



SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL VE TEKNİK ARAŞTIRMALAR
DERGİSİ

**Değer Akış Haritalama Yöntemi ile Bir Kozmetik Firmasında Lojistik 4.0
Süreçlerinin Uygulanması ve Analizi**

Elif ŞAHİN^{a,1}, **Yavuz ÖZDEMİR^{b,1,*}**, **Mustafa YILDIRIM^{c,1}**

¹İstanbul Sağlık ve Teknoloji Üni., Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fak., Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye
ROR ID: 008rwr521

^aelif.sahin@istun.edu.tr

^byavuz.ozdemir@istun.edu.tr

^cmustafa.yildirim@istun.edu.tr

Öz

Endüstri 4.0 uygulamaları, lojistik operasyonlarda verimliliği önemli ölçüde artırma potansiyeline sahiptir. Süreçlerin dijitalleştirilmesi ve veri odaklı yönetimi, işletmelere rekabet avantajı sağlayacak iyileştirmeler sunar. Gelecekte, entegrasyon ve yapay zeka destekli karar verme süreçleriyle lojistik verimliliğinin daha da artması beklenmektedir. Değer akış haritalama (DAH) yöntemi, lojistik süreçlerinde değer yaratma ve israfı ortadan kaldırma amacıyla kullanılır. Bu yöntemle süreç adımları görselleştirilerek zaman kayıpları ve verimsizlikler belirlenir. Endüstri 4.0 teknolojileri, DAH'daki her adımda sağlanan veri akışıyla süreçlerin daha ayrıntılı izlenmesini ve analiz edilmesini sağlar. Bu sayede iyileştirme fırsatları daha hızlı tespit edilir ve değer yaratmayan faaliyetler ortadan kaldırılır. Literatürde Değer Akış Haritalama uygulamaları ağırlıklı olarak üretim süreçlerinde uygulanmış olup, Lojistik 4.0 teknolojilerinin depo operasyonları üzerindeki etkisinin DAH yaklaşımıyla birlikte değerlendirildiği çalışmalar sınırlıdır. Özellikle kozmetik sektöründe depo içi ambalajlama ve sevkiyat hazırlık süreçlerinin Lojistik 4.0 çözümleri ile yeniden tasarlanmasına yönelik vaka çalışmaları oldukça azdır. Bu çalışma, bir kozmetik firmasında depo operasyonlarını DAH yöntemiyle analiz ederek robotik otomasyon ve dijital etiketleme uygulamalarının operasyonel performans üzerindeki etkisini değerlendirmesi bakımından literatüre katkı sağlamaktadır. Çalışma sonucunda, Endüstri 4.0 uygulamalarının depo süreçlerinde verimliliği arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler

Endüstri 4.0, Lojistik 4.0, Değer Akış Haritalama (DAH), Fayda-Maliyet Analizi

Atıf Bilgisi

Şahin, E., Özdemir, Y., ve Yıldırım, M. (2026), Değer Akış Haritalama Yöntemi ile Bir Kozmetik Firmasında Lojistik 4.0 Süreçlerinin Uygulanması ve Analizi. *Selçuk Üniversitesi Sosyal ve Teknik Araştırmalar Dergisi*, 27, 01-21

<https://doi.org/10.63673/SosyoTeknik.1981485>

Geliş Tarihi	08.01.2026
Kabul Tarihi	28.06.2026
Yayın Tarihi	30.06.2026
Değerlendirme	İki Dış Hakem / Çift Taraflı Körleme
Etik Beyan	Bu çalışmanın hazırlanma sürecinde bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan olunur.
Benzerlik Taraması	Yapıldı – iThenticate
Etik Bildirim	sosyoteknik@selcuk.edu.tr
Çıkar Çatışması	Çıkar çatışması beyan edilmemiştir.
Finansman	Bu araştırmayı desteklemek için dış fon kullanılmamıştır.
Telif Hakkı & Lisans	Yazarlar dergide yayınlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmaları CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.

Implementation and Analysis of Logistics 4.0 Processes in a Cosmetics Company with Value Stream Mapping Methodology

Elif ŞAHİN ^{a,1} , Yavuz ÖZDEMİR ^{b,1, *} , Mustafa YILDIRIM ^{c,1} 

^aİstanbul Health and Technology Uni., Faculty of Eng. and Natural Sciences, Dept. of Industrial Eng., İstanbul, Türkiye
ROR ID: 008rwr521

^aelif.sahin@istun.edu.tr

^byavuz.ozdemir@istun.edu.tr

^cmustafa.yildirim@istun.edu.tr

Abstract

Industry 4.0 applications significantly enhance efficiency in logistics operations. Digitalization of processes and data-driven management offer improvements that provide businesses with a competitive advantage. In the future, increased integration and AI-supported decision-making are expected to further boost logistics efficiency. Value Stream Mapping (VSM) is used in logistics to create value and eliminate waste. This method visualizes all process steps to identify time losses and inefficiencies. Implementing Industry 4.0 technologies allows for more detailed monitoring and analysis of processes through data flow provided at each step of VSM. This accelerates the identification of improvement opportunities and the elimination of non-value-adding activities in logistics. In the literature, Value Stream Mapping applications have mainly been applied to production processes, and studies evaluating the impact of Logistics 4.0 technologies on warehouse operations using the DAH approach are limited. Case studies focusing on the redesign of in-warehouse packaging and shipment preparation processes in the cosmetics industry using Logistics 4.0 solutions are quite scarce. This study contributes to the literature by analyzing warehouse operations in a cosmetics company using the DAH method and evaluating the impact of robotic automation and digital labeling applications on operational performance. The study concludes that Industry 4.0 applications increase efficiency in warehouse processes.

Keywords

Industry 4.0, Logistics 4.0, Value Stream Mapping, Cost-Benefit Analysis

Citation

Şahin, E., Özdemir, Y., & Yıldırım, M. (2026), Implementation and Analysis of Logistics 4.0 Processes in a Cosmetics Company with Value Stream Mapping Methodology. *Selcuk University the Journal of Social and Technical Researches*, 27, 01-21

<https://doi.org/10.63673/SosyoTeknik.1981485>

Date of Submission	08.01.2026
Date of Acceptance	28.06.2026
Date of Publication	30.06.2026
Peer-Review	Double anonymized - Two External
Ethical Statement	It is declared that scientific and ethical principles have been followed while carrying out and writing this study and that all the sources used have been properly cited.
Plagiarism Checks	Yes - iThenticate
Conflicts of Interest	The author(s) has no conflict of interest to declare.
Complaints	sosyoteknik@selcuk.edu.tr
Grant Support	The author(s) acknowledge that they received no external funding in support of this research.
Copyright & License	Authors publishing with the journal retain the copyright to their work licensed under the CC BY-NC 4.0.

Giriş

Günümüzde artan rekabet, müşteri beklentilerindeki çeşitlilik ve dijitalleşmenin hız kazanması, işletmeleri lojistik ve tedarik zinciri süreçlerini daha verimli ve esnek hale getirmeye zorlamaktadır. Özellikle kozmetik sektörü; kısa ürün yaşam döngüleri, yüksek kalite standartları ve izlenebilirlik gereksinimleri nedeniyle yenilikçi lojistik yaklaşımların uygulanmasını gerekli kılmaktadır. Bu bağlamda Endüstri 4.0'ın lojistik alanına yansımaları olan Lojistik 4.0, nesnelerin interneti, büyük veri analitiği, otomasyon ve siber-fiziksel sistemler gibi teknolojiler aracılığıyla süreçlerin gerçek zamanlı izlenmesini ve iyileştirilmesini mümkün kılmaktadır. Değer Akış Haritalama (DAH) yöntemi ise mevcut süreçlerin görselleştirilmesi, katma değer yaratmayan faaliyetlerin belirlenmesi ve iyileştirme fırsatlarının ortaya konulmasında etkin bir yalın üretim aracıdır. Bu çalışma, bir kozmetik firmasında lojistik süreçlerin Değer Akış Haritalama yöntemi kullanılarak analiz edilmesini ve Lojistik 4.0 uygulamalarının bu süreçlere entegrasyonunun performans üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesini amaçlamaktadır.

Güzeldal (2003), çalışmasında lojistik operasyonlarda süreç iyileştirme amacıyla hücreli lojistik sistemi uygulamıştır. Operasyon alanı dört hücreye bölünerek çalışanların belirli alanlardan sorumlu olması sağlanmış, siparişler manuel araçlarla aynı anda üçlü gruplar halinde toplanmış ve grup teknolojisi yöntemiyle benzer ürünlerin gruplandırılarak toplama verimliliğini artırmıştır. Yapılan simülasyonlarla sipariş toplama süresinin yaklaşık %23, siparişin paketleme alanına ulaşma süresinin ise %71 oranında azaldığını görmüştür.

Saifuddoha ve diğ. (2013), çimento sektöründe tedarik zincirine Değer Akış Haritalama (DAH) uygulayarak atık miktarını azaltmayı hedeflemişlerdir. Gelecekteki durum haritasında, Kanban Kart sistemi ile Tam Zamanında (JIT) üretim yaklaşımını önermişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre, haftalık yaklaşık 7000 tonluk fazla üretim olduğu belirlenmiş ve çekme sisteminin uygulanmasıyla bu fazla üretimin yaklaşık 4000 ton azaltılabileceği ifade edilmiştir. Bunun yanı sıra, toplam üretim maliyetinin yaklaşık 67.15 milyon taka düşeceği, depo alanının 6800 metrekareye kadar azaltılabileceği sonucuna varılmıştır. Ayrıca, toplam işlem süresinin 2.736 saatten 588 saate indirildiği tespit edilmiştir.

Gönen (2013) çalışmasında eşzamanlı mühendislik yaklaşımını DAH tekniği ile birleştirerek süreçten kazanç sağlamayı amaçlamıştır. Araştırmasını otomotiv sektöründeki bir işletmede gerçekleştirmiştir. Sonuç olarak, mevcut durumda yarı mamul stoklarında %84, işlem sürelerinde %10,2 azalma ve işçi sayısında 23'ten 21'e düşüş gözlemlenmiştir. Eşzamanlı mühendislik yaklaşımıyla önerilen DAH ile ise yarı mamul stoklarında %86,5, toplam işlem süresinde %37,5 azalma ve toplam işçi sayısında 19'a düşüş sağlandığını belirtmiştir.

Doğan ve Ersoy (2016) çalışmalarında Türkiye'deki bir üniversite araştırma ve uygulama merkezini incelemiş ve bu merkezde gerçekleştirilen analizlerden birine odaklanarak bir Değer Akış Haritalama (DAH) uygulaması yapmışlardır. Önerilen gelecek durum haritasında yer alan hizmet süreci uygulandığında, hizmet akış süresinde %53, işlem süresinde ise %59 oranında bir azalma sağlandığını belirtmişlerdir. DAH uygulaması sayesinde toplam hizmet akış süresini kısaltarak israfı ortadan kaldırmayı başarmışlardır.

Domingo Galindo (2016) Lojistik 4.0'ı araştırmıştır. Endüstriyel bilgisayar üretiminin optimize edilmesi ile ilgili çalışma yapmıştır. Müşteri siparişi doğruladıktan sonra ERP sisteminin benzersiz bir seri numarası içeren faturayı oluşturduğu bir araç araştırılmıştır. Bu çalışmada amaç, bir parti büyüklüğü ile aynı verime sahip tek seferlik bir ürün üretilmesinin önemidir. Sonuç olarak, tedarik zincirinin her açıdan daha akıllı ve verimli olacağı, müşteri isteklerine odağın artacağı bulunmuştur.

Juozapaitis ve Palsaitis (2017) Ulusal ve Avrupa ulaştırma sistemlerini daha yüksek etkinliğe ulaştırmak için, mevcut ulaştırma altyapısı etrafında bölgesel lojistik kümelerin oluşturulması fikrini araştırmışlardır. Litvanya'daki mevcut lojistik ağı ve olası lojistik kümelerin konumları analiz edildikten sonra, teknik, ekonomik ve siyasi faktörleri göz önüne almışlar, Klaipėda ulusal deniz limanının tüm gerekli niteliklere sahip olduğunu ve bir kümelenme oluşturmak için potansiyelini artırabileceğini belirtmişlerdir. Ancak, ulusal deniz limanının kümelenmesi, net bir amacı ve bu amaca ulaşmak için yöntemleri içeren, sıkı ve kesin yasal düzenlemeler ve yönetim organlarını içeren net bir ulusal politika seviyesinde bir öncelik haline getirilmelidir.

Alkan ve Alnıpak (2017) sanayi 4.0'ın liman lojistiğine etkilerini araştırmışlardır. Buna göre, limanlar için otomatik olarak anlık, eksiksiz ve doğru veri sağlanması bu teknolojiler ile kolay hale geleceğini anlamışlardır. Uzaktan iş emirleri alıp-verilerek süreçlerin hızlanmasının sağlanacağı bulunmuştur. Daha etkin ve verimli

planlama, tahliye, yükleme sağlanacak ve her aşamada izlenebilirliğin artacağı belirlenmiştir. Bunun yanısıra limanların departmanlar arasında etkin veri akışının sağlanması, aktivite içindeki tüm insan, araç ve yüklerin takip edilebilmesi ve konum bilgilerinin alınabilmesinin sağlanacağı söylenmiştir.

Lee ve diğ. (2017) araştırmasında, önerdiği WMS(depo yönetim sistemi), en uygun sipariş toplama yöntemini seçmek için bulanık mantık tekniği ile entegre etmiş ve böylece sipariş toplama sürecinin verimliliği arttırılmıştır. WMS'nin daha iyi bir depo performansı sağladığına ulaşılmıştır. Ayrıca sipariş teslim alma süresini, envanter doğruluğunu ve depo verimliliğini arttırabildiğine ulaşılmıştır. Envanterin, RFID (barkod okuyucu) ile izlenebilir hale gelebildiğini anlamıştır. Robotlar kullanılarak, toplayıcıdan mallara ve mallardan toplayıcıya kadar depodaki toplama ve paketlenme işlemlerinin gerçekleştirilebileceğini söylemiştir.

Bacak ve diğ. (2018) treyler sektöründe IoT'a dayanan nakliye çözümlerinin lojistik sektörüne etkilerini araştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda, treyler sektöründeki Endüstri 4.0 çalışmalarının lojistik sektörünün verimliliğini arttıracağını öngörmüşlerdir. Dijital dönüşüm sürecinin gereklilikleri ile treyler üreticilerinin "ürüne dayalı" modelden "ürün ve çözüm odaklı" modele geçiş için çalışmalar yaptığını görmüşlerdir.

Karunarathna ve diğ. (2019) yazısında, 3PL (3.taraf lojistik) firmalarının karşılaştığı işgücü sıkıntısı gibi kritik zorlukları vurgulayarak, bu firmaların başarılarına etki eden faktörlere odaklanmaktadır. İşgücü planlaması, eğitim ve yetenek geliştirme gibi konularda stratejik çözümlerin tartışılması, 3PL hizmet sağlayıcılarının bu zorluklarla başa çıkmasına yardımcı olabildiğini ve lojistik sektöründeki etkilerini olumlu yönde arttırabildiğini belirtmiştir.

Balcı (2020) lojistik sektöründe dijitalleşme sürecini araştırmıştır. Üretimin depolara ve dağıtımına dahil olmasının, dijital teknolojilerin yer almadığı sistemler ile devam ettirilmesinin mümkün olmadığını görmüştür. Süreçte en uygun bilgi teknolojisinin depolama alanında yapay zeka olduğu sonucuna varılmıştır. Bunu IoT (nesnelerin interneti), büyük veri, robot teknolojisi ve artırılmış gerçekliğin izlediği sonucuna varmıştır.

Merdin ve diğ. (2021) çalışmalarında lojistik sektöründe demir tozu taşıyan bir lojistik işletmesinin süreçlerinin iyileştirilmesi amacıyla benzetim modeli kullanılmıştır. Arena paket programı aracılığıyla oluşturulan simülasyon modeli, tırların taşıma ve yakıt dolum süreçlerini analiz ederek sistemdeki darboğazları ve verimsizlikleri belirlemiştir. Mevcut sistemde tırların yakıt dolumu sırasında uzun kuyruklar oluştuğu, bu durumun sefer sürelerini uzattığı ve lojistik operasyonların aksamasına neden olduğu tespit edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda, sisteme üçüncü bir yakıt dolum tankı eklenmiş ve iyileştirilmiş bir senaryo oluşturulmuştur. Bu iyileştirme sonucunda kuyrukta bekleyen tır sayısı yarı yarıya azaltılmış, sistemden çıkan günlük tır sayısı %52 oranında artırılmış ve bekleme süreleri %43,5 oranında iyileştirilmiştir.

Zahraee ve diğ. (2021) beton dökme sürecini yalın yapı analiziyle birleştirmek için değer akışı haritalama ve Arena tabanlı simülasyon modeli kullanmışlardır. Çalışmada, gelecekteki DAH iyileştirmelerine bağlı olarak, üretim hazırlık süresinin 11 günden 7 güne, katma değerli sürenin ise 38,2 dakikadan 22,5 dakikaya indirildiği bulunmuştur. Ayrıca, takt zamanının 138 saniyeden 93 saniyeye düştüğü de sonuçlar arasında yer almıştır.

De Mattos Nascimento ve diğ. (2022) döngüsel ekonomi hedefleri doğrultusunda Değer Akışı Haritalama (DAH) metodolojisi ile Endüstri 4.0 teknolojilerini birleştirmek için sürdürülebilir bir üretim ve tüketim modeli geliştirmiş ve bu modeli bir Dijital Fabrika ortamına uyarlamışlardır. Geliştirilen modelle birlikte, geleneksel DAH'ı genişletmiş ve Endüstri 4.0 teknolojilerinin döngüsel ekonomi bağlamında kullanımını incelemişlerdir. DAH ile Endüstri 4.0'ın entegrasyonu sayesinde yöneticilere, döngüsellik kademeli ve sürekli bir şekilde teşvik etmelerine olanak tanıyacak bir yol haritası sunmuşlardır.

Shabeen ve Krishnan (2022) ön döküm bileşen üretim biriminde işlem süresini kısaltmak ve üretim miktarını artırmak için değer akış haritalama yöntemini uygulamışlardır. Üretim sürecinde Değer Akış Haritası'nı (DAH) Lucidchart yazılımı ile oluşturmuşlardır. İyileştirilmiş üretim süreci için ise gelecekteki durum haritasını hazırlamışlardır. Önerilen değişikliklerden önce ve sonra döngü süreleri ile hazırlık sürelerini karşılaştırmışlar; hazırlık süresinin 1102 dakikadan 739 dakikaya düştüğünü, üretimin ise günde 33 birimden 40 birime çıktığını belirtmişlerdir. Ayrıca, verimlilikte %49 ve etkinlikte %21,2 artış sağlandığını tespit etmişlerdir.

Pak (2022) stok yönetimi sistemlerinde Endüstri 4.0 uygulamalarının gerçekleştirilmesi üzerine araştırma yapmıştır. Araştırmasında vaka analizi yöntemini kullanmıştır. Araştırma kapsamında konveksiyonel parça toplama yönteminden teknolojik parça toplama yöntemine geçilmiştir. Nihai analiz sonuçlarına göre, işletmenin ürettiği 5 farklı ürün için yapılan tüm çalışmaların sonucunda ortaya %28,3 oranında bir verim artışının ortaya çıkacağı hesaplanmıştır. Bu da işletme için her 100 işçiden 28 adedini tasarruf edebileceği, yani 28 işçiyi başka görevlerde görevlendirebileceği anlamına gelmektedir.

Chukleang ve Jandaend (2022) blockchain teknolojisini lojistiğe uygulanmasını göstermektedir. Bu araştırmada temel amaç, eve teslim hizmetlerini blockchain işlemleri kullanarak iyileştirmektir. Bu teknoloji kullanılarak sistemin şeffaflığı artırmışlardır. Sistemdeki tüm eylemlerin benzersiz kimlikle doğrulanabilir ve blockchain ağındaki akıllı sözleşmeyle kontrol edilebilir hale geldiği bulunmuştur. Herhangi bir sorun olması durumunda yetkili kullanıcıların siparişe erişebileceği ve siparişi takip edebileceği şekilde geliştirmişlerdir.

Unhelkar ve diğ. (2022) Endüstri 4.0 perspektifinden RFID teknolojisi ve karar destek sistemleri üzerine önemli makaleleri ele almışlardır. İncelemede, RFID teknolojisini benimsemesine yönelik organizasyonel stratejiler, sürdürülebilir kalkınma, modern teknikler, tedarik zinciri tasarımı ve yönetimi için bilgi sistemleri yaklaşımları gibi çeşitli temaları kapsama almışlardır. Elde edilen sonuçlara göre, RFID teknolojisini tedarik zinciri süreçlerinde önemli tasarruflar sağlayabileceğini görmüşlerdir. Örneğin, toplam taşıma süresinde ve gecikme süresinde %84'e kadar potansiyel tasarruf sağlanabilirken, malzemelerin sağlanması için gereken sürenin %60'a kadar azaltılabileceğini görmüşlerdir. Bu çalışma ile, RFID teknolojisini tedarik zincirlerinde uygulanmasının operasyonel verimliliği artırırken maliyetleri azaltılabileceğini vurgulamışlardır.

De Jesus Pacheco ve diğ. (2023) Danimarka'daki dağıtım depolarında operasyonel israfın azaltılmasına yönelik çok yöntemli bir yaklaşım benimsemişlerdir. Birleşik modelleme dili etkinlik diyagramı, sistem düşünme tekniği, değer akışı haritalama ve Genba Shikumi yöntemlerini içeren kapsamlı bir yöntem kullanmışlardır. Çalışmalarında, depo hazırlık sürelerinin %41,4 oranında azaltılabileceğini ve toplam katma değer süresinin %81,5 oranında artırılarak depo performansının iyileştirilebileceğini ortaya koymuşlardır. Ayrıca, uyguladıkları yaklaşımın dağıtım depolarında temel atıkların belirlenmesi ve önceliklendirilmesinde etkili bir çözüm sunduğunu vurgulamışlardır.

Uçar ve Turanoğlu Şirin (2024), DAH kullanarak bir gıda firmasının iç lojistik süreçlerinde yalın teknikler kullanılarak süreç iyileştirme çalışmışlardır. Manuel yürütülen işlemleri elimine edilerek yeni bir sistem oluşturmuşlar ve mevcut durumda toplam 434 dakikada tamamlanan malzeme transfer sürecini , yeni sistem önerisi ile 284 dakikaya düşürmüşlerdir.

Yurtseven ve diğ. (2024), otomotiv parçaları üreten bir firmanın ticari ayna ürün grubunda değer akış haritalama tekniği uygulayarak teslim süresini azaltmayı amaçlamışlardır. Çalışmaları sonucunda firmanın teslim süresi %52 kısalmış ve sistemin sınırsız imkânlarla sahip olduğu ideal bir senaryo için ideal durum haritası çizilerek böyle bir durumda teslim süresinin %93 kısaltılabileceği gösterilmiştir.

Sarı (2026), Türkiye'de ağır iş makinesi ve savunma sanayii bileşenleri üreten bir imalat tesisinde DAH uygulaması yapmışlardır. Uygulamalarında işletmenin, çevrim süreleri kısalmış, stok seviyeleri azalmış ve üretim sürecinde aksaklıklar giderilmiştir. Ayrıca yüksek oranda değer katmayan faaliyetler tespit edilmiştir.

Literatürde Değer Akış Haritalama uygulamaları ağırlıklı olarak üretim süreçlerinde uygulanmış olup, Lojistik 4.0 teknolojilerinin depo operasyonları üzerindeki etkisinin DAH yaklaşımıyla birlikte değerlendirildiği çalışmalar sınırlıdır. Özellikle kozmetik sektöründe depo içi ambalajlama ve sevkiyat hazırlık süreçlerinin Lojistik 4.0 çözümleri ile yeniden tasarlanmasına yönelik vaka çalışmaları oldukça azdır. Bu çalışma, bir kozmetik firmasında depo operasyonlarını DAH yöntemiyle analiz ederek robotik otomasyon ve dijital etiketleme uygulamalarının operasyonel performans üzerindeki etkisini değerlendirmesi bakımından literatüre katkı sağlamaktadır. Literatürde DAH ve Lojistik 4.0 birlikte ele alınmakla birlikte, kozmetik sektöründeki depo operasyonlarının robotik otomasyon temelinde değerlendirilmesine yönelik çalışma bulunamamıştır.

Bu çalışmada kavramsal çerçeveye değinilerek Endüstri 4.0'dan bahsedilecek, ikinci bölümde Değer Akış Haritalama (DAH) Tekniği verilecektir. Üçüncü bölümde ise bir kozmetik firmasında yapılmış olan uygulama anlatılarak, dördüncü bölümde sonuçlar verilerek, değerlendirme yapılacaktır.

1. Endüstri 4.0: Kavramsal Çerçeve

Günümüzde şirketler, maliyetlerini azaltmak ve müşteri beklentilerine daha etkili bir şekilde yanıt verebilmek için yenilikler yapmakta veya akıllı teknolojilere geçiş yapmaktadır. Şirketlerin akıllı sistemlere entegrasyonu, beraberinde yeni yaklaşımlar ve paradigmalara yol açmaktadır. Bu köklü dönüşüm, Endüstri 4.0 olarak adlandırılmakta ve işletmelerde yönetimden üretime kadar birçok alanda değişimlere öncülük etmektedir.

Endüstri 4.0, iş modelleri üzerindeki etkisiyle, organizasyonel yapıları yeniden şekillendirerek yenilikçi çözümler sunmaktadır. Bu endüstri devrimi, daha verimli süreçler elde etmeyi hedefleyerek, farklı teknolojilerin birlikte kullanılması için zemin hazırlamaktadır (Genç ve Tunalı, 2022). Endüstri 4.0, 2011 yılında Hannover fuarında lanse edilen yeni sanayi devrimidir. Endüstri 4.0, önem derecesi düşük, vasıf gerektirmeyen işlerin insan işgücü yerine makine ve robot gücünün kullanılmasına ve önemli kabul edilen, nitelik gerektiren işler üzerine uzmanlaşmaya dayanan bir katma değer yaratma devrimidir (Elevli ve Şener, 2017). İnsan gücünün yerini makinelerin almasıyla ve bu makinelerin bilgisayarlar ve internet teknolojilerindeki yeni gelişimler sayesinde koordine edilebilir hale gelmesiyle Endüstri 4.0 kavramının ortaya çıkması sağlanmıştır (Akçacı ve Bulut, 2017).

Bu yeni sistemde karar almak, kol gücünden makine gücüne geçiş, güvenlikle ilişkili siber-fiziksel sistemler ve çeşitli IT (bilgi teknoloji) ve OT (operasyonel teknoloji) sistemlerindeki verileri kararlara çevirerek, yeni meslekler olarak piyasaya çıkmaktadır. Dolayısıyla Endüstri 4.0, üretim teknolojilerinin gerçekleşmesinde “Otonom Robotlar, Büyük Veri, Siber-fiziksel sistemler, Nesnelerin İnterneti” ve “Bulut Bilgi İşleme” gibi farklı disiplinler önemli rol oynamaktadır (Aydın, 2019).

Tedarik Zinciri Yönetimi Profesyonellerinin tanımladığı şekilde lojistik yönetimi, müşteri ihtiyaçlarını karşılamak için ürünlerin ilk noktasından tüketim noktasına kadar olan tedarik zinciri içindeki malzemelerin, servis hizmetlerinin ve bilgi akışının etkin ve verimli bir şekilde iki yöne doğru hareketinin ve depolanmasının, planlanması, uygulanması ve kontrol edilmesi sürecidir (Dede, 2019).

Lojistik, ürünlerin sevkiyat noktasından teslimat noktasına ulaşmasını kapsayan bir süreçtir ve tedarik zincirinin önemli bir parçasıdır. Taşıma, depolama, sipariş ve stok yönetimi gibi çeşitli faaliyetlerden oluşur. Firmalar, maliyet etkinliği, hızlı teslimat veya çevre dostu ağlar gibi farklı hedefler doğrultusunda lojistik stratejileri geliştirir. Bu süreçte bilgi paylaşımı ve tedarik zinciri entegrasyonu kritik öneme sahiptir. Lojistikte üç büyük değişim yaşanmıştır: buhar teknolojisiyle başlayan süreç, elektrik enerjisiyle otomasyona, bilgi teknolojileriyle ise lojistik bilginin sistemleştirilmesine evrilmiştir (Karlı ve Tanyaş, 2020).

Lojistik 1.0: Bu dönemde sektörde algılanan ilk büyük değişiklik oldukça hızlı ve çarpıcı bir şekilde gerçekleşmiş ve bu durum bir devrim olarak adlandırılmıştır. Bu devrim, manuel çalışma yöntemlerinden makine kullanımına geçiş sürecini ifade etmektedir. Bu dönüşümle birlikte kırsal yaşam, el aletleri ve hayvan gücü ile çalışmaktan sanayi makinelerinin, taşımacılığın ve endüstriyel üretim süreçlerinin olduğu bir düzene dönüşmüştür. Bu dönem, lojistik açısından “taşımada makineleşme” dönemi olarak tanımlanmaktadır.

Lojistik 2.0: İkinci büyük değişim ise, teknolojiye devrimsel değil, evrimsel bir gelişim süreci olarak değerlendirilmektedir. 1960’lı yıllardan itibaren lojistik süreçlerinde “malzeme elleçlemede otomasyon” ön plana çıkmıştır. Bu dönemde tedarik zinciri yönetimi daha global bir hale gelmiş ve birden fazla tedarikçiden gelen malzemelerle sürekli tedarik ilişkileri kurulmuştur. Ayrıca işletmeler, mühendislik ve mekanik alanlarda uzmanlaşmış yöneticiler istihdam etmeye başlamış ve depo operasyonları otomasyon sistemleriyle çalıştırılabilir hale gelmiştir. Depolama alanlarında ürünlerin hareketi, raf sistemlerinde otomatik olarak yapılmaya başlanmıştır.

Lojistik 3.0: Endüstriyel dönüşümün bir diğer önemli aşaması, bilgisayarların üretim süreçlerine dahil olmasıyla yaşanmıştır. Lojistik süreçlerini yönetmek için depo yönetim sistemleri (WMS), taşıma yönetim sistemleri (TMS) gibi yazılımlar geliştirilmiştir. Bu sistemler, lojistik operasyonlarının daha etkin bir şekilde kontrol edilmesine ve yönetilmesine olanak tanımıştır. Tedarik zinciri yönetimi artık tamamen küresel bir yapıya kavuşmuş ve işletmeler, dünya genelinde en uygun tedarikçilerle iş birliği yapmayı hedeflemiştir.

Lojistik 4.0: Son olarak, üretim süreçlerinde yeni bir paradigma yaşanmış ve internet ile “akıllı ürünler” ve “akıllı hizmetler” kavramları ön plana çıkmıştır. Fabrikalar, gelişmiş dijitalleşme ile tüm süreçleri birbirine bağlayarak uyumluluk, verimlilik ve ergonomi hedeflerini gerçekleştirebilir hale gelmiştir. Otomatik depolar ve sıralama

sistemleri yaygınlaşmaya başlamış, ancak artık bu sistemler paketin özelliklerine özel olarak tasarlanır hale gelmiştir. Bu yeni teknolojiler, elleçleme ve taşımacılık süreçlerinde zaman tasarrufu sağlayarak verimliliği artırmayı hedeflemektedir (Karagöz ve Bumin Doyduk, 2020).

Lojistik sektörünün, neredeyse diğer tüm üretim ve hizmet sektörü ile yakın ilişki içerisinde olması, endüstride olası değişimlere uyum sağlaması gerekliliğini beraberinde getirmektedir. Lojistik süreçlerin tamamen fiziksel olarak ele alınması, lojistik firmalarının rekabetçi olabilmeleri için yeterli değildir. Geleceğin lojistik kavramı, dijitalleşme, akıllı çözümler ve otomasyon etrafında şekillenecektir. Lojistik firmaları için başarının anahtarı geçmişte, verimlilik, standardizasyon ve düşük maliyet iken, dijital dönüşüm ile birlikte bunlara çeviklik, müşteri odaklılık, esneklik ve sürekli inovasyon gibi zorunluluklar eklenmiştir. Lojistik 4.0 üç temel boyutta ele alınabilir:

Yönetim: Dijitalleşmenin etkisiyle lojistik yönetim anlayışı dönüşüm geçirmektedir. Süreçlerin entegrasyonu kolaylaşmakta, yenilikçi yönetim yaklaşımları benimsenmekte ve bu kapsamda çeşitli yatırımlar yapılmaktadır.

Malzeme Akışı: Depo otomasyonu ve robot teknolojilerinin yaygınlaşması, nesnelerin interneti, artırılmış gerçeklik ve 3D yazıcılar gibi yenilikçi teknolojiler, malzeme akışını optimize ederek operasyonel süreçlerde önemli iyileştirmeler sağlamaktadır.

Bilgi Akışı: Veri odaklı hizmetlerin yaygınlaşması, büyük veri analitiği, RFID teknolojisi, gerçek zamanlı konum takibi, kurumsal kaynak planlaması ve depo yönetim sistemleri gibi bilgi teknolojilerinin kullanımıyla bilgi akışında önemli gelişmeler kaydedilmektedir (Facchini ve diğ., 2020).

Lojistik operasyonlar, müşteriler ve tedarikçiler arasında gerçekleşen süreçler dizisidir. Bu iki ana kavram farklı şekilde yorumlanabilmektedir:

Tedarikçinin Tedarikçisi: Bu kavram, tedarik zincirinde ikinci ya da üçüncü seviyede tedarikçiyi ifade eder. Bir tedarikçinin, hammadde veya yarı mamul malzeme ihtiyacını başka bir tedarikçiden karşılamasıdır. Burada tedarikçinin tedarikçisi, doğrudan nihai üreticiye değil, aracı tedarikçiye hizmet eder.

Tedarikçinin Müşterisi: Bir tedarikçi için müşteri, alınan ürün ya da hizmeti başka bir değer katma sürecini kullanarak nihai olarak sonuca ulaştırır. Tedarikçinin müşterisi aslında bu ürünleri işleyerek kendi pazarına sunan bir ara kullanıcıdır.

Müşterinin Müşterisi: Tedarik zincirindeki nihai hedef, bir ürün veya hizmetin nihai kişinin elinde durdurulmasıdır. Bu süreçte, tedarik zincirinde aracı rolü üstlenen diğer firmalarda da bulunabilir.

Çift Yönlü İlişkiler: Bazı durumlarda bir firma hem tedarikçi hem de müşteri rolünde bulunabilir. Bu ilişki, çift yönlü tedarikçilik olarak adlandırılır.

Lojistik ve Hizmet Sağlayıcı İlişkileri: Lojistik firmaları ve hizmet sağlayıcıları, tedarik zincirindeki taşıma, depolama, gümrükleme gibi geniş kapsamlı tedarikçi ve müşteri arasında iletişimi sağlar. Lojistik hizmetleri aynı zamanda bilgi verimliliğini (teslimat saati, takip sistemi vb.) da yönetir.

Lojistik operasyonlarda müşteri ve tedarikçi arasında hizmet (taşıma, depolama, gümrükleme vb.), bilgi (sipariş yönetimi, envanter yönetimi, dağıtım takibi vb.) ve malzeme (hammadde, yarı mamul, ara ürün vb.) şeklinde 3 adet temel akış yer almaktadır. Temel lojistik faaliyetler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

Sipariş Yönetimi: Sipariş toplama, depo süreçleri içinde en yüksek maliyet kalemi olarak öne çıkmaktadır. Toplama süreci, müşteriden gelen siparişlerin belirli bir listeye göre ilgili depolardan alınarak çıkış toplanma alanına taşınmasını içerir. Daha az mesafe kat etmek için ürünlerin doğru sıralama ve gruplama yöntemleri kullanılarak yerleştirilmesi önemlidir. Modern yöntemler arasında otomasyon ve verimliliği artırıcı teknolojiler öne çıkmaktadır.

Depo Yönetimi: Depolama, hammadde, yedek parça, yarı mamul ve nihai ürünlerin üretim ile tüketim noktaları arasında lojistik sistemin bir parçası olarak muhafaza edilmesi sürecidir. Bu faaliyet, depolar veya dağıtım merkezleri aracılığıyla gerçekleştirilir. Depolar, ürünlerin güvenli bir şekilde saklanmasını sağlarken, temel amacı mevcut depolama alanının en verimli şekilde kullanılmasıdır. Dağıtım merkezleri ise ürünlerin hızlı bir

şekilde bir tesise giriş ve çıkışını organize ederek belirli bir zaman diliminde işlenen ürün miktarını artırmayı, dolayısıyla verimliliği en üst seviyeye çıkarmayı hedefler (Murphy ve Wood, 2004).

Paketleme, Ambalajlama ve Elleçleme: Paketleme, siparişlerin müşteriye sevk edilmeden önce uygun şekilde hazırlanması sürecidir. Ambalajlama sırasında ürünlerin fiziksel korunması, nakliye sırasında oluşabilecek hasarların önlenmesi ve belgelerin hazırlanması önemlidir. Paketleme süreçleri ürünün hızlı erişimini sağlama ve sevkiyata hazırlama açısından kritik bir rol oynar (Şahinaslan ve diğ., 2023). Ambalajlama, ürünlerin çevresel faktörlerden ve diğer ürünlerden gelebilecek olumsuz etkilerden korunmasını sağlamak ve depolama, taşıma ile sunum sırasında güvenli bir şekilde muhafaza edilmesi amacıyla küçük birimlerin daha büyük birimlere dönüştürülmesi sürecidir (Murphy Jr. ve Knemeyer, 2016). Bu süreç, küçük birimlerin daha büyük yapılar içinde organize edilmesiyle bir hiyerarşi meydana getirir. Bu hiyerarşi, her birimin kendisinden daha büyük bir birimin parçası olmasını içerir (Murphy ve Wood, 2004). Malzeme elleçleme, malzemelerin bir noktadan başka bir noktaya taşınma sürecini ifade etmektedir (Murphy ve Wood, 2004). Bu süreç, ürünlerin araçlardan indirilmesi, ayrıştırılması, birleştirilmesi, teslim alınması, paketlerin açılması, sınıflandırılması, istiflenmesi, yerleştirilmesi, toplanması, ambalajlanması ve yüklenmesi gibi işlemleri kapsamaktadır. Elleçleme, depo faaliyetlerinin verimliliğini artırmada kritik bir role sahiptir. Bu süreçte genellikle yoğun insan gücü kullanılır. Ancak, işletmeler maliyetleri düşürmek ve hizmet kalitesini artırmak için insan gücü yerine makinelerin kullanımına yönelmektedir (Çevik ve Gülcan, 2011).

Taşıma ve Sevkiyat: Taşıma, malların ve insanların iki nokta arasında hareket etmesi olarak tanımlanır. Diğer lojistik faaliyetlerin genellikle bölgeye özgü özellikleri bulunurken, taşıma faaliyetinin böyle bir bağımlılığı yoktur. Eskiden envanter yalnızca depolama noktalarında bulunduğu için taşıma, depolar arasında bir bağlantı işlevi görürdü. Bu süreçte, ürünler taşınırken envanter belirsizlik gösterirdi. Sevkiyatın başladığı depo, ürünleri envanterinden çıkarırken, varış noktasındaki depo ürünler ulaştığında envanterine eklerdi. Günümüzde ise teknolojinin ilerlemesiyle envanter takibi daha sistematik hale gelmiş ve birçok seviye eklenmiştir. Artık ürünler taşıma sırasında araç ve taşıyıcı bazında izlenebilmekte ve ihtiyaç durumunda varış noktasında sayılabilmektedir. Taşımacılık, tedarik zinciri boyunca malların hareketini sağladığı için herhangi bir tedarik zincirinin verimli çalışmasında kritik bir öneme sahiptir (Murphy ve Wood, 2004). Bu süreç, sipariş toplama işleminin ardından başlar ve ürünlerin doğru belgelerle zamanında teslim edilmesini kapsar. Sevkiyat, depo içinde ve dışında ürünlerin hareketinin koordinasyonunu içerir. Verimlilik açısından, taşıma mesafelerinin kısaltılması ve planlamanın optimize edilmesi önemlidir. Bu süreçlerin etkin yönetimi, maliyetlerin düşürülmesi ve müşteri memnuniyetinin artırılması açısından önem taşımaktadır (Şahinaslan ve Karataş, 2023).

2. Değer Akış Haritalama (DAH) Tekniği

Değer akışı haritalama, bir sürecin içerisindeki katma değerli adımları, israfları ve bu israfların kaynaklarını belirlemek amacıyla kullanılan etkili bir tekniktir. Bu yöntem, süreçleri ayrı ayrı değerlendirmek yerine, tüm değer akışını bütünsel bir şekilde görselleştirerek iyileştirme fırsatlarını ortaya koyar. Değer akışı haritaları, tüm sürecin nasıl daha verimli hale getirileceğine dair planlamaya yardımcı olur ve yalın üretim uygulamaları için yol gösterici nitelik taşır. Süreçte değer üretmeyen adımlar, stok miktarları, tedarik süreleri ve sürecin fiziksel olarak kat ettiği mesafe gibi bilgiler, iyileştirme sürecine daha geniş bir bakış açısı kazandırır. Bu haritalar, işletmenin mevcut durumunu analiz ederek ideal işleyiş biçimini görsel olarak ortaya koyan bir araç olarak dikkat çeker (Akın, 2020).

Değer Akış Haritalama, Toyota Üretim Sistemi tarafından geliştirilmiş olup yalın yönetimin temel bileşenlerinden biridir. Bu teknik, bir ürünün müşteri siparişinden teslimatına kadar geçen süredeki malzeme ve bilgi akışlarını adım adım gösteren görsel diyagramlar sunar. Hazırlanan haritalar, sürecin hangi noktalarında geliştirme yapılabileceğini belirlemeye ve zaman içinde oluşan değişimleri izlemeye imkân tanır. Böylece süreç bilincini artırarak işletmelerin verimlilik hedeflerine ulaşmasına yardımcı olur (Demirci, 2017). Değer Akış Haritalama, üretim sürecinde kullanılan kaynaklar, stok miktarları, çevrim süreleri, makinelerin kullanım süreleri gibi pek çok unsuru içine alan kapsamlı bir yaklaşımdır. Bu nedenle, geleneksel yöntemlere göre daha gerçekçi çözüm önerileri sunar ve kullanıcıya daha geniş bir perspektif sağlar. DAH, bilgi ve malzeme akışlarını göstermek amacıyla standart sembollerden faydalanarak üretim sistemini görsel olarak temsil eder (Akın, 2020). Değer akışı haritalama, ürünün müşteri taleplerinden tedarikçiye kadar olan üretim sürecini izleyerek, malzeme ve bilgi akışında yer alan her bir adımın sembollerle dikkatlice görselleştirilmesini ifade eder. Daha sonra, kritik bazı sorular sorularak, sürecin ideal hali olan "gelecek durum" haritası oluşturulur. Bu süreçte ürün ailesinin

seçimi, mevcut durum haritasının çizimi, gelecek durumun tasarımı ve faaliyet planının hazırlanması, değer akışı haritalamanın temel aşamalarıdır (Birgün ve diğ., 2006). DAH Yönteminin Temel Aşamaları şu şekildedir (Rother ve Shook, 1999):

1. Aşama – Ürün Ailesi Seçimi: Bu adımda, değer akış analizine dahil edilecek ürün ya da ürün grupları belirlenir. Müşteri takt süresi (müşteri talebini karşılamak üzere üretimin tamamlanması gereken azami süre) hesaplanarak, üretim sürecindeki her bir çalışanın mevcut üretim kapasitesi değerlendirmeye alınır. Ürün aileleri seçilirken, benzer üretim adımlarına ya da ortak girdilere sahip ürünlerin tercih edilmesi önemlidir (Erlach ve Sheehan, 2016).

2. Aşama – Mevcut Durum Haritasının Hazırlanması: Bu aşamada, paydaşlar dikkate alınarak değer tanımı yapılır ve sürece ilişkin veriler toplanarak işlem adımları ve akış yönleri belirlenir. Üretim faaliyetleri katma değer sağlayanlar ve sağlamayanlar olarak ayrıştırılır. Mevcut durum haritasında bu işlemler izlenerek performans ölçümleri yapılır ve değer akışı analiz edilir. Malzeme ve bilgi akışı dâhil olmak üzere, her bir işlem basamağı standart sembollerle görsel olarak gösterilir. Böylece israf unsurları netleştirilir ve iyileştirilmesi gereken alanlar tespit edilir. İlk aşamada ürün akışı ve işlem parametreleri (çevrim süresi, hazırlık zamanı, kalite oranı gibi) üzerinden harita oluşturulur. İkinci aşamada, üretim planlama ve kontrol birimiyle yapılan görüşmeler doğrultusunda bilgi akışı ve sipariş süreçleri haritaya eklenerek, malzeme ve bilgi akışlarını bütünleyen mevcut durumu yansıtan harita tamamlanır (Erlach ve Sheehan, 2016).

3. Aşama – Gelecek Durum Haritasının Oluşturulması: Gelecek durum haritası, mevcut haritanın iyileştirilmiş hali olarak düzenlenir. Amacı, israf oluşturan noktaları belirlemek ve ortadan kaldırmaktır. Uzmanlar, mevcut harita hazırlanırken aynı zamanda geliştirme alanlarını da tanımlar. Mevcut durum analizi sonrası israfa neden olan problemler saptanır ve bunlara yönelik çözümler geliştirildikten sonra gelecek durumu yansıtan yeni harita ortaya konur. Mevcut durum haritası, süreçteki darboğazlar ile geliştirmeye açık alanları net biçimde göstererek iyileştirme yapılmasını sağlar (Birgün ve diğ., 2006).

4. Aşama – Faaliyet Planının Hazırlanması ve Uygulanması: Gelecek durum haritasının oluşturulmasının ardından, uygulanabilir bir faaliyet planı geliştirilir. Bu plan, değer akışının izlenmesi ile birlikte diğer ürün gruplarına ve ileride oluşacak yeni durumlara uyarlanabilir şekilde genişletilebilir (Lovelley, 2001).

Faaliyet planında yer alması gereken temel unsurlar genel olarak şu şekilde sıralanabilir (Jimmerson, 2010):

- Yapılacak faaliyetlerin açıkça tanımlanması,
- Planın uygulanabilirliği için gereken zamanın belirlenmesi,
- Her bir adım için sorumlu kişilerin atanması,
- Her faaliyetten beklenen çıktının netleştirilmesi.

Değer akış haritalama uygulamasında kullanılan ölçütlerin, yalın üretim prensiplerine zarar vermeden anlamlı veri üretmesi önemlidir. Bu ölçütlerin, yöneticilere doğru bilgi sunarak karar alma süreçlerine katkı sağlaması beklenmektedir (Rother ve Shook, 1999). Yalın değer akışında esas alınan başlıca ölçütler; takt süresi, çevrim süresi, katma değer süresi ve akış süresidir.

Takt Süresi: Almanca kökenli bir terim olan "Takt", ritim ya da zaman ölçüsü anlamına gelir. Takt süresi, müşteri taleplerini karşılamak için gereken üretim hızını ve hedef süresini belirtir (Rother ve Shook, 1999). Üretim süreci ile müşteri talebinin uyumlu olmasını sağlamayı amaçladığından, takt süresi genellikle yalın üretimin kalp atışı olarak nitelendirilir (Marchwinski ve Shook, 2007). Hücre tasarımı yapılırken, makine kapasitesi, çalışan sayısı ve işlem hızı takt süresine göre belirlenir (Liker, 2005).

Çevrim Süresi: Bir işlemin tamamlanarak sonraki adıma geçme süresidir ve ürünün üretim hücresinden çıkma sıklığını gösterir. Çevrim süresi, takt süresinden daha kısa ise bu durum aşırı üretim yapıldığını ve kaynakların verimsiz kullanıldığını gösterir (Rother ve Shook, 1999).

Katma Değer Süresi: Müşterinin ödeme yapmaya istekli olduğu, ürünü dönüştüren işlem sürelerini kapsar (Marchwinski ve Shook, 2007).

Değer Yaratmayan Süre: Ürüne maliyet ekleyip müşteri açısından değer oluşturmeyen işlemlerde harcanan süre olarak tanımlanır (Marchwinski ve Shook, 2007).

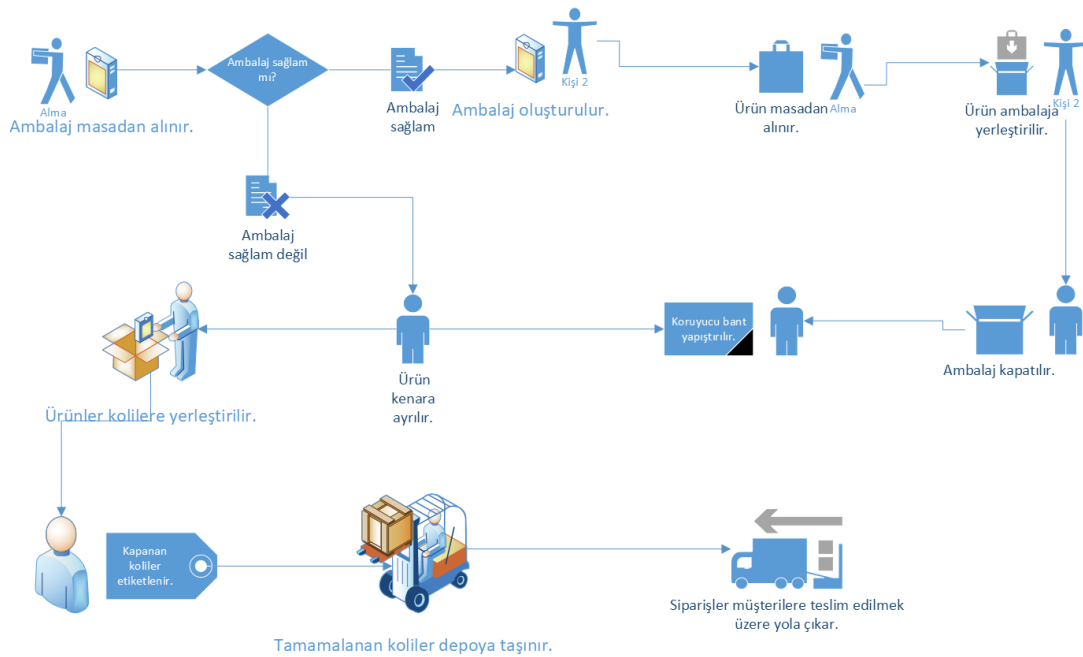
Akış Süresi: Bir ürünün süreç boyunca başlangıçtan son noktaya kadar geçirdiği toplam süredir (Rother ve Shook, 1999).

Bu ölçütler, üretim süreçlerinin daha verimli hale gelmesini ve müşteri taleplerine daha uygun şekilde planlanmasını destekler.

3. Uygulama

Bu uygulama, İstanbul ilinde yer alan ve fason üretim gerçekleştiren bir kozmetik firmasında gerçekleştirilmiştir. Firma, 1985 yılından bu yana İstanbul Tuzla Deri Organize Sanayi Bölgesi'nde 4.500 m² alanda faaliyet gösteren bir üretim tesisidir. Firma, kozmetik ve dermokozmetik ürünler, dezenfektanlar, temizlik ve hijyen ürünleri gibi geniş bir ürün yelpazesinde üretim yapmaktadır. Günlük 100 ton üretim kapasitesi ve ortalama 150 bin adet dolum kapasitesiyle hizmet vermektedir.

Yapılan çalışma kapsamında, bahsi geçen firmanın depo süreçleri incelenmiştir. Süreç akışları çıkarılmıştır. Ardından bu akışlar incelenerek gerekli bir noktaya Endüstri 4.0 uygulamaları entegre edilerek süreç iyileştirme yapılmıştır. Bu noktada Değer Akış Haritalama tekniği kullanılarak elde edilen verimliliğin hesaplanması amaçlanmıştır. Bu uygulamada, Değer Akış Haritalama tekniği kullanılarak, depo süreçlerine entegre edilen Endüstri 4.0 uygulamalarının verimliliğinin ölçülmesi amaçlanmıştır. Bu nedenle ilk adım olarak depo hareketlerinde bir süreç analizi yapılmıştır. Bu analiz için Microsoft 365 Visio ve Microsoft 365 Excel programları kullanılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Depo Süreci İş Akış Şeması

İlk adım olarak ambalajlar ve ürünler bir masada toplanır. Ardından personeller, ambalajı masadan alır. Ambalajın matbaadan sağlam bir şekilde gelip gelmediğini kontrol eder. Eğer sağlam değilse bir kenara ayırır. Sağlam olması halinde ambalaj katlanarak oluşturulur (Şekil 2).



Şekil 2. Tedarikçi Firmadan Hatalı Gelen Ambalajlar

Bir sonraki adımda ürün masadan alınır ve oluşturulan ambalaja yerleştirilir. Ambalaj kapatılır. Ardından koruyucu bant takılır. Oluşturulan ambalaj-ürün ikilileri biriktirilir. Biriken ikililer kolilere yerleştirilir. Bu sırada eğer koli yoksa oluşturulur. Koli dolduktan sonra ağzı bantlanır ve hangi üründen kaç adet olduğu, hangi firmanın siparişi olduğu yazılır. Bu aşamadan sonra biriken koliler transpaletler aracılığı ile depoya taşınır. Sevk edilmesi gereken ürünler depodan çıkarılırken, diğerleri teslimat için bekletilir. Süreç analizinin ikinci adımında, yukarıda yer alan iş akışındaki adımların süreleri ölçülerek kaydedilmiştir (Tablo 1). Süreç analizleri Ekim-Kasım 2025 döneminde gerçekleştirilmiştir. Her faaliyet için 7 gözlem yapılmıştır. Çevrim süreleri kronometre yardımıyla doğrudan sahada ölçülmüştür. Süreç akışları depo sorumlusu ve operasyon yöneticileriyle yapılan görüşmelerle doğrulanmıştır. Bu sürelere göre, bir adet ürünün hazırlanması için geçen azami süre 43,04 saniye olarak hesaplanmıştır.

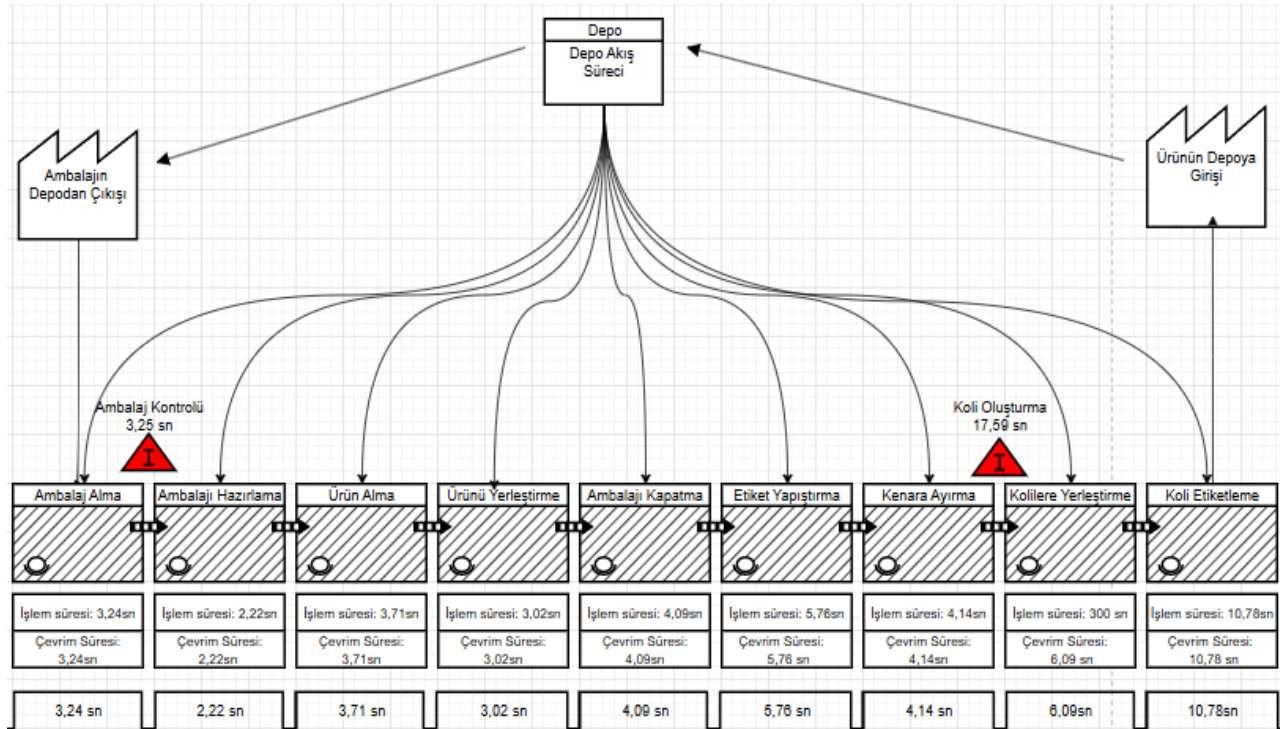
Bu çalışmada yer alan ürün kavramı tek kozmetik ürününü, adet kavramı tek ürünü, sipariş kavramı bir müşteriye ait ürün grubunu ve koli kavramı da birden fazla ürün içeren sevkiyat birimini tanımlamaktadır.

Tablo 1. Depo Faaliyet Süreleri

FAALİYETLER	SÜRELER							
	NZ1(sn)	NZ2(sn)	NZ3(sn)	NZ4(sn)	NZ5(sn)	NZ6(sn)	NZ7(sn)	ORTALAMA
Ambalajı Alma	2,08	2,70	5,04	3,97	2,56	2,07	4,28	3,24
Ambalajı Hazırlama	2,60	1,11	1,25	1,93	2,03	3,68	2,95	2,22
Ürünü Alma	3,30	3,30	3,60	3,72	3,20	3,47	5,35	3,71
Ambalaja Yerleştirme	5,33	1,90	2,26	2,20	3,26	2,16	4,03	3,02
Ambalajı Kapatma	6,03	2,77	3,45	6,22	4,67	3,26	2,20	4,09
Koruyucu Etiket Yapıştırma	12,72	4,15	4,08	5,55	4,92	4,28	4,60	5,76
Kenara Ayırma	2,76	5,38	2,22	6,04	3,86	4,37	4,33	4,14
Kolilere Yerleştirme	8,13	7,22	11,51	2,03	4,62	3,25	5,88	6,09
Koliyi Etiketleme	13,62	10,22	9,1	8,35	9,41	12,74	12	10,78
							Toplam	43,04

3.1. Mevcut Durum Analizi

Mevcut durum değer akış haritasının oluşturulmasıyla birlikte, süreç içinde bazı bekleme süreleri olduğu görülmüştür (Şekil 3).



Şekil 3. Mevcut Değer Akış Haritası

Buna göre; çalışan personelin hızına bağlı olarak yaşanan kayıp süreler bulunmaktadır. Tedarikçi firmadan gelen ambalajların hasarlı çıkmasından kaynaklı kayıp süreler bulunmaktadır. Son olarak, tamamlanan kolilerin, mevcut durumda, çalışanlar tarafından el yazısı ile etiketlenmesi sebebiyle kayıplar yaşanmaktadır. Ayrıca etiket bilgisi olarak ürün sayısı, ürün adı ve hangi firmaya gideceği hakkında bilgiler yer almaktadır. Manuel olarak etiketlenen bu koliler depoya taşınmaktadır. Sevkiyat günü depodan kolileri alacak çalışan bu etiketleme yöntemi nedeniyle zorlanmaktadır. Koliyi bulamama, yazıların zamanla okunmaz hale gelmesi dolayısıyla yanlış koli alma gibi sorunlar ortaya çıkmaktadır. Mevcut durum takt zamanı hesaplanması şu şekilde bulunur:

$$\text{TAKT zamanı(sn)} = \text{Günlük Çalışma Süresi(sn)} / \text{Günlük Müşteri Talebi(adt)} \quad (1)$$

Günlük çalışma süresi: 8saat = $8 \times 60 \times 60 = 28.800$ saniye.

Aylık müşteri talebi: 560.000 adet (Ayda 22 iş günü çalışılmaktadır).

Günlük müşteri talebi: $560.000/22 = 25.454$ adet/gün.

Takt zamanı = $28.800/25.454 = 1,131$ saniye/birim olarak bulunur. Bu durumda müşteri talebini karşılamak için her bir adımın 1,131 saniyede tamamlanması gerekmektedir. Fakat bu mevcut sistemde gözlemlenen süreler 1,131 saniyenin oldukça üstündedir. Bu mevcut kayıplar için bir çözüm önerisi geliştirilmiştir.

Endüstri 4.0 çözümleri kapsamında alternatif öneri tüm süreçlerin otomatikleştirilmesidir. Mevcut sistemde, kişi sayısı değişebilmekle birlikte, 8 ambalajlama elemanı ve 2 adet paketleme elemanı bulunmaktadır. Bu elemanların, çalışma hızı, günlük çalışma süresi, mola süreleri gibi etmenler dolayısıyla üretim süresi değişkenlik gösterebilmekte ve uzun soluklu olmaktadır. Bu adım için ilk olarak her bir faaliyet için ihtiyaç duyulan ekipmanlar belirlenmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Her Bir Faaliyet İçin İhtiyaç Duyulan Ekipmanlar

<i>Faaliyet</i>	<i>Açıklama</i>	<i>Robotik Çözüm veya Ekipman</i>
Ambalaj Alma	Ambalajın ayrılmasından toplanır.	Vakumlu tutuculu robot kol.
Ambalaj Hazırlama	Ambalajın açılması veya şekillendirilmesi.	Mekanik ambalaj açıcı (robot ile uyumlu).
Ürünü Alma	Ürünün hazırlanması ve ambalajlanması.	Görsel tanıma sistemi + robot kol.
Ambalaj Yerleştirme	Ürünün ambalaj içinde birleştirilebilmesi.	Robot kol ve uygun uç-ejektör.
Ambalajı Kapatma	Ambalajın kapatılması (ör. bantlama).	Otomatik bantlama makinesi.
Etiket Yapıştırma	Ürün üzerine koruyucu etiket yapıştırılması.	Robot + otomatik etiketleme sistemi.
Kenara Ayırma	Hatalı ürünlerin ayıklanması.	Görsel kontrol sistemi + mekanik ayırıcı.
Kolilere Yerleştirme	Ambalajların koliye düzenli bir şekilde düzenlenmesi.	Yüksek hassasiyetli robot kol.
Koliyi Etiketleme	Kolinin barkod veya etiket dosyası ile ayrılması.	Etiket basım makinesi.

Sistem için gereken ekipmanlar belirlendikten sonra, bu ekipmanların piyasadaki mevcutlukları değerlendirilir. Bu ekipmanlar robotik sistemler, otomasyon ekipmanları, görsel tanıma ve kalite kontrol, yazılım entegrasyonu ve güvenlik olarak ayrılmıştır. Bu ekipmanlar, tekrar eden hareketlerin elimine edilmesi, yüksek hassasiyet gerekliliği, vardiyalar arası standart kalitenin eldesi, hasarlı ambalajların tespiti, insan kaynaklı hataların azaltılması, sevkiyat hatalarının azaltılması gibi nedenlerden dolayı seçilmiştir.

Bu aşamadan sonra seçilen ekipmanların maliyeti hesaplanmıştır. Çalışmanın yapıldığı firmanın muhasebe departmanından yardım alınarak piyasada yer alan fiyatlar belirlenmiştir. Buna göre elde edilen sonuçlar Tablo 3'te yer almaktadır:

Tablo 3. Ekipman Fiyatları Tablosu

Bileşen	Adet	Birim Fiyat (TL)	Toplam Fiyat (TL)
Robotik Kol (ABB/Fanuc)	2	486.000	972.000
Uç-Ejektör (Tutucu)	3	135.000	405.000
Konveyör Sistemi	1	74.250	74.250
Etiketleme Makinesi	1	270.000	270.000
Görsel Tanıma Sistemi	1	540.000	540.000
Paketleme Makinesi	1	621.000	621.000
PLC ve Yazılım Entegrasyonu	1	945.000	945.000
Güvenlik Bariyerleri ve Sensörler	1	12.150	12.150
Toplam	11		3.839.400

Tablo 3'te yer alan bilgilere göre 11 adet makine toplam 3 milyon 839 bin 400 TL olmaktadır. Bu yatırım maliyeti hesaplandıktan sonra mevcut işgücü maliyeti hesaplanmalıdır. Mevcut durumda 10 adet çalışan bulunmaktadır. Her bir çalışana aylık 22.000 TL maaş verilmektedir. Ayrıca yine her bir çalışan için 8.000 TL sigorta masrafı bulunmaktadır. Çalışan başına yol ve yemek gideri 3.000 TL olarak belirlenmiştir. Son olarak maaş üzerinden % 5 ek giderler (bonus, izin tazminatı vb.) bulunmaktadır. Firmada haftada 5 gün çalışılmakta ve aylık üretim gelirinin 4 milyon 205 bin TL olduğu bilinmektedir. Bu bilgilere göre ilk olarak mevcut durumdaki 10 işçinin yıllık işgücü maliyeti bulunmuştur. Ardından yapılan yatırımın yıllık maliyeti bulunmuştur. Sonuç olarak bu iki durum karşılaştırılarak analiz edilmiştir (Tablo 4).

Mevcut durum için iş gücü maliyetleri hesaplandığında; çalışan sayısının 10, maaşın 22.000 TL/çalışan, sigorta giderinin 8.000 TL/çalışan, yol ve yemek giderinin 3.000 TL/çalışan, bonus, izin tazminatı gibi ek giderlerin maaş üzerinden yaklaşık %5, haftada çalışılan gün sayısının 5 gün, ayda çalışılan gün sayısının 22 gün ve aylık üretim gelirinin 4.205.000 TL olduğu görülmektedir.

Tablo 4. İşgücü Maliyetleri Tablosu

Kalem	Hesaplama	Sonuç (TL)
Maaş	Sabit	22000
Sigorta Gideri	Sabit	8000
Yol ve Yemek	Sabit	3000
Ek Giderler	$22.000 \times \%5$	1100

Bu bilgiler kullanılarak 10 adet çalışanın yıllık çalışma maliyeti aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$(22.000 + 8.000 + 3.000 + 1.100) \times 10 \times 12 = 4.092.000 \text{ TL}$$

Buna göre, 10 adet çalışanın yıllık maliyeti 4 milyon 92 bin TL olmaktadır. Bir sonraki adımda tam otomasyon sisteminin maliyeti hesaplanmıştır:

Kurulum Maliyeti: 3.839.400 TL

Bakım ve İşletme Giderleri (Yıllık): 383.940 TL (%10 oranında).

İlk Yıl Maliyeti

Kurulum: 3.839.400 TL

Bakım ve İşletme: 383.940 TL

Toplam İlk Yıl Maliyeti: 4.223.340 TL

Sonraki Yıllık Maliyet: Sonraki yıllarda yalnızca bakım ve işletme gideri oluşmaktadır.

Yıllık Bakım ve İşletme: 383.940 TL

Bu durumda ilk yıl için toplam yıllık maliyet 4 milyon 223 bin 340 TL olurken, sonraki yıllarda işletme ve bakım gideri olan 383.940 TL yatırım maliyeti çıkmaktadır. Bu hesaplamalardan sonra sipariş ve gelir başına maliyetler karşılaştırılmıştır. Hesaplamalar şu şekildedir:

Aylık Sipariş: 560.000 adet

Aylık Gelir: 4.205.000 TL

Sipariş başına gelir: $4.205.000 \text{ TL} \div 560.000 \text{ adet} = 7,51 \text{ TL/adet}$ olmaktadır.

Yapılan hesaplama göre, aylık sipariş başına gelir 7,51 TL 'dir. Sonraki adım olarak iki durum için sipariş başına maliyet karşılaştırılması yapılır:

İş Gücü ile Sipariş Başına Maliyet

Yıllık iş gücü maliyeti: 4.092.000 TL

Sipariş başına maliyet: $4.092.000 \text{ TL} \div (560.000 \times 12) \text{ adet} = 0,61 \text{ TL/adet}$

Otomasyon ile Sipariş Başına Maliyet (İlk Yıl)

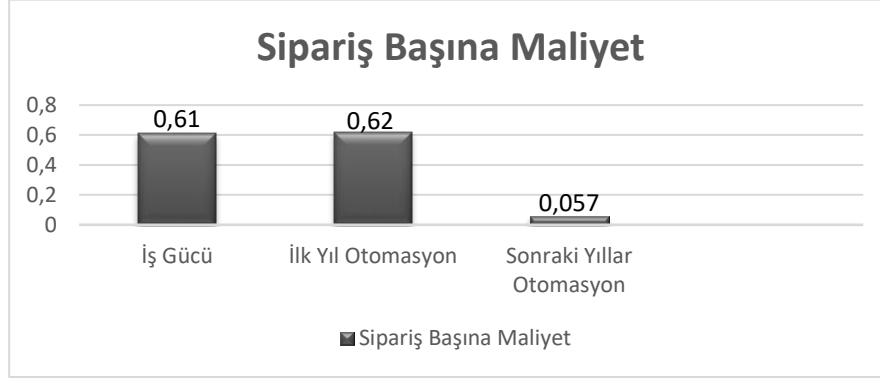
İlk yıl toplam maliyeti: 4.223.340 TL

Sipariş başına maliyet: $4.223.340 \div (560.000 \times 12) = 0,62 \text{ TL/adet}$

Otomasyon ile Sipariş Başına Maliyet (Sonraki Yıllar)

Yıllık bakım maliyeti: 383.940 TL

Sipariş başına maliyet: $383.940 \text{ TL} \div (560.000 \times 12) = 0,057 \text{ TL/adet}$



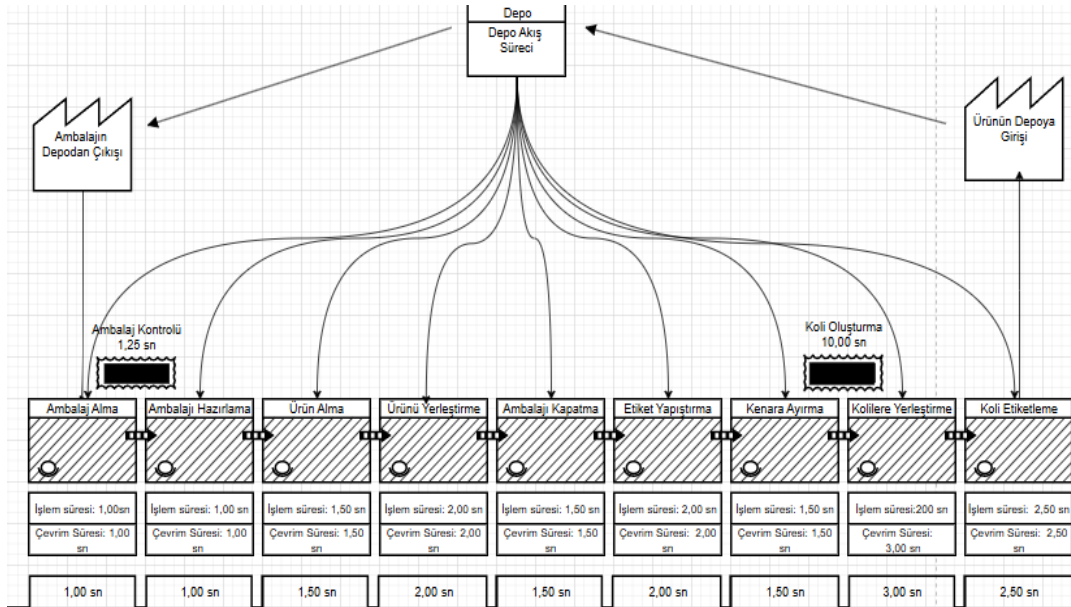
Şekil 4. Sipariş Başına Maliyet Tutarları

Şekil 4 ve hesaplamalar incelendiğinde, mevcut durumda işgücü ile maliyet 0,61 TL/adet iken, otomasyonun yapıldığı ilk yıl makine bedeli dolayısıyla 0,62 TL/adet olmaktadır. Ardından sonraki seneler için bu maliyet 0,057 TL/adet şeklinde değişmektedir.

İlk yatırım maliyetinin 3.839.400 TL olduğu, yıllık tasarrufun 3.708.060 TL (4.092.000 TL-383.940 TL) olduğu hesap edilerek, geri ödeme süresinin ise 3.839.400 TL/3.708.060 TL $\approx$ 1,04 yıl olduğu hesaplanmıştır. Bu hesaplamaların ardından yeni sistemin süre açısından değerlendirilmesi yapılmıştır. Bunun için ise gelecek durum değer akış haritası oluşturulmuştur.

3.2. Gelecek Durum Değer Akış Haritasının Oluşturulması

Tüm bu otomasyon süreçleri ile gerekli iyileştirmeler yapılmış ve gelecek durum değer akış haritası oluşturulmuştur. Bu süreçte tam otomasyon olması durumunda oluşacak yeni süreler firma makinelerinin katalog çevrim süreleri, üretici teknik dokümanları ve firma mühendisleri ile yapılan görüşmeler doğrultusunda tahmini olarak belirlenmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Gelecek Durum Değer Akış Haritası

Haritaya göre oluşan bu yeni sistemdeki süreler ile mevcut durumdaki süreler değerlendirilmiştir. Değerlendirme aşağıdaki gibi söylenebilir:

Mevcut Manuel Üretim Süresi (Ortalama):

Bir siparişin oluşması için toplam süre: (yaklaşık) 44.05 saniye/sipariş

Otomasyonla Yeni Üretim Süresi (Tahmini):

Bir siparişin kesilmesi için toplam süre: 15 saniye/sipariş

Çalışma Süresi (Mevcut ve Otomasyon):

Çalışma saatleri: 8 saat/gün

Günlük çalışma süresi: 8 saat $\times$ 60 $\times$ 60 = 28.800 saniye

Haftada 5 gün çalışma $\rightarrow$ Ayda 22 gün çalışma

Aylık toplam çalışma süresi: 28.800 $\times$ 22 = 633.600 saniye olmaktadır. Bu durumda aylık manuel üretim kapasitesi;

Bir sipariş için süre: 44,05 saniye

Aylık toplam süre: 633.600 saniye

Aylık üretim kapasitesi: 633.600 $\div$ 44,05 $\approx$ 14.387 sipariş olmaktadır. Fakat yeni sistemle bu kapasite;

Bir sipariş için süre: 15 saniye

Aylık toplam süre: 633.600 saniye

Aylık üretim kapasitesi: 633.600 $\div$ 15 = 42.240 sipariş olmuştur. Bu durumda üretimde meydana gelen artış;

Manuel Üretim: 14.387 sipariş/ay

Otomasyon Üretimi: 42.240 sipariş/ay

Artış Miktarı: 42,240- 14,387 = 27,853 sipariş/ay şeklinde söylenebilmektedir. Üretim artışına bağlı olarak gelirde meydana gelen artış da hesaplanmıştır:

Sipariş başına gelir: 4.205.000 TL $\div$ 560.000 sipariş = 7,51 TL/sipariş

Artan sipariş miktarı: 27,853 sipariş/ay

Gelir Artışı: 27,853 $\times$ 7,51 = 209.176 TL/ay

Yıllık Gelir Artışı: 209.176 $\times$ 12 = 2.511.112 TL/yıl şeklinde söylenebilir. Yıllık gelir artışını kullanarak yeni toplam gelir hesaplanabilir:

Mevcut Gelir: 4.205.000 TL/ay

Gelir Artışı: 209.176 TL/ay

Yeni Gelir: 4.205.000 + 209.176 = 4.414.176 TL/ay

Yıllık Yeni Gelir: 4.414.176 $\times$ 12 = 52.970.112 TL/yıl olmaktadır.

Mevcut manuel üretim sürecinde bir siparişin tamamlanması yaklaşık 44,05 saniye sürerken, otomasyon sistemiyle bu süre 15 saniyeye düşmektedir. Günlük 8 saat çalışma süresiyle haftada 5 gün, ayda toplam 22 gün çalışan bir sistemde, aylık toplam çalışma süresi 633.600 saniyeye denk gelmektedir. Manuel üretimde bu süreye göre aylık kapasite 14.387 sipariş olurken, otomasyonla bu kapasite 42.240 siparişe çıkmaktadır. Bu da üretimde 27.853 siparişlik bir artış sağlamaktadır. Sipariş başına elde edilen gelir 7,51 TL olduğunda, artan sipariş miktarıyla aylık gelir artışı 209.176 TL, yıllık gelir artışı ise 2.511.112 TL olarak hesaplanmaktadır. Bu gelir artışıyla birlikte, mevcut aylık gelir olan 4.205.000 TL, yeni sistemle 4.414.176 TL'ye yükselmekte, yıllık toplam gelir ise 52.970.112 TL'ye ulaşmaktadır. Otomasyonun getirdiği bu dönüşüm, üretim kapasitesini artırarak gelirde önemli bir artış sağlamaktadır.

Sonuç

Endüstri 4.0, dijitalleşme ve son teknolojiyi beraberinde getiren yeni dönem anlayışını benimseyen bir kavramdır. Buna göre, çeşitli sektörlerin, bünyelerine “akıllı” kavramını entegre ederek gelecek yıllarda konumlarını daha yukarı taşıyabileceği öngörülmektedir.

Yapılan bu çalışmada, bir depo süreci ele alınmıştır. Bu süreç ile ilgili değer akış haritalama tekniği ile iyileştirmeler yapıldığı öngörülmüştür. Bu iyileştirmelere göre, mevcut manuel üretim sürecinde bir siparişin tamamlanması yaklaşık 44,05 saniye sürerken, otomasyon sistemiyle bu süre 15 saniyeye düşmektedir. Günlük 8 saat çalışma süresiyle haftada 5 gün, ayda toplam 22 gün çalışan bir sistemde, aylık toplam çalışma süresi 633.600 saniyeye denk gelmektedir.

Manuel üretimde bu süreye göre aylık kapasite 14.387 sipariş olurken, otomasyonla bu kapasite 42.240 siparişe çıkmaktadır. Bu da üretimde 27.853 siparişlik bir artış sağlamaktadır. Sipariş başına elde edilen gelir 7,51 TL olduğunda, artan sipariş miktarıyla aylık gelir artışı 209.176 TL, yıllık gelir artışı ise 2.511.112 TL olarak hesaplanmaktadır. Bu gelir artışıyla birlikte, mevcut aylık gelir olan 4.205.000 TL, yeni sistemle 4.414.176 TL'ye yükselmekte, yıllık toplam gelir ise 52.970.112 TL'ye ulaşmaktadır.

Bu çalışma ile DAH ve Lojistik 4.0 entegrasyonunun depo operasyonlarında uygulanabilirliği gösterilmiştir. Ayrıca depo yöneticilerine yatırım kararlarında kullanılabilecek bir yol haritası sunulmuştur. Elde edilen sonuçlar De Jesus Pacheco vd. (2023) tarafından rapor edilen depo verimliliği iyileşmeleri ile benzerlik göstermektedir.

RFID ve otomasyon uygulamalarının verimlilik artışı sağladığı yönündeki sonuçlar Lee vd. (2017) ve Unhelkar vd. (2022) çalışmalarıyla uyumludur. Çalışmanın sınırlılıkları olarak, çalışmanın tek firmada ve tek sektörde yapılmış olması, sürelerin bir kısmının uzman görüşüne dayalı olması ve gelecek durum analizinin bir senaryo çalışması olması gösterilebilir.

Otomasyonun getirdiği bu dönüşüm, üretim kapasitesini artırarak gelirden önemli bir artış sağlamaktadır. İleriki çalışmalar olarak, bahsi geçen akışların Anahtar Performans Göstergeleri (KPI) hesaplanarak, darboğaz, verimsizlik, katma değer yaratmayan işlem/süre gibi veriler elde edilerek, bu göstergelerin iyileşmesi için gereken Endüstri 4.0 uygulamaları tespit edilebilir; sürecin iyileştirme yapıldıktan sonraki adımını görebilmek adına Arena kullanılarak bir simülasyon uygulaması yapılabilir. Son olarak ise yapılan bu iyileştirmenin fayda-maliyet analizi yapılarak sistemin kar/zarar durumu belirlenebilecektir.

Kaynakça | References

- Akçacı, T. ve Bulut, E. (2017). Endüstri 4.0 ve inovasyon göstergeleri kapsamında Türkiye analizi, *ASSAM-UHAD*, 4(7), 55-77.
- Akın, N. G. (2020). Değer akış haritalama yöntemi ile yalın uygulamalar: Tekstil sektörü örneği, *Uluslararası Ekonomi İşletme ve Politika Dergisi*, 4(2), 477-492.
- Alkan, G. ve Alnıpak, S. (2017). Sanayi 4.0'ın Lojistik ve Limancılık Sektörüne Etkileri, *III. Ulusal Liman Kongresi*, pp.1-13.
- Aydın, N. (2019). Endüstri 4.0: Akıllı fabrika, *Atlas International Refereed Journal On Social Sciences*, 5(21), 558-569.
- Bacak, G., Yiğit, F. ve Çakıroğlu, E. (2018). Treyler Sektöründeki Endüstri 4.0 Gelişmeleri İle Nesnelerin İnternetine Dayanan Nakliye Çözümlerinin Lojistik Sektörüne Etkileri, *Ejovoc (Electronic Journal of Vocational Colleges)*, 8(2), 92-94.
- Balcı, E. (2020). Lojistik sektörünün uluslararası alanda dijitalleşme süreci ve Türkiye'ye etkileri, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, İstanbul
- Birgün, S., Gülen, K. G. ve Özkan, K. (2006). Yalın üretime geçiş sürecinde değer akışı haritalama tekniğinin kullanılması: İmalat sektöründe bir uygulama, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 5(9), 47-59.
- Chukleang, T. ve Jandaeng, C. (2022). Security Enhancement in Smart Logistics with Blockchain Technology: A Home Delivery Use Case, *Informatics*, 9(3), 70.
- Çevik, O. ve Gülcan, B. (2011). Lojistik faaliyetlerin çevresel sürdürülebilirliği ve Marco Polo programı, *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 2011(1), 35-44.
- De Jesus Pacheco, D. A., Clausen, D. M., ve Bumann, J. (2023). A multi-method approach for reducing operational wastes in distribution warehouses, *International Journal of Production Economics*, 256, 108705.
- De Mattos Nascimento, D. L., Quelhas, O. L. G., Moyano-Fuentes, J., Tortorella, G. L., ve Maqueira, J. M. (2022). Circular value stream mapping 4.0: proposed general model and application to a digital 3D printing recycling factory, *Sustainable Production and Consumption*, 34, 600-612.
- Dede, B. (2019). Lojistik hizmetlerde etkin depo yönetimi ve gıda sektöründe bir uygulama.
- Demirci, Ö. (2017). Tekstil sektöründe değer akış haritalama ve MTM-UAS metotlarının uygulamalı kombinasyonu, Doktora Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa.
- Doğan, N. Ö., ve Ersoy, Y. (2016). Hizmet Sektöründe değer akış haritalama uygulaması: Bir üniversite araştırma ve uygulama merkezi örneği, *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (48), 103-116.
- Domingo Galindo, L. (2016). The Challenges of Logistics 4.0 for the Supply Chain Management and the Information Technology, Yüksek Lisans Tezi, Norwegian University of Science and Technology.
- Elevli, B., ve Şener, S. (2017). Endüstri 4.0'da yeni iş kolları ve yüksek öğrenim, *Mühendis Beyinler Dergisi*, 1(2), 1-13.
- Erlach, K. ve Sheehan, E. (2016). Value stream designing a factory, *Industrial Engineer: IE*, 48 (1), 31-36.
- Facchini, F., Olésków-Szlapka, J., Ranieri, L. ve Urbinati, A. (2020). A maturity model for logistics 4.0: An empirical analysis and a roadmap for future research, *Sustainability*, 12(1), 1-18.
- Genç, E., ve Tunalı, I. (2022). Endüstri 4.0 ve Lojistik 4.0 kapsamında akıllı depo sistemleri, *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi (ASEAD)*, 9(4), 194-215.
- Gönen, K. (2013). Otomotiv endüstrisinde yalın üretim ve eşzamanlı mühendislik yaklaşımıyla değer akış haritalandırma, *Yüksek Lisans Tezi*, Uludağ Üniversitesi, Bursa.
- Güzeldal, Ö. (2003). Lojistik operasyonda süreç iyileştirme ve uygulaması, *Lojistik Süreç Tasarımı ve İyileştirme Çalışması Raporu*.
- Jimmerson, C. (2010). Value Stream Mapping for Health Care Made Easy, Productivity Press, New York.

- Juozapaitis, M. ve Palsaitis, R. (2017). Feasibility analysis of establishing logistics clusters in Lithuania, *Procedia Engineering*, 178, 131-136.
- Karagöz, B. ve Bumin Doyduk, H. B. (2020). Lojistik 4.0 uygulamaları ve lojistik firmalarının bakış açısı, *İnsan ve İnsan*, 7(23), 37-51.
- Karlı, H. ve Tanyaş, M. (2020). Lojistik yönetiminin dijital dönüşümü: Akıllı lojistik üzerine sistematik literatür haritalaması, *Optimum Ekonomi ve Yönetim Bilimleri Dergisi*, 7(2), 613-632.
- Karunarathna, N., Wickramarachchi, R. ve Vidanagamachchi, K. (2019). A study of the implications of logistics 4.0 in future warehousing: a Sri Lankan perspective, *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 1024-1035.
- Lee, C. K. M., Lv, Y., Ng, K. K. H., Ho, W. ve Choy, K. L. (2017). Design and application of Internet of things-based warehouse management system for smart logistics, *International Journal of Production Research*, 56(8), 2753-2768.
- Liker, J.K. (2005). Toyota Tarzı 14 Yönetim İlkesi, Orhan Holding Yayınları, İstanbul.
- Lovelle, J. (2001). Mapping The Value Stream, *IIE Solutions*, 33(2), 26-33.
- Marchwinski, C., ve Shook, J. (2007). Yalın Kavramlar Sözlüğü, Yalın Enstitü Yayınları, İstanbul.
- Merdin, D., Pektaş, D. S., Şahin, G., ve Ersöz, F. (2021). Lojistik sektöründe benzetim modeli ile süreç iyileştirme, *Karabük Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Çalışmaları*, 242-247.
- Murphy Jr, P. R., ve Knemeyer, A. (2016). Contemporary Logistics: Güncel Lojistik. Nobel, Ankara.
- Murphy Jr., P., ve Wood, D. (2004). Contemporary Logistics. Pearson, New Jersey.
- Pak, E. (2022). Stok yönetim sistemlerinde Endüstri 4.0 uygulamalarının gerçekleştirilmesi: Bir otomotiv firmasında komisyonlama (parça toplama-montaj hatlarına parça besleme) yönteminin dijitalleştirilmesi, Doktora Tezi, Aksaray Üniversitesi, Aksaray.
- Rother, M., ve Shook, J., (1999). Görmeyi Öğrenmek, Yalın Enstitü Yayınları, İstanbul.
- Saifuddoha, AM, Habib, MA, Sumi, SY, Jennurine, M. ve İslam, MS, (2013). Çimento sektörünün tedarik zincirinde değer akışı haritalaması uygulanarak israfın en aza indirilmesi, *IOSR İşletme ve Yönetim Dergisi*, 9(3), 79-84.
- Sarı, H. (2026). Yalın Üretime Geçiş Sürecinde Değer Akışı Haritalama Tekniğinin Kullanılması: İmalat Sektöründe Bir Uygulama. *Verimlilik Dergisi*, 60(1), 313-328.
- Shabeen, S. R., ve Krishnan, K. A. (2022). Application of lean manufacturing using value stream mapping (VSM) in precast component manufacturing: A case study, *Materials Today: Proceedings*, 65, 1105-1111.
- Şahinaslan, Ö., Karataş, C., ve Şahinaslan, E. (2023). Lojistik depolarda sipariş toplama ve konumlandırmaya yönelik yenilikçi bir yaklaşım, *Verimlilik Dergisi*, 57(3), 491-512.
- Uçar, A., & Turanoğlu Şirin, B. (2024). İç Lojistik Faaliyetlerinde Yalın Tekniklerin Kullanılması ve Bir Uygulama. *Black Sea Journal of Engineering and Science*, 7(3), 423-435.
- Unhelkar, B., Joshi, S., Sharma, M., Prakash, S., Mani, A. K. ve Prasad, M. (2022). Enhancing supply chain performance using RFID technology and decision support systems in the industry 4.0—A systematic literature review, *International Journal of Information Management Data Insights*, 2(2), 100084.
- Yurtseven, Ç., Aydın, D., Ekici, M., Aktepe, S., Eş Yürek, E., & Orbak, A. Y. (2024). Değer Akış Haritalama Tekniğinin Otomotiv Sektöründe Bir Uygulaması. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 29(1), 19-36.
- Zahraee, S. M., Esrafilian, R., Kardan, R., Shiwakoti, N. ve Stasinopoulos, P. (2021). Lean construction analysis of concrete pouring process using value stream mapping and Arena based simulation model, *Materials Today: Proceedings*, 42, 1279-1286.