

Derleme Makalesi

Sürdürülebilir Bir Çevre İçin Yeniden Üretim: Bir Literatür İncelemesi

Hatice Güner¹ , Ali Rıza Güner^{2,*} 

^{1,2} Endüstri Mühendisliği, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, İstanbul Rumeli Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

Geliş: 11.11.2020

Kabul: 25.12.2020

Özet: Yeniden üretim, çevresel ve ekonomik sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmayı sağlayacak bir üretim sistemidir. Ancak böyle bir sisteme geçebilmek için yeniden üretilebilmeyi kolay kılacak ürün tasarımı, kullanılmış ürünlerin müşterilerden ne şekilde toplanacağı, üretim planlama ve kontrolünün nasıl yapılacağı gibi birçok meseleyi düşünmek ve planlamak gerekmektedir. Bu literatür araştırmasında yeniden üretim alanında yapılacak çalışmalara ışık tutmak amacıyla 2020 yılına kadar bu konuyla ilgili yazılmış makale ve tezler incelenmiştir. Yeniden üretim uygulamalarının Türkiye'deki durumuna da dikkat çekilmiştir.

Anahtar kelimeler: Sürdürülebilirlik, ürün geri kazanımı, geri dönüşüm, yeniden üretim, ters lojistik, kapalı döngü tedarik zinciri.

Remanufacturing for a Sustainable Environment: A Literature Review

Abstract: Remanufacturing is a manufacturing system that can achieve sustainable development goals both environmentally and economically. However, to be able to switch to such a system, it is necessary to consider and plan many issues such as product design that facilitates remanufacturing, gathering used products from customers, planning and control of production, and etc. In this literature research, we look into articles and theses written on this subject until 2020 in order to shed light on the studies to be done in the field of remanufacturing. Attention is drawn to the state of remanufacturing implementations in Turkey.

Keywords: Sustainability, product recovery, recycling, remanufacturing, reverse logistics, closed-loop supply chain

* Sorumlu yazar.

E-posta adresi: hatice.guner@rumeli.edu.tr (H. Güner)

1. Giriş

Günümüzde dünya standartlarının ve nüfusun hızlı bir şekilde artması enerji ve kaynak tüketimini de aşırı şekilde artırmıştır. Enerji üretmek için kullanılan yakıtlardan ortaya çıkan gazlar ve yenilenemeyen kaynakların tüketilmesi neticesinde çevresel sorunlar baş göstermiştir.

Sürdürülebilirlik terimi ilk kez yaklaşık 50 yıl önce çevresel sorunların ortaya çıkmasıyla kullanılmaya başlamıştır. Sürdürülebilirliği kısaca doğal kaynakların varlığını sürdürülebilir yetisi olarak açıklamak mümkündür. Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu' nun (WCED) 1987'de yayınladığı "Bizim Ortak Geleceğimiz" adlı raporda, sürdürülebilir kalkınma, günümüzün gereksinimlerini karşılarken gelecek nesillerin de kendi gereksinimlerini yerine getirme potansiyelinin korunması olarak tanımlanmıştır. Bunun için mevcut kaynaklarla bizim tükettiklerimiz arasında bir denge olması gerekir. Ancak nüfus artışı ve aşırı tüketim bu dengenin bozulmasına sebep olmuştur. Farklı ülkelerin ekolojik ayakizi/biyokapasite oranlarını incelediğimizde tüketimleri ile başabaş olabilmesi için ABD'nin 4, Birleşik Krallığın 3, Türkiye'nin ise 2 adet dünyaya muhtaç olduğu görülmektedir (Öç, 2013).

Tüketicilerin çevre bilincinin artması ve üreticilere getirilen yasal düzenlemelerle gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin üretim sektöründe birçok ürün geri kazanım stratejisi geliştirilmiştir. Ürün tasarımı, geri dönüşüm, yeniden üretim gibi alanlarda modeller, algoritmalar, sezgisel yaklaşımlar ve yazılımlar önerilmiş, bu konuda tezler (Ör., Sundin, 2004; Gürler, 2010; Öç, 2013; Gelmez, 2013; Aksoy, 2014) yazılmıştır. Çevre bilincine sahip teknoloji ve tasarım uygulamaları üreticilere atıklarını azaltma ve atıktan kar elde etme fırsatını verir (Zhang ve diğerleri, 1997).

Bu çalışma kapsamında sürdürülebilir bir gelecek için altın fırsat niteliğinde olan yeniden üretim ve yeniden üretim faaliyetlerinin planlama ve kontrolü, ürün tasarımı, lojistik ağı tasarımı gibi konularla ilgili bir literatür araştırması yapılmıştır (Diğer literatür çalışmaları için bkz., Lee ve diğerleri, 2017; Ilgin ve Gupta; 2010; Demirel ve Gökçen; 2008). Çalışmada yeniden üretimin fırsat ve zorluklarından bahsedilmiş ve Türkiye'deki uygulamalarına dikkat çekilmiştir.

2. Ürün Geri Kazanım Yöntemleri

Müşteri beklentilerinin artmasıyla ürünlerin yaşam döngüleri kısalmış, bununla birlikte çöpe giden kullanılmış ürünlerin miktarında artış olmuştur. Ürün geri kazanım yöntemleri, atıkların çevreye olan zararlı etkilerini azaltmayı ve çöpe giden malzemeyi minimize etmeyi amaçlar.

Çevresel sorunlar sebebiyle yapılan yasal düzenlemeler üretim yapan işletmeler için atık yönetimini çevre yönetim

faaliyetlerinin bir parçası haline getirmiştir. Müşteri beklentileri, inovasyon çalışmaları ve teknolojik gelişmelerle elektrikli ve elektronik eşyaların üretiminde artış olmuş, buna paralel olarak kullanım ömrünü doldurmuş elektrikli ve elektronik eşyaların atık miktarı da (e-atık) artmıştır. Ancak üreticiler açısından e-atıkların toplanması, geri dönüşümü ve geri kazanımı önemli bir problem oluşturmaktadır (Aksoy, 2014).

Xerox firması ürünleri yeniden üretilerebilecek şekilde tasarlayarak ömrünü doldurmuş ürünlerin hammaddesini tamamen geri kazanmayı hedeflemiştir. Bu sayede tehlikeli atıkların kontrolü de sağlanmış olmaktadır. (Berko-Boateng ve diğerleri, 1993). Zlamparet ve diğerleri (2017), Tanskanen (2013) çalışmalarında elektronik imalat endüstrisindeki yeniden üretim ve geri dönüşüm uygulamalarını değerlendirmektedir.

Türkiye'de Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyaların (AEEE) Kontrolü Yönetmeliği Avrupa Birliği ile uyum süreci kapsamında 2013 yılında yürürlüğe girmiştir. Yönetmelikteki elektrikli ve elektronik eşya üreticilerinin yükümlülükleri şöyle özetlenebilir: Zararlı maddelerin kullanımından kaçınarak geri kazanıma uygun ürün ve proses tasarımları geliştirmek, evsel e-atıkların toplanması, evsel olmayan e-atıkların toplanması, işlenmesi ve yönetmeliğe uygun imha edilmesi hedefine uygun olarak bir sistem kurarak, belediyeler ile işbirliği içinde eğitim ve bilgilendirme faaliyetleri organize etmek, belediyeler ve dağıtıcıların topladığı evsel atıkların taşıma ve lojistik maliyetlerini üstlenmek, kurulan işleme merkezlerinde işlenmesini sağlamak, işlemenin mümkün olmadığı durumda imhası için gerekli düzenlemeleri yapmak (Ayrıntılar için bkz., AEEE Kontrolü Yönetmeliği, 2012).

Aksoy (2014) elektrikli ve elektronik eşya üreticilerinin tersine lojistik ve e-atıkların geri dönüşüm faaliyetleri ile AEEE Kontrolü Yönetmeliği kapsamında görev ve sorumlulukları mevcut olan belediyelerin e-atık toplama faaliyetlerini incelemiştir.

Bir ürünün geri kazanım yolları şu şekilde sıralanabilir:

- Yeniden kullanma: üründe değişiklik yapılmadan tekrar kullanılması
- Tamir: ürünün yeniden kullanılabilir hale getirmek için yapılan sınırlı değişim ve işlemlerdir.
- Yenileme: belirli bir kalite ve teknik standardın yakalanması için yapılan değişim ve geliştirme faaliyetidir.
- Yeniden üretim: bir ürünün parçalara ayrılması, gerekli parçaların değiştirilmesi ve yeniden montajıdır.
- Ürün yamyamlaştırma: bir üründen bazı parçaların alınarak başka ürünlerde kullanma
- Geri dönüşüm: ürünün materyallerine ayrılarak parçalanmasıdır.

Gerçek dönüşümle kullanılmış ve ömrü dolmuş ürünlerin hammaddesi yeni ürünlerin üretiminde kullanılmaktadır.

Hammaddenin kalitesinde değişim meydana gelebilir. Yeni ürün eski ürünle aynı olmayabilir. Almanya, İngiltere, Amerika gibi ülkelerde hurdaya giden arabalardaki metallerin neredeyse tamamı geri dönüştürülebilmektedir (Thierry ve diğerleri, 1995).

Yeniden kullanma, tamir, yenileme, yeniden üretim ve parçaları başka ürünlerde kullanma, daha az malzeme ve enerji gerektirdiğinden, geri dönüşüme göre daha çevre dostudur.

3. Yeniden Üretim

Yeniden üretim, fayda sağlama özelliğini kısmen yada bütünüyle kaybeden ürünlerin, (a) parçalarına ayrıştırılması, (b) fonksiyonunu yitiren parçalarının tamir veya yenisi ile değişimi ve (c) yeniden montajı aşamalarından geçen üst düzey örgütlenme gerektiren bir süreçtir. Yeniden üretimin ortaya çıkış sebebi tamamen ekonomik nedenler olsa da, hızlı nüfus artışı ve aşırı kaynak tüketimi sebebiyle oluşan ekolojik dengesizliği hizaya getirebilecek bir gelişmedir. Yeniden üretimle yaşam süresi dolmuş ürünlere yeniden yaşam kazandırılırken çevre, atık malzemelerin zararlı etkilerinden korunmuş olur. Diğer taraftan, yeniden üretim yapan firmalar az enerji ve malzeme ile düşük maliyetle kısa zamanda yüksek kar elde ederken düşük fiyatla piyasaya sundukları ürünler sayesinde yeni pazar olanaklarına sahip olmaktadır. Müşteriler yeni ürün kalitesinde ürünü daha düşük fiyata satın alma fırsatını elde ederler. Bu durum, yeniden üretimi hem üreticiler hem de tüketiciler için cazip hale getirmiştir.

Yeniden üretim basit bir süreç olmasına rağmen içinde birçok belirsizlik barındırır. Süreç, kullanılmış ürünlerin parçalarına ayrılmasıyla başlar. Kullanılmış ürünler sökülür, parçalar temizlenir ve kalitesi kontrol edilir ve hurda parçalar yeniden kullanılabilir olanlardan ayrılır. Yeniden kullanılabilir parçalar belirlendikten sonra bazıları envantere alınır, bazıları ise doğrudan montaj alanına gider. Son adımda, parçalar komponentlere monte edilir, kalitesi kontrol edilir ve nakliye için paketlenir (Ferrer ve Whybark, 2001).

Ürün hakkında en çok bilgiye orijinal parça üreticileri sahip olduklarından, ürünün yeniden üretilmesinde hangi yöntemlerin uygulanması gerektiği konusunda da en doğru bilgiye sahiptirler. Bunun yanında bağımsız yahut sözleşmeli olarak yeniden üretim yapan firmalar da mevcuttur. Ford Motor Company, birkaç seçkin bayiye yedek parçaları yeniden üretmeleri için yetki vermiştir. Kısa süre sonra, Ford komponentlerini yeniden üretme yetkisine sahip, bir yeniden üretici ağı kurulmuştur. Başka yeniden üreticilere yetki vererek ürünleri için yedek parça sağlamanın etkili bir yol olduğunu fark eden diğer otomobil üreticileri de aynı yolda devam etmişlerdir (Ferrer ve Whybark, 2001).

Yeniden üretimin herhangi bir aşamasında alınan bir karar, sonraki aşamalarda alınacak kararları büyük ölçüde etkiler; bu durum üretkenliği, ekonomik performansı ve geri kazanılabilecek kullanılmış ürün miktarını da etkileyecektir. Bu nedenle, yeniden üretim sonuçlarını iyileştirmek için yeniden üretimin farklı aşamaları üzerindeki kararları entegre edecek yöntemlere ihtiyaç vardır.

4. Yeniden Üretimin Fırsatları ve Zorlukları

Sitcharangsie ve diğerleri (2019) yeniden üretim uygulamalarını

gözden geçirerek yeniden üretimdeki zorlukların ve fırsatların üzerinde durmuş ve bilgi boşluğunun nasıl kapatılabileceğine dair bilgiler sunmuşlardır. Bu çalışma, yeniden üretim sonuçlarının optimize edilmesine dair alınacak önemli kararlarla ilgili literatürde yer alan makaleleri kapsamlı bir şekilde incelemektedir. Yeniden üretimin fırsat ve zorluklarına ilişkin birçok çalışma mevcuttur (Matsumoto ve diğerleri, 2016; Kurilova-Palisaitiene ve diğerleri, 2018; Kerr ve Ryan, 2001; Giuntini ve Gaudette, 2003).

Ayres ve diğerleri (1997) makalelerinde, firma düzeyinde ekoverimlilik ve ürün geri kazanımının temel zorunluluklarını dile getirmektedirler. Çalışmada ürün geri kazanımıyla malzeme girdileri azalırken muazzam bir değer katma potansiyelinin nasıl gerçekleştiği anlatılmaktadır. Bu fırsatlardan faydalanabilmek için ürünü içselleştirmek gerektiğinden ve geri kazanım, geri dönüşüm ve yeniden üretimin ürünü içselleştirme potansiyelinden bahsedilmektedir.

Yeniden üretimin ekonomik açıdan sunduğu fırsatları Sharma ve diğerleri (2016), rekabetçi fiyat sunması, ürün değerinin korunması, girdi maliyetinin daha düşük olması, çoklu ürün yaşam döngüsü, garanti taahhüdü, yüksek kar, orijinal ürün özelliklerine denk ya da ötesinde ürün, yeni ürününki gibi ürün ömrü ve yüksek kaliteli ürünler sunması olarak sıralamaktadırlar. Çevresel yönden fırsatlar; daha az malzeme ve kaynak kullanımı, daha az çevresel atık, düşük karbon ayak izi ve enerji korunumu olarak belirtilmiştir. Sosyal yönden fırsatları da, olumlu toplumsal kaygı imajı, daha fazla iş istihdamı, düşük fiyat sebebiyle daha geniş pazar, yeni pazar gelişimi fırsatı ve zararlı atıkların güvenli bertarafı olarak sıralanmıştır.

Jiang ve diğerleri (2019), yeniden üretim sistemlerinin ekolojik performansını değerlendirmek için veriye dayalı bir model oluşturmuşlardır. Geleneksel nitel değerlendirmeden farklı olarak, bu modelde ekolojik performansın nicel analizi geliştirilmiş bir veri zarflama analiziyle yapılmıştır. Değerlendirmede yeniden üretim maliyeti, egzoz emisyonları, atık tahliyesi, enerji tüketimi, malzeme kullanımı, müşteri memnuniyeti, servis seviyesi, yeniden üretimden dolayı elde edilen kar gibi 14 kriter kullanılmıştır.

Ayres ve diğerleri (1997) parça ve komponentleri satın alma maliyeti, atık bertarafı maliyetleri, işçi maliyeti gibi maliyetlerin yeniden üretimde daha düşük olacağını; kullanılmış ürünleri toplama maliyeti, geri kazanım maliyeti gibi maliyetlerin de yeniden üretimin diğer harcamalarından olduğunu yazmıştır. Elektrik-elektronik aletler kurşun bazı lehim, arsenik, cıva ve selenyum gibi, çevre ve sağlığa zararlı, çeşitli toksik metaller içerir. E-atık miktarı da bu sistemle azalmış olduğundan yeniden üretim sürdürülebilir bir çevre için değerlendirilmesi gereken bir fırsattır.

Yeniden üretimin getirdiği faydalar genel olarak su şeklinde sıralanabilir (Topoyan, 2005):

- Enerji tasarrufu (Yeni bir ürün üretiminde harcanan enerjinin yeniden üretim sırasında kullanılan enerjinin dört-beş katı olduğu tahmin edilmektedir.)
- Materyal geri kazanımı
- Katı atıkların azaltılması
- İşgücünün geri kazanımı

- Emek gücü yoğun bir işkolu olduğu için yeni iş imkanlarının oluşumu
- Üretilmiş materyaller için katma değer geri kazanımı
- Yapılan faaliyetlerin katkısıyla ürün fiyatının düşmesi ve bunun sonucunda hayat standardının yükselmesi (Yeniden üretim yapılan işletmelerde üretim maliyetlerinden % 20 civarında tasarruf sağlanması ve ürün fiyatlarının düşmesi söz konusudur.)
- Yeniden üretim yapan şirketin kârlılığının artması
- Düşük fiyatın sonucu olarak rekabet gücünün artması
- Geri kazanılan katma değer payının geri dönüşümden daha büyük olması
- Üretimde kullanılacak makine ihtiyacının azalması ve sonucunda daha düşük sermaye gereksinimi

Yeniden üretimde karşılaşılabilecek zorlukları, Sharma ve diğerleri (2016), kalite endişesi, yeniden üretim için oturmuş bir çerçevenin olmayışı, müşterinin olumsuz algısı, yeniden üretilmiş ürünlerin bulunabilirliği hakkında az farkındalık, sektörün organize olmaması, bayiliklerin yeniden üretilmiş ürünleri satmak istememesi, orjinal parça üreticilerinin katılım ve girişimlerinin eksikliği, kullanılmış ürünlerin tedarik edilmesindeki belirsizlik ve kullanılmış ürünlerin toplanmasındaki zorluk olarak listelemiştir. Diğer olası engeller şu şekilde sıralanabilir (Topoyan, 2005):

- Parçaları katlanabilir bir maliyetle geri kazanmanın zorluğu
- Tasarım değişiklikleri sonucunda yeni parçaları eski olanlarla değiştirmenin güçleşmesi
- Ayırıştırma sürecinde geri gelen ürün kalitesine ilişkin tahmin yapma güçlüğü

Yeniden üretimde ürünü demonte etmek gerekir ve bu emek yoğun bir iştir. Gerekli olan beceri seviyesi yapılacak işe göre değişir. Dolayısıyla hem vasıflı hem de vasıfsız işgücünün bir kombinasyonu gereklidir. Örnek olarak en değerli parçaların kurtarılması için vasıflı işçiler gereklidir. Çeşitli modeller ve değerli bileşenlerin aşınma durumları arasında ayırım yapmak için daha da yüksek beceri ve bilgi seviyeleri gereklidir (Ayres ve diğerleri, 1997).

Guide Jr. (2000) hazırladığı anketle yeniden üretim yapan firmalardan, önümüzdeki 10 yıl içinde sektörün büyümesine yönelik en büyük tehditleri tespit etmelerini istemiş bunun neticesinde çoğunluk (%60) yeniden üretim tedarik sürelerini azaltmaya yönelik artan baskıyı belirtmiştir. Operasyon, muhasebe, lojistik gibi işleri yönetmek için gerekli sistemlerin eksikliği (%38) başka bir tehdit unsurudur. Tespit edilen diğer tehditler arasında %50 kaynak eksikliği, %34 yeniden üretime uygun olmayan ürün tasarımı ve %28 oranıyla hızla artan teknolojik değişiklikler yer almaktadır. Akademisyenlerin yeni sistemler geliştirme ve mevcut sistemlerin uygulanabilirliğini değerlendirme ihtiyacı açıktır.

5. Yeniden Üretim için Ürün Tasarımı

Yeniden üretimle ömrünü doldurmuş yahut artık kullanılmayan eski ürünlerin bertaraf edilmesi azalır; ayrıca tamamen yeni olarak üretilen ürünlerin harcadığından daha az doğal kaynak ve enerji tüketilir. Bununla birlikte, yeniden üretim için tasarım ürün geliştirme sürecinin ayrılmaz bir parçası haline gelmedikçe, yeniden üretimin sosyal, çevresel ve ekonomik faydaları tam olarak kendini göstermez (Nasr ve Thurston, 2006). Topoyan(2005) araştırmasında sürdürülebilir ürün

tasarımı kavramını ve bu tür tasarımlar için kullanılacak yöntemleri incelemiştir. Yazar sürdürülebilirlik, yeniden üretim ve ürün tasarımı kavramlarını birlikte ele almaktadır.

Bunların yanında, yeniden üretim için tasarımın ekonomik uygunluğu da gözardı edilmemelidir, aksi takdirde yeniden üretilebilir ürün tasarımı yapmanın pek bir anlamı yoktur. Arge'ye yapılan yatırımlarla yeniden üretilen ürünlerin birim üretim maliyeti düşürülebilir. Reimann ve diğerleri (2019) süreç iyileştirme yoluyla değişken maliyetlerinin düşürülebileceği üzerinde durur.

Boorsma ve diğerleri (2020) makalelerinde, literatür araştırmasına ve derinlemesine görüşmelere dayanarak tasarım yönetiminin yeniden üretim için tasarımı nasıl kolaylaştırabileceğini anlatırlar. Teknik bilgiye erişimin bir engel değilken bu bilgiyi mevcut tasarım sürecine entegre etmenin zor olduğunu gözlemlemiştirler. Yeniden üretim için tasarımın değerini şirket içinde görünür hale getirerek, iç ve dış paydaşlar arasında köprüler kurarak ve yeniden üretim için tasarımı anahtar performans göstergeleri ve yol haritaları aracılığıyla mevcut süreçlere entegre ederek tasarım yönetiminin yeniden üretime yönelik tasarıma katkıda bulunabileceği sonucuna varılmıştır.

Ürünlerin yeniden üretilebilecek şekilde tasarlanması üretim maliyetlerini düşürmesine ve süreçleri kolaylaştırmasına rağmen genelde yeniden üretime uygun ürün tasarımı yapılmamaktadır. Diğer taraftan, ürün tasarımcıları yeniden üretim sektöründen nadiren geri bildirim almaktadırlar. Yeniden üretim için tasarım, çoğu üretici firma tarafından uygulanmadığından şirketlerin geri bildirim yöntemleriyle, desteklenmesine ihtiyaç vardır. Yeniden üretim firmasından ürün tasarımcısına geri bildirimle ve de yeniden üretim için tasarımdan yararlanarak, bu süreç daha etkili ve verimli hale getirilebilir. Haziri ve Sundin (2019) yeniden üretim sektöründen tasarıma geri bildirim sağlayan ve yeniden üretime yönelik tasarımı destekleyen bir çerçeve sunmaktadır. Yazarlar, bu çerçevenin bilgi paylaşımının az olduğu bağımsız yeniden üreticiler yerine orjinal parça üreticilerine daha uygun olduğunu belirtmişlerdir.

Yang ve diğerleri (2016) yeniden üretim için tasarım ve yeniden üretilebilirlik değerlendirmesi destek aracı önerir. Araç, Fuzzy TOPSIS yöntemini kullanarak malzeme seçimi, parça birleştirme yöntemleri, yapı tasarımı ve yüzey kaplama yöntemleri konusunda yeniden üretime yönelik ürün tasarımına destek sağlar. Karar destek aracının sağlamlığı yaşam döngüsü analizi yöntemleri de dahil edilerek geliştirilmiştir.

Tian ve diğerleri (2017), otomotiv komponentlerinin yeniden üretimindeki operasyonları etkileyen kriterleri detaylandırmakta ve ana operasyon modellerini analiz etmektedirler. Otomotiv komponentlerinin yeniden üretim operasyon modellerini değerlendirmek ve etki kriterlerinin ağırlıklarını belirlemek için bulanık analitik hiyerarşi prosesi (AHP) ve bulanık G-TOPSIS'i birleştiren hibrit çok kriterli karar verme modeli önerilmiştir. Çalışmada yeniden üretim operasyon modelini etkileyen ana faktörler, yeniden üretim tasarım teknikleri, yeniden üretim maliyeti ve yeniden üretim süreci teknolojisi olarak belirlenmiştir. Çin'deki mevcut otomotiv komponentlerinin yeniden üretimi için en uygun üreticinin sözleşmeli yeniden üretim işletmeleri, ikinci sırada orjinal parça üretim işletmesi ve

sonucu olarak da bağımsız yeniden üretim işletmeleri olduğu sonucuna varılmıştır.

Yeniden üretim için tasarımıyla ilgili yapılan çalışmaların çoğu, ürün tasarımıyla ilişkin sorunların araştırılması ve ürün tasarımıyla yardımcı olacak yöntem ve araçların geliştirilmesine odaklanmıştır. Yeniden üretime yönelik teknik çözümler kapsamlı bir şekilde tartışılmış ve sökme, temizleme, test etme ve yeniden montaj gibi yeniden üretim sürecini kolaylaştıracak ürün tasarımıyla odaklanılmıştır. Amaç, işlem sırasında parçaların hasar görme olasılığını en aza indirerek parçaların yeniden kullanımını optimize etmektir. Bu, düşük maliyetle ürün kalitesinin korunmasına ve üretim süresinin kısaltılmasına yardımcı olur. Hatcher ve diğerleri (2011) yaptıkları literatür taramasında, güncel literatürü derleyerek alandaki eğilimleri, fikir birliklerini ve çatışmalarını analiz ederek çağdaş bir yeniden üretim için tasarım anlayışı oluşturmayı hedefler.

Sundin (2004), tezinde yeniden üretim sürecini kolaylaştırmak için ürünlerin nasıl tasarlanabileceğini, aynı zamanda süreçlerin daha verimli olacak şekilde nasıl iyileştirilebileceğini açıklar. Ürün tasarımcısı yapacağı tasarımlarla ürünlerin geri dönüşümünü ve yeniden üretilmesini kolaylaştırabilir. Bunun için, uygun malzeme seçimi, yapısal mukavemeti sağlayan aynı zamanda basit aletlerle kolayca çözülebilen yeni bağlantı parçalarının tasarlanması, farklı ürünlerde kullanılacak şekilde alt montaj parçalarının geliştirilmesi gibi konularda ürün tasarımı büyük rol oynamaktadır. Yeniden üretim için tasarımın kriterlerinden bazıları şu şekilde listelenebilir:

- Standartlaştırılmış parça kullanımı
- Sağlam malzeme seçimi
- Modüler tasarım
- Yükseltilebilirlik
- Temizlemesi kolay malzemeler
- Tahribatsız sökme ve yeniden montaja izin veren montaj yöntemleri
- Aşınan ve yıpranan parçalara kolay erişim
- Korozyona dayanıklı parçalar
- Minimum sayıda bağlantı parçaları
- Yeniden kullanılabilir bağlantı parçaları
- Modası geçmeyen tasarım

6. Yeniden Üretilmiş Ürünlerde Kalite

Yeniden üretilen ürünlerin montajında kullanılan kullanılmış parçaların, yeniden üretilmiş parçaların ve orijinal parçaların kalitesinin, türünün ve kalan ömrünün belirsizliği, yeniden üretim montaj sürecinin güvenilirliğini etkilemektedir. Bu durum yeniden üretim sisteminin yönetimini ve kontrolünü zorlaştırmakta ve aynı zamanda yeniden üretilen ürünlerin kalitesini de etkilemektedir. Bu nedenle belirsizlik, yeniden üretilen ürünlerin kalitesini etkileyen en kritik faktör olarak kabul edilmektedir. Müşterilerin yeniden üretilmiş ürünlere karşı önyargılı olması da işin içine girince yeniden üretim endüstrisi fazla büyüyememiştir.

Liu ve diğerleri (2020) yeniden üretimdeki montaj sürecini dinamik programlama modeliyle optimize eden bir kontrol yöntemi önerir. Yöntem, krank mili montaj hattında uygulanmış ve sonuç olarak yöntemin yeniden üretilen ürünlerin kalitesini %5.27 oranında artırdığı ve montaj maliyetini %2.76 oranında azalttığı görülmüştür.

Yeniden üreten firmalar tarafından satın alınan kullanılmış ürünlerin durumunun değişkenliği, ayrıştırma sürecini yeniden üretim işlemleri için oldukça önemli kılmaktadır. Hangi kullanılmış parçaların yeniden üretilip hangilerinin hurdaya çıkarılması gerektiğini belirten ayrıştırma politikaları literatürde ilgi görmüştür. Galbreth ve Blackburn (2006), tek bir dönem için optimum satın alma ve ayrıştırma politikalarını belirlemek için tek dönemli nicel bir model geliştirmiştir. Cep telefonları gibi yeniden üretilmiş birçok ürünün yaşam döngüleri nispeten kısadır. Gelecekteki talebin garanti edilmediği bu ürünler için önerilen model mantıklıdır. Modelde talebi karşılamak için ne kadar kullanılmış ürün satın alınacağına karar verilirken ürün kalitesi ile yeniden üretim maliyetinin ters orantılı olduğu kabul edilip ayrıştırma politikası buna göre belirlenmiştir.

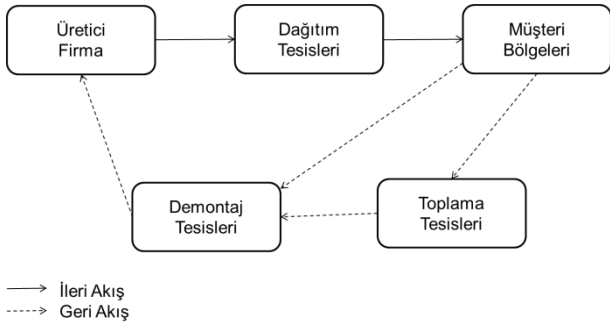
Müşteri açısından, yeniden üretilmiş ürünlere olan ilgi, ürün geçmişi, yeniden üretim süreci ve/veya ürün kalitesiyle ilgili bilgi eksikliğinden kaynaklanır. Finansal riskler müşterinin satın alma isteğini etkiler. Bilgi şeffaflığı, sertifikasyon ve kalite etiketleri sayesinde kalite algısı iyileştirilebilir (Boorsma ve diğerleri, 2020). Müşteriler, yeniden üretilmiş bir ürün satın alırken kaliteden ödün vermediklerine inanmalıdır. Yeniden üretilen ürünler için de yeni ürün garantisinin sunulması tüketicilere ürünlerin kalitesiz olmadığını ve firmanın kaliteli bir ürün sunmaya kararlı olduğunu gösterir. Konuyu açıklığa kavuşturmak için bir eğitim kampanyası gerekli olabilir (Ayres ve diğerleri, 1997).

7. Tersine Lojistik ve Kapalı Döngü Tedarik Zinciri

Tersine lojistik, tüketiciden üreticiye doğru hammadde, yarı mamul ve bitmiş ürünlerin değer kazanımı veya uygun şekilde bertaraf edilmesini sağlamak amacıyla malzeme akışını planlama, uygulama ve kontrol etme sürecidir. Bu sebeple, tersine lojistik sayesinde firmalar çevresel açıdan daha etkin olabilecektir (Nakiboğlu, 2007)

Yeniden üretim sistemlerinde hammadde ve ürün akışı müşteriden yeniden üretim yapan firmaya (ters akış) ve de yeniden üretim yapan firmadan müşteriye (ileri akış) doğru çift yönlü gerçekleşir. Ürünlerin ve malzemelerin tamamına yakını bu sistemde korunabileceğinden, bu sistem kapalı döngü lojistik sistemi olarak da adlandırılır. Diğer bir ifadeyle de tersine lojistiği üreticinin müşteriye sevk ettiği ürünleri kullanım ömrü dolduğunda geri dönüşüm, yeniden üretim veya bertaraf etmek amacıyla tekrar sistematik olarak geri topladığı bir süreç olarak tanımlayabiliriz.

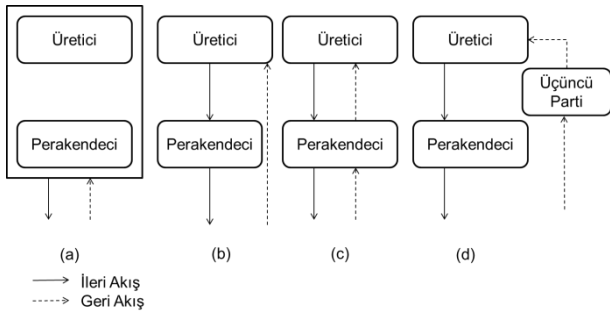
Demirel ve Gökçen (2008) de makalelerinde, hem ileri hem de ters akışları içeren bir yeniden üretim sistemi lojistik ağı (Şekil 1) için yeni bir karma tam sayı matematiksel modeli önermiş ve bunu sayısal bir örnek üzerinde uygulamıştır. Önerilen model, toplama, demontaj ve dağıtım tesislerinin yer seçimi problemini çözerken, üretilecek ve yeniden üretilecek ürünlerin üretim ve nakliye miktarlarının optimal değerlerini hesaplar. Model, pratikteki iş durumunu yansıtan bir dizi deneysel veri kullanılarak doğrulanır.



Şekil 1 Yeniden üretim için ileri ve geri akışları içeren bir lojistik ağı (Demirel ve Gökçen, 2008)

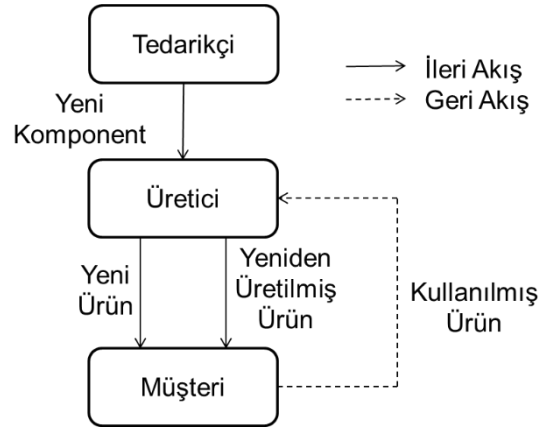
Jayaramanan ve diğerleri (1999) yeniden üretim, dağıtım tesislerinin konumunu, ürün sevkiyatını, optimal üretim miktarını ve hammadde stok miktarını eşzamanlı olarak çözen 0 -1 karma tam sayı programlama modelini önerir.

Yeniden üretim tedarik zincirinde kullanılmış ürünler uygun şekilde müşteriden toplanarak sınıflandırma, ayrıştırma, seçme gibi süreçlere tabi tutulur ve ardından kalitesi uygun olan parça ve komponentler üretimde kullanılarak piyasaya sürülür. Savaşkan ve diğerleri (2004) müşterilerden kullanılmış ürünlerin toplanması için uygun tersine lojistik ağını seçme problemini Stackelberg oyun teorisi modeliyle incelemişlerdir. Çalışma kullanılmış ürünleri toplamak için üç seçeneği olan bir üreticiyi ele almaktadır: (1) Doğrudan müşterilerden toplayabilir, (2) Kendi dağıtım kanalı olan mevcut bir perakendeciye toplaması için uygun teşvikler sağlayabilir. veya (3) toplama faaliyetini üçüncü bir tarafa taşırana verebilir. Çalışmada, merkezi olmayan tedarik zincirinde toplama faaliyetinde en etkili olanın perakendeci olduğunu gözlemlemişlerdir. Şekil 2'de merkezi tedarik zinciri modeli ile (a) merkezi olmayan diğer 3 tedarik zinciri modeli gösterilmiştir.

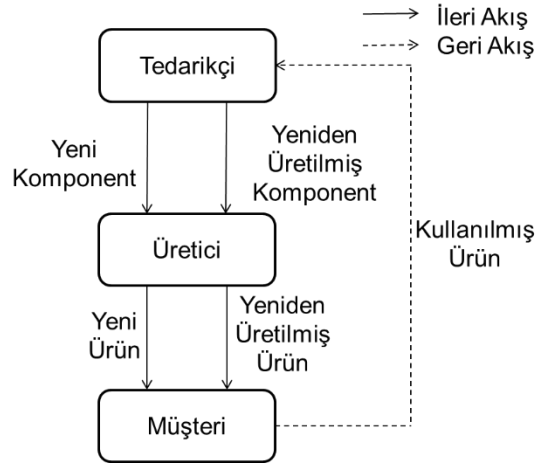


Şekil 2 Yeniden Üretimde Tedarik Zinciri Modelleri (Savaşkan ve diğerleri, 2004)

Tüm üreticiler ve tedarikçiler, uygun maliyetle yeniden üretim yapacak altyapıya ve uzmanlığa sahip olmayabilir. Kullanılmış bir ürünün tamamıyla yeniden üretilmesi artan teknik karmaşıklık, kısalmış ürün yaşam döngüsü ve artan maliyetler ve belirsizlikler sebebiyle kısıtlı hale gelmiştir. Bununla birlikte komponent düzeyinde yeniden üretim, kazancı artırmaya yardımcı bir alternatif olarak karşımıza çıkar. Komponent düzeyinde yeniden üretim bir üretici (Şekil 3) veya tedarikçi (Şekil 4) tarafından gerçekleştirilebilir. Xiong ve diğerleri (2016) merkezi olmayan bir kapalı döngü tedarik zincirinde üreticinin ve tedarikçinin yeniden üretim performansının analizini yapmaktadırlar.



Şekil 3 Üreticinin yeniden ürettiği kapalı döngü tedarik zinciri (Xiong ve diğerleri, 2016)



Şekil 4 Tedarikçinin yeniden ürettiği kapalı döngü tedarik zinciri (Xiong ve diğerleri, 2016)

Koetz ve diğerleri (2004) makalelerinde, şaft üretiminde Brezilya otomotiv pazarına liderlik eden bir firma tarafından geliştirilen tersine lojistik faaliyetlerini ele almaktadırlar. Brezilya pazarının neredeyse tüm talebini karşılayan endüstriyel birimde yeniden üretilen parçaların toplanması, değerlendirilmesi, stoklanması ve nakliyesi için tersine lojistik operasyonlarının aşamalarını tanıtmaktadır. Ayrıca, üretim süreçleri, kalite testleri ve uluslararası standartların yerine getirilmesinden iç pazardaki satış noktalarına dağıtım kadar bu endüstriyel birimde gerçekleşen spesifik prosedürleri açıklar. Son olarak, yazarlar, kullanım ömrünü doldurmuş otomobil parçalarının ve otomobillerin varış yeri ile ilgili, Avrupa mevzuatını da göz önünde bulundurarak, ters lojistik ve yeniden üretimin şu anki durumunu ve bu konuda yapılabilecek daha ileri çalışmalarından bahsetmektedir.

Karaçay(2005) yazısında tersine lojistik ile ilgili kavramlara ve süreçlerin nasıl işlediğine dair bilgiler verir, tersine lojistikteki ağ tasarımı, stok kontrolü, üretim planlama gibi araştırma alanlarından bahsetmektedir.

8. Yeniden Üretim Sistemlerinin Üretim Planlama ve Kontrolü

Yeniden üretim, malzemelerin geri dönüşümü yerine katma değerli bir yeniden kullanım biçimini temsil eder. Yeniden üretim sistemlerinde üretim planlama ve kontrol, geleneksel

imalattakinden büyük ölçüde farklı olabilir. Guide (2000) Amerika'da yeniden üretim yapan firmaların üretim planlama ve kontrol faaliyetlerini inceler. Yazar çalışmasında yeniden üretiminin üretim planlama ve kontrol faaliyetlerini daha karmaşık hale getiren yedi özelliği irdellemektedir. Bu yedi özellik; iade miktarı ve zamanlamasındaki belirsizlik, iadelerle talepleri dengeleme ihtiyacı, iade edilen ürünlerin demontajı, iade edilen ürünlerden geri kazanılan malzemelerdeki belirsizlik, tersine lojistik ağı gereksinimi, müşterinin iade ettiği ürünün aynıını geri istemesi, iade edilen ürünlerin hangi yeniden üretim süreçlerinden geçeceği ve değişken işlem süreleri olarak sıralanmıştır. Bu belirsizlikler, malzeme ve kaynak planlaması, envanter yönetimi, çizelgeleme, atölye kontrolü gibi üretim planlama faaliyetlerini geleneksel üretim ortamlarına göre daha zor hale getirmektedir.

Van Der Laan ve diğerleri (1999) geleneksel üretim ve yeniden üretim operasyonlarının birarada gerçekleştiği sistemlerde üretim planlama ve envanter kontrolü faaliyetlerini ele almaktadır. Bu sistemlerde, hem tamamen yeni üretilmiş hem de yeniden üretilmiş nihai ürünler müşteri taleplerini karşılamakta kullanılabilir. Çalışmada tek komponentli bir ürünün üretildiği bir sistemde, push (iade edilen tüm ürünlerin olabildiğince erken yeniden üretildiği) ve pull (iade edilen tüm ürünlerin olabildiğince geç yeniden üretildiği) kontrol stratejileri analiz edilmiştir. Geleneksel üretim sistemleri push ve pull kontrollü yeniden üretim sistemleriyle karşılaştırılmış ve yeniden üretimde envanter kontrolü konusu üzerinde durulmuştur. Geleneksel üretim ve yeniden üretim sistemlerinde kullanılan tedarik süresi deterministik kabul edilmiştir.

Ferrer ve Whybark (2001)'in geliştirdiği Malzeme İhtiyaç Planlaması (MRP) tabanlı metodoloji, kullanılmış ürünlerden iyi parçaların elde edilmesi ve yeniden üretilmiş ürünlerin talep edilmesindeki belirsizliklerle hangi üründen kaç tane satın alınacağını, hangi ürünlerin söküleceğini ve hangi parça ve komponentlerin birleştirilmesi gerektiğini belirlemeye yardımcı olur.

Yüksel ve Çelikoğlu (2004) yeniden üretim faaliyetleri ile geleneksel üretim arasındaki farkları ortaya koyup yeniden üretim faaliyetlerinin planlanması ve kontrolünde öne çıkan özellikleri vurgulamışlardır. Yeniden üretim sisteminde malzeme ihtiyaç planlamasının nasıl yapılabilirliğine dair örnekler verilmiştir.

Goodall ve diğerleri (2019), dijital üretim sistemlerinden (veritabanları, izlenebilirlik sistemleri, süreç planları) alınan verileri kullanarak yeniden üretim aşamalarındaki malzeme akışını tahmin eden, gerçek dünyayı ve planlananları yansıtacak şekilde otomatik olarak güncelleyen bir simülasyon modeli geliştirmişlerdir.

9. Türkiye'de Yeniden Üretim Faaliyetleri

Gelişmekte olan ekonomiler ile rekabet edebilme ve farklılık oluşturmak için, ülkemiz sanayiinde yeniden üretimi hayata geçirmek ve bu sistemlerde sürdürülebilir tasarımlardan yararlanmak kalkınmanın sürdürülebilirliği açısından hayati önem taşımaktadır (Topoyan, 2005).

Gürler (2010) tez çalışmasında yeniden üretim faaliyetlerinin Türkiye'deki durumunu incelemek için bir anket çalışmasına yer vermektedir. Çalışmaya elektrik-elektronik sanayii,

otomotiv yan sanayii, lastik, motor, metal ve makine sanayii, yazıcı sarf malzemeleri sektörü, medikal cihazlar sanayii ve ofis mobilya sanayiinde faaliyet gösteren 80 işletme katılmıştır. Yeniden üretim yaptığını belirten 42 işletmenin %21.4'ü elektrik-elektronik ürünlerinin, %11.9'u otomotiv yan sanayii ürünlerinin, %7.1'i ise lastik, medikal cihaz, motor ve ofis mobilyasının yeniden üretimini gerçekleştirmektedir. İşletmeler yeniden üretimin karlılıklarını artırdığını düşünmekte ve kendi teknik imkanlarıyla yeniden üretim yapabilmektedirler. Ancak tüketicilerin yeniden üretilmiş ürünlere olan mesafeli yaklaşımı ve yeniden üretilecek ürünlerin ilgili merkezlere geri dönüşündeki belirsizlikler neticesinde Türkiye'de yeniden üretime henüz hazır olunmadığı sonucuna varılmıştır.

Benzer bir çalışmada, otomotiv yan sanayi sektöründe üretim yapan işletmelerin yeniden üretim çalışmalarına yaklaşımlarının olumsuz olduğunu tespit eden Gelmez (2013) yeniden üretime yapılacak olan teşviklerin artırılmasını önermektedir. Yazar yeniden üretim faaliyetleri ile tedarik zinciri performansı ve işletme performansı arasındaki ilişkiyi incelemektedir.

Arsu ve Özdemir (2019), küçük ve orta ölçekli işletmelerin stok kontrolü için hedef programlama modeli geliştirmiş, amaç fonksiyonunun ağırlıklarını Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ile belirlenmiştir. Uygulamada otomotiv yedek parçası üreten bir işletmenin yeniden üretime tabi tutulan ve talep miktarları en yüksek olan üç direksiyon kutusunun, üç dönemlik üretim, talep, satış ve stok miktarları modellenmiş, ulaşılan değişken değerleri ve hedeften sapmalar, işletmenin hedefleri ile karşılaştırılmış ve işletmenin verimliliğini arttırabilecek önerilerde bulunulmuştur.

10. Sonuç ve Öneriler

Globalleşen ekonomilerin olumsuz bir sonucu olarak ortaya çıkan aşırı kaynak tüketimi ve çevre kirliliğine karşı çözüm önerileri mahiyetindeki sürdürülebilir çevre yaklaşımlarından belki de en somut olanı, yeniden üretimdir. Yeniden üretim sayesinde kullanılan ürünler çevresel atık olmaktan çıkıp yeni ürünlerin üretilmesinde girdi olarak kullanılır ve böylece yeniden üretim yapan firmalar az enerji ve malzeme ile düşük maliyetle kar elde edebilir. Ayrıca düşük fiyatla piyasaya sunulan ürünler sayesinde yeni pazar olanaklarına da sahip olurlar.

Bu makale, yeniden üretim alanında günümüze kadar yapılmış olan akademik çalışmaları inceleyen bir literatür araştırması niteliğindedir. Yeniden üretim basit bir süreç olmasına rağmen içinde birçok belirsizlik barındırır. Çalışmada yeniden üretimin cazip yönleri vurgulanarak bunun yanında zorlukları da dile getirilmiştir. Yeniden üretime uygun ürün tasarımının gerekliliği üzerinde durulmuş, yeni ürün kalitesinde ürün üretiminin ve müşteriye pazarlamanın öneminden ve zorluklarından bahsedilmiştir. Yeniden üretilecek ürünlerin nasıl ve kim tarafından toplanacağı, ürün iadesi ve talep dengesini sağlamak için malzeme ve kaynak planlaması, stok yönetimi, süreç yönetimi gibi konular önemli görülmüş, okuyucu bu alanda yapılan çalışmalar konusunda bilgilendirilmiştir.

Yapılan araştırmalarda ülkemizdeki tüketicilerin yeniden üretilmiş ürünlere olan olumsuz tutumları ve yeniden üretimdeki belirsizliklerden dolayı, Türkiye'nin yeniden üretime henüz hazır olmadığı gözlenmiştir. Diğer taraftan,

ülkemiz sanayiinin sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşabilmesi için yeniden üretimi hayata geçirmesi ve bu sistemlerde sürdürülebilir tasarımlardan yararlanması gerekmektedir. Tüm zorluklara rağmen yeniden üretim alanında ilerlemek mümkündür. Bu, üretici firmaların ürün tasarımını yeniden gözden geçirmesi, iş süreçlerini yeniden yapılandırması, karar destek sistemleri geliştirmesi, kalifiye kişilerin işe alınması gibi ciddi stratejik planlama yapmayı gerektirir.

Kaynaklar

- [1] Aksoy, H. M. (2014). Elektrik elektronik sektöründe yeşil tedarik zinciri ile atık yönetimi (Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [2] Arsu, T., & Özdemir, A. (2019). Hedef Programlama ve Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ile Yeniden Üretim Sistemlerinin Stok Kontrolünün İncelenmesi. Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 21(4), 1230-1245.
- [3] Atık elektrikli ve elektronik eşyalar (AEEE) kontrolü yönetmeliği. (2012). Resmi Gazete. Alındığı tarih: 10.11.2020, adres: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/05/20120522-5.htm>
- [4] Ayres, R., Ferrer, G., & Van Leynseele, T. (1997). Eco-efficiency, asset recovery and remanufacturing. *European Management Journal*, 15(5), 557-574.
- [5] Berko-Boateng, V., Azar, J., De Jong, E., & Yander, G. A. (1993, May). Asset cycle management-a total approach to product design for the environment. In *Proceedings of the 1993 IEEE International Symposium on Electronics and the Environment* (pp. 19-31). IEEE.
- [6] Boorsma, N., Balkenende, R., Bakker, C., Tsui, T., & Peck, D. (2020). Incorporating design for remanufacturing in the early design stage: a design management perspective. *Journal of Remanufacturing*, 1-24.
- [7] Demirel, N. Ö., & Gökçen, H. (2008). Geri kazanımlı imalat sistemleri için lojistik ağı tasarımı: literatür araştırması. *Journal of the Faculty of Engineering & Architecture of Gazi University*, 23(4).
- [8] Ferrer, G., & Whybark, D. C. (2001). Material planning for a remanufacturing facility. *Production and Operations Management*, 10(2), 112-124.
- [9] Galbreth, M. R., & Blackburn, J. D. (2006). Optimal acquisition and sorting policies for remanufacturing. *Production and Operations Management*, 15(3), 384-392.
- [10] Gelmez, E. (2013). Ters tedarik zinciri yönetimi bağlamında yeniden üretim uygulamaları: Konya otomotiv yan sanayi örneği (Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü).
- [11] Giuntini, R., & Gaudette, K. (2003). Remanufacturing: The next great opportunity for boosting US productivity. *Business Horizons*, 46(6), 41-48.
- [12] Goodall, P., Sharpe, R., & West, A. (2019). A data-driven simulation to support remanufacturing operations. *Computers in Industry*, 105, 48-60.
- [13] Guide Jr, V. D. R. (2000). Production planning and control for remanufacturing: industry practice and research needs. *Journal of Operations Management*, 18(4), 467-483.
- [14] Gürlü, İ. (2010). Yeniden üretim sürecinde tasarım, planlama, lojistik faaliyetlerinin incelenmesi ve Türkiye açısından değerlendirilmesi (Doctoral dissertation, DEÜ Sosyal Bilimleri Enstitüsü).
- [15] Hatcher, G. D., Ijomah, W. L., & Windmill, J. F. C. (2011). Design for remanufacture: a literature review and future research needs. *Journal of Cleaner Production*, 19(17-18), 2004-2014.
- [16] Haziri, L. L., & Sundin, E. (2019). Supporting design for remanufacturing-A framework for implementing information feedback from remanufacturing to product design. *Journal of Remanufacturing*, 1-20.
- [17] Ilgin, M. A., & Gupta, S. M. (2010). Environmentally conscious manufacturing and product recovery (ECMPRO): A review of the state of the art. *Journal of environmental management*, 91(3), 563-591.
- [18] Jayaraman, V., Guide Jr, V. D. R., & Srivastava, R. (1999). A closed-loop logistics model for remanufacturing. *Journal of the operational research society*, 50(5), 497-508.
- [19] Jiang, Z., Ding, Z., Zhang, H., Cai, W., & Liu, Y. (2019). Data-driven ecological performance evaluation for remanufacturing process. *Energy Conversion and Management*, 198, 111844.
- [20] Karaçay, A. G. G. (2005). Tersine lojistik: Kavram ve işleyiş. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 14(1), 317-332.
- [21] Kerr, W., & Ryan, C. (2001). Eco-efficiency gains from remanufacturing: A case study of photocopier remanufacturing at Fuji Xerox Australia. *Journal of cleaner production*, 9(1), 75-81.
- [22] Koetz, A. L., Klippel, M., & Pampanelli, A. B. (2004, APRIL). Reverse Logistic and Remanufacturing in automotive industry: the GKN Brazil Case. In *Second World Conf. POM 15th Annu. POM Conf* (No. 2).
- [23] Kurilova-Palisaitiene, J., Sundin, E., & Poksinska, B. (2018). Remanufacturing challenges and possible lean improvements. *Journal of Cleaner Production*, 172, 3225-3236.
- [24] Lee, C. M., Woo, W. S., & Roh, Y. H. (2017). Remanufacturing: Trends and issues. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 4(1), 113-125.
- [25] Liu, C., Zhu, Q., Wei, F., Rao, W., Liu, J., Hu, J., & Cai, W. (2020). An integrated optimization control method for remanufacturing assembly system. *Journal of Cleaner Production*, 248, 119261.
- [26] Matsumoto, M., Yang, S., Martinsen, K., & Kainuma, Y. (2016). Trends and research challenges in remanufacturing. *International journal of precision engineering and manufacturing-green technology*, 3(1), 129-142.
- [27] Nakiboğlu, G. (2007). Tersine Lojistik: Önemi Ve Dünyadaki Uygulamaları. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9(2).
- [28] Nasr, N., & Thurston, M. (2006). Remanufacturing: A key enabler to sustainable product systems. *Rochester Institute of Technology*, 15-18.
- [29] Öç, B. (2013). Sürdürülebilir tasarım: Ürün tasarımı ve üretimi temelinde malzemelerin geri dönüştürülmesi bilinci (Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [30] Reimann, M., Xiong, Y., & Zhou, Y. (2019). Managing a closed-loop supply chain with process innovation for remanufacturing. *European Journal of Operational Research*, 276(2), 510-518.
- [31] Savaskan, R. C., Bhattacharya, S., & Van Wassenhove, L. N. (2004). Closed-loop supply chain models with product remanufacturing. *Management science*, 50(2), 239-252.
- [32] Sharma, V., Garg, S. K., & Sharma, P. B. (2016). Identification of major drivers and roadblocks for remanufacturing in India. *Journal of cleaner production*, 112, 1882-1892.
- [33] Sitcharangsi, S., Ijomah, W., & Wong, T. C. (2019). Decision makings in key remanufacturing activities to optimise remanufacturing outcomes: a review. *Journal of Cleaner Production*, 232, 1465-1481.

- [34] Sundin, E. (2004). Product and process design for successful remanufacturing (Doctoral dissertation, Linköping University Electronic Press).
- [35] Tanskanen, P. (2013). Management and recycling of electronic waste. *Acta materialia*, 61(3), 1001-1011.
- [36] Thierry, M., Salomon, M., Van Nunen, J., & Van Wassenhove, L. (1995). Strategic issues in product recovery management. *California management review*, 37(2), 114-136.
- [37] Tian, G., Zhang, H., Feng, Y., Jia, H., Zhang, C., Jiang, Z. & Li, P. (2017). Operation patterns analysis of automotive components remanufacturing industry development in China. *Journal of cleaner production*, 164, 1363-1375.
- [38] Topoyan, M. (2005, Kasım). Yeniden üretim sistemleri için sürdürülebilir ürün tasarımlarının oluşturulması. V. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu, İstanbul Ticaret Üniversitesi, 25-27.
- [39] Van Der Laan, E., Salomon, M., Dekker, R., & Van Wassenhove, L. (1999). Inventory control in hybrid systems with science, remanufacturing. *Management* 45(5), 733-747.
- [40] Yang, S. S., Ong, S. K., & Nee, A. Y. C. (2016). A decision support tool for product design for remanufacturing. *Procedia CIRP*, 40, 144-149.
- [41] Yüksel, H., & Çelikoğlu, C. C. (2004). Yeniden Üretim Faaliyetlerinin Planlanması ve Kontrolü İçin Bir Yöntem Önerisi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 6(3), 152-166.
- [42] Zhang, H. C., Kuo, T. C., Lu, H., & Huang, S. H. (1997). Environmentally conscious design and manufacturing: a state-of-the-art survey. *Journal of manufacturing systems*, 16(5), 352-371.
- [43] Zlamparet, G. I., Ijomah, W., Miao, Y., Awasthi, A. K., Zeng, X., & Li, J. (2017). Remanufacturing strategies: A solution for WEEE problem. *Journal of Cleaner Production*, 149, 126-136.