



DEĞER AKIŞI HARİTALANDIRMA YÖNTEMİ UYGULANARAK BİR FREN DİSKİNİN İMALAT SÜRECİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ

Bengüsu OKUR¹, Seda HEZER^{2*}

¹Konya Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği
Anabilim Dalı, KONYA

ORCID No : <https://orcid.org/0000-0002-1991-7076>

²Gaziantep Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü,
GAZİANTEP

ORCID No : <https://orcid.org/0000-0001-9440-3748/>

Anahtar Kelimeler

Öz

Değer akışı,
Değer Akışı
Haritalandırma,
İsraf,
Yalın Üretim

Değer Akış Haritalandırma (DAH), üretim süreçlerindeki israfları, verimsizlikleri ve katma değeri olmayan faaliyetleri görselleştirerek tespit etmeye olanak tanıyan güçlü bir yalın üretim aracıdır. Bu çalışmada, otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir imalat işletmesinin fren diski üretim sürecinde DAH yöntemi uygulanarak israfların belirlenmesi ve sürecin yalın üretim ilkeleri doğrultusunda iyileştirilmesi amaçlanmıştır. İlk olarak mevcut durum haritası oluşturularak hattaki darboğazlar, uzun çevrim süreleri, düzensiz yerleşim ve gereksiz taşıma faaliyetleri belirlenmiştir. Bu analize dayanarak süreci yalınlaştırmaya yönelik üç alternatif gelecek durum haritası geliştirilmiş ve istasyonların yeniden düzenlenmesi, iş gücü optimizasyonu, çekme sistemi ve 5S uygulamaları önerilmiştir. Yapılan analizler sonucunda toplam değer akış süresinde saniye bazında %26 ile %49 arasında iyileşme sağlanmış, değer katmayan faaliyetlerin azaltılmasıyla süreç verimliliğinde belirgin kazanımlar elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, DAH'ın süreç optimizasyonunda etkili bir araç olduğunu ve yalın üretim felsefesi doğrultusunda anlamlı iyileştirmeler sağladığını göstermektedir.

*Sorumlu yazar; e-posta : shezer@gantep.edu.tr

doi : <https://doi.org/10.46465/endustrimuhendisligi.1814852>

IMPROVEMENT OF THE MANUFACTURING PROCESS OF A BRAKE DISC THROUGH THE APPLICATION OF THE VALUE STREAM MAPPING METHOD

Keywords	Abstract
Lean Production, Value Stream, Value Stream Mapping, Waste	<i>Value Stream Mapping (VSM) is a strong lean manufacturing tool that enables companies to visually identify wastes, inefficiencies, and non-value-added activities in production processes. In this study, VSM was applied to the brake-disc manufacturing process of a company in the automotive industry to identify wastes and improve the process in line with lean manufacturing principles. First, a current state map was developed, revealing bottlenecks, long cycle times, an irregular layout, and unnecessary transport activities. Based on this analysis, three alternative future state maps were developed, proposing improvements such as rearrangement of workstations, workforce optimization, a pull system, and 5S practices. The analyses achieved improvements ranging from 26% to 49% in the total value stream time in terms of seconds, with notable gains in process efficiency through the reduction of non-value-added activities. The results demonstrate that VSM is an effective tool for process optimization and provides significant improvements in accordance with the lean manufacturing philosophy.</i>
Araştırma Makalesi	Research Article
Başvuru Tarihi : 31.10.2025	Submission Date : 31.10.2025
Kabul Tarihi : 30.07.2026	Accepted Date : 30.07.2026

1. Giriş

Günümüzün zorlu rekabet koşullarında, işletmelerin müşteri odaklı, hızlı, kaliteli ve düşük maliyetle üretim yapması gerekmektedir. Bu ihtiyaç, Toyota tarafından geliştirilen ve sonrasında "Yalın Üretim" olarak bilinen üretim modelinin ortaya çıkmasına neden olmuştur.

Yalın üretim, minimum kaynak kullanımıyla (iş gücü, üretim alanı, stok ve zaman) maksimum verimlilik ve müşteri memnuniyeti sağlamayı hedefleyen bir üretim sistemidir. Bu sistem, israfları en aza indirerek üretim süreçlerini optimize etmeyi ve işletme performansını artırmayı amaçlamaktadır.

Yalın üretimde müşteriye değer katmayan her şey "israf" olarak kabul edilir. Sistemde hatalı üretim, fazla üretim, fazla stok, gereksiz işler, gereksiz taşıma, gereksiz hareketler ve bekleme olmak üzere yedi temel israf türü vardır. Yalın üretim felsefesi, bu israfları sistematik olarak ortadan kaldırarak daha verimli, daha kaliteli ve daha ekonomik bir üretim süreci oluşturmayı amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda çeşitli yalın üretim teknikleri geliştirilmiştir. Bu tekniklerden biri Değer Akışı Haritalandırma (DAH) yöntemidir.

DAH, yalın üretim yaklaşımı içerisinde yer alan etkili bir analiz ve iyileştirme aracıdır. Bu yöntem, bir ürünün sipariştten teslimata kadar olan tüm süreç boyunca gerçekleşen malzeme ve bilgi akışını görsel olarak haritalandırmayı amaçlamaktadır. DAH uygulamaları sayesinde mevcut üretim süreçlerinde yer alan değer katan faaliyetler ile israf oluşturan, diğer bir ifadeyle değer katmayan faaliyetler analiz edilmekte ve verimliliği artırmaya yönelik iyileştirme fırsatları ortaya konulmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, siparişe göre üretim yapan bir otomotiv yedek parça imalat işletmesinde yalın üretim tekniklerinin uygulanabilirliğini DAH yöntemi aracılığıyla analiz etmek ve bu uygulamaların sağlayabileceği potansiyel faydaları ortaya koymaktır. Bu kapsamda, Konya'da 2008 yılında kurulan ağır vasıta fren sistemlerinin üretimini gerçekleştiren bir işletmede, çeşitli marka ve modeller için üretilen ve ağır ticari araçlarda kullanılan havalı fren diskinin üretim süreci incelenmiştir. İlgili ürünün tedarik zinciri için mevcut değer akışı haritası oluşturulmuş ve bu harita üzerinden israflar ve değer katan süreçler belirlenmiştir. Ardından, söz konusu israfların ortadan kaldırılarak akış süresinin azaltılmasına yönelik üç farklı alternatif gelecek durum haritası hazırlanmış ve işletmeye sunulmuştur. Uygulama sonucunda üretim süreçlerinin verimliliği, esnekliği ve müşteri odaklılığı açısından anlamlı düzeyde iyileşme sağlanabileceği belirlenmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde DAH ile ilgili kaynak araştırmasına yer verilmiştir. Üçüncü bölümde DAH ile ilgili detaylı bilgiler sunulmuştur. Çalışmanın dördüncü bölümünde, işletmede gerçekleştirilen DAH uygulamaları ile bu uygulamalardan elde edilen analizlere yer verilmiştir. Son bölümde ise uygulama sonuçları özetlenmiş ve ilgili öneriler sunulmuştur.

2. Bilimsel Yazın Taraması

Değer akışı kavramının ortaya çıkışı, Toyota Üretim Sistemi (TÜS)'nin kurucusu Taiichi Ohno'nun çalışmalarıyla başlamıştır. Ohno, üretim süreçlerinin daha akıcı hale getirilmesi ve israfın sistematik biçimde ortadan kaldırılmasına yönelik yaklaşımıyla, DAH yönteminin kavramsal temelini oluşturmuştur (Ohno, 1988). Benzer şekilde Shingo (1986), TÜS ve yalın üretim alanına yaptığı katkılarla, özellikle israf türlerinin tanımlanması ve süreçlerin iyileştirilmesi konularında DAH'ın gelişimine önemli katkılar sağlamıştır.

Bu öncü çalışmaların ardından, Womack, Jones ve Roos (1990), yalın üretim ve değer akışı kavramlarını sistematik bir çerçeve içinde ele alarak, değer akışını yalın düşüncenin temel yapı taşlarından biri haline getirmiştir. Rother ve Shook (2003) ise DAH'ı, yalın üretim araçları arasında uygulanması görece kolay ve güçlü bir görsel analiz yöntemi olarak tanımlamışlar ve yöntemi eğitim ve saha uygulamaları için standartlaştırarak literatürde yaygınlaşmasına önemli katkılar sağlamıştır.

DAH'ın, kökeni imalat sektörüne dayanan bir yöntem olmakla birlikte, yalın düşüncenin farklı alanlara yayılmasıyla birlikte imalat dışı pek çok sektörde de uygulama alanı bulmuştur (Shou, Wang, Wu, Wang ve Chong, 2017). Müşteriye sunulan bir ürün ya da hizmetin bulunduğu her yerde bir değer akışının var olduğu anlayışı, yöntemin sektörel sınırları aşarak yaygınlaşmasının temel gerekçesini oluşturmıştır. Bu doğrultuda ilgili literatür; imalat, tedarik zinciri ve işletme süreçleri, yazılım geliştirme ve proje tabanlı sektörler, inşaat ve sağlık hizmetleri olmak üzere beş temel uygulama alanı çerçevesinde incelenebilir.

İmalat sektörü, DAH'ın hem doğduğu hem de en yoğun biçimde uygulandığı alandır. Bu nedenle literatürdeki çalışmaların önemli bir bölümü üretim süreçlerinde israfın belirlenmesi ve akışın iyileştirilmesi amacına yöneliktir. Bu alandaki güncel araştırma odakları üç ana ekseninde toplanmaktadır. İlk olarak, sürdürülebilirlik odaklı DAH uygulamaları, üretim sistemlerinin çevresel ve enerji performansını görünür kılmayı amaçlamaktadır (Zhu, Zhang ve Jiang, 2020; Wen, Cao, Hon, Chen ve Li, 2021). İkinci olarak, dijital üretim ortamlarında bilgi ve süreç israfının azaltılmasına yönelik dinamik DAH yaklaşımları öne çıkmaktadır (Ramadan ve Salah, 2019; Balaji, Venkumar, Sabitha ve Amuthaguka, 2020). Üçüncü eksen ise simülasyon ve analitik karar verme yöntemleriyle DAH'ın analiz kapasitesinin genişletilmesidir. Uluslararası literatürdeki bu eğilimlere paralel olarak, Türkiye'de de imalat sektöründe DAH'ın yalın iyileştirme potansiyelini ortaya koyan çok sayıda uygulamalı çalışma gerçekleştirilmiş ve yöntemin farklı üretim ortamlarındaki geçerliliği gösterilmiştir (Birgün, Gülen ve Özkan, 2006; Adalı, Kiraz, Akyüz ve Halk, 2016; Sarucan ve Yılmaz, 2019; Sevgili ve Antmen, 2019; Dağ ve Kara, 2020; Kiriş, 2021; Kökten, 2021; Aktaş, 2022; Özer, 2022; Alanyüz, 2023; Argun ve Çelik, 2023; Coşkun, 2023; Yurtseven, Aydın, Ekici, Aktepe, Yürek ve Orbak 2024).

Tedarik zinciri ve işletme süreçlerinde DAH, malzeme, bilgi ve hizmet akışlarının uçtan uca analiz edilmesinde kullanılmaktadır. Bu kapsamda envanter yönetimi (Seth, Seth ve Goel, 2008), satış süreçleri (Barber ve Tietje, 2008) ve taşımacılık-lojistik operasyonları (Villarreal, 2012) gibi farklı süreçler incelenmiştir. Daha güncel çalışmalarda ise tedarik zinciri entegrasyonu türlerinin performans üzerindeki etkileri, çevresel DAH uygulamaları ve simülasyon yöntemleri birlikte ele alınmıştır (Sultan, Routroy ve Thakur, 2021). Ayrıca, yöntemin bu alandaki uygulanabilirliği Türkiye'de gerçekleştirilen çalışmalarla da desteklenmiştir (Kama ve Doğan, 2021).

Yazılım geliştirme ve proje tabanlı sektörlerde DAH, geliştirme süreçlerinde değer yaratmayan faaliyetlerin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Bu alanda, klasik DAH göstergelerinin yazılım geliştirme bağlamına doğrudan uyum sağlamaması nedeniyle değer kavramının müşteri perspektifinin ötesinde yeniden tanımlanması gerekliliği ortaya çıkmıştır (Khurum, Petersen ve Gorschek, 2014). Daha sonraki çalışmalar ise DAH'ı yazılım geliştirme süreçlerinin dinamik yapısına ve bilgi akışına uyarlayarak yöntemin çevik ve

değişken süreçlerdeki uygulanabilirliğini artırmıştır (Bin Ali, Petersen ve de Franca, 2015; Bin Ali, Petersen ve Schneider, 2016).

İnşaat ve yapı sektöründe DAH, proje süreçlerinde israfın azaltılması ve yalın uygulamaların desteklenmesi amacıyla benimsenmiştir. Bu alandaki erken çalışmalar yeniden yapılandırılmış inşaat tedarik zincirlerinin değer akışı analizine odaklanmıştır (Arbulu, Tommelein, Walsh ve Hershauer, 2003). Sonraki araştırmalar ise inşaat projelerindeki verimlilik kayıplarının azaltılmasına yönelmiştir (Ramani ve KSD, 2021). Özellikle prefabrik ve öndökümlü yapı teknolojilerinin yaygınlaşmasıyla birlikte, parça üretiminden montaj aşamasına kadar uzanan süreçlerin uçtan uca değerlendirilmesinde DAH'tan yararlanılmıştır (Heravi ve Firoozi, 2017; Heravi, Kebria ve Rostami, 2021).

Sağlık hizmetlerinde DAH, hizmet süreçlerinin iyileştirilmesi ve hasta güvenliğinin artırılması amacıyla giderek daha yaygın biçimde kullanılmaktadır (Shou ve diğ., 2017; Marin-Garcia, Vidal-Carreras ve Garcia-Sabater, 2021). Bu alandaki çalışmalar genel olarak iki grupta toplanabilir: İlk grup, hasta tedavi süreçlerinin analizine ve bekleme sürelerinin azaltılmasına odaklanırken (Lummus, Vokurka ve Rodeghiero, 2006), ikinci grup ise ilaç tedariki ve hastaneye kabul gibi idari ve lojistik süreçlerin iyileştirilmesini amaçlamaktadır (Haddad, Zoueïn, Salem ve Otaek, 2016).

Yukarıda ele alınan sektörel uygulamalar her bir alanda DAH'ın kullanım amacı, öne çıkan araştırma odakları, başvuru yöntemsel yaklaşımlar ve örnek çalışmalar bakımından Tablo 1'de bütüncül olarak özetlenmektedir.

Tablo 1.

DAH'ın Sektörel Uygulama Alanları, Araştırma Odakları Ve Yöntemsel Yaklaşımları

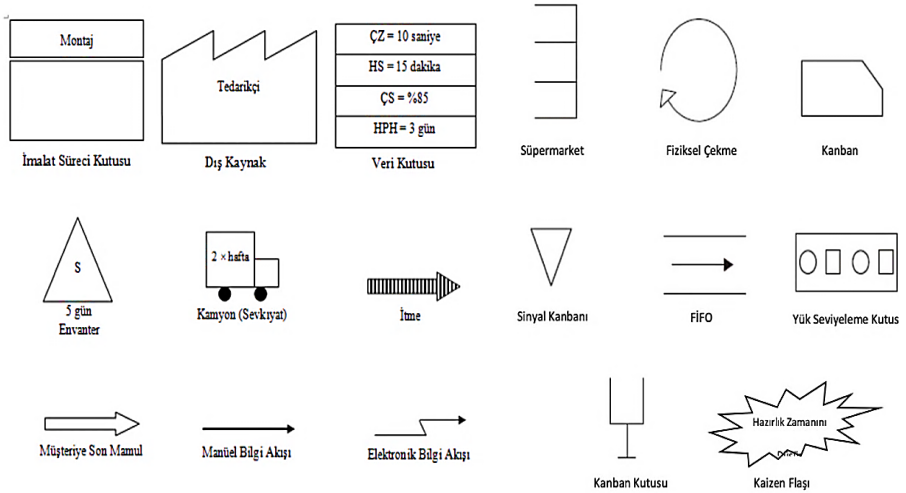
Uygulama Alanı	DAH'ın Kullanım Amacı	Öne Çıkan Araştırma Odakları	Başlıca Yöntemsel Yaklaşımlar	Örnek Çalışmalar
İmalat Sektörü	Üretim süreçlerinde israfın belirlenmesi ve akışın iyileştirilmesi	Sürdürülebilirlik odaklı DAH, dijital üretim ortamlarında israfın azaltılması, simülasyon ve analitik yöntemlerle DAH'ın genişletilmesi	Klasik DAH, Sürdürülebilir DAH, Dijital DAH / DAH 4.0, simülasyon	Birgün, Gülen ve Özkan.(2006); Adalı ve diğ.,(2017); Sarucan ve Yılmaz (2019); Ramadan ve Salah (2019); Sevgili ve Antmen (2019); Zhu, Zhang ve Jiang,(2020); Balaji ve diğ.,(2020); Dağ ve Kara (2020); Wen ve diğ.,(2021); Kiriş (2021); Kökten (2021); Aktaş (2022); Özer (2022); Alanyüz (2023); Argun ve Çelik (2023); Coşkun (2023); Yurtseven ve diğ.,(2024)
Tedarik Zinciri ve İşletme Süreçleri	Malzeme, bilgi ve hizmet akışlarının uçtan uca analizi	Envanter yönetimi, satış ve lojistik süreçleri, tedarik zinciri entegrasyon türlerinin performansa etkisi	Klasik DAH, çevresel DAH, simülasyon	Barber ve Tietje (2008); Seth, Seth ve Goel,(2008); Villarreal (2012); Sultan, Routroy ve Thakur,(2021); Kama ve Doğan (2021)
Yazılım Geliştirme ve Proje Tabanlı Sektörler	Geliştirme süreçlerinde değer yaratmayan faaliyetlerin belirlenmesi	Yazılıma özgü değer tanımı, dinamik ve çevik süreçlere uyarlanmış DAH, bilgi akışı ve geri bildirim döngülerinin analizi	Klasik DAH, bilgi/veri odaklı DAH, simülasyon destekli DAH	Khurum, Petersen ve Gorschek,(2014); Bin Ali, Petersen ve de Franca,(2015); Bin Ali, Petersen ve Schneider,(2016)
İnşaat ve Yapı Sektörü	Proje süreçlerinde israfın azaltılması ve yalın uygulamaların desteklenmesi	İnşaat projelerinde verimlilik kayıplarının analizi, prefabrike yapı süreçlerinin uçtan uca değerlendirilmesi	Klasik DAH, aşamalı yalın yönetim	Arbulu ve diğ.,(2003); Heravi ve Firoozi (2017); Ramani ve KSD (2021); Heravi, Kebria ve Rostami,(2021)
Sağlık Hizmetleri	Hizmet süreçlerinin iyileştirilmesi ve hasta güvenliğinin artırılması	Hasta tedavi süreçlerinin analizi, idari ve lojistik sağlık süreçlerinin iyileştirilmesi, bekleme sürelerinin azaltılması	Klasik DAH, sistematik/kapsam derlemeleri	Lummus, Vokurka ve Rodeghiero,(2006); Haddad ve diğ.,(2016); Shou ve diğ.,(2017); Marin-Garcia, Vidal-Carreras ve Garcia-Sabater,(2021)

Tablo 1 incelendiğinde, tüm sektörlerde yöntemin temel amacının israfların görünür hâle getirilmesi ve süreç akışının iyileştirilmesi olduğu; buna karşın araştırma odakları ve entegre edilen yöntemlerin (sürdürülebilir DAH, simülasyon ve dijital DAH gibi) uygulama bağlamına göre farklılaştığı görülmektedir. Bu çeşitlilik, DAH'ın farklı süreç yapılarına uyarlanabilen esnek bir yalın iyileştirme aracı olduğunu ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, çalışmaların önemli bir bölümünün imalat sektöründe yoğunlaşması, yöntemin köklerinin ve en olgun uygulamalarının bu alanda bulunduğunu göstermektedir. Bu kapsamda mevcut çalışmada da belirli bir imalat sistemine odaklanılarak DAH'ın uygulama düzeyindeki yalın iyileştirme potansiyeli ortaya konulmaktadır.

Konuya ilişkin literatürü daha ayrıntılı biçimde değerlendirmek isteyen araştırmacıların, Liu ve Zhang (2023) ile Batwara, Sharma, Makkar ve Giallanza (2023) çalışmalarına başvurmaları önerilmektedir.

3. DAH Yönteminin Uygulanması

DAH yönteminin uygulama aşamalarından önce, haritaların çizilmesinde kullanılan, önceden tanımlanmış bir dizi standart ve evrensel sembollerin bilinmesi gerekmektedir (Sullivan, McDonald ve Van Aken, 2002). Bir değer akışı haritasında çok sayıda sembol kullanılmaktadır (Rother ve Shook. 2003). Bu çalışmada kullanılan semboller Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Çalışmada Kullanılan DAH Sembolleri (Rother ve Shook, 2003)

DAH yöntemi, hazırlık, mevcut durum analizi, gelecek durum analizi ve planlama ve uygulama olmak üzere 4 temel aşamadan oluşmaktadır. İlgili adımlar aşağıda kısaca açıklanmıştır.

3.1. Hazırlık

Bu aşama, DAH çalışmasını yürütecek uygun ve yetkin bir ekibin oluşturulmasıyla başlamaktadır. Ardından haritalandırılacak ürün ailesinin seçilmesi sürecine geçilmektedir. Ürün ailesi seçiminde, benzer üretim süreçlerinden geçen veya ortak girdilere sahip ürün grupları tercih edilmektedir. Ürün ailesi belirlendikten sonra bu ürün ailesine ilişkin ürün bilgileri, çevrim süreleri ve süreç akışı, iş istasyonu verimliliği, stok ve envanter verileri ile iş gücü verileri toplanmaktadır (Liu ve Zhang, 2023). Toplanan veriler, işletmenin mevcut durumunun kapsamlı bir şekilde analiz edilmesini mümkün kılmaktadır. Böylece israf kaynaklarının tespit edilmesi, darboğazların giderilmesi, üretkenliğin artırılması ve müşteri değerinin en üst düzeye çıkarılması için sistematik iyileştirme fırsatları ortaya konulabilmektedir.

3.2. Mevcut Durum Analizi

Hazırlık aşamasında elde edilen verilere göre mevcut durum haritası çizilir. İlgili harita; ürün ailesi, müşteri talepleri (ne zaman, ne kadar, ne sıklıkla), üretim miktarları, ambalaj bilgisi ve stok verileri gibi malzeme ve bilgi akışını içeren bütüncül bir araçtır (Rahani ve Al-Ashraf, 2012).

Sekiz aşamalı bir metodoloji izlenerek ve DAH'ın sembolleri kullanılarak mevcut durum haritası çizilir. İlgili aşamalar aşağıda kısaca verilmiştir (Narasimhan, 2004):

1. Temel aktörlerin yerleştirilmesi
2. Talep bilgilerinin gösterilmesi
3. Lojistik verilerinin eklenmesi
4. İmalat süreçlerinin yerleştirilmesi
5. Süreç parametrelerinin hesaplanması
6. Bilgi akışının gösterilmesi
7. Envanterlerin gösterimi
8. İşleme sistemlerinin tanımlanması

Mevcut durum haritası dikkatlice incelenerek, israflar, darboğazlar ve katma değer katmayan faaliyetlerin belirlenmesi amacıyla süreç analiz edilmektedir.

Analiz sürecinde, dikkate alınması gereken başlıca parametreler takt süresi, çevrim süresi, hazırlık süresi, üretim parti büyüklüğü, ürün çeşitliliği, operatör sayısı, paketleme büyüklüğü, net çalışma süresi (molalar hariç), ıskarta oranı, makine kullanım oranlarıdır (Rother ve Shook, 2003).

3.3. Gelecek Durum Analizi

Gelecek durum analizi, mevcut durum haritasından elde edilen veriler doğrultusunda, üretim sürecinin iyileştirilmiş veya ideal hâlinin tasarlandığı kritik bir aşamadır. Bu analizde temel amaç, sürecin müşteri talebine en uygun şekilde yeniden yapılandırılmasıdır. Bu doğrultuda, tam zamanında üretim, çekme sistemleri, sürekli akış ve standart iş yapma gibi yalın üretim ilkelerinin süreçte uygulanabilirliği değerlendirilmektedir (Mohanraj, Sakthivel ve Vinodh, 2011).

Gelecek durum analizi, mevcut durum haritasından elde edilen veriler doğrultusunda üretim sürecinin iyileştirilmiş veya ideal hâlinin tasarlandığı kritik bir aşamadır (Mohanraj, Sakthivel ve Vinodh, 2011). Gelecek durum analizinin temel hedefi, mevcut süreçte tespit edilen israf unsurlarının ortadan kaldırılması, değer katan faaliyetlerin artırılması ve süreç sürelerinin mümkün olan en verimli seviyeye getirilmesidir. Bu aşamada, mevcut durum haritası aşağıda belirtilen anahtar faktörler çerçevesinde analiz edilerek gelecek durum haritası sistematik ve bütüncül bir yaklaşımla oluşturulur:

- Müşterinin talep ettiği ürün/hizmet miktarı, talep sıklığı ile çevrim süreleri kıyaslanarak analiz edilir.
- Süreç akışında kesintilerin meydana geldiği noktalar ve stok birikintilerinin yoğunlaştığı alanlar (darboğazlar) analiz edilir.
- Operasyonların hangi aşamalarının çekme sistemiyle yönetilebileceği belirlenir.
- Süreçlerin hangi adımlarının sürekli akışa uygun hale getirilebileceği belirlenir.
- Süreçteki kritik iyileştirme alanları tespit edilerek, kaizen (sürekli iyileştirme) faaliyetlerinin hangi noktalarda uygulanacağı belirlenir.

Yukarıdaki faktörlere göre oluşturulan gelecek durum haritası, yalın dönüşüm sürecinin bir yol haritası niteliğinde olup, stratejik iyileştirme planlarının temelini oluşturmaktadır.

3.4. Planlama ve Uygulama

Değer akış haritalandırma uygulamasının son aşaması gelecek durum haritasını esas alarak bir eylem planı hazırlamak ve bunu uygulamaya koymaktır. Bu plan, işletmedeki diğer ürünler veya ürün aileleri için genişletilebilir ve gelecekteki beklenmedik ya da yeni durumlar için de uygulanabilir olmalıdır.

4. Araştırma Sonuçları Ve Tartışma

4.1. Hazırlık

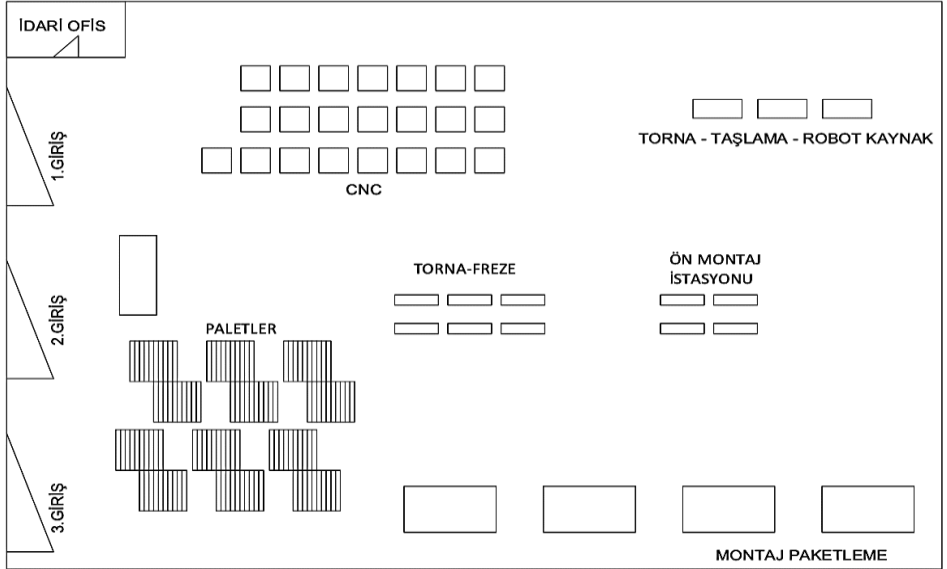
İşletmede DAH ekibi oluşturulduktan sonra, yöntemin uygulanacağı ürün ailesi belirlenmiştir. Bu doğrultuda, en yüksek üretim hacmine sahip, sipariş teslimat sürelerinde gecikmelerin yaşandığı ve yüksek envanter maliyetlerine neden olan havalı disk fren sistemi modeli seçilmiştir. Havalı Disk Fren Sistemi, hava basıncıyla çalışan ve özellikle kamyon, otobüs gibi ağır ticari araçlarda kullanılan bir fren sistemidir. Bu çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur ve havalı disk fren sisteminin bir örneği, Şekil 2’de gösterilmiş olup çalışmanın ilerleyen bölümlerinde, “havalı disk fren sistemi” ifadesi yerine “fren diski” ifadesi kullanılmıştır.



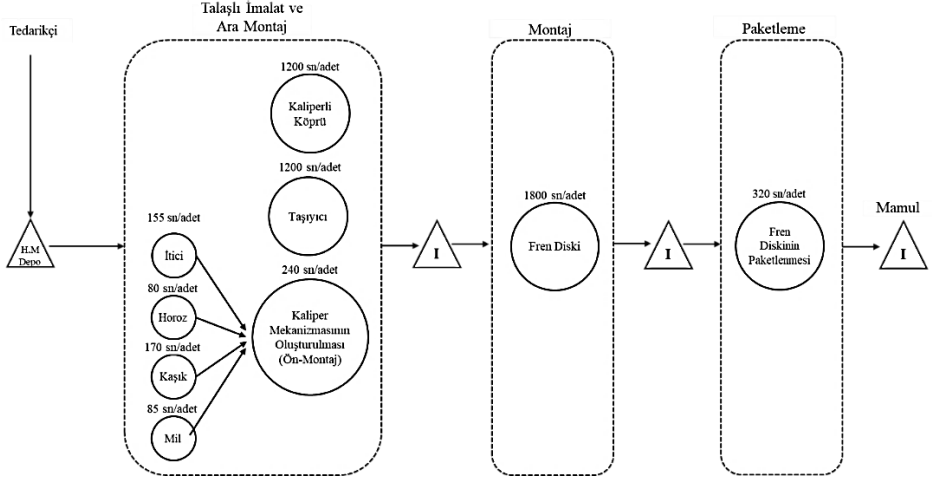
Şekil 2. Havalı Disk Fren Sistemi

Fren diski, kaliperli köprü, taşıyıcı ve kaliper mekanizması olmak üzere üç ana bileşenin montajıyla oluşturulan bir sistemdir. Bu bileşenlerden en kritik olanı, frenleme işlevini doğrudan gerçekleştiren kaliperdir. Köprü, kaliperi sabitleyerek disk fren sistemindeki hareketli parçaların uyumlu ve güvenli bir şekilde çalışmasını sağlayan temel destek elemanıdır. Bu çalışmada kullanılan fren diski için kaliper ve köprü bileşenleri, birleşik yapı halinde, yani kaliperli köprü olarak temin edilmektedir. Taşıyıcı, kaliperin fren diskine uygun biçimde konumlandırılmasını sağlayan ve yapısal destek sunan bir diğer önemli bileşendir. Kaliper mekanizması ise fren sisteminin aktif parçası olarak tekerleğin dönüş hareketini kontrol altına alır. Bu mekanizma kaşık, itici parça, mil ve horoz olmak üzere dört ana alt bileşenden oluşur.

Kaliperli köprü, taşıyıcı ve kaliper mekanizması parçaları, döküm olarak tedarik edilmekte, ardından torna-freze bölümünde talaşlı imalat işlemleri uygulanarak son şekillerine getirilmektedir. Ön-montaj bölümünde kaliper mekanizmasının montaj süreci gerçekleşirken, kaliperli köprü ve taşıyıcı parçalarının talaşlı imalatları gerçekleştirilir. Montajı ve işlemleri biten bileşenlerin, fren diski son montaj bölümünde, montajı tamamlanmaktadır. Montaj işlemleri tamamlanan fren diski paketleme alanına gönderilerek süreç tamamlanır. İşletmenin üretim alanının mevcut yerleşim planı Şekil 3’de ve üretimin iş akışı Şekil 4’te verilmiştir.



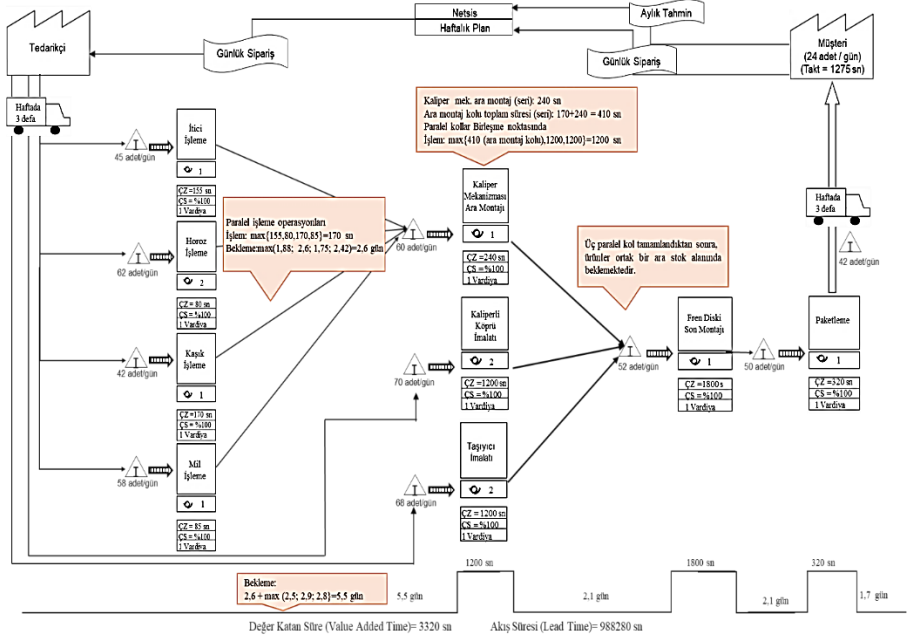
Şekil 3. Üretim Alanının Mevcut Yerleşim Planı



Şekil 4. Fren Diski İmalat Sürecinin İş Akışı

4.2. Mevcut Durum Analizi

Bu aşamada işletmenin değer akışının mevcut durum haritası sekiz aşamalı metodoloji izlenerek oluşturulmuş ve Şekil 5'te sunulmuştur.



Şekil 5. Mevcut Durum Haritası

Şekil 5'de sunulan mevcut durum haritasının çizilmesinde izlenilen sekiz aşamalı metodolojinin her aşaması detaylı bir şekilde aşağıda açıklanmıştır:

1. Temel aktörlerin yerleştirilmesi: İşletmeye ilişkin tedarikçi, müşteri ve üretim kontrol birimleri belirlenerek, mevcut durum haritasının üst kısmına yerleştirilmiştir.
2. Talep bilgilerinin gösterilmesi: Bu adımda öncelikle günlük talep miktarı ve takt zamanı hesaplanmıştır. İlgili hesaplamalar aşağıda verilmiştir:

Uygulamanın yapıldığı işletmede ayda 20 iş günü (yılıda 240 iş günü) çalışılmaktadır. İşletmede tek vardiya çalışma sistemi uygulanmaktadır. Bir iş günü, 08:00'de başlayıp 18:00'de sona ermektedir. Böylece, günlük toplam çalışma süresi 10 saat olarak belirlenmiştir. Bu 10 saatlik sürenin 1 saati öğle yemeği molasına ayrılmıştır. Ayrıca, gün içinde 15'er dakikalık iki çay-kahve molası verilmektedir. Bu bilgiler doğrultusunda, toplam çalışma süresi ve net çalışma süresi saniye cinsinden aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$\text{Toplam Çalışma Süresi} = 10 \text{ sa/gün} \times 60 \text{ dk/sa} \times 60 \text{ sn/dk} = 36.000 \text{ sn/gün}$$

$$\text{Net Çalışma Süresi} = 10 - 1 - 2 \times 0,25 = 8,5 \text{ sa/gün}$$

$$\text{Net Çalışma Süresi} = 8,5 \text{ sa/gün} \times 60 \text{ dk/sa} \times 60 \text{ sn/dk} = 30.600 \text{ sn/gün}$$

Net çalışma süresinin hesaplanmasının ardından, müşterinin talep ettiği ortalama ürün miktarı ve takt zamanı belirlenir. Müşterinin günlük talebini belirlemek için yararlanılan 2023 yılına ait aylık satış verileri Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2.

Aylık Müşteri Satış Verileri

Aylar	Satış Miktarı (Adet/Ay)	Aylar	Satış Miktarı (Adet/Ay)
Ocak	530	Temmuz	495
Şubat	440	Ağustos	430
Mart	450	Eylül	475
Nisan	485	Ekim	525
Mayıs	503	Kasım	420
Haziran	522	Aralık	415
TOPLAM (12 ay)			5.690

Tablo 2'ye göre işletmenin 2023 yılı toplam satış miktarı 5.690 adettir. Bu durumda günlük talep miktarı ve takt zamanı aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$\text{Günlük Talep} = 5.690/240 = 23,7 \sim 24 \text{ adet/gün'dür.}$$

$$\text{Takt Zamanı} = 30.600 \text{ saniye} / 24 \text{ adet} = 1.275 \text{ saniye/adet}$$

Takt zamanı, üretimin müşteri talebine uygun hızda yapılabilmesi için gerekli süreyi belirleyen önemli bir parametre olup, üretim sürecinin müşteri talepleriyle uyumlu hale getirilmesine olanak tanır.

İlgili hesaplamalardan sonra, haritanın sağ üst köşesinde yer alan müşteri sembolünün içerisine elde edilen veriler eklenmiştir.

3. *Lojistik verilerinin eklenmesi*: Sevkiyat ve satın alma bilgileri mevcut durum haritasına eklenmiştir. Tedarikçiden işletmeye, işletmeden de müşteriye sevkiyatı ifade eden semboller çizilerek ilgili kısımlara sevkiyat sıklıkları yazılmıştır. Tedarikçiden işletmeye haftada 3 defa sevkiyat gerçekleştirilirken, işletmeden müşterilerine haftada 3 defa sevkiyat gerçekleştirilmektedir.
4. *İmalat süreçlerinin yerleştirilmesi*: İmalat süreçleri ilk süreç solda ve son süreç sağda olacak şekilde, sayfanın altına çizilmiştir. Her imalat süreci kutusunun altına, imalata ilişkin bilgileri sunmak için, bir veri kutusu yerleştirilmiştir. Tüm imalat süreci kutularının arasına süreçler arasındaki envanterlere ilişkin bilgilerin yazılması için boşluklar bırakılmıştır.
5. *Süreç parametrelerinin hesaplanması*: Her imalat süreci için hesaplanan değerler, veri kutularına yazılmıştır. İlgili veri kutularında yer alan bilgiler Tablo 3'te özetlenmiştir.
6. *Bilgi akışının gösterilmesi*: Tedarikçi, müşteri ve imalat süreçleri arasındaki Üretim kontrolüne ilişkin bilgi akışları harita üzerinde gösterilmiştir. İlgili akışların üzerine tahminlerin ve siparişlerin sıklığı yazılmıştır. Üretim kontrolü bölümü, geçmiş dönemlere ait veriler kullanarak aylık satış tahminleri yapmaktadır. Aynı zamanda işletmenin imalat süreçlerine günlük üretim programlarını iletmektedir.
7. *Envanterlerin gösterimi*: Tüm imalat süreçleri arasında yer alan envanterler çizilmiştir. Her envanter kutusunun altına, mevcut durum haritasının hazırlandığı dönemde sayılan envanter miktarları yazılmıştır.
8. *İşleme sistemlerinin tanımlanması*: İmalat süreçleri itme sistemi anlayışıyla ilerlediği için, bu durum ilgili sembollerle gösterilmiştir.

Tablo 3.

Süreç Parametrelerinin Değerleri

Süreç Parametreleri	İtici İmalatı	Horoz İmalatı	Mil İmalatı	Kaşık İmalatı	Kaliperli Köprü İmalatı	Taşıyıcı İmalatı	Kaliper Mekanizması Montajı	Fren Diski Montajı	Paketleme
Net Çalışma (sn/gün)	30.600	30.600	30.600	30.600	30.600	30.600	30.600	30.600	30.600
Çevrim Zamanı (sn)	155	80	85	170	1.200	1.200	240	1.800	320
Çalışma Süresi (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100
İş gören Sayısı	1	2	1	1	1	1	1	1	1

Mevcut durum haritasının oluşturulmasında, Sekiz aşamalı metodolojisinin uygulanmasının yanı sıra, itici, horoz, kaşık ve mil işleme operasyonlarının eşzamanlı (paralel) olarak yürütüldüğüne dikkat edilmiştir. Bu paralel işleme operasyonlarında, DAH yöntemine uygun biçimde, akış süresi hesaplamasında işlem ve bekleme süreleri toplanmamıştır. Bunun yerine kritik yol (en uzun süreye sahip kol) yaklaşımı esas alınmıştır. Buna göre paralel işleme operasyonlarının işlem süresi, maksimum çevrim süresine sahip olan kaşık işleme operasyonu dikkate alınarak 170 sn olarak belirlenmiştir. Paralel işleme operasyonlarını izleyen kaliper mekanizması ön montaj işlemi seri bir süreç olduğundan, 240 sn'lik çevrim süresi paralel işleme süresine eklenmiş ve ön montaj kolunun toplam işlem süresi 410 (240+170) sn olarak hesaplanmıştır.

Benzer şekilde, kaliper mekanizması ön montaj kolu ile kaliperli köprü imalatı ve taşıyıcı imalatı operasyonları, son montaj öncesinde paralel kollar oluşturmaktadır. Bu nedenle, söz konusu üç kol için işlem ve bekleme süreleri kritik yol yaklaşımıyla değerlendirilerek birleşme noktasındaki akış süresi, en uzun kol esas alınarak belirlenmiştir.

Paralel kollar tamamlandıktan sonra ürünlerin ortak bir ara stok alanında beklediği gözlemlendiğinden, bu stok süresi paralel hesaplama dahil edilmemiş ve seri bir bekleme olarak akış süresine eklenmiştir. Şekil 5'te, mevcut durum haritasındaki seri ve paralel süreç yapıları ile kritik yol esaslı hesaplama mantığı, çağrı balonları aracılığıyla açıkça gösterilmektedir.

Mevcut durum haritası oluşturulduktan sonra, mevcut süreç incelendiğinde ve iki önemli sorun dikkat çekmektedir. İlgili sorunlar şu şekildedir:

- Fren diski son montaj istasyonunda çevrim süresinin (1.800 sn), 1.275 sn olarak hesaplanan takt zamanından daha uzun olduğu belirlenmiştir. Bu durum, müşteri talebinin karşılanamaması riskini doğurmakta ve teslimat gecikmelerine yol açabilecek kritik bir darboğaz oluşturmaktadır.
- Çevrim süresinin takt zamanından uzun olması nedeniyle, süreçler arasında yarı mamul birikimi oluşmakta, ara stoklar artmakta ve üretim hattında dengesizlik meydana gelmektedir. Ayrıca, diğer istasyonların darboğaz oluşturan süreci beklemek zorunda kalması, iş gücü ve ekipman verimliliğinin düşmesine neden olmaktadır. Bu durum, kalite risklerini artırmakta ve toplam sistem performansını olumsuz etkilemektedir.
- Mevcut durum haritası ve yerleşim planı birlikte incelendiğinde, itici, horoz, kaşık ve mil gibi kaliper mekanizması parçalarının üretildiği imalat bölümleri (Torna-Freze bölümü) ile bu parçaların birleştirildiği kaliper mekanizması ön montaj bölümü, fiziksel olarak birbirine yakın konumlanmış olmasına rağmen, ayrı üretim birimleri olarak ele alınmaktadır. Bu durum, parçaların üretim ve montaj aşamaları arasında gereksiz taşımalara neden olmakta; buna bağlı olarak hem zaman kayıpları hem de ara stok seviyelerinde artış ortaya çıkmaktadır.

- Üretim alanının genelinde ise ekipmanların ve ara stokların düzensiz ve karışık şekilde yerleştirildiği gözlemlenmiştir. Bu düzensizlik, gereksiz malzeme taşıma hareketlerini artırmakta; ekipmanların kolayca bulunamaması nedeniyle çalışanların ekipman arama veya temin etme süreçlerinde zaman kaybetmesine yol açmaktadır.

Yukarıda verilen sorunlara bağlı olarak, ürüne doğrudan değer katan sürenin 3.320 saniye olduğu tespit edilmiştir. Buna karşılık, toplam akış süresi 98.8280 saniye, yani yaklaşık 11,44 gün olarak hesaplanmıştır. Bu verilere göre, toplam değer akış süresinin yalnızca yaklaşık %0,34'lük bir kısmının değer katan faaliyetlerden oluştuğu; geri kalan %99,66'lık kısmın ise ürüne doğrudan değer katmayan faaliyetlerden meydana geldiği görülmektedir. Elde edilen bu tespit, süreçte bekleme, gereksiz taşıma, aşırı üretim ve benzeri israf türlerinin baskın olduğunu ve mevcut üretim sisteminin verimlilik açısından önemli iyileştirme potansiyeli barındırdığını göstermektedir. Bu kapsamda, gelecekte oluşturulacak değer akış haritalarının temel amacı; katma değeri olmayan faaliyetlerin sistematik olarak azaltılmasına veya ortadan kaldırılmasına yönelik iyileştirme fırsatlarını ortaya koymak ve süreç verimliliğini artıracak çözüm önerileri geliştirmektir.

4.3. Gelecek Durum Analizi

Mevcut durum haritası ve üretim sürecine ilişkin verilerin ayrıntılı analizi sonucunda, süreçteki temel sorunlar ve bu sorunların kök nedenleri belirlenmiştir. Bu doğrultuda üç farklı alternatif gelecek durum haritası geliştirilmiştir. Önerilen alternatifler, üretim sisteminde değer katmayan faaliyetlerin azaltılması ve değer katan faaliyetlerin artırılması hedefiyle, sürece farklı iyileştirme yaklaşımları sunmaktadır.

Her bir gelecek durum haritası farklı bir iyileştirme odağına sahip olmakla birlikte, yalın üretim ilkeleri doğrultusunda ortak bazı temel önerileri de içermektedir. Bu ortak iyileştirme önerileri aşağıda özetlenmektedir:

- Her zaman mevcut ya da yeni ortaya çıkan kritik yol kavramı üzerinden hesaplamalar yapılmıştır.
- Kritik üretim alanlarında 5S prensiplerine dayalı iyileştirmeler önerilmiştir. Temizlik, düzen ve standartlaştırma faaliyetlerinin üretim alanı verimliliği üzerindeki etkileri gelecek durum haritalarında görselleştirilmiştir. Bu sayede gereksiz hareketler ve arama sürelerinin azaltılması hedeflenmiştir.
- Akış üzerinde darboğaz oluşturan imalat ve montaj istasyonlarında, üretimin daha dengeli ve kesintisiz ilerlemesini sağlamak amacıyla süpermarket tipi çekme sistemi önerilmiştir. Bu yaklaşım ile ara stok seviyelerinin kontrol altına alınması, malzeme temin sürelerinin kısaltılması ve üretim hattı boyunca senkronizasyonun artırılması amaçlanmıştır.

- Bununla birlikte, talep dalgalanmaları, üretim–sevkiyat senkronizasyonu ve operasyonel belirsizlikler dikkate alındığında, süpermarket tipi çekme sistemlerinin uygulandığı gelecek durum haritalarında bekleme süresinin tamamen ortadan kaldırılmadığı; genellikle bir vardiya veya bir gün seviyesinde tutulduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, sistemin kararlılığını ve uygulanabilirliğini korumayı amaçlayan yaygın bir uygulama olarak değerlendirilmektedir. Bu çalışmada da benzer bir yaklaşımla, gerçekçi ve uygulanabilir bir gelecek durum senaryosu oluşturmak amacıyla, süpermarket noktalarında yaklaşık bir günlük kontrollü bekleme süresi öngörülmüştür.

Geliştirilen her bir alternatif gelecek durum haritası, işletmenin mevcut kapasite kısıtları ve uzun vadeli stratejik hedefleri dikkate alınarak; beklenen kazanımlar, uygulanabilirlik düzeyi ve potansiyel uygulama zorlukları açısından ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

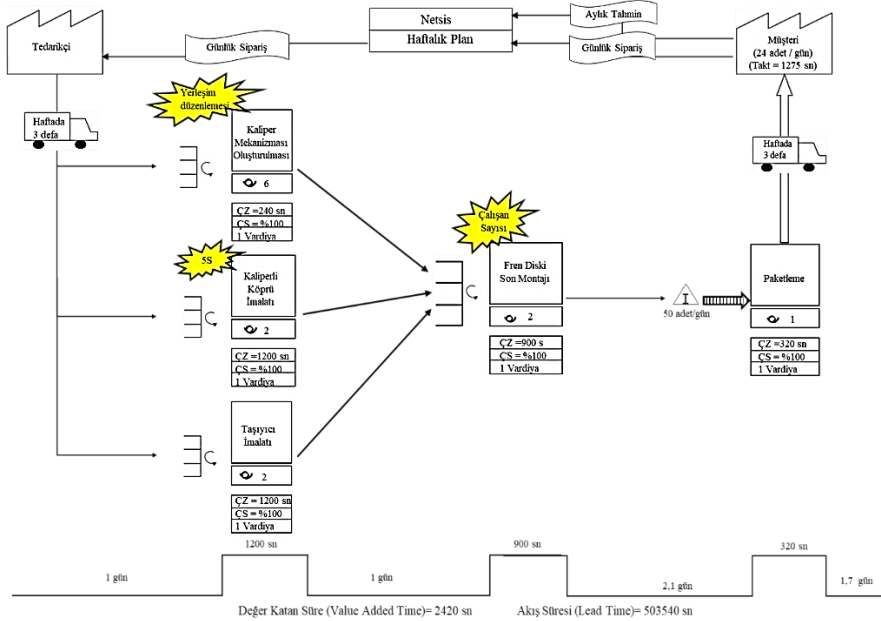
4.3.1. Birinci Alternatif Gelecek Durum Haritası

Bu alternatifte iki temel iyileştirme alanına odaklanılmıştır. İlk olarak, kaliper mekanizması parçalarının üretildiği torna–freze bölümü ile bu parçaların birleştirildiği ön montaj bölümü arasındaki fiziksel mesafenin hem gereksiz taşımaya hem de taşımaya bağlı ara stok birikimine yol açtığı belirlenmiştir. Mevcut durumda parça imalatı (paralel kollarda en uzun süre 170 sn) ile ön montaj (240 sn), birbirini izleyen seri işlemler olarak yürütüldüğünden, kaliper mekanizmasının oluşturulmasına ilişkin çevrim süresi $170 + 240 = 410$ sn olarak gerçekleşmekteydi. Bu doğrultuda iki bölüm tek bir hücrede birleştirilerek hücresel yerleşime geçilmiş ve bölümler arası taşıma ve buna bağlı ara stoklar ortadan kaldırılmıştır. Hücre içinde sürekli (tek parça) akış sağlandığında, bir ürün ön montajdayken bir sonraki ürünün parçaları eşzamanlı olarak işlenebildiğinden, hücrenin çevrim süresi artık seri toplamla (410 sn) değil, en uzun (darboğaz) operasyon olan ön montaj süresiyle (240 sn) belirlenmektedir. Bu düzenlemeyi desteklemek üzere hücre çıkışında bir süpermarket noktası tanımlanmış ve çekme sistemi devreye alınarak, bir sonraki sürecin (son montaj) tükettiği kadar üretim yapılması sağlanmıştır. Böylece aşırı üretim önlenip ara stok seviyeleri kontrol altına alınmıştır. Sonuç olarak, dört parçanın imalatı ve kaliper mekanizmasının oluşturulmasına ilişkin çevrim süresi 410 saniyeden 240 saniyeye düşürülmüş ve yalın üretimin yedi temel israf türünden biri olan gereksiz taşıma önemli ölçüde azaltılarak malzeme akışı daha kısa, kesintisiz ve görsel olarak izlenebilir hale getirilmiştir.

İkinci olarak, fren diski son montaj istasyonunda yalnızca bir işçinin görev yapmasının, çevrim süresinin uzun olmasında belirleyici bir etken olduğu tespit edilmiştir. Bu kapsamda, istasyonda iki işçinin birlikte çalıştığı bir senaryo değerlendirilmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda mevcut durumda yaklaşık 1800 saniye olan çevrim süresinin 900 saniye seviyelerine düşebileceği

öngörülmüştür. Bu iyileştirme kapsamında, yalnızca fren diski son montaj istasyonunda iş gücü artırımı planlanmış, diğer istasyonlarda ise mevcut iş gücü yapısı korunmuştur.

Önerilen fiziksel yerleşim düzenlemesi ve iş gücü planlaması birlikte değerlendirildiğinde, söz konusu iyileştirmelerin birinci alternatif gelecek durum haritası kapsamında uygulanabilir olduğu sonucuna varılmıştır. Ara stoklar tamamen ortadan kaldırılmamıştır. Ancak yerleşim düzenlemesi ve iş gücü iyileştirmeleri sayesinde bekleme sürelerinin azaltılması hedeflenmiştir. Bu doğrultuda oluşturulan birinci alternatif gelecek durum haritası Şekil 6'da sunulmuştur.



Şekil 6. Birinci Gelecek Durum Haritası

4.3.2. İkinci Alternatif Gelecek Durum Haritası

Bu alternatifte, süreç dalgalanmalarının kontrolü, işçi hareketlerinin iyileştirilmesi ve istasyon yerleşiminin ergonomik açıdan yeniden düzenlenmesi olmak üzere üç temel iyileştirme alanına odaklanılmıştır.

Bu kapsamda, horoz işleme operasyonu öncesinde bırakılan sınırlı ara stok, süreçteki dalgalanmaların son montaj istasyonuna doğrudan yansımamasını

önlemek amacıyla bilinçli bir ayırıcı tampon olarak değerlendirilmiştir. Bu yaklaşım ile, metot etüdü çalışmaları sonucunda elde edilen çevrim süresi iyileştirmelerinin korunması hedeflenmiştir.

Süreç dalgalanmalarının kontrol altına alınmasına paralel olarak, fren diski son montaj istasyonunda işçinin gerçekleştirdiği faaliyetlerin daha etkin hale getirilmesi amacıyla ayrıntılı bir metot etüdü çalışması yürütülmüştür. Bu kapsamda mevcut durum analiz edilmiş ve Şekil 7’de verilen işçi-tipi iş akış şeması oluşturulmuştur.

Tanım	Uzaklık (m)	Zaman (sn)	Simge	Açıklamalar
İtici parçanın kasadan alınması			○ → □ ▽	
Kaşığın kasadan alınması			○ → □ ▽	
İtici parça ve Kaşığın montajı		60	○ → □ ▽	
Mil'in kasadan alınması			○ → □ ▽	
Mil'in mekanizmaya montajı		60	○ → □ ▽	
Horozun kasadan alınması			○ → □ ▽	
Horozun mekanizmaya montajı		60	○ → □ ▽	
Dolaba yürüme	1,5	50	○ → □ ▽	
Dolaptan kaliperli köprü getirme		50	○ → □ ▽	
Dolaba yürüme	1,5	50	○ → □ ▽	
Dolaptan taşıyıcı getirme		50	○ → □ ▽	
Kaliperli köprü ve taşıyıcı montajı		660	○ → □ ▽	
Kaliper mekanizmasının diğer monte edilen parçalara montajı		600	○ → □ ▽	
Montajı tamamlanan fren diskinin kontrolü		80	○ → □ ▽	El ile
Montajı tamamlanan parçanın alınıp kasaya koyulması			○ → □ ▽	
Montajı biten fren disklerinin lazer makinesine taşınması		20	○ → □ ▽	
Lazerle kod işlenmesi		30	○ → □ ▽	Lazer cihazı ile
Lazerle tarih işlenmesi		30	○ → □ ▽	Lazer cihazı ile
Paketlemeye gönderilmesi			○ → □ ▽	
TOPLAM		1800		

Şekil 7. Fren Diski Son Montajı İstasyonu İçin Yapılmış Metot Etüdü (Mevcut Durum)

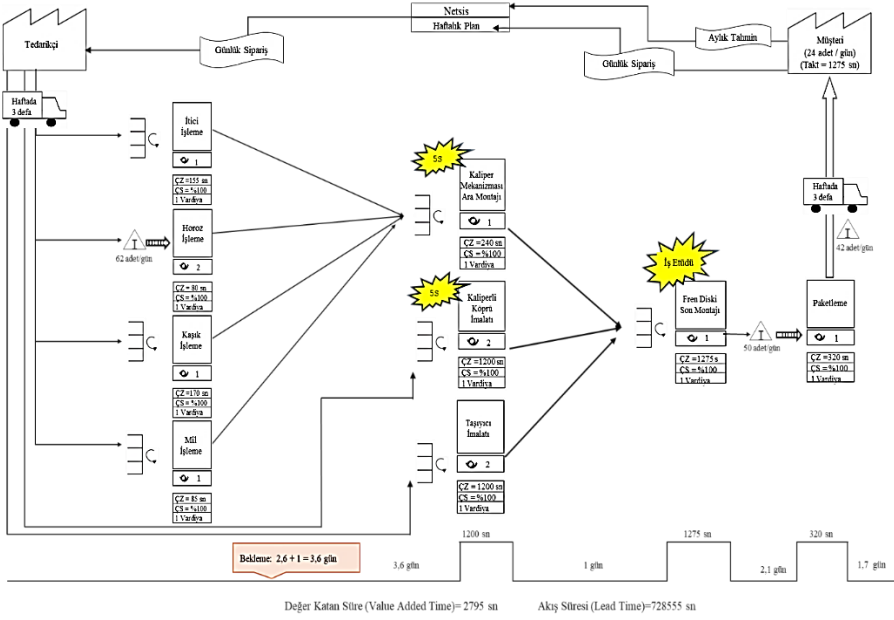
Şekil 7’nin incelenmesi sonucunda, fren diski son montaj istasyonunda gereksiz taşıma faaliyetlerinin ve uzun mesafeli hareketlerin mevcut olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun temel nedenlerinden birinin, malzeme dolabının ergonomi ve iş akışı açısından uygun olmayan bir konumda yer alması olduğu belirlenmiştir. Söz konusu yerleşim sorunu, işçilerin gerçekleştirdiği taşıma faaliyetlerinin sayısını ve süresini artırmaktadır. Dolayısıyla çevrim süresini olumsuz yönde etkilemektedir.

Bu israfların azaltılması amacıyla, istasyonun yerleşim düzenine yönelik çeşitli iyileştirmeler önerilmiş ve önerilen durum için Şekil 8’de verilen işçi-tipi iş akış şeması oluşturulmuştur. Yapılan düzenlemeler sonucunda, fren diski son montaj istasyonunda çevrim süresinin yaklaşık 1.600 saniyeye kadar düşürülebildiği belirlenmiştir.

Tanım	Uzaklık (m)	Zaman (sn)	Simgeler						Açıklamalar
			○	◻	◻	◻	◻	◻	
İtici parçanın kasadan alınması			●						
Kaşığın kasadan alınması			●						
İtici parça ve Kaşığın montajı		60	●						
Milin kasadan alınması			●						
Milin mekanizmaya montajı		60	●						
Horozun kasadan alınması			●						
Horozun mekanizmaya montajı		60	●						
Kaliperli köprü ve taşıyıcı montajı		660	●						
Kaliper mekanizmasının diğer monte edilen parçalara montajı		600	●						
Montajı tamamlanan fren diskinin kontrolü		80							El ile
Montajı tamamlanan parçanın alınıp kasaya koyulması									
Montajı biten fren disklerinin lazer makinesine taşınması		20							
Lazerle kod işlenmesi		30							Lazer cihazı ile
Lazerle tarih işlenmesi		30							Lazer cihazı ile
Paketlemeye gönderilmesi									
TOPLAM		1600							

Şekil 8. Fren Diski Son Montajı İstasyonu İçin Yapılmış Metot Etüdü (Önerilen Durum)

Ancak, elde edilen bu iyileştirmeye rağmen çevrim süresinin hâlen müşteri talebine karşılık gelen takt zamanının üzerinde kaldığı görülmüştür. Bu doğrultuda, işletmede değer akışı haritalama çalışmalarını yürüten ekip ile ilgili birim yöneticileri arasında değerlendirmeler yapılmıştır. Montaj istasyonunda görevli operatörlerin teknik ve mesleki yeterliliklerinin geliştirilmesine ve iş disiplinine yönelik hedefe odaklı eğitimlerin, çevrim süresinin takt zamanına eşitlenmesine katkı sağlayabileceği öngörülmüştür. Bu doğrultuda yapılan ön çalışmalar sonucunda çevrim süresinin 1.275 sn olabileceği izlenmiştir. Bu değerlendirmelere göre oluşturulan ikinci alternatif gelecek durum haritası Şekil 9'da sunulmuştur.



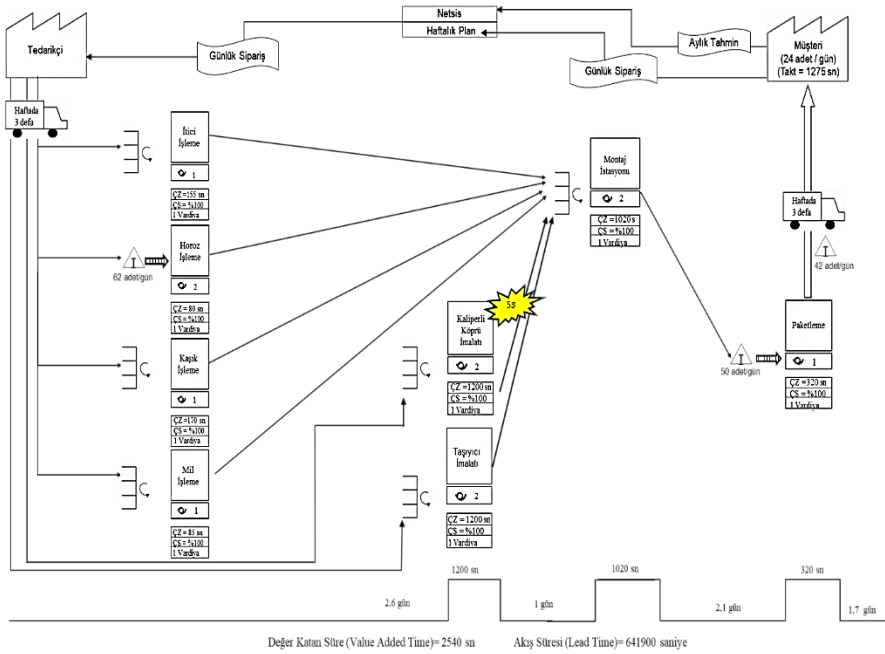
Şekil 9. İkinci Gelecek Durum Haritası

4.3.3. Üçüncü Gelecek Durum Haritası

Bu alternatifte, montaj süreçlerinin bütünleştirilmesi ve iş yükünün dengelenmesi olmak üzere iki temel iyileştirme alanına odaklanılmıştır.

Mevcut durumda, kaliper mekanizmasının oluşturulması ve fren disk son montajı işlemleri ayrı istasyonlarda ve seri olarak gerçekleştirilmekte olup, bu iki montaj sürecine ait çevrim süreleri sırasıyla 240 saniye ve 1.800 saniyedir. Bu nedenle montaj sürecine ilişkin toplam iş yükü 2.040 saniye olarak hesaplanmaktadır. Üçüncü alternatif gelecek durum haritasında, söz konusu iki montaj sürecinin tek bir entegre montaj istasyonu altında birleştirilmesi önerilmiştir. Bu bütünlük yapı ile montaj sürecindeki darboğazların ortadan kaldırılması ve akışın daha dengeli hale getirilmesi hedeflenmiştir. Bu entegre istasyon kapsamında, ön montaj ve son montaja ait toplam 2.040 saniyelik iş yükü iki operatör tarafından dengeli biçimde paylaşılmıştır. Bu yaklaşım sonucunda istasyonun çevrim süresi yaklaşık 1.020 saniyeye indirilmiş ve bu sayede çevrim süresi müşteri talebine karşılık gelen takt zamanının altına indirilmiştir. Bu sayede montaj istasyonunun müşteri talebine daha etkin biçimde yanıt verebilecek bir yapıya kavuşması amaçlanmıştır.

Bu doğrultuda oluşturulan üçüncü alternatif gelecek durum haritasına ilişkin detaylar Şekil 10'da sunulmuştur.



Şekil 10. Üçüncü Gelecek Durum Haritası

4.3.4. Alternatif Gelecek Durum Haritalarının Analizi

Her bir gelecek durum haritası; süreç iyileştirmelerine yönelik farklı stratejik müdahaleleri içermektedir. Bu müdahalelerin etkileri, değer katan faaliyet süresi, toplam değer akış süresi ve değer katan faaliyet oranı gibi performans göstergeleri üzerinden karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Tablo 4'te, mevcut durum ve üç alternatif kapsamında elde edilen temel performans ölçütleri özetlenmiştir.

Tablo 4.

Mevcut Durum ve Alternatif Gelecek Durum Haritalarının Karşılaştırılması

Performans Göstergesi	Mevcut Durum	Birinci	İkinci	Üçüncü
Değer Katan Faaliyet Süresi (sn)	3.320	2.420	2.795	2.540
Toplam Değer Akış Süresi (sn)	988.280	503.540	728.555	641.900
Toplam değer akışı süresinin iyileşme oranı (sn, %)	-	49	26	35
Değer katan faaliyet oranı (%)	0,34	0,48	0,38	0,40
Değer katan faaliyet oranında iyileşme oranı (%)	-	41,2	11,8	17,7
Toplam Değer Akışı (Gün)	11,44	5,83	8,43	7,43
Toplam İşçi Sayısı	12	13	12	12

Tablo 4 ve geliştirilen gelecek durum haritaları birlikte değerlendirildiğinde, her bir alternatife üretim sistemi performansı üzerinde farklı düzeylerde iyileştirme sağladığı görülmektedir.

Şekil 6'da sunulan birinci gelecek durum haritası incelendiğinde, toplam değer katan faaliyet süresinin 3.320 saniyeden 2.420 saniyeye düştüğü görülmektedir. Buna paralel olarak, toplam değer akış süresi 988.280 saniyeden (yaklaşık 11,44 gün) 503.540 saniyeye (yaklaşık 5,83 gün) gerilemiş ve böylece toplam değer akış süresinde yaklaşık %49 oranında önemli bir iyileşme sağlanmıştır. Ayrıca, değer katan faaliyetlerin toplam değer akış süresi içindeki oranı %0,34'ten %0,48'e yükselmiş ve değer katan faaliyet oranında yaklaşık %41,2'lik bir artış elde edilmiştir.

Şekil 9'da sunulan ikinci gelecek durum haritası incelendiğinde, toplam değer katan faaliyet süresinin 2.795 saniyeye düştüğü ve toplam değer akış süresinin 728.555 saniye (yaklaşık 8,43 gün) seviyesine indiği görülmektedir. Bu durum, toplam değer akış süresinde yaklaşık %26 oranında bir iyileşmeye karşılık gelmektedir. Değer katan faaliyetlerin toplam değer akış süresi içindeki oranı ise yaklaşık %0,38 seviyesine yükselmiş ve bu oranda %11,8 civarında bir iyileşme sağlanmıştır.

Şekil 10'da sunulan üçüncü gelecek durum haritası incelendiğinde, değer katan faaliyet süresinin 2.540 saniyeye düşerken, toplam değer akış süresinin 641.900 saniyeye (yaklaşık 7,43 gün) gerilediği görülmektedir. Bu azalma, toplam değer akış süresinde yaklaşık %35 oranında bir iyileşmeye karşılık gelmektedir. Aynı zamanda, değer katan faaliyetlerin toplam değer akış süresi içindeki oranı %0,40 seviyesine yükselmiş ve değer katan faaliyet oranında yaklaşık %17,7'lik bir artış elde edilmiştir.

Üç gelecek durum haritasının tamamında, değer katmayan faaliyetlerin azaltılması veya ortadan kaldırılması sayesinde toplam değer akış süresinde kayda değer bir iyileşme sağlandığı görülmektedir. Değer katan faaliyet sürelerinde kısmi azalmalar gözlemlenmekle birlikte, toplam süre üzerindeki esas kazanımın; bekleme, taşıma ve diğer değersiz faaliyetlerin azaltılması yoluyla elde edildiği anlaşılmaktadır. Bu tespitler, yalın üretim felsefesinin temel ilkeleriyle uyumlu olup, süreçlerde israfların sistematik biçimde azaltılmasına yönelik stratejik hedeflerin başarıyla ilerlediğini göstermektedir. Sonuç olarak, önerilen iyileştirmeler üretim süreçlerinin daha yalın, dengeli ve verimli bir yapıya kavuşmasına katkı sağlamıştır.

4.4. Planlama ve Uygulama

Son adımda, geliştirilen üç farklı gelecek durum haritasına ilişkin tüm analizler işletme yönetimi ile paylaşılmış ve izlenecek yolun belirlenmesi amacıyla değerlendirme toplantıları gerçekleştirilmiştir. Bu toplantılarda, alternatiflerin yalnızca sağladıkları sayısal iyileşmeler açısından değil; aynı zamanda uygulanabilirlik düzeyi, kaynak gereksinimi, maliyet-etki dengesi, kısa ve uzun vadeli kazanımlar ile dönüşüm sürecinin yönetilebilirliği açısından da ele alınması gerektiği vurgulanmıştır.

Yapılan değerlendirmeler sonucunda, her üç alternatifin de değer katan faaliyet sürelerinde ve toplam değer akış süresinde anlamlı iyileşmeler sağladığı; süreçlerin yeniden düzenlenmesi, akışların sadeleştirilmesi ve israfların azaltılması yönünde somut katkılar sunduğu belirlenmiştir. Bu kapsamda, alternatiflerin doğrudan uygulanmasına geçilmeden önce sahada pilot denemeler yapılmasına, uygulama öncesinde ise çalışan eğitimi, kaynak planlaması ve zaman etüdü gibi destekleyici faaliyetlerin tamamlanmasına karar verilmiştir.

Tablo 4'te sunulan karşılaştırmalı sonuçlar incelendiğinde, üç alternatif gelecek durum haritasının performans açısından farklı güçlü yönler sunduğu görülmektedir. Birinci alternatif, toplam değer akış süresinde yaklaşık %49 oranında iyileşme sağlayarak en yüksek zaman kazanımını sunmaktadır. Ancak bu alternatifte, darboğazın ortadan kaldırılması iş gücü artışı ve fiziksel yerleşim değişikliklerine dayandığından, uygulama maliyeti ve organizasyonel etkilerinin görece yüksek olabileceği değerlendirilmiştir.

İkinci alternatif, fren diski son montaj istasyonuna yönelik metot etüdü ve yerleşim iyileştirmeleri sayesinde çevrim süresini takt zamanına yaklaştırmakla birlikte, toplam değer akış süresi üzerindeki etkisinin sınırlı kaldığı bir senaryo olarak öne çıkmaktadır. Buna karşılık, üçüncü alternatif; ön montaj ve son montaj süreçlerinin tek bir entegre montaj hattında birleştirilmesi yoluyla çevrim süresini müşteri talebine karşılık gelen takt zamanının altına indirmeyi başarmış ve aynı zamanda toplam değer akış süresinde yaklaşık %35 oranında bir iyileşme sağlamıştır.

Üçüncü alternatifin, toplam akış süresindeki anlamlı iyileşme ile darboğazın kalıcı olarak ortadan kaldırılması arasında dengeli bir çözüm sunması ve üretim akışını önemli ölçüde sadeleştirilmesi nedeniyle, sistemin uzun vadeli verimliliği açısından en uygun gelecek durum senaryosu olduğu değerlendirilmiştir. Planlama aşamasında belirlenen faaliyetlerin tamamlanmasının ardından, uygulanmak üzere en uygun alternatifin seçilmesi ve seçilen çözümün geri bildirimle dayalı, sürekli iyileştirmeye açık döngüsel bir yaklaşımla hayata geçirilmesi planlanmaktadır. Uygulama sonuçları belirli aralıklarla izlenecek ve elde edilen veriler doğrultusunda gerekli revizyonlar sistematik biçimde gerçekleştirilecektir.

5. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada, siparişe göre üretim yapan bir ağır ticari araç fren diski imalat işletmesinde, üretim sürecindeki israf kaynaklarının belirlenmesi ve sürecin yalın üretim ilkeleri doğrultusunda iyileştirilmesi amacıyla DAH yöntemi uygulanmıştır. Mevcut durum haritası oluşturularak süreçteki darboğazlar, uzun çevrim süreleri, düzensiz yerleşim ve gereksiz taşıma faaliyetleri ortaya konulmuştur. Analiz sonucunda, toplam değer akış süresinin (yaklaşık 11,44 gün) yalnızca %0,34'lük bir bölümünün ürüne doğrudan değer katan faaliyetlerden oluştuğu; geri kalan %99,66'lık kısmın ise bekleme, gereksiz taşıma ve aşırı üretim gibi değer katmayan faaliyetlerden meydana geldiği belirlenmiştir. Bu çarpıcı oran, mevcut sistemin barındırdığı yüksek iyileştirme potansiyelini açıkça ortaya koymaktadır.

Tespit edilen israfların azaltılmasına yönelik üç alternatif gelecek durum haritası geliştirilmiştir. Birinci alternatifte, torna-freze ve ön montaj bölümlerinin hücresel biçimde birleştirilmesi ve son montaj istasyonunda iş gücü artırımıyla toplam değer akış süresi %49 oranında azaltılarak en yüksek zaman kazanımı elde edilmiş, ancak bu kazanım, ek iş gücü ve fiziksel yerleşim değişikliği gerektirdiğinden görece yüksek bir uygulama maliyeti taşımaktadır. İkinci alternatifte, son montaj istasyonuna yönelik metot etüdü ve eğitim faaliyetleriyle çevrim süresi takt zamanına yaklaştırılmış, fakat toplam akış süresindeki iyileşme %26 ile sınırlı kalmıştır. Üçüncü alternatifte ise ön montaj ve son montaj süreçleri tek bir entegre istasyonda birleştirilerek montaj çevrim süresi (1.020 sn) takt zamanının (1.275 sn) altına indirilmiş ve toplam değer akış süresinde %35'lik bir iyileşme, ek iş gücü gerektirmeksizin sağlanmıştır. Üç alternatif; uygulanabilirlik, kaynak gereksinimi ve maliyet-etki dengesi açısından birlikte değerlendirildiğinde, darboğazı kalıcı olarak ortadan kaldıran ve akışı önemli ölçüde sadeleştiren üçüncü alternatifin, sistemin uzun vadeli verimliliği açısından en dengeli ve uygulanabilir çözüm olduğu sonucuna varılmıştır.

Bu çalışma, DAH'ın yalın iyileştirme potansiyelini somut sayısal göstergelerle ortaya koymakta ve mevcut durumda %0,34 düzeyinde olan değer katan faaliyet oranının önerilen alternatiflerle anlamlı biçimde iyileştirilebildiğini

göstermektedir. Geliştirilen üç gelecek durum senaryosunun değer katan süre, toplam akış süresi, değer katan faaliyet oranı ve iş gücü gibi ölçütler üzerinden karşılaştırılması ise işletmeye, kendi kapasite kısıtları ve stratejik öncelikleri doğrultusunda iyileştirme yolunu seçebileceği uygulanabilir bir karar temeli sunmaktadır. Uygulama açısından bu sonuçlar, darboğazların giderilmesinde hücresel yerleşim, iş yükü dengeleme ve çekme sistemi gibi yalın araçların birlikte kullanımının sağlayabileceği kazanımları yöneticilere somut biçimde göstermektedir.

Araştırmacıların Katkısı

Bu çalışmada, Bengüsü OKUR, Çalışmanın Kavramsal veTasarım Süreçlerinin Belirlenmesi, Veri Toplama, Veri Analizi ve Yorumlama, Makale Taslağının Oluşturulması, Son Onay ve Tam Sorumluluk başlıklarında, Seda HEZER, Çalışmanın Kavramsal ve Tasarım Süreçlerinin Belirlenmesi, Çalışmanın Kavramsal ve/veya Tasarım Süreçlerinin Yönetimi, Veri Analizi ve Yorumlama, Makale Taslağının Oluşturulması, Son Onay ve Tam Sorumluluk başlıklarında katkı sağlamışlardır.

Çıkar Çatışması

Hazırlanan makalede etik kurul izni alınmasına gerek yoktur. Hazırlanan makalede herhangi bir kişi/kurum ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynaklar

- Adalı, M. R., Kiraz, A., Akyüz, U. ve Halk, B. (2017). Yalın üretime geçiş sürecinde değer akışı haritalama tekniğinin kullanılması: Büyük ölçekli bir traktör işletmesinde uygulama. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21(2), 242-251. <https://doi.org/10.16984/saufenbilder.283787>
- Aktaş, H. E. (2022). *Customer oriented new product design & analysis of design risks using fuzzy sets extensions* (Doktora tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- Alanyüz, E. (2023). *Zeytinyağı işletmesinde yalın üretimde değer akış haritalandırma uygulaması* (Yüksek lisans tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Arbulu, R., Tommelein, I., Walsh, K. ve Hershauer, J. (2003). Value stream analysis of a re-engineered construction supply chain. *Building Research & Information*, 31(2), 161-171. <https://doi.org/10.1080/09613210301993>
- Argun, İ. D. ve Çelik, S. (2023). Değer akışı haritalandırma yöntemiyle otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın teslimat süresinin azaltılması.

- İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 22(43), 94-112.
<https://doi.org/10.55071/ticaretifbd.1252423>
- Balaji, V., Venkumar, P., Sabitha, M. S. ve Amuthaguka, D. (2020). *DVSMS: Dynamic value stream mapping solution by applying IIoT*. *Sadhana-Academy Proceedings in Engineering Sciences*, 45(1), 38.
<https://doi.org/10.1007/s12046-019-1251-5>
- Barber, C. S. ve Tietje, B. C. (2008). A research agenda for value stream mapping the sales process. *Journal of Personal Selling & Sales Management*, 28(2), 155-165. <https://doi.org/10.2753/PSS0885-3134280204>
- Batwara, A., Sharma, V., Makkar, M. ve Giallanza, A. (2023). Towards smart sustainable development through value stream mapping-A systematic literature review. *Heliyon*, 9(5). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15852>
- Bin Ali, N., Petersen, K. ve de Franca, B. B. N. (2015). Evaluation of simulation-assisted value stream mapping for software product development: Two industrial cases. *Information & Software Technology*, 68, 45-61.
<https://doi.org/10.1016/j.infsof.2015.08.005>
- Bin Ali, N., Petersen, K. ve Schneider, K. (2016). FLOW-assisted value stream mapping in the early phases of large-scale software development. *Journal of Systems & Software*, 111, 213-227.
<https://doi.org/10.1016/j.jss.2015.10.013>
- Birgün, S., Gülen, K. 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. Erişim adresi: <https://izlik.org/JA24NC87BA>
- Coşkun, E. (2023). *Değer akış haritalama ve ayakkabı yan sanayisinde uygulanması* (Yüksek lisans tezi). Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Karabük.
- Dağ, H. İ. ve Kara, Y. (2020). Yalın üretime geçişte değer akışı analizi ve haritalandırma ile israf kaynaklarının belirlenmesi: Güneş enerjisi kollektörleri üreten bir işletmede uygulama. *Konya Journal of Engineering Sciences*, 8(3), 652-665. <https://doi.org/10.36306/konjes.673164>
- Haddad, M. G., Zouein, P. P., Salem, J. ve Otayek, R. (2016). Case study of lean in hospital admissions to inspire culture change. *Engineering Management Journal*, 28(4), 209-223. <https://doi.org/10.1080/10429247.2016.1234896>
- Heravi, G. ve Firoozi, M. (2017). Production process improvement of buildings' prefabricated steel frames using value stream mapping. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 89(9), 3307-3321.
<https://doi.org/10.1007/s00170-016-9306-9>

- Heravi, G., Kebria, M. F. ve Rostami, M. (2021). Integrating the production & the erection processes of pre-fabricated steel frames in building projects using phased lean management. *Engineering, Construction & Architectural Management*, 28(1), 174-195. <https://doi.org/10.1108/ECAM-03-2019-0133>
- Kama, A. ve Doğan, N. Ö. (2021). Tedarik zincirinde değer katmayan faaliyetlerin ortadan kaldırılması: İmalat sektöründe bir değer akış haritalama uygulaması. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 10(1), 91-99. <https://doi.org/10.28948/ngumuh.590637>
- Khurum, M., Petersen, K. ve Gorschek, T. (2014). Extending value stream mapping through waste definition beyond customer perspective. *Journal of Software: Evolution & Process*, 26(12), 1074-1105. <https://doi.org/10.1002/smr.1647>
- Kiriş, M. (2021). *Değer akış haritalama ve bir üretim işletmesinde uygulaması* (Yüksek lisans tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Kökten, E. S. (2021). *Değer akış haritalama yöntemi ile işletmelerde üretim kayıplarının azaltılması: Ahşap sektöründe bir uygulama* (Doktora tezi). Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Karabük.
- Liu, C. ve Zhang, Y. (2023). Advances & hotspots analysis of value stream mapping using bibliometrics. *International Journal of Lean Six Sigma*, 14(1), 190-208. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-12-2021-0219>
- Lummus, R. R., Vokurka, R. J. ve Rodeghiero, B. (2006). Improving quality through value stream mapping: A case study of a physician's clinic. *Total Quality Management & Business Excellence*, 17(8), 1063-1075. <https://doi.org/10.1080/14783360600748091>
- Marin-Garcia, J. A., Vidal-Carreras, P. I. ve Garcia-Sabater, J. J. (2021). The role of value stream mapping in healthcare services: A scoping review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(3), 951. <https://doi.org/10.3390/ijerph18030951>
- Mohanraj, R., Sakthivel, M. ve Vinodh, S. (2011). QFD integrated value stream mapping: An enabler of lean manufacturing. *International Journal of Productivity & Quality Management*, 7(4), 501-522.
- Narasimhan, K. (2004). Value stream management: Eight steps to planning, mapping, and sustaining lean improvements. *The TQM Magazine*, 16(1), 68-70. <https://doi.org/10.1108/tqmm.2004.16.1.68.2>
- Ohno, T. (1988). *Toyota production system: Beyond large-scale production*. Cambridge, MA: Productivity Press.

- Özer, P. S. (2022). *Yalın üretim araçları uygulanarak alüminyum kablo üretim sürecinin iyileştirilmesi* (Yüksek lisans tezi). Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Rahani, A. R. ve Al-Ashraf, M. (2012). *Production flow analysis through value stream mapping: A lean manufacturing process case study*. *Procedia Engineering*, 41, 1727-1734. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.07.375>
- Ramadan, M. ve Salah, B. (2019). Smart lean manufacturing in the context of Industry 4.0: A case study. *International Journal of Industrial and Manufacturing Engineering*, 13(3), 174-181.
- Ramani, P. V. ve KSD, L. K. L. (2021). Application of lean in construction using value stream mapping. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 28(1), 216-228. <https://doi.org/10.1108/ECAM-12-2018-0572>
- Rother, M. ve Shook, J. (2003). *Learning to see: Value-stream mapping to create value and eliminate muda*. Brookline, MA: Lean Enterprise Institute.
- Sarucan, A. ve Yilmaz, A. (2019). Değer akış haritalama süreci ve bir işletmede uygulama. *International Journal of Social & Humanities Sciences Research*, 6(46), 4131-4140. <https://doi.org/10.26450/jshsr.1628>
- Seth, D., Seth, N. ve Goel, D. (2008). Application of value stream mapping (VSM) for minimization of wastes in the processing side of supply chain of cottonseed oil industry in Indian context. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 19(4), 529-550. <https://doi.org/10.1108/17410380810869950>
- 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. <https://doi.org/10.31590/ejosat.555940>
- Shingo, S. (1986). *Zero quality control: Source inspection and the poka-yoke system*. Cambridge, MA: Productivity Press.
- Shou, W., Wang, J., Wu, P., Wang, X. ve Chong, H. Y. (2017). A cross-sector review on the use of value stream mapping. *International Journal of Production Research*, 55(13), 3906-3928. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1311031>
- Sullivan, W. G., McDonald, T. N. ve Van Aken, E. M. (2002). Equipment replacement decisions & lean manufacturing. *Robotics & Computer-Integrated Manufacturing*, 18(3-4), 255-265. [https://doi.org/10.1016/S0736-5845\(02\)00016-9](https://doi.org/10.1016/S0736-5845(02)00016-9)
- Sultan, F. A., Routroy, S. ve Thakur, M. (2021). A simulation-based performance investigation of downstream operations in the Indian surimi supply chain

- using environmental value stream mapping. *Journal of Cleaner Production*, 286, 125389. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125389>
- Villarreal, B. (2012). The transportation value stream map (TVSM). *European Journal of Industrial Engineering*, 6(2), 216-233. <https://doi.org/10.1504/EJIE.2012.045606>
- Wen, X., Cao, H., Hon, B., Chen, E. ve Li, H. (2021). Energy value mapping: A novel lean method to integrate energy efficiency into production management. *Energy*, 217, 119353. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.119353>
- Womack, J., Jones, D. ve Roos, D. (1990). *The machine that changed the world: The story of lean production, Toyota's secret weapon in the global car wars that is now revolutionizing world industry*. New York, USA: Free Press.
- Yurtseven, Ç., Aydın, D., Ekici, M., Aktepe, S., Yürek, E. E. ve Orbak, A. Y. (2024). Değer akış haritalama tekniğinin otomotiv sektöründe bir uygulaması. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 29(1), 19-36. <https://doi.org/10.17482/uumfd.1364297>
- 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. <https://doi.org/10.1080/0951192X.2019.1667028>