



Hızlı Model Değişiminin Üretim Kalitesi ve Verimliliğe Etkisi; Endüstri 4.0 Yaklaşımı ile Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama

1st İlyas DOĞRU^{1*} , 2nd Mustafa DENKTAŞ² ,

¹ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, ilydogru@gmail.com

² Sakarya Meslek Yüksek Okulu, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, mdenkta@subu.edu.tr

ÖZ

Teknolojinin gelişmesi ve insan ihtiyaçlarının çeşitlenmesi, üretim süreçlerinin de bu gelişme ve çeşitliliklere uyum sağlamasını gerektirmektedir. Artan müşteri talepleri, mamul üreten işletmelerin üretim süreçlerinin kısaltılmasının ve farklı müşteri beklentilerinin hızlı ve zamanında karşılanması gerekliliğini oluşturmuştur. İşletmelerde verimlilik, imalat süreçlerinde hammadde, işgücü, makine-ekipmanlar ve zamanın etkin olarak kullanılması ile belirlenir. Bu çalışmada hızlı model değişimi iyileştirmeleri hakkında literatür verilmiştir. Otomotiv sektöründe faaliyet gösteren işletmede bulunan bir montaj hattında üretilen iki farklı model arasında makine ayarlamalarını ve model değişim sürecini kısaltmak için bir tasarım değişikliği önerisi uygulanmış ve değişikliğin öncesinde ve sonrasında durum belirtilmiştir. Çalışmanın son bölümünde edilen sonuçlar değerlendirilmiş ve gelecek çalışmalar için öneriler verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Seri Üretim, Üretim Verimliliği, Hızlı Model Değişimi,

1 Giriş

Müşterilerin taleplerinin ve fabrikalarda üretilen ürünlerden beklentilerinin tam zamanında ve istenilen kalitede karşılanabilmesi için, işletmelerin üretim süreçleri sürekli olarak geliştirilmesi ve üretim süreçlerinin kendini yenileyebilmesi ihtiyacını meydana getirmiştir. Bu ihtiyaçla birlikte işletmeler rekabet güçlerini kaybetmemek için üretim süreçlerini yenileme ihtiyacı, kaynakların verimli kullanılmasına bağlıdır. İşletmeler için kaynakların verimli kullanılması, üretim süreçlerinde kayıpların ortadan kaldırılması, müşteri taleplerinin zamanında karşılanabilmesi için ise esneklik ve üretim hızının artması faktörlerinin önem kazanmasını sağlamıştır. Bu çalışmanın amacı, çok operasyonlu ve günlük üretilen ürün çeşitliliğinin fazla olduğu bir montaj üretim hattında, model değişim ve ayar süreçlerinde geçen üretim zaman kaybının azaltılması için mevcut üretim sürecinde bir iyileştirme yapılmasını ve bu iyileştirmelerin sonucunda üretim verimliliği ve kalite üzerindeki etkisinin incelenmesini hedeflemektedir. Yapılacak çalışmalarda, yalın üretim kavramı üzerinden SMED prensipleri ile ortaya çıkan üretim süresindeki kısalmanın farklı ürün çeşitliliğinde ve farklı üretim zamanlarında gözlemlenmesi, verimlilik ve kalite üzerinde etkisinin ve sonuçlarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Üretim verimliliği etkileyen en önemli kayıpların başında montaj hatlarındaki makinaların farklı modeller arasındaki ayar süreleri ve montaj hattının yeni üretilen modele geçişteki hazırlık sürelerindeki kayıplardır. Üretim süreçlerinin kontrol edilmediği ve yalın üretim öğrülerin uygulanmadığı işletmelerde genellikle bu kayıpların farkına varılamamaktadır. Günümüz koşullarında

* Sorumlu Yazarın e-posta Adresi: ilydogru@gmail.com

işletmeler üretim performansının ve ürün kalitesinin artırılması için, üretim zamanlarını ve maliyetlerini azaltmanın yolunu bulması gerekmektedir [1]

İşletmelerin öncelikli olarak hedefi yalın üretim yöntemlerini uygulayarak süreçlerini iyileştirmeleri ve böylelikle verimliliklerini arttırmaları daha sonra ise şeffaflaştırılmış, standart hale getirilmiş ve israflardan arındırılmış sistemlerine Endüstri 4.0 teknolojilerini entegre ederek işletme verimini arttırmaları gerekmektedir. Aksi takdirde yalın üretim yöntemlerini uygulamadan Endüstri 4.0 teknolojilerini sistemlerinde kullanmak işletme verimini yükseltmeyecektir [2]. Dördüncü Sanayi Devrimi olarak atfedilen Endüstri 4.0 otomatik kontrollü akıllı sistemler tarafından kontrol edilen, kendi kendinin konfigürasyonunu yapabilen, kendini izleyebilen, kendini iyileştirebilen üretim ekosistemini mümkün kılacaktır. Bunun sonucunda en üst düzeyde operasyonel verimlilik elde edilmesine ve verimlilik artışının hızlanmasına imkân sağlayacaktır [3].

SMED Endüstri 4.0 ile yerini yavaş yavaş OTED 'e (One Touch Exchange of Die) bırakmaya başlamıştır. Artık kalıp değişimlerinde SMED te olduğu gibi tekli dakikalarda değil, yapay zekâ ve yönetim bilişim sistemlerinin daha da gelişimiyle birlikte tek dokunuşla yani saniyenin onda biri seviyelerinde gerçekleştirilecektir [4].

2 Literatür Araştırması

Bu bölümde yalın üretim prensiplerinden biri olan SMED metotları ile üretim süreçlerindeki makine ayar süreleri ve iki model arasındaki değişim sürelerindeki iyileştirme çalışmalarını, üretim verimliliği ile OEE kavramını araştıran çalışmalardan literatür araştırması yapılmıştır.

Esa ve diğ. (2015) yaptıkları çalışmalarında bir işletmedeki montaj hattında yüksek setup sürelerini kısaltmak için 3 temel faktör belirlemişler ve insan ile makinenin bu faktörler arasında setup sürelerinin kısaltılması çalışmalarında en önemli etken olduğunu belirtmişlerdir. Operasyon talimatlarında yaptıkları standartlaştırmalar ile montaj hattındaki işlemleri standartlaştırmışlar ve inceledikleri montaj hattında 45 dakika olan model değişim süresini 28 dakikaya indirmişlerdir [5].

Abraham ve diğ. (2012) bir pres üretim sürecinde yaptıkları çalışmaları kalıp değişim sürecinde katma değeri olmayan işlemlerin ortadan kaldırılması ile üretim maliyetlerinin azaldığı ve üretkenliğin artırılması ile sonuçlanmıştır. Kalıp değişim işleminde kullanılan takımların düzenlenmesi ve kalıplarda kullanılan klemp mekanizmalarında yapılan tasarım iyileştirmesi ile %75 oranında kalıp değişim süresinde iyileştirme sağlamışlardır [6].

Kumar ve diğ. (2015) darboğaz olarak belirledikleri makinada yapılan SMED uygulamasının sonucunda ayar ve model değişim süresinin 259 dakikadan 142 dakikaya düşürmüşlerdir. Çalışmanın sonucunda kullanılabilirlik oranının %69'dan %76'ya, kalite oranının ise %81'den %87'ye çıkarıldığını ve işletme için OEE'nin %47'den %58'e çıktığını belirlemişlerdir [7].

Agung ve Hasbullah (2019) bir enjeksiyon makinasında kalıp değişim süresini kısaltmak için yaptıkları çalışmalarında SMED metodlarının önerilerini uygulamışlar ve yapılan iyileştirmeler ile iki model arasındaki parça baskı süresini 44 dakikaya kadar düşürerek %18 bir iyileştirme gerçekleştirmişlerdir [8].

Kulkarni ve Lahiri (2020) otomotiv sektöründe yaptıkları çalışmalarında, setup sürelerini azaltarak verimlilik artışı elde etmeyi amaçlamışlar ve uyguladıkları SMED metodları ile modeller arası ilk hazırlık süresini 31 dakikadan 16 dakikaya düşürmüşlerdir. İyileştirmelerin sonrasında her bir model değişimi için üretkenliğin 55 birim iyileştirildiğini belirlemişlerdir [9].

Gavali ve diğ. (2016) dövme presinde yaptıkları çalışmalarında kurulum ve değişim sürelerinin iyileştirilmesini hedefleyerek SMED tekniklerini uygulamışlar ve kurulum faaliyetleri ve model değişimi için harcanan toplam süreyi 87 dakikadan 60 dakikaya indirmişler ve %18,03 iyileştirme gerçekleştirmişlerdir [10].

Zerin ve diğ. (2019) hazır giyim sektöründe faaliyet gösteren bir işletmede yaptıkları çalışmada, model değişimleri arasında geçen kayıp sürelerin doğru planlama ve SMED metodları ile iyileştirilebileceğini belirtmişler ve üretimde model değişim sürelerini sayarak toplamda 12,86 saat olarak belirlemişlerdir. Uygulanan yöntem toplamda 5 üretim hattına uygulanmış ve uygulama sonrasında her bir hat için mevcut süreler iyileştirilerek 3 saat civarına iyileştirilmiştir [11].

Bortolini ve diğ. (2017) yaptıkları araştırmalarında montaj sistemlerinin tasarım süreçlerinde endüstri 4.0 yeniliklerinin iç içe düşünülmesi gerektiğinin önemine vurgu yapmışlar ve bu süreci 'Assembly System 4.0' olarak tanımlamışlardır. Gerçek zamanlı makinalarda, makinalar ve operatörler arasında, müşteri ve ürünlerin arasındaki ilişkilerde internet üzerinden sürekli iletişimde olan sensörler ve aktuatörler ile, tasarım aşamasından üretilen ürünlerin müşterideki geri bildirimlerine kadar anlık verilerin toplanması açısından önemini vurgulamışlardır [12].

3 Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada, otomotiv sektöründe montaj hattı tipinde seri üretim yapan bir işletmede, model değişim adetlerinin fazla olduğu bir üretim sürecinde, mevcut durumun analiz edilmesi ve yalın üretim prensiplerinden olan SMED yaklaşımı ile süre kayıplarının belirlenmesi, kayıp zaman ve işçiliklerin azaltılması hedefiyle bir iyileştirme çalışması yapılmasını ve çalışmanın sonucunda üretim kalitesi ve verimlilik değerlerinin çalışma öncesi durum ile karşılaştırılması hedeflenmektedir.

3.1 Çalışmanın Yapıldığı İşletme

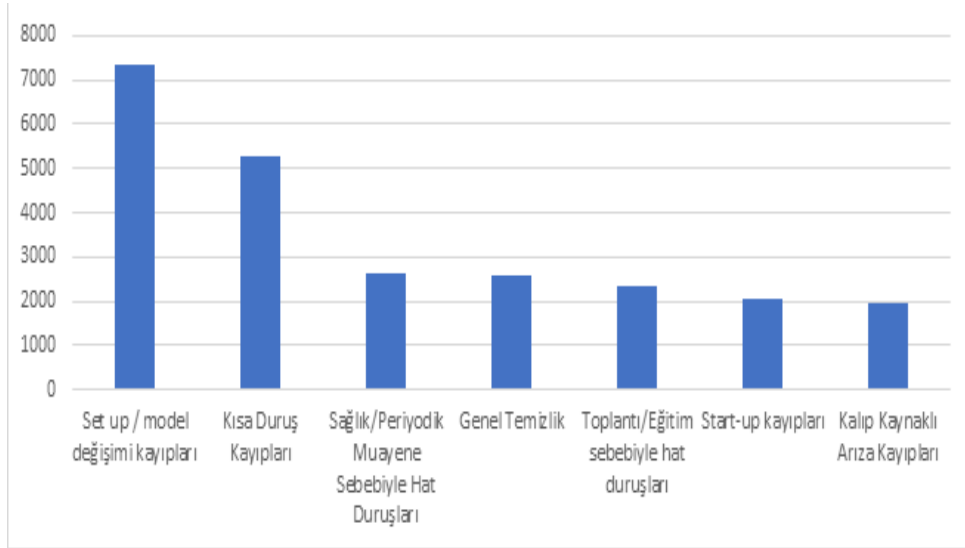
Bu çalışmada incelenecek olan proses, OEM fabrikalara ekipman üreten bir otomotiv parça üreticisidir. Seri montaj üretim hatları ile üretim yapılmaktadır. Otomotiv ana sanayine vites kumanda telleri, vites kumanda mekanizmaları, el fren telleri, debriyaj telleri, gaz telleri, gaz pedalları, kaput açma mekanizmaları ve kaput açma telleri, bagaj açma telleri, yakıt kapağı açma mekanizmaları ve yakıt açma telleri, kapı kumanda telleri üretimlerini gerçekleştirmektedir.

Bu işletmede üretilen ürünlere özgü operasyonlar için özel olarak oluşturulmuş montaj hatlarında üretim yapılmaktadır. Montaj hatlarının operasyon yerleşimi olarak incelendiğinde ürün çeşitliliğine göre genellikle düz ve bazı ürünlerde ise U tipi hat yerleşimleri oluşturulmuştur. Üretim yöntemi olarak ise birbirine benzer yapıda fakat yapısal farklılıkları bulunan ürünlerin üretildiği karışık model hatlar bulunmaktadır.

3.2 Çalışma Önceliğinin Belirlenmesi

Bir montaj hattındaki meydana gelen duruşların kayıp zamanların OEE veri sisteminden ilgili olan sürelerinin verileri Şekil 3.1 de gösterilmiştir. Üretim içerisinde toplam 42 montaj hattı bulunmaktadır. Bu 42 montaj hattında 1 üretim haftasında oluşan kayıpların süreleri içerisinde en büyük kayıp, setup işlemlerinde montaj hattının ayarlanması, kalıpların ya da aparatların değişimi ve üretilecek iki referans arasında ilk uygun parçanın çıkarılması için geçen sürenin olduğu gözlemlenmiştir. Montaj üretim hatlarının 1 günde 3 vardiya olarak, bir vardiyada 7saat 20 dakika üretim süresi olarak planlanmaktadır. Bu plana planlı duruşlar dahil değildir. Toplam planlı üretim süresi 79200 sn. (saniye)dir. Şekil 3.1 de görüldüğü gibi bir günlük üretimde oluşan Setup/ model değişimi kayıpları 7230sdir. Bu süre toplam üretim süresinin %9,12sini oluşturmaktadır. Çalışmamızın konusu bu kayıpların giderilmesi olarak seçilmiştir. Belirlenen kayıpların giderilmesi için yalın üretim prensiplerinden SMED yaklaşımı ile hızlı model değişimi süreci oluşturulacak, verimlilik ve kalite oranlarına etkisi incelenecektir. Bir sonraki bölümde montaj hatları arasında üretim hacmi en fazla olan ve en sık model değişimi gerçekleşen hatlar belirlenecek ve bu montaj hatlarından çalışmanın yapılacağı montaj hattı belirlenecektir.

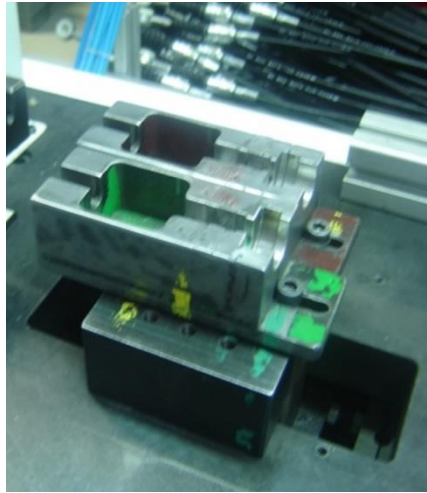
263 Pushpull montaj hattının kullanılabilirlik oranı %68,59 olarak gözlemlenmiştir. Bir montaj hattının hiçbir kayıp olmadan üretim yaptığını düşündüğümüzde %100 lük bir kullanılabilirlik oranı olması gereklidir. Belirlenen montaj hatları arasında kullanılabilirlik oranı en düşük hat olarak 263 Pushpull hattını setup ve model değişim sürelerini kısaltmak için öncelikli montaj hattı olarak belirlenmiştir.



Şekil 1.1 Üretim Duruş Sebepleri

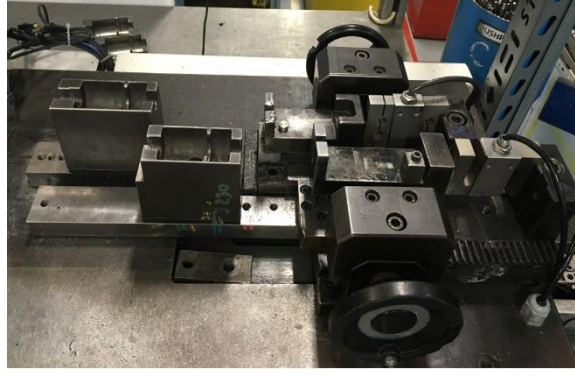
3.3 Problemin Belirlenmesi ve Yapılan İyileştirmeler

Model değişim işleminde pushpull ürünü aparatlardaki yuvalarına oturtulmakta ve operasyonlar gerçekleştirilmektedir. Bu hatta üretilen toplam 17 adet referans vardır. Tüm referanslar için model değişim işlem adımları aynıdır. Model değişim işleminde üretilecek ürüne özel üretilmiş aparatlar ilgili yerlerine yerleştirilmektedir. Bu aparatların değiştirilmesinde Şekil 3.1 de gösterilen aparatlar civatalar ile bağlanmakta olduğu gözlemlenmiştir.



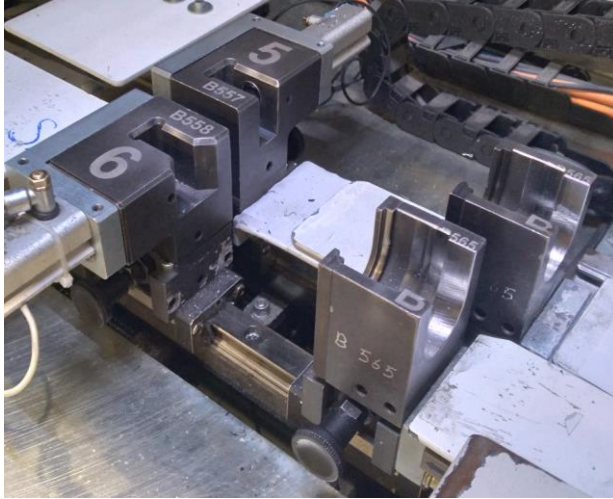
Şekil 3.1: Civata Bağlantılı Değiştirilen Aparat

Montaj hattında üretilen ürünlerin ürün yapıları ile birlikte boyları da değişkenlik göstermektedir. Her bir model değişimi işleminde üretilecek olan ürünlerden bir adet ölçülmüş numune ile aparat yerleri Şekil 3.2 de görüldüğü şekliyle bir krameyer dişli vasıtası ile çarkları çevirerek ayarlandığı gözlemlenmiştir. Boyutsal ayarlamamanın yanında işlem öncesi ürünlerin duruş şekillerinin gerginliğinin sağlanması için bu çarklar ile gerdirme işlemi ve üzerindeki civatalar sıkılarak sabitlenmektedir. Yapılan süre analizi sonunda en uzun süren işlem adımı bu gerdirme ve sabitleme işlemlerinin süresidir. Model değişim süresinin %33,22 sini bu gerdirme ve ayar süresi olduğu belirlenmiştir.



Şekil 3.2: Pushpull Gerdirme İşleminin Yapıldığı Aparatlar

263 pushpull montaj hattında model değişim süresini hızlandırmak adına yapılması belirlenen iyileştirme çalışmaları için yapılan tasarımlar tamamlanmış ve montaj istasyonu için yapısal değişiklikler uygulanmış. İşlemler standartlaştırılmış ve model değişim işleminde kullanılan cıvata bağlantılar ortadan kaldırılmıştır. El ile çarkı çevirerek yapılan işlemler servo motor ile hareket edebilir hale getirilmiştir. Şekil 3.3 de montaj hattına 5. operasyonda yapılan değişiklikler gösterilmiştir.

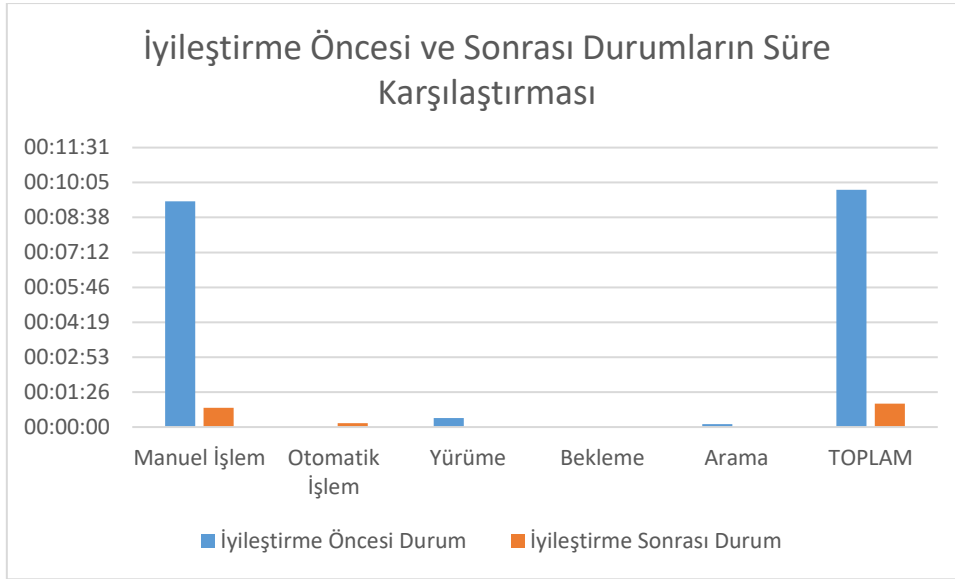


Şekil 3.3: Pim Elçek Sistemli Yeni Aparatlar

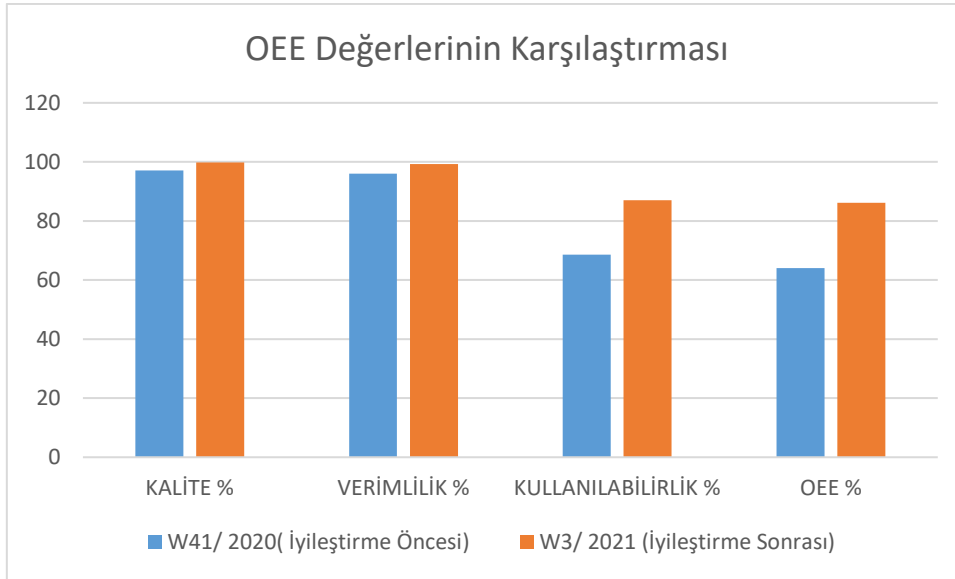
Model değişim işlemi gerçekleştirilen 263 pushpull hattında yapılan iyileştirmeler sonunda gerçekleştirilen süre analizinde model değişim süresi 587 sn süren model değişim süresi 58 sn süresine indirilmiştir. Bu iyileştirme ile 263 pushpull hattında model değişim işleminde setup/model değişimi kayıpları %90,12 oranında azaltılmıştır. Şekil 3.4 de iyileştirme çalışması öncesindeki durum ile iyileştirme sonrasındaki süre analizleri sonrası işlem adımlarındaki sınıflandırmanın süre değişimleri gösterilmiştir. Model değişim işlemi sırasında operatörün aparatları değiştirmek için ihtiyacı olan takımı alması için operasyondan ayrıldığı yürüme süresi ve ihtiyacı olan takımı aradığı arama süreleri ortadan kaldırılmıştır. Manuel işlem olarak geçen işlem adımları otomatikleştirilmiştir.

Yapılan çalışmaların montaj hattının verimlilik oranı ve kalite oranına etkisinin gözlemlenmesi için iyileştirme sonrası rutin üretim süreci 1 haftalık üretim periyodunda gerçekleşen üretim gözlemlenmiştir. Şekil 3.5 de iyileştirme çalışması öncesindeki ve iyileştirme çalışması sonrasındaki OEE, verimlilik, kalite ve kullanılabilirlik oranları karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Yapılan çalışmaların sonucunda verimlilik oranının %96,05 den %99,26 yükseldiği, kalite oranının ise %97,15 den %99,77 ye yükseldiği gözlemlenmiştir. Kullanılabilirlik oranı hızlı model değişimi operasyonunda iyileştirilen model değişimi işlem adımları ile %68,59 oranından %87,04 oranına yükselmiştir. Toplam ekipman kullanım oranını ifade eden OEE değeri ise %64 oranından %86,2 oranına yükselmiştir.

Çalışmada yapılan incelemeler boyunca planlanan üretim süresi ve planlanan üretim adetleri sabit tutulmuştur. Bunun sonucunda iyileştirme sonrası elde edilen verimlilik ve kalite oranları yorumlanmış ve çalışma önerileri verilmiştir.



Şekil 3.4: İyileştirme Öncesi ve Sonrası Durumların Süre Karşılaştırması



Şekil 3.5: OEE Değerlerinin Karşılaştırması

4 Sonuçların Değerlendirilmesi ve Çalışma Önerileri

Bu çalışmada model değişim işleminin uzun sürdüğü bir montaj hattı belirlenmiş ve bu montaj hattındaki model değişim süreci incelenerek işlemin hızlandırılması için tasarım değişikliği ile sürece iyileştirme çalışması yapılmıştır. Model değişim işleminin hızlandırılmasının, kullanılabilirlik oranındaki iyileşme ile verimlilik ve kalite oranına da olumlu etkisi olduğu gözlemlenmiştir. Verimlilik oranındaki artış, üretim için planlanan miktarlara kıyasla gerçekleşen üretim adetlerinin arttığını gözlemlenmiştir. Kalite oranındaki artış ise artan üretim adetlerine oranla uygun üretilen parça adetlerinin de arttığı anlaşılmıştır.

Bu çalışmanın sonucunda incelenen işlemler ve iyileştirmeler ile ulaşılan sonuçlar incelenen seri montaj hattındaki hızlı model değişimi işlemi prosesine özeldir. Yapılan çalışmalarda otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin, yalın üretim sisteminin metodu olan SMED uygulanarak mevcut olan model değişim süresinin kısaltılması için yapılan çalışmalar sonuca ulaşmıştır. Montaj hatlarında model değişim ve ayarlama sürelerinin fazla olduğu üretim proseslerine sahip işletmeler için model değişim işleminin hızlandırılarak verimlilik ve kalite verilerinin olumlu yönde değiştiği göstermesi açısından faydalı olabilir.

Yazar Katkıları

Sorumlu Yazar : İlyas Doğru , ilyadogru@gmail.com , (Deneylerin yapılması, verilerin düzenlenmesi ve bildirilmesi için sorumluluk almak, bulguların mantıklı açıklanması ve sunumu için sorumluluk almak, araştırma sırasında literatür taraması ile ilgili sorumluluk almak, yazının tümü veya asıl bölümün oluşturulması için sorumluluk almak,

2. Yazar : Mustafa Denктаş , mdenktas@subu.edu.tr , (Araştırma ve/veya makale için fikir ya da hipotezin oluşturulması, Sonuçlara ulaşmak için gereç ve yöntemlerin planlanması, makaleyi teslim etmeden önce sadece imla ve dil bilgisi açısından değil aynı zamanda entelektüel içerik açısından yeniden çalışma yapmak)

Kaynaklar

- [1] Çelik H. (2018). *SMED Uygulamalarının İmalat Sürelerine ve Birim Maliyete Olan Etkisi ve Toplam Ekipman Etkinliği ile Değerlendirilmesi* (Yüksel Lisans Tezi). Sakarya Üniversitesi İşletme Enstitüsü, Sakarya
- [2] Yıldız A. (2018). Endüstri 4.0 ve Akıllı Fabrikalar. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 22(2), pp 546-556
- [3] Thomas L. & Schafer (2016). Software Defined Cloud Manufacturing for Industry 4.0. *Procedia CIRP* 52, pp 12-17
- [4] Gerger A. (2019). Endüstri 4.0 Üretim Sürecinde Süreç Değişkenliğinin Optimizasyonunda Heijunka Yöntemi. *Izmir Democracy University Social Sciences Journal* 2651-5458
- [5] Esa M. M. & Abdul Rahman N.A & Jamaludin M. (2015). Reducing High Setup in Assembly Line: A Case Study of Automotive Manufacturing Company in Malaysia, *Procedia – Social and Behavioral Sciences* 211 (2015) 215-220, 17-18 September 2015, Bali, Indonesia
- [6] Abraham A. & Ganaapathi K. N. & Motwani K. (2012). Setup Time Reduction through SMED Technique in Stamping Production Line. *Sastech Journal* Volume 11, Issue 2, Step 2012 pp.47-52
- [7] Kumar A. & Nagaraj P. M. & Rao S. & Vijaykumar (2015). Overall Equipment Effectiveness Improvement of Piston Machining Line Using SMED and DOE. *International Journal of Innovation Research in Science, Engineering and Technology*, Volume 4, Issue 6, June 2015
- [8] Agung D. & Hasbullah H. (2019). Reducing the Product Changeover Time Using SMED & 5S Methods in the Injection Molding Industry. *Sinergy* Vol:23, No:3, October 2019, pp 199-212
- [9] Kulkarni P.C. & Lahiri G. (2020). Improving Productivity Using SMED. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE)*. Vol 9, Issue 3, January 2020,
- [10] Bortolini M. & Ferrari E. & Gamberi M. & Pilati F. & Faccio M. (2017). Assembly System Design in the Industry 4.0 Era: A General Framework. *IFAC Pappersonline* 50-1 (2017), pp 5700- 5705
- [11] Zerín N. H. & Hossain L. Md. & Zannat M. (2019). Manufacturing Lead Time Improvement by Reducing Changeover Time with the Application of SME. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, Volume 10, Issue 7, July 2019

- [12] Bortolini M. & Ferrari E. & Gamberi M. & Pilati F. & Faccio M. (2017). Assembly System Design in the Industry 4.0 Era: A General Framework. *IFAC Pappersonline 50-1 (2017)*, pp 5700- 5705