim, Song, Klm, & Jeong, 2006). Fakat bu çalışmada da her iki üretim sistemi stoğa üretim yapmakla birlikte, üretim ve stok kontrolü literatüründe olduğu gibi geri dönen ürün stoğu ve son ürün stoğu olmak üzere iki farklı stok noktası bulunmaktadır. Bu çalışma, mevcut literatürde karma üretim sistemini siparişe üretim temelinde ele alan ve bunun sonucu olarak sadece tek bir stok noktasını (geri dönen ürün stoğu) dikkate alan tek çalışmadır.

Bu çalışma yukarıda bahsedilen işletmenin kabul ve üretim kontrolü problemini çözmek için optimal politikalar üreten bir model oluşturmaktadır. Model, Markov karar süreçlerini kullanarak sonsuz dönemdeki ortalama maliyeti hesaplamaktadır. Ek olarak, işletmenin geri dönen ürün miktarını kontrol eden optimal kabul politikası ve üretim yöntemini belirleyen optimal üretim politikası da modelin bir diğer önemli sonuçlarındandır. Modelin performansını ölçmek amacıyla parametrelerin sistematik bir şekilde değiştirilmesi ile elde edilen 32 adet farklı senaryo altında değerlendirilmesi yapılmıştır. Ayrıca optimal sonuç veren model uygulama açısından oldukça zahmetli olmasından dolayı, uygulanması daha kolay olan basit bir politika ile karşılaştırılması da yapılmıştır. Her bir senaryo açısından optimal sonuç veren modelin basit politikaya göre çok daha iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir.

İleriki çalışmalar açısından modeldeki üretim maliyetler değişken maliyetlere ek olarak hazırlık maliyetleri de eklenerek yeniden incelenebilir. Hazırlık maliyetlerinin eklenmesi modeli çözülmesi çok daha karmaşık hale getirecektir. Ayrıca, bu çalışmada modelde sürekli gözden geçirme yöntemi kullanıldığından dolayı, bir sonraki aşamada model dönemsel gözden geçirme yöntemine göre oluşturulabilir.

Son olarak bu çalışmada işletmenin sadece geri dönen ürünler bir kabul kontrolü bulunmaktadır. İşletmeden ürün talep eden müşterilerin sisteme dahil olmasını kontrol eden bir başka kabul kontrolü de modele ileriki çalışmalarda eklenebilir.

KAYNAKÇA

AHISKA, S. Ş., KING, R. E; "Life Cycle Inventory Policy Characterizations for a Single-Product Recoverable System", **International Journal of Production Economics** , 1224, 51–61, 2010.

AMMAH-TAGOE, F., "Freight in America", Washington: U.S. Department of Transportation, 2006.

ARNOLD, J. R., "Introduction to Material Management", New Jersey: Prentice-Hall Inc, 1991.

ATASU, A., ÇETİNKAYA, S.; "Lot Sizing for Optimal Collection and Use of Remanufacturable Returns over a Finite Life-Cycle", **Production and Operations Management**, 15 (4), 473–487, 2006.

BARROS, A. I., DEKKER, R., SCHOLTEN, V.; "A Two-Level Network For Recycling: A Case Study", **European Journal of Operational Research** , 110, 199-214, 1998.

BAYINDIR, Z. P., ERKİP, N., GÜLLÜ, R.; "A Model to Evaluate Inventory Costs in a Remanufacturing Environment", **International Journal of Production Economics** , 81-82, 597–607, 2003

BELTRAN, J. L., KRASS, D.; "Dynamic Lot Sizing with Returning Items and Disposals", **IIE Transactions** , 34, 437-448, 1997.

BENJAAFAR, S., ELHAFSI, M., LEE, C.-Y., ZHOU, W. "Optimal Control of an Assembly System with Multiple Stages and Multiple Demand Classes", **Operations Research**, 59 (2), 522–529, 2011.

BLACKBURN, J., GUIDE, V., SOUZA, G., Van Wassenhove, L. N., "Reverse Supply Chain for Commercial Returns", **California Management Review**, 46 (2), 6-23, 2004.

BLUMBERG, D. F., **"Strategic Examination of Reverse Logistics and Repair Service Requirements, Needs, Market Size and Opportunities"**, *Journal of Business Logistics*, 20 (2), 141-159, 1999.

CAIRNCROSS, F., **"How Europe's Companies Reposition to Recycle"**, *Harvard Business Review*, 34 - 45, 1992.

CANIVATO, J. L., **"What's Your Supply Chain Type. Supply Chain"**, *Management Review*, 3 (3), 60-66, 2002.

CARR, S., DUENYAS, I. **"Optimal Admission Control and Sequencing in a Make-to-Stock/Make-to-Order Production System"**, *Operations Research*, 48 (5), 709-720, 2000.

CARTER, C. R., ELLRAM, L. M., **"Reverse Logistics: A Review of The Literature and Framework For Future Investigation"**, *Journal of Business Logistics*, 19 (1), 85-102, 1998.

CAT. (2013, 10 26). *Parts.Cat.Com.* 10 26, 2013 tarihinde <http://parts.cat.com/parts/cat-reman-products> adresinden alındı

CELESTINO, M., **"Choosing a Third Party Logistics Provider"**, *World Trade*, 54-56, 1999.

ÇEVRE ve ORMAN BAKANLIĞI. (2013, 10 03). 10 03, 2013 tarihinde <http://www.atikyonetimi.cevreorman.gov.tr/yonetmelikler.htm> adresinden alındı

ÇEVKO. 10 03, 2013 tarihinde Çevre Koruma ve Atıkları Değerlendirme Vakfı: <http://www.cevko.org.tr/cevko/lc-Sayfa/Cevko/Haberler/AEEE.aspx> adresinden alındı

CHENGALUR, S. (2005, 05). 09 24, 2013 tarihinde United States Environmental Protection Agency: <http://www.epa.gov/climateleadership/documents/events/may2005/chengalur0505.pdf> adresinden alındı

CHOPRA, S., MEINDL, P., **"Supply Chain Management: Strategy, Planning and Operations"**, New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2007.

DEEPEN, J. M., **"Logistics Outsourcing Relationships"**, New York: Physica Velag, 2007.

DELL. (2013). *Dell Outlet*. 10 29, 2013 tarihinde <http://www.dell.com/learn/us/en/22/campaigns/why-dell-outletusdfh?c=us&l=en&s=dfh&cs=22&dgc=IR&cid=260728&lid=4691851&delphi:gr=true> adresinden alındı

DELOITTE., **"Taşımacılık ve Lojistik Sektörü Raporu"**, Ankara: T.C. Başbakanlık Yatırım Destek ve Tanıtım Ajansı, 2010.

DOWLATSHAHI, S., **"Developing a Theory of Reverse Logistics"**, *Interfaces*, 30 (3), 143-155, 2000.

DOWLATSHAHI, S., **"A Strategic Framework For The Design and Implementation of Remanufacturing Operations in Reverse Logistics"**, *International Journal of Production Research*, 43 (16), 3455–3480, 2005.

EROL, İ., VELİOĞLU, M. N., ŞERİFOĞLU. S. F., BÜYÜKÖZKAN G., ARAS, N., ÇAKAR, N. D., KORUGAN, A., **"Exploring Reverse Supply Chain Management Practices in Turkey"**, *Supply Chain Management: An International Journal*, 15 (1), 43–54, 2010.

FLAPPER, S. D., **"On the Operational Aspects of Reuse"**, *Proceedings 2nd International Symposium on Logistics*, 343-348, Nottingham (UK), 1995.

FLEISCHMANN, M., BLOEMHOF-RUWAARD, J. M., DEKKER, R., VAN DER LAAN, E., VAN NUNEN, J., VAN WASSENHOVE, L. N., **"Quantative Models For Reverse Logistics: A Review"**, *European Journal of Operational Research*, 103, 1-17, 1997.

FLEISCHMANN, M., BEULLENS, P., BLOEMHOF-RUWAARD, J., VAN WASSENHOVE, L. N., **"The Impact of Product Recovery on Logistics Network Design"**, *Production and Operations Management*, 10 (2), 156-173, 2001.

FRAZELLE, E., **"Supply Chain Strategy"**, New York: McGraw-Hill, 2002.

Gazetesi, Z. (2013, Ocak 10). *Zaman Gazatesi*. Temmuz 10, 2013 tarihinde Zaman Gazatesi Web Sitesi: http://www.zaman.com.tr/ekonomi_eskiyen-beyaz-esyanizi-sakin-atmayin_2038725.html adresinden alındı

GINTER, P. M., STARLING, J. M., **"Reverse Distribution Channels For Recycling"**, *California Management Review*, 20 (3), 72-82, 1978.

GUIDE, V. D., **"Production Planning and Control for Remanufacturing: Industry Practice and Research Needs"**, *Journal of Operations Management*, 18 (4), 467-483, 2000.

GUIDE, V. D., JARAYAMAN, V., SRIVASTAVA, R., BENTON, W. C., **"Supply Chain Management for Recoverable Manufacturing Systems"**, *Interfaces*, 30 (3), 125-142, 2000.

GUIDE, V. D., VAN WASSENHOVE, L. N., **"Managing Product Returns For Remanufacturing"**, *Production and Operations Management*, 10 (2), 142 - 155, 2001.

GUIDE, V. D., SOUZA, G., VAN WANHOSSE, L. N., Blackburn, J. D., **"Time Value of Commercial Product Returns"**, *Management Science*, 52 (8), 1200–1214, 2006.

GUIDE, V. D., VAN WASSENHOVE, L., **"The Evolution of Closed-Loop Supply Chain Research"**, Cedex, France: INSEAD, 2008.

GUIDE, V. D., VAN WASSENHOVE, L. N., **"The Evolution of Closed-Loop Supply Chain Research"**, *Operations Research*, 57 (1), 10–18, 2009.

HA, A., " **Inventory Raitoning in a Make-to-Stock Production System with Several Demand Classes and Lost Sales**", *Management Science*, 43 (8), 1093-1103, 1997.

HEWITT, F., "**After Supply Chain, Think Demand Pipelines**", *Supply Chain Management Review*, 3, 28-38, 2001.

HP. (2012, 10). 10 26, 2013 tarihinde http://www.hp.com/united-states/renew/pdf/reman_process.pdf adresinden alındı

INDERFURTH, K., de Kok, A. G., Flapper, S. D., "**Product Recovery in Stochastic Remanufacturing Systems with Multiple Reuse Option**", *European Journal of Operational Research*, 133, 130-152, 2001.

INDERFURTH, K., "**Optimal Policies in Hybrid Manufacturing/ Remanufacturing Systems with Product Substitution**", *International Journal of Production Economics*, 90, 325-343, 2004.

INDERFURTH, K., "**Simple Optimal Replenishment and Disposal Policies for a Product Recovery System with Leadtimes**", *OR Spektrum*, 19, 111-122, 1997.

JAYARAMAN, V., LUO, Y., "**Creating Competitive Advantages Through New Value Creation: A reverse Logistics Perspective**", *Academy of Management Perspectives*, 21 (2), 56-72, 2007.

IOANNIDIS, S., "**An Inventory and order Admission Control policy for Production Systems with Two Customer Classes**", *International Journal of Production Economics*, 131 (2), 663–673, 2011.

IRAVANI, S., LIU, T., SIMCHI-LEVI, D., "**Optimal Production and Admission Policies in Make-to-Stock/Make-to-Order Manufacturing System**", *Production and Operations Management*, 21 (2), 224–235, 2012.

KARA, S. S., ONUT, S., **"A Stochastic Optimization Approach for Paper Recycling Reverse Logistics Network Design Under Uncertainty"**, *International Journal of Environmental and Science Technology*, 7 (4), 717-730, 2010.

KIESMÜLLER, G. P., **"Optimal Control of a One Product Recovery System with Leadtimes"**, *International Journal of Production Economics*, 81-82, 333-430, 2003.

KIM, E., **"Centralized Admission and Production Control in a Two-stage Supply Chain with Single Component and Customized Products"**, *International Journal of Production Economics*, 140 (1), 530–540, 2012.

KIM, E., SAGHAFIAN, S., Van Oyen, M. P., **"Joint Control of Production, Remanufacturing, and Disposal Activities in a Hybrid Manufacturing–Remanufacturing System"**, *European Journal of Operational Research*, 231, 337–348, 2013.

KIM, K., SONG, I., KIM, J., JEONG, B., **"Supply Planning Model for Remanufacturing System in Reverse Logistics Environment"**, *Computers & Industrial Engineering*, 51, 279–287, 2006.

KING, A., BARKER, S., COSGROVE, A., **"Remanufacturing at Xerox: Evaluating the Process to Establish Principles for Better Design"**, *International Conference on Engineering Design*, 1-11, Paris, 2007.

KLEBER, R., MINNER, S., KIESMÜLLER, G., **"A Continuous Time Inventory Model For a Product Recovery System with Multiple Options"**, *International Journal of Production Economics*, 79, 121–141, 2002.

KOBU, B., **"Üretim Yönetimi"**, İstanbul: Beta Yayıncılık, 2008.

KONSTANTARAS, I., PAPACHRISTOS, S., **"Lot-sizing for a Single-Product Recovery System with Backordering"**, *International Journal of Production Research*, 1-15, 2006.

KOOPMAN, R. B., LANEY, K., **"Remanufactured Goods: An Overview of the U.S. and Global Industries, Markets, and Trade"**, Washington, DC: United States International Trade Commission, 2012.

KOPCZAK, L., JOHNSON, E., **"The Supply-Chain Management Effect"**, *Sloan Management Review*, 34, 27-34, 2003.

KRIKKE, H. R., VAN HARTEN, A., SCHUUR, P. C., **"Business Case Oce: Reverse Logistics Network Re-Design For Copiers"**, *OR Spectrum*, 21, 381-409, 1999.

KRIKKE, H., BLANC, I., VAN DE VELDE, S., **"Product Modularity and the Design of Closed-Loop Supply Chains"**, *California Management Review*, 46 (2), 23-39, 2004.

KRIKKE, H., BLOEMHOF-RUWAARD, J., VAN WASSENHOVE, L. N., **"Concurrent Product and Closed-Loop Supply Chain Design with an Application to Refigerators"**, *International Journal of Production Research*, 41 (16), 3689-3719, 2003.

KROON, L., VRIJENS, G., **"Returnable Containers: An Example of Reverse Logistics"**, *International Journal of Physical Distribution & Logistics*, 25 (2), 56-68, 1994.

LASTİK SANAYİCİLERİ DERNEĞİ. (2013). 10 03, 2013 tarihinde <http://www.lasder.org.tr/anasayfa.aspx?MenuID=29> adresinden alındı

LAWRENCE, K. D., KLIMBERG, R. K., MIORI, V. M., **"The Supply Chain in Manufacturing, Distribution and Transportation"**, New York: Auerbach Publication, 2011.

LEE, D.-H., Dong, M., **"A Heuristic Approach to Logistics Network Design For End-of-Lease Computer Product Recovery"**, *Transportation Research Part E*, 44, 455 - 474, 2008.

LEE, D.-H., DONG, M., **"Dynamic Network Design for Reverse Logistics Operations Under Uncertainty"**, *Transportation Research Part E*, 45, 61-71, 2009.

LIECKENS, K., VANDAELE, N., **"Reverse Logistics Network Design with Stochastic Lead Times"**, *Computers & Operations Research*, 34, 395 - 416, 2007.

LIPPMAN, S., **"Applying a New Device in the Optimization of Exponential Queueing Systems"**, *Operations Research*, 23, 687-710, 1975.

LISTEŞ, O., DEKKER, R., **"A Stochastic Approach to a Case Study for Product Recovery Network Design"**, *European Journal of Operational Research*, 160, 268 - 287, 2005.

LOUWERS, D., KIP, B. J., PETERS, E., SOUREN, F., FLAPPER, S. D., **"A Facility Location Allocation Model For Reusing Carpet Materials"**, *Computers & Industrial Engineering*, 36, 855-869, 1999.

MARTIN, P., GUIDE, V. D., CRAIGHEAD, C. W., **"Supply Chain Sourcing in Remanufacturing Operations: An Empirical Investigation of Remake Versus Buy"**, *Decision Sciences*, 41 (2), 301-324, 2010.

MULLER, M., **"Essentials of Inventory Management"**, New York : Amacom, 2003.

PAN, Z., TANG, J., LIU, O., **"Capacitated Dynamic Lot Sizing Problems in Closed-loop Supply Chain"**, *European Journal of Operational Research*, 198, 810–821, 2009.

PETDER Sektör Raporu 2012. (2013, 10 03). 10 03, 2013 tarihinde Petrol Sanayi Derneği: <http://www.petder.org.tr/uploads/2013/09/9fa5026dc22eb1ef0f8bf5d95b748aba.pdf> adresinden alındı

POPPO, L., Zenger, T., **"Testing Alternative Theories of The Firm: Transaction Cost, Knowledge-Based and Measurement Explanation for Make-or-Buy Desicions in Information Services"**, *Strategic Management Journal*, 19 (9), 853-877, 1998.

PORTER, M. E., **"Competitive Advantage"**, New York: Free Press, 1985.

PRAHINSKI, C., KOCABASOĞLU, C., **"Empirical Research Opportunities in Reverse Supply Chains"**, *Omega*, 34 (6), 519-532, 2006.

PRASHANT, N. (2008, 08 20). **"Cash For Laptops Offers 'Green' Solution for Broken or Outdated Computers"**, 10 25, 2013 tarihinde <http://green.tmcnet.com/topics/green/articles/37567-cash-laptops-offers-green-solution-broken-outdated-computers.htm> adresinden alındı

PUTERMAN, M. L., **"Markov Decision Processes Dicrete Stochastic Dynamic Programming"**, New Jersey: Wiley Interscience, 2005.

RAVI, V., SHANKAR, R., **"Analysis of Interactions Among The Barriers of Reverse Logistics"**, *Technological Forecasting and Social Change*, 72, 1011-1029, 2005.

ROGERS, D. S., TIBBEN-LEMBKE, R. S., **"Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices"**. Center for Logistics Management. Reno: University of Nevada, 1998.

SAAT ERSOY, M., ERSOY, A., **"Üretim/İşlemler Yönetimi"**, Ankara: İmaj Yayınevi, 2011.

SALEMA, M. I., BARBOSA-POVOA, A. P., NOVAIS, A. Q., **"An Optimization Model for The Design of a Capacitated Multi-product Reverse Logistics Network With Uncertainty"**, *European Journal of Operational Research*, 179, 1063-1077, 2007.

SHAUGHNESSY, H. (2013, Nisan 26). *Forbes*. Kasım 13, 2013 tarihinde <http://www.forbes.com/sites/haydnshaughnessy/2013/04/26/samsung-rises-to-nearly-double-apples-smartphone-sales/> adresinden alındı.

SIMPSON, V. P., "Optimum Solution Structure for a Repairable Inventory Problem", *Operations Research*, 26 (2), 270-281, 1978.

SPENGLER, T., PÜCHERT, H., PENKUHN, T., RENTZ, O., "Environmental Integrated Production and Recycling Management", *European Journal of Operational Research*, 97, 308-326, 1997.

STEVENSON, W. J. "Operations Management", New York: McGraw Hill, 2002.

STIDHAM, S., "Optimal Control of Admission to a Queueing System", *IEEE Transactions On Automatic Control* , 30 (8), 705-713, 1985.

STIDHAM, S., WEBER, R., "A Survey of Markov Decision Models for Control of Networks of Queues", *Queueing Systems*, 13, 291-314, 1993.

TEUNTER, R., VAN DER LAAN, E., "On the Non-Optimality of The Average Cost Approach for Inventory models with Remanufacturing", *International Journal of Production Economics*, 79, 67-73, 2002.

TEUNTER, R., "Lot-sizing for Inventory Systems with Product Recovery", *Computers & Industrial Engineering*, 46, 431-441, 2004.

TEUNTER, R., TANG, O., KAPARIS, K., "Heuristics for the Economic Lot Scheduling Problem with Returns", *International Journal of Production Economics*, 118, 323-330, 2008.

THIERRY, M., SALOMON, M., VAN NUNEN, J., VAN WASSENHOVE, L., "Strategic Issues in Product Recovery Management", *California Management Review*, 17 (2), 114-135, 1995.

TIBBEN-LEMBKE, R. S., ROGERS, D. S., **"Differences Between Forward and Reverse Logistics in a Reail Environment"**, *Supply Chain Management: An International Journal*, 7 (5), 271 - 282, 2002.

TOFFEL, M. W., **"The Growing Strategic Importance of End-of-Life Product Management"**, *California Management Review*, 45 (3), 102-129, 2003.

TUZKAYA, G., GÜLSÜN, B., ÖNSEL, Ş., **"A Methodology For The Strategic Design of Reverse Logistics Networks And Its Application In The Turkish White Goods Industry"**, *International Journal of Production Research*, 49 (15), 4543-4571, 2011.

VAN DER LAAN, E., SALOMON, M., **"Production Planning and Inventory Control with Remanufacturing and Disposal"**, *European Journal of Operational Research*, 102, 264-278, 1997.

VAN DER LAAN, E., SALOMON, M., DEKKER, R., **"An Investigation of Lead-Time Effects in Manufacturing/Remanufacturing Systems Under Simple PUSH and PULL Control Strategies"**, *European Journal of Operational Research*, 115, 195-214, 1999.

VAN DER LAAN, E., TEUNTER, R. H., **"Simple Heuristics for Push and Pull Remanufacturing Policies"**, *European Journal of Operational Research*, 175, 1084–1102, 2006.

VITASEK, K. (2013, 01 15). **Council of Supply Chain Management Professionals**. Ocak 01, 2013 tarihinde http://cscmp.org/sites/default/files/user_uploads/resources/downloads/glossary-2013.pdf adresinden alındı.

WATERS, D., **"Logistics: An Introduction to Supply Chain Management"**, New York: Palgrave Macmillian, 2003.

EKLER

EK 1: İspatlar

Yardımcı kuram 1. Eğer $t \in V$ ise, T_1t, T_2t, T_3t, T_4t ve $Tt \in V$.

İspat: Bu kuramın doğru olduğunun kabul edilebilmesi için her bir operatörün t fonksiyonun yukarıda bahsedilen üç özelliğine uygunluk gösterdiği ispatlanmalıdır. Bunun için ilk olarak, $D_1T_1t(x, y) \uparrow x$ olduğunu, yani stoğa bir birim geri ürün dönmesinin T_1 operatörü için artan maliyete sebep olduğu gösterilmelidir. Daha sonra aynı işlem sırasıyla diğer operatörlere uygulanmalıdır.

$$D_1t(x, y) \uparrow x$$

$D_1T_1t(x, y) \uparrow x$ olduğunu göstermek gereklidir. $D_1T_1t(x, y)$ her bir (x, y) açısından açık olarak aşağıdaki şekilde yazılmaktadır.

$$D_1T_1t(x, y) = \min[t(x+2, y), t(x+1, y) + c_s] - \min[t(x+1, y), t(x, y) + c_s], (1)$$

$$D_1T_1t(x+1, y) = \min[t(x+3, y), t(x+2, y) + c_s] - \min[t(x+2, y), t(x+1, y) + c_s], (2)$$

$D_1T_1t(x, y) \uparrow x$ olduğunu göstermek için (2) eksi (1) ≥ 0 koşulunu sağlaması gerekmektedir. Bu sebeple gerek (1) gerekse (2) arasındaki muhtemel sonuçlar ortaya konmalıdır. (1) açısından sonuçlar şu şekildedir:

1. $t(x+2, y) - t(x+1, y) = D_1t(x+1, y)$
2. $t(x+2, y) - t(x, y) - c_s = D_1t(x+1, y) + D_1t(x, y) - c_s$
3. $t(x+1, y) + c_s - t(x, y) - c_s = D_1t(x+1, y)$
4. $t(x+1, y) + c_s - t(x+1, y) = c_s$

(2) için ise sonuçlar şu şekildedir:

1. $t(x+3, y) - t(x+2, y) = D_1t(x+2, y)$
2. $t(x+3, y) - t(x+1, y) - c_s = D_1t(x+2, y) + D_1t(x+1, y) - c_s$
3. $t(x+2, y) + c_s - t(x, y) - c_s = D_1t(x+1, y)$

$$4. \quad t(x+1, y) + c_s - t(x+1, y) = c_s$$

(2) ve (1)'den çıkan bütün sonuçların rahatlıkla (2) eksi (1) ≥ 0 koşulunu sağladığı gözlenebilmektedir. Bu yüzden $D_1 T_1 t(x, y) \uparrow x$ olduğu ispatlanmış olmaktadır.

Bir sonraki aşamada $D_1 T_2 t(x, y) \uparrow x$ olduğu gösterilmelidir. Aynı şekilde $D_1 T_2 t(x, y) = t(x+1, y+1) - t(x, y+1)$ olarak yazıldığında $D_1 t(x, y+1)$ 'e eşit ve dolayısıyla $\uparrow x$ olduğunu söyleyebiliriz.

Üçüncü olarak durum uzayının sınırından başlarsak $x=0$ ve $y=0$ için $D_1 T_3 t(0, 0) = t(1, 0) - t(0, 0)$ olmaktadır. Bu sonuç $D_1 T_3 t(1, 0)$ eşittir ve dolayısıyla $\uparrow x$ olmaktadır. $x \geq 0$ ve $y \geq 0$ için ise, $D_1 T_3 t(x, y) = t(x, y-1) + c_r - t(x-1, y-1) - c_r$ olmakta ve bu $D_1 t(x, y-1)$ 'e eşit olmaktadır. Dolayısıyla, $D_1 T_3 t(x, y)$ için $\uparrow x$ olduğu söylenebilir.

Dördüncü olarak $D_1 T_4 t(x, y) \uparrow x$ olduğu gösterilmelidir. Durum uzayında $x \geq 0$ ve $y=0$ için $D_1 T_4 t(x, 0) = t(x+1, 0) - t(x, 0)$ olmaktadır. Bu sonuç $D_1 t(x, 0)$ eşittir ve dolayısıyla $\uparrow x$ olmaktadır. $x \geq 0$ ve $y \geq 0$ için ise, her bir (x, y) açısından aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$D_1 T_4 t(x, y) = \min[t(x+1, y-1) + c_m, t(x+1, y)] - \min[t(x, y-1) + c_m, t(x, y)], \quad (3)$$

$$D_1 T_4 t(x, y) = \min[t(x+2, y-1) + c_m, t(x+1, y)] - \min[t(x+1, y-1) + c_m, t(x+1, y)], \quad (4)$$

Buradan yola çıkarak (4) eksi (3)'ün ≥ 0 olduğunu gösterilmesi gereklidir. (3) açısından sonuçlar şu şekildedir:

1. $t(x+1, y-1) + c_m - t(x, y-1) - c_m = D_1 t(x, y-1)$
2. $t(x+1, y-1) + c_m - t(x, y) = D_1 t(x, y-1) + D_4 t(x, y) + c_m$
3. $t(x+1, y) - t(x, y-1) - c_m = D_1 t(x, y) - D_4 t(x, y) - c_m$
4. $t(x+1, y) - t(x, y) = D_1 t(x, y)$

(4) açısından sonuçlar şu şekildedir:

1. $t(x + 2, y - 1) + c_m - t(x + 1, y - 1) - c_m = D_1 t(x + 1, y - 1)$
2. $t(x + 2, y - 1) + c_m - t(x + 1, y) = D_1 t(x + 1, y - 1) + D_4 t(x + 1, y) + c_m$
3. $t(x + 2, y) - t(x + 1, y - 1) - c_m = D_1 t(x + 1, y) - D_4 t(x + 1, y) - c_m$
4. $t(x + 2, y) - t(x + 1, y) = D_1 t(x + 1, y)$

Bu çıkan sonuçların her biri (4) eksi (3) ≥ 0 koşulunu sağlamakla birlikte T_4 operatörü için $D_1 T_4 t(x, y) \uparrow x$ özelliğini korumaktadır.

Son olarak $D_1 T t(x, y) \uparrow x$ özelliğini koruduğunu göstermek gerekmektedir. Tt fonksiyonunu oluşturan stok ve bekletme maliyetleri doğrusal olduğundan ve Tt fonksiyonunu oluşturan $D_1 T_1 t(x, y)$, $D_1 T_2 t(x, y)$, $D_1 T_3 t(x, y)$, $D_1 T_4 t(x, y)$ fonksiyonları pozitif sabitlerle toplanıp çarpıldığından dolayı $\uparrow x$ özelliğini koruduğu söylenebilir.

$$D_1 t(x, y) \downarrow y$$

$D_1 T_1 t(x, y) \downarrow y$ olduğundan her bir (x, y) açısından aşağıdaki şekilde yazılmaktadır.

$$D_1 T_1 t(x, y) = \min[t(x + 2, y), t(x + 1, y) + c_s] - \min[t(x + 1, y), t(x, y) + c_s], (5)$$

$$D_1 T_1 t(x, y + 1) = \min[t(x + 2, y + 1), t(x + 1, y + 1) + c_s] - \min[t(x + 1, y + 1), t(x, y + 1) + c_s], (6)$$

$D_1 T_1 t(x, y) \downarrow y$ olduğunu göstermek için (5) eksi (6) ≤ 0 koşulunu sağlaması gerekmektedir. (5) açısından sonuçlar şu şekildedir:

1. $t(x + 2, y) - t(x + 1, y) = D_1 t(x + 1, y)$
2. $t(x + 2, y) - t(x, y) - c_s = D_1 t(x + 1, y) + D_1 t(x, y) - c_s$
3. $t(x + 1, y) + c_s - t(x, y) - c_s = D_1 t(x + 1, y)$
4. $t(x + 1, y) + c_s - t(x + 1, y) = c_s$

(6) için ise sonuçlar şu şekildedir:

1. $t(x + 2, y + 1) - t(x + 1, y + 1) = D_1 T_1 t(x + 1, y + 1)$

2. $t(x+2, y+1) - t(x, y+1) - c_s = D_1 t(x+1, y+1) + D_1 t(x, y+1) - c_s$
3. $t(x+1, y+1) + c_s - t(x, y+1) - c_s = D_1 T_1 t(x, y+1)$
4. $t(x+1, y+1) + c_s - t(x+1, y+1) = c_s$

Bu çıkan sonuçların her biri (5) eksi (6) ≤ 0 koşulunu sağlamakla birlikte T_1 operatörü için $D_1 T_1 t(x, y) \downarrow y$ özelliğini korumaktadır.

Bir sonraki aşamada T_2 operatörü için $D_1 T_2 t(x, y+1) = t(x+1, y+2) - t(x, y+2)$ olarak yazıldığında $D_1 t(x, y+2)$ 'e eşit ve dolayısıyla $\downarrow y$ olduğunu söyleyebiliriz.

Üçüncü olarak durum uzayının sınırından başlarsak $x=0$ ve $y=0$ için $D_1 T_3 t(0, 1) = t(1, 1) - t(0, 1)$ olmaktadır. Bu sonuç $D_1 t(1, 1)$ eşittir ve dolayısıyla $\downarrow y$ olmaktadır. $x \geq 0$ ve $y \geq 0$ için ise, $D_1 T_3 t(x, y) = t(x, y) + c_r - t(x-1, y) - c_r$ olmakta ve bu $D_1 t(x-1, y)$ 'e eşit olmaktadır. Dolayısıyla, $D_1 T_3 t(x, y)$ için $\downarrow y$ olduğu söylenebilir.

Son olarak $D_1 T_4 t(x, y) \downarrow y$ olduğu gösterilmelidir. Durum uzayında $x \geq 0$ ve $y=0$ için $D_1 T_4 t(x, 0) = t(x+1, 0) - t(x, 0)$ olmaktadır. Bu sonuç $D_1 t(x, 0)$ eşittir ve dolayısıyla $\downarrow y$ olmaktadır. $x \geq 0$ ve $y \geq 0$ için ise, her bir (x, y) açısından aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$D_1 T_4 t(x, y) = \min[t(x+1, y-1) + c_m, t(x+1, y)] - \min[t(x, y-1) + c_m, t(x, y)], \quad (7)$$

$$D_1 T_4 t(x, y+1) = \min[t(x+1, y) + c_m, t(x+1, y+1)] - \min[t(x+1, y) + c_m, t(x, y+1)], \quad (8)$$

Buradan yola çıkarak (8) eksi (7)'nin ≤ 0 olduğunu gösterilmesi gereklidir. (7) açısından sonuçlar şu şekildedir:

5. $t(x+1, y-1) + c_m - t(x, y-1) - c_m = D_1 t(x, y-1)$
6. $t(x+1, y-1) + c_m - t(x, y) = D_1 t(x, y-1) + D_4 t(x, y) + c_m$
7. $t(x+1, y) - t(x, y-1) - c_m = D_1 t(x, y) - D_4 t(x, y) - c_m$
8. $t(x+1, y) - t(x, y) = D_1 t(x, y)$

(8) açısından sonuçlar şu şekildedir:

5. $t(x+1, y) + c_m - t(x, y) = D_1 t(x, y)$
6. $t(x+1, y) + c_m - t(x, y+1) = D_1 t(x, y) + D_4 t(x, y+1) + c_m$
7. $t(x+1, y+1) - t(x, y) - c_m = D_1 t(x, y+1) - D_4 t(x, y+1) - c_m$
8. $t(x+1, y+1) - t(x, y+1) = D_1 t(x, y+1)$

Bu çıkan sonuçların her biri (8) eksi (7) ≤ 0 koşulunu sağlamakla birlikte T_4 operatörü için $D_1 T_4 t(x, y) \downarrow y$ özelliğini korumaktadır.

$$D_2 t(x, y) \downarrow x$$

D_2 operatörünün $\downarrow x$ özelliğini T_1 operatöründe koruduğunu göstermek için her bir (x, y) açısından aşağıdaki şekilde yazılmaktadır.

$$D_2 T_1 t(x, y) = \min[t(x+1, y+1), t(x, y+1) + c_s] - \min[t(x+1, y), t(x, y) + c_s], \quad (9)$$

$$D_2 T_1 t(x+1, y) = \min[t(x+2, y+1), t(x+1, y+1)] - \min[t(x+2, y), t(x+1, y) + c_s], \quad (10)$$

$D_2 T_1 t(x, y) \downarrow x$ olduğunu göstermek için (2) eksi (1) ≤ 0 koşulunu sağlaması gerekmektedir. (9) açısından sonuçlar şu şekildedir:

1. $t(x+1, y+1) - t(x+1, y) = D_2 t(x+1, y)$
2. $t(x+1, y+1) - t(x, y) - c_s = -D_4 t(x+1, y+1) - c_s$
3. $t(x, y+1) + c_s - t(x+1, y) = D_2 t(x, y) - D_1 t(x, y) + c_s$
4. $t(x, y+1) + c_s - t(x, y) - c_s = D_2 t(x, y)$

(10) açısından sonuçlar şu şekildedir:

1. $t(x+2, y+1) - t(x+2, y) = D_2 t(x+2, y)$
2. $t(x+2, y+1) - t(x+1, y) - c_s = -D_4 t(x+2, y+1) - c_s$
3. $t(x+1, y+1) + c_s - t(x+2, y) = D_2 t(x+1, y) - D_1 t(x+1, y) + c_s$
4. $t(x+1, y+1) + c_s - t(x+1, y) - c_s = D_2 t(x+1, y)$

Buradan yola çıkarak (10) eksi (9) ≤ 0 koşulunu sağlamakla birlikte T_4 operatörü için $D_2 T_1 t(x, y) \downarrow x$ özelliğini korumaktadır.

İkinci olarak, T_2 operatörü için $D_2 T_2 t(x, y) = t(x, y + 2) - t(x, y + 1)$ olarak yazıldığında $D_2 t(x, y + 1)$ 'e eşit ve dolayısıyla $\downarrow x$ olduğunu söyleyebiliriz.

Üçüncü olarak, T_3 operatörü açısından durum uzayının sınırından başlarsak $x=0$ ve $y=0$ için $D_2 T_3 t(0, 0) = t(0, 1) - t(0, 0)$ olmaktadır. Bu sonuç $D_2 t(0, 0)$ eşittir ve dolayısıyla $\downarrow x$ olmaktadır. $x \geq 0$ ve $y \geq 0$ için ise, $D_2 T_3 t(x, y) = t(x - 1, y) - t(x - 1, y - 1)$ olmakta ve bu $-D_4 t(x - 1, y)$ 'e eşit olmaktadır. Dolayısıyla, $D_1 T_3 t(x, y)$ için $\downarrow y$ olduğu söylenebilir.

Son olarak $D_2 T_4 t(x, y) \downarrow x$ olduğu gösterilmelidir. Durum uzayında $x \geq 0$ ve $y=0$ için $D_2 T_4 t(x, 0) = t(x, 1) - t(x, 0)$ olmaktadır. Bu sonuç $D_2 t(x, 0)$ eşittir ve dolayısıyla $\downarrow x$ olmaktadır. $x \geq 0$ ve $y \geq 0$ için ise, her bir (x, y) aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$D_2 T_4 t(x, y) = \min[t(x, y) + c_m, t(x, y + 1)] - \min[t(x, y - 1) + c_m, t(x, y)], \quad (11)$$

$$D_2 T_4 t(x + 1, y) = \min[t(x + 1, y) + c_m, t(x + 1, y + 1)] - \min[t(x + 1, y - 1) + c_m, t(x + 1, y)], \quad (12)$$

Eğer (12) eksi (11) ≤ 0 koşulu sağlanıyorsa, T_4 operatöründe $\downarrow x$ olduğu söylenebilir. (11) için sonuçlar aşağıdaki gibidir:

1. $t(x, y) + c_m - t(x, y - 1) - c_m = -D_4 t(x, y)$
2. $t(x, y) + c_m - t(x, y) = c_m$
3. $t(x, y + 1) - t(x, y - 1) - c_m = D_2 t(x, y) - D_4 t(x, y) - c_m$
4. $t(x, y + 1) - t(x, y) = D_2 t(x, y)$

(12) açısından sonuçlar şu şekildedir:

1. $t(x, y) + c_m - t(x, y - 1) - c_m = -D_4 t(x + 1, y)$
2. $t(x + 1, y) + c_m - t(x + 1, y) = c_m$
3. $t(x + 1, y + 1) - t(x + 1, y - 1) - c_m = D_2 t(x + 1, y) - D_4 t(x + 1, y) - c_m$
4. $t(x + 1, y + 1) - t(x + 1, y) = D_2 t(x + 1, y)$

Bu çıkan sonuçların her biri (12) eksi (11) ≤ 0 koşulunu sağlamakla birlikte T_4 operatörü için $D_2T_4t(x, y) \downarrow x$ özelliğini korumaktadır.

$$D_2t(x, y) \uparrow y$$

D_2 operatörünün $\uparrow y$ özelliğini T_1 operatöründe koruduğunu göstermek için her bir (x, y) açısından aşağıdaki şekilde yazılmaktadır.

$$D_2T_1t(x, y) = \min[t(x+1, y+1), t(x, y+1) + c_s] - \min[t(x+1, y), t(x, y) + c_s], \quad (13)$$

$$D_2T_1t(x, y+1) = \min[t(x+1, y+2), t(x, y+2) + c_s] - \min[t(x+1, y+1), t(x, y+1) + c_s], \quad (14)$$

$D_2T_1t(x, y) \downarrow x$ olduğunu göstermek için (14) eksi (13) ≥ 0 koşulunu sağlaması gerekmektedir. (13) açısından sonuçlar şu şekildedir:

1. $t(x+1, y+1) - t(x+1, y) = D_2t(x+1, y)$
2. $t(x+1, y+1) - t(x, y) - c_s = -D_4t(x+1, y+1) - c_s$
3. $t(x, y+1) + c_s - t(x+1, y) = D_2t(x, y) - D_1t(x, y) + c_s$
4. $t(x, y+1) + c_s - t(x, y) - c_s = D_2t(x, y)$

(14) açısından sonuçlar şu şekildedir:

1. $t(x+1, y+2) - t(x+1, y+1) = D_2t(x+1, y+1)$
2. $t(x+1, y+2) - t(x, y+1) + c_s = -D_4t(x+1, y+1) + c_s$
3. $t(x, y+2) + c_s - t(x+1, y+1) = D_2t(x, y+1) - D_1t(x, y+1) + c_s$
4. $t(x, y+2) + c_s - t(x, y+1) - c_s = D_2t(x, y+1)$

Buradan yola çıkarak (14) eksi (13) ≥ 0 koşulunu sağlamakla birlikte T_1 operatörü için $D_2t(x, y) \uparrow y$ özelliğini korumaktadır.

İkinci olarak, T_2 operatörü için $D_2T_2t(x, y) = t(x, y+2) - t(x, y+1)$ olarak yazıldığında $D_2t(x, y+1)$ 'e eşit ve dolayısıyla $\uparrow y$ olduğunu söyleyebiliriz.

Üçüncü olarak, T_3 operatörü açısından durum uzayının sınırından başlarsak $x=0$ ve $y=0$ için $D_2T_3t(0, 0) = t(0, 1) - t(0, 0)$ olmaktadır. Bu sonuç

$D_2t(0,0)$ eşittir ve dolayısıyla $\uparrow y$ olmaktadır. $x \geq 0$ ve $y \geq 0$ için ise, $D_2T_3t(x,y) = t(x-1,y)+c_r - t(x-1,y-1)-c_r$ olmakta ve bu $-D_4t(x-1,y)$ 'e eşit olmaktadır. Dolayısıyla, $D_2T_3t(x,y)$ için $\uparrow y$ olduğu söylenebilir.

T_4 operatörü için $D_2T_4t(x,y) \uparrow y$ olduğu gösterilmelidir. Durum uzayında $x \geq 0$ ve $y=0$ için $D_2T_4t(x,0) = t(x,1) - t(x,0)$ olmaktadır. Bu sonuç $D_2t(x,0)$ eşittir ve dolayısıyla $\uparrow y$ olmaktadır. $x \geq 0$ ve $y \geq 0$ için ise, her bir (x,y) aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$D_2T_4t(x,y) = \min[t(x,y) + c_m, t(x,y+1)] - \min[t(x,y-1) + c_m, t(x,y)], \quad (15)$$

$$D_2T_4t(x+1,y) = \min[t(x,y+1) + c_m, t(x,y+2)] - \min[t(x,y) + c_m, t(x,y+1)], \quad (16)$$

Eğer (16) eksi (15) ≥ 0 koşulu sağlanıyorsa, T_4 operatöründe $\uparrow y$ olduğu söylenebilir. (15) için sonuçlar aşağıdaki gibidir:

1. $t(x,y) + c_m - t(x,y-1) - c_m = -D_4t(x,y)$
2. $t(x,y) + c_m - t(x,y) = c_m$
3. $t(x,y+1) - t(x,y-1) - c_m = D_2t(x,y) - D_4t(x,y) - c_m$
4. $t(x,y+1) - t(x,y) = D_2t(x,y)$

(16) açısından sonuçlar şu şekildedir:

1. $t(x,y+1) + c_m - t(x,y) - c_m = -D_4t(x,y+1)$
2. $t(x,y+1) + c_m - t(x,y+1) = c_m$
3. $t(x,y+2) - t(x,y) - c_m = D_2t(x,y+1) - D_4t(x,y+1) - c_m$
4. $t(x,y+2) - t(x,y+1) = D_2t(x,y+1)$

Bu çıkan sonuçların her biri (16) eksi (15) ≥ 0 koşulunu sağlamakta birlikte T_4 operatörü için $D_2T_4t(x,y) \uparrow y$ özelliğini korumaktadır.

$$D_3t(x,y) \uparrow x$$

D_3 operatörünün $\uparrow x$ özelliğini T_1 operatöründe koruduğunu göstermek için her bir (x,y) açısından aşağıdaki şekilde yazılmaktadır.

$$D_3T_1t(x, y) = \min[t(x, y - 1), t(x - 1, y - 1) + c_s] - \min[t(x + 1, y), t(x, y) + c_s], \quad (17)$$

$$D_3T_1t(x + 1, y) = \min[t(x + 1, y), t(x, y - 1) + c_s] - \min[t(x + 2, y), t(x + 1, y) + c_s], \quad (18)$$

$D_1T_1t(x, y) \uparrow x$ olduğunu göstermek için (18) eksi (17) ≥ 0 koşulunu sağlaması gerekmektedir. (17) açısından sonuçlar şu şekildedir:

1. $t(x, y - 1) - t(x + 1, y) = D_4t(x, y) + D_1t(x, y)$
2. $t(x, y - 1) - t(x, y) - c_s = D_4t(x, y) - c_s$
3. $t(x - 1, y - 1) + c_s - t(x + 1, y) = D_3t(x, y) - D_1t(x, y) + c_s$
4. $t(x - 1, y - 1) + c_s - t(x, y) - c_s = D_3t(x, y)$

(18) için ise sonuçlar şu şekildedir:

1. $t(x + 1, y - 1) - t(x + 2, y) = D_4t(x + 1, y) + D_1t(x + 1, y)$
2. $t(x + 1, y - 1) - t(x + 1, y) - c_s = D_4t(x + 1, y) - c_s$
3. $t(x, y - 1) + c_s - t(x + 2, y) = D_3t(x + 1, y) - D_1t(x + 1, y) + c_s$
4. $t(x, y - 1) + c_s - t(x + 1, y) - c_s = D_3t(x + 1, y)$

Bu çıkan sonuçların her biri (18) eksi (17) ≥ 0 koşulunu sağlamakla birlikte T_1 operatörü için $D_3T_1t(x, y) \uparrow x$ özelliğini korumaktadır.

Bir sonraki aşamada T_2 operatörü için $D_3T_2t(x, y) = t(x - 1, y + 1) - t(x, y + 1)$ olarak yazıldığında $D_4t(x, y + 1) - D_1t(x - 1, y)$ 'e eşit ve dolayısıyla $\uparrow x$ olduğunu söyleyebiliriz.

Üçüncü aşamada, durum uzayının sınırından başlarsak $x=0$ ve $y=0$ için $D_3T_3t(0, 0) = t(0, 0) - t(0, 0)$ olmaktadır. Bu sonuç sıfıra eşittir ve dolayısıyla $\uparrow x$ olmaktadır. $x \geq 0$ ve $y \geq 0$ için ise, $D_3T_3t(x, y) = t(x - 2, y - 2) + c_r - t(x - 1, y) - c_r$ olmakta ve bu $D_3t(x - 1, y - 1)$ 'e eşit olmaktadır. Dolayısıyla, $D_1T_3t(x, y)$ için $\uparrow x$ olduğu söylenebilir.

Son olarak $D_3T_4t(x, y) \uparrow x$ olduğu gösterilmelidir. Durum uzayında $x \geq 0$ ve $y=0$ için $D_3T_4t(x, 0) = t(x - 1, 0) - t(x, 0)$ olmaktadır. Bu sonuç $D_3t(x, 0)$

eşittir ve dolayısıyla $\uparrow x$ olmaktadır. $x \geq 0$ ve $y \geq 0$ için ise, her bir (x, y) aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$D_3T_4t(x, y) = \min[t(x-1, y-2) + c_m, t(x-1, y-1)] - \min[t(x, y-1) + c_m, t(x, y)], \quad (19)$$

$$D_3T_4t(x+1, y) = \min[t(x, y-2) + c_m, t(x, y-1)] - \min[t(x+1, y-1) + c_m, t(x+1, y)], \quad (20)$$

Buradan yola çıkarak (20) eksi (19) ≥ 0 olduğunu gösterilmesi gereklidir. (19) açısından sonuçlar şu şekildedir:

1. $t(x-1, y-2) + c_m - t(x, y-1) - c_m = D_4t(x-1, y-1) - D_4t(x, y) + D_3t(x, y)$
2. $t(x-1, y-2) + c_m - t(x, y) = D_4t(x-1, y-1) + D_3t(x, y) + c_m$
3. $t(x-1, y-1) - t(x, y-1) - c_m = D_3t(x, y) - D_4t(x, y) - c_m$
4. $t(x-1, y-1) - t(x, y) = D_3t(x, y)$

(20) açısından sonuçlar şu şekildedir:

1. $t(x, y-2) + c_m - t(x+1, y-1) - c_m = D_4t(x, y-1) - D_4t(x+1, y) + D_3t(x+1, y)$
2. $t(x, y-2) + c_m - t(x+1, y) = D_4t(x, y-1) + D_3t(x+1, y) + c_m$
3. $t(x, y-1) - t(x+1, y-1) - c_m = D_3t(x+1, y) - D_4t(x+1, y) - c_m$
4. $t(x, y-1) - t(x+1, y) = D_3t(x+1, y)$

Bu çıkan sonuçların her biri (20) eksi (19) ≥ 0 koşulunu sağlamakla birlikte T_4 operatörü için $D_3T_4t(x, y) \uparrow x$ özelliğini korumaktadır.

$$D_3t(x, y) \uparrow y$$

D_3 operatörünün $\uparrow y$ özelliğini T_1 operatöründe koruduğunu göstermek için her bir (x, y) açısından aşağıdaki şekilde yazılmaktadır.

$$D_3T_1t(x, y) = \min[t(x, y-1), t(x-1, y-1) + c_s] - \min[t(x+1, y), t(x, y) + c_s], \quad (21)$$

$$D_3 T_1 t(x+1, y) = \min[t(x, y), t(x-1, y) + c_s] - \min[t(x+1, y+1), t(x, y+1) + c_s], 22)$$

$D_1 T_1 t(x, y) \uparrow y$ olduğunu göstermek için (22) eksi (21) ≥ 0 koşulunu sağlaması gerekmektedir. (21) açısından sonuçlar şu şekildedir:

1. $t(x, y-1) - t(x+1, y) = D_4 t(x, y) + D_1 t(x, y)$
2. $t(x, y-1) - t(x, y) - c_s = D_4 t(x, y) - c_s$
3. $t(x-1, y-1) + c_s - t(x+1, y) = D_3 t(x, y) - D_1 t(x, y) + c_s$
4. $t(x-1, y-1) + c_s - t(x, y) - c_s = D_3 t(x, y)$

(22) için ise sonuçlar şu şekildedir:

1. $t(x, y) - t(x+1, y+1) = D_4 t(x, y+1) + D_1 t(x, y+1)$
2. $t(x, y) - t(x, y+1) - c_s = D_4 t(x, y+1) - c_s$
3. $t(x-1, y) + c_s - t(x+1, y+1) = D_3 t(x, y+1) - D_1 t(x, y+1) + c_s$
4. $t(x-1, y) + c_s - t(x, y+1) - c_s = D_3 t(x, y+1)$

Bu çıkan sonuçların her biri (22) eksi (21) ≥ 0 koşulunu sağlamakla birlikte T_1 operatörü için $D_3 T_1 t(x, y) \uparrow y$ özelliğini korumaktadır.

Bir sonraki aşamada T_2 operatörü için $D_3 T_2 t(x, y) = t(x-1, y+1) - t(x, y+1)$ olarak yazıldığında $D_4 t(x, y+1) - D_1 t(x-1, y)$ 'e eşit ve dolayısıyla $\uparrow y$ olduğunu söyleyebiliriz.

Üçüncü aşamada, durum uzayının sınırından başlarsak $x=0$ ve $y=0$ için $D_3 T_3 t(0, 0) = t(0, 0) - t(0, 0)$ olmaktadır. Bu sonuç sıfıra eşittir ve dolayısıyla $\uparrow y$ olmaktadır. $x \geq 0$ ve $y \geq 0$ için ise, $D_3 T_3 t(x, y) = t(x-2, y-2) + c_r - t(x-1, y) - c_r$ olmakta ve bu $D_3 t(x-1, y-1)$ 'e eşit olmaktadır. Dolayısıyla, $D_1 T_3 t(x, y)$ için $\uparrow y$ olduğu söylenebilir.

Son olarak $D_3 T_4 t(x, y) \uparrow y$ olduğu gösterilmelidir. Durum uzayında $x \geq 0$ ve $y=0$ için $D_3 T_4 t(x, 0) = t(x-1, 0) - t(x, 0)$ olmaktadır. Bu sonuç $D_3 t(x, 0)$ eşittir ve dolayısıyla $\uparrow y$ olmaktadır. $x \geq 0$ ve $y \geq 0$ için ise, her bir (x, y) aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$D_3T_4t(x, y) = \min[t(x-1, y-2) + c_m, t(x-1, y-1)] - \min[t(x, y-1) + c_m, t(x, y)], \quad (23)$$

$$D_3T_4t(x, y) = \min[t(x-1, y-1) + c_m, t(x-1, y)] - \min[t(x, y) + c_m, t(x, y+1)], \quad (24)$$

Buradan yola çıkarak (24) eksi (23) ≥ 0 olduğunu gösterilmesi gereklidir. (23) açısından sonuçlar şu şekildedir:

1. $t(x-1, y-2) + c_m - t(x, y-1) - c_m = D_4t(x-1, y-1) - D_4t(x, y) + D_3t(x, y)$
2. $t(x-1, y-2) + c_m - t(x, y) = D_4t(x-1, y-1) + D_3t(x, y) + c_m$
3. $t(x-1, y-1) - t(x, y-1) - c_m = D_3t(x, y) - D_4t(x, y) - c_m$
4. $t(x-1, y-1) - t(x, y) = D_3t(x, y)$

(24) açısından sonuçlar şu şekildedir:

1. $t(x-1, y-1) + c_m - t(x, y) - c_m = D_4t(x, y) - D_4t(x, y+1) + D_3t(x, y+1)$
2. $t(x-1, y-1) + c_m - t(x, y+1) = D_4t(x, y) + D_3t(x, y+1) + c_m$
3. $t(x-1, y) - t(x, y) - c_m = D_3t(x, y+1) - D_4t(x, y+1) - c_m$
4. $t(x-1, y) - t(x, y+1) = D_3t(x, y+1)$

Bu çıkan sonuçların her biri (24) eksi (23) ≥ 0 koşulunu sağlamakla birlikte T_4 operatörü için $D_3T_4t(x, y) \uparrow y$ özelliğini korumaktadır.

Teorem 2.

Teorem 2'nin her zaman doğru olduğunu göstermek için öncelikle ifadenin yeniden tanımlanması işleri kolaylaştıracaktır. Buna göre, eğer $t(x, y-1) - t(x-1, y-1) \leq 0$ ise, $t(x+1, y) - t(x, y) \leq 0$ olduğu varsayılmaktadır. Bu varsayımın her zaman doğru olduğunu göstermek için daha önce (i)-(iv) olarak tanımlanan fark operatörlerinden faydalanabilir. $t(x, y-1) - t(x-1, y-1)$ ifadesi fark operatörleri açısından $D_4t(x, y) - D_3t(x, y)$ şeklinde yeniden yazılabilir. Benzer olarak, $t(x+1, y) - t(x, y)$ ifadesi $D_1t(x, y)$ şeklinde yazılabilmektedir. O zaman herhangi bir müşteri

sayısı sabit olarak alındığında, geri dönen ürün sayısını artırma yoluna gidersek ilk ifade $D_4t(x+1, y) - D_3t(x+1, y)$, ikinci ifade ise $D_1t(x+1, y)$ olacaktır.

İlgili operatörlerin özelliklerinden yararlanarak $D_4t(x+1, y) - D_3t(x+1, y) - D_4t(x, y) + D_3t(x, y) \geq 0$ denkleminin $\uparrow x$ özelliğini koruduğu görülmektedir. Bu yüzden de, $t(x, y-1) - t(x-1, y-1) \leq 0$ özelliğini korumaktadır. Aynı şekilde, $D_1t(x+1, y) - D_1t(x, y) \geq 0$ denklemi de $\uparrow x$ özelliğini korumaktadır. Bu sebeple, $t(x+1, y) - t(x, y) \leq 0$ özelliği de korunmuş olmaktadır.