



YALIN ÜRETİME GEÇİŞTE DEĞER AKIŞI ANALİZİ VE HARİTALANDIRMA İLE İSRAF KAYNAKLARININ BELİRLENMESİ: GÜNEŞ ENERJİSİ KOLLEKTÖRLERİ ÜRETEBİR İŞLETMEDE UYGULAMA

¹Halil İbrahim DAĞ , ²Yakup KARA 

¹Solimpeks Enerji Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi, Konya, TÜRKİYE

²Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Konya, TÜRKİYE

¹halil.dag@solimpeks.com, ²ykara@ktun.edu.tr

(Geliş/Received: 10.01.2020; Kabul/Accepted in Revised Form: 25.04.2020)

ÖZ: Değer akışı analizi, bir işletmenin yalın üretime geçişinin ilk aşamasıdır. Değer akışlarının analiz edilmesinde kullanılan en önemli yöntemlerden biri Değer Akışı Haritalandırma'dır (DAH – Value Stream Mapping). DAH, bir tedarik zincirini oluşturan malzeme ve bilgi akışının ve ürüne değer katan ve katmayan faaliyetlerin modellenmesinde kullanılan bir tekniktir. Bu çalışmada, düzlemsel güneş enerjisi kolektörlerinin üretimini yapan ve yalın üretim uygulamalarına yeni başlamış olan bir işletmede değer akışı haritalandırma yöntemi kullanılarak, ilgili yöntemin uygulanma aşamaları ve işletmeye sağladığı faydalar açıklanmıştır. Bu yöntem ile işletmenin tedarik zinciri boyunca oluşan değer akışı haritalandırılarak, israflar belirlenmiş ve ilgili israfların elimine edilmesi amacıyla eylem planları oluşturulmuştur. DAH yöntemi sayesinde, işletmenin değer akışında kullanılması gereken yalın üretim teknikleri ve araçları belirlenmiştir. Uygulama kapsamında, işletmenin gelecek durumu planlanıp haritalandırılmıştır. Planlanan geleceğe ulaşmak amacıyla, malzemelerin ve ürünlerin sevkiyat sıklıkları artırılmış, tesis yerleşiminde değişiklikler yapılarak montaj hattı kurulmuştur. Bu sayede, malzemelerin akışları düzleştirilerek, malzeme taşımaları ve ara stok miktarları azaltılarak gelecekteki durum haritasında planlanan hedeflere ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yalın Üretim, Değer Akışı Haritalandırma, Değer Akışı Analizi

Value Stream Analysis, Mapping and Identification on Wastes in the Transition to Lean Manufacturing: An Application in a Solar Thermal Collector Manufacturer

ABSTRACT: Value stream analysis is the first phase of transitioning to lean manufacturing system in a business. One of the most important methods used in analyzing value stream is Value Stream Mapping (VSM). VSM is a technique used to model the flow of materials and information in a supply chain and activities that do or do not add value to the product. In this study, by using the VSM method in a company which is at the beginning phases of applying lean manufacturing and manufactures flat type solar energy collectors, action plans are developed in order to map the value stream in supply chain, determine the wastes and eliminate these wastes. With the help of VSM application, lean manufacturing techniques and tools to be used were determined as well as their required instances on the value stream. Within the scope of the application, in order to achieve the future value stream state, the frequency of material deliveries and product shipments were increased, and facility interior positioning is switched to an assembly line. Hence, by reducing material transport, organizing material flow and decreasing buffer stock amounts, goals on the future status map have been achieved.

Key Words: Lean Manufacturing, Value Stream Mapping, Value Stream Analysis

GİRİŞ (INTRODUCTION)

Günümüzde, tüketiciler artık daha kaliteli olan ürünlere daha ucuza ulaşabilmenin yanı sıra, tercih ettikleri ürünlerin kendi istek ve zevklerine özgü olmasını da istemektedirler. Bu durum işletmeleri, ürünlerini tüketici tercihlerine uygun olarak verimli ve etkin bir şekilde üretebilecek yeni üretim teknolojilerini ve stratejilerini kullanmaya zorlamaktadır. Bu üretim teknolojilerinden en başarılısının ve en önemlisinin Yalın Üretim (Lean Production) olduğu kabul edilmektedir (Kara, 2004).

Yalın üretim, hizmete veya ürüne değer katmayan her şeyi israf olarak nitelendirmektedir ve bu israfları ortadan kaldırmaya çalışmaktadır. Bu sayede işletmenin rekabet avantajı kazanması ve maliyetlerinin azaltılması hedeflenmektedir (Hay, 2000). Bir işletmede yalın üretim sistemine geçişte ilk olarak "değer akışı"nın analiz edilmesi gerekmektedir. Değer akışı analizi ile ürüne değer katan ve katmayan faaliyetler daha net bir şekilde saptanır ve analiz edilir. Ardından, değer katmayan faaliyetler ortadan kaldırılır (Womack ve diğ., 1990). Değer akışlarının analiz edilmesinde ve modellenmesinde kullanılan yöntemlerin başında Değer Akışı Haritalandırma (DAH – Value Stream Mapping) gelmektedir. DAH, bir tedarik zinciri boyunca meydana gelen malzeme ve bilgi akışının modellenmesinde kullanılan bir haritalandırma tekniğidir (Rother ve Shook, 1999). DAH'ın temel amacı, değer akışındaki tüm israfları saptamak ve bu israfları elimine etmek için gerekli olan adımları belirlemektir. DAH, standart semboller kullanılan bir kâğıt kalem tekniğidir.

Bu çalışmanın amacı; yalın üretim uygulamalarına geçiş yapan ve başlangıç aşamasında bulunan bir işletmede, DAH yöntemi kullanılarak, tedarik zinciri boyunca ortaya çıkan değer akışının haritalandırılması, değer akışındaki israfların belirlenmesi ve ilgili israfların ortadan kaldırılmasına yönelik eylem planlarının oluşturulmasıdır. Uygulama, düzlemsel güneş enerjisi kolektörü üretimi yapan bir işletmede gerçekleştirilmiştir. DAH yöntemi ile, işletmenin değer akışının hangi noktasında hangi yalın üretim tekniklerinin ve araçlarının kullanılacağı belirlenecektir. Bu durum, işletmenin yalın üretime geçiş sürecini hızlandıracağı gibi, uygulama başarısını da önemli ölçüde artıracaktır.

KAYNAK ARAŞTIRMASI (LITERATURE REVIEW)

Literatürde bulunan çalışmaların büyük bir kısmı, değişik sektörlerde DAH uygulaması şeklinde karşımıza çıkmaktadır. DAH yöntemine ilişkin yayınlanan ilk eser Rother ve Shook (1999)'a aittir. Rother ve Shook (1999), "Görmeyi Öğrenmek: Değer Katmak ve İsrarları Yok Etmek için Değer Akışı Haritalandırma" adlı çalışmaları ile DAH yöntemini yalın üretim literatürüne kazandırmışlardır. Gündoğdu (2002), ofis mobilyası üretimi yapan bir işletmede DAH yöntemini uygulayarak stok maliyetlerini minimize etmeye çalışmıştır. McDonald ve diğ. (2002), robot kontrol üniteleri imal eden bir işletmede 8 günlük ürün temin süresini 3 güne indirilmiştir. Arbulu ve diğ. (2003), Amerika Birleşik Devletleri'ndeki elektrik santrallerinde boru askı ve destek sistemleri tedariklerinde ürün temin süresini %25 oranında azaltmışlardır. Özkan (2005), traktör üretimi yapan bir işletmede ürün temin süresini 203 günden 46 güne düşürmüştür. Seth ve Gupta (2005), bir motosiklet imalathanesinde ürün temin süresini 3,215 günden 0,54 güne düşürmüşlerdir. Birgün ve diğ. (2006), traktör imalatı yapan bir işletmede ürün temin süresi ile ilgili bir çalışma yapmışlardır ve bu sürenin 21 günden 3,5 güne düşürülebileceğini öngörmüşlerdir. Melvin ve Baglee (2008), gıda endüstrisinde DAH uygulamanın avantajlarını incelemek ve bu endüstrilerdeki potansiyel israf kaynaklarını tespit etmek amacıyla yoğurt üretimi yapan bir işletmede DAH uygulaması gerçekleştirmişlerdir. Han ve Shen (2006), Çin'de elektrikli aletler üretimi yapan firmada ürün temin süresinin 23,5 günden 4,5 güne düşürülebileceği sonucuna varmışlardır. Abdulmalek ve Rajgopal (2007), bir demir-çelik işletmesinde DAH uygulayarak, ürün temin süresini, 48 günden 15 güne indirmişlerdir. Böylece, ilgili süreyi % 70 oranında azaltmışlardır. Lian ve Van Landeghem (2007), Belçika'da bir tavuk çiftliğinde üç ayrı DAH simülasyon uygulaması gerçekleştirmişlerdir. Bu uygulama sonucu; ürün temin süresinde, birinci senaryoda %18,30, ikinci senaryoda %38,36 ve üçüncü senaryoda %48,23 oranlarında düşüşler gözlemlenmiştir. Özgürler (2007), traktör üretimi yapan bir işletmenin 19 günlük stok miktarını 5 günlük stok miktarına düşürmüşlerdir.

Serrano ve diğ. (2008), aralarında mobilya takımı, su ısıtıcıları ve ısıtıcı plastik malzemeleri üreten firmaların olduğu altı farklı üretici firmada DAH tekniği uygulaması gerçekleştirmişlerdir. Grewal (2008), bisiklet imalatı yapan küçük ölçekli bir işletmede çevrim süresinde % 33,18, model değişim süresinde % 81,5 ve ürün temin süresinde % 81,4 oranında azalmalar elde etmişlerdir. Henrique ve diğ. (2016) sağlık sektörüne uygulanabilecek bir DAH yaklaşımı önemişlerdir. İlgili yaklaşımı Brezilya'da bir hastanede uygulayarak literatürde mevcut olan DAH yaklaşımları ile karşılaştırmışlardır. Önerdikleri yaklaşım ile diğer yaklaşımlardan farklı olarak ameliyatlarda yaşanan darboğazların ve israfların tanımlanabildiğini belirtmişlerdir. Seth ve diğ. (2017), DAH uygulaması için güç transformatörü ürününü seçmişler ve uygulama sonucunda çevrim zamanını ve israfları azalttıklarını belirtmişlerdir. Dadashnejad ve Valmohammadi (2017), DAH uygulamasının toplam ekipman etkinliği üzerindeki maliyet ve kalite bakımından olumlu etkilerinin olduğunu ortaya koymuşlardır. Araştırmacılar, DAH ve yapılan çalışmalar ile ilgili detaylı bilgi için Romero ve Arce (2017), Shou ve diğ. (2017), Andreadis ve diğ. (2017), Santos ve Campos (2019) tarafından yapılan çalışmalardan yararlanabilirler.

DEĞER AKIŞI HARİTALANDIRMA YÖNTEMİ (VALUE STREAM MAPPING)

Womack ve diğ. (2002)'a göre DAH, mevcut malzeme ve bilgi akışının görsel olarak haritalandırılarak, daha iyi performans ve metotların ortaya çıkmasını sağlayan gelecek durumun haritalandırılması sürecidir. DAH, bir işletmenin mevcut ve arzu edilen gelecek durumundaki süreçlerini görmesini sağlar.

Gelecek durumun görselleştirilmesi, yalın üretim uygulama sürecinde, değer akışı içerisindeki değer katan adımlar ile değer katmayan adımların (israfların) birbirinden ayrılmasına ve değer katmayan adımların ortadan kaldırılmasına yardımcı olur (Rother ve Shook, 1999). DAH uygulama süreci, hazırlık, mevcut durum analizi, gelecek durumun tasarımı, planlama ve uygulama olmak üzere genel olarak dört temel adımdan meydana gelmektedir (Locher, 2008).

Hazırlık (Preparation)

Uygulama sürecinin ilk adımı olan hazırlık aşamasında üç temel faaliyet gerçekleştirilir. Bunlar: (i) DAH uygulamasını gerçekleştirecek ekibin belirlenmesi, (ii) DAH uygulaması gerçekleştirilecek ürün ailesi veya projenin belirlenmesi ve (iii) seçilen ürün ailesi veya projenin nasıl haritalandırılacağına belirlenmesidir.

Mevcut Durumun Analizi (Analyzing Current State Map)

Bu adımda, değer akışının mevcut durum haritası çizilmektedir. İlgili harita, seçilen ürün ailesine ilişkin üretim sürecindeki bilgi ve malzeme akışının görselleştirilmesi amacıyla, standart DAH sembolleri kullanılarak kâğıt ve kalem ile çizilir. Bu çalışmada standart DAH sembolleri kullanılmıştır (Braglia ve diğ., 2006).

Gelecek Durumun Tasarımı (Creating Future State Map)

Gelecek durum haritasının hazırlanmasının temel amacı, yalın üretime geçiş sürecinde uygulanacak yalın üretim tekniklerinin ve araçlarının değer akışının hangi noktalarında kullanılacağına belirlenmesidir. Bu çalışmada gelecek durum haritasının hazırlanmasında da standart DAH sembolleri kullanılmıştır (Braglia ve diğ., 2006).

Planlama ve Uygulama (Planning and Implementation)

DAH uygulamasının son adımı, gelecek durum haritası ile tasarlanmış olan gelecek durumun uygulanması için bir eylem planı geliştirmek ve bunu uygulamaktır. Uygulamalar sonucunda, ortaya

çıkan iyileştirmeler sayısal olarak ölçülmeli ve bu ölçümlere göre hedeflenen gelecek duruma ne derecede ulaşıldığı izlenmelidir. Gerekli görülen konularda revizyonlar gerçekleştirilmelidir.

GÜNEŞ ENERJİSİ KOLLEKTÖRÜ ÜRETEN BİR İŞLETMEDE DAH UYGULAMASI (DAH IMPLEMENTATION ON SOLAR POWER COLLECTOR)

Bu çalışmada DAH uygulaması, düzlemsel güneş enerjisi kolektörleri imalatı yapan ve Konya'da faaliyetlerini sürdüren SOLİMPEKS A.Ş.'de (bundan sonra işletme olarak anılacaktır) gerçekleştirilmiştir. İşletmenin en fazla üretimini gerçekleştirdiği CLS2510 düzlemsel kolektör Şekil 1'de verilmiştir.

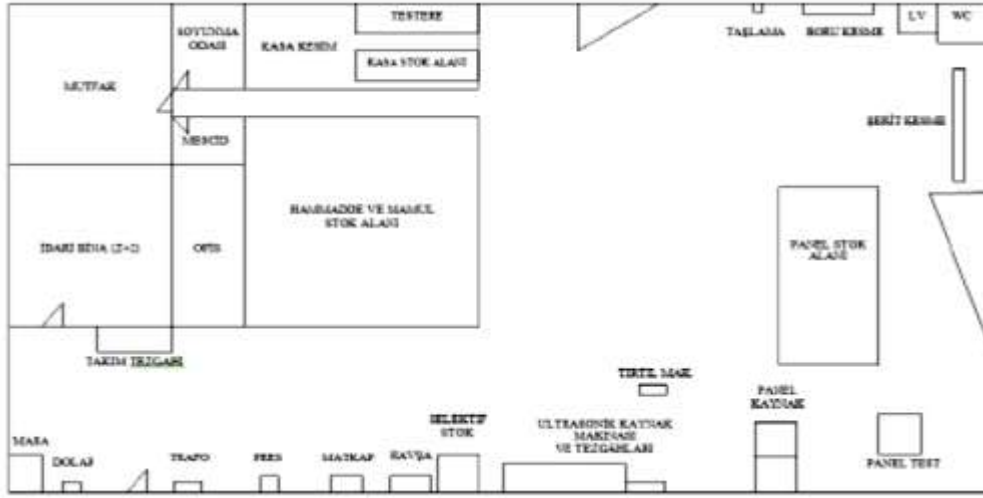


Şekil 1. CLS2510 düzlemsel kolektör

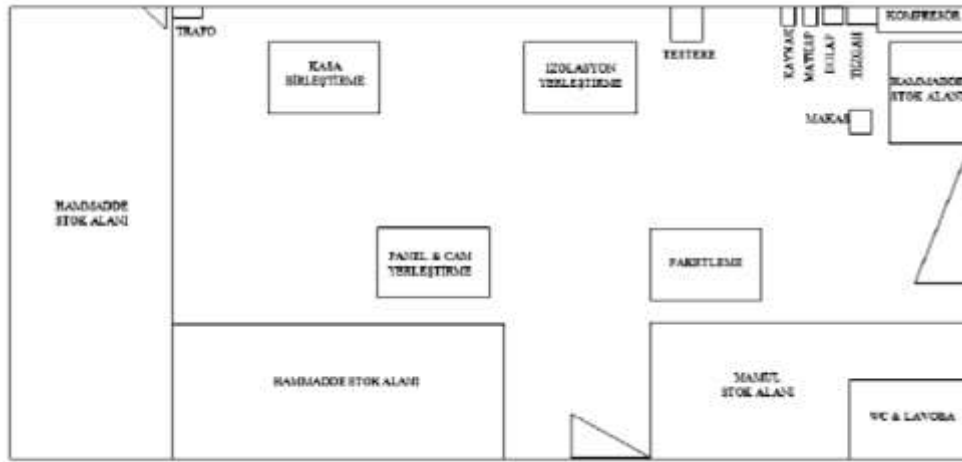
Figure 1. CLS2510 flat-plate collector

Düzlemsel bir kolektör, panel, kasa, taban sacı, izolasyon malzemesi ve cam olmak üzere beş temel bileşenden meydana gelmektedir. Kolektör üretimi, hazırlıklar, panel imalatı, kasa profili kesme ve montaj ve paketleme olmak üzere 4 temel aşamadan meydana gelir.

İşletme, düzlemsel kolektörlerin üretimini her biri 1.000 m² kapalı alana sahip olan bitişik iki binada gerçekleştirmektedir. Bu binalardan ilkinde panel imalatı ve kasa hazırlık aşamaları, diğerinde ise montaj işlemleri gerçekleştirilmektedir. İşletmenin üretim tesislerinin mevcut yerleşim planı her iki bina için ayrı ayrı olmak üzere sırasıyla Şekil 2 ve Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 2. Birinci bina mevcut yerleşim planı
Figure 2. Current layout plan of the first building



Şekil 3. İkinci bina mevcut yerleşim planı
Figure 3. Current layout plan of the second building

İşletme tesislerinin mevcut yerleşim planı yalın üretim prensipleri doğrultusunda incelendiğinde, mevcut yerleşimin çok sayıda israfın ortaya çıkmasına neden olduğu görülmektedir. Bu israf kaynakları DAH uygulaması ile tespit edilerek, bunları en aza indirecek yeni bir tesis yerleşim planı önerilmiştir.

UYGULAMA SONUÇLARI (RESULTS OF DAH)

Hazırlık (Preparation)

Solimpex A.Ş.'de değer akışı hakkında detaylı bilgiye sahip üyelerinden oluşan DAH ekibi uygulama yapılacak ürün ailesini "düzlemsel güneş enerjisi kolektörü" olarak adlandırmıştır.

Mevcut Durumun Analizi (Analyzing current state map)

DAH ekibi tarafından işletmenin değer akışının mevcut durum haritasının oluşturulması için aşağıda verilen adımlar izlenmiştir.

Adım 1. Üretim, Tedarikçi ve Müşteri Kontrolünü simgeleyen semboller, mevcut durum haritasının belirtilen yerlerine çizilmiştir.

Adım 2. Bu adımda, müşteri sembolünün altına bir veri kutusu çizilerek, müşterinin günlük talebinin bu veri kutusunun içine yazılması gerekmektedir. Bu amaçla, işletmenin çalışma sistemi hakkında detaylı bilgiler toplanmış ve gerekli hesaplamalar yapılmıştır.

Solimpeks A.Ş.'de ayda 20 işgünü (yılıda 240 işgünü) tek vardiya olarak çalışılmaktadır. Bir işgünü saat 07.30'da başlayıp saat 18.00'de sona ermektedir. Dolayısıyla bir işgünü 10,5 saat toplam çalışma süresinden meydana gelmektedir. Toplam 10,5 saatlik çalışma süresinin 1 saati öğle yemeği tatilidir. Bunun dışında, gün içerisinde 15'er dakikalık iki adet çay molası verilmektedir. Buna göre yapılan hesaplamalar sonucunda *Toplam Çalışma Süresi* 37.800 sn/gün, *Net Çalışma Süresi* 32.400 sn/gün olarak elde edilmiştir. İşletmenin net çalışma süresinin hesaplanmasının ardından, müşterinin günlük talebinin hesaplanmasına geçilmiştir. Bu amaçla, işletmenin ortalama aylık satış miktarları aylar bazında incelenmiş ve Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1'e göre işletmenin toplam satış miktarı 26.231 adettir. İşletmede yılda 240 işgünü çalışıldığı düşünülürse; *Günlük Talep* = $26.231/240 = 109,3 \sim 110$ adet/gün'dür. Buna göre; *Takt Süresi* = $32.400 \text{ sn} / 110 \text{ adet} = 295 \text{ sn/adet}$ olarak hesaplanır.

Çizelge 1. İşletmenin ortalama aylık satış miktarları

Table 1. Monthly sales volume of the facility

Ay	Satış Miktarı (adet/ay)	Ay	Satış Miktarı (adet/ay)
Ocak	1.377	Temmuz	2.591
Şubat	2.288	Ağustos	1.185
Mart	2.967	Eylül	2.014
Nisan	2.832	Ekim	1.663
Mayıs	2.821	Kasım	2.090
Haziran	2.374	Aralık	2.029
Toplam		Toplam	26.231

Adım 3. Sevkiyat ve satın alma bilgileri mevcut durum haritalarına girilmiştir. İşletmenin temel tedarikçisinden fabrikaya haftada 1 defa sevkiyat gerçekleştirilirken, işletme müşterilerine haftada 2 defa sevkiyat gerçekleştirmektedir.

Adım 4. İmalat süreçleri sayfanın altına, ilk süreç solda, son süreç sağda olacak şekilde çizilmiştir. Her imalat süreci kutusunun altına bir veri kutusu yerleştirilmiştir. Tüm imalat süreci kutularının arasına süreçler arasındaki envanterlere ilişkin miktar ve elde tutma süresi bilgilerinin yazılması için boşluklar bırakılmıştır.

Adım 5. İmalat süreci kutularının altındaki veri kutularının içi süreç verileri ile doldurulmuştur.

Adım 6. Üretim kontrolünün tedarikçi, müşteri ve imalat süreçleri arasındaki bilgi akışları harita üzerinde gösterilmiştir. Üretim kontrolü, tedarikçiye haftada bir defa sipariş vermektedir. İşletmenin çok sayıda müşterisi olması nedeniyle her gün değişik müşterilerden siparişler alınmaktadır. Buna karşılık üretim kontrolü, geçmiş dönemlere ait verilerden yola çıkarak aylık satış tahminleri yapmaktadır. Üretim kontrolü ayrıca, işletmenin imalat süreçlerine günlük üretim programları iletmektedir.

Adım 7. Tüm imalat süreçleri arasında envanterler bulunduğu için buralara envanter sembolleri çizilmiştir. Her envanter kutusunun altına, haritanın hazırlandığı dönemde sayılan envanter miktarları yazılmıştır.

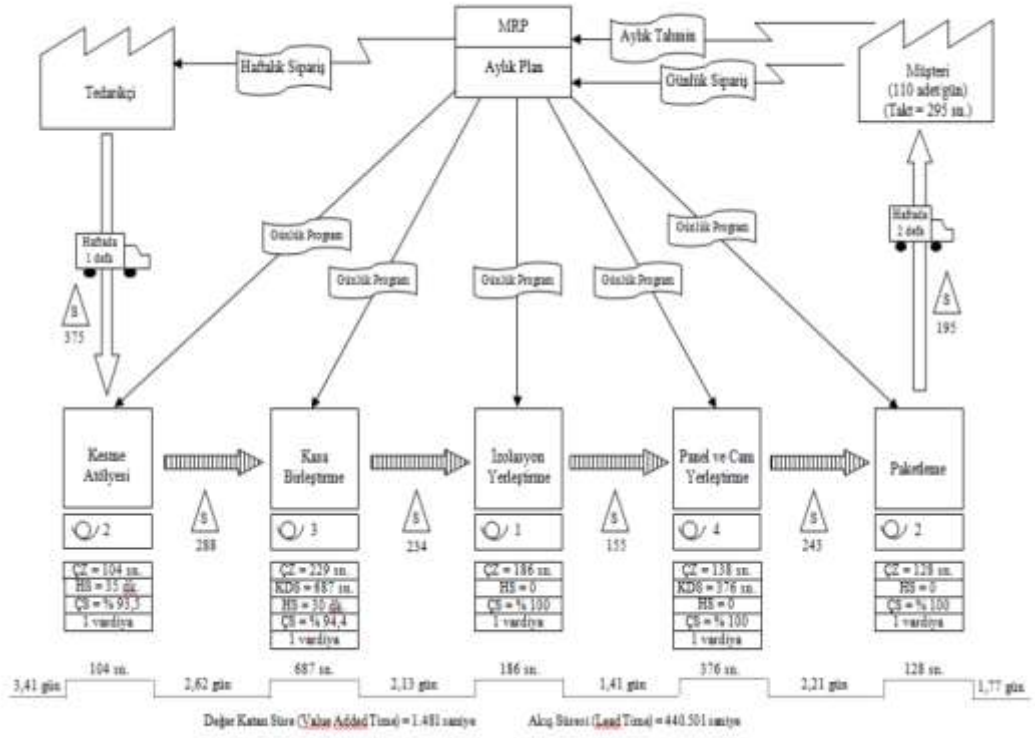
Adım 8. İmalat süreçleri arasında itme sistemi işlemektedir. Dolayısıyla ilgili kısımlar harita üzerinde gösterilmiştir. DAH ekibi tarafından hazırlanan mevcut durum haritası Şekil 4'te verilmiştir.

Gelecek Durumun Tasarımı (Creating Future State Map)

Mevcut durum haritası incelendiğinde, işletmenin değer akışında 1.481 saniyelik ürüne değer katan faaliyetler bulunmaktadır. İşletmenin değer akış süresi toplamı 440.501 saniye (13,6 gün) olarak hesaplanmıştır. Bu verilere göre, değer akışının % 99,6'sı ürüne değer katmayan faaliyetlerden, bir başka deyişle israflardan meydana gelmektedir. Oluşturulacak gelecek durum haritasının amacı, bu faaliyetlerin ortadan kaldırılması veya en aza indirilmesine yöneliktir.

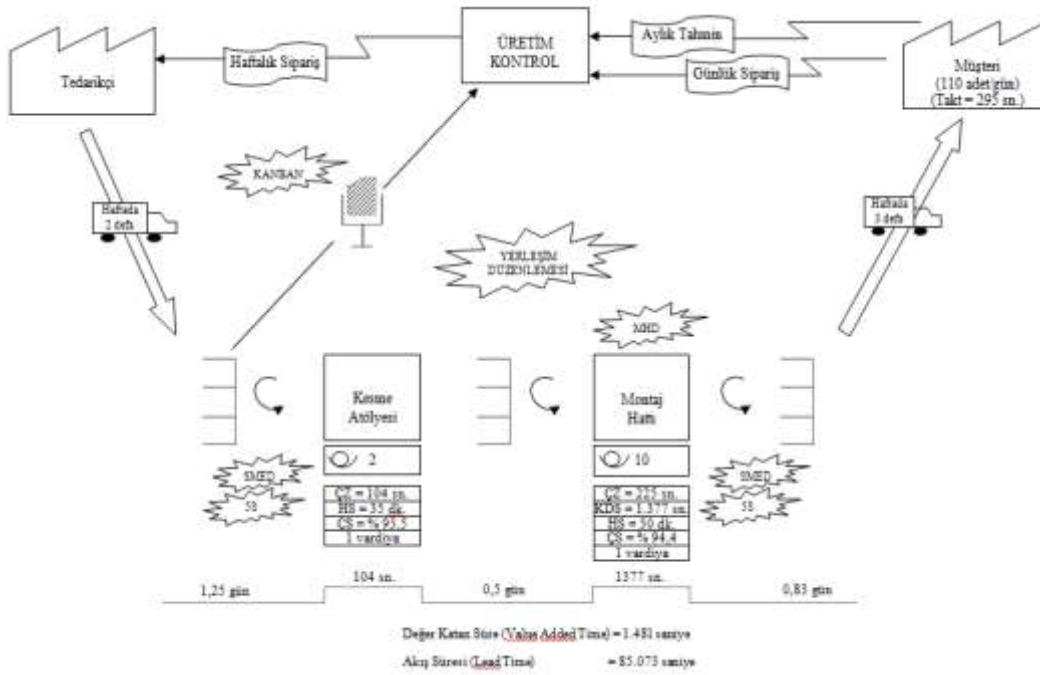
DAH ekibi, mevcut durum haritasını ve işletmenin mevcut fiziksel yapısını inceleyerek birkaç genel değerlendirmede bulunmuştur. Bunlar: i) İmalat süreçleri arasındaki ara stok miktarlarının fazla olmasının temel nedeni, süreçler arasında parça aktarma parti büyüklüklerinin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. ii) İşletmenin mevcut yerleşim planına göre, imalat süreçleri arasındaki taşıma mesafelerinin uzun olması, süreçler arası parça aktarmalarının büyük partiler şeklinde yapılmasına neden olmaktadır. iii) İmalat süreçleri arasındaki akışın sağlanması süreçler arasındaki ara stokların ve bekleme sürelerinin ortadan kaldırılmasını sağlayacaktır. Ürünün yapısı, üretimin bir montaj hattı üzerinde yapılmasına olanak sağlayacak niteliktedir. Dolayısıyla, kasa birleştirme, izolasyon yerleştirme, panel ve cam yerleştirme ve paketleme süreçleri bir montaj üzerinde gerçekleştirilerek tek parça akışı (one-piece-flow) sağlanabilir. iv) Mevcut durumda, tedarikçilerden malzeme sevkiyatı haftada 1 defa yapılmaktadır. Fakat malzeme tedarikçileri Konya'da bulunmaktadır ve daha sık sevkiyat yapabilmeye olanağına sahiptirler. Dolayısıyla, tedarikçilerden malzeme sevkiyat sıklığı artırılmalıdır. DAH ekibi, yukarıdaki tespitler doğrultusunda Şekil 5'te verilen gelecek durum haritasını hazırlamıştır.

Mevcut durum haritasındaki dört farklı imalat süreci, gelecek durum haritasında "montaj ve paketleme" adı altında tek bir imalat süreci haline dönüştürülmüştür. Montaj ve paketleme süreci içerisindeki malzeme akışının tek parça olması tasarlanmıştır. Bu sürecin bir montaj hattı üzerinde gerçekleştirilmesi sağlanacaktır. Değer akışının gelecek durumunda akış süresinin 85.073 saniye (2,6 gün) olması planlanmaktadır. Bu duruma göre, ürüne değer katmayan faaliyetlerin akış süresinin toplamına oranı % 98,2 olacaktır. Akış süresi içerisindeki katma değer oranında ciddi bir azalma olmadığı görülmeye rağmen, akış süresi 13,6 günden 2,6 güne indirilmektedir. Bu durumda akış süresi % 80,8 oranında kısalmaktadır.



Şekil 4. Mevcut durum haritası
Figure 4. Current state map

Gelecek durumda tedarikçiden malzeme sevkiyat sıklığı haftada 2 güne (Pazartesi ve Çarşamba) çıkarılmıştır. Bununla birlikte, mamullerin müşteriye sevkiyatı haftada 3 güne (Pazartesi, Çarşamba ve Cuma) çıkarılmıştır.



Şekil 5. Gelecek durum haritası

Figure 5. Future state map

Gelecek durum haritası üzerinde bazı Kaizen çalışmaları belirtilmiştir. Bu çalışmaların başında işletmenin tesis yerleşim düzeninin değiştirilmesi gelmektedir. İkinci öncelikli Kaizen çalışması olarak, oluşturulması düşünülen montaj hattının tasarımı ve dengelenmesidir (MHD). Kesme atölyesinde ve montaj hattında parti değişikliklerinde ihtiyaç duyulacak hazırlık sürelerinin düşürülmesi için yapılacak SMED (Single Minute Exchange of Dies) çalışmaları bulunmaktadır. Kesme atölyesi ve montaj hattında yapılması gereken Kaizen çalışmalarından diğeri ise 5S çalışmalarıdır. Bunların dışında, üretim kontrolünün sağlanması amacıyla bir Kanban çalışması da hayata geçirilmelidir.

Planlama ve Uygulama (Planning and Implementation)

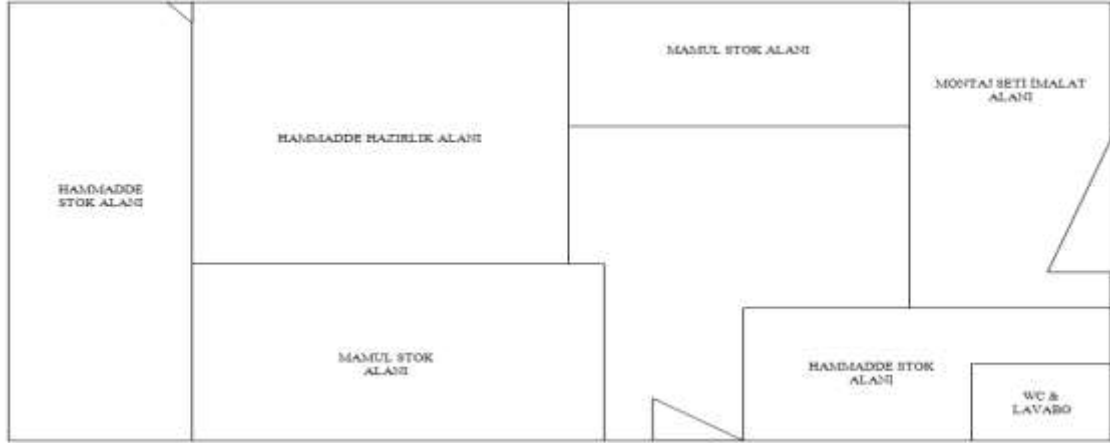
Yalın değer akışının elde edilmesinin ön şartı olarak görülen daha iyi bir tesis yerleşimi oluşturulması çalışmaları hızlı bir şekilde başlatılmış ve yeni bir tesis yerleşim planı tasarlanmıştır. Birinci ve İkinci Bina yeni tesis yerleşim planları sırasıyla Şekil 6 ve Şekil 7'de sunulmuştur.



Şekil 6. Birinci bina yeni yerleşim planı

Figure 6. New layout plan of the first building

Yeni yerleşim planında birinci bina imalat ve montaj alanı, ikinci bina ise depolama ve destek süreçlerinin bulunduğu alanlar olarak tasarlanmıştır. Panel imalat atölyesi, kesme atölyesi ve montaj hattı birinci binaya yerleştirilerek malzeme akışının düzgünleştirilmesi, taşımaların azaltılması ve yarı mamul ara stoklarının azaltılması sağlanmıştır. Montaj hattı, kesme atölyesinden gelen kasa profilleri ve panel imalat atölyesinden gelen paneller tarafından kolayca beslenebilecek şekilde yerleştirilmiştir.



Şekil 7. İkinci bina yeni yerleşim planı

Figure 7. New layout plan of the second building

Yeni yerleşim planında ikinci bina, öncelikli olarak hammadde ve mamul depolama alanı olarak tasarlanmıştır. Hammadde ve mamullerin düzenli depolanması amacıyla raf tabanlı bir depolama sistemi kurulmuştur. Depolama alanlarının yanına montaj seti imalatı ve hammadde hazırlık gibi destek süreçleri dâhil edilmiştir.

Oluşturulan montaj hattı toplam sekiz adet iş istasyonundan meydana gelmiştir. Bu istasyonlara atanan operasyonlar ve istasyonların iş yükleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Montaj hattındaki istasyonlar ve iş yükleri

Table 2. Workstations and workstation loads in assembly line

İstasyon No	Atanan Operasyonlar	Operasyon (sn.)	İstasyon Yüklü (sn.)
1	* Profilleri taşıma ve dizme	16,41	165
	* Profil başlarına silikon çekme	10,53	
	* Köşebent çıkarma	25,10	
	* Köşebent delik delme ve temizleme	47,87	
	* Köşebent perçinleme ve temizleme	41,89	
	* Uzun profil uçlarına silikon çekme	23,38	
2	* Uzun ve kısa profilleri birleştirme	44,35	151
	* Profillere delik delme	38,41	
	* Profilleri perçinleme	33,50	
	* Profil köşelerini düzeltme ve temizlik	34,73	
3	* Kasa köşe boyama	24,14	145
	* Gergi çubuğu deliği yeri işaretleme	19,34	
	* Kasanın içini solventle silme	8,25	
	* Profilin iç kısmına çift taraflı bant çekme	52,32	
	* Taban sacı yapıştırma	41,37	
4	* Cam altı fitili döşeme	66,03	225
	* Kasaya silikon çekme	19,18	
	* Kasaya klips döşeme	92,64	
	* Kasaya klips basma	47,44	
5	* Camyünü/taçyünü yerleştirme	21,49	186
	* Klima levhası yerleştirme	103,48	
	* Gergi çubuğu takma	36,35	
6	* Gergi çubuğu boyama ve izolasyon rötuş	24,41	192
	* Paneli kasaya takma	19,10	
	* Conta takma ve düzeltme	93,64	
	* Panel temizleme ve rötuş	79,12	
7	* Kasaya silikon çekme	19,38	185
	* Cam yerleştirme	31,27	
	* Kasaya sacın çekme	15,03	
8	* Kasaya fitil çıkarma	120,05	128
	* Genel temizlik & etiketleme	46,41	
	* Naylonlama	33,40	
	* Kartonlama	48,95	

Oluşturulan montaj hattının yerleşimi Şekil 8. a'da ve montaj hattının bir görünümü Şekil 8.b'de verilmiştir.



Şekil 8. a) Montaj hattı yerleşimi b) Montaj hattının görünümü

Figure 8.a) Assembly line layout b) View of assembly line

Montaj hattında ürünler teker teker hareket ettirilmektedir. Dolayısıyla, gelecek durum haritasında belirtilen değer akışı sağlanmış ve akış süresi kısaltılmıştır. Ancak, montaj hattındaki iş istasyonlarının iş yükleri incelendiğinde, yükler arasında bir dengesizlik olduğu gözlenmektedir. Dolayısıyla, yapılması gereken iyileştirme çalışmalarından birisi de montaj hattının etkin bir biçimde dengelenmesidir. Kolektörlerin montaj hattı üzerindeki hareketi tekerlekli arabalar aracılığıyla sağlanmaktadır.

Yapılması gereken iyileştirme çalışmalarından birisi de, montaj hattında daha etkin bir malzeme taşıma sisteminin hayata geçirilmesidir. İşletmenin tesis yerleşim planının değiştirilmesi ve montaj hattının oluşturulmasının yanı sıra, üretim ve depolama alanlarının tertip ve düzeni de kısmen

sağlanmıştır. Ancak, başlatılacak olan 5S çalışmaları tertip, düzen ve temizliğin sürdürülebilir olmasını sağlayacaktır. Yukarıda bahsedilen çalışmalara ilave olarak, kesme atölyesinde ve montaj hattında SMED çalışmaları da ilerleyen dönemde başlatılacaktır.

Solimpeks A.Ş.'de uygulanan DAH yöntemi, işletmenin mevcut değer akış süresinin 13,6 gün olduğunu göstermiştir. Bu süre, gelecek durum tasarımı ile 2,6 güne indirilmiştir. Dolayısıyla, önceki sürenin % 80,8 oranında kısalması sağlanmıştır. Solimpeks A.Ş.'de elde edilen bu verilerin literatürde rapor edilen veriler ile karşılaştırılması amacıyla bir karşılaştırma tablosu hazırlanmış ve Çizelge 'te verilmiştir.

Çizelge 3. Solimpeks DAH uygulaması sonuçlarının literatür ile karşılaştırılması

Table 3. Comparison of results of value stream map on Solimpeks with the results of the literature

Kaynak	Uygulama Alanı	Mevcut Akış Süresi (gün)	Gelecek Akış Süresi (gün)	İyileştirme Oranı (%)
Gündoğdu (2002)	Mobilya	6,1	3,0	50,8
McDonald vd. (2002)	Elektronik	8,0	3,0	62,5
Arbulu vd. (2003)	Metal	185	140	24,3
Özkan (2005)	Otomotiv	203,0	46	77,3
Seth ve Gupta (2005)	Motosiklet	3,2	0,5	83,2
Birgün vd. (2006)	Otomotiv	21,0	3,5	83,3
Han ve Shen (2006)	Elektrikli Aletler	23,5	4,5	80,9
Abdulmalek ve Rajgopal (2007)	Demir-Çelik	46,0	12,8	72,2
Lian ve Van Landeghem (2007)	Gıda	48,2	16,0	66,8
Özgürler (2007)	Otomotiv	19	5	73,7
Serrano vd. (2007)	Plastik	26	22	15,4
	Mobilya	23	20	13,0
Grewal (2008)	Bisiklet	41,4	7,7	81,4
	Ortalama	50,3	21,8	60,4

Çizelge 3 incelendiğinde bugüne kadar gerçekleştirilen DAH uygulamalarında mevcut durum akış süresinin ortalama 50,3 gün olduğu ve bu sürenin gelecek durumda ortalama 21, 8 güne indirildiği görülmektedir. Solimpeks A.Ş. DAH uygulamasında elde edilen mevcut ve gelecek durum akış süreleri literatürde rapor edilen ortalama değerlerin altındadır. Literatürdeki uygulamalar arasında farklılıkların olması doğal bir durumdur. Üretilen ürünlerin üretim süreçlerinin farklı olması, işletmelerin satın alma ve sevkiyat politikalarının farklı olması ve işletmelerin üretim sistemlerinin mevcut fiziksel durumları bu farklılıkların en önemli nedenleridir.

Bu çalışmada elde edilen bulgular, gelecek durum ile akış süresinde elde edilen kısalma oranları bakımından literatür ile karşılaştırıldığında, sağlanan iyileştirmenin literatürdeki ortalama iyileştirme oranından yüksek olduğu görülmektedir. Bu sonuç, gerçekleştirilen DAH uygulamasının işletmenin değer akışının yalınlaştırılması bakımından önemli bir başlangıç olarak kabul edilebileceğini göstermektedir.

SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSIONS AND DIRECTIONS)

Bu çalışmada, düzlemsel güneş enerjisi kolektörü imal eden küçük ölçekli bir işletmede bir DAH uygulaması gerçekleştirilmiştir. İşletme, Konya'da 2.000 m2 kapalı alanda faaliyet göstermektedir ve yalın üretime geçiş sürecinin başlangıç aşamasındadır. Hazırlanan mevcut durum haritası doğrultusunda işletmenin mevcut değer akış süresi 13,6 gün olarak bulunmuştur. Gelecek durum haritası ile bu süre 2,6 güne düşürülerek, % 80,8 oranında bir iyileşme sağlanmıştır.

Uygulama kapsamında mevcut ve gelecek durum haritalandırmasının yanısıra, aynı zamanda bazı iyileştirme faaliyetleri de tamamlanmıştır. İlgili iyileştirmeler doğrultusunda, tesis yerleşiminde köklü bir değişiklik yapılarak, montaj hattı kurulmuştur. Yapılan uygulamalar, işletmenin yalın üretim kapsamında gerçekleştirdiği ilk uygulamalardır. Uygulamalar ile işletmenin değer akış süresindeki kısalma kısa sürede hissedilmiştir. Akış süresindeki kısalmanın yanında, malzeme taşıma maliyetlerinde azalma, stok alan ihtiyaçlarında azalma ve malzeme akışlarında düzgünleşmeler gözlenmiştir.

Montaj hattının kurulması, istasyonların yerlerinin belirlenmesi ve operatörlerin montaj hattının belirli bir istasyonunda görev yapmaları nedeniyle uzmanlaşma sağlanmıştır. Montaj hattı sayesinde

ortadan kaldırılan kayıp zamanların (malzeme taşıma vb.) üretken zaman olarak üretimde kullanılması sonucu işletmenin üretim kapasitesinde artış sağlanmıştır. DAH uygulaması ve devamında gerçekleştirilen iyileştirme çalışmaları sayesinde işletmenin ürün teslim süreleri kısalmış ve maliyetleri de azalmıştır.

Bu çalışmaların işletme yöneticileri ve çalışanları üzerindeki en önemli etkisi, yalın üretime olan inancın ve güvenin sağlanmasıdır. İşletme çalışanları tarafından başlangıçta şüphe ile karşılanan bu çalışmalar, uygulama sonucunda büyük bir inanca dönüşmüştür. Yenilenebilir enerji kaynaklarına verilen önemin ve duyulan talebin Dünya’da ve Türkiye’de gün geçtikçe artıyor olması, Solimpeks A.Ş.’de yapılan bu uygulamanın önemini artırmaktadır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Abdulmalek, F. A., Rajgopal, J., 2007, “Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: a process sector case study”, *Int. J. Production Economics*, 107 (2007), 223-236.
- Andreadis, L., J. A. Garza-Reyes, and V. Kumar. 2017. “Towards a Conceptual Framework for Value Stream Mapping (VSM) Implementation: An Investigation of Managerial Factors.” *International Journal of Production Research* 55 (23): 7073–7095.
- Arbulu, R., Tommelein, I., Walsh, K., and Hershauer, J., 2003, “Value stream analysis of a re-engineered construction supply chain”, *Building Research & Information*, 31(2), 161 – 171.
- Birgün, S., Gülen, K. G., Özkan K., 2006, “Yalın üretime geçiş sürecinde değer akışı haritalama tekniğinin kullanılması: imalat sektöründe bir uygulama”, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, Yıl: 5 Sayı: 9 Bahar 2006/1 s.47-59.
- Braglia M., Carmignani G., Zammori F., 2006, “A New Value Stream Mapping Approach For Complex Production Systems”, *International Journal of Production Research*, Vol.: 44, 3929-3952.
- Dadashnejad, A.-A., and Valmohammadi, C., 2017, “Investigating the effect of value stream mapping on overall equipment effectiveness: A case study”, *Total Quality Management & Business Excellence*, doi: 10.1080/14783363.2017.1308821.
- Grewal, C., 2008, “An initiative to implement lean manufacturing using value stream mapping in a small company”, *Int. J. Manufacturing Technology and Management*, Vol. 15, Nos. 3/4, 2008.
- Gündoğdu E., 2002., *Sipariş tipi üretim yapan bir mobilya fabrikasında değer akışı haritalandırma ile stok maliyetinin minimizasyonu*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Han, C. F., Shen, X. S., 2006, “China electrical manufacturing services industry values stream mapping collaboration”, *Int. J. Flex Manuf Syst*, 18:285-303.
- Hay, E., 2000, *Tam Zamanında Yönetim*, Türkmen Kitabevi, İstanbul.
- Henrique, D. B., Rentes, A. F., Godinho Filho, M. and Esposto, K. F., 2016, “A New Value Stream Mapping Approach for Healthcare Environments”, *Production Planning and Control* 27 (1), 24–48.
- Kara, Y., 2004, *U-tipi montaj hattı dengeleme problemleri için yeni modeller ve otomotiv yan sanayiinde bir uygulama*, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.
- Lian, Y. H. and Van Landeghem, H., 2007, “Analysing the effects of lean manufacturing using a values stream mapping-based simulation generator”, *International Journal of Production Research*, 45(13), 3037-3058.
- Locher, D.A., 2008, *Values Stream Mapping for Lean Development*, CRC Press, New York, ISBN-13: 978-1-56327-372-8 (Softcover).
- McDonald, T., Van Aken, E. M., and Rentes, A. F., 2002, “Utilising Simulation to Enhance Value Stream Mapping: A Manufacturing Case Application”, *International Journal of Logistics Research and Applications*, 5(2), 213 – 232.

- Melvin, A., and Baglee, D., "Value stream mapping: a dairy industry perspective", In: *Managing engineering, technology and innovation for growth: 2008 IEEE International Engineering Management Conference*, conference proceedings, Estoril, Portugal. pp. 1-5, June 28 -30 2008.
- Özgürler, Ş., 2007., *Değer akışı haritalandırma ve CONWIP sistemine yönelik bir tasarım*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özkan, K., 2005., *Müşteriden tedarikçiye değer yaratma: otomotiv endüstrisinde değer akışı haritalandırma uygulaması*. Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Romero, L.F. and Arce, A., "Applying Value Stream Mapping in Manufacturing: A Systematic Literature Review", *IFAC-PapersOnLine*, 2017, 50, 1075–1086.
- Rother, M. and Shook, J., 1999, *Learning to See. Value stream mapping to create value and eliminate muda*, The Lean Enterprise Institute Inc, USA.
- Santos, D. L., and Campos., L. M. S., 2019., "Environmental Aspects in Value Stream Mapping: A Literature Review and Future Directions." In *New Global Perspectives on Industrial Engineering and Management, International Joint Conference ICIEOM-ADINGOR-IISE-AIM-ASEM*, edited by J. Mula, R. Barbastefano, M. Díaz-Madroño, and R. Poler, 165–178, Springer.
- Serrano, I., Ochoa, C. and De Castro, R., 2008, "Evaluation of value stream mapping in manufacturing system redesign", *International Journal of Production Research*, 46 (16), 4409-4430.
- Seth, D. and Gupta, V., 2005, "Application of value stream mapping for lean operations and cycle time reduction: an Indian case study", *Production Planning & Control*, 16(1), 44 – 59.
- Seth, D., Seth, N. and 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.
- Shou, W., Wang, J., Wu, P., Wang, X. and Chong, H-Y., 2017, "A Cross-Sector Review on the Use of Value Stream Mapping", *International Journal of Production Research*, 55 (13), 3906–3928.
- Womack P.J., Jones, T.D. ve Roos, D., 1990, *The Machine That Changed The World*, Rawson Associates, New York.
- Womack P.J., Jones, T.D. ve Roos, D., 2002, *Dünyayı Değiştiren Makine*, Otomotiv Sanayicileri Derneği Yayınları, İstanbul.