

ÜRÜN GERİ KAZANIMI İÇİN LOJİSTİK ŞEBEKE TASARIMI: KANTİTATİF MODELLERİN TARAMASI VE POTANSİYEL ARAŞTIRMA FIRSATLARI

Kerem CİDDİ^{1}, Serpil EROL²*

¹Dumlupınar Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kütahya
kciddi@yahoo.com

²Gazi Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Ankara
serpiler@gazi.edu.tr

Geliş Tarihi: 24 Mayıs 2012; Kabul Ediliş Tarihi: 26 Eylül 2014

ÖZET

Özellikle son 10 yıl içinde, Tedarik Zinciri Yönetimi (TZY), Lojistik Yönetimi (LY) ve Ürün Geri Kazanımı (ÜGK) için Lojistik Şebeke Tasarımı (LŞT), artan bir ilgi kazanmıştır. ÜGK için LŞT, stratejik seviyede bir planlama konusu olup, sistemin performansı ve dolayısıyla işletmenin kârlılığı ve sürdürülebilirliği ile çok yakından ilgilidir.

Bu çalışmada, ilk olarak, ÜGK için LŞT tanıtılmakta ve artan önemi ve hızlı gelişimine dikkat çekilmektedir. Daha sonra, geri kazanım şebeke tasarımı için geliştirilen kantitatif modeller literatürünün gelişme durumu gözden geçirilmektedir. Son olarak, potansiyel araştırma fırsatları vurgulanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Lojistik şebeke tasarımı, ürün geri kazanımı, stratejik planlamada kantitatif modeller, çok amaçlı optimizasyon

LOGISTICS NETWORK DESIGN FOR PRODUCT RECOVERY: A REVIEW OF QUANTITATIVE MODELS AND POTENTIAL RESEARCH OPPORTUNITIES

ABSTRACT

Especially within the last decade, Supply Chain Management (SCM), Logistics Management (LM) and Logistics Network Design (LND) for Product Recovery (PR) have received an increasing attention. LND for PR is a strategic level planning topic, and related closely to the performance of the system and profitability and sustainability of the business.

In this article, firstly, LND for PR is introduced and called attention to its increasing importance and fast development. Later, a state-of-the-art literature review of the quantitative models developed for recovery network design is presented. Finally, potential research opportunities are emphasized.

Keywords: Logistics network design, product recovery, quantitative models in strategic planning, multiobjective optimization

* İletişim yazarı

1. GİRİŞ

Tersine Tedarik Zinciri Şebeke Tasarımı (TTZŞT), TZY’de, stratejik seviyede bir planlama konusudur; sistemin performansı, dolayısıyla işletmenin kârlılığı ve sürdürülebilirliği ile çok yakından ilgilidir.

Tersine lojistik uygulaması olarak geri kazanım yönetimi; kıt kaynakların etkin kullanımı, enerji tasarrufu, ekonomik kazanç, olumsuz çevresel etkilerin azaltılması, başta insan olmak üzere canlı sağlığının olumsuz etkilerden korunması vb. gibi son derece hayati öneme sahip hususlar bakımından, özellikle son yıllarda, başta Avrupa ve diğer çoğu Batı ülkelerinde üzerinde ciddiyle durulan ve yasal mevzuatlarla güvence altına alınmış ağır yaptırımları olan öncelikli konulardan biridir. Geri dönüşüm de geri kazanım yönetiminin bir bileşenidir ve bütün dünyada gittikçe artan yaygın uygulama alanlarına sahiptir. Dünyadaki sosyo-kültürel ve ekonomik gelişmelere paralel olarak, refah düzeyi, dolayısıyla insan hayatını kolaylaştıran ekipmanların kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Bu durum, beraberinde, içinde fırsatlar da barındıran, optimum şekilde çözülmesi gereken sorunların da ortaya çıkmasına neden olmaktadır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Literatür araştırması, alan başlıkları dikkate alınarak aşağıda, Tablo 1’de yukarıdan aşağıya doğru artan kronolojik sırada verilmiştir. Tablo 1’deki sütunlarda; 1, Kaynakça No; 2, Belirsiz; 3, Çok Amaçlı; 4, Genel Geri Kazanım; 5, Tedarik Zinciri Yönetimi (TZY) Felsefesi/Metodolojisi; 6, Genel Model; 7, Literatür Araştırması; 8, Hipotetik Veri Temelli Uygulamalar; 9, Gerçek Veri Temelli Uygulamalar ile ilgili çalışmaları göstermektedir.

2.1 Genel Geri Kazanım, TZY Felsefesi/ Metodolojisi, Genel Model ve Literatür Araştırmasını Temel Alan Çalışmalar

Thierry vd. (1995), “ürün geri alım seçenekleri”ni bir şekil üzerinde tüm detaylarıyla vermektedir. Fleischmann vd. (1997), makalelerinde araştırma alanını, dağıtım planlaması, stok kontrol ve üretim planlaması isimli üç temel alt alana bölmekte; bunların her biri

için, ortaya çıkan yeniden kullanım çabalarının anlamını tartışmakta; literatürde önerilen matematiksel modelleri taramakta ve daha ileri araştırma gerektiren alanlara dikkat çekmektedirler. Klasik ‘ileri’ lojistik metotları ile farklar ve / veya benzerliklere özel bir dikkat göstermektedirler.

Barros vd. (1998), kum problemi için, iki seviyeli bir yer seçim modeli önermekte ve sezgisel prosedürler kullanarak onu optimize etmeye çalışmaktadır. Kum problemi, geri dönen ürünlerin işlenmesi (elekten geçirilmiş kum) ile ilgilendiğinden, tersine lojistik yönetimi alanında başarısız olmaktadır. Son olarak da, Hollanda’da kum geri dönüşüm şebekesi için elde edilen sonuçlar özetlenmektedir.

Jayaraman vd. (1999), yeniden imalat için bir kapalı döngü lojistik modeli üzerinde çalışmışlardır. Krikke vd. (1999a), çok aşamalı bir lojistik sisteminin fiziksel şebeke yapısının tasarımında karar desteği veren bir karışık tamsayı doğrusal programlama modeli sunmaktadırlar. Model, otomotiv endüstrisinden bir örneğe uygulanmış olup, modelin lojistik şebeke tasarımında genel uygulanabilirliği tartışılmaktadır.

Gungor ve Gupta (1999) tarafından 331 referans temel alınarak gerçekleştirilen 43 sayfalık literatürün gözden geçirilmesi ve gelişimi araştırması, Çevreye Duyarlı İmalat ve Ürün Geri Kazanımı (Environmentally Conscious Manufacturing and Product Recovery/ECMPRO) konusundaki en geniş ve en detaylı çalışmalardan biridir. ECMPRO ile ilgili hususlar, yeni ortaya çıkan bu araştırma alanında yükselen problemlere çözümler bulmayı amaçlayan endüstri ve akademik dünya tarafından büyük bir ilgi ile izlenmektedir. Problemler; ürünlerin hayat çevrimi, demontaj, malzeme geri kazanımı, yeniden imalat ve kirlilik önleme ile ilgili olanları kapsayacak şekilde geniş bir alana yayılmıştır. Dünyanın azalan sınırlı doğal kaynaklarının artan tüketimi, üretilen atık miktarının artması, atık gömme (doldurma) yerleri sayısının azalması ve kirliliğin artan seviyesi gibi çeşitli çevresel problemler nedeni ile, toplum içerisinde olumsuz çevresel problemlere cevap vermek için ortaya çıkan acil bir beklenti vardır. Bu nedenle, toplum ve yönetimler/hükümetler, çevre dostu ürünler üretmek (örneğin yeşil ürünler) ve ürün

Tablo 1. Literatür Araştırmasının Konu Alanı Başlıklarına Göre Sınıflandırılması

1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
97			*						91			*					*	12	*		*					*
30			*			*			93			*						27		*	*					*
11			*					*	14			*			*		*	29			*					
40			*						77			*						26			*					*
46			*					*	81			*						42	*		*				*	
47			*					*	92			*					*	44			*				*	
35			*			*			107			*						45	*		*					
31			*			*			3		*	*					*	52		*	*				*	
32			*		*			*	5		*	*					*	53		*	*					
34			*						16			*						54			*				*	
24			*						18			*					*	57	*		*		*			
25			*					*	19			*				*		58			*					
41			*			*	*		62			*						63			*				*	
76	*		*						102			*						90			*				*	
13			*					*	103			*						38			*					
110				*				*	109			*						43	*			*				
20	*		*			*			111			*						51			*					
33			*						10			*						60			*				*	
50	*	*	*						21	*		*						64	*	*		*				
96			*						28			*						65	*			*				
105			*						36			*			*			68			*			*		
15			*					*	39			*					*	69			*				*	
71		*	*						49			*						70					*		*	
78		*	*						55	*			*					74	*			*				
85			*						56	*	*		*					82			*					
95			*					*	59			*					*	98			*				*	
8			*					*	66	*			*					101			*				*	
4			*			*			72	*			*					104			*				*	
22			*					*	73	*			*					108			*					
37			*			*			89			*		*			*	48							*	
61			*			*			80	*		*						6							*	
67			*						106			*						112	*		*					
79			*			*			17				*		*			75	*	*						
113			*			*			86	*		*														
83				*					87			*														
1			*						88			*														
2			*					*	94			*			*											

geri kazanımı ve çevre yönetimi için teknikler geliştirmek konusunda endüstriye baskı yapmaktadır. Çevre dostu ürün tasarlamak için ürün hayat çevriminin iyi anlaşılması gerekir. Hayat çevrim analizi (Life Cycle Analysis/LCA), ürünün gelişimi, imalatı, kullanımı ve bertarafı aşamaları üzerine yayılır. Bu aşamaların her birinde çevre dostu kararlar verilmesi gerekir. Bunlar, firmaları geri dönüşüm için tasarım (Design for Recycling/DFR), çevre için tasarım (Design for Environment/DFE) ve demontaj için tasarıma (Design for Disassembly/DFD) yönlendirmiştir.

Gungor ve Gupta'ya (1999) göre, LCA ve DFE ile ilgili mevcut literatür, kantitatif olmaktan çok kalitatif olma eğilimi göstermektedir. Analitik tekniklerin geliştirilmesi, LCA, DFE ve üretim hususlarını birleştirmek ve aralarındaki ödüleşmeyi analiz etmek için bir temel oluşturabilir. Geri dönüşüm ve yeniden imalattaki stok kontrol, üretim planlama ve çizelgeleme hususları alanındaki makalelerin çoğu, ortaya çıkan problemleri çözmek için iyi bilinen Yöneylem Araştırması (OR) tekniklerini kullanmaktadır.

Gungor ve Gupta'ya (1999) göre, çevresel hususların, olumsuz çevresel gelişmeler yüzünden, toplum, yönetimler/hükümetler ve endüstri arasında popularitesi artmaktadır. Kaynak kullanımını minimize etmek için çevre dostu ürünlerin imalatı hayati önem taşımaktadır. Zamanı geçmiş ürünlerden parçaların ve malzemelerin geri kazanımı, çevresel bozulmaya karşı savaşmada eşit öneme sahiptir. Mevcut durumda işgücü yoğun ve pahalı olan demontaj, yeniden imalatın önemli bir bileşenidir. Bundan dolayı, mekanize demontaj sistemlerinin geliştirilmesi çok önemlidir. Çevreye Duyarlı İmalat (Environmentally Conscious Manufacturing/ECM) ve geri kazanım süreçlerinin başarılı uygulamaları için kalitatif ve kantitatif araçların geliştirilmesi gereklidir. ECMPRO sistemlerinin geliştirilmesi ve planlanmasını teşvik etmek ve devamını sağlamak için, bu sistemlerin kârlı olabilmesi yönünde çaba gösterilmelidir. Çevremiz bir ulusun bireysel problemi olmaktan çok küresel bir husus olduğundan, ulusal çevresel yasalar ve düzenlemeler küreselleştirilmelidir. ECMPRO çalışmaları arasındaki ilişkiyi geliştirmek ve bu alanın küresel

etkisini belirlemek için, yukarıda bahsedilen araştırma çabaları arasındaki etkileşimin incelenmesi gereklidir. ECMPRO araştırmalarında Endüstri Mühendisliği ve Yöneylem Araştırmasındaki güçlü araçların avantajı kullanılmalıdır. Sonuç olarak, yeterli analitik araştırma ile ilgili bir eksiklik ve bu konuda yapılabilecek birçok çalışma bulunmaktadır.

Fleischmann vd. ne (2000) göre belirsizlik, ürün geri kazanımının önemli bir özelliği olarak görüldüğünden, ilave araştırma ve çalışmaları gerektirmektedir. Belirsizliğin ürün geri kazanım şebeke tasarımına etkisi ve belirsizliğin orijinalliğini korumak için geleneksel yaklaşımların uygunluğu ile ilgili daha ayrıntılı kantitatif sonuçlar faydalı olabilir. Geri kazanım şebekelerinin ilave ilgi hak eden diğer bir bakış açısı, ileri ve geri kanalları arasındaki potansiyel etkileşimdir. Kapalı döngü şebekelerde, toplama ve dağıtımın birleştirilmesi veya tesislerin bütünleştirilmesi gibi kantitatif sonuçlar, ürün geri kazanım şebekelerinin daha iyi anlaşılması için yardımcı olabilir. Hangi aktivitelerin birleştirileceği veya ayrılacağı ve ürün geri kazanımında ulaştırmanın etkisinin değerlendirilmesi konusundaki yol gösterici noktalar, değerli katkılar olabilir.

Veerakamolmal ve Gupta (2000), tersine lojistikte tedarik zinciri optimizasyonunu konu almışlardır. Fleischmann vd. (2001), genel bir tesis yer seçimi modeli sunmakta ve geleneksel lojistik ortamı ile olan farklılıkları tartışmaktadırlar. Dahası, modellerini, ürün geri dönüş akışının lojistik şebekesi üzerindeki etkisini analiz etmek amacıyla kullanmaktadırlar. Ürün geri kazanımı, mevcut lojistik yapılarla, birçok örnekte etkin bir şekilde bütünleştirilebilirken, diğer örnekler, bir işletmenin lojistik şebekesini ayrılmaz bir şekilde yeniden tasarlayan daha ayrıntılı bir yaklaşım gerektirmektedir.

Guide Jr ve Van Wassenhove (2001), yeniden imalat için ürün geri dönüşlerinin yönetimini konu almışlardır. Jayaraman vd. (2003), tersine dağıtımı tartışmakta, bu problemin bir versiyonu için bir matematiksel programlama modeli önermektedirler. Önerilen modelin karmaşıklığından dolayı, bu probleme sezgisel bir çözüm metodolojisi tanıtılmaktadır. Uyguladıkları çözüm metodolojisinde alt problemler,

karar değişkenlerinin indirgenmiş setiyle optimallik için iteratif olarak çözülmüş, sezgisel yoğunlaşma prosedürü önerilmiştir. Alt problemlerin çözümleri temelinde potansiyel tesis bölgelerinin son yoğunlaşma seti yapılandırılmakta ve bu problem optimallik için çözülmektedir. Bu 'sezgisel genişleme', aynı zamanda potansiyel tesis bölgelerinin kısa bir listesini elde etmek için, tatminsiz sezgiselle bulunan çözüm kullanılarak yapılmaktadır.

Pochampally vd. (2003), belirsizlikleri hesaba katarak, bir tersine tedarik zinciri şebekesini tam olarak tasarlamak için üç aşamalı bir matematiksel programlama yaklaşımı önermektedir. I. aşamada karışık tamsayılı matematiksel programlama modeli, II. aşamada analitik hiyerarşi prosesi ve III. aşamada kesikli tesis yer seçimi modeli kullanılmaktadır.

Yüksel (2003), çevre sorunlarına proaktif bir yaklaşımı öngören çevreye duyarlı üretimin; üretim yönetimi kararları ile çevre yönetimi ilkelerinin bütünleştirilmesi sonucunda başarılabilirliğini belirtmektedir. Türkiye'deki büyük işletmeler kapsamında gerçekleştirilen anket çalışmasının sonuçları ampirik bir araştırma ile değerlendirilmiştir. Anket çalışmasından elde edilen sonuçlara göre, genel olarak işletmeler, çevre konularını bir maliyet unsuruna indirgemektedirler. Bununla birlikte işletmeler, çevre konularının dikkate alınması durumunda önemli kazançlar elde edeceklerine inandıklarını belirtmişlerdir. Ayrıca, ankete katılan işletmelerin büyük bir kısmı, çevreye ilişkin faaliyetlerin sadece çevre yasalarına ve düzenlemelerine uyum sağlanması ile sınırlı kalmaması gerektiğini ifade etmişlerdir. Bunun yanında, ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi (ÇYS) belgesi olan işletmeler, kirliliği önleme teknolojileri için daha çok kaynak ayırdıklarını belirtmişlerdir. ISO 14001 ÇYS'nin, işletmelerin çevreye duyarlı üretim faaliyetlerini uygulama düzeylerini etkilediği ve ISO 14001 ÇYS belgesine sahip olan işletmeler ile ISO 14001 ÇYS belgesine sahip olmayan işletmeler arasında, çevreye duyarlı üretim faaliyetlerinin uygulanma düzeyi bakımından farkın anlamlı olduğu görülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre; işletmelerin çevreye duyarlı üretim faaliyetlerinin; ürün tasarımı ile çevre konularının bütünleştirilmesi,

süreç tasarımı ve üretim planlaması ile çevre konularının bütünleştirilmesi ve lojistik faaliyetler ile çevre konularının bütünleştirilmesi olmak üzere üç grupta değerlendirilebileceği belirlenmiştir.

Chu ve Song'a (2004) göre, stokastik geri dönüş oranı ve geri dönen ürünlerin çeşitli durumlarından kaynaklanan tersine lojistiğin belirsizlik özellikleri tersine lojistiğin yönetimini zor yapmaktadır. Georgiadis ve Vlachos (2004), ürün geri kazanımı üzerinde çevresel parametrelerin etkisi; Sim vd. (2004), kapalı döngü tedarik zinciri için genetik algoritma kullanarak genel bir şebeke tasarımı; Schleiffer vd. (2004), Avrupa'nın otomotiv endüstrisinde büyük ölçekli tersine lojistik şebekelerinin tasarımı için genetik algoritmaların uygulanması ile ilgili çalışmalar yapmışlardır.

Rand (2005), "Tersine Lojistik: Kapalı Döngü Tedarik Zincirleri İçin Kantitatif Modeller" başlıklı kitap eleştirisi makalesinde, makale ile aynı ismi taşıyan kitabın bu alandaki lisansüstü dersler için temel bir metin olarak kullanılıp kullanılmayacağını tartışmıştır. Pochampally ve Gupta (2005), tersine tedarik zinciri şebekesinin stratejik planlaması; Xia ve Xi (2005), yeniden imalatta lojistik şebekelerinin sağlam tasarım için modellenmesi üzerinde çalışmışlardır.

Bostel ve arkadaşlarına (2005) göre, tersine lojistikteki esas zorluk, geri dönüş oranlarındaki ve tedarik tahminlerindeki belirsizliklerden ve modellerin bunları içermesi gereğinden kaynaklanmaktadır. Endüstrideki karmaşık örnekleri ele alabilen daha gerçekçi modeller geliştirilmesine ve büyük örnekleri yönetebilmek için etkin çözüm tekniklerine ihtiyaç vardır. Bu hususta bazı yazarlar, standart karışık tamsayılı programlama yazılım paketlerine dayanırken, bazıları da karışık kısıtları olan büyük problemler için özel çözüm teknikleri geliştirmişlerdir.

Schultmann vd. (2006), kapalı döngü tedarik zincirlerinde tersine lojistik işlemlerinin modellenmesini ele alarak otomotiv endüstrisinden bir örnek vermişlerdir. Carol ve Kocabaşoğlu (2006), tersine tedarik zincirlerinde ampirik araştırma fırsatlarını araştırmışlardır.

Chen vd. (2006), tersine tedarik zinciri şebeke tasarımı problemini, iki aşamalı bir model olarak formüle etmişlerdir. Alt seviyede, şebekede karşılık gelen akış çifti değişken talep denge koşulları ile tanımlanırken, üst seviyede, bütçe kısıtları altında, tedarik zinciri şebekesinde ortaya çıkan toplam maliyet minimize edilmektedir. Çözüm için duyarlılık analizi temelli bir algoritma önerilmekte ve uygulanabilirliğini göstermek için sayısal bir örnek sunulmaktadır.

Min vd. (2006), perakendecilerden veya son müşterilerden geri dönen ürünlerin toplandığı, tasnif edildiği ve imalatçı veya dağıtıcıların tamir tesislerine yönlendirmek üzere büyük nakliyeler halinde birleştirildiği, merkezi geri dönüş merkezlerinin yer seçiminin ve sayısının belirlenmesi için, ürün geri dönüşlerini kapsayan tersine lojistik problemini çözen, bir doğrusal olmayan karışık tamsayılı programlama modeli ve genetik algoritma önermektedir.

Zaarour vd. (2006), ürün geri dönüşleri için tersine lojistik şebekesi geliştirilmesini araştırmış; Yao (2006), kapalı döngü tedarik zinciri için bir şebeke tasarımı metoduna değinmiş; Wang ve Fang (2006), tersine lojistik şebekesinin tasarımı üzerine bir bildiri kaleme almış; Wan (2006), tersine lojistik probleminin çözümü üzerine bir araştırma yapmıştır.

Biehla vd. (2007), halı için tersine lojistik sistemlerinin geliştirilmesinde performans ve belirsizliğin değerlendirilmesi hususları üzerinde durmuşlardır. Wojanowski vd. (2007), depozit verme –parayı (depoziti) geri alma altında pazarlama (perakende satış)- toplama şebekesi tasarımıyla ilgilenmişlerdir.

Lee vd. (2007b), “bir üçüncü parti lojistik (3PL) sağlayıcının tersine lojistik işlemleriyle, çok ürünlü dağıtım şebekesi tasarımı” araştırmışlardır. Kocabaşoğlu vd. (2007), ileri ve geri tedarik zinciri yatırımlarının birbirine bağlanmasını ve işletme belirsizliğinin rolünü incelemişlerdir. Field ve Sroufe (2007), geri dönen malzemelerin imalatta kullanımı ve bunun TZY ve işlemler stratejisi için anlamları üzerinde durmuşlardır. Srivastava (2007), yeşil tedarik zinciri yönetiminde literatürün gelişme durumunun (seviyesi) gözden geçirilmesine odaklanmıştır. Salema vd. (2007b), tedarik zincirlerinin tersine akışlar ile

tasarımı ve planlanması konusunu ele almışlardır. Tang ve Xie (2007), tersine lojistik şebeke tasarımı için bir genetik algoritma geliştirmişlerdir. Salema vd. (2007c), tek dönem, çok ürün, ileri ve geri akışı aynı anda dikkate alan, üretim / depolama kısıtlı bir tersine lojistik şebeke tasarımı; Listes (2007), tedarik (ileri) ve geri dönüş (tersine) şebeke tasarımı için genel bir stokastik model üzerinde çalışmışlardır. Lua ve Bostel (2007), yeniden imalat faaliyetleri örnek olayı üzerinde, tersine akışları içeren lojistik sistemleri için bir tesis yer seçimi modeli önermişlerdir.

Min ve Ko (2007), 3PL sağlayıcıları için tamir tesislerinin yer seçimi ve atamasını kapsayan tersine lojistik problemini çözen, bir karışık tamsayılı programlama modeli ve genetik algoritma önermektedir. Önerilen model ve algoritmanın kullanılabilirliği, değer katan hizmetler öneren 3PL sağlayıcıları ile karşı karşıya kalan açıklayıcı bir örneğe uygulanarak doğrulanmıştır.

Ko vd. (2007), geçmişte, dağıtım şebekelerinin tasarımının ileri ve tersine akışlara göre bağımsız olarak yürütüldüğünü, bundan dolayı, ileri ve geri dönüş şebekesini eş zamanlı olarak optimize eden bütünlük bakışı hesaba katmak amacıyla, dinamik bütünlük dağıtım şebeke tasarımı için bir karışık tamsayılı doğrusal olmayan programlama modeli sunduklarını belirtmektedirler. Bu şekildeki şebeke tasarım problemleri NP-Zor sınıfına ait olduğundan, ilgili sayısal sonuçlar ile bir genetik algoritma temelli sezgisel sunulmakta ve bir kesin algoritma ile bir problem setinde test edilmektedir.

De La Fuente vd. (2007), işletmelerde uygulandığı gibi, ileri ve tersine lojistik şebekeleri ile eş zamanlı olarak ilgilenen tedarik zinciri yönetimini incelemektedir. TZY için önerilen bütünlük model, işletmedeki talep, sipariş, imalat, satın alma, dağıtım, müşteri yönetimi vb. gibi prosedürlerin yeniden tanımlanmasını amaçlamaktadır. Kapsanan süreçlerin detaylı analizi, bütünlük modelin, aslında tedarik zincirini yönetmek için gerekli olan genel süreçlerin yeni bir tanımı olan, tersine lojistikten gelen yeni süreçleri içerdiğini göstermiştir. Bu makalede sunulan çalışma, örnek bir olay üzerinden gerçekleştirilmiştir. Ayrıca makalede önerilen bütünlük model, metal-mekanik sektörden bir işletmede doğrulanmıştır.

Lee ve Dong (2008), bilgisayar ürünlerinin kullanım hakkı sonundaki geri kazanımı için lojistik şebeke tasarımı problemini, sistematik olarak ileri ve geri lojistik akışlarını yönetmek için bir deterministik programlama modeli geliştirerek tartışmaktadırlar. Böyle bir şebeke tasarım probleminin karmaşıklığı dolayısıyla, dağıtım şebekesinin bütünleşik tasarımını, yer seçimi (location), dağıtım (atama/allocation) ve düzeltilmiş şebeke akış problemine ayırtmak amacıyla, iki aşamalı sezgisel bir yaklaşım geliştirilmektedir. Önerilen metodun uygulanabilirliği sayısal bir çalışmada gösterilmektedir.

Srivastava (2008), maliyet etkili ve etkin bir tersine lojistik şebekesi için tesislerin eş zamanlı olarak yer seçimi-atamasını sağlayan kavramsal bir model geliştirmek amacıyla, literatürden girdiler ve 84 kurum ilgisizlikle yapılan resmi olmayan görüşmeleri kullanmaktadır. Yazar, modelinin geniş bir alandaki maliyetleri ve işlemleri kapsadığını ifade etmektedir. Önerilen tersine lojistik şebekesinin; toplama noktaları ve Hindistan şartlarında çeşitli stratejik, operasyonel ve müşteri hizmeti kısıtları altında ürün dönüşlerinin birkaç sınıfı için, orijinal ekipman imalatçıları veya onların konsorsiyumu tarafından kurulan iki tip yeniden işleme tesisinden oluştuğu belirtilmektedir.

Aydın ve arkadaşlarına (2008) göre, Odunpazarı Belediyesi'ne bağlı 5 mahallere ait evlerden ve evsel atık çıkaran iş merkezlerinden aktif olarak atık toplayan Eskişehir'de kurulu Benli Geri Dönüşüm firmasında sistem analizi sonrası belirlenen problemlerden biri, sistemin insan gücüne dayalı olması nedeniyle, bant kapasitesinin verimsiz kullanımı ve yüksek maliyet olarak tanımlanmıştır. Önerilen yöntem bilim neticesinde, ayrıştırma işlemine eklenecek teknik donanımlarla ayrıştırılan atık miktarında yıllık ortalama %17 artış, maliyetlerde %15 oranında azalma öngörülmüştür. Diğer problem ise yeni palet atölyesinin tasarımı olup, malzemelerin fabrika içerisinde çok fazla dolaşması ve düzensiz trafik olarak gözlemlenmiştir. Palet atölyesinin yeni yerleşimi, hiçbir ek yatırıma ihtiyaç duymadan trafiği düzenlerken, malzemelerin akış mesafesini ortalama %70 oranında azaltmıştır. Evsel atık toplama süreçleri için ise problem, plansız rotalama nedeniyle

sürecin yüksek maliyetli olması olarak tanımlanmıştır. Önerilen yöntem bilim neticesinde planlı ve verimli bir rota elde edilmesini sağlamak amacıyla, kapasiteli araç rotalama için matematiksel model oluşturulmuş ve Xpress-MP optimizasyon programı ile tam çözüm yapılmış, daha sonra, Clarke&Wright sezgiselinin kullanılması uygun görülmüştür. Clarke&Wright sezgiselinin uygulanması sonucunda, çıkan çözümü daha iyi bir değere çıkarmak için 3-Opt iyileştirme sezgiselinin de uygulanması öngörülmüştür. Belirlenen sezgisel yöntemlerin modele uygulanmasından sonra da Kapasiteli Araç Rotalama Problemi'nin en iyi sonucundan %2,8'lik sapması olan bir mesafeye sahip bir rota elde edilmiştir. Java yazılımı kullanılarak 'Rota Çiz' isimli bir program oluşturulmuş ve kullanıcı arayüzü hazırlanarak kullanılabilirlik kolaylaştırılmıştır. Program sayesinde, sistemde mevcut mahalleler için toplama mesafesinde %42'lik azalma gözlemlenmiştir. Ayrıca, yapılan tüm iyileştirmelerin firmaya faydasının yanı sıra çevreye yapacağı katkılar da belirtilmiştir.

Rubio vd. (2008), "tersine lojistik araştırmalarının özellikleri"; Melo vd. (2009), "tesis yer seçimi ve tedarik zinciri yönetimi için literatür araştırması"; Jämsä (2009), "tersine lojistik şebeke tasarımında araştırma fırsatları için literatür taraması"; Akçalı vd. (2009), "tersine ve kapalı döngü tedarik zincirleri şebeke tasarımında kullanılan modeller ve çözüm yaklaşımları için açıklamalı/çıkarımlı kaynakça"; Pokharel ve Mutha (2009), "tersine lojistikte bakış açıları için literatür araştırması"; Neto vd. (2009), "tersine lojistik şebekelerinde eko-etkinliğin değerlendirilmesi için bir metodoloji"; Zhao ve Lee (2009), "işlemler stratejisi ve tedarik zinciri yönetiminde gelişmeler ve ortaya çıkan araştırma fırsatları"; Robinson (2009), "e-atık konusunda küresel üretim ve çevresel etkilerinin değerlendirilmesi"; Barker ve Zabinsky (2010), "geri kazanım için tasarım"; Easwaran ve Üster (2010), "ileri ve tersine akış kararları ile bütünleşik, kapalı döngü tedarik zinciri şebekesi tasarımı"; Salema vd. (2010), "tedarik zincirlerinin tersine akışlar ile eş zamanlı tasarımı ve planlanmasında genel modelleme yaklaşımı"; Achilles vd. (2010a), "AEEE (Atık Elektrikli ve Elektronik Ekipman) örnek olayında politika üretmeyi desteklemek için tersine lojistik şebekesinin optimizasyonu"; Kuo

(2010), “AEEE geri dönüşümünü desteklemek için ‘işbirlikçi tasarım’ platformunun kurulması”; Mansour vd. (2010), “ömrünü tamamlamış araçların geri kazanımı için tersine lojistik şebekesi tasarımı”; Xanthopoulos ve Iakovou (2010), “ileri tedarik kanalı sinerjileri ile tersine lojistik şebekesinin tasarımı için stratejik metodolojik optimizasyon çerçevesi”; Ilgın ve Gupta (2010), “çevreye duyarlı (çevresel bilinçli) imalat ve ürün geri kazanımı (ÇBIÜGK) konusundaki literatürün gelişme durumunun gözden geçirilmesi”; Renteria vd. (2011), AEEE geridönüşüm sürecini optimize etmek için televizyon setleri ve monitör örnekleri üzerinden bir metodoloji; Lambert vd. (2011), “tersine lojistik kararları için kavramsal çerçeve”; Jamshidi (2011), “tersine lojistik, lojistik işlemleri ve yönetim için kavramlar ve modeller”; Ongondo vd. (2011), “EEE atıkları yönetiminin küresel gözden geçirilmesi”; Chan vd. (2012), “tedarik zincirlerinin optimizasyonu ve tasarımında ilerlemeler”; Ongondo ve Williams (2012), “Birleşik Krallık evsel AEEE toplama şebekesinin kritik gözden geçirilmesi” çalışmalarını yapmışlardır.

2.2 Belirsiz/Çok Amaçlı Ortamda Tersine Lojistik Şebeke Tasarımı

Gerek belirsiz, gerekse çok amaçlı, özellikle de belirsiz çok amaçlı yapı konusuna literatürde çok az değinilmiştir. Bu konularda çalışmalar yapan bazı bilim insanları şunlardır: Pochampally vd. (2003), belirsizlik; Kusumastuti vd. (2004), belirsizlik ve çok amaç; Chu ve Song (2004), belirsizlik; Biehla vd. (2007), belirsizlik; Salema vd. (2007a), belirsizlik; Jinan vd. (2007), bulanık üçgensel sayılar ve şans kısıtlı programlama konuları üzerinde araştırma yapmışlardır.

Kusumastuti vd. (2004), belirsizlik altında, çok amaçlı, çok dönemli, tersine lojistik şebeke tasarımı için hem benzetim modeli hem de karışık tamsayılı programlama modeli kullanmışlardır. Matematiksel model, çok amaçlı-çok dönemli şebeke tasarım problemini modellemek, benzetim modeli de belirsizliği dikkate almak için kullanılmaktadır. Karmaşıklık dolayısıyla, baskın çözümleri bulabilmek için minimum yayılan ağaç temelli bir genetik algoritma kullanılmaktadır. En iyi / tercih edilen tersine lojistik şebeke tasarımını belirlemek için, tercih edilen baskın

çözümler, belirsizliğin çeşitli senaryoları altında benzetime alınmaktadır.

Ahluwalia ve Nema (2006), “bütünleşik bilgisayar atık yönetimi için çok amaçlı tersine lojistik modeli” çalışmasında, Tamsayılı Doğrusal Programlama (TDP) temelinde, biri çevresel riskin, diğeri toplam maliyetin minimizasyonu olmak üzere iki amaçlı bir model sunmaktadır.

Altıparmak vd. (2006), tek ürünlü, çok aşamalı, çok amaçlı TZŞT için; bir karışık tamsayılı doğrusal olmayan programlama (KTDOP) modeli ve NP-Zor olan bu model için bir genetik algoritma geliştirmişlerdir. Talep ihtiyaçları ve kapasiteleri tatmin edecek bir dağıtım şebekesi tasarlamak için, hangi tedarikçilerle çalışılması ve hangi tesisler ve dağıtım merkezlerinin açılması gerektiği, karar değişkenleri olarak dikkate alınmıştır. Dikkate aldıkları ilk amaç, TZŞ’nin toplam maliyetinin minimizasyonu (dağıtım merkezi ve imalat tesisi açma ve işletim maliyetleri; tedarikçilerden tesislere hammadde ve dağıtım merkezleri ile müşterilere ürün taşımının getirdiği değişken maliyetler); ikinci amaç, teslim zamanı içerisinde dağıtılabilen toplam müşteri talebinin % olarak maksimizasyonu; üçüncü amaç, imalat tesisleri ve dağıtım merkezleri için, kapasite kullanım oranlarının hata kareleri ortalaması ile ölçülebilen kapasite kullanım oranı eşitliği, diğer bir ifadeyle, kapasite kullanım dengesinin maksimizasyonudur.

Du ve Evans (2007), tamir hizmeti gerektiren geri dönüşlerle ilgili tersine lojistik şebeke analizine odaklanmaktadır. Satış sonrası hizmet için 3PL sağlayıcıdan dış kaynak kullanım hizmeti alan bir imalatçı ile ilgili bir problem önerilmektedir. İlk önce, iki amaçlı bir optimizasyon modeli geliştirilmiştir. Toplam maliyetin minimizasyonu ve çevrim zamanının toplam gecikmesinin minimizasyonu olmak üzere iki amaç belirlenmiştir. Tesis kapasitesi seçeneği, her bir potansiyel yerleşimde kesikli bir parametre olarak düşünülmektedir. Amaç, ilgili taşımının müşteri bölgeleri ile hizmet tesisleri arasındaki akışında olduğu gibi, potansiyel tesis yerleşimleri arasında, tesis kapasite planlaması için baskın çözümler seti bulmaktır. Böylece, bu iki amaçlı optimizasyon modelini çözmek için bir

çözüm yaklaşımı tasarlanmaktadır. Çözüm yaklaşımı; dağınık arama, dual simplex metodu ve kısıt metodu algoritmalarının birleşiminden oluşmaktadır.

Lee vd. (2007a), eş zamanlı olarak ileri ve geri dağıtım için, 3PL sağlayıcının aktivitelerini dikkate alarak bir model geliştirmişlerdir. Önerilen modelde iki amaç bulunmaktadır: Müşterilerden toplama tesislerine geri dönen ürünlerin maksimizasyonu ve ileri ve geri lojistik işlemleri ile ilgili toplam maliyetin minimizasyonu. Çok amaçlı modelin uzlaşık çözümünü belirlemek için Bulanık Hedef Programlama (BHP) yaklaşımı uygulanmaktadır. Daha sonra, problemi çözmek için, iki alt algoritmali bir genetik algoritma (GA) geliştirilmektedir. Formüle edilmiş modelin ve önerilen çözüm metodunun uygulanabilirliğini göstermek amacıyla sayısal denemeler sunulmaktadır. Lee vd. (2007b), araştırmalarından birinde çok amaçlı modeli konu edinmiştir.

Salema vd. (2007a), tersine lojistik şebeke tasarımı için genelleştirilmiş bir model önerdiklerini ifade etmektedirler. İber Yarımadası'nda bulunan büro doküman şirketi örnek olayı üzerinden kapasite sınırları, çok ürün yönetimi ve ürün talepleri ve geri dönüşler ile ilgili belirsizlik dikkate alındığında, genel bir tersine lojistik şebekesinin tasarımı düşünülmüştür. Standart B&B (Branch and Bound / Dal-Sınır) teknikleri kullanılarak çözülen karışık tamsayıli bir formülasyon geliştirilmiş ve model, açıklayıcı örneklere uygulanmıştır.

Pati ve Kumar (2008), geri dönüşümlü kâğıt dağıtım şebekesi için Karışık Tamsayıli Hedef Programlama (KTHP) modeli geliştirmişlerdir. Dikkate aldıkları amaçlar; tersine lojistik maliyetlerinin indirgenmesi, kaynakta artırılmış ayırma ile ürün kalitesinin artırılması ve atık kâğıt geri kazanımı ile çevresel faydanın maksimizasyonudur.

Pokharel (2008), 2 amaçlı ileri tedarik zinciri için etkileşimli (interaktif) yaklaşımı kullanarak, eş zamanlı olarak çok amaç dikkate alındığında tek amacın dikkate alınması durumuna göre şebekenin nasıl değişeceğinin karşılaştırmasını yapmıştır. Pokharel'in dikkate aldığı amaçlar, toplam maliyetin minimizasyonu ve

bir aşamadan diğerine olan tedarik güvenilirliğinin maksimizasyonudur.

Qin ve Ji (2010), “bulanık ortamda ürün geri kazanımı için lojistik şebeke tasarımı”; Chu vd. (2010), “evsel aletlerin çok aşamalı tersine lojistik şebekesi için şans kısıtlı programlama”; Pishvae ve Torabi (2010), “belirsizlik altında, kapalı döngü tedarik zinciri şebeke tasarımı için olabilirlikli programlama”; Liang (2010), “belirsiz ortamda, kesin olmayan çok amaçlı bütünlük imalat/dağıtım planlama”; Peidro vd. (2010), “tedarik zinciri planlaması için belirsizlik altında bulanık doğrusal programlama”; Mula vd. (2010), “bulanık talep ile tedarik zinciri üretim planlaması için bulanık matematiksel programlama”; Lee vd. (2010), “belirsizlik altında sürdürülebilir lojistik şebekesi tasarımı”; Mohammadi vd. (2011), “bulanık mantık yaklaşımı ile belirsizlik ortamında kusursuz tedarik zinciri yönetimi şebeke tasarımı”; Pishvae vd. (2011), “belirsizlik altında kapalı döngü tedarik zinciri şebeke tasarımı için sağlam (gürbüz) optimizasyon”; Kabak ve Ülengin (2011), “tedarik zinciri şebeke kararları için olabilirlikli doğrusal programlama”; Mirzapour vd. (2011), “tedarik zincirinde, belirsizlik altında, çok-ürün çok-yer ile, bütünlük planlama için çok amaçlı gürbüz optimizasyon”; Zhang vd. (2011), “belediye katı atık yönetim sistemleri için kesin olmayan tersine lojistik şebeke tasarımı” ve Pishvae ve Razmi'nin (2012), “çok amaçlı bulanık matematiksel programlama kullanılarak çevresel tedarik zinciri şebeke tasarımı” çalışmaları “Belirsiz ve/veya Çok Amaçlı Ortamda Tersine Lojistik Şebeke Tasarımı” alanında öne çıkan diğer güncel yayınlardır.

2.3 Gerçek/Hipotetik Veri Temelli Tersine Tedarik Zinciri Örnek Olay Uygulamaları

Barros vd. (1998), kum geri dönüşümü; Krikke vd. (1999a, 1999b), otomotiv endüstrisi ve fotokopi makineleri; Blanc vd. (2004), LPG tankları için geri dönüşüm; Schleiffer vd. (2004), Avrupa'nın otomotiv endüstrisi; Schultmann vd. (2006), otomotiv endüstrisi (Almanya'da ömrü biten araçlar üzerine bir uygulama); Ahluwalia ve Nema (2006), bütünlük bilgisayar atık yönetimi için çok amaçlı tersine lojistik model; Biehla vd. (2007), halı için tersine lojistik sis-

temlerinin geliştirilmesinde performans ve belirsizliğin değerlendirilmesi hususları; Du ve Evans (2007), tamir hizmeti gerektiren geri dönüşlerde üçüncü parti lojistik sağlayıcıdan dış kaynak kullanım hizmeti alan bir imalatçı ile ilgili bir problem üzerinde çalışmışlardır. De La Fuente vd. (2007), işletmelerde uygulandığı gibi ileri ve tersine lojistik şebekeleri ile eş zamanlı olarak ilgilenmiş ve gerçek bir örnek olay vererek, metal-mekanik sektörden bir işletmede önerdikleri modelin geçerliliğini göstermiş; Lee vd. (2007a), 3PL sağlayıcılarının bütünleşik ileri ve tersine lojistik şebeke tasarımı için çok amaçlı bir model ve çözüm yaklaşımı önermiş; Lee ve Dong (2008), bilgisayar ürünlerinin kullanım hakkı sonundaki geri kazanımı için lojistik şebeke tasarımı problemini ele almış; Min ve Ko (2007), 3PL sağlayıcıları için tamir tesislerinin yer seçimi ve atamasını kapsayan tersine lojistik problemini çözen, bir karışık tamsayı programlama modeli ve genetik algoritma önermiş; Ko vd. (2007), 3PL sağlayıcıları için dinamik bütünleşik dağıtım şebeke tasarımına yönelik bir karışık tamsayı doğrusal olmayan programlama modeli sunmuştur.

1990'lı yıllarda, tersine tedarik zinciri ile ilgili dokuz örnek olay farklı alanlara uygulanmıştır. Bunlar, halı geri dönüşümü, elektronik yeniden imalat (fotokopi makinesi yeniden üretimi), bilgisayar yeniden üretimi, Amerika (US) cep telefonu yeniden imalat örneğindeki gibi uzmanlaşmış 3. Partilerdir. Bu örnekler, lojistik şebekesinin toplama, yeniden imalat ve yeniden dağıtım aktivitelerini kapsamaktadır. Fleischmann ve arkadaşlarına (2001) göre diğer örnek olaylar; yeniden kullanılabilen paketler, yıkım atığından kum geri dönüşümü, çelik endüstrisinde ara ürünler, üretim artıkları için geri dönüşümdür.

De Brito vd. (2002b), tersine lojistik ile ilgili, gerçek, yaklaşık 60 (altmış) örnek olayı incelemiş ve bunları çeşitli açılardan (endüstri ve ürün kategorisine göre) sınıflandırmışlardır. Örnek olayların yaklaşık %60'nun imalat, %20'sinin toptan satış ve perakende ticaret, % 10'nun ise yapı (inşaat) ile ilgili olduğunu gözlemlediklerini belirtmektedirler. Ayrıca, ulaşım ve iletişim, kamu yönetimi, savunma ve diğer kamu hizmetleri (çöp imhası) gibi örnek olaylarının dikkate

alındığını ifade etmektedirler. Örnek olayların çoğunun imalatla ilgili olduğu ancak, gelecekte toptan satış ve perakende ticaret ile ilgili daha çok örnek olaya uygulanacağını belirtmektedirler.

Aynı zamanda ürüne göre gruplandırma yaptıklarında, tüm örnek olayların hemen hemen yarısının metal ürünler, makine ve ekipmanla ilgili olduklarını gözlemlemişlerdir. İşlenen ürünlerin yaklaşık %30'unu odun, kâğıt ve plastik gibi taşınabilir ürünler oluşturmaktadır. Ürünlerin yaklaşık %20'si gıda ürünleri, içecek, tütün, tekstil ve giyimden oluşmaktadır. Ürünlerin %10'dan daha azı maden ve mineraller kategorisine girmektedir.

De Brito vd. (2002b), makalelerinde geri kazanım uygulamalarının şunları içerdiğini belirtmişlerdir: Aküler, evsel atık, meşrubat şişeleri, büyük beyaz eşyalar, paketleme malzemeleri ve dağıtım ürünleri, kullanılmayan ayakkabılar, spor nitelikli malzemeler, atık kâğıt ve reklam malzemeleri, elbise askısı, parmaklıklılı raf, reklam malzemeleri/kaplar (ambalajlar), tüketici eşyaları, kumaşlar, küçük aletler, hatalı parçalar, monoteynerler, atık kâğıt, kullanılmış tarayıcılar, yazıcılar, fotokopi makineleri, fakslar, toner kartuşları, ambalaj malzemeleri, yerli binalar, araba hurdaları, cam şişe ve kavanoz, kullanılmış araba motorları, bilgisayar kasaları/paletleri, yıkım veya inşaatlardan gelen taşlar, demiryolu yedek parçaları, telefon değişimi için tamir edilebilir devre kartı, uçak motoru, duymaya yardımcı/konuşma birleştirici aletler vb. bira fiçileri, kullanılıp atılabilir (disposable) kameralar, kullanılmış araba parçaları, palet/palet kapakları, PVC levhaları, metro-yeraltı treni/transit arabaları, havacılık elektroniği ekipmanı, cam artığı üretimi, dizel motor bileşenleri, alçıtaşı, odun katmanları (iç ve dış üretim artıkları), beyaz ve kahverengi eşyalar, ara ürünlerden değerli eczacılık malzemeleri, içecek, yiyecek vb. için teneke kutu ambalajlar, inşaat aktivitelerinden artıklar, kullanımı sona ermiş buzdolapları, bilgisayarlar, aydınlatma ve diğer plastikler, devre kartları, telefonlar ve kullanılmış Xerox ekipmanlarıdır.

Blanc vd. (2004), LPG tankları için geri dönüşüm sisteminin yeniden tasarımını incelemişlerdir. Hollanda'da bulunan otomobil geri dönüşüm orga-

nizasyonunda (Auto Recycling Nederland/ARN) bir uygulama yapmışlardır. Birçok tersine lojistik şebeke tasarımında olduğu gibi, sistem davranışlarındaki belirsizlik ve güvenilir verileri bir araya getirme zorunluluğu, bu çalışmanın ana özellikleridir. Problemi bir araç rotalama problemi olarak ele almış ve belirsizliği duyarlılık analizi ile gidermeye çalışmışlardır.

Bostel vd. (2005), tersine LŞT ile ilgili literatür taramasında, aşağıdaki uygulama ve örnek olayların bulunduğunu belirtmişlerdir: Yetiştirme çiftliği, kap (ambalaj) taşıma planlaması, geridönüşüm örnek olayı-genel model, tamir hizmeti örnek olayı-genel model, direkt yeniden kullanım örnek olayı-genel model, yeniden imalat örnek olayı-genel model ile diğer bazı araştırmacıların önerdiği genel modellerdir.

Chang vd. (2006), atık elektrikli ve elektronik ekipmanları toplayan ve onları yeniden işleyen Çin'deki bir işletme için toplam maliyeti minimize etmek amacıyla, açılacak demontaj merkezi/yeniden işleme merkezi sayısı ve yer seçimini, toplama merkezlerinden demontaj merkezlerine ve demontaj merkezlerinden atık imhaya gidecek miktarları bulduran bir MILP (Mixed Integer Linear Programming/Karışık Tamsayılı Doğrusal Programlama) modeli geliştirmiştir. Belirsizliğin dikkate alınmaması, modelin tek amaçlı olması ve hipotetik veriler kullanmalarının çalışmalarındaki eksiklikler olduğunu belirtmektedirler.

Jinan vd. (2007), potansiyel riskleri azaltmak amacıyla, 3PL sağlayıcılarının müşterileri için tersine lojistik şebekesini yapılandırırken yeniden imalat lojistik aktivitelerinin belirsizliğini tanımlamışlardır. Bunun için de, biriken talep ve ulaştırma maliyetlerinin bulanıklık ve belirsizliğini değerlendirmek amacıyla, üçgensel bulanık sayılar kullanarak bir bulanık şans kısıtlı programlama modeli önermişlerdir. Bulanık modeli çözmek için, bulanık küme teorisi, α -kesme teorisi ve genişleme prensibi ile bağlanan bir melez genetik algoritma geliştirmişlerdir.

Srivastava (2008), televizyonlar, yolcu arabaları, buzdolapları, bulaşık makineleri ve kişisel bilgisayarlar gibi ürün kategorilerini örnek olarak almıştır. Cagno vd. (2008), "Ürün Geri Kazanım Şebekesinin Model-

lenmesi ve Planlanması: İtalya'da Ömrünü Tamamlamış Buzdolapları Örnek Olayı"; Cruz-Rivera vd. (2009), "Meksika'da Ömrünü Tamamlamış Araçlar için Tersine Lojistik Şebeke Tasarımı"; Achillas vd. (2010b), "AEEE İşleme Tesislerinin Optimal Yer Seçimi için Karar Destek Sistemi: Yunanistan'da Örnek Bir Uygulama"; Jang ve Kim, (2010) "Kore'de, Kullanılmış ve Ömrünü Tamamlamış Cep Telefonlarının Yönetimi için Literatür Araştırması"; Mar-Ortiz vd. (2011), "AEEE Toplama için Geri Kazanım Şebekesi Tasarımı: Galiçya, İspanya Örnek Olayı"; Tuzkaya vd. (2011), "Tersine Lojistik Şebekelerinin Stratejik Tasarımı için Bir Metodoloji ve Türk Beyaz Eşya Endüstrisinde Uygulanması"; Salema vd. (2011), "AEEE için Geri Kazanım Şebeke Modellemesi: Portekiz'de Örnek Bir Çalışma"; Wäger vd. (2011), "İsveç AEEE Toplama ve Geri Kazanım Sistemlerinin Çevresel Etkileri: Bir İzleme"; Wang vd. (2011), "Şhangay'da E-Atık Üzerine Tersine Lojistik Şebekesinin Optimal Tasarımı"; Ongondo ve Williams (2011), "İngiltere'de Cep Telefonlarının Toplanması, Yeniden Kullanımı ve Geridönüşümü"; Yamane vd. (2011), "AEEE Geridönüşümü: Cep Telefonları ve Bilgisayarlardan Çıkarılan, Kullanımı Bitmiş Baskılı Devre Kartlarının Özelliği" ve Krikke (2011), "Kapalı Döngü Şebeke Yapılarının Karbon Ayak İzi (Kaplama Alanı, Footprint) Üzerindeki Etkisi: Fotokopi Makineleri Örnek Olayı" çalışmalarını yapmışlardır.

Aras (2011), yazıcı toner kartuşları, fotokopi makineleri, taşıt araçlarındaki vites kutusu ve motor, ağır vasıta tekerlekleri, ofis mobilyaları, cep telefonları, tıbbi ekipmanlar ve hastane yataklarını, bazı geri kazanım faaliyetlerine örnek olarak göstermektedir.

Alumur vd. (2012), "çok dönemli tersine lojistik şebeke tasarımı"nda, Almanya'da çamaşır makineleri ve çamaşır kurutma makinelerini örnek alarak bir matematiksel programlama modeli geliştirmiş ve farklı senaryolar ve parametre değerleri için buldukları sonuçları analiz etmişlerdir.

Dünyada uluslararası markalar olarak bilinen işletmelerden geri kazanım uygulamaları yapanlar arasında; HP, IBM, Sony, Bosch, 3M, BMW, Ford,

DuPont, Mercedes, Opel, Fuji, Kodak, Nike, UPS ve Xerox sayılabilir.

Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Orman Bakanlığına göre (2011), bugün, Türkiye’de yasal olan TL uygulamalarına örnek olarak; ömrünü tamamlamış araçlar, atık pil ve akü, atık yağ, bitkisel atık yağ, ambalaj atığı, tıbbi atık, tehlikeli atık ve katı atık sayılabilir.

3. SONUÇ

Literatürde, ÜGK için, bulanık ortamda çok amaçlı ve gerçek uygulama temelli LŞT’de eksiklik görülmüştür. Gerçek dünya ve durumlar için, matematik-fen ve mühendislikte, kesinlik ve tek amaçlı yapının yetersiz kalması/uygun olmaması ve mühendisliğin esas amacının gerçek dünya problemlerini çözmek olmasından hareketle; bulanık ortamda çok amaçlı gerçek hayat uygulamalarını ele almak kritik bir önem kazanmıştır.

Türkiye’de TL uygulamaları, Batı’ya ve özellikle Avrupa’ya göre oldukça azdır. Ancak çevreyle ilgili düzenlemeler, Batıyla yoğun ve stratejik işbirliği olan Türkiye’nin de gerek kamu, gerekse de özel TL uygulamalarını gerçekleştirmesini ve yasallaştırmasını zorunlu kılmaktadır.

Tersine LŞT’de talep ve geri dönüş miktarları ile geri dönen atık ürün kalitesi hususlarında önemli derecede belirsizlik mevcuttur. Bu yüzden, belirsizliği hesaba katmak ve onu etkin bir şekilde sayısal olarak ifade edebilmek ihtiyacı söz konusudur. Parametrelerin kesin, tek bir değer almak yerine, bulanık/olabilirlikli alınarak, üyelik fonksiyonu veya olabilirlik dağılımıyla bulanık/kesin olmayan bilgi olarak aralık şeklinde tanımlanmasıyla dinamik yapı dikkate alınmış olmakta ve daha esnek, gerçekçi ve uygulanabilir sonuçlar elde edilebilmektedir.

Birçok çalışmada, talep, ürün geri dönüşleri vb. gibi belirsizlik hususları dikkate alınmamış; çok amaç da konu edinilmemiştir. Tasarlanacak geri kazanım şebeke modelinin gerçek bir örnek olay temelli olması geçerliliğini ve uygulanabilirliğini pekiştirecek ve daha somut ve gerçekçi kurumsal kaynak ihtiyaçları planlaması yapılmasını sağlayacaktır. Olasılık ve senaryo temelli yaklaşımlar, bütün durumları olduğu

gibi (orijinal olarak) ele almak için uygun değildir. Diğer bir ifadeyle bu yöntemler, etkin değildir ve bu şekilde bulunan sonuçlar, gerçek durumlar ve gerçek dünya problemleri için bir çözüm sunmaktan uzak görünmektedir. Bu gerekçeyle, belirsizlik ortamında ele alındığında, modeldeki parametrelerden, örneğin literatürde de en sık şekilde karşılaşıldığı gibi, talep ve geri dönüş oranlarının bulanık /olabilirlikli olarak düşünülmesi karar verme açısından daha uygun olacaktır.

Özellikle bulanık/olabilirlik belirsizliğini çok amaç ile birleştiren gerçek uygulamaları ele alan Tersine LŞT konusunda literatürde bir eksiklik mevcuttur. Tersine LŞT’de Etkileşimli Bulanık/Olabilirlikli Çok Amaçlı, kapasiteli, çok ürünlü, çok dönemli hususlarını eş zamanlı dikkate alan gerçek uygulamalar ile literatüre önemli katkılar yapılabileceği değerlendirilmektedir.

Literatürde geliştirilen modellerde, çoğunlukla doğrusal yapı ve deterministik ortam dikkate alınmıştır. Literatürde geliştirilen modellerin çözümünü için; kesin sonuçlar veren algoritma tabanlı GAMS (CPLEX çözücü ile), AMPL, ILOG, XPRESS vb. gibi etkin yazılımlar, meta-sezgiseller, ayrıştırma teknikleri, benzetim, benzetim ile analitik modeli veya analitik model ile bir meta sezgiseli birleştiren melez yaklaşımlar kullanılmıştır. Bir gerçek dünya karar verme problemi olarak şebeke tasarımında da, karar vericilerin / analistlerin daha güvenilir ve etkin kararlar vermeleri, ancak, kesin çözüm veren algoritmalarla sezgisel algoritmaların çözümlerinin kalitesi, bu çözümler için gösterilen çaba düzeyi ve çok amaç söz konusu iken amaçlar ile ilgili ödünleşme hususlarında her bir yaklaşımın avantaj ve dezavantajlarını (zaman, maliyet, getiri vb. gibi) dikkate almaları ile mümkün olabilecektir.

Stratejik planlamada karar vericiye karar desteği sağlamak amacıyla geliştirilen lojistik şebeke tasarım modelleri, sistemin, gerçek dünyanın ve uygulama alanı ile yerinin bütün özellikleri ve varsayımlarını dikkate aldığı ve gerçek verilerle çözüldüğünde, gerçek dünyada uygulanabilir, esnek, etkin ve etkili karar verme stratejileri sunabilecektir.

Potansiyel çalışma ve fırsatlar olarak; Etkileşimli Bulanık Çok Amaçlı (Örneğin Werner, Lai ve Hwang yaklaşımları), Olabilirlikli Çok Amaçlı, Etkileşimli Olabilirlikli Çok Amaçlı ve Hibrit (Bulanık ve Olabilirlikli) yaklaşımları ve bütün parametrelerin bulanık olduğu Carlsson ve Korhonen yaklaşımları kullanılabilir.

Modellerde doğrusal ilişkilerin yanında, doğrusal olmayan ilişkiler/yapılar ve farklı tipteki üyelik fonksiyonları (konveks, konkav, parçalı doğrusal, asimetric üçgensel ve yamuk) kullanılabilir.

Literatürde tesis açma maliyetleri çoğu zaman yerleşim yerinden bağımsız olarak, bütün aday yerleşim yerleri için, aynı kabul edilmiştir. Ancak bu kabul, karar değişkenlerini önemli derecede etkileyeceğinden, gerçek uygulamalarda bu maliyetler yerleşim yerine göre alınmalıdır. Ayrıca, literatürde çoğu zaman Öklid uzaklığı olarak alınan mesafeler yerine, gerçek uygulamalarda kullanılan ulaşım ağı üzerindeki gerçek mesafeler alınmalıdır.

Karmaşık/büyük boyutlu LŞT modelleri, yüksek ihtimalle, polinom veya kabul edilebilir zamanda çözülememektedir. Böyle durumlarda bir dal-sınır algoritmasının etkin bir çözüm olup olamayacağı araştırılmalıdır. Ayrıca, Benders Ayrıştırması ve Lagrange Gevşetmesi ile çözümler denenip, çözümlerin kalitesi ve zamanları karşılaştırılabilir.

Literatürde, tersine LŞT için, arı kolonisi, değişken komşuluk arama, kuş sürüsü optimizasyonu ve bunların melezlerini kullanan metasezgisel yaklaşımlara rastlanmamış olduğundan bunlarla ilgili çalışma fırsatları değerlendirilebilir.

Türkiye’de geri kazanım endüstrisi büyümeye ve önem kazanmaya devam edeceğinden, AEEE için yeni bir sistem, ‘Ömrünü Tamamlamış Araçlar’ için de mevcut durumdakinden daha etkili bir sistemin tasarımı, modellemesi ve optimizasyonu yapılabilir.

KAYNAKÇA

1. **Achillas, C., Vlachokostas, C., Aidonis, D., Moussiopoulos, N., Iakovou, E., Banias, G.** 2010a. “Optimising Reverse Logistics Network to Support Policy-Making in the Case of Electrical and Electronic Equipment,” *Waste Management*, vol. 30(12), p. 2592-2600.
2. **Achillas, C., Vlachokostas, C., Moussiopoulos, T., Banias, G.** 2010b. “Decision Support System for the Optimal Location of Electrical and Electronic Waste Treatment Plants: A Case Study in Greece,” *Waste Management*, vol. 30(5), p. 870-879.
3. **Ahluwalia, P. K., Nema, A. K.** 2006. “Multi-Objective Reverse Logistics Model for Integrated Computer Waste Management,” *Waste Management & Research*, vol. 24, p. 514-527.
4. **Akçalı, E., Çetinkaya, S., Üster, H.** 2009. “Network Design for Reverse and Closed-Loop Supply Chains: An Annotated Bibliography of Models and Solution Approaches,” *Networks*, vol. 53(3), p. 231-248.
5. **Altıparmak, F., Gen, M., Lin, L., Paksoy, T.** 2006. “A Genetic Algorithm Approach for Multi-Objective Optimization of Supply Chain Networks,” *Computers & Industrial Engineering*, vol. 51, p. 197-216.
6. **Alumur, S. A., Nickel, S., Saldanha-Da-Gama, F., Verter, V.** 2012. “Multi-Period Reverse Logistics Network Design,” *European Journal of Operational Research*, vol. 220 (1), p. 67-78.
7. **Aras, N.** 2011. “Tersine Tedarik Zinciri Yönetimi (TTZY),” *Bilkent Üniversitesi*, <http://www.ie.bilkent.edu.tr/calistay/necati-aras.pdf>, son erişim tarihi: 5 Eylül 2011.
8. **Aydın, H., Başoğlu, D., Demirel, M., Güleç, A., Palaoğlu, E., Şimşek, A., Yetiş Kara, B.** 2008. “Evsel Atık Toplama Ağı Tasarımı ve Geri Kazanım Süreçlerinin İyileştirilmesi,” *Endüstri Mühendisliği Dergisi, Makina Mühendisleri Odası*, c. 19 (3), s. 2-16
9. **Barba-Gutiérrez, Y., Adenso-Díaz, B., Hopp, M.** 2008. “An Analysis of Some Environmental Consequences of European Electrical And Electronic Waste Regulation,” *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 52, p. 481-495.
10. **Barker, T., Zabinsky, Z.** 2010. “Designing for Recovery,” *Industrial Engineer*, vol. 42 (4), p. 38-43.
11. **Barros, A. I., Dekker, R., Scholten, V.** 1998. “A Two-Level Network for Recycling Sand: A Case Study,” *European Journal of Operational Research*, vol. 110, p. 199-214.
12. **Biehla, M., Praterb, E., Realff, M. J.** 2007. “Assessing Performance and Uncertainty in Developing Carpet Reverse Logistics Systems,” *Computers*

- & Operations Research, vol. 34, p. 443–463.
13. **Blanc, H. M., Fleuren, L. H. A., Krikke, H. R.** 2004. “Redesign of a Recycling System for LPG-Tanks,” *OR Spectrum*, vol. 26, p. 283–304.
 14. **Bostel, N., Dejax, P., Lu, Z.** 2005. “The Design, Planning, and Optimization of Reverse Logistics Networks,” *Logistics Systems: Design and Optimization*, eds: Langevin, A., Riopel, D., Springer, U.S.A., p. 171-212.
 15. **Cagno, E., Magalini, F., Trucco, P.** 2008. “Modelling and Planning of Product Recovery Network: The Case Study of End-of-Life Refrigerators in Italy,” *International Journal of Environmental Technology and Management*, vol. 8(4), p. 385-404.
 16. **Carol, P., Kocabaşoğlu, C.** 2006. “Empirical Research Opportunities in Reverse Supply Chains,” *Omega*, vol. 34(6), p. 519-532.
 17. **Chan, C. K., Hou, S. H., Langevin, A.** 2012. “Advances in Optimization and Design of Supply Chains,” *International Journal of Production Economics*, vol. 135(1): p. 1-3
 18. **Chang, X., Huo, J., Chen, S.** 2006. “Study on Integrated Logistics Network Model and Network Design for Waste Electrical And Electronic Equipment,” *IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics*, Shanghai, p. 654-658.
 19. **Chen, H.-K., Chou H.-W.** 2006. “Reverse Supply Chain Network Design Problem,” *Transportation Research Record*, vol. 1964, p. 42-49.
 20. **Chu, H.-S., Song, S.-J.** 2004. “Status and Developing Trends of Reverse Logistics,” *Computer Integrated Manufacturing Systems (CIMS)*, vol. 10(1), p. 10-14-64.
 21. **Chu, L. K., Shi, Y., Lin, S., Sculli, D., Ni, J.** 2010. “Fuzzy Chance-Constrained Programming Model for a Multi-Echelon Reverse Logistics Network for Household Appliances,” *Journal of the Operational Research Society*, vol. 61(4), p. 551-560.
 22. **Cruz-Rivera, R., Ertel, J.** 2009. “Reverse Logistics Network Design for the Collection of End-of-Life Vehicles in Mexico,” *European Journal of Operational Research*, vol. 196(3), p. 930-939.
 23. **Cui, J., Zhang, L.** 2008. “Metallurgical Recovery of Metals from Electronic Waste: A Review”, *Journal of Hazardous Materials*, 158: 228–256.
 24. **De Brito, M. P., Dekker, R.** 2002a. “Reverse Logistics—A Framework,” *Econometric Institute Report*, Erasmus University, Rotterdam.
 25. **De Brito, M. P., Flapper, S. D. P., Dekker, R.** 2002b. “Reverse Logistics: A Review of Case Studies,” *Econometric Institute Report*, Erasmus University, EI 2002-21, Rotterdam.
 26. **De La Fuente, M. V., Ros, L., Cardós, M.** 2007. “Integrating Forward and Reverse Supply Chains: Application to a Metal-Mechanic Company”, *International Journal of Production Economics*, 111(2): 782-792.
 27. **Du, F., Evans, G. W.** 2007. “A Bi-Objective Reverse Logistics Network Analysis for Post-Sale Service,” *Computers & Operations Research*, vol. 35(8), p. 2617-2634.
 28. **Easwaran, G., Üster, H.** 2010. “A Closed-Loop Supply Chain Network Design Problem with Integrated Forward and Reverse Channel Decisions,” *IIE Transactions (Institute of Industrial Engineers)*, vol. 42(11), p. 779-792.
 29. **Field, J. M., Sroufe, R. P.** 2007. “The Use of Recycled Materials in Manufacturing: Implications for Supply Chain Management and Operations Strategy,” *International Journal of Production Research*, vol. 45(18/19), p. 4439-4463.
 30. **Fleischmann, M., Bloemhof-Ruwaard, J. M., Dekker, R., Laan, E. V. D., Van Nunen, J. A. E., Van Wassenhove, L. N.** 1997. “Quantitative Models for Reverse Logistics: A Review,” *European Journal of Operational Research*, vol. (103), p. 1-17.
 31. **Fleischmann, M., Krikke, H. R., Dekker, R., Flapper, S. D. P.** 2000. “A Characterisation of Logistics Networks for Product Recovery,” *Omega*, vol. 28, p. 653-666.
 32. **Fleischmann, M., Beullens, P., Bloemhof-Ruwaard, J. M. ve Van Wassenhove, L. N.** 2001. “The Impact of Product Recovery on Logistics Network Design,” *Production and Operations Management*, vol. 10(2), p. 156-173.
 33. **Georgiadis, P., Vlachos, D.** 2004. “The Effect of Environmental Parameters on Product Recovery,” *European Journal of Operational Research*, vol. 157, p. 449–464.
 34. **Guide Jr, V. D. R., Van Wassenhove, L. N.** 2001. “Managing Product Returns for Remanufacturing,” *Production and Operations Management*, vol. 10(2), p. 142-155.

35. **Gungor, A., Gupta, S. M.** 1999. "Issues in Environmentally Concious Manufacturing and Product Recovery: A Survey," *Computers and Industrial Engineering*, vol. 36, p. 811-853.
36. **Ilgin, M. A., Gupta, S. M.** 2010. "Environmentally Concious Manufacturing and Product Recovery (ECMPRO): A Review of the State of the Art," *Journal of Environmental Management*, vol. 91(3), p. 563-591.
37. **Jämsä, P.** 2009. "Opportunities for Research in Reverse Logistics Networks: A Literature Review," *International Journal of Management and Enterprise Development*, vol. 6(4), p. 433-454.
38. **Jamshidi, M.** 2011. "Reverse Logistics," *Reverse Logistics, Logistics Operations and Management: Concepts and Models*, eds: Farahani, R., Rezapour, S., Kardar, L., Elsevier, U.S.A., p. 247-266.
39. **Jang, Y-C., Kim, M.** 2010. "Management of Used & End-of-Life Mobile Phones in Korea: A Review," *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 55(1), p. 11-19.
40. **Jayaraman, V, Guide Jr, V. D. R., Srivastava, R.** 1999. "A Closed-Loop Logistics Model for Remanufacturing," *Journal of the Operational Research Society*, vol. 50, p. 497-508.
41. **Jayaraman, V., Patterson, R. A., Rolland, E.** 2003. "The Design of Reverse Distribution Networks: Models and Solution Procedures," *European Journal of Operational Research*, vol. 150, p. 128-149.
42. **Jinan, C., Zhang, Y., Xie, L., Hang, W., Cui, X.** 2007. "A Robust Model for 3PLs to Design a Remanufacturing Logistics Network Under the Uncertain Environment," *Proceedings of the IEEE International Conference on Automation and Logistics*, Jinan, China.
43. **Kabak, O., Ülengin, F.** 2011. "Possibilistic Linear-Programming Approach for Supply Chain Networking Decisions," *European Journal of Operational Research*, vol. 209(3), p. 253-264.
44. **Ko, H. J., Evans, G. W.** 2007. "A Genetic Algorithm-Based Heuristic for the Dynamic Integrated Forward/Reverse Logistics Network for 3PLs," *Computers & Operations Research*, vol. 34, p. 346-366.
45. **Kocabaşoğlu, C., Prahinski, C., Klassen, R. D.** 2007. "Linking Forward and Reverse Supply Chain Investments: The Role of Business Uncertainty," *Journal of Operations Management*, vol. 25(6), p. 1141-1160.
46. **Krikke, H. R., Kooi, E. J., Schuur, P. C.** 1999a. "Network Design in Reverse Logistics: A Quantitative Model," *New Trends in Distribution Logistics*, eds: Speranza, M. G., Stähly, P., Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, vol. 480, p. 45-61.
47. **Krikke, H. R., Van Harten, A., Schuur, P. C.** 1999b. "Business Case Oc' e: Reverse Logistic Network Re-Design for Copiers," *OR Spektrum*, vol. 21, p. 381-409.
48. **Krikke, H.** 2011 "Impact of Closed-Loop Network Configurations on Carbon Footprints: A Case Study in Copiers," *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 55 (12), p. 1196-1205.
49. **Kuo, T. C.** 2010. "The Construction of a Collaborative-Design Platform to Support Waste Electrical and Electronic Equipment Recycling," *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, vol. 26(1), p. 100-108.
50. **Kusumastuti, R. D., Piplani, R., Lim, G. H.** 2004. "An Approach to Design Reverse Logistics Networks for Product Recovery," *IEEE International Engineering Management Conference*, vol. 3, p. 1239-1243.
51. **Lambert, S., Riopel, D., Abdul-Kader, W.** 2011. "A Reverse Logistics Decisions Conceptual Framework," *Computers & Industrial Engineering*, vol. 61, no. 3, p. 561-581.
52. **Lee, D-H., Bian, W., Dong, M.** 2007a "A Multi-objective Model and Solution Method for Integrated Forward and Reverse Logistics Network Design for Third-Party Logistics Providers," *Transportation Research Board 86th Annual Meeting*, Washington, D.C., U.S.A., vol. 2032, p. 43-52.
53. **Lee, D-H, Bian, W., Dong, M.** 2007b. "Multiproduct Distribution Network Design of Third-Party Logistics Providers with Reverse – Logistics Operations," *Transportation Research Board 86th Annual Meeting*, Washington, D.C., U.S.A., vol. 2008(1), p. 26-33.
54. **Lee, D-H., Dong, M.** 2008. "A Heuristic Approach to Logistics Network Design for End-of-Lease Computer Products Recovery," *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, vol. 44, no. 3, p. 455-474.

55. **Lee, D-H., Dong, M., Bian, W.** 2010. "The Design of Sustainable Logistics Network Under Uncertainty," *International Journal of Production Economics*, vol. 128(1), p. 159-166.
56. **Liang, T-F.** 2012. "Integrated Manufacturing/Distribution Planning Decisions with Multiple Imprecise Goals in an Uncertain Environment," *Quality and Quantity*, vol. 46(1), p. 137-153. (Published online: 4 April 2010).
57. **Listeş, O.** 2007. "A Generic Stochastic Model for Supply-and-Return Network Design," *Computers & Operations Research*, vol 34, p. 417-442.
58. **Lua, Z., Bostel, N.** 2007. "A Facility Location Model for Logistics Systems Including Reverse Flows: The Case of Remanufacturing Activities," *Computers & Operations Research*, vol. 34, p. 299-323.
59. **Mansour, S., Zarei, M., Kashan, A., H., Karimi, B.** 2010. "Designing A Reverse Logistics Network for End-of-Life Vehicles Recovery," *Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2010, <http://dx.doi.org/10.1155/2010/649028>, son erişim tarihi: 11.07.2014.
60. **Mar-Ortiz, J., Adenso-Diaz, B., González-Velarde, J. L.** 2011. "Design of A Recovery Network for WEEE Collection: The Case of Galicia, Spain," *Journal of the Operational Research Society*, vol. 62(8), p. 1471-1484.
61. **Melo, M. T., Nickel, S., Saldanha-da-Gama, F.** 2009. "Facility Location and Supply Chain Management - A Review," *European Journal of Operational Research*, vol. 196(2), p. 401-412.
62. **Min, H., Ko, H. J., Ko, C. S.** 2006. "A Genetic Algorithm Approach to Developing the Multi-Echelon Reverse Logistics Network for Product Returns," *Omega*, vol. 34, p. 56- 69.
63. **Min, H., Ko, H.-J.** 2007. "The Dynamic Design of A Reverse Logistics Network from the Perspective of Third-Party Logistics Service Providers," *International Journal of Production Economics*, vol. 113(1), p. 176-192.
64. **Mirzapour, S. M. J., Malekly, H., Aryanezhad, M. B.** 2011. "A Multi-Objective Robust Optimization Model for Multi-Product Multi-Site Aggregate Production Planning in A Supply Chain Under Uncertainty," *International Journal of Production Economics*, vol. 134(1), p. 28-42
65. **Mohammadi, M., Manteghi, M., Moballeg, M., Geidar-Kheljani, J.** 2011. "Design Excellent Supply Chain Network in Uncertainty Environment with Fuzzy Logic Approach," *European Journal of Social Sciences*, vol. 22(4), p. 501-509.
66. **Mula, J., David, P., Poler, R.** 2010. "The Effectiveness of A Fuzzy Mathematical Programming Approach for Supply Chain Production Planning with Fuzzy Demand," *International Journal of Production Economics*, vol. 128(1), p. 136-143.
67. **Neto, J. Q. F., Walther, G., Bloemhof, J., Van Nunen, J. A. E., Spengler, T.** 2009. "A Methodology for Assessing Eco-Efficiency in Logistics Networks," *European Journal of Operational Research*, vol. 193(3), p. 670-682.
68. **Ongondo, F. O., Williams, I. D., Cherrett, T. J.** 2011. "How Are WEEE Doing? A Global Review of the Management of Electrical and Electronic Wastes," *Waste Management*, vol. 31, p. 714-730.
69. **Ongondo, F. O., Williams, I. D.** 2011. "Mobile Phone Collection, Reuse and Recycling in the UK", *Waste Management*, vol. 31(6), p. 1307-1315.
70. **Ongondo, F. O., Williams, I. D.** 2012. "A Critical Review of the UK Household WEEE Collection Network," *Proceedings of Institution of Civil Engineers: Waste and Resource Management*, vol. 165 (1), p. 13-23.
71. **Pati, R., Vrat, K. P., Kumar, P.** 2008. "A Goal Programming Model for Paper Recycling System," *Omega*, vol. 36, p. 405-417.
72. **Peidro, D., Mula, J., Poler, R.** 2010. "Fuzzy Linear Programming for Supply Chain Planning Under Uncertainty," *International Journal of Information Technology and Decision Making*, vol. 9 (3), p. 373-392.
73. **Pishvae, M. S., Torabi, S. A.** 2010. "A Possibilistic Programming Approach for Closed-Loop Supply Chain Network Design Under Uncertainty," *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 161(20), p. 2668-2683.
74. **Pishvae, M. S., Rabbani, M., Torabi, S. A.** 2011. "A Robust Optimization Approach to Closed-Loop Supply Chain Network Design Under Uncertainty," *Applied Mathematical Modelling*, vol. 35(2), p. 637-649.
75. **Pishvae, M. S., Razmi, J.** 2012. "Environmental Supply Chain Network Design Using Multi-Objective

- Fuzzy Mathematical Programming,” *Applied Mathematical Modelling*, vol. 36 (8), p. 3433-3446.
76. **Pochampally, K. K., Gupta, S. M.** 2003. “A Multi-Phase Mathematical Programming Approach to Strategic Planning of An Efficient Reverse Supply Chain Network,” *IEEE International Symposium on Electronics and the Environment*, Boston, U.S.A., p. 72.
 77. **Pochampally, K. K., Gupta, S. M.** 2005. “Strategic Planning of a Reverse Supply Chain Network,” *International Journal of Integrated Supply Management (IJISM)*, vol. 1(4).
 78. **Pokharel, S.** 2008. “A Two Objective Model for Decision Making in A Supply Chain,” *International Journal of Production Economics*, vol. 111(2), p. 378-388.
 79. **Pokharel, S., Mutha, A.** 2009. “Perspectives in Reverse Logistics: A Review,” *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 53(4), p. 175-182.
 80. **Qin, Z., Ji, X.** 2010. “Logistics Network Design for Product Recovery in Fuzzy Environment,” *European Journal of Operational Research*, vol. 202(2), p. 479-490.
 81. **Rand, G.** 2005. “Reverse Logistics: Quantitative Models for Closed-Loop Supply Chains,” *Journal of the Operational Research Society*, vol. 56(6), p. 752.
 82. **Renteria, A., Alvarez, E., Perez, J., Del Pozo, D.** 2011. “A Methodology to Optimize the Recycling Process of WEEE: Case of Television Sets and Monitors,” *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 54(5-8), p. 789-800.
 83. **Robinson, B. H.** 2009. “E-Waste: An Assessment of Global Production and Environmental Impacts,” *Science of The Total Environment*, vol. 408 (2), p. 183-191.
 84. **Rousis, K., Moustakas, K., Stylianou, M.** 2008. “Management of Waste from Electrical and Electronic Equipment: The Case of Television Sets and Refrigerators,” *Journal of Environmental Engineering Science*, vol. 7, p. 105–114.
 85. **Rubio, S., Chamorro, A., Miranda, F. J.** 2008. “Characteristics of the Research on Reverse Logistics (1995-2005),” *International Journal of Production Research*, vol. 46(4), p. 1099-1120.
 86. **Salema, M. I. G., Póvoa, A. P. B., Novais, A. Q.** 2007a. “An Optimization Model for the Design of a Capacitated Multi-Product Reverse Logistics Network with Uncertainty,” *European Journal of Operational Research*, vol. 179, p. 1063–1077.
 87. **Salema, M. I. G., Póvoa, A. P. B., Novais, A. Q.** 2007b. “Design and Planning of Supply Chains with Reverse Flows,” *European Symposium on Computer-Aided Process Engineering-15, 38th European Symposium of the Working Party on Computer Aided Process Engineering*, Barcelona, Spain.
 88. **Salema, M. I. G., Póvoa, A. P. B., Novais, A. Q.** 2007c. “Reverse Logistics Network Design: Model Performances,” *The Fifth International Conference on Optimization*, Lisbon, Portugal.
 89. **Salema, M. I. G., Barbosa-Povoa, A. P., & Novais, A. Q.** 2010. “Simultaneous Design and Planning of Supply Chains with Reverse Flows: A Generic Modelling Framework,” *European Journal of Operational Research*, vol. 203(2), p. 336-349.
 90. **Salema, M. I. G., Barbosa-Povoa, A. P., Novais, A. Q.** 2011. “Modelling a Recovery Network for WEEE: A Case Study in Portugal,” *Waste Management*, vol. 31(7), p. 1645-1660.
 91. **Schleiffer, R. J., Sebastian, F. G., Kapoustina, N.** 2004. “Application of Genetic Algorithms for the Design of Large-Scale Reverse Logistic Networks in Europe’s Automotive Industry,” *Proceedings of the 37th Hawaii International Conference on System Sciences*, Hawaii, U.S.A.
 92. **Schultmann, F., Zumkeller, M., Rentz, O.** 2006. “Modeling Reverse Logistic Tasks within Closed-Loop Supply Chains: An Example from the Automotive Industry,” *European Journal of Operational Research*, vol. 171, p. 1033–1050.
 93. **Sim, E., Jung, S., Kim, H., Park, J.** 2004. “A Generic Network Design for a Closed-Loop Supply Chain Using Genetic Algorithm,” *Genetic and Evolutionary Computation*, vol. 3103, p. 1214-1225.
 94. **Srivastava, S. K.** 2007. “Green Supply-Chain Management: A State-of-the-Art Literature Review,” *International Journal of Management Reviews*, vol. 9(1), p. 53–80.
 95. **Srivastava, S. K.** 2008. “Network Design for Reverse Logistics”, *Omega*, vol. 36, p. 535–548.
 96. **Tang, Q., Xie, F.** 2007. “A Genetic Algorithm for Reverse Logistics Network Design,” *Third International Conference on Natural Computation (ICNC)*, Haikou, Hainan, China.

97. **Thierry, M., Salomon, M., Van Nunen, J., Van Wassenhove, L. N.** 1995 "Strategic Issues in Product Recovery Management," *California Management*, vol. 37(2), p. 114-135.
98. **Tuzkaya, G., Gülsün, B., Önsel, Ş.** 2011. "A Methodology for the Strategic Design of Reverse Logistics Networks and its Application in the Turkish White Goods Industry," *International Journal of Production Research*, vol. 49(15), p. 4543-4571.
99. Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Orman Bakanlığı. 2011. "Yönetmelikler," <http://atikyonetimi.cevreorman.gov.tr/atikyonetimi/AnaSayfa/solmenu/Mevzuat.aspx?sflang=tr>, son erişim tarihi: 5 Eylül 2011.
100. **Veerakamolmal, P., Gupta, S. M.** 2000. "Optimizing the Supply Chain in Reverse Logistics," *Proceedings of the SPIE, International Conference on Environmentally Conscious Manufacturing*, Boston, MA, U.S.A., vol. 4193, p. 157-166.
101. **Wäger, P. A., Hischier, R., Eugster, M.** 2011. "Environmental Impacts of the Swiss Collection and Recovery Systems for Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE): A Follow-Up," *Science of the Total Environment*, vol. 409(10), p. 1746-1756.
102. **Wan, Y.** 2006. "Research on the Solution of the Reverse Logistics Problem," *Proceedings of the 3rd International Conference on Innovation & Management*, Wuhan, China, p. 1947-1950.
103. **Wang, H., Fang, F.** 2006. "A Study on the Design of Reverse Logistics Network," *Proceedings of the 3rd International Conference on Innovation & Management*, Wuhan, China, p. 943-946.
104. **Wang, X., Zhang, K., Yang, B.** 2011. "Optimal Design of Reverse Logistics Network on E-Waste in Shanghai," *International Journal of Networking and Virtual Organisations*, vol. 8(3-4), p. 209-223.
105. **Wojanowski, R., Verter, V., Boyaci, T.** 2007. "Retail-Collection Network Design Under Deposit-Refund," *Computers & Operations Research*, vol. 34, p. 324-345.
106. **Xanthopoulos, A., Iakovou, E.** 2010. "A Strategic Methodological Optimisation Framework for the Design of A Reverse Logistics Network with Forward Supply Channel Synergies," *International Journal of Logistics Systems and Management*, vol. 7(2), p. 165-183.
107. **Xia, S-C. ve Xi, L-F.** 2005. "Modeling of Robust Design of Remanufacturing Logistics Networks," *Journal of Dong Hua University*, vol. 22(1), p. 106-112.
108. **Yamane, L. H., de Moraes, V. T., Espinosa, D. C. R., Tenório, J. A. S.** 2011. "Recycling of WEEE: Characterization of Spent Printed Circuit Boards from Mobile Phones and Computers," *Waste Management*, vol. 31(12), p. 2553-2558.
109. **Yao, W.** 2006. "A Network Designing Method for Closed-Loop Supply Chain," *Proceeding of the 2006 International Conference on Management of Logistics and Supply Chain*, Chang Sha - Sydney, p. 252-256.
110. **Yüksel, H.** 2003. "İşletmelerin Çevreye Duyarlı Üretim Faaliyetlerinin Ampirik Bir Çalışma ile Değerlendirilmesi," *Makina Mühendisleri Odası, Endüstri Mühendisliği Dergisi*, cilt 24, sayı 2.
111. **Zaarour, N., Melachrinoudis, E., Min, H.** 2006. "Developing the Reverse Logistics Network for Product Returns," *Proceedings of SPIE-6385 Environmentally Conscious Manufacturing VI*.
112. **Zhang, Y. M., Huang, G. H., He, L.** 2011. "An Inexact Reverse Logistics Model for Municipal Solid Waste Management Systems," *Journal of Environmental Management*, vol. 92(3), p. 522-530.
113. **Zhao, X., Lee, T.** 2009. "Developments and Emerging Research Opportunities in Operations Strategy and Supply Chain Management," *International Journal of Production Economics*, vol. 120(1), p. 1-4.