

ÇELİK BORU İMALATINDA HAZIRLIK SÜRELERİNE YÖNELİK YALIN ÜRETİM VE SMED ÇALIŞMASI

Seval ENE YALÇIN^{1*}, Selin AKIN², Berkan ELMAS³, Murat EREN⁴, Tülin GÜNDÜZ⁵

¹Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bursa

ORCID No : <http://orcid.org/0000-0001-8248-8924>

²Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bursa.

ORCID No : <http://orcid.org/0000-0002-4638-4535>

³Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bursa.

ORCID No : <http://orcid.org/0000-0003-0409-0413>

⁴Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bursa.

ORCID No : <http://orcid.org/0000-0001-6881-632X>

⁵Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bursa.

ORCID No : <http://orcid.org/0000-0002-7134-3997>

Anahtar Kelimeler	Öz
Yalın Üretim SMED 5S Standardizasyon	<i>Daha küçük partilerle daha esnek üretimin gerçekleştirilebildiği üretim sistemleri şirketler için günümüz pazar koşullarında çok önemli bir ihtiyaçtır. Bu ihtiyacı giderebilmek için şirketler yalın üretim tekniklerinden faydalanmaktadır. Yalın üretim, işletmelerin kaynak tüketip değer oluşturmayan her faaliyeti azalttıkları bir üretim sistemidir. Bu çalışmada yalın üretimin metotlarından olan SMED (Single Minute Exchange of Die: Tekli Dakikalarda Kalıp Değişimi) kullanılmıştır. SMED iki farklı parça arasındaki üretim geçişi için gerekli hazırlık süresini kısaltmaya ve üretimde esneklik sağlamaya yönelik kullanılan bir yöntemdir. Çalışma kapsamında SMED, ağır sanayi sektöründe boru bağlantı elemanları üretimi yapan bir çelik boru firmasındaki bir pres makinesinde kalıp değişim sürelerinin iyileştirilmesi için kullanılmıştır. Örnek bir kalıp değişim işlemi seçilmiş, video analiz yöntemi kullanılarak zaman etüdü ile mevcut hazırlık süreleri tespit edilmiştir. İşletmede ürün geçişinde iç ve dış kalıp olmak üzere iki farklı kalıp değişim işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu işlemlerdeki tüm adımlar detaylı olarak incelenmiş ve israfların en aza indirilmesi için öneriler sunulmuştur. Paralel yapılabilecek operasyonların belirlenmesi, operatör atamaları, metot etüdü, 5S ve standardizasyon çalışmaları sonucunda kalıp değişim sürecindeki iç kalıp değişim süresi 51 dakikadan 17 dakikaya, dış kalıp değişim süresi ise 184 dakikadan 70 dakikaya indirilmiştir. Kalıp değişim süresinde toplamda % 63 iyileştirme sağlanmıştır. Ayrıca kalıp değişimi için ergonomik inceleme yapılarak operatörün hazırlık süresince harcadığı gücün 299 Watt'tan 165 Watt'a indiği görülmüştür.</i>

LEAN PRODUCTION AND SMED STUDY FOR SETUP TIMES IN STEEL PIPE MANUFACTURING

Keywords	Abstract
Lean Manufacturing SMED 5S Standardization	<i>Production systems where more flexible production can be realized with smaller parties is a very important need for companies in today's market conditions. In order to meet this need, companies benefit from lean manufacturing techniques. Lean production is a production system in which businesses eliminate operations that consume resources and do not create value. In this study, SMED (Single Minute Exchange of Die), which is one of the methods of lean production, was used. SMED is a method used to shorten the setup time required for production transition between two different parts and to provide flexibility in production. In the scope of the study, SMED was used to improve the mold change times in a press in a steel</i>

*Sorumlu yazar; e-posta : sevalene@uludag.edu.tr

pipe company which produces pipe fittings in the heavy industry sector. Setup times were determined by using video analysis method in a sample mold change process. Two different mold changing processes are carried out in the plant during the product transition. All the steps in these procedures were examined in detail and suggestions for minimizing waste were presented. As a result of the determination of operations which can be done in parallel, operator assignments, method study, 5S and standardization studies, the internal mold change time in the mold change process has been reduced from 51 minutes to 17 minutes, and the external mold change time has been reduced from 184 minutes to 70 minutes. A total of 63% improvement was achieved in the mold change time. In addition, ergonomic analysis for mold change was made and the power consumed by the operator during the preparation period decreased from 299 Watts to 165 Watts.

Araştırma Makalesi		Research Article	
Başvuru Tarihi	: 21.11.2019	Submission Date	: 21.11.2019
Kabul Tarihi	: 15.04.2020	Accepted Date	: 15.04.2020

1. Giriş

Günümüzde müşteriler yüksek kalitede, kısa sürede karşılanabilen çok çeşitli ürünleri talep etmektedir. Üretim sektöründeki firmalar gittikçe daha rekabetçi bir dünyada hayatta kalmak için müşteri taleplerini karşılamalıdır. Ferrdás ve Salonitis (2013), bu sorunun çözümünü yalın üretim araçlarının uygulanmasında ve aynı zamanda müşteri gereksinimlerinin çoğunun karşılanmasına izin vermesi gereken müşteri çekmeye dayalı üretimin kullanılması yoluyla görmektedir. Müşteri bazında çekme üretimi, makinedeki tip değişimi ile yakından ilgilidir.

Katma değer yaratmayan faaliyetlerin azaltılması yalın düşünce ile yakından ilişkilidir, özellikle kalıp değişimlerinin daha etkili ve verimli yapılabilmesi için yalın üretim tekniklerinin en önemli yaklaşımlarından biri olan Shingo'nun (1985) öne sürdüğü SMED (Single Minute Exchange of Die: Tekli Dakikalarda Kalıp Değişimi) yaklaşımı kullanılabilir (Tanık, 2010). Küçük partilerde üretim yapabilme şansı veren SMED ile müşteri ihtiyaçları stok oluşturmadan karşılanabilmekte, yeni ürünlere hızlı adaptasyon sağlanabilmektedir. SMED'e geçmeden önce uygulanması gereken 5S sayesinde ise daha az ekipman ile birden çok iş görülebilmekte ve ekipmanların takip edilerek korunması sağlanabilmektedir. Ayrıca SMED uygulamasının içinde yer alan model değişimi, ayar işlemlerinde hareketlerin minimuma indirilmesi ve envanterlerin azaltılması ile iş yerlerinde yeni alanlar kazanılabilmektedir (Filiz, 2008).

Hızlı kalıp değiştirme ve çabuk yapılan ayar işlemleri, deneme üretimlerinin ortadan kaldırılması ve küçük partili esnek üretim yapısını mümkün kılan

SMED yaklaşımının uygulanabilmesi için iki tip hazırlık türü vardır. Bunlar;

İç hazırlık: Eski kalıbı sökmek ve yerine yenisini takarak üretime başlamak ile ilgili faaliyetlerdir. Bu süre içerisinde makinenin durdurulması, üretime ara verilmesi kaçınılmaz olmaktadır.

Dış hazırlık: Makine çalışırken, üretime devam edilirken de yapılabilecek faaliyetlerdir. Bunlar; bağlanacak kalıbın getirilmesi, sökülen kalıbın temizlenmesi, sökülen kalıbın bakımı ve raftaki yerine taşınmasıdır (Sarı, 2018).

Ayar işlemleri ise ürüne direkt değer katmazlar fakat ürünün üretilebilmesi için gerekli işlem adımlarıdır. SMED tarafından iyileştirilmemiş tüm ayar işlemleri ve bunların toplam ayar zamanı içindeki oranları Tablo 1.'de verilmiştir.

Tablo 1

Ayar İşlemleri (Filiz, 2008)

Hazırlık Aşamaları	İşlemlerin Ayar Süresi İçindeki Oranları
Hazırlık, süreç sonrası ayarlar, malzeme ve araçların kontrol edilmesi	% 30
Bıçakların, aletlerin ve parçaların takılması	% 5
Ölçümler, ayarlar ve kalibrasyonlar	% 15
Deneme ve ayarlamalar	% 50

İşyerlerinin ve burada uygulanan metotların operatör verimliliğini arttırmak ve insan faktörünü korumak açısından ergonomik kurallara uygun düzenlenmesi gerekmektedir. Ergonomi tanım olarak işgören ile teknik sistem arasındaki ilişkiyi inceleyen; sayılar ve birimlere dayanarak iş ve işyeri düzenlemelerini yapan; ana amacı insanın özellikleri ve istekleri, beklentilerine uygun iş düzenlemeleri gerçekleştirmek olan uygulamaya yönelik bir bilim dalıdır (Babalık, 2014). Ergonominin amacı; çalışanların etkinliğini arttırmak, gereksiz ve aşırı zorlamalardan kaçınmak, çalışmanın yöntemli bir şekilde düzenlenmesini sağlamak, lüzumsuz aktiviteleri önlemek, insan-makine-çevre uyumunu sağlamaktır (Turgut, 2018). Ergonomi, fiziksel etkinlikleriyle ilişkili olarak insanların anatomik, antropometrik, fizyolojik ve biyomekanik karakteristikleriyle ilgilenen fiziksel ergonomi; örgütsel yapıları, politika ve süreçleri dahil olmak üzere sosyoteknik sistemlerin en uygun duruma getirilmesiyle ilgilenen örgütsel ergonomi; insanlar ve sistemin diğer öğeleriyle etkileşimleri açısından algılama, bellek, mantık yürütme ve motor cevap gibi mental süreçlerle ilgilenen bilişsel ergonomi olarak üç ayrı başlık altında sınıflandırılmıştır (Ergonomi nedir?, 2011).

Bu çalışmada, bir çelik boru firmasında üretilen 8-20 inç arası paslanmaz ve karbon çeliğinden oluşan boruların dirsek haline getirilmesi sürecinde kullanılan pres makinesinde çap değişimi için gerekli olan kalıp değişim süreci ele alınmıştır. Bu makinedeki problem bir kalıptan diğer kalıba geçme süresinin çok uzun sürmesidir. Bu durumda stoksuz çalışma yani karışık yükleme akışına ayak uyduracak şekilde değişik parçaları birbiri ardı sıra ve hemen o an gereken miktarlarda üretme imkansız hale gelmektedir. SMED yöntemi kullanılarak hazırlık sürelerinin minimize edilmesi böylece esnek üretime imkan sağlanması hedeflenmiştir. Çalışmanın ikinci bölümünde bilimsel yazında karşılaşılan SMED yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiş çalışmalar özetlenmiş; üçüncü bölümde incelenen problem tanımlanmış; dördüncü bölümde çalışma kapsamında uygulanan SMED ile ilgili bilgiler verilerek probleme ait çözüm önerileri açıklanmış; beşinci bölümde yapılan uygulamanın sonuçları özetlenmiş ve son olarak altıncı bölümde çalışmanın sonuçlarına yer verilmiştir.

Bu çalışmanın bilimsel yazındaki diğer çalışmalardan farkı, standart üretime sahip olmayan kalıp değişim süresinin nasıl en aza indirgenebileceğinin araştırılmasıdır. Çalışmanın yenilikçi yönü olarak, tamamıyla operatör

insiyatiline bağlı ve herhangi bir standardı olmayan geniş zaman aralıklarında yapılan hazırlık zamanı işlerinin SMED tekniği ile nasıl en iyileenebileceğine yönelik uygulama çalışmasının bilimsel yazına katkı sunması beklenmektedir.

2. Bilimsel Yazın Araştırması

Bilimsel yazın araştırması kapsamında SMED yöntemi kullanılarak farklı endüstrilerde gerçekleştirilen çalışmalar incelenmiş ve bu bölümde kısaca özetlenmiştir.

Sarı (2018) otomotiv sektörüne bağlantı elemanlarını üreten bir yan sanayi işletmesinde hazırlık sürelerinin iyileştirilmesine yönelik bir SMED uygulaması gerçekleştirmiştir. İlk olarak fabrikanın üretim sahasında olaylar gözlemlenerek kayıt altına alınıp iş adımları ve süreleri belirlenmiştir. Pareto analizi ile problem yaratan işlemler ortaya çıkarılmıştır. Daha sonra işlem adımları iç ve dış hazırlık olarak ikiye ayrılmış, işlem sürelerinin minimize edilmesini sağlamak amacıyla paralel operasyonlar belirlenmiştir. Sorun yaratan 12 hazırlık işleminin ortadan kaldırılması ile % 7, paralel atamaların gerçekleştirilmesi ile % 22 oranında iyileştirme sağlanmıştır.

Filiz (2008) kağıt gıda paketleme sektöründeki firmada baskı makinesinde SM tipi hazırlık süresinin azaltılmasına yönelik bir SMED uygulaması yapmıştır. Mevcut hazırlık süreci zamanlamanın daha iyi anlaşılması açısından videoya çekilerek gannt şemasına dönüştürülmüş, işlemler iç ve dış hazırlık işlemleri olarak ayrıştırılmış ve bazı iç hazırlık işlemlerinin dış hazırlık şeklinde yapılmasına karar verilerek toplam hazırlık süresi 19 dakikadan 16 dakikaya indirilmiştir. Çekilen video detaylıca analiz edilerek bazı iyileştirilecek konular belirlenmiş, bu konular ile ilgili 5 Neden Analizi yapılmış, 5S ve Kaizen çalışmaları ile iyileştirmeler sağlanmıştır. Yapılan iyileştirmelerle çalışma talimatı yenilenmiş, güncel talimatla çalışan operatörlerin hareketlerini incelemek üzere spagetti diagramı çizilmiş ve eski talimata göre daha yalın bir çalışma metoduna ulaşılmıştır. Tüm çalışma sonucunda hazırlık sürelerinde % 52'lik bir kazanç sağlanmıştır.

Tanık (2010) otomotiv yan sanayinde aks kovani üretimi yapan büyük ölçekli bir kuruluşta Mossini preste kalıp değişim süresinin düşürülmesine yönelik bir SMED uygulaması gerçekleştirmiştir. Süreç hakkında veri toplamak için video kaydı

oluşturulmuş, ayar işlemi için hangi faaliyetlerin iç hazırlık hangilerinin dış hazırlık olarak gerçekleştirildiği belirlenmiş ve bazı iç hazırlık işlemleri dış hazırlık haline dönüştürülmüştür. Kalan iç hazırlık işlemleri için Balık Kılıcı ve Beyin Fırtınası teknikleri kullanılarak sürenin uzun sürmesine neden olan kök nedenler bulunmuştur. Bu nedenleri ortadan kaldırmak için birtakım iyileştirme önerileri hayata geçirilerek güncellenen çalışma talimatının uygulanması ile kalıp değişim süresi 140 dakikadan 92 dakikaya indirilmiştir.

Hülagü (2011) bir çelik boru üretim firmasında dilme hattındaki hazırlık sürelerinin minimize edilmesine yönelik bir SMED çalışması yapmıştır. İlk adım olarak içsel ve dışsal hazırlıkların belirlenmesi amacıyla dilme işleminin tümü videoya kaydedilmiş, iç ve dış hazırlık işlemleri birbirinden ayrıştırılmıştır. En fazla zaman kaybına sebep olan işlerin iç hazırlık işlemleri olduğu görülmüştür. Bu içsel hazırlık işlemlerinden; dilme işlemindeki süre israfını önlemek için matematiksel modelleme tekniği kullanılması, uygun saç rulusu bulma işlemindeki israfi önlemek için ise stok alanında bir adresleme sistemi kurulması önerileri gerçekleştirilerek önemli ölçüde süreden kazanç sağlanmıştır. Ayrıca 5S, Kaizen ve ergonomik düzenlemeler yapılmış, çalışma talimatı yenilenmiştir.

Basri ve Mohamed (2017) Malezya'daki bir otomotiv şirketindeki 1200 tonluk Tandem pres tezgahında kalıpların değişim süresinde iyileştirme sağlamak için simülasyon yazılımı kullanılarak genişletilmiş SMED'e odaklanmıştır. İlk olarak üretim alanında gerçekleşen olaylar gözlemlenerek standartlaştırılmış bir kayıt ve analiz formu kullanılarak kayıt altına alınmış, iş adımları ve süreler belirlenmiştir. Daha sonra iç ve dış değiştirme faaliyetleri ayrılarak, dönüşebilecek iç faaliyetler dış faaliyetler olarak tanımlanmış ve uzun kurulum sürelerine neden olan işler elenmiştir. 5S ve iş istasyonu tasarımı yapılarak bu çerçevede tasarlanan tüm ilgili araçların birleşiminden toplanan veriler simülasyon yazılımı tarafından analiz edilmiştir. Genişletilmiş SMED yaklaşımı uygulandıktan sonraki ilk değişim verileri ortalama süreyi 24,89 dakikadan 20,13 dakikaya düşürerek % 19'luk bir iyileştirme sağlamıştır.

Kemalbay (2012) bir tekstil firmasında kalıp değişim süresini en aza indirmek için zeki karar destek sistemi ile SMED üzerinde çalışmıştır. İlk olarak ERP sistemine düşen sipariş tezgaha yansıtılarak zeki karar destek sistemine ulaştırılmakta ve burada

yapay zeka ile karar verme süreci başlamaktadır. Zeki karar destek sistemi problemi aynen bir uzman insan gibi düşünerek çözmeye ve çözdüğü hatayı öğrenerek veri tabanında depolayıp daha önceden öğrendiklerinin bir sonucu olan bilgileri de her hangi bir yapısal değişikliğe uğratmadan karar vermektedir. Zeki karar destek sistemi ile siparişi gelen ürün için hangi kalıbın değişmesi gerektiğine karar verilerek kalıp değişimi sağlanmaktadır. Burada kayıp zamanlar belirlenerek SMED yaklaşımı ile atılmıştır ve önerilen yöntemin firmada uygulanabileceği öngörülmüştür.

Kumar ve Abuthakeer (2012) baskı plaka üretimi yapan büyük ölçekli bir kuruluşta Fagor preste kalıp değişim süresinin azaltılmasına yönelik bir SMED uygulaması yapmıştır. Kalıp değişim süreci daha önceden standartlaştırılmış zaman etüt formları kullanılarak kayıt altına alınmış ve bu veriler istatistiksel hesaplamalar ile çoğaltılıp ayar işlemi için hangi faaliyetlerin iç hazırlık hangilerinin dış hazırlık olarak gerçekleştirildiği belirlenmiştir. Daha sonra bazı iç hazırlık işlemleri dış hazırlık haline dönüştürülmüştür. Dönüştürülemeyen iç hazırlık işlemleri için 5S ve Kaizen teknikleri kullanılarak sürenin uzun sürmesine neden olan gereksiz faaliyetler çıkartılmıştır. SMED tekniğinin firmada uygulanması halinde kalıp değişim süresi 40 dakikadan 28 dakikaya düşürüldüğünü ve verimliliğinin artacağı görülmüştür.

3. Problem Tanımı

Bu çalışma kapsamında çelik boru üretimi yapan bir firmanın soğuk büküm pres makinesinde gerçekleştirilen kalıp değişim süreci ele alınmıştır. Firmada, 8-20 inç arası paslanmaz ve karbon çeliğinden oluşan boruların dirsek haline getirilmesi sürecinde kullanılan soğuk şekillendirme pres makinesinde çap değişimi için iç kalıp ve dış kalıp değiştirme süresi toplamda 4 saat sürmektedir.

8-20 inç arası boruların soğuk şekil verme ve kalıp değiştirme süreci incelenerek gözlemlenmiştir. Gözlemler sonucu süreçler için iş akışı çıkarılmış ve kalıp değişimi için de zaman etüdü yapılarak hazırlık süreleri belirlenmiştir. Bu süreler Tablo 2 ve Tablo 3'de verilmiştir. Süreçteki en uzun hazırlık süresinin bu pres makinesine ait olduğu ortaya çıkmıştır.

Tablo 2
20"-12" Dış Kalıp Değişim Süresi

Ana İşlem	Toplam Süre (sn)
Alt-üst kalıbın sökülmesi	1967
Sehpanın taşınması ve yerleştirilmesi	509
Tezgah ile kalıp bağlantılarının sökülmesi	403
Kalıbın sökülmesi	387
Sökülen kalıpların taşınması	760
Diğer kalıbın taşınması	308
Kalıbın tezgaha yerleştirilmesi	2423
Sehpanın taşınması ve yerleştirilmesi	304
Kalıbın sabitlenmesi	1137
İtici kol ayarının yapılması	1626
Mandrel altındaki tezgah ayarının yapılması	1280
	11251
	(3 saat 4 dk 29 sn)

Tablo 3
20"-12" İç Kalıp Değişim Süresi

Ana İşlem	Toplam Süre (sn)
Mandrelin sökülmesi	402
Mandrelin bekleme alanına taşınması	301
Yeni mandrelin makine alanına taşınması	375
Mandrelin yerleştirilmesi	2013
	3091
	(51 dk 31 sn)

Kalıp değişimi için balık kılçığı diyagramı kullanılarak değişim süresinin uzunluğuna etki eden nedenler tespit edilmiştir. Pareto analizi ve hata analizi yapılarak bulunan hatalar önceliklendirilmiş ve sorunun kök nedenlerine ulaşılmıştır. Gözlemler sonucunda kalıp değişim süresini olumsuz olarak etkileyen faaliyetler aşağıdaki gibi belirlenmiştir:

- Kullanılan metotların esnek üretime uygun olmaması,
- Fonksiyonel araç eksikliğinin olması,
- Ekipmanların sayısal ve özellik bakımından eksik olması,
- Kalıp yerleşim yerlerinin belirli olmaması,

- Standardizasyon olmaması,
- Operatörlerin eğitim eksikliğinin olması,
- Operatörlerin dikkatsiz olması.

Çalışma kapsamında yürütülen tüm faaliyetler Araştırma ve Yayın Etiğine uyularak gerçekleştirilmiştir. Çalışma ÇİMTAŞ A.Ş. kurumunda yapılmış ve 09.04.2020 tarihinde firma tarafından yayınlanmasına izin verilmiştir.

4. Materyal ve Yöntem

Yapılan bilimsel yazın araştırması sonucunda kalıp değişim süresini azaltmak için farklı endüstrilerde yalın üretim tekniklerinden SMED çalışmasının uygulandığı görülmüştür. Bir işletmede SMED uygulamasına geçildiğinde uygulanması gereken 3 aşama vardır. Bunlar;

İç ve dış hazırlık süreçlerinin birbirinden ayrılması: Bu ilk adımda makine çalışırken yapılabilecek olan işlerin ve makine kapalı iken yapılabilecek işlerin birbirinden ayrılması gerekmektedir. İç hazırlık işlemlerine parça ve aletlerin hazırlanması, tamiratların yapılması ya da kullanılacak alet, takım ve kalıbın ekipmanın yanına getirilmesi örnek verilebilir. Bu yönde gelişme kaydedilirse, %30-50 oranlarında zamandan tasarruf edilebilir (Filiz, 2008).

İç hazırlığın dış hazırlık sürecine çevrilmesi: İlk aşama iç ayar süresini tekli dakikalara indirmekte yeterli gelmemektedir. Bunun için iç ayar süresinin dış ayara dönüştürülmesi gerekir ve bu aşama iki önemli adımı içermektedir (Filiz, 2008).

- Mevcut iç ayardaki işlemlerin gözden geçirilerek herhangi bir adımın yanlışlıkla iç işlem olarak uygulanıp uygulanmadığının incelenmesi,
- Bu iç ayar adımlarının dış ayara dönüştürülmesi için gerekli olan yolların aranması.

Bu adımın uygulanabilmesi için, hazırlık aşamasının düzenlenmesi, fonksiyonların standartlaştırılması, çok fonksiyonlu jiglerin kullanımı gibi yaklaşımlardan yararlanılabilmektedir (Filiz, 2008).

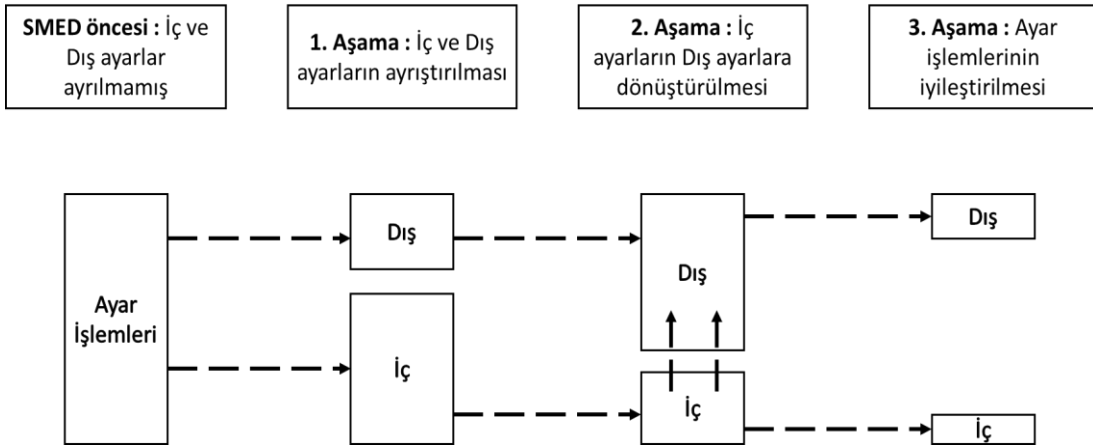
SMED'in iç ve dış hazırlığa ayrı ayrı uygulanması: Bu aşamada, makinelerin kapalı tutulmasını gerektiren ayar operasyonlarını kısaltmak ya da tamamen makine çalışırken yapılmasını sağlamak

hedeflenmektedir. Bu hedefe ulaşabilmek için bazı yöntemler kullanılabilmektedir (Filiz, 2008).

- Paralel operasyonların geliştirilmesi
- Fonksiyonel kelepçelerin kullanılması
- Ayar işlemlerinin kaldırılması

- Mekanizasyon
- Kalıpların hazır vaziyette tutulması
- Renklerin kullanılması (Filiz, 2008)

Şekil 1’de SMED’in genel adımları gösterilmektedir.



Şekil 1. SMED Aşamaları (Sarı, 2018)

Bu çalışmada da hazırlık ve ayar sürelerini kısaltmak için SMED uygulanmıştır. Sürelerin düşürülmesi için makine çalışma halindeyken yapılabilecek işlemler belirlenerek dış hazırlık işlemlerine dönüştürülmüştür. İç hazırlık sürelerini azaltmak için paralel yapılabilecek operasyonlar belirlenmiş ve hazırlık sürelerine katma değer katmayan tüm faaliyetler azaltılmıştır. Operatörlerin işlem karmaşıklığı 5S ve metot etüdü çalışması ile ortadan kaldırılmıştır. Uygulanan iyileştirmeler ile yeni bir çalışma talimatı oluşturularak zaman etüdü çalışması ve ergonomi analizi yapılmıştır.

Ortaya çıkarılan kök nedenler dikkate alınarak firmanın şikâyetlerinin önüne geçebilmek için 5S, standardizasyon, metot etüdü, Kaizen ve ergonomiyi kapsayan iyileştirme önerileri şu şekilde sunulmuştur:

- Kalıpların bekleme konumları için metot etüdü yapılarak makine alanına daha yakın konuma yerleştirilmesi,
- Mandrel alt destek plakalarının mandrel çapı ve malzeme kalınlığına göre gruplandırılarak hangi plakanın kullanılacağına belge oluşturularak kaydedilmesi,

- Presin üst tezgahına her kalıp için köşelere L şeklinde çizgiler çizilerek hangi inç olduğunun yazılmasıyla presteki kalıp yerleşim yerlerinin standartlaştırılması,
- Kalıp yan destek plakalarının hangi inç kalıp için kullanılacağına standartlaştırılması,
- İki operatörün aynı anda çalışmasını sağlayabilmek için ikinci tork makinesinin kullanılması,
- Ekipman bakım ve kontrolünün yapılması,
- Kullanılan araç gereçler için 5S çalışmalarının yapılması,
- Operatörlerin eğitimi için gerekli bilgiler verilerek doğru yöntemlerin kullanılması için zemin hazırlanması,
- Mevcut çalışma metotlarının ergonomik olarak incelenmesi, geliştirilmesine yönelik araştırmalar yapılması ve sonuçlar dikkate alınarak var olan yöntemlerin güncellenmesi,
- Kalıp değişimi için çalışma talimatının düzenlenmesi.

5. Uygulama ve Sonuçlar

Uygulama aşamasında gözlemlenen kalıp değişim sürecindeki hazırlık işlemleri video analiz yöntemi ile iç ve dış hazırlık olarak ayrıştırılmıştır. İç hazırlık işlemlerinin dış hazırlık işlemlerine dönüştürülmesi ve sürelerinin azaltılması için daha önce yapılan zaman etüdü çalışması uygulanabilirlik ve yapılabilirlik açısından analiz edilerek sezgisel olarak operatör atamaları gerçekleştirilmiştir.

Yapılan çözümleme sonucunda iç ve dış kalıp değişimindeki tüm iyileştirme önerilerinin hayata geçirilmesi durumunda Tablo 4 ve Tablo 5'te verilen hazırlık sürelerine ulaşılabileceği öngörülmüştür. Bu öneriler;

- Yeni dış kalıplar için makine alanına getirildiğinde bekleyebileceği alan oluşturulması,
- Farklı çaplara göre ayarlanabilen fonksiyonel, üç ayaklı taşıma aparatının, mandrellerin makine alanında geçici olarak dik durmasını sağlamak için kullanılması,
- Mandrel alt destek plakalarının mandrel çapı ve malzeme kalınlığına göre gruplandırılarak hangi plakanın

kullanılacağına belge oluşturularak kaydedilmesi,

- Presin üst tezgahına her kalıp için köşelere L şeklinde çizgiler çizilerek hangi inç olduğunun yazılmasıyla presteki kalıp yerleşim yerlerinin standartlaştırılması,
- Kalıp yan destek plakalarının hangi inç kalıp için kullanılacağına standartlaştırılması,
- İki operatörün aynı anda çalışmasını sağlayabilmek için ikinci tork makinesinin kullanılması,
- Balyoz gibi gerekli araçların bekleme alanlarının belirlenmesi.

Tablo 4
Tüm İyileştirme Önerileri ile Mandrel Değişimi (20 – 12 inç arası)

Ana İşlem	Süre (sn)	Hazırlık Çeşidi
Yeni mandrelin makine alanına taşınması	549	Dış
İç kalıp için gerekli plakanın getirilmesi	176	Dış
Mandrelin sökülmesi	228	İç
Mandrelin yere taşınması	52	İç
Mandrel için gerekli plakanın yerleştirilmesi	15	İç
Yeni mandrelin takılması	513	İç
Mandrelin sabitlenmesi	240	İç
Eski mandrelin bekleme alanına taşınması	301	Dış
Toplam iç hazırlık süresi	1048	17 dk 28 sn
Toplam dış hazırlık süresi	1026	17 dk 6 sn

Tablo 5
Tüm İyileştirme Önerileri ile Dış Kalıp Değişimi (20 – 12 inç arası)

Ana İşlem	Süre (sn)	Hazırlık Çeşidi
Sehpanın taşınması	433	Dış
Yeni kalıbın taşınması	380	Dış
Alt-üst kalıbın sökülmesi	1105	İç
Tezgah ile kalıp bağlantılarının sökülmesi	160	İç
Kalıbın sökülmesi	283	İç
Eski kalıbın taşınması	385	İç
Yeni kalıbın taşınması ve yerleştirilmesi	896	İç
Kalıbın sabitlenmesi	1489	İç
İtici kolun ayarlanması	1004	İç
Mandrel altındaki tezgahın ayarlanması	641	İç
Eski kalıbın taşınması, diğer araçların yerlerine götürülmesi	430	Dış
Sehpanın taşınması ve yerleştirilmesi	304	Dış
Toplam iç hazırlık süresi	5963	1 saat 39 dk 23 sn
Toplam dış hazırlık süresi	1547	25 dk 47 sn

Firma verilen iyileştirme önerilerinden yeni kalıplar ve mandrel için makine alanında geçici bir bekleme alanı oluşturmayı mevcut durumda hayata geçirememiştir. Bunun üzerine kalıpların bekleme konumlarının makine alanına daha yakın olmasına karar verilmiş ve metod etüdü yapılarak kalıp bekleme alanlarının konumları değiştirilmiştir. Bu iyileştirmeler sonucu oluşturulan planda ortaya çıkması öngörülen süreler Tablo 6 ve Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 6
Uygulanan İyileştirme Önerileri ile Mandrel Değişimi (20 – 12 inç arası)

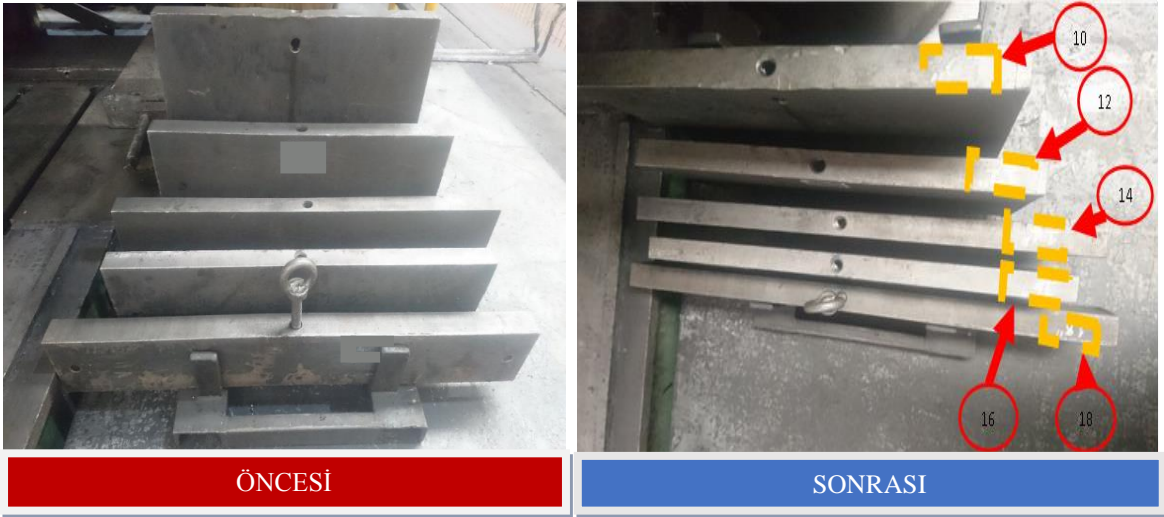
Ana İşlem	Süre (sn)	Hazırlık Çeşidi
İç kalıp için gerekliyse plaka getirilmesi	176	Dış
Vinç getirilmesi	174	Dış
Eski mandrelin sökülmesi	187	İç
Eski mandrelin bekleme alanına taşınması	301	İç
Yeni mandrelin makine alanına taşınması	375	İç
Yeni mandrel için gerekliyse altına plaka yerleştirilmesi	15	İç
Mandrelin altına alyan yerleştirilip kontrol edilmesi	-	İç
Yeni mandrelin sabitlenmesi	662	İç
Sıyırıcı civatalarının sökülüp ayarlanması	120	İç
Toplam iç hazırlık süresi	1660	27 dk 40 sn
Toplam dış hazırlık süresi	350	5 dk 50 sn

Tablo 7

Uygulanan İyileştirme Önerileri ile Dış Kalıp Değişimi (20 – 12 inç arası)

Ana İşlem	Süre (sn)	Hazırlık Çeşidi
Sehpanın taşınması	683	Dış
Alt-üst kalıbın sökülmesi	1359	İç
Tezgah ile kalıp bağlantılarının sökülmesi	243	İç
Kalıbın sökülmesi	283	İç
Eski kalıbın taşınması	725	İç
Yeni kalıbın taşınması ve yerleştirilmesi	962	İç
Kalıbın sabitlenmesi	1489	İç
İtici kolun ayarlanması	1100	İç
Mandrel altındaki tezgahın ayarlanması	641	İç
Toplam iç hazırlık süresi	6802	1 saat 53 dk 22 sn
Toplam dış hazırlık süresi	683	11 dk 23 sn

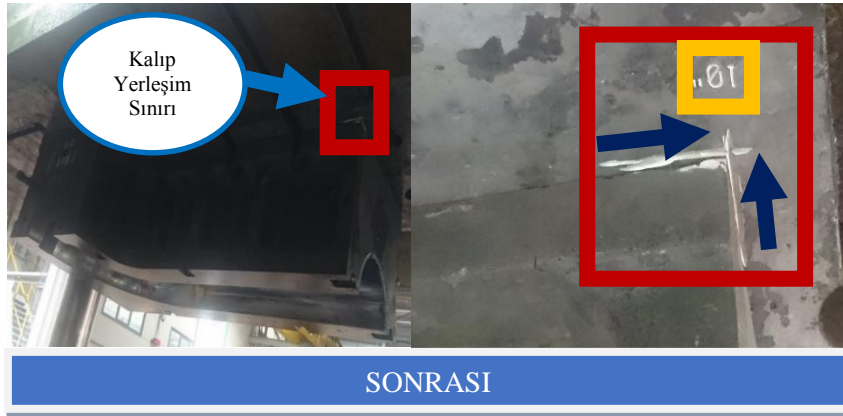
Verilen öneriler ile 5S çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bunlardan kalıp yan destek plakalarının standartlaştırılması işlemi Şekil 2’de, kalıp sınırlarını belirleme işlemi ise Şekil 3 ve Şekil 4’te gösterilmiştir.



Şekil 2. Kalıp Yan Destek Plakalarının Standardize edilmesi



Şekil 3. Dış Kalıpların Pres Tezgahındaki Yerleşim Sınırlarının Belirlenmesi



Şekil 4. Dış Kalıp Merkezleme Sınırları

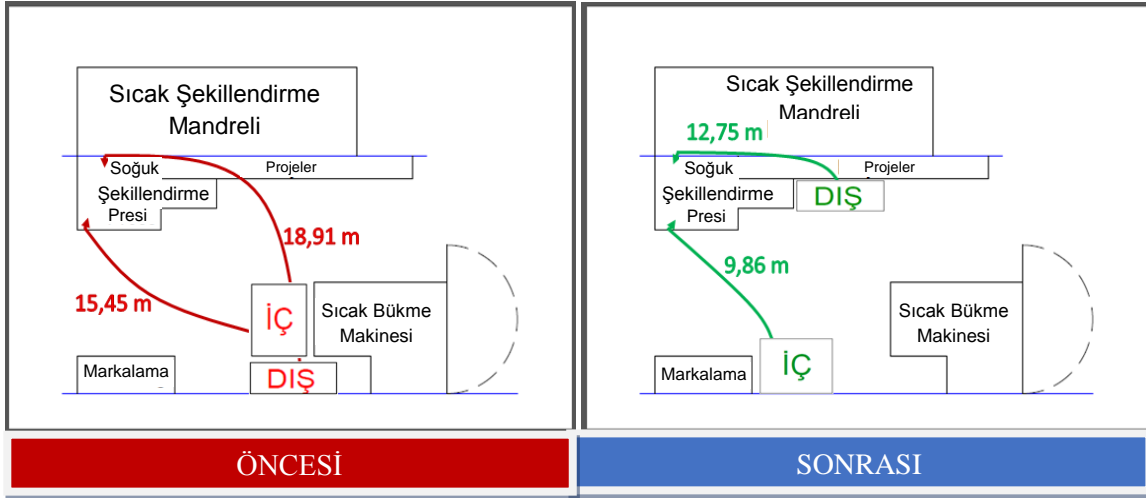
- Önceki Durum: Kalıpların tezgaha sabitlenmesini sağlayan yan destek plakalarının farklı çaplardaki kalıp değişiminde değişmesi gerekmektedir. Bu değişim için hangi plakanın hangi çapta kullanılacağı bilinmemekte, plaka seçimi için deneme yanılma yapılmaktaydı.
- Sonraki Durum: Bütün plakaların üst-sağ kısımlarına kullanılacakları kalıpların çapları inç cinsinden Şekil 2' deki gibi markalanarak standardizasyon sağlanmıştır.
- Önceki Durum: Dış kalıpların tezgah üst kısmında yerleşim yeri Şekil 3' deki gibi belirsizdi. Dış kalıpların pres tezgahına doğru yerleşmeleri hem aşırı zaman almakta hem de çok büyük güç

gerektirmekteydi. Ayrıca farklı çaptaki kalıplar için yerleşim sınırları her değişimde farklılık göstermektedir.

- Sonraki Durum: Pres tezgahının üst kısmına kalıpların çapları inç cinsinden markalanmış ve her kalıp için yerleşim sınırlarına Şekil 4' deki gibi L şeklinde çizgi çizilmiştir. Böylece kalıp yerleşim sınırlarında standartlaşma sağlanmıştır.

Metot etüdü çalışması ile alan düzenlemesi yapılmıştır ve pres makinesine uzak alanlarda konumlanan mandreller, dış kalıplar ve taşıma sehпасı makineye daha yakın yerleştirilerek taşımalar azaltılmış ve buna bağlı olarak kalıp değişim süresi kısaltılmıştır. Aşağıda verilen Şekil 5'de iç ve dış kalıpların eski bekleme alanları kırmızı,

Yeni bekleme alanları yeşil renklerle yerleşim planı üzerinde gösterilmiştir,



Şekil 5. İç ve Dış Kalıplar için Alan Düzenlemesi

Alan düzenlemesi yapılmadan önce mandreller Şekil 6'da gösterildiği gibi çapları küçükten büyüğe olacak şekilde yerleştirilmekteydi. Yapılan düzenleme ile mandreller Şekil 7'deki gibi yerleştirilerek büyük ve ağır mandreller makine alanına hem daha yakın konumlandırılmıştır hem de vince bağlama ve taşıma işlemleri kolaylaştırılmıştır.

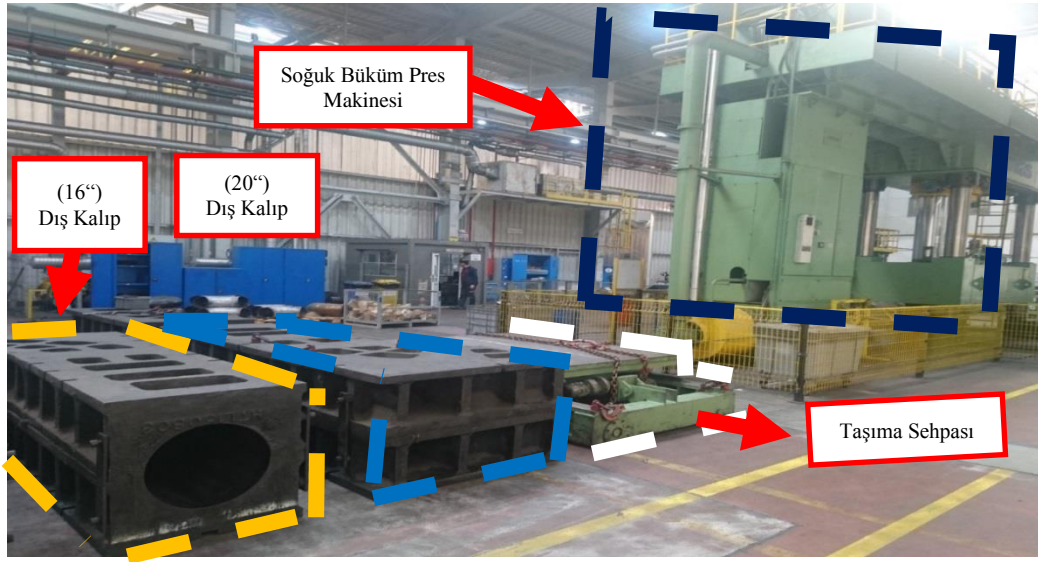


Şekil 6. Mandrellerin Eski Stok alanı



Şekil 7. Mandrellerin Yeni Stok Alanı

Metod etüdü çalışması ile dış kalıplar Şekil 8'de görüldüğü gibi tezgahın yanında olacak şekilde konumlandırılmıştır. Her kalıp değişiminde kullanılan kalıp taşıma sehpa'sı makineye en yakın konumda olacak şekilde yerleştirilmiştir.



Şekil 8. Dış Kalıpların Yeni Yerleşim Yeri

Daha sonra 5S ve metot etüdü çalışmalarıyla düzenlenen iş istasyonundaki kalıp değişim işleminde görev alan operatörlere iş ataması yapılarak yeni bir çalışma talimatı hazırlanmıştır. Bu

sayede mevcut duruma göre operatörlerin doluluk oranları arttırılmıştır. Bu oranlar Tablo 8'de gösterilmiştir.

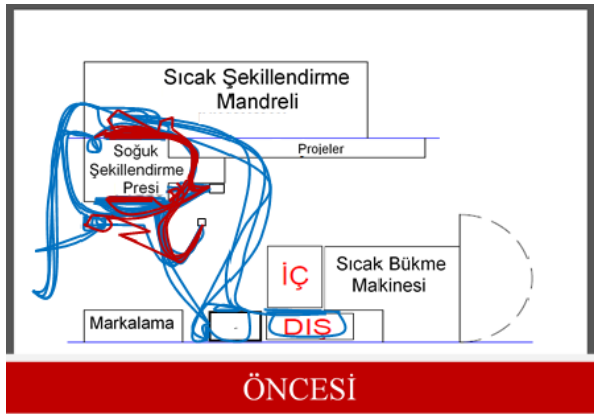
Tablo 8

Eski Çalışma Talimatı ve Yeni Çalışma Talimatı için Operatör Dolulukları

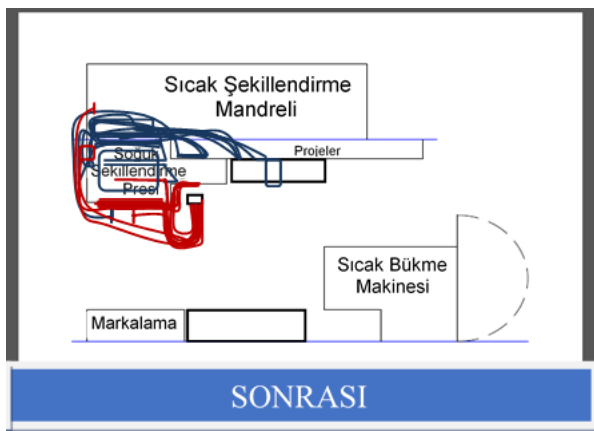
20"-12" DIŞ KALIP DEĞİŞİMİ			20-12" DIŞ KALIP DEĞİŞİMİ		
Ana İşlem	1.Operatör	2.Operatör	Ana İşlem	1. Operatör	2. Operatör
Alt-üst Kalıbın sökülmesi			Sehpanın Taşınması		
Sehpanın Taşınması ve Yerleştirilmesi			Alt-üst Kalıbın sökülmesi		
Tezgah ile Kalıp Bağlantılarının Sökülmesi			Tezgah ile Kalıp Bağlantılarının Sökülmesi		
Kalıbın sökülmesi			Kalıbın sökülmesi		
Sökülen Kalıpların Taşınması			Eski kalıbın taşınması		
Diğer Kalıbın Taşınması			Yeni kalıbın taşınması ve yerleştirilmesi		
Kalıbın Tezgaha Yerleştirilmesi			Kalıbın sabitlenmesi		
Sehpanın Taşınması ve Yerleştirilmesi			İtici kolun ayarlanması		
Kalıbın Sabitlenmesi			Mandrel altındaki tezgahın ayarlanması		
İtici kol ayarının yapılması					
Mandrel altındaki tezgah ayarının yapılması					
	74%	41%		94%	79%
ÖNCEŞİ			SONRASI		

Operatörlere iş ataması yapılarak hazırlanan çalışma talimatının firmada operatörler tarafından uygulanması sonucunda elde edilen doluluk oranları eski duruma göre 1.operatörde %27 'lik 2.operatörde %92 'lik bir artış yaşamıştır ve firmanın kalıp değişimi için kullandığı çalışma talimatı güncellenmiştir.

Kalıp değişim işlemi sırasında mevcut çalışma talimatına bağlı olarak çalışan iki operatörün kırmızı ve mavi çizgilerle gösterilen hareketleri gözlenmiş ve yerleşim planı üzerinde Şekil 9'da gösterilmiştir. Şekil 10'da ise yapılan alan düzenlemesi ve güncellenen çalışma talimatı sonucunda kalıp değişiminde çalışan operatörlerin yeni hareketleri yerleşim planı üzerinde Spagetti diyagramı ile gösterilmiştir.



Şekil 9. Eski Çalışma Talimatına göre Metot Etüdü Öncesi Spagetti Diyagramı



Şekil 10. Yeni Çalışma Talimatına Göre Metot Etüdü Sonrası Spagetti Diyagramı

Çalışma sonucunda kalıp değişimi sırasında karmaşık hareketlerde bulunan işçilerin yapılan düzenleme ile operasyonlarını paralel gerçekleştirmeleri sağlanarak daha basit ve verimli çalışmaları planlanmıştır. Bu şekilde kalıp değişiminin beklenenden daha kısa sürede yapılması hedeflenmiştir.

Kalıp değişiminde çalışan operatörün yaptığı iş boyunca harcadığı enerjinin onun yorulmasına ve ek molalara gereksinim duymasına neden olup olmadığını belirlemek adına bir ergonomi çalışması gerçekleştirilmiştir. Bunun için ilk olarak video analiz yöntemi kullanılarak mevcut ve güncellenen çalışma talimatına uygun çalışan operatörün hareketleri gözlenmiş ve buna bağlı harcadıkları enerji miktarları Tablo 9'daki referans değerleri (Babalık, 2014) alınarak bulunmuştur.

Tablo 9
Harcanan Enerji Değerleri (Babalık, 2014)

Gerçekleştirilen Çalışmalar	Harcanan Enerji(Joule/saniye)
Tam Eğilme	35
Ayakta Durma	41,7
Eğik Ayakta Duruş	56,7
Düz Yolda Yürüme(orta hız)	216,7
Yükle Yürüme(10 kg)	251,7
Yükle Yürüme(30 kg)	371,7
Vinç Kullanma(eski tasarım)	181,7
Transpalet Kullanma	48,3
Tornavida ile sıkma-sökme	112
Şarjlı tornavida ile sıkma-sökme	153
Çekiçle vurma(10 kg)	903

Operatörün kaybettiği enerjisinin değerlendirilmesinde eşik değer olarak sürekli performans sınırı (SPS) baz alınmıştır. Sürekli performans sınırı, enerji sunumu ve gereksiniminin dengede kaldığı, çok fazla yorulmadan ve özel molalara ihtiyaç duymadan 8 saatlik bir vardiya boyu yapılabilen en büyük işi ifade eder. Bir erkek işçi gözlemlendiği için SPS 250 Watt olarak alınmıştır (Babalık, 2014).

Tablo 10'da mevcut çalışma talimatına göre, Tablo 11'da güncel çalışma talimatına göre çalışan operatörün harcadığı enerji miktarları verilmiştir.

Tablo 10

İyileştirme Öncesi Temel Hareketlerde Harcanan Enerji (20"-12" DIŞ KALIP DEĞİŞİMİ)

Ana İşlem	Yapılan Çalışma	Harcanan Enerji(Joule)
Alt-üst kalıbın sökülmesi	Düz yolda yürüme(orta hız), şarjlı tornavida ile sökme, tam eğilme, ayakta durma, şarjlı tornavida ile sıkma, eğik ayakta duruş	771568,745
Sehpanın taşınması ve yerleştirilmesi	Düz yolda yürüme(orta hız), vinç kullanma(eski tasarım), ayakta durma, tam eğilme	145269,2
Tezgah ile kalıp bağlantılarının sökülmesi	Ayakta durma, düz yolda yürüme(orta hız), yükte yürüme(10 kg), çekiçle vurma(10 kg), tam eğilme, tornavida ile sıkma, yükte yürüme(30 kg)	104537,4
Kalıbın sökülmesi	Düz yolda yürüme(orta hız), ayakta durma, vinç kullanma(eski tasarım), eğik ayakta duruş, şarjlı tornavida ile sökme, tam eğilme	86686,5
Sökülen kalıpların taşınması	Düz yolda yürüme(orta hız), tam eğilme, tornavida ile sıkma, vinç kullanma(eski tasarım), ayakta durma, eğik ayakta duruş	222534,1
Diğer kalıbın taşınması	Vinç kullanma(eski tasarım), ayakta durma, tornavida ile sıkma, düz yolda yürüme(orta hız)	131894,7
Kalıbın yerleştirilmesi	tezgaha Düz yolda yürüme(orta hız), ayakta durma, şarjlı tornavida ile sökme, vinç kullanma(eski tasarım), eğik ayakta duruş, tam eğilme, transpalet kullanma, yükte yürüme(10 kg), çekiçle vurma(10 kg)	968369,6
Sehpanın taşınması ve yerleştirilmesi	Düz yolda yürüme(orta hız), ayakta durma, vinç kullanma(eski tasarım)	92553,9
Kalıbın sabitlemesi	Düz yolda yürüme(orta hız), tam eğilme, şarjlı tornavida ile sıkma, ayakta durma, şarjlı tornavida ile sökme, tornavida ile sıkma, yükte yürüme(30 kg)	183101,2
İtici kol ayarının yapılması	Düz yolda yürüme(orta hız), ayakta durma, şarjlı tornavida ile sıkma, eğik ayakta duruş, yükte yürüme(10 kg), çekiçle vurma(10 kg), tam eğilme, tornavida ile sıkma	304203,5
Mandrel altındaki tezgah ayarının yapılması	Düz yolda yürüme(orta hız), tam eğilme, ayakta durma, eğik ayakta duruş, şarjlı tornavida ile sökme, yükte yürüme(10 kg), vinç kullanma(eski tasarım), şarjlı tornavida ile sıkma	218276,3
TOPLAM HARCANAN ENERJİ(JOULE)		3228995,15

Tablo 10' dan elde edilen veriler ile operatörün kaybettiği güç değeri eşitlik 1'e göre hesaplanarak 299 watt olarak bulunmuştur.

$$\frac{Joule}{Sn} = Watt \quad (1)$$

Tablo 11

İyileştirme Sonrası Temel Hareketlerde Harcanan Enerji (20"-12" DIŞ KALIP DEĞİŞİMİ)

Ana İşlem	Yapılan Çalışma	Harcanan Enerji(Joule)
Sehpanın Taşınması	Vinç kullanma(eski tasarım), düz yolda yürüme(orta hız), ayakta durma, eğik ayakta duruş, transpalet kullanma	148781,3
Alt-üst Kalıbın sökülmesi	Vinç kullanma(eski tasarım), şarjlı tornavida ile sökme, şarjlı tornavida ile sıkma, ayakta durma, düz yolda yürüme(orta hız), tam eğilme, eğik ayakta duruş	215622,4
Tezgah ile Kalıp Bağlantılarının Sökülmesi	Düz yolda yürüme(orta hız), yükle yürüme(10 kg), çekiçle vurma(10 kg), tam eğilme, eğik ayakta duruş, ayakta durma	75280,7
Kalıbın sökülmesi	Tam eğilme, düz yolda yürüme(orta hız), eğik ayakta duruş, ayakta durma, vinç kullanma(eski tasarım), şarjlı tornavida ile sökme	42351,3
Eski kalıbın taşınması	Düz yolda yürüme(orta hız), vinç kullanma(eski tasarım), ayakta durma, tam eğilme, eğik ayakta duruş, tornavida ile sıkma	190811,9
Yeni kalıbın taşınması ve yerleştirilmesi	Düz yolda yürüme(orta hız), vinç kullanma(eski tasarım), ayakta durma, tam eğilme, eğik ayakta duruş, tornavida ile sıkma	87476
Kalıbın sabitlenmesi	Düz yolda yürüme(orta hız), vinç kullanma(eski tasarım), ayakta durma, tam eğilme, tornavida ile sıkma, yükle yürüme(30 kg), şarjlı tornavida ile sıkma	173338
İtici kolun ayarlanması	Düz yolda yürüme(orta hız), ayakta durma, tam eğilme, tornavida ile sıkma, şarjlı tornavida ile sıkma, eğik ayakta duruş, yükle yürüme(10 kg), çekiçle vurma(10 kg)	137912,1
Mandrel altındaki tezgahın ayarlanması	Düz yolda yürüme(orta hız), ayakta durma, tam eğilme, eğik ayakta duruş, yükle yürüme(10 kg), şarjlı tornavida ile sıkma, vinç kullanma(eski tasarım), şarjlı tornavida ile sökme	113967,7
TOPLAM HARCANAN ENERJİ(JOULE)		1185541,4

Tablo 11'den elde edilen veriler ile operatörün kaybettiği güç değeri eşitlik 1'e göre hesaplanarak 165 watt olarak bulunmuştur.

Tablo 12'de uygulanan ergonomi çalışmasının karşılaştırmalı bir sonucu gösterilmiştir.

Tablo 12
Ergonomi Çalışması Sonuçları

Çalışma Türü	Harcanan Güç	SPS	Sonuç
Mevcut çalışma talimatı	299 watt	250 watt	(Güç değeri > SPS değeri) Operatör çok fazla yorulmakta ve özel molalara ihtiyaç duymaktadır.
Önerilen çalışma talimatı	165 watt	250 watt	(Güç değeri < SPS değeri) Operatörün yorulması ve özel molalara ihtiyaç duyması söz konusu değildir.

6. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada çelik boru üretimi yapan bir firmanın soğuk büküm pres makinesinde gerçekleştirilen kalıp değişim süreci ele alınmıştır. Yalın üretim tekniklerinden SMED, 5S, standardizasyon, metot etüdü, Kaizen ve ergonomik analiz gibi yöntemler ile çözüm önerileri oluşturulmuştur. Bilimsel yazın araştırması sonucunda, bazı sektörlere ait SMED tekniği uygulamasında iç hazırlık sürelerini dış hazırlık sürelerine çevirmenin çalışma güvenliği açısından bir sorun teşkil etmediği ve SMED' in adımlarının kolaylıkla uygulanabildiği görülmüştür. Ancak çalışmanın gerçekleştirildiği çelik boru üretim sektöründe ayar adımlarının birçoğu makine duruş

halindeyken yapılabilen aksiyonlar halinde güvenli çalışma ortamından uzaklaşmaktadır. Bu nedenle öncelikle güvenliği dikkate alarak dış hazırlığa dönüştürülebilecek işlemler belirlenmiştir daha sonra iç hazırlık işlemlerinde paralel yapılabilecek operasyonlar belirlenerek operatörlere iş ataması gerçekleştirilmiştir. İç hazırlık işlemlerinde çalışma ortamı güvenliği oluşturulmuş ve operatör doluluk oranlarında % 60 artış sağlanmıştır. Gerçekleştirilen 5S çalışmaları ve metot etüdü sonucunda kalıp değişimi için oluşturulan çalışma talimatı ile yapılan uygulamada elde edilen süreler Tablo 13 ve Tablo 14'de verilmiştir.

Tablo 13
Dış Kalıp Değişim Süresi (16"-12" DIŞ KALIP İÇİN HAZIRLIK İŞLEMLERİ)

Ana İşlem	Süre (sn)	Hazırlık Çeşidi
Sehpanın Taşınması	231	Dış
Alt-üst Kalıbın sökülmesi	881	İç
Tezgah ile Kalıp Bağlantılarının Sökülmesi	229	İç
Kalıbın sökülmesi	178	İç
Eski kalıbın taşınması	334	İç
Yeni kalıbın taşınması ve yerleştirilmesi	1050	İç
Kalıbın sabitlenmesi	703	İç
İtici kolun ayarlanması	472	İç
Mandrel altındaki tezgahın ayarlanması	365	İç
Toplam iç hazırlık süresi	4212	1 saat 10 dk 12 sn
Toplam dış hazırlık süresi	231	3 dk 51 sn

Tablo 14

İç Kalıp Değişim Süresi (10"(12,7-9,27) MANDREL İÇİN DIŞ HAZIRLIK İŞLEMLERİ)

Ana İşlem	Süre (sn)	Hazırlık Çeşidi
Vinç getirilmesi	25	Dış
Eski mandrel in sökülmesi	83	İç
Eski mandrel in bekleme alanına taşınması	147	İç
Yeni mandrel in makine alanına taşınması	178	İç
Mandrel in altına alyan yerleştirilip kontrol edilmesi	468	İç
Yeni mandrel in sabitlenmesi	164	İç
Toplam iç hazırlık süresi	1040	17 dk 20 sn
Toplam dış hazırlık süresi	25	25 sn

Sıfır maliyet ile yapılan düzenlemeler sonucunda bir dış kalıp değişiminde 114 dakika, bir iç kalıp değişiminde ise 34 dakika tasarruf sağlanarak dış kalıp değişimi süresi % 62, iç kalıp değişimi süresi ise % 66 iyileştirilmiştir. Toplam sürede % 63 iyileştirme sağlanmıştır.

Daha önce gerçekleşen dokuz aylık bir proje göz önüne alındığında 67 kez dış kalıp değişimi ve 105 kez iç kalıp değişimi yapıldığı görülmüştür. Bu durumda; $67 \cdot 114 + 105 \cdot 34 \approx 187$ saat tasarruf sağlanabilecektir. Dokuz ayda 187 saat tasarruf sağlanırsa bir yılda yaklaşık 250 saat tasarruf sağlanacaktır.

Çalışma sonucunda SMED yöntemi kullanılarak ağır sanayi sektöründe hazırlık süreleri minimize edilerek esnek üretime imkan sağlanmıştır. Çalışmada elde edilen %63 oranındaki iyileşme değeri ile, tamamıyla operatör insiyatifine bağlı ve herhangi bir standardı olmayan geniş zaman aralıklarında yapılan hazırlık zamanı işlerinin nasıl en iyilenebileceğine yönelik uygulama çalışması ile bilimsel yazına katkı sunulmuştur. Kullanılan yöntemler benzer üretim sistemine sahip farklı sektörlerde uyarlanarak uygulanabilir.

Teşekkür

Çalışmaya verdiği desteklerden dolayı ÇİMTAŞ Boru İmalatları ve Tic. Ltd. Şti. firmasına teşekkürlerimizi sunarız.

Araştırmacıların Katkısı

Bu araştırmada; Seval ENE YALÇIN, çalışmanın tasarımının yapılması, makale yazımı, bilimsel yayın araştırması ve sonuçların yorumlanması; Selin AKIN,

bilimsel yayın araştırması ve çalışmanın uygulama kısmının yapılması; Berkan ELMAS, bilimsel yayın araştırması ve çalışmanın uygulama kısmının yapılması; Murat EREN, bilimsel yayın araştırması ve çalışmanın uygulama kısmının yapılması; Tülin GÜNDÜZ, çalışmanın tasarımının yapılması, yönetilmesi ve sonuçların yorumlanması konularında katkı sağlamışlardır.

Çıkar Çatışması

Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynaklar

- Babalık, C. F. (2014). *Mühendisler için ergonomi işbilim*. Bursa: Dora Yayınevi.
- Basri, A.Q. & Mohamed, N.M.Z.N. (2017). The study of extended single minute exchange of die (SMED) method in 1200 tonnage tandem press line for operation improvement. *Proceedings of The 47th International Conference on Computers & Industrial Engineering*, 1-7, Lisbon.
- Ergonomi nedir?. (2011). Erişim adresi: <https://ergo08516.wordpress.com/ergonomi-nedir/>.
- Kemalbay, V. (2012). *Tekli dakikalarda kalıp değiştirme zeki karar destek sistemi ve tekstil sektöründe uygulaması* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Filiz, H. (2008). *Yalın üretim tekniklerinden hızlı kalıp değişimi ve bir uygulama* (Yüksek Lisans Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.

- Ferradás, P. G. & Salonitis, K. (2013). Improving changeover time: A tailored SMED approach for welding cells. *Procedia CIRP*, 7, 598-603. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2013.06.039>
- Hülagü, K.T. (2011). *Çelik boru imalatında yalın üretim ve SMED uygulaması* (Yüksek Lisans Tezi). Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Kumar, B.S. & Abuthakeer, S.S. (2012). Productivity enhance by implementing lean tools and techniques in an automotive industry. *Annals of Faculty Engineering Hunedoara-International Journal of Engineering*, Fascicule 1, 167-172. Erişim adresi: <http://annals.fih.upt.ro/pdf-full/2012/ANNALS-2012-1-27.pdf>
- Sarı, E.B. (2018). Yalın üretim uygulamaları ve kazanımları. *International Journal of Economic and Administrative Studies*, 17, 585-600. doi: <https://doi.org/10.18092/ulikidince.439034>
- Shingo, S. (1985). *A revolution in manufacturing: the SMED system*. Cambridge, MA: Productivity Press.
- Tanık, M. (2010). Kalıp ayar sürelerinin Smed metodolojisi ile iyileştirilmesi: Bir yalın altı sigma uygulaması. *Muğla Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 25, 117-140. Erişim adresi: <http://www.sobbiad.mu.edu.tr/index.php/asd/article/view/328/292>
- Turgut, Ö. (2018). Ergonomi nedir?. Erişim adresi: <http://www.ozdenosgb.com/blog/ergonomi-nedir>.