

DEĞER AKIŞ HARİTALAMA TEKNİĞİNİN OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMASI

Çağla YURTSEVEN *^{ID}

Dilara AYDIN *^{ID}

Merve EKİCİ *^{ID}

Senanur AKTEPE *^{ID}

Emine EŞ YÜREK *^{ID}

Âli Yurdun ORBAK *^{ID}

Alınma: 21.09.2023; düzeltme: 20.02.2024; kabul: 22.02.2024

Öz: Bu çalışma, Bursa'da faaliyet gösteren otomotiv parçaları üreten bir firmanın ticari ayna ürün grubunda değer akış haritalama tekniği uygulayarak teslim süresini azaltmayı amaçlamaktadır. Bu doğrultuda, öncelikle ABC analizi ile ürün ailesi seçilmiş, istasyon çevrim sürelerini belirlemek amacıyla zaman etüdü yapılmış ve stoklar sayılmıştır. Mevcut durum haritası çizilerek stok ve taşımaların yoğun olduğu noktalar belirlenmiştir. Değer katan ve katmayan işlem adımlarının ayrıştırılması için NVA/VA analizleri yapılmış ve montaj hattı içerisindeki yürümleri belirlemek için spaghetti diyagramı çizilmiştir. Yapılan analizler sonucunda geliştirilen kaizen önerileri dikkate alınarak gelecek durum haritası çizilmiştir. Bu çalışma ile firmanın teslim süresi %52 kısalmıştır. Ayrıca, sistemin sınırsız imkânlara sahip olduğu ideal bir senaryo için ideal durum haritası çizilmiş, böyle bir durumda teslim süresinin %93 kısaltılabileceği gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Değer akış haritalandırma, Yalın üretim, NVA/VA analizi, Kaizen

An Application of Value Stream Mapping Technique in Automotive Industry

Abstract: This study aims to reduce the delivery time by applying value stream mapping techniques in the commercial mirror product group of a company operating in Bursa, producing automotive parts. For this purpose, the product family was first selected by ABC analysis, a time study was conducted to determine station cycle times, and stocks were counted. The current situation map was drawn, and the points where stocks and transportations were intense were determined. NVA/VA analyses were performed to differentiate the value-added and non-value-added process steps, and a spaghetti diagram was drawn to determine the walks in the assembly line. The future situation map was drawn by considering the kaizen suggestions developed as a result of the analyses made. With this study, the company's delivery time was shortened by 52%. In addition, an ideal situation map has been drawn for an ideal scenario where the system has unlimited possibilities, and it has been shown that the delivery time can be shortened by 93% in such a case.

Keywords: Value stream mapping, Lean manufacturing, NVA/VA analysis, Kaizen

* Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 16059 Nilüfer Bursa

İletişim Yazarı: Emine Eş Yürek (esyurek@uludag.edu.tr)

1. GİRİŞ

İşletmelerin, değişen çevre koşullarında ayakta kalabilmek ve rekabet edebilmek için maliyetlerini azaltmaları gerekmektedir. İşletmeler, ürün veya hizmetin üretilmesi için pek çok faaliyet gerçekleştirmektedir. Bu faaliyetlerin bir kısmı ürün/hizmete doğrudan değer katarken, bir kısmı doğrudan değer katmamasına rağmen kaçınılmazı mümkün olmayan faaliyetlerdir. Ürün/hizmete değer katmayan ve kaçınılabılır faaliyetler ise israfa neden olarak maliyetleri arttırmaktadır. Yalın üretim, müşteri siparişinden ürünün sevkiyatına kadar gerçekleşen tüm süreçlerdeki israfları ortadan kaldırarak süreçlerin verimliliğini arttırmayı hedeflemektedir. Yalın üretimde, işletmelerin karşılaştığı yedi çeşit israf tanımlanmıştır: Hatalı üretim, fazla üretim, fazla stok, bekleme, gereksiz işler, gereksiz taşıma ve gereksiz hareketler. İsrafa neden olan bu unsurlar, çeşitli nedenlerle ortaya çıkabilmektedir. Örneğin, yerleşim planının doğru olmaması gereksiz taşımalara, iş yapma usullerinin doğru tanımlanmaması gereksiz hareketlere, süreçlerin yetersizliği gereksiz işlere, hammadde ve ekipman kalitesinin yetersizliği hatalı üretime, uzun hazırlık süreleri beklemelere, planlama hataları fazla üretime, tedarikçilerle doğru ilişkilerin kurulamaması fazla stoğa neden olmakta ve bunların hiçbiri ürüne değer katmamaktadır.

Değer, gerçekleştirilen faaliyetin ürüne fonksiyon katmasıdır. Yapılacak olan faaliyet için müşteri para ödemeye istekliyse, faaliyet, ürün/hizmete dönüşüyorsa ve ilk seferinde doğru yapılıyorsa bu değer katan bir aktivitedir. Yalın üretimin, değer katmayan faaliyetleri belirleyip azaltmak veya tamamen ortadan kaldırmak için kullandığı en önemli araçlardan biri değer akış haritalandırmasıdır. Değer akış haritalandırma (DAH), bir ürün/hizmetin oluşabilmesi için müşteri siparişinden sevkiyata kadar tüm süreçleri çeşitli semboller yardımıyla görselleştirerek büyük resmin görülmesini sağlamaktadır (Rother ve Shook, 1999). Değer akış haritası, ürünün akışı ile birlikte bilginin de sistem içinde nasıl aktığını ortaya koymaktadır. Bu sayede, işletmelerdeki dar boğazları, fazla stok, gereksiz taşımalar ve beklemeler gibi mevcut durumda var olan değer katmayan faaliyetleri göstermektedir. İşletmenin mevcut durumunu ortaya koymak için değer akış haritasının çıkarılması, süreçlerin iyileştirilmesi ve maliyetlerin azaltılması için gerekli fakat yeterli değildir. Mevcut durum değer akış haritası analiz edilerek iyileştirme noktaları belirlenmeli ve bu noktalar için aksiyon planı oluşturulmalıdır. Bu planlar doğrultusunda, israfın azaltılıp değer katan faaliyetlerin maksimize edildiği gelecek durum haritası çizilmelidir. Nitekim Rother ve Shook (1999), değer akış haritalandırmadaki uygulama adımlarını sırasıyla; tekniğin uygulanacağı ürün ailesinin belirlenmesi, mevcut durum haritasının çizilmesi, gelecek durum haritasının çizilmesi ve uygulama planının oluşturulması şeklinde özetlemektedir.

Bu çalışma, Bursa'da otomotiv parçaları üreten bir firmanın ticari ayna ürün grubu hattında, değer katmayan faaliyetleri tespit etmek, azaltmak ve sonuç olarak üretim süreçlerinin etkinliğini arttırmak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, öncelikle ürün seçimi için ABC analizi, operasyon sürelerinin belirlenmesi için zaman etüdü yapılmıştır. NVA/VA analizleri ile faaliyetlerin değer analizi gerçekleştirilmiştir. Mevcut durum değer akış haritası çizilmiş ve ardından iyileştirme noktaları tespit edilmiştir. İyileştirmelerin sonucunu gösteren gelecek durum haritası ve mevcut sistemin imkanlarının sınırsız olduğu düşünülerek ideal durum haritası çizilmiştir.

Bu çalışma beş bölümden oluşmaktadır. İkinci bölümde, değer akış haritalandırma tekniğine odaklanan çalışmalara yer verilmiştir. Üçüncü bölümde, bu çalışmada ele alınan problem anlatılmaktadır. Değer akış haritalandırma tekniğin uygulanması dördüncü bölümde anlatılmış, elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı şekilde paylaşılmıştır. Son olarak, beşinci bölümde ise genel sonuçlar ve değerlendirmelerden bahsedilmektedir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Değer akış haritalandırmanın, işletmelerde israf kaynaklarını göstererek çevrim ve akış süresini kısaltıp, etkinliği arttırdığını gösteren çok sayıda çalışma vardır. Singh ve diğ. (2011) DAH konusundaki çalışmalarını inceleyerek bir sınıflandırma yapmıştır. Bu sınıflandırmaya göre,

DAH konusundaki çalışmalar, çoğunluğu vaka çalışması olmak üzere, kavramsal, model geliştirme ve anket çalışması olmak üzere dört sınıfta toplanabilir. Çalışmada aynı zamanda, Hindistan’da bir işletmede DAH uygulanarak akış süresi, çevrim süresi, süreç içi envanter ve işgücü gereksiniminin azaltılabileceği gösterilmektedir.

Maraşlı ve diğ. (2016), bir dondurma imalat işletmesinde mevcut üretim sürecini incelemiş ve problemin kalıp değişim sürelerinin ve stokların fazlalığından kaynaklandığını tespit etmiştir. Kalıp değişim sürelerini ve stokları azaltmak için yalın üretim tekniklerinden biri olan değer akış haritalama uygulanmıştır. Uygulama sonucu maliyetlerden ve zamandan tasarruf edilmiştir. Sarı (2018) yapmış olduğu çalışmada bir üretim işletmesinde değer akış haritalama yöntemi ile değer katan ve katmayan işlemleri ayırtmış ve bu doğrultuda iyileştirme çalışmaları yapmıştır. Mevcut durumda, çok fazla yarı mamul stoku bulunması, hammaddenin sipariştten sonra geliş süresinin uzun olması, bazı üretim süreçlerinde yaşanan darboğazlar nedeniyle teslim sürelerinin uzaması gibi problemler tespit edilmiştir. Bu problem noktalarında, üretim birimleri için takt süreleri belirlenerek, uygun noktalarda dengelenmiş üretim akışı tasarlanacak şekilde iyileştirmeler yapılmıştır. Özveri ve diğ. (2015), yapmış oldukları çalışmada ayakkabı sektöründe faaliyet gösteren bir işletme için değer akış haritalarında iyileştirme noktalarının seçiminde nicel bir yöntem olarak Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP)’nin nasıl kullanılabileceğini incelemiştir.

Schmidtke ve diğ. (2014) talep değişkenliği, karmaşık rotalama ve maliyet faktörlerinin olduğu üretim ortamında DAH’ın uygulanması üzerine çalışmıştır. DAH ile simülasyonu entegre ederek, talebi karşılayıp karşılamama kararının verilmesi sağlanmış ve bunun ekonomik yararları ölçülmüştür. Seth ve diğ. (2017), ürün çeşitliliğinin fazla, üretim hacminin düşük olduğu ve siparişe göre mühendislik uygulamalarının gerektiği üretim ortamlarında DAH’ın uygulanmasını araştırmış ve Hindistan’daki bir endüstriyel transformatör işletmesinde uygulayarak çevrim süresini azaltmıştır. Schoeman ve diğ. (2021), Güney Afrika’da demir-çelik endüstrisinde DAH’ı uygulayarak israfları %25, israf kaynaklı maliyetleri ise %40 azaltmıştır. Sevgili ve Antmen (2021), Adana’da faaliyet gösteren bir metal işleme fabrikasında DAH uygulayarak akış süresini kısaltmış ve verimliliği arttırmıştır. Salwin ve diğ. (2021) çelik boru imal eden bir işletmede DAH uygulayarak israfların azaltılabileceğini göstermiştir. Guo ve diğ. (2019), DAH ve altı sigmanın TÖAİK (Tanımla, ölç, analiz et, iyileştir, kontrol et) yaklaşımlarının entegrasyonunu klima üretim süreçlerine uygulayarak israfları azaltmıştır. Benzer şekilde Singh ve diğ. (2020), DAH ile tespit ettikleri israfların kaynağını belirlemek için TÖAİK yaklaşımını kullanmış, çevrim süresini yaklaşık %15 ve israfları %38 azaltmıştır. Aouag ve diğ. (2021) değer akış haritalandırma aracılığıyla verinin toplanıp üretim sürecinin değerlendirildiği, bulanık DEMATEL ile mevcut durum haritasının analiz edildiği ve bulanık kalite fonksiyon yayılımı ile mevcut durumun iyileştirildiği bütünleşmiş bir yaklaşım önermektedir.

DAH’ın en çok uygulandığı sektörlerden biri otomotiv sektörüdür. Birgün ve diğ. (2006), bir traktör fabrikasında, müşteri beklentilerini karşılamak üzere yalın üretim projesi dâhilinde bir DAH çalışması yapmıştır. Lacerda ve diğ. (2016), büyük bir otomotiv şirketindeki süreçlerden veri toplayıp analiz ederek sürecin haritasını çıkarmış ve israfları tanımlamıştır. Kaizen noktaları belirlenerek hazırlanan gelecek durum haritasında, çevrim süresi ve işgücü seviyesi azaltılmış, süreç iyileştirilmiş ve tasarruf sağlanmıştır. Andrade ve diğ. (2016), otomobil parçaları imal eden bir işletmede yapmış oldukları çalışmada, debriyaj diskî montaj hattında mevcut durumu haritalandırarak israf kaynaklarını belirlemiştir. İsrafın ortadan kaldırılması ve çeşitli iyileştirmeler sonucunda çizilen gelecek durum haritasında teslim süresinin 60,5 günden 4,14 güne düşeceği öngörülmüştür. Sonuçlar benzetim ile birleştirilmiş ve bir vaka analizi çalışması yapılmıştır. Aydın ve Cetin (2020), otomotiv sektöründe koltuk imalatı yapan bir firmada DAH uygulayarak mevcut durumu analiz etmiş, yapılabilecek iyileştirmeleri belirleyerek gelecek durum haritasını çizmiştir. Yeni durumda, bitmiş ürün stoklarının azalması, akış süresinin kısalması, hataların azalması, üretim kapasitesinin artması gibi çok sayıda kazanç elde edileceği gösterilmiştir. Uygun ve diğ. (2019) israfları ortadan kaldırmak ve verimliliği arttırmak amacıyla otomotiv sektöründe DAH’ı uygulamıştır. Kholil ve diğ. (2022) TÖAİK ve DAH ve

yaklaşımlarını entegre ederek otomobil endüstrisindeki bir işletmede kapasite etkinliğini %75'ten %91'e çıkarmıştır. Aksar ve diğ. (2021) otomotiv sektöründe DAH uygulamış, gelecek durumun performansını benzetim modeli ile belirlemiştir. Shamsu Anuar ve Mansor (2022) otomotiv endüstrisinde DAH uygulayarak akış süresini %67 oranında kısaltmış, israfları % 26 oranında azaltmıştır. Sangwa ve Sangwan (2023), Hindistan'da otomotiv sanayinde faaliyet gösteren bir firmanın montaj hattında DAH uygulayarak çevrim süresini ve süreç için stokları azaltılmış, hattın etkinliğini arttırmıştır.

DAH, üretim sektöründe olduğu kadar hizmet sektöründe de israf kaynaklarının tespit edilmesinde etkili bir araç olarak kullanılmaktadır. Doğan ve diğ. (2016), yapmış oldukları çalışmada Türkiye'de faaliyet gösteren bir üniversite araştırma ve uygulama merkezini ele almış ve bu merkezde yapılan analizlerden birine odaklanarak bir DAH uygulaması gerçekleştirmiştir. Murugesan ve diğ. (2022), DAH'ı posta servisindeki operasyonel performansı iyileştirmek için kullanmıştır. Mevcut durum haritası çıkarıldıktan sonra gelecek durum için süreçlerdeki anahtar parametre değerlerinin benzetim yardımıyla optimize edildiği yeni bir model önermiştir. Qin ve Liu (2022), e-ticaret şirketi Amazon'un perakendecilerinden müşteriye tedarik zincirindeki israfların DAH uygulanarak tespit edilmesi ve azaltılması üzerine çalışmış, tedarik zinciri performansının, müşteri memnuniyetinin ve maliyetlerin iyileştirilebileceğini göstermiştir. Doğan ve Kama (2021), bir firmanın parçası olduğu tedarik zinciri boyunca değer akışını haritalandırmış ve israf kaynaklarını belirlemiştir. Vasconcelos Ferreira Lobo ve diğ. (2020), DAH'ın petrol ve gaz zincirindeki uygulamalarını incelemiştir.

DAH'ın etkili bir şekilde kullanıldığı alanlardan biri de sağlık sektörüdür. Henrique ve diğ. (2016) üretim süreçleri için geliştirilmiş olan DAH'ın sağlık sektöründe daha etkili uygulanabilmesi için yeni bir tasarım önermektedir. Bu yeni tasarımın, malzeme ve bilgi akışının yanı sıra hasta akışını da göstererek tedavi sürecini kısaltması amaçlanmıştır. Brezilya'da bir hastanede gerçekleştirilen uygulamada önerilen modelin klasik modelde tespit edilemeyen israf kaynaklarını ve operasyonel darboğazları tespit edebildiği gösterilmiştir. Marin-Garcia ve diğ. (2021) DAH'ın sağlık sektöründe uygulanmasına ilişkin çalışmaları sürdürülebilirlik bakış açısı ile değerlendirmiştir.

Bilindiği gibi israf, sürdürülebilirliğin önündeki engellerden birisidir. Hammaddenin, su ve enerji kaynaklarının etkin kullanımı hem işletme, çalışanlar ve toplum açısından hem de çevre açısından büyük önem arz etmektedir. Bu kapsamda, değer akış haritalandırmanın, malzeme ve bilgi akışının yanı sıra sürdürülebilirlikle ilgili göstergeleri de kapsayan bir uygulaması ortaya çıkmıştır. Brown ve diğ. (2014), ürün çeşitliliği ve üretim hacimleri bakımından üç farklı üretim ortamında sürdürülebilir DAH'ın uygulanabilirliğini araştırmıştır. Zhu ve diğ. (2020) zaman, enerji ve malzeme akışı ile taşımaların neden olduğu karbon emisyonunun hesaplandığı ve dikkate alındığı bir DAH önermektedir. Çalışmada, üretim sürecinin performansı yalnız düşünce ve sürdürülebilirlik bakış açıları entegre edilerek değerlendirilmiştir. Jamil ve diğ. (2020), sürdürülebilir DAH ile TÖAİK yaklaşımını entegre ederek sürdürülebilir üretim amaçlarına faydasını göstermiştir. Salvador ve diğ. (2021), sürdürülebilirlik bakış açısının dahil edildiği bir değer akış haritalandırmanın, üretim faaliyetlerinin çevreye olumsuz etkilerini %5 ile %15 arasında azaltabileceğini göstermiştir. Benzer şekilde, Verma ve Sherma (2019), DAH'ı enerji akışını görselleştirmek ve enerji israfını azaltmak için kullanan çalışmaları inceleyerek kullanım şekilleri, avantaj ve dezavantajları ve uygulama alanlarını derlemiştir.

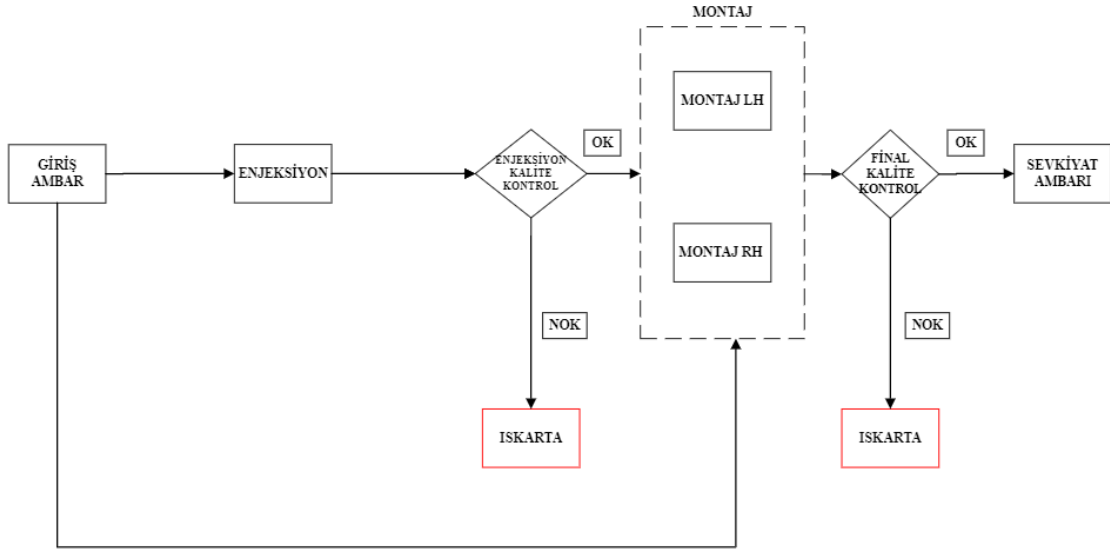
3. PROBLEM TANIMI

Bu çalışma, Bursa'da otomotiv parçaları üreten bir firmanın ticari ayna ürün grubu hattında, çevrim süresinin takt süresinden fazla olması ve müşteri talebinin karşılanamaması problemini gidermek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Firma, haftada 6 gün iki vardiya olarak çalışmaktadır. Bir vardiyanın mesaisi 8 saat olarak belirlenmiştir. Bu çalışma süresi içerisinde 30 dakikalık öğle yemeği ve 10'ar dakikalık iki mola çıkarıldığında aktif çalışma süresi 430 dk'dır. Buna göre;

toplam çalışma süresi 480 dk/vardiya, net çalışma süresi 860 dk/gün'dür. Firmanın müşteri talepleri doğrultusunda haftalık üretim miktarı 4099 adet olup günlük talep yaklaşık 683 adet/gün'dür. Net çalışma süresinin müşteri talebine bölünmesi ile takt süresi 75,53 sn/adet olarak hesaplanmıştır. Çevrim süresi ise 78,28 sn'dir.

Firmada ticari ayna ürün grubunda çok fazla referans bulunduğundan, bu çalışma, yıllık talebi en fazla olan referansa odaklanmıştır. Firma, uzun kol ve kısa kol olmak üzere iki ayrı model üretmektedir. Kısa kol aynalar yıllık üretim adedinin %85'ini oluşturmaktadır. Kısa kol ayna modeli kendi içerisinde elektrikli, yarı elektrikli ve manuel olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. En çok üretilen model bir yarı elektrikli ayna modeli olduğu için çalışmamızda bu referans dikkate alınmıştır. Seçilen referansa ait ayna modelinin üretim aşamaları Şekil 1'de gösterilmektedir.

İmalat süreci, giriş ambara hammadde ve bileşenlerin gelmesiyle başlamaktadır. Firmada, ticari ayna ürün grubunun montaj işlemlerinin yanı sıra, aynada kullanılan bazı bileşenlerin de (spot ayna/ ana ayna tablası, tapa vs.) enjeksiyon üretimi yapılmaktadır. Üretim süreci, enjeksiyondan ve giriş ambardan gelen bileşenlerin montaj hattında birleştirilmesini kapsar. Ayna üretimi için gerekli malzeme girdileri tedarikçilerden hazır alınan bileşenler ve enjeksiyon hattında üretilen yarı mamullerden oluşmaktadır. Öncelikle giriş ambardan çekilen hammaddeler, enjeksiyonda her yarı mamul parçası için bulunan altı makinede işlem görerek enjeksiyon süpermarketine taşınmaktadır. Ticari ayna üretimi için giriş ambar ve enjeksiyon süpermarketlerinden çekilen malzemeler montaj hattını beslemek üzere montaj süpermarketine taşınmaktadır. Montaj, sağ ve sol olmak üzere 2 hattan oluşur ve her hattın 6 istasyonu vardır. Montaj hattının her bir sürecinden geçerek elde edilen ürün paletlerle sevkiyat ambara taşınmaktadır. Buradan müşteri talebi üzerine günlük iki sevkiyat olarak gönderim yapılmaktadır.



Şekil 1:
Ayna ürün grubu imalat süreci

Bu çalışmada değer akış haritalama tekniği ile değer katmayan faaliyetlerin tespit edilmesi ve yalın üretim teknikleri uygulanarak çevrim süresinin iyileştirilmesi, stokların azaltılması ve montaj hattında iş yükü dengelemeyle birlikte müşteri talebinin karşılanması amaçlanmıştır.

4. UYGULAMA

Bu çalışmada, değer akış haritalandırma üç aşamada uygulanmıştır. İlk olarak, mevcut durum haritasını çizilmiş, analiz edilmiş ve iyileştirme noktaları belirlenmiştir. Daha sonra, bu önerilerin

uygulanması sonrasında ortaya çıkacak gelecek durum haritası çizilmiştir. Son olarak, mevcut durumu kısıtlayan faktörlerin ortadan kalktığı ve imkânların sınırsız olduğu durumda ortaya çıkacak ideal durum haritası hazırlanmıştır.

4.1. Mevcut Durum Haritası

Bu bölümde, veri toplama, mevcut durum haritanın çizilmesi, NVA analizleri ve kaizen önerileri anlatılmaktadır.

4.1.1. Mevcut Durum Haritasının Çizilmesi

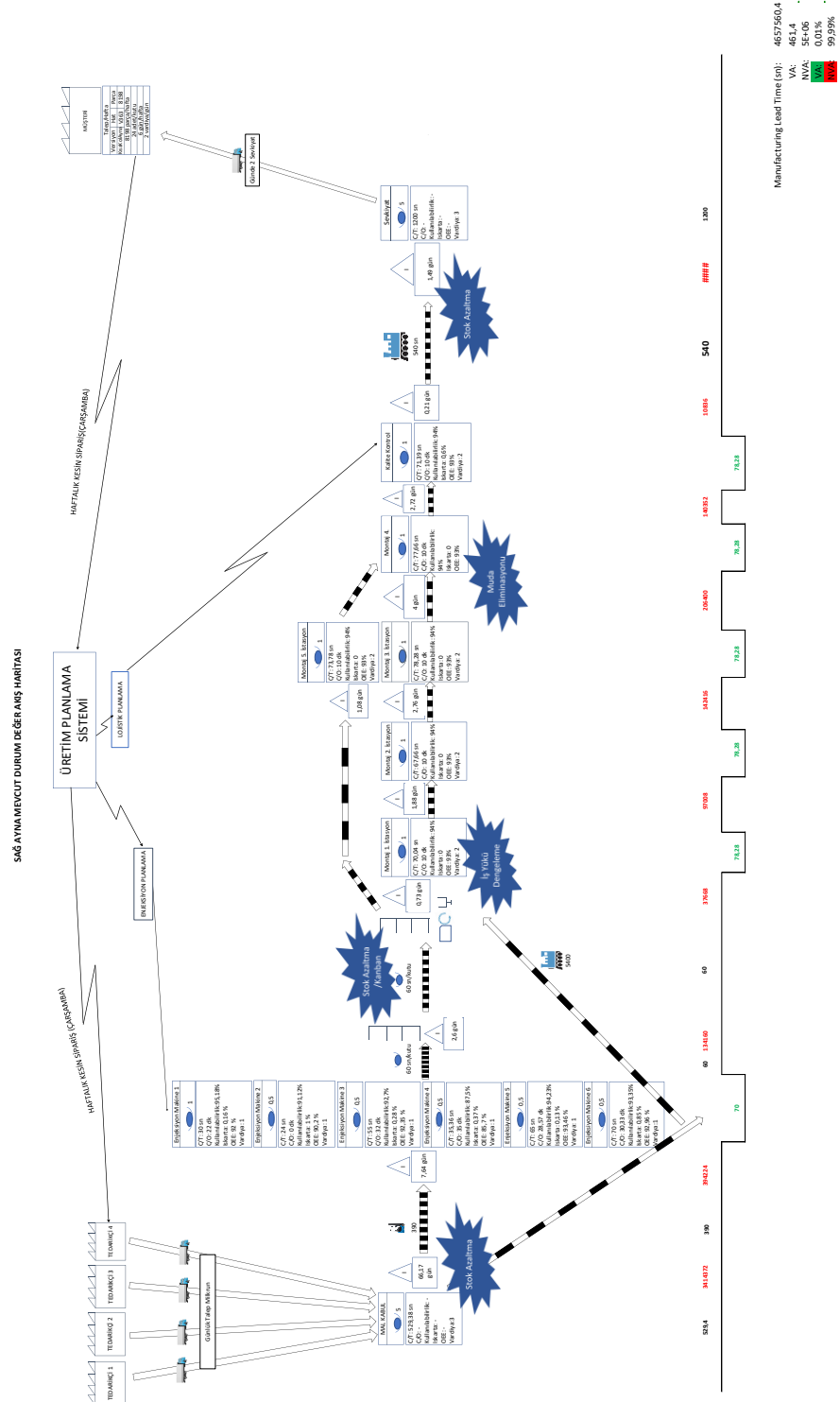
Mevcut durum haritasının çizilmesi için ilk olarak müşteriler ve tedarikçiler belirlenmiştir. Üretim talebi, mevcut müşteri portalı üzerinden gelmektedir. Sistem üzerinden alınan siparişlerin gerekli olan materyal listesine göre tedarikçilere elektronik olarak malzeme talepleri gitmektedir. Tedarikçilerden günlük milkrunlar ile malzeme tedariki sağlanmaktadır. Tedarikçilerden gelen malzemeler önce giriş ambara taşınıp, buradan montaj ve enjeksiyon hatlarına dağıtımları gerçekleştirilmektedir. Ayna üretimi için gerekli malzeme girdileri tedarikçilerden hazır alınan komponentler ve enjeksiyon hattında üretilen yarı mamullerden oluşmaktadır. Giriş ambar ve enjeksiyon süpermarketlerinden çekilen malzemeler montaj hattını beslemek üzere montaj süpermarketine taşınmaktadır. Altı istasyondan oluşan montaj hattının her bir sürecinden geçerek elde edilen ürün sevkiyat ambara taşınmaktadır. Buradan müşteri talebi üzerine günlük iki sevkiyat olarak gönderim yapılmaktadır.

Mevcut durum haritası için gerekli olan stok miktarını belirlemek amacıyla sayım yapılmıştır. Fakat daha önce, ABC analizi yapılarak, sayımda dikkate alınacak ürün grupları belirlenmiştir. Firmanın envanter hedefleri finansal faktörlere dayandığı için ABC analizinde maliyet dikkate alınmıştır. Bir ürünün toplam maliyetinin %80'ini oluşturan alt komponentler A grubu, kümülatif toplamda %95'i oluşturan %15'lik kısım B grubu ve kalanlar da C grubu olarak sınıflandırılmıştır. Aynı referansa ait kalemlerin her birinin tüketim miktarı verilen dönemdeki birim fiyat ile çarpılarak tüketilen fiyat hesaplanmıştır. Ardından her bir kalemin toplam fiyata oranı alınıp kümülatif olarak belirlenmiş ve A, B, C olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. Stoklar için A ve B grubu ürünlerin sayımı yapılmıştır. Stok hesabına, seçilen referans için talep miktarının tüm ayna referanslarındaki talep miktarlarına oranı hesaplanarak başlanmıştır. Bu oran seçilen referansın 2023 yılındaki üretim oranını göstermektedir. Stok hesabı için hesaplanan üretim oranı ile sayılan mevcut stoklar çarpılmıştır. Sağ ve sol ayna modelleri için ürün referansları gruplandırılarak stok adetleri toplanmıştır. Daha sonra bulunan stok adetleri günlük üretim miktarına bölünerek mevcut durum haritasında gün cinsinden gösterilmiştir.

Değer akış haritasında süreç detaylarını gösterebilmek için zaman etüdü çalışmaları gerçekleştirilerek operasyon adımları ve süreleri analiz edilmiştir. Kişisel paylar ve süreleri hesaplanmıştır. Kişisel payların hesabı, kişisel paylar tablosundan (Kahya, 2011) yararlanılarak elde edilmiştir. Hattaki operatörlerin işlemlerine ve çalışma koşullarına bağlı olarak kişisel paylar, %19 olarak hesaplanmıştır. Firma tarafından sabit paylar (%9), yemek ve mola şeklinde verildiği için değişken paylar hesaplanarak analiz edilmiştir. Değişken payların değeri %10 olarak hesaplanmıştır. Yapılan analizler ile her bir istasyonun işlem adımlarına, her bir işlem adımının kaç çevrimde bir yapıldığını bularak sıklık değerleri atanmış, işlemlerin ortalama zamanı ile çarpılmıştır. Daha sonra bulunan değerlerin her biri toplanarak ortalama çevrim süreleri ve işlem adımlarının ortalama sürelerinin %10'u kullanılarak kişisel pay süreleri hesaplanmıştır.

Mevcut durum haritasında malzeme taşıma, stok bekleme ve proses süreleri zaman çizelgesi üzerine eklenmiştir. İstasyonlar arasındaki gün olarak belirlenen stok miktarları ile kullanılabilir çalışma zamanı ile çarpılarak stok bekleme süreleri hesaplanmıştır. Hesaplanan süreler ile taşıma ve çevrim zamanları saniye cinsinden hesaplanarak zaman çizelgesi üzerine aktarılmıştır. Zaman çizelgesinde değer katan ve değer katmayan süreler hesaplanmıştır. Değer katan zaman; proses

sürelerini içerirken değer katmayan zaman taşıma ve stok bekleme sürelerini içermektedir. Çizilen mevcut durum değer akış haritası Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2:
Mevcut durum değer akış haritası

Mevcut durum haritası incelendiğinde beş noktada stok tespit edilmiştir. Bu stok noktaları giriş ambar, enjeksiyon hammadde alanı, enjeksiyon süpermarketi, montaj süpermarketi ve bitmiş ürün alanından oluşmaktadır. Her stok noktası için en yüksek stok miktarına sahip bileşen dikkate alınarak mevcut durum haritasında gösterilmiştir. Mevcut durum haritasında toplam değer katan zaman 461,4 sn, değer katmayan zaman 4657099,38 sn'dir. Buradan teslim süresi 4657560,78 sn olarak hesaplanmıştır. Değer katan süreler toplam sürenin %0,01'ini, değer katmayan süreler ise %99,99'unu oluşturmaktadır.

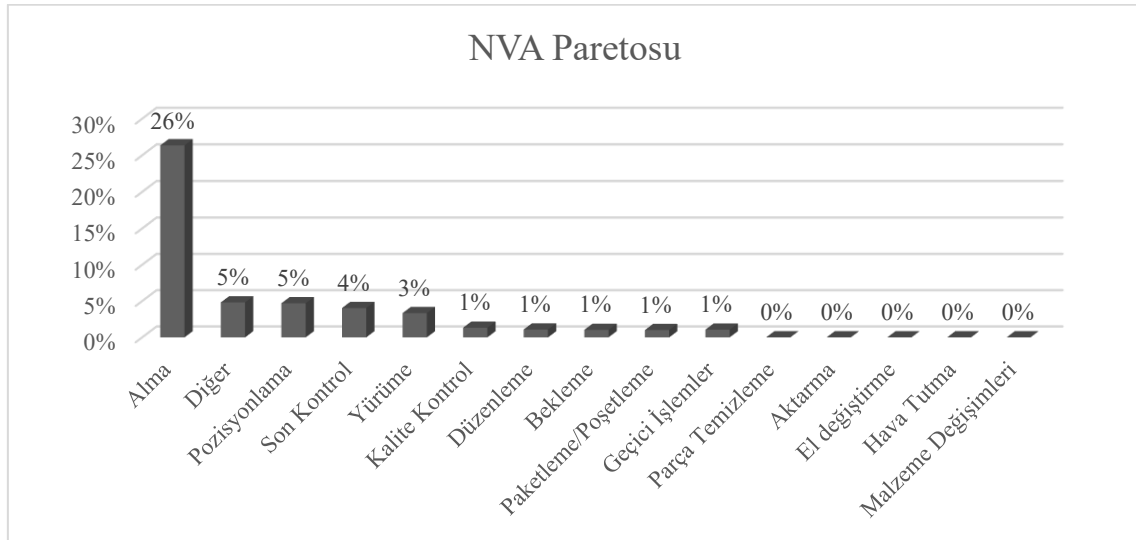
4.1.2. İyileştirme Önerileri

Montaj istasyonlarında NVA analizi yapılarak değer katan ve katmayan faaliyetler tespit edilmiş ve iyileştirme önerilerinin geliştirilmesinde kullanılmıştır. NVA analizi için her operasyon adımının zaman tipleri belirlenerek analize kaydedilmiştir. Zaman tipleri aşağıdaki gibidir:

- Td: Operatörün yaptığı işlemler
- Tm: Makine süresi içinde yapılan operatörün yaptığı işlemler
- Ti: Makine süresi

Operasyon adımları operatörler tarafından gerçekleştirildiği ve operatörler makine işlem zamanında beklediği için tüm adımlar Td zaman tipinde tanımlanmıştır. Her bir operasyon adımının NVA ya da VA olduğunu saptamak için zaman sınıflandırması tablosu kullanılmıştır. Zaman sınıflandırma tablosuna göre NVA olarak tanımlanan operasyon adımları, kendi içinde NVA grubu ve NVA tanımı olarak ayrılarak tabloya tanımlanmıştır. Zaman etüdü çalışması ile bulunan süreler zaman sınıflandırma tablosuna göre sınıflandırılıp hesaplanmıştır.

Yapılan hesaplamalar sonucunda en büyük işlem süresine sahip 3. istasyonda, VA değeri 48,87 sn ile en yüksek değere sahiptir. Bu istasyonun en yüksek NVA türünün 'Alma' olduğu görülmüştür (Şekil 3). Hattın toplam süresi 438,80 sn olarak hesaplanmıştır. Toplam zamanın 209,53 sn'si VA, 229,27 sn'si NVA olarak bulunmuştur. Tüm işlemlerin NVA oranı %4'dir. En büyük NVA işlemleri, %26 ile 'Alma' faaliyetlerinde görülmüştür. 'Alma' faaliyetinin yanında %5 ile 'Diğer' ve 'Pozisyonlama' faaliyetlerinde en yüksek NVA değeri tespit edilmiştir.

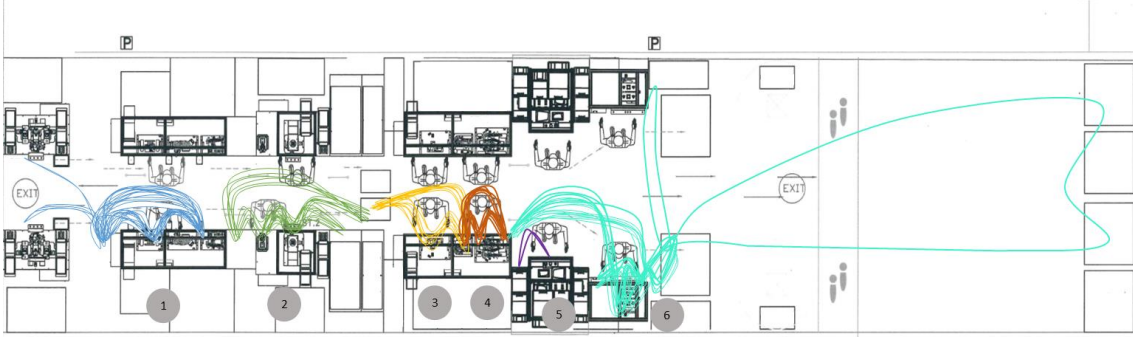


Şekil 3:

Montaj hattına ait NVA analizi

Operatörlerin yürüme NVA'larını tespit etmek amacıyla spagetti diyagramı çizilmiştir. (Şekil 4). Bu diyagram, altıncı operatörün en yoğun ve en uzak güzergaha sahip olduğunu

göstermektedir. Hat içerisinde yapılacak olan yeni yerleşim düzeni çalışmasıyla ya da 4. ve 6. operatörler arasına yerleştirilecek bir konveyör sistemi ile bu israfın önüne geçilebileceği değerlendirilmiştir.



Şekil 4:
Montaj hattına ait spaghetti diyagramı

Mevcut durum haritası ve yukarıdaki analizler dikkate alınarak potansiyel iyileştirme noktaları belirlenmiş ve Şekil 2'de işaretlenmiştir. Bunlar; giriş ambar, enjeksiyon/montaj süpermarket alanları ve sevkiyat alanında stok azaltma, montaj süpermarketinde e-kanban, montaj hatlarında iş yükü dengeleme ve israf eliminasyonudur. Bu doğrultuda hazırlanan kaizen önerileri Çizelge 1'de özetlenmektedir.

Tablo 1. Kaizen önerileri

Problem	Aksiyon
Cam basma operatörün yapışkanlı yüzeyi çıkarırken zorluk yaşaması	Uygun eldiven kullanılması
Operatörün istasyon içerisinde boş bulunduğu alanlara yarı mamulleri istiflemesi	Operatöre İş Standart Form' u eğitimi verilmesi
4. istasyonda bulunan ışıkların korumalı olmaması ve 6. istasyona led ışık eklenmesi	Korumalı led ışıkların kullanılması
Hat süpermarketinde bulunan kasaların kırık olması	Kasaların yenilenmesi
Hat içerisinde 4. istasyonun boş kasa koyma rafının tekerleklerinin kırık olması	Raflarda bakıma ve yeniliğe gidilmesi
Hat içerisinde kullanılan eldivenlerin yağ geçirmesi	Yağ geçirmez eldiven kullanılması
Bekleme masalarının üstünün yıpranmış olması	Bekleme masalarının üstünün düzenli olarak değiştirilmesi
Hattın çevrim süresinin takt zamanından fazla olması	Hat dengeleme ile çevrim süresinin takt zamanının altına düşürülmesi
Yarı mamullerin poşetli şekilde paketlenmesi ve poşet israfı oluşturulması	Yarı mamullerin bölmeli kutularda paketlenmesi ve poşetlerin geri dönüştürülerek kullanılması
İstasyon içerisinde kullanılan ekipmanların yerlerinin tanımlı olmaması	Ekipmanlara yer tanımı yapılarak 5S uygunluğu oluşturulması

Tablo 1. (devamı) Kaizen önerileri

Problem	Aksiyon
Ambardan montaj hatlarına gelen taşıma araçlarının boyutları fark etmeksizin giriş ambar kapısı sonuna kadar açılıp kapanması	İki kapının senkronizasyonu yeniden değerlendirilerek ilk kapı açıldıktan sonra kapanması beklenmeden ikinci kapının açılması sağlanacak
Tren operatörü ile malzeme operatörü arasında iletişimin hızlı ve sistematik olmaması	E-kanban sistemine geçilmesi
Montaj süpermarketinde stokların takip edilememesi ve karmaşa	1) E-kanban sistemine geçilmesi Komponent yerleşiminin gözden geçirilmesi
Enjeksiyon süpermarket alanlarının karışık olması ve sistematik olmaması	Enjeksiyon süpermarketlerine fifo tablosu eklenmesi ve maksimum kasa sınırı konulması
Mıknatıs uçlu sıkıcıya yerleştirilen vidaların düşmesi	Sıkıcı ucuna daha güçlü bir mıknatıs yerleştirilmesi ve mıknatıslar daha sık aralıklarla değişmesi, tedarikçiden yeni mıknatıs denemesi talep edilecek.
Operatörün makine kapağını kapatarak makinenin çalışma süresi bitimine kadar makinenin başında beklemesi	Yaylı kafes sistemi ile makine kapağını kapatma işlemi ortadan kaldırılması ve operatör makineyi beklediği bu süre boyunca diğer işlem adımına geçebilir. Kapağın sonuna kadar açılması önlenebilir.
Cam basma operatörün yapışkanlı yüzeyi çıkarırken zorluk yaşamaması	Yapışkan kulakçığın yerinin değiştirilmesi
Operatörün boş kasayı dolu kasa ile değiştirmek için uzanma hareketi yapması	Uzanma hareketlerini engellemek için kasalar arasına yaylı pedal sistemi konulması
Operatör tarafından alınan titreşim dillerinin birbirine takılması	Titreşim dilleri hat içerisinde operatörün kolay alabileceği şekillerde paketlenmesi
Final istasyonunda test sonrası kör nokta sensörü ya da katlama hatası verildiğinde operatör aynayı 4. istasyonda tekrar açıp finalden geçirdiği için iş akışında aksaklık oluşması	Final istasyonunda bulunan ekrana aç-kapat butonu eklenmesi
Tedarik edilen malzemelerdeki çapakların bulunması	Tedarik edilen malzemelerin çapakları alınmış bir şekilde gelmesi
Enjeksiyondan süpermarkete taşınan malzemelerin barkod okutma sürelerinin uzun olması	Enjeksiyonda tam zamanlı veri toplama sistemine geçilerek barkod okutma işlemlerinin kaldırılması
Enjeksiyonda kullanılan etiketlerin kağıt tüketiminin fazla olması	Yazıcı tipinin değiştirilerek firmanın kullandığı ERP sistemi ile bağlantı kurulması sağlanarak etiket tipinin değiştirilmesi

4.2. Gelecek Durum Haritası

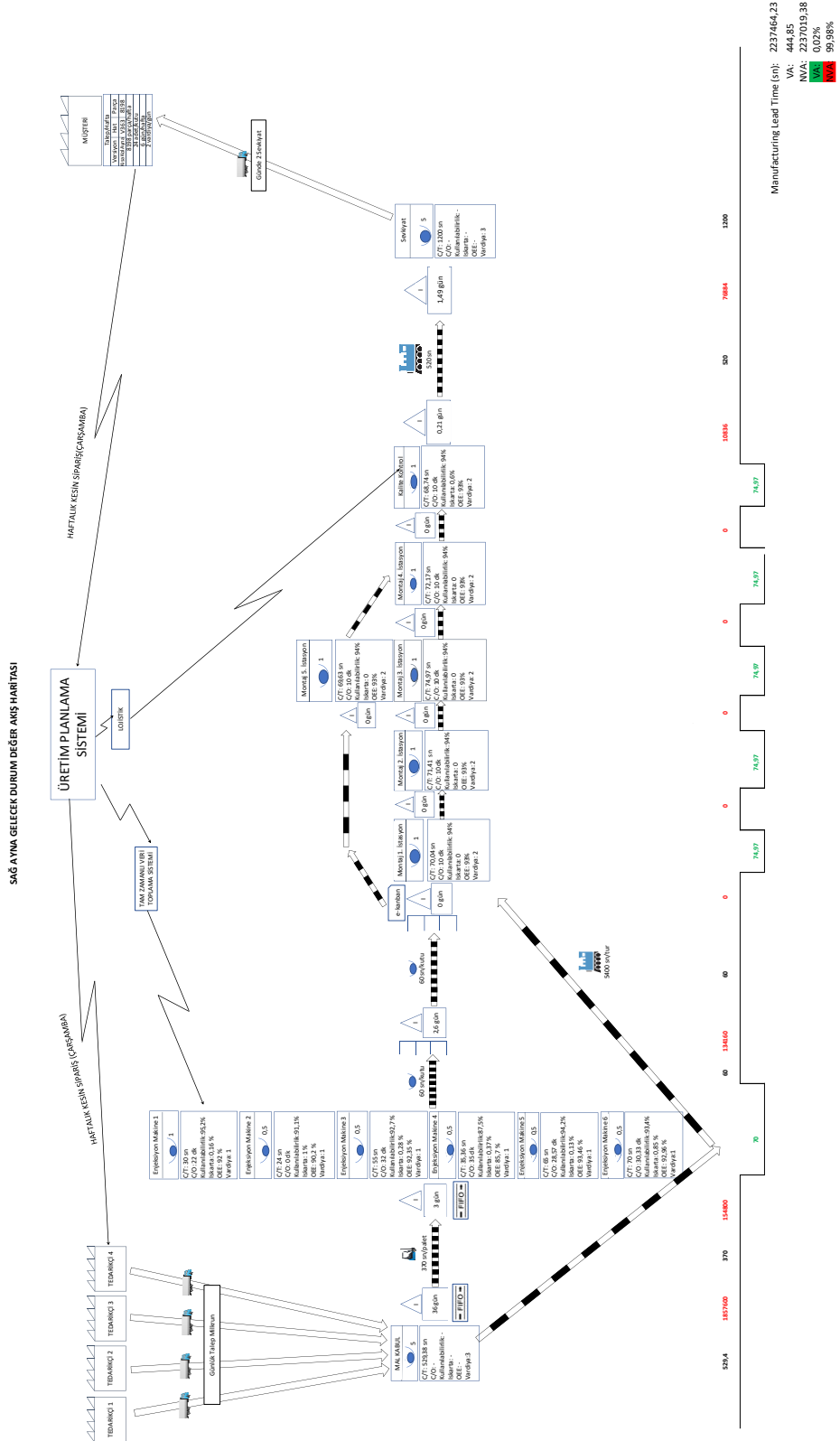
Mevcut durum incelenerek geliştirilen kaizen önerileri dikkate alınarak gelecek durum haritası çizilmiştir (Şekil 5). Enjeksiyon planlaması tam zamanlı veri toplama sistemine geçilerek, üretim planlama sisteminden enjeksiyon makinelerine olan bilgi akışı elektronik hale gelmiştir.

Giriş ambardaki stok süresi, tedarikçi ile anlaşma sağlanarak düşürülmüştür. Aynı zamanda giriş ambarda bulunan hammaddelerin FIFO sistemine uygun düzenlenmesi sağlanmıştır. Giriş ambar kapısının taşıma aracı boyutu fark etmeksizin sonuna kadar açılıp kapanması nedeniyle oluşan zaman kaybını önlemek için kapıdan geçen maksimum taşıma yüksekliği alınarak, giriş ambar, enjeksiyon hammadde stok alanı ve bitmiş ürününün sevkiyat alanına taşınmasındaki taşıma sürelerinde iyileştirme yapılmıştır. Enjeksiyon hammadde stok alanındaki stok süresi tedarikçi ile görüşülerek düşürülmüştür. Enjeksiyon hammadde stok alanı için FIFO sistemine geçilmiştir. Giriş ambar ve montaj hattındaki malzeme operatörü arasındaki iletişimin daha hızlı ve sistematik olması için e-kanban sistemine geçilmiştir. Montaj hattında istasyonlar arasında işlem adımları düzenlenmesi yapılmıştır. İkinci istasyondaki ilk işlem adımındaki makine bekleme süresi, makine kapağına eklenen aparat ile ortadan kalkmıştır. Darboğaz olan üçüncü istasyonun ilk işlem adımı olan parçayı oturtma işlemi ikinci istasyon tarafından yapılmaya başlanmıştır. Dördüncü istasyonun ilk işlem adımlarından olan parçayı alma ve takma işlemleri üçüncü istasyon tarafından yapılmaya başlanmıştır. Beşinci istasyonda bulunan ayna yapışkanının daha kolay çıkarılması için tedarikçi ile görüşme sağlanarak yüzeyine çıkıntı eklenmiştir. Altıncı istasyondaki operatöre görsel kontrol eğitimi verilerek işlem adımı standart hale getirilmiştir. Enjeksiyon hattından montaj hattına gelen malzemelerde kullanılan geri dönüşümlü poşetlerin atık kutusuna atılmak yerine montaj hattında depolanarak enjeksiyon hattında tekrar kullanılması çalışmasıyla poşet sarfiyatında azalmaya gidilmiştir. Enjeksiyon hattında kullanılan yazıcının ERP sistemi ile haberleşmesi yoktur. Bu nedenle üretim bildirimleri el terminali ile doğrulama gerektirir. Sistemle haberleşen yazıcı devreye alma çalışmaları sonucunda manuel etiket okutma işlemi iptal edilerek etiket ve ribon kazancı sağlanmıştır. Aynı zamanda tam zamanlı veri toplama sistemi sayesinde, her üretim sonrası üretim bildirimini yapmak için üretim yapılan kasalardaki etiketleri okutma ve bilgileri forma işleme adımları ortadan kalkmıştır.

Bu iyileştirmelerin hayata geçirilmesi ile elde edilen kazançlar aşağıdaki gibidir:

- Giriş ambardaki stok 66,17 günden 36 güne düşmüştür.
- Giriş ambardan enjeksiyon hammadde stok alanına olan taşıma 390 sn/palet süresinden 370 sn/palet süresine düşmüştür.
- Enjeksiyon hammadde stok alanındaki stok süresi 7,64 günden 3 güne düşmüştür.
- E-kanban sistemi ile montaj hattındaki stoklar ortadan kaldırılmıştır.
- İkinci istasyondaki 4 sn bekleme süresi ortadan kaldırılmış ve üçüncü istasyondaki ilk işlem adımı olan parçayı oturtma işlemi buraya eklenerek 67,66 sn olan çevrim süresi 71,41 sn'ye düşmüştür.
- Dördüncü istasyonun ilk işlem adımlarından olan parçayı alma ve takma işlemleri üçüncü istasyona eklenerek 78,28 sn olan çevrim süresi 74,97 sn'ye indirilmiştir.
- Dördüncü istasyondan kaldırılan işlem adımı ile 77,66 sn olan çevrim süresi 72,17 sn olmuştur.
- Beşinci istasyondaki ayna yapışkan yüzeyinde yapılan iyileştirme çalışması ile 4,15 sn kazanç sağlanmıştır.
- Beşinci istasyondaki 73,78 sn olan çevrim süresi 69,63 sn olmuştur.
- Kalite kontrol istasyonundaki operatöre verilen eğitimler ile görsel kontrol standartlaştırılarak 2,65 sn kazanç sağlanmıştır. Bu istasyondaki 71,39 sn olan çevrim süresi 68,74 sn olmuştur.
- Bitmiş ürünü sevkiyat alanına taşıma süresi 540 sn'den 520 sn'ye düşürülmüştür.
- Montaj hattındaki final istasyonunda tespit edilen uygunsuzluk sonrası reset anahtarının kullanılması ile oluşan zaman kaybı, test programına eklenmiş olan yeniden test butonu ile ortadan kaldırılmış ve vardiya başına 1170 sn kazanç sağlanmıştır.

Bu iyileştirmeler dikkate alındığında, gelecek durum haritasında toplam değer katan zaman 444,85 saniye, değer katmayan zaman 2237019,38 sn'dir. Buradan teslim süresi 2237464,2 sn olarak hesaplanmıştır. Değer katan süreler toplam sürenin %0,02'sini, değer katmayan süreler %99,98'ini oluşturmaktadır.



Şekil 5:
Gelecek durum değer akış haritası

4.3. İdeal Durum Haritası

Mevcut durum haritasındaki veriler dikkate alınarak ideal durum haritası çizilmiştir. (Şekil 6). Malzeme stokları, müşteri talebi iki günlük ve emniyet stoğu bir günlük olmak üzere üç günlük stok olacak şekilde düzenlenmiştir. Mevcut durumda enjeksiyon yarı mamul stoklarının neden olduğu maliyet ve süpermarketin kaplamış olduğu alan fazladır. Bu nedenle ideal durumda enjeksiyon yarı mamulleri dış tedarikçiden günlük milkrunlar ile alınmaktadır. Montaj hattı için gerekli olan tüm bileşenler giriş ambar süpermarketinden e-kanban ile direkt olarak hatta taşınmaktadır. Giriş ambardan hatlar tren yerine AGV kullanılarak beslenmektedir. Montaj hattını ideal duruma getirebilmek için bazı düzenlemeler yapılmıştır. Operatörlerin birinci istasyonda on bir, üçüncü istasyonda sekiz adet yaptığı vida sıkma işlemi için vida sıkıcı robot koyulmuştur. İkinci istasyona robot kolu konularak operatörün yaptığı yay çakma işlemi robot kolu tarafından yapılmaktadır. Altıncı istasyondaki operatörün yürüme NVA'sını ortadan kaldırmak için yerleşim düzeninde düzenlemeye gidilmiştir. Beşinci istasyon mevcut konumdan geriye alınarak dördüncü istasyondan altıncı istasyona bir konveyör sistemi yapılmıştır. Bitmiş ürün süpermarketinden sevkiyat için gerekli bilgiler e-kanban ile sağlanmaktadır ve bitmiş ürünler sevkiyat alanına tren yerine AGV ile taşınmaktadır.

Mevcut durumda 78,28 sn olarak hesaplanan çevrim süresi, ideal durumda 48,87 sn olarak belirlenmiştir. İdeal durum haritasında toplam değer katan zaman 244,35 sn, değer katmayan zaman 311329,38 sn'dir. Buradan teslim süresi 311573,73 sn olarak hesaplanmıştır. Değer katan süreler toplam sürenin %0,09'unu, değer katmayan süreler %99,91'ini oluşturmaktadır.

Mevcut, gelecek ve ideal durum haritaları Çizelge 2'de karşılaştırılmaktadır. Yapılan iyileştirmeler sonucunda taşıma süresi %1,4, çevrim süresi %3,6 azalmıştır. Stoklarda ise %52 ile çarpıcı bir azalma sağlanmıştır. Bütün bunlar teslim süresini %52 azaltmıştır. İdeal durumda ise bu oran %93,3'tür. Değer katan ve katmayan faaliyetlere bakıldığında gelecek durumda %0,01, ideal durumda ise %0,08'lik bir iyileştirme görülmektedir. Stoklarda ve teslim süresinde %52'lik bir iyileştirmeye rağmen VA'lardaki iyileştirme oranının düşük kalmasının sebebi, teslim süresinin büyük kısmının stok sürelerinden oluşmasıdır.

Tablo 2. Mevcut, gelecek ve ideal durum karşılaştırması

Takt Süresi: 75,53 sn	Mevcut Durum	Gelecek Durum	İdeal Durum
Taşıma Süresi (sn)	2779,38	2739,38	1729,38
Çevrim Süresi (sn)	461,4	444,85	244,35
Stok (sn)	4654320	2234280	2234280
Teslim Süresi (sn)	4657560,78	2237464,23	311573,73
Teslim Süresi (gün)	90,2	43,4	6
VA (%)	0,01%	0,02%	0,09%
NVA (%)	99,99%	99,98%	99,91%

5. SONUÇ

Bu çalışmada, otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın ticari ayna grubunun teslim süresinin azaltılması amaçlanmıştır. Bunun için öncelikle israf kaynaklarının belirlenmesi ve sürecin iyileştirilmesi gerekmektedir. İsrif kaynaklarının belirlenip ortadan kaldırılması için değer haritası tekniğine başvurulmuştur. Öncelikle, ürün ailesi seçimi için ABC analizi yapılmış, stoklar sayılmış ve operasyon sürelerinin belirlenmesi için zaman etütleri yapılmıştır. Mevcut durum haritası çizilerek tedarikçiden müşteriye tüm sürecin net bir resmi çıkarılmış, bu sayede temel israf kaynaklarından olan fazla stok ve gereksiz taşımalar tespit edilmiştir. Ayrıca, NVA/VA analizi ile işlem sürelerinde değer katan ve katmayan unsurlar incelenip ortadan kaldırılması için iyileştirme önerileri geliştirilmiştir. Bu iyileştirmelerin hayata geçirilmesi ile elde edilen yeni durum için gelecek durum haritası çizilmiştir. Ayrıca, sistemin sınırsız imkanlara sahip olması durumunu analiz etmek amacıyla ideal durum haritası çizilmiştir.

Yapılan iyileştirmeler sonucunda mevcut durum haritasında 461,64 sn olan çevrim süresi %3,6'lık bir iyileştirme ile gelecek durum haritasında 444,85 sn'ye düşürülmüştür. Teslim süresinde, gelecek durumda %52'lik, ideal durumda %93,3'lük bir iyileştirme sağlanmıştır. Mevcut durumda, işletme, müşterilerinin siparişini 90,2 günde teslim ederken, yapılan çalışma sonucunda bu süre 43,4 güne düşürülmüştür. İdeal durum haritası ise mevcut şartlarda gerçekleştirilemese bile teslim süresinin 6 güne kadar düşürülebileceğini göstermektedir.

Günümüzde, işletmelerin faaliyetlerine devam edebilmesi için en kritik unsurlardan biri operasyonel etkinliktir. Bu, israfi ortadan kaldırıp maliyetleri düşürerek başarılabilir. Bunun için, elde edilen iyileştirmelerin ötesine geçerek ideal duruma ulaşma çabası sürdürülmelidir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde gösterdikleri ilgi ve destekleri için tüm firma çalışanlarına sonsuz teşekkürlerimizi sunarız.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar, bilinen herhangi bir çıkar çatışması veya herhangi bir kurum/kuruluş ya da kişi ile ortak çıkar bulunmadığını onaylamaktadırlar.

YAZAR KATKISI

Çağla Yurtseven, Dilara Aydın, Merve Ekici ve Senanur Aktepe çalışmanın kavramsal ve tasarım süreçlerinin belirlenmesi, verinin toplanması, dönüştürülmesi, uygun yöntemlerle analizi ve sonuçların yorumlanması aşamalarında; Emine Eş Yürek ve Âli Yurdun Orbak, çalışmanın kavramsal ve tasarım süreçlerinin belirlenmesi ve yönetimi, uygun yöntemlerle analizi ve sonuçların yorumlanması aşamalarında katkı sağlamışlardır.

KAYNAKLAR

1. Aksar, O., Elgun, D., Beldek, T., Konyalıoğlu, A.K. ve Camgöz-Akdağ, H. (2022) An Integrated Value Stream Mapping and Simulation Approach for a Production Line: A Turkish Automotive Industry Case. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, Springer. doi.org/10.1007/978-3-030-90421-0_30
2. Andrade, P.F., Pereira, V.G. ve Del Conte, E.G. (2016) Value stream mapping and lean simulation: a case study in automotive company, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 85, 547-555. doi:10.1007/s00170-015-7972-7

3. Aouag, H., Soltani, M. ve Mouss, M.D. (2020) Enhancement of value stream application process through using fuzzy DEMATEL and fuzzy QFD approaches: a case study considering economic and environmental perspectives, *Journal of Modelling in Management*, 16(3), 1002-1023. doi:10.1108/JM2-01-2020-0007
4. Aydın, H. ve Cetin, C. (2021) Değer akışı haritalama ile süreçlerin iyileştirilmesi: Yalın organizasyonda bir vaka çalışması, *Business and Economics Research Journal*, 11(2), 445-459.
5. 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.
6. Brown, A., Amundson, J ve Badurdeen, F. (2014) Sustainable value stream mapping (Sus-VSM) in different manufacturing system configurations: application case studies, *Journal of Cleaner Production*, 85, 164-179. doi:10.1016/j.jclepro.2014.05.101
7. Dinis-Carvalho, J., Guimaraes, L., Sousa, R.M. ve Leao, C.P. (2019) Waste identification diagram and value stream mapping: A comparative analysis, *International Journal of Lean Six Sigma*, 10(3), 767-783. doi:10.1108/IJLSS-04-2017-0030
8. Doğan, N.Ö. ve Kama, A. (2021) Tedarik zincirinde değer katmayan faaliyetlerin ortadan kaldırılması: İmalat sektöründe bir değer akış haritalama uygulaması, *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 10(1), 091-099. doi: 10.28948/ngmuh.590637
9. Guo, W., Jiang, P., Xu, L. ve Peng, G. (2019) Integration of value stream mapping with DMAIC for concurrent Lean-Kaizen: A case study on an air-conditioner assembly line, *Advances in Mechanical Engineering*, 11(2) 1–17. doi: 10.1177/1687814019827115
10. Henrique, D.B., A.F., Filho, M.G. ve Esposto, K.F. (2016) A new value stream mapping approach for healthcare environments, *Production Planning & Control*, 27(1), 24-48. doi:10.1080/09537287.2015.1051159
11. Jamil, N, Gholami, H., Saman, M.Z.M., Streimikiene, D., Sharif S. ve Zakuan N. (2020) DMAIC-based approach to sustainable value stream mapping: towards a sustainable manufacturing system, *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 33:1, 331-360. doi: 10.1080/1331677X.2020.1715236
12. Kahya E. (2011) *İş Etüdü*, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi.
13. Kholil, M., Suparno, A., Hasan, S.B.H. ve Aprilia, R. (2022) Lean approach for waste reduction in production line by integrating DMAIC, VSM and VALSAT method (Study : Assembling bracket manufacturing automotive industry), *Journal of Intelligent Decision Support System*, 5 (1), 37-43. doi.org/10.35335/idss.v5i1.30
14. Lacerda, A. P., Xambre, A. R., ve Alvelos, H. M. (2016) Applying value stream mapping to eliminate waste: a case study of an original equipment manufacturer for the automotive industry, *International Journal of Production Research*, 54(6), 1708-1720. doi:10.1080/00207543.2015.1055349
15. Murugesan, V.S., Jauhar, S.K. ve Sequeira, A.H. (2022) Applying simulation in lean service to enhance the operational system in Indian postal service industry, *Annals of Operations Research*, 315, 993–1017. doi:10.1007/s10479-020-03920-1
16. Qin, Y. ve Liu, H. (2022) Application of value stream mapping in e-commerce: A case study on an Amazon retailer, *Sustainability*, 14, 713. doi:10.3390/su14020713

17. Rother, M. ve Shook, J. (1999) *Learning to See: Value Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda*, Lean Enterprise Institute, Cambridge.
18. Salvador, R., Barros, M.V., dos Santos, G.E.T, van Mierlo, K.G, Piekarski, C.M. ve de Francisco, A.C. (2021) Towards a green and fast production system: Integrating life cycle assessment and value stream mapping for decision making, *Environmental Impact Assessment Review*, 87, 106519. doi:10.1016/j.eiar.2020.106519
19. Salwin, M., Jacyna-Gołda, I., Bańka, M., Varanchuk, D. ve Gavina, A. (2021) Using value stream mapping to eliminate waste: A case study of a steel pipe manufacturer, *Energies*, 14, 3527. doi:10.3390/en14123527
20. Sangwa N.R. ve Sangwan, K.S. (2023) Leanness assessment of a complex assembly line using integrated value stream mapping: a case study, *The TQM Journal*, 35(4), 1754-2731. doi:10.1108/TQM-12-2021-0369
21. Schmidtke, D., Heiser, U. ve Hinrichsen, O. (2014) A simulation-enhanced value stream mapping approach for optimisation of complex production environments, *International Journal of Production Research*, 52(20), 6146-6160. doi:10.1080/00207543.2014.917770
22. Schoeman, Y., Oberholster, P. ve Somerset, V. (2021) Value stream mapping as a supporting management tool to identify the flow of industrial waste: A case study. *Sustainability*, 13, 91. doi:10.3390/su13010091
23. Seth, D., Seth, N. ve Dhariwal, P. (2017) Application of value stream mapping (VSM) for lean and cycle time reduction in complex production environments: a case study, *Production Planning & Control*, 28(5), 398-419. doi:10.1080/09537287.2017.1300352
24. Sevgili, A. ve Antmen, Z.F. (2019) Yalın üretim tekniklerinden değer akış haritalandırmanın bir metal işleme fabrikasında süreç iyileştirme amacıyla uygulanması, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 16, 219-228. doi:10.31590/ejosat.555940
25. Shamsu Anuar, M. A. ve Mansor, M. A. (2022) Application of value stream mapping in the automotive industry: a case study, *Journal of Modern Manufacturing Systems and Technology*, 6(2), 34-41. doi:10.15282/jmmst.v6i2.8561
26. Singh, B., Garg, S.K. ve Sharma, S.K. (2011) Value stream mapping: literature review and implications for Indian industry, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 53, 799-809. doi:10.1007/s00170-010-2860-7
27. Singh, J., Singh, H., Singh, A. ve Singh, J. (2020) Managing industrial operations by lean thinking using value stream mapping and six sigma in manufacturing unit, *Management Decision*, 58(6), 1118-1148. doi:10.1108/MD-04-2017-0332
28. Uygun, M., Taş, Ü. ve Pak, E. (2019) Değer akışı haritalandırma yöntemi ile verimliliğin artırılması: Otomotiv sektöründe bir vaka çalışması, *Verimlilik Dergisi*, 3, 7-39.
29. Vasconcelos Ferreira Lobo, C., Damasceno Calado, R. and Dalvo Pereira da Conceição, R. (2020) Evaluation of value stream mapping (VSM) applicability to the oil and gas chain processes, *International Journal of Lean Six Sigma*, 11(2), 309-330. doi:10.1108/IJLSS-05-2018-0049
30. Verma, N. ve Sherma, V. (2019) A literature review on energy value stream mapping (EVSM), *International Journal of Advanced Science and Technology*, 27(1), 1-08.
31. Zhu, X.Y., Zhang, H. ve Jiang, Z.G. (2020) Application of green-modified value stream mapping to integrate and implement lean and green practices: A case study, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 33(7), 716-731, doi:10.1080/0951192X.2019.1667028

