

**T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SMED-TAGUCHI YÖNTEMİ ESASLI İŞ  
SIRALAMASI YAKLAŞIMI İLE TOPLAM AYAR  
SÜRESİNİN AZALTILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Hakan ÇELİK**

**Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Esra TEKEZ**

**Haziran 2019**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SMED-TAGUCHI YÖNTEMİ ESASLI İŞ  
SIRALAMASI YAKLAŞIMI İLE TOPLAM AYAR  
SÜRESİNİN AZALTILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hakan ÇELİK

Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 12.06.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Doç.Dr.Semra Boran Doç.Dr.Emra Tekin Dr.Öğr.Üyesi Gayeysel  
Boran  
Jüri Başkanı  
Üye  
Üye

## **BEYAN**

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Hakan ÇELİK

12.06.2019

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Doç. Dr. Esra TEKEZ’e teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bu çalışma boyunca manevi desteğini eksik etmeyen eşim Kübra ÇELİK’e göstermiş olduğu sabırdan dolayı teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

|                                                         |     |
|---------------------------------------------------------|-----|
| TEŞEKKÜR .....                                          | i   |
| İÇİNDEKİLER .....                                       | ii  |
| SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ .....                   | v   |
| ŞEKİLLER LİSTESİ .....                                  | vi  |
| TABLolar LİSTESİ .....                                  | vii |
| ÖZET .....                                              | ix  |
| SUMMARY .....                                           | x   |
| BÖLÜM 1.                                                |     |
| GİRİŞ .....                                             | 1   |
| BÖLÜM 2.                                                |     |
| KAYNAK ARAŞTIRMASI .....                                | 6   |
| 2.1. SMED Metodolojisi ile İlgili Çalışmalar .....      | 6   |
| 2.2. OEE ile İlgili Çalışmalar .....                    | 10  |
| 2.3. Taguchi Deney Tasarımı ile İlgili Çalışmalar ..... | 12  |
| 2.4. Literatür Çalışmalarının Değerlendirilmesi .....   | 15  |
| BÖLÜM 3.                                                |     |
| METOD VE YÖNTEM .....                                   | 17  |
| 3.1. Yalın Üretim Prensibi .....                        | 17  |
| 3.1.1. VSM (değer akış haritalama) .....                | 19  |
| 3.1.2. Kaizen (sürekli iyileştirme) .....               | 20  |
| 3.1.3. Poka- yoke (hatasızlaştırma) .....               | 22  |
| 3.1.4. TPM (toplam üretken bakım) .....                 | 23  |

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1.5. 5S prensibi .....                                                  | 24 |
| 3.1.6. Hücresel üretim .....                                              | 26 |
| 3.1.7. Kanban ve çekme sistemi .....                                      | 26 |
| 3.2. SMED (Tekli Dakikalardan Ayar Değişimi) .....                        | 27 |
| 3.2.1. Tesis etkinlik düzeyinin ve çalışma alanının belirlenmesi .....    | 29 |
| 3.2.2. Makine mevcut durumunun analiz edilmesi .....                      | 30 |
| 3.2.3. İç ve dış ayar adımlarının ayrıştırılması .....                    | 30 |
| 3.2.4. İç ayar faaliyetlerinin dış ayar faaliyetlerine dönüştürülmesi ... | 31 |
| 3.2.5. Ayar adımlarının iyileştirilmesi .....                             | 32 |
| 3.2.6. Çalışma etkinliğinin ölçülmesi .....                               | 33 |
| 3.3. OEE (Toplam Ekipman Etkinliği) .....                                 | 34 |
| 3.3.1. OEE unsurları .....                                                | 36 |
| 3.3.1.1. Kullanılabilirlik .....                                          | 36 |
| 3.3.1.2. Performans .....                                                 | 37 |
| 3.3.1.3. Kalite .....                                                     | 37 |
| 3.3.2. OEE hesaplaması .....                                              | 38 |
| 3.4. Taguchi Deney Tasarımı .....                                         | 39 |
| 3.4.1. Problemin belirlenmesi .....                                       | 40 |
| 3.4.2. Faktör ve faktör seviyelerinin tespit edilmesi .....               | 40 |
| 3.4.3. Ortogonal dizinin seçilmesi .....                                  | 41 |
| 3.4.4. Deney gerçekleştirilmesi ve sonuçların alınması .....              | 42 |
| 3.4.5. Varyans analizi .....                                              | 43 |
| 3.5. Üretim Planlama Fonksiyonu Olarak İş Sıralaması .....                | 45 |

#### BÖLÜM 4.

|                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| SMED TAGUCHİ ESASLI İŞ SIRALAMASI İLE TOPLAM AYAR<br>SÜRESİNİN AZALTILMASI ..... | 48 |
| 4.1. İşletme ve Faaliyet Alanı Hakkında Genel Bilgi .....                        | 49 |
| 4.2. Ekipman Etkinliğinin Ölçülmesi ve Üretim Hattının Belirlenmesi ....         | 50 |
| 4.2.1. Kayıp türlerinin belirlenmesi .....                                       | 51 |
| 4.2.2. Üretim hatlarının etkinliğinin hesaplanması .....                         | 52 |
| 4.2.3. Üretim hatlarının öncelik sıralaması .....                                | 56 |

|                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.3. Kayıp Analizi ve İyileştirme Planının Oluşturulması .....            | 56  |
| 4.4. Üretim Prosesinin İncelenmesi ve Mevcut Durum Analizi .....          | 59  |
| 4.4.1. Üretim prosesi süreç adımları .....                                | 60  |
| 4.4.2. Ayar süreci adımları .....                                         | 65  |
| 4.4.3. Mevcut durumun analiz edilmesi .....                               | 67  |
| 4.5. SMED Metodolojisi ile Ayar Sürelerinin İyileştirilmesi .....         | 70  |
| 4.5.1. İç ve dış ayar işlemlerinin ayrıştırılması .....                   | 70  |
| 4.5.2. İyileştirme çalışması ile iç ayarın dış ayara dönüştürülmesi ..... | 74  |
| 4.5.3. Ayar adımlarının iyileştirilmesi .....                             | 75  |
| 4.6. Taguchi Metodu ile Ayar Sürelerinin Optimizasyonu .....              | 82  |
| 4.6.1. Faktör türlerinin ve seviyelerinin belirlenmesi .....              | 83  |
| 4.6.2. Serbestlik derecesi ve ortogonal dizi seçimi .....                 | 85  |
| 4.6.3. Deneyin gerçekleştirilmesi ve etkin faktörün belirlenmesi .....    | 87  |
| 4.6.4. Varyans analizi .....                                              | 89  |
| 4.6.5. İdeal seviye sonuçları ve iyileştirme planı .....                  | 90  |
| 4.6.6. İki sipariş arası ayar süresinin belirlenmesi .....                | 93  |
| 4.7. İş Sıralama Yaklaşımı ile Toplam Ayar Süresinin Minimizasyonu ....   | 95  |
| 4.8. Çalışma Etkinliğinin Ölçülmesi .....                                 | 98  |
| 4.8.1. Mevcut plana göre çalışma etkinliğinin ölçülmesi .....             | 99  |
| 4.8.2. İş sıralamasına göre çalışma etkinliğinin ölçülmesi .....          | 100 |
| 4.8.3. Mevcut ve oluşturulan planın değerlendirilmesi .....               | 101 |

## BÖLÜM 5.

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| TARTIŞMA VE SONUÇ ..... | 102 |
| KAYNAKLAR .....         | 107 |
| EKLER .....             | 113 |
| ÖZGEÇMİŞ .....          | 175 |

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

|           |                                               |
|-----------|-----------------------------------------------|
| AISI      | : American Iron and Steel Institute           |
| ANOVA     | : Analysis of Variance                        |
| ANP       | : Analytic Network Process                    |
| CNC       | : Computer Numerical Control                  |
| ERP       | : Enterprise Resource Planning                |
| $F_A$     | : A faktörü F değeri                          |
| FVSM      | : Future Value Stream Mapping                 |
| JIT       | : Jit in Time                                 |
| $k_A$     | : A faktörü kademe sayısı                     |
| N         | : Dizideki toplam deney sayısı                |
| OEE       | : Overall Equipment Effectiveness             |
| S/N       | : Sinyal/ Gürültü oranı                       |
| $SS_T$    | : Toplam kareler toplamı                      |
| SMED      | : Single Minute Exchange of Die               |
| T         | : Tüm verilerin aritmetik ortalaması          |
| TKY       | : Toplam Kalite Yönetimi                      |
| TPM       | : Total Productive Maintenance                |
| $V_0$     | : Hata serbestlik derecesi                    |
| $V_A$     | : A faktörüne ait serbestlik derecesi         |
| $V_{A*B}$ | : A ve B etkileşimine ait serbestlik derecesi |
| $V_T$     | : Toplam serbestlik derecesi                  |
| VSM       | : Value Stream Mapping                        |
| $W_A$     | : A faktörü varyans değeri                    |
| Y         | : Kalite Değişkeni                            |
| $y_i$     | : Deneyde elde edilen gözlem sonucu           |

## ŞEKİLLER LİSTESİ

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 2.1. Çalışma akış süreci .....                             | 4  |
| Şekil 3.1. VSM uygulama süreci .....                             | 14 |
| Şekil 3.2. Kobetsu kaizen süreci .....                           | 16 |
| Şekil 3.3. 5S uygulama adımları .....                            | 19 |
| Şekil 3.4. Ayar süresi içerisindeki iç ve dış ayar kavramı ..... | 23 |
| Şekil 3.5. OEE unsurları .....                                   | 30 |
| Şekil 4.1. Malzeme akış şeması.....                              | 56 |
| Şekil 4.2. İç ayarın dış ayara dönüştürülmesi çalışması .....    | 70 |
| Şekil 4.3. İş sıralaması akış diyagramı .....                    | 92 |

## TABLÖLAR LİSTESİ

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| Tablo 2.1. SMED literatür özeti .....                                       | 2  |
| Tablo 2.2. Taguchi deney tasarımı literatür özeti .....                     | 7  |
| Tablo 4.1. Üretim hatları kayıp türleri .....                               | 47 |
| Tablo 4.2. Kabuk soyma hattı ocak ayı verileri .....                        | 48 |
| Tablo 4.3. Üretim hatları OEE oranları .....                                | 50 |
| Tablo 4.4. Üretim hatlarının önceliklendirilmesi .....                      | 51 |
| Tablo 4.5. Soğuk çekme hattı-1 kayıp analizi .....                          | 53 |
| Tablo 4.6. Soğuk çekme hattı-1 kayıp oranları ve Pareto analizi .....       | 54 |
| Tablo 4.7. Soğuk çekme hattı-1 ayar adımları .....                          | 61 |
| Tablo 4.8. Ayar adımları mevcut durum tablosu .....                         | 64 |
| Tablo 4.9. 5S Uygulama faaliyetleri .....                                   | 66 |
| Tablo 4.10. Ayar işlemleri mevcut durum tablosu .....                       | 68 |
| Tablo 4.11. İyileştirme aksiyonları .....                                   | 75 |
| Tablo 4.12. SMED çalışması ayar adımları işlem süreleri .....               | 76 |
| Tablo 4.13. Faktör ve faktör seviyeleri .....                               | 78 |
| Tablo 4.14. Ayar işlemlerinin faktör grupları .....                         | 79 |
| Tablo 4.15. Faktör serbestlik dereceleri ve ortogonal dizi seçimi .....     | 80 |
| Tablo 4.16. Faktör grubu-1 için 19 ortogonal dizisi .....                   | 81 |
| Tablo 4.17. Faktör grubu-2 için 127 ortogonal dizisi .....                  | 81 |
| Tablo 4.18. Soğuk çekme kalıbı değişim deney sonuçları ve S/N tablosu ..... | 82 |
| Tablo 4.19. Soğuk çekme kalıbı değişim S/N yanıt tablosu .....              | 83 |
| Tablo 4.20. Ayar adımları ideal faktör seviyeleri .....                     | 83 |
| Tablo 4.21. Soğuk çekme kalıbı değişimi anova testi .....                   | 84 |
| Tablo 4.22. Soğuk çekme kalıbı için iyileşme sonrası süreler .....          | 85 |
| Tablo 4.23. Faktör etkisi azaltıcı aksiyonlar .....                         | 86 |
| Tablo 4.24. Taguchi deney tasarımı sonrası işlem süreleri .....             | 87 |

|                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tablo 4.25. İki sipariş arası örnek ayar adımları incelemesi ( $\phi 16$ ile $\phi 30$ mm) ... | 89  |
| Tablo 4.26. Alternatif önceliklendirme sıralaması .....                                        | 91  |
| Tablo 4.27. Mevcut plana göre toplam ayar süresinin değerlendirilmesi .....                    | 94  |
| Tablo 4.28. İş sıralamasına göre toplam ayar süresinin değerlendirilmesi .....                 | 95  |
| Tablo 4.29. SMED Taguchi esaslı iş sıralaması yaklaşımının değerlendirilmesi ...               | 96  |
| Tablo 5.1. Çalışma değerlendirme tablosu .....                                                 | 100 |
| Tablo 5.2. SMED Taguchi esaslı iş sıralaması değerlendirme sonuçları .....                     | 100 |



## ÖZET

Anahtar kelimeler: SMED, Taguchi, OEE, İş Sıralama

Üretim işletmeleri için en önemli kayıp türlerinden birisi ayar süreleridir. SMED metodolojisi, ayar sürelerinin azaltılması amacı ile kullanılan yalın üretim tekniklerinden birisidir. SMED uygulamalarında, birim ayar süresine odaklanılmaktadır. Bunun yanı sıra, ayara etki eden faktörler ve iki üretim dışında genel üretimin sıralamasına odaklanılmamaktadır.

Bu çalışmanın amacı, SMED metodolojisi ile göz ardı edilen unsurları bir araya getiren ve toplam ayar süresini azaltacak bir hibrit yöntem oluşturmaktadır. Uygulama için, parlak çelik imalatı yapan bir işletmenin soğuk çekme hattı seçilmiştir.

Soğuk çekme hattında SMED, Taguchi ve iş sıralama yöntemleri birlikte uygulanarak toplam ayar süresinin değişimi incelenmiştir. Çalışmanın başlangıcında, birim ayar sürelerinin azaltılması için SMED yöntemi kullanılmıştır. SMED uygulamasının devamında, ayar süresine etki eden faktörlerin belirlenmesi, analizi ve faktör etkilerinin azaltılması aşamasında Taguchi Deney Tasarımı yönteminden faydalanılmıştır. Taguchi Deneyleri sonrası elde edilen verilere bağlı olarak ANOVA testi uygulanmış ve belirlenen faktörlerin tamamının, ayar süresine etki ettiği sonucuna ulaşılmıştır ( $p<0,05$ ). SMED ve Taguchi yöntemleri sonrası elde edilen birim ayar sürelerine bağlı olarak, iş sıralamasının oluşturulması için önceliklendirme kuralları belirlenmiştir. Belirlenen altı adet önceliklendirme kuralının kendi içerisindeki sıralaması, deneyime bağlı olarak alternatif sıralamalar oluşturularak denenmiş ve ideal önceliklendirme sıralaması elde edilmiştir. İşletmenin mevcut iş sıralaması ve belirlenen iş sıralamasına göre bir aylık üretim programında bulunan siparişler EXCEL programında sıralanmış ve değerlendirilmiştir.

Bir aylık üretim planı içerisindeki toplam ayar süresi, geleneksel SMED uygulaması ile 1296 dakikaya, SMED ve Taguchi uygulaması ile 1080 dakikaya indirilmiştir. Çalışmada önerilen SMED Taguchi esaslı İş sıralamasına göre toplam ayar süresi 826 dakikaya kadar azaltılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen verilere dayanarak, üretim işlemlerinden toplam ayar süresinin azaltılmasına yönelik hibrit yaklaşımın üretim etkinliğinin artırılmasına daha fazla katkı sağlayacağı sonucuna ulaşılmıştır.

# **SMED-TAGUCHI METHOD BASED ORDER RANKING APPROACH IN REDUCTION TOTAL CHANGEOVER TIME**

## **SUMMARY**

Keywords: SMED, Taguchi, OEE, Production Scheduling

Changeover time is one of the most important loss types for manufacturing companies. SMED methodology is a lean manufacturing tool used to reduce the setting times. In SMED applications, it focuses on unit setup time. However, it does not focus on the setup process factors and the order of overall production.

The aim of this study is to create a hybrid method combining SMED methodology and ignored factors in order to reduce total setup time. For the application, the cold drawing line of a steel manufacturing company was selected.

SMED, Taguchi and order sorting techniques were applied together on the cold drawn production line. At the beginning of the study, SMED method was used to reduce unit setup times. In the continuation of SMED application, Taguchi Experimental Design method was used to determine the factors affecting the setup time, to analyze and to reduce the factor effects. ANOVA test was applied after Taguchi Experimental Design. According to the ANOVA test results, it was concluded that all of the factors determined affect the setup time ( $p < 0,05$ ). After SMED and Taguchi methods, prioritization rules are set for order ordering. Six prioritization rules have been determined. The ordering of the rules within itself has been tried by creating alternative rankings depending on the experience and the ideal prioritization ranking has been obtained. According to the established rules, the one-month order program is listed in the EXCEL program and evaluated with the current order sorting.

The total setup time in one month production plan was reduced to 1296 minutes with traditional SMED application and 1080 minutes with SMED and Taguchi application. According to the SMED Taguchi based job sequence, the total setup time is reduced to 826 minutes.

The hybrid method proposed in this study has been concluded that it will contribute more to production efficiency compared to conventional SMED method.

## BÖLÜM 1. GİRİŞ

Bilgi işleme ve üretim teknolojilerinde meydana gelen hızlı değişim ve sağlamış olduğu gelişmeler, sosyal yaşamın tüm alanlarında olduğu gibi başta üretim işletmeleri olmak üzere tüm alanlarında köklü değişikliklere neden olmuştur. Söz konusu değişimler, bireysel yaşam biçimlerinin yansiyarak müşteri beklentilerinde ve işletmelerin bu beklentileri karşılamak amacıyla gerçekleştirdiği iş gerçekleştirme biçimleri ve yollarının değişmesine yol açmıştır. Mevcut koşullar altında işletmelerin rekabet edebilmeleri ve yaşam seyrini devam ettirebilmeleri, müşteri talep ve beklentilerine uygun ürünü, doğru zamanda, düşük maliyetle ve beklenen zamanda karşılanması ile mümkün hale gelmektedir. Bu koşullar altında, müşteri beklentilerinin karşılanabilmesi ve işletmenin belirlemiş olduğu vizyonu doğrultusunda yürüyebilmesi için, kalite odaklı, etkin maliyet yönetimine dayalı ve en az işletme kaynaklarındaki israf ile gerçekleşen esnek üretim metot ve tekniklerinin kullanımı ile gerçekleşmektedir.

Artan üretici sayısı ve değişen müşteri beklentileri karşısında işletmeler, uzun dönemli rekabet edebilme kabiliyetlerini artırabilmek için kalite ve üretkenliği artış sağlayacak ve maliyetleri azaltacak yönetim araçları ve tekniklerini araştırmıştır. Bu yönetim araçlarından birisi, süreçler içerisinde katma değer üretmeyen ve israf niteliğinde olan faaliyetlerin ve işlemlerin elimine edilerek, etkinliğin sürekli olarak artırma prensibine dayanan yalın üretim prensibidir (Brito ve ark., 2017).

Üretim işletmelerinin, talep ve beklentilerin üretim etkinliğinin ideal seviyede olması koşulu ile gereken faaliyet esnekliğinde gerçekleşmesinin önündeki en önemli problemlerden birisi ilgili üretim alanındaki yüksek ayar süreleridir. Özellikle kesikli

Üretim modeline dayalı işletmelerde, partiler arası ya da farklı bir ifade ile siparişler arası geçiş esnasında gerçekleşen hazırlık sürelerinin uzun olması, üretim esnekliğinin kaybolmasına, üretim planının tutmamasına ve termin sürelerinin geçmesine neden olacaktır.

Yalın retim prensibinin temel yapı taşlarından birisi hızlı ayar değişimidir. Ayar işlemlerinin hızlı bir şekilde yapılması, üretim işletmelerinin yedi temel kayıp türünden birinin azaltılmasına katkı sağlayacaktır. Kalıp değişimi ya da hızlı takım değişimi olarak tanımlanabilecek yalın üretim aracına SMED adı verilmektedir (Godina ve ark., 2018).

İşletme kayıplarının azaltılması ve dengelenmiş üretim hatlarının oluşabilmesi için gerekli olan Kanban, JIT, Hücresel retim, TPM gibi yalın üretim prensiplerinin uygulanabilmesi ve başarıya ulaşabilmesinde kritik öneme sahip olan SMED, retim makine ve ekipmanlarının kararlı hale getirmede kullanılan temel uygulama aracıdır.

Üretim makine ve ekipmanlarında ayar süresi gibi duruş kayıpları olduğu gibi ekipmanların proses gerekliliklerine uygun optimal seviyede alıştırılmamasından kaynaklı hız kayıpları ve müşteri spesifikasyonlarını karşılayamayacak ürünlerin üretilmesinden kaynaklı kalite kayıpları da meydana gelebilmektedir. Bu tip kayıpların azaltılması ve ekipman performansının artırılması için, müşteri spesifikasyonunu karşılayacak olan ürünlerin, belirlenen alıştırma parametrelerine uygun olarak çalıştırılması gereklidir.

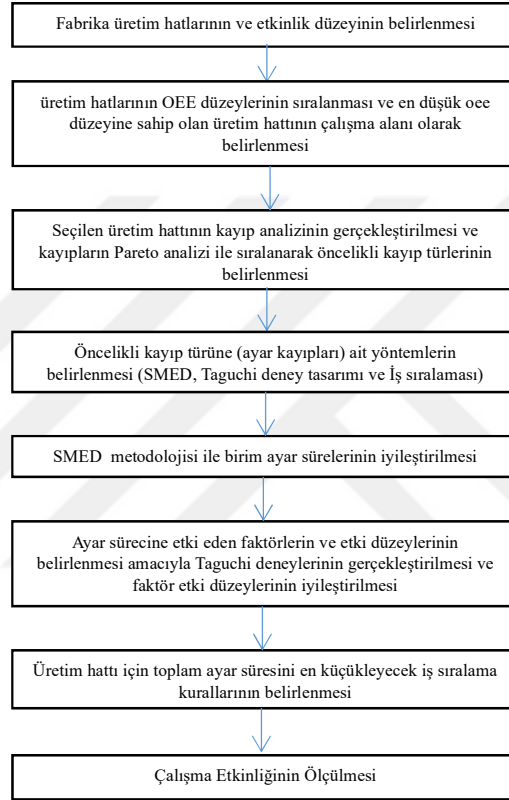
Makine ve ekipmanların alıştırma parametrelerin optimum seviyelerinin tespiti aşamasında sıklıkla Taguchi Deney Tasarımı yönteminden faydalanılmaktadır. Taguchi yöntemi, ortogonal dizi kullanımına bağlı olarak deney sayısını minimum düzeyde tutarak, optimal parametre seviyelerinin tespit edilmesinde kullanılmaktadır.

SMED uygulamaları sonucunda elde edilen zaman verileri, genellikle saha ölçümlerinde ortalama değer üzerinden değerlendirilme söz konusudur. Bu durum, dengelenmiş üretim hattı kurulumu esnasında, parametre etkilerinin ayar sürelerine etkisi devam etmesinden dolayı ayar sürelerinde dalgalanmalara neden olacaktır. Parametre etkisine bağlı dalgalanmasının önlenmesi için, ayar sürecine etki eden parametrelerinin belirlenmesi ve süreç üzerindeki etkilerini de azaltacak önlemlerin alınması gereklidir.

Diğer taraftan, SMED uygulamaları ile birim ayar sürelerinin azaltılması göz önüne alındığında toplam ayar sürelerinin önemli azalış söz konusudur. Ancak, üretim geçişleri arasında çeşitli ayar tiplerine ve sürelerine sahip olan üretim hatlarında veya makine ve ekipmanlarda, toplam ayar süresinin azaltılmasında SMED uygulaması kadar üretim sıralamasının son derece önemlidir. Bu tip durumlarda, belirlenen sıralama önceliklerine bağlı olarak iyileşmiş ayar süresini sağlayacak üretim sıralamasının elde edilmesi edilerek, üretimin en ideal toplam ayar süresinde gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmanın amacı, toplam ayar sürelerinin iyileştirilmesi çalışmasında SMED, Taguchi deneyi ve üretim sıralama yöntemlerini birlikte inceleyerek toplam ayar süresine nasıl etkilendiğini ortaya çıkarmaktır. Bunun için, parlak çelik sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin soğuk çekme hattında birim ayar sürelerinin, süreç parametrelerine bağlı olarak iyileştirilmesi amacı ile SMED ve Taguchi yöntemleri uygulanmıştır. Çalışmanın devamında, elde edilen ayar sürelerine bağlı olarak belirlenen bir önceliklendirme kuralı ile bir aylık iş sıralaması oluşturulmuştur. Bir aylık üretim sıralaması, işletmenin mevcut üretim sıralaması ile çalışmada belirlenen kısıtlara bağlı olarak oluşturulmuş ve toplam ayar süreleri hesaplanmıştır. Oluşturulan iki üretim çizelgesinde oluşan toplam ayar süreleri değerlendirilerek, üretim sıralamanın toplam ayar süresine olan etkisi ortaya çıkartılmıştır.

Çalışmanın amacı doğrultusunda, adım adım gerçekleşen aşamaların daha iyi aktarılabilmesi amacıyla bir akış şeması oluşturulmuş ve Şekil 2.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Çalışma akış şeması

Belirlenen amaç doğrultusunda çalışma, kaynak araştırması, yöntem ve metodlar, SMED Taguchi Esaslı iş sıralaması ile ayar sürelerinin azaltılması, tartışma ve değerlendirme olmak üzere dört bölüme ayrılmıştır. Birinci bölümde, çalışmanın literatürdeki konumunu ve katkısı belirlemek amacıyla çalışmada kullanılan yöntemleri içeren literatür çalışmaları incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Devamında, çalışmada kullanılan yöntem ve metodların uygulama prensipleri ve metodolojisi üçüncü kısımda açıklanmıştır.

Dördüncü kısımda, üçüncü kısımda belirtilen kavramsal çerçeve doğrultusunda uygulama gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar aynı bölüm içerisinde değerlendirilmiştir. Son kısım olan tartışma ve değerlendirme kısmında, çalışma kısıtları, elde edilen sonuçların yorumlanması ve irdelenmesi yapılmış, bu çalışma sonrasında yapılacak çalışmalara yönelik tavsiyelerde bulunulmuştur.



## **BÖLÜM 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI**

Üretim süreçlerinde, ayar kayıplarının en küçüklenmesi problemi gerek geleneksel gerekse yalın üretime geçiş aşamasında olan çoğu işletmenin temel problemlerinden birisidir. Öyle ki, toplam süreç kayıpları arasında ilk iki sıralamada genellikle ayar kayıpları ile arıza kayıpları yer almaktadır. Bu nedenle, birçok işletme ve akademik çalışmanın odak noktası, bu kayıpların azaltılması olmuştur.

Bu çalışmanın odak noktasında, ayar kayıpları söz konusu olduğu için arıza kayıplarının iyileştirilmesine yönelik temel prensip olan TPM metodolojisi üzerinde durulmamıştır. Ancak, çalışmada ele alınan üretim hattının öncelikli iyileştirilmesi gereken kayıp türü, ayar kaybı olduğu için literatür taramasında da SMED ve Taguchi metodolojisi üzerine yoğunlaşmıştır. Devamında, gerek çalışmanın başlangıcında gerekse çalışma sonrası elde edilen verilen değerlendirilmesinde OEE performansı anahtarından faydalandığı için OEE kavramından; ayar sürelerini kısıtları içerisinde bulunduran bir önceliklendirme yaklaşımı ile de üretim sıralaması oluşturulduğundan iş sıralaması kavramlarından bahsedilmiştir.

Çalışmanın bu bölümünde, SMED, Taguchi ve OEE üzerine yapılan çalışmalar bu incelenmiştir. Yapılan çalışmalar, kronolojik olarak sıralanarak özetlenmiş ve bu kısmın sonunda değerlendirilmiştir.

### **2.1. SMED Metodolojisi ile İlgili Çalışmalar**

Üretim işletmelerinin önemli kayıplarından birisi olan ayar kayıplarının etkisinin azaltılmasına yönelik çalışmalarda, Shigeo Shingo'nun oluşturduğu SMED metodolojisi önemli derecede iyileştirmeye katkı sağlaması, yöntemin gerek

işletmeler tarafından gerekse akademik çalışmalara konu olarak sıklıkla tercih edilmesini sağlamıştır.

SMED metodolojisinin yöntem olarak seçilerek ayar sürelerinin azaltılmasına yönelik akademik çalışmalarda, başta otomotiv sanayi olmak üzere, mobilya, kimya, kozmetik ve imalat sanayi gibi önde gelen sektörlerde çeşitli işletmelerin farklı üretim makine ve ekipmanları pilot çalışma prosesi olarak seçilmiştir.

Bu kısımda, son dönemlerde (2010-2019) SMED metodolojisi kullanarak odaklanılan üretim proseslerinin iyileştirmesini ele alan çalışmalar incelenmiş ve çalışmaların odak noktası, kullanılan yöntemler ve elde edilen sonuçları kronolojik sıralamaya Tablo 2.1.'de özetlenmiştir.

Tablo 2.1. SMED literatür özeti

| Yazar              | Yıl  | Açıklama / Özet                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------------------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mcintosh ve ark.   | 2010 | SMED metodolojisinin oluşumu, yayılımı ve kavramsal çerçevesini açıkladıktan sonra örnek uygulama ile yöntemin nasıl uygulanacağını göstermiştir.                                                                                                                                                                                                                           |
| Wang ve ark.       | 2010 | Makinaların değişim zamanında sağlanacak olan iyileştirmeleri ve imalat hücrelerindeki toplam nispi maliyeti en aza indirecek bir model incelemiştir.                                                                                                                                                                                                                       |
| Joshi ve Naik      | 2012 | Otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin belirlenen üretim makinasının ayar sürecinin iyileştirilmesinde SMED metodolojisinden faydalanmış ve çalışmanın etkinliğini birim ayar işlem süresindeki ile ölçerek 480 saniyeden 385 saniyeye düşürmüştür.                                                                                                           |
| Sundar ve ark.     | 2014 | Bir yalın dönüşümün uygulama haritasını oluşturduğu çalışmada, süreç kararlılığının oluşturulması ve akış tipi imalatın sağlanabilmesi için SMED yönteminin uygulanması gerekliliğini açıklamıştır. Çalışmada, sırası ile tek parça akışı, kanban, üretim seviyelendirme ve standartlaştırma gibi yalın üretimin temel yapıtaşlarının SMED'e olan bağlılığını göstermiştir. |
| Karasu ve ark.     | 2014 | Enjeksiyon kalıbı imalatı yapan bir işletmenin ayar prosesinde ilk sağlam ürünün elde edilmesi için Taguchi Deney Tasarımı ile ayar parametrelerini elde ederek, toplam ayar süresinin azalmasını incelemiştir.                                                                                                                                                             |
| Dhake ve ark.      | 2014 | Pres hattında ayar sürelerinin azaltılmasında SMED metodolojisini kullanmış ve 45 dakikalık zaman tasarrufu sağlanmıştır.                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Azizi ve Manoharan | 2015 | SMED uygulamalarının etkinliğinin artırılması için FVSM (gelecek değer akış haritalaması) tasarımı oluşturmuş ve çalışmanın sonucunda süreç içi stok miktarını sıfıra indirirken, ayar süresini 89,5 saniyeden 87,2 saniyeye düşürmüştür.                                                                                                                                   |
| Esa ve ark.        | 2015 | Otomotiv montaj hattında ayar sürelerinin azaltılmasına yönelik kavramsal çalışmada, SMED uygulamalarının devamında SOP (standart operasyon prosedürü) oluşturulması ve uygulamanın sürekli olarak takip edilmesi gerektiğini vurgulamıştır.                                                                                                                                |
| Chowdhury ve ark.  | 2015 | Mobilya imalatı fabrikasında SMED, Gemba ve kısa aralıklı kontrol gibi yalın tekniklerini kullanarak uyguladığı çalışmanın etkinliğini birim ayar süresindeki iyileşme, toplam duruş süresindeki azalma, hatalı parça miktarı ve OEE ile değerlendirmiştir.                                                                                                                 |
| Sarı               | 2017 | Otomotiv sektöründe bağlantı elemanları üreten bir işletmenin prosesinde hazırlık sürelerinin azaltılmasına yönelik çalışmada SMED metodolojisini kullanmış ve birim ayar prosesi başına işlem süresinde % 22 oranında iyileştirme sağlamıştır.                                                                                                                             |

Tablo 2.1. (Devamı)

| Yazar             | Yıl  | Açıklama / Özet                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Brito ve ark.     | 2017 | Tornalama işleminin yapıldığı bir iş istasyonunda ayar sürelerinin azaltılmasına yönelik çalışmada SMED uygulamasını, çalışma ergonomisini dikkate alarak uygulamıştır. Çalışmada, görev talimatında belirtilen çalışmalar esnasında sebepsiz duruşlar ve çalışanları sıklıkla omuz ağrılarından şikâyet etmesi üzerine ilgili çalışma alanı seçilmiştir. Ergonomik koşullar dikkate alınarak yapılan SMED uygulaması sonucunda ayar sürelerinde %46 oranında iyileştirme elde edilmiştir.                                                                                |
| Karam ve ark.     | 2017 | Romanya'da ilaç endüstrisinde faaliyet gösteren bir işletmede kayıpların azaltılması amacıyla uygulanan SMED yöntemini ile ayar değişim süresindeki 12 aylık kayıplarında %30 oranında iyileştirme elde edilmiştir.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Deshmukh ve Shete | 2018 | SMED metodolojisini kavramsal olarak incelemiş, yöntemin gerekliliğini ve uygulama aşamaları açıklamıştır. SMED metodolojisini, sadece ayar sürelerinin iyileştirilmesi olarak değerlendirmeyip, süreç ve kalıp tasarım süreci için etkin bir araç olarak tanımlamıştır.                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Otur ve ark.      | 2018 | Kozmetik sektöründe faaliyet gösteren bir işletmede plastik şişe üretim hattında renk değişim prosesi sırasında var olan duruş kayıplarının azaltılması amacı ile SMED yönteminden faydalanmıştır. Çalışma başlangıcında renk çeşitliliğinin belirlenmesi, proses adımlarının detaylandırılması ve çevrim süresinin elde edilmesi için yapılan çalışma sonucunda renk seçimine bağlı olarak, söz konusu ayar prosesi 2 ile 8 saat arasında değiştiği sonucuna ulaşmıştır. SMED uygulamasının birim işlem sürelerinde %20 oranında azalmaya sağladığı sonucuna ulaşmıştır. |
| Godina ve ark.    | 2018 | 2007 ile 2018 yılları arasında SMED metodolojisi ile ilgili yapılan tüm çalışmaları uygulama metodu ve uygulama endüstrisi bazlı olarak değerlendirmiştir.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Amrina ve ark.    | 2018 | Enjeksiyon makinasındaki üç tip ürün prosesi için mevcut durumda 99,93 saniyede yapılan ayar işlemi SMED uygulaması ile 62,3 saniyeye düşürülerek %37,66 iyileştirme elde etmiştir.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Kholil ve ark.    | 2018 | Üretim prosesinde ayar sürecinin optimizasyonunda Network/Pert Analizi ve SMED tekniğini birlikte kullanmıştır. Çalışmanın etkinliğini üretim programındaki tasarruf zaman tasarrufu ve söz konusu zaman karşısında elde edilen ürün adeti ile ölçmüştür.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Martins ve ark.   | 2018 | Elektron ışını makinasının ayar prosesinin iyileştirilmesi, takım kurulumu, sahadan verilerin toplanması, etkin ayar sürelerinin ön görülmesi, SMED uygulaması ve sonuçların değerlendirmesi olmak üzere beş fazda ele almış ve çalışmanın sonucunda %50 oranında iyileştirme sağlamıştır.                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Sarı              | 2018 | Civata ve somun imalatı yapan orta ölçekli firmanın üretim verimliliğini artırmak üzere TPM, SMED, 5S, Kaizen ve TKY uygulamaları gerçekleştirmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen iyileştirmenin etkinlerini maddi kazanç olarak ölçmüş ve sağlanan katkı ile ilave yapılan üretim miktarının finansal açıdan değerlendirmiştir.                                                                                                                                                                                                                                        |
| Tekin ve ark.     | 2019 | Taşıma tezgahında yer alan vals silindirinin değiştirilmesi sürecinin iyileştirilmesinde SMED Metodolojisi ve vals tüpünde farklı bir değer okunduğunda, operatörün algılaması ve müdahale etmesine olanak veren Jidoka tekniğini çalışmada, değişim süresi 104,75 dakikadan 68,25 dakikaya düşürmüştür. Jidoka tekniğinin etkisine yönelik bir sonuca ulaşılmamış ve sadece hatalı üretimin oluşumuna karşı koruma etkisinden bahsedilmiştir.                                                                                                                            |

Tablo 2.1.'de özetlenen literatür çalışmaları değerlendirildiğinde, çalışmaların odak noktası birim ayar sürelerinin azaltılmasıdır. Bu doğrultuda çeşitli üretim sektörlerinde faaliyet gösteren işletmelerin üretim tesislerinde bulunan makine ve ekipmanların, birim ayar sürelerini azaltılmasına yönelik SMED metodolojisi kullanılmıştır. Ancak, çalışmalarda değinilmeyen veya tercih sebebi açıklanmayan en

önemli belirsizliklerden birisi “Neden tesisteki o üretim makinası tercih edilmiştir ve neden ilk olarak ayar sürelerinin iyileştirilmesine odaklanılmıştır?” sorularının yanıtı bırakılmasıdır.

Çalışmada, literatürde bulunan çalışmaların yanıtı bırakıldığı, çalışma esas alınan üretim hattının seçim sebebini ve neden öncelikle ayar sürelerinin iyileştirebileceğini açıklamaktadır. Açık bırakılan bu soruları yanıtlamak amacıyla, OEE performans anahtarından ve kayıp analizden faydalanılmıştır. Bu sayede, çalışmanın yol haritası net bir şekilde sunulmuş ve SMED metodolojisi devamında uygulanmıştır. Çalışmada, SMED metodolojisine girişte sunulan seçim kriterleri, çalışmaların nasıl başlaması gerektiği ile ilgili devam eden süreçte yapılacak olan çalışmalara katkı sağlayacaktır.

Tablo 2.1.’e incelendiğinde, seçilen üretim makinalar genellikle tek veya kompakt yapıya sahip olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Buradan yola çıkarak, “Bir makine yerine birden fazla makine veya üniteden oluşan bir üretim hattı söz konusu olsaydı ayar süreleri nasıl azaltılabilirdi?” sorusunun yanıtına ulaşamamıştır. Bu çalışma, SMED uygulamalarında değinilmeyen üretim hatlarında ayar sürelerinin iyileştirilmesi çalışmasına da değinerek, var olan sorunun cevaplanmasına katkı sağlamıştır.

Literatür çalışmalarında dikkati çeken ve ancak sıklıkla çalışmalarda ele alınmayan konulardan bir tanesi, ayar sürecine etki eden faktörlerin analizi ve faktör etkilerinin azaltılmasıdır. Bu konuda literatürde belirgin olarak Karasu ve ark. (2014) makele çalışması ile Ekincioglu (2016) tez çalışmasıdır. Yazarlar, çalışmalarında etken faktörlerin etki düzeylerinin azaltılmasıyla ayar sürelerinin daha da fazla azaltılabileceğini uygulamalı çalışmalarında göstermiştir. Buradan yola çıkarak, birim ayar sürelerinin azaltılmasına yönelik çalışmanın bir parçası olarak çalışmada Taguchi deney tasarımı da ele alınmıştır. Bu çalışmanın, literatüre deney tasarımının kullanımı konusundaki katkısı bu bölüm başlıkları altında bulunan “Taguchi deney tasarımı ile ilgili çalışmalar” başlığı altında açıklanacaktır.

## 2.2. OEE ile İlgili Çalışmalar

Üretim makinaları ve ekipmanlarının genel verimlilik düzeyi bakımından en önemli performans göstergelerinden birisi olan OEE, sağlamış olduğu verilerin analiz dinamik zamanlarda kendisini güncellemesi ve değerlendirmeye olanak tanınması sayesinde, saha uygulamasında kullanım sıklığını artırdığı gibi yapılan literatür çalışmalarında da önemli düzeyde kullanılmış ve incelenmiştir.

OEE ile ilgili yapılan literatür çalışmaları kavramsal çerçevenin ve hesaplama yönteminin açıklanması ile uygulamalarda kullanımının örneklenmesi üzerine gerçekleşmiştir. Bu kısımda, OEE performans göstergesi son yıllarda gerçekleşen çalışmalar hakkında özet bilgiye ver verilmiştir.

TPM metodolojisinin temel mantığı ile uyuşan ve metodolojisinin temel göstergelerinden birisi olan OEE ile ilgili Dökme (2013), Koçak (2015), Ramachandra ve ark. (2016) ile Darade ve ark. (2017) çalışmalarında yöntemin TPM için önemi ve kullanım amacını açıklanmıştır. TPM yapısının özellikle kurulum aşamasında, kayıp türleri yapısının kurulması aşaması olmak üzere, kayıpların analiz edilmesi ve uygulama yöntemlerinin belirlenmesi ile çalışmaların takip edilebilirliği aşamasında OEE'in katkısı ve etkinliği vurgulanmıştır.

Çalışmaların bir kısmı, “OEE nasıl hesaplanmaktadır?” sorusunun cevabını oluşturmaktadır. Söz konusu çalışmalarda, OEE'nin hesaplama metodolojisi açıklanmış ve yazarların belirlemiş oldukları bir uygulama alanında örnekleme yaparak yöntemin hesaplaması pratik olarak gösterilmiştir. Temiz ve ark. (2010), bir döküm fabrikasının kalıplama hattında; Nayak ve ark. (2013), kablo imalatı işletmesi izolasyon hattında; Güner ve İşler (2013), konveksiyon işletmesinde; Kalpande (2014), bir eğitim enstitüsünde; Siveselvam ve Gajendran (2014), plastik fabrikasında bulunan kapsül enjeksiyon makinasında ve Vivekprabhu ve ark. (2014) ise bir imalat işletmesinde OEE'nin hesaplama metodolojisini açıklayan çalışmalar gerçekleştirmiştir.

OEE çalışmalarının önemli kısmı, iyileştirme çalışmalarının ölçüm ve izleme aracı olarak OEE'nin kullanılması üzerine gerçekleşmiştir. Görener (2012), aspiratör imalatı yapan bir işletmede makine etkinliğinin artırılması amacı ile TPM metodolojisinden uygulamış ve çalışmanın başlangıç aşamasında mevcut durumun analiz edilmesinde OEE'den faydalanarak, odaklanılan üretim makinasının etkinliğini %33 olarak hesaplamıştır. Palanisamy ve Vino (2013), çalışmasının başlangıç aşamasında ve SMED metodolojisini uygulama aşamasından sonra etkinliği OEE ile değerlendirmiş ve söz konusu makinanın etkinliği çalışma ile %35,4 değerinden %44,6 değerine yükseltildiği sonucuna ulaşmıştır. Benzer şekilde Polat (2014), otomasyon uygulamasını işletmeye entegre ederek elektrik enerjisi tasarrufu sağlamaya yönelik yapmış olduğu çalışmada; Vijayakumar ve Gajendran (2014), enjeksiyon kalıbı prosesinde uygulamış olduğu TPM çalışmalarının etkinliğinin değerlendirilmesinde; Lahri ve Pathak (2015), CNC freze ve CNC borverk tezgâhlarının mevcut durum analizi ve iyileştirme etkinliğinin ölçülmesinde; Yasin ve Daş (2017), kalite çemberleri ve iyileştirme takımları ile yapılan çalışmalarının etkinliğinin değerlendirmesinde; Rimawan ve Irawan (2017), mevcut durum analizi ve SMED, otonom bakım ve kaizen çalışmaları sonucunda elde edilen etkinliğin belirlenmesinde; Raut ve Raut (2017), otomotiv yan sanayinde bir işletmede 5S, Otonom Bakım, Kaizen ve Planlı Bakım çalışmalarının sonuçlarının ölçülmesinde ve Ersoy ve ark. (2018), demir çelik fabrikasında TPM uygulamasının başlangıç, izleme ve değerlendirme aşamalarında OEE performans göstergesinden faydalanmıştır.

Çalışmanın amacı doğrultusunda, mevcut durumun analiz edilmesi ve çalışma etkinliğinin ölçülmesi aşamalarında literatürde bulunan iyileştirme çalışmalarındaki kullanım amacına benzer şekilde OEE oranı kullanılmıştır. Ancak, çalışmaların tamamında, SMED çalışmalarında da eleştirilen “Neden öncelikli olarak ayar sürelerinin iyileştirilmesi gerekli?” sorusunun niceliksel ölçüme bağlı olarak karar sürecinin kullanılmaması probleminin ortadan kaldırılması amacıyla OEE kullanılmıştır. Problem tanımlanması ve çözüm önerisinin geliştirilmesinde daha çok OEE'nin kullanılabilirlik kriteri ön plana çıkartılmıştır. Buradan yola çıkarak,

çalışma iyileştirme çalışmalarında “kullanılabilirlik” kriterinin problemin belirlenmesi için önemli bir veri kaynağı olduğunu da vurgulamaktadır.

### 2.3. Taguchi Deney Tasarımı ile İlgili Çalışmalar

Üretim makine ve ekipmanlarına ait parametreler, elde edilen ürünlerin kalite düzeyine etki ettiği gibi söz konusu makinaların etkinliğini de etkilemektedir. Özellikle, optimum hız parametrelerinin doğru ayarlanamaması gibi birim zamanda çıktı miktarını etkileyen parametre türlerinin, olağan değerinin altında çalıştırılması makinaların hız kaybı olarak etkinlik performansını düşürecektir.

Sürece etki eden parametrelerin belirlenmesi ve her bir parametrenin seviyelerine bağlı olarak deneylere bağlı olarak, optimum seviyede parametre seviyelerin tespit edilmesi ve mevcut durumdan optimum düzeye doğru iyileştirilmesi çalışması yürütülmesi ile verimlilik düzeyi artırılabilir. Ancak özellikle parametre ve seviyelerinin fazla olması deney sayısını artırmaktadır. Ortogonal dizileri kullanan Taguchi deney tasarımı, söz konusu deney sayılarının azaltılması ve optimum parametre seviyelerinin belirlenmesinde etkin kalite araçlarından biridir.

Taguchi deney tasarımının, benzer uygulamalarda sağlamış olduğu başarılı sonuçlar ve süreç içerisinde deneysel işlem sayısının azaltılmasını sağlamasına bağlı olarak bir çok uygulamada tercih edilen yöntem olmuştur. Bu kısımda, Taguchi deney tasarımını ele alarak uygulanan çalışmalar incelenmiştir. 2011 ile 2019 yılları arasında Taguchi deney tasarımını yöntem olarak ele alan çalışmalar kronolojik olarak Tablo 2.2.’de özetlenmiştir.

Tablo 2.2. Taguchi deney tasarımı literatür özeti

| Yazar  | Yıl  | Açıklama / Özet                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Taylan | 2011 | Sertleştirilmiş takım çeliklerin delinmesinde etkili olan faktörlerin belirlenmesi ve analiz edilmesine yönelik çalışmada ISO 1.2842 (90MnCrV8) malzemesinin işlenebilme kabiliyetini incelemiştir. Çalışmada deney kriterleri olarak, kesme hızı, ilerleme miktarı ve kaplama türü üç seviyeli olarak seçilmiş ve L9 ortogonal dizisine göre analiz edilmiştir. Deney sonuçlarına göre, en iyi performansın AlTiN kaplı takımlar ile elde edilmiştir. |

Tablo 2.2. (Devamı)

| Yazar          | Yıl  | Açıklama / Özet                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Karagöz        | 2014 | Kanat türü, reynolds sayısı ve hücum açısı olmak üzere üç faktör ve faktörlerin tamamını iki seviyeli olarak ele alınan çalışmada, faktörlerin kanat tasarım sürecine olan etkisini incelemiştir. L8 ortogonal dizini kullandığı çalışmada, tasarım sürecine en fazla etki eden faktörün reynolds sayısı olduğu sonucuna ulaşmıştır. Çalışmanın sonucunda, çalışma hassasiyetinin artırılması için ortogonal dizinlerin artırılması önerisinde bulunmuştur.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Güneş          | 2015 | Honlama prosesinde yüzey kalitesinin optimizasyonuna yönelik çalışmada Taguchi metodundan faydalanmıştır. Çalışmada ilerleme hızı, takım dönüş hızı ve honlama taşı tane büyüklüğü etken kriteri olarak belirlenmiş ve çalışmada her bir kriter için üç seviye belirlenmiştir. Deney esnasında her bir deney seti için altı adet ölçüm noktasının ortalama değeri üzerinden tornalama sonrası ve honlama sonrası yüzey pürüzlülük değerleri ölçülmüştür. Yüzey pürüzlülük değerinin minimize edilmesi istendiğinden, en düşük en iyi olduğu duruma göre S/N oranı hesaplanarak, en ideal kriter seviyeleri ve en etkin kriterin honlama taşı tane büyüklüğü olduğu sonuçlarına ulaşılmıştır.                                                                                                                     |
| Şirin ve ark.  | 2015 | AISI D2 soğuk iş takım çeliğinin frezeleme işleminde yüzey pürüzlülüğünün minimizasyonu, 70x50x15 mm ebadındaki numuneler üzerinde malzeme sertliği, ilerleme hızı ve kesme hızı kriterlerinin üçlü seviyelerine bağlı olarak incelemiştir. AISI D2 soğuk iş takım çeliğinin işlenmesine etki eden en etkin faktörün kesme hızı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Sağlam         | 2016 | Teğetsel silindirik taşlama operasyonunda kesme parametrelerinin belirlenmesi çalışmada Taguchi yönteminden faydalanmıştır. Operasyonda kesme parametresi olarak talaş derinliği, ilerleme hızı, kesici takım devri ve iş parçası parametreleri üç seviyeli olarak alınmış ve L18 ortogonal dizisinde deneysel incelenmiştir. Deney sonuçları, yüzey pürüzlülüğü, titreşim ve talaş kaldırma oranı üzerinden değerlendirilmiştir.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Sünkür         | 2016 | Ekstrüzyon işleminde proses parametrelerinin belirlenmesinde sonlu elemanlar ve Taguchi yöntemleri birlikte kullanmıştır. Parametre analizlerini sonlu elemanlar analizi ile gerçekleştirdiği çalışmada, parametrelerin optimizasyonu için taguchi yönteminden faydalanmıştır.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Ekincioglu     | 2016 | Ayar sürelerinin azaltılmasında SMED metodolojisinin yeterli olmayacağını savunduğu çalışmada, iyileştirme oranının artırılabilmesi için SMED metodolojisine ilave olarak ergonomik risk değerlendirme ve gri esaslı Taguchi yöntemini kullanmıştır. Çalışma sonucunda, geleneksel SMED çalışmasının, risk analizi çalışmasının ve gri esaslı Taguchi yönteminin ayar sürelerine etkileri kıyaslanarak değerlendirilmiş ve bütünsel SMED yaklaşımının, ayar sürelerinde daha fazla etki sağlayacağını savunmuştur.                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Küçük          | 2017 | Tornalama ve frezeleme işleminde kriterlerin yüzey pürüzlülüğüne olan etkisini incelemek amacı ile L36 ortogonal dizisini kullandığı çalışmada, işleme yöntemi, kesici takım devri, iş parçası devri, talaş derinliği ve eksenel ilerleme hızını kriter olarak belirlemiştir. Taguchi deneyini ve ANOVA testine bağlı olarak, %69 ağırlığı ile işleme yöntemi kriterinin en önemli kriter olduğu sonucuna ulaşmıştır.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Güvercin       | 2018 | AISI 1040 imalat çeliğinin CNC torna tezgahında işlenmesi sonucu elde edilecek yüzey pürüzlülüğü değerine etki eden kriterleri ve optimum yüzey pürüzlülüğünün elde edilmesi için kriter seviyelerinin tespit edilmesi amacı ile Taguchi metodundan faydalanmıştır. CNC torna üzerinde kesme parametresi olarak, ilerleme, kesme hızı ve talaş derinliği üç seviyeli olarak alınmıştır. L9 ortogonal dizisinde, $\phi$ 60x 200 mm ebatlı dokuz adet numune üzerinde tek deneyli işlem gerçekleştirilerek yüzey pürüzlülüğü değeri ölçülmüştür. Yüzey pürüzlülüğü değerinin minimize edilmesi amacı ile en düşük en iyi yaklaşıma göre S/N değerleri hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda, gerek Taguchi deneyi sonuçları gerekse ANP değerlendirmesine bağlı olarak ilerleme en etkin kriter olarak belirlenmiştir. |
| Rıdvanogulları | 2018 | Tren tekerleğinin işlenebilirliği ve istenilen yüzey pürüzlülüğünün elde edilebilmesi amacı ile dikey CNC torna tezgahında, kesme derinliği, ilerleme miktarı ve kesme hızı kriterlerinin üçlü seviyelerine göre L9 ortogonal dizisinde Taguchi deneyi gerçekleştirmiştir. Ölçüm sonuçlarında üçer ölçüm yaparak ortalama ölçüm değerini kullanmıştır. Parametre tasarımını, en düşük en iyiye göre yapıldığı çalışmada, en etkili parametrenin ilerleme olduğu sonucuna ulaşılmıştır.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

Tablo 2.2. (Devamı)

| Yazar           | Yıl  | Açıklama / Özet                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Öz              | 2018 | Doğal taşların CNC freze tezgahında işlenmesi sonucunda elde edilen yüzey pürüzlülüğü değerinin en düşük en iyi değerine indirgenebilmesi amacı ile gerçekleştirmiş olduğu çalışmada 14 adet doğal taşı üzerinde L9 ortogonal dizisini kullanarak Taguchi deneyi gerçekleştirmiştir. Ra ve Rz yüzey pürüzlülük değerlerinin değerlendirildiği çalışmada, kesme derinliği, kesme hızı ve ilerleme miktarı üç seviyeli olarak seçilmiştir. Çalışmaya ağırlıklı olarak etki eden faktör sıralaması kesme derinliği, ilerleme miktarı ve kesme hızı olmuştur. |
| Şah             | 2018 | SAE 4140 çeliğinin CNC freze tezgahında işlenmesine etki eden ilerleme hızı, talaş derinliği ve devir sayısı faktörlerine bağlı olarak yüzey pürüzlülüğü ve harcanan enerji miktarı optimizasyonu çalışması gerçekleştirmiştir. Faktörler için üç seviye ve en düşük en iyi değerine göre parametre tasarımı gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar göre en etkin faktörler, yüzey pürüzlülüğünde devir sayısı ve harcanan enerji miktarında ise talaş derinliğidir.                                                                                  |
| Sataş ve Korucu | 2019 | Tepelenmiş Alüminyum 5754 alaşımının frezeleme işleminde kesme faktörlerinin optimizasyonu ele aldığı çalışmada, 80x80x30 ebadında 5754 kalite alaşımını incelemiştir. Kesme parametreleri olarak kesici uç kaplaması, kesme hızı, ilerleme oranı ve kesme değerliğini üç seviyeli olarak almıştır. Taguchi deneyini ölçüm değeri (y değeri) olarak yüzey pürüzlülüğü değerinin alınmış ve en iyi yüzey pürüzlülüğü değeri, kaplamasız kesici uç, 1 mm kesme derinliği, 350 m/dk kesme hızı ve 0,35 mm/diş ilerleme oranında elde edilmiştir.             |

Tablo 2.2.'e göre değerlendirme yapıldığında, Taguchi deney tasarımını ele alan çalışmaların ağırlıklı kısmı proses çıktılarının (y değerlerinin) optimizasyonu üzerinedir. Diğer bir ifadeyle, örneğin bir tornalama işlemi sonrası elde edilen yüzey pürüzlülüğü değerinin en iyilenmesi problemlerinde deney tasarımı yönteminden faydalanılmıştır.

Çalışmalar içerisinde, süreç iyileştirme ve ayar kayıplarının azaltılmasına yönelik çalışmada Ekincioğlu (2016) ve SMED uygulamaları kısmında anlatılan Karasu ve ark. (2014) ön plana çıkmaktadır. Ekincioğlu (2016), çalışmada ayar sürecine etki eden faktörler olarak, operatör türü, vinç hızı, kullanılan tornavidanın durumu ve kullanılan kumpas çeşidini belirlemiştir. Karasu ve ark. (2014) ise, ayar sürelerinden daha ziyade ayar parametrelerinin optimizasyonu üzerinden ayar sürelerinin azaltılacağını ön gördüğü çalışmada erime sıcaklığı, paketlenme sıcaklığı, soğutma süresi ve enjeksiyon basıncını parametre olarak belirlemiştir. Bu çalışmada ise, ayar sürelerinin azaltılmasına yönelik parametre olarak, personel türü, vardiya tipi, vardiya içi ayar sayısı ve malzeme sertliği belirlenmiştir. Ekincioğlu (2016) çalışmada kullanılan personel türü aynı olmak üzere bu çalışmada farklı olarak üç tip farklı faktör ele alınmıştır.

Bu çalışmada, literatürde yer alan çalışmaların yaklaşımına ilave olarak, belirlenen faktörlerin etkilerinin azaltılmasına yönelik iyileştirme faaliyetlerine de yer verilmiştir. İyileştirme çalışmalarına yer verilmesinin temel sebebi, işletmeler çoğu zaman en ideal koşullar altında çalışmasını mümkün olmadığı gerçeğidir. Buradan yola çıkarak, faktör etkilerinin azaltılarak en ideale yakın çalışmak koşullarını oluşturmaktır. Çalışma bu yönüyle de, Taguchi deney çalışmasının devamında ne yapılacağı sorusunun cevaplanmasına da katkı sağlamıştır.

## 2.4. Literatür Çalışmalarının Değerlendirilmesi

Birçok üretim işletmelerinin, kayıp analizi içerisinde en fazla paya sahip olan kayıp türlerinden birisi ayar süreleridir. Ayar sürelerinin azaltılmasına yönelik uygulanan çalışmaların başında SMED metodolojisi gelmektedir. SMED metodolojisi ile birim ayar sürelerinin azaltılmasına bağlı olarak toplam kayıp içerisindeki ayar kaynaklı duruşların azaltılması hedeflenmektedir. Çalışmaların genel çerçevesi, bu hedef doğrultusunda kurulmuş ve çeşit üretim işletmelerinde uygulamalara yer verilmiştir.

Ayar süreleri içerisinde, kontrol altında tutulması durumunda, ayar sürelerini pozitif yönlü etkileyecek olan etmenlerde birisi de sürece etki eden faktörlerdir. Faktörler, bir iş edinimini sonucunda ölçülen çıktı değerinin dalgalanmasına neden olmaktadır. Oysa ki üretim proseslerinde, zaman ve işlem dalgalanmalarının olabildiğince önlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle, ayar süreçlerine etki eden faktörlerin belirlenmesi, analiz edilmesi ve etki düzeyinin iyileştirilmesi için, literatürde Taguchi deney tasarımı yönteminden faydalanılmıştır.

Bu çalışma, ayar sürelerinin azaltılmasında “birim ayar sürelerinin iyileştirilmesi” düşünce tarzını “toplam ayar süresinin iyileştirilmesi”ne doğru yönlendirmeyi hedeflemiştir. İşletmeler için önemli olan hususun toplam kayıp miktarının azaltılması gerçeğinden yola çıkıldığında, toplam ayar süresinin azaltılmasına yönelik hibrit bir yaklaşım modeli çalışmada önerilerek, literatüre ve sanayi uygulamalarına katkı sağlanması hedeflenilmiştir.

Çalışmada oluşturulan hibrit modelde, toplam ayar süresinin iyileştirilmesi iki fazda değerlendirmiştir. Birinci fazda, Taguchi-SMED yaklaşımı ile birim ayar sürelerinin iyileştirilmesi ön görülmüştür. Devamında ikinci fazda ise, toplam ayar süresinin azaltılabilmesi için ayar süresini minimum düzeyde tutacak önceliklendirme kuralına bağlı olarak iş sıramasının uygulanması gerektiği vurgulanmıştır. Özellikle iş sıralamalarda literatürde kullanılan genel kurallara ilave olarak, çalışmada “birim ayar süresi en kısa olan işlem öncelikli olarak işleme alınır.” vurgusu yapılmış ve önceliklendirme kuralı olarak tanıtılmıştır.

Ana katkılarının yanı sıra çalışma, literatürde ilerleyen dönemlerde ele alınabilecek bazı problemlerin çözümlenmesine de katkı sağlayacaktır.

1. Üretim işletmelerinde makinaların, çalışma öncesi önceliklendirmesi nasıl yapılmalıdır?
2. Çalışma alanında var olan kayıplar nelerdir? Bu kayıplar nasıl analiz edilmesi ve öncelikli olarak ele alınacak olan kayıp türleri nasıl belirlenmelidir? Kayıp türüne bağlı olarak seçilecek yalın üretim araçları nelerdir?
3. Geleneksel SMED metodolojisi ile oluşturulan SMED Taguchi esaslı iş sıralamasına bağlı bir modelin çalışma etkinliği nasıl karşılaştırılabilir?
4. Ayar sürelerinin azaltılmasında kullanılabilecek iş sıralama önceliklendirme kuralları nedir? Bu kuralların sıralamasının, toplam ayar süresine olan etkisi nedir?

## **BÖLÜM 3. METOD VE YÖNTEM**

Çalışmanın amacı, işletme israf kaynaklarından toplam ayar süresini, SMED Taguchi esaslı iş sıralaması yaklaşımını ile en küçükleyebilmektedir. Uygulama çalışmasının doğru kavranabilmesi ve yorumlanabilmesi sağlamak amacı ile bu bölüm içerisinde, çalışmada kullanılacak olan yöntemler açıklanmıştır. Bu doğrultuda, yalın üretim prensibi ve yalın üretim araçları tanıtılarak, ayar sürelerinin azaltılmasında kullanılan SMED metodolojisi, ekipkan etkinliği performans anahtarı olan OEE, faktör analizinde kullanılan Taguchi Deney Tasarımı ve siparişlerin önceliklendirilme kurallarını içeren iş sıralaması hakkında kavramsal çerçeve oluşturulmuştur.

### **3.1. Yalın Üretim Prensibi**

Yalın üretim prensibi, üretim faaliyetleri esnasında işletme kaynaklarının (hammadde, enerji vs.) gereken katma değeri sağlayacak düzeyde kullanılarak, minimum kaynak israfının sağlanmasına olanak tanıyan üretim yönetimi biçimidir. Üretim içerisinde katma değer yaratmayan tüm faaliyet unsurlarının süreç içerisinde ayıklanması ve kaldırılmasını sağlamaktadır. Bunu elde ederken, sistemin sürekli olarak geliştirilmesine ve kalıcılığının sağlanmasına ihtiyaç duymaktadır. Yalın üretim sistemi, sıfır hatalı üretim, sıfır stok, sıfır zaman kaybı, sıfır bekleme, sıfır gereksiz hareket, sıfır fazla üretim kaybı ve diğer kayıp türlerinin sıfıra indirgenmesini temel alarak, müşteri gereksinimlerini karşılamak için gerekli esneklik kabiliyetini sağlamaktadır (Tekin ve ark., 2019).

İşletme kaynaklarının etkin kullanımına olanak tanıyan yalın üretim yaklaşımının işletmelerde uygulamaya geçilmesinde bazı teknikler kullanılmaktadır. Yalın üretim teknikleri olarak da adlandırılan bu teknikler, mevcut geleneksel üretim yöntemlerinden vazgeçip yalın üretim dönüşüm süreci planlayan veya kurulum

aşamasını yalın düşünceye uygun olarak tasarlamak isteyen işletmeler için önemli yöntem araçlarıdır.

Kurulum aşamasında yalın üretim prensibine göre sürecine başlayan işletmeler, faaliyet başlangıcı aşamasında gelecek kayıpları ve türlerini, maliyet kayıp noktalarını ve olası yaşanabilecek problemleri başlangıç aşamasında belirleyebilir. Diğer taraftan, mevcut çalışma yöntemlerinden vazgeçerek yalın üretime geçişi planlayan işletmeler, gizlenmiş ve ortaya çıkarılmayı bekleyen kayıp türlerinin belirlenmesi, ortadan kaldırılmasına yönelik faaliyetlerin belirlenmesi ve iyileştirmenin kalıcılığının sağlanması fırsatını yakalayacaktır.

Yalın dönüşüm sürecinde, işletme bünyesinde belirlenen türüne ve yapısına göre kullanılabilecek birçok yalın üretim tekniği bulunmaktadır. Bu tekniklerden bazıları aşağıda sıralanmıştır:

1. VSM (değer akış haritalama)
2. Kaizen (sürekli iyileştirme)
3. Poka-Yoke (hatasızlaştırma)
4. TPM (toplam üretken bakım)
5. 5S prensibi
6. Hücresel üretim
7. Kanban ve çekme sistemi
8. SMED (tekli dakikalarda ayar değişimi)

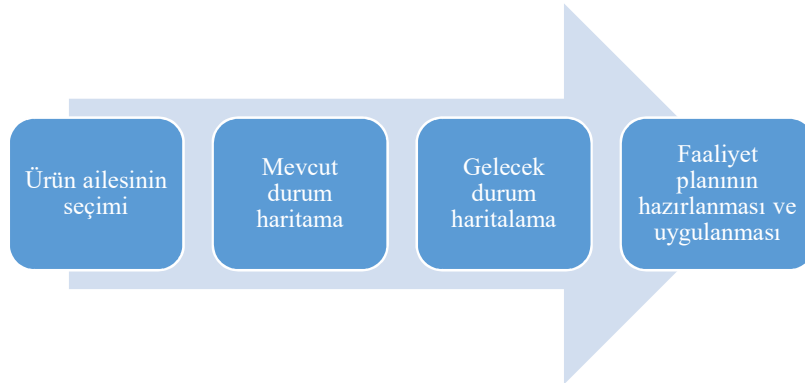
Yalın üretim tekniklerinin sayısal olarak fazla olması, yalın üretime geçiş sürecinde hangi problemin analizinde ve çözümünde, hangi tekniğin kullanılacağı konusunu ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle, yalın üretime geçiş sürecinde kullanılan tekniklerin kısaca tanımlanması ve açıklanmasının, kayıp türlerinin analiz edilmesine bağlı olarak yapılacak yöntem seçimleri esnasında, çalışmacılara katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

### 3.1.1. VSM (değer akış haritalama)

İşletmelerin sürdürülebilir rekabet avantajını elde etmesinin en önemli yolu, ürün ve hizmetlerinin oluşturduğu süreçlerin etkin olarak kullanılmasıdır. Bu nedenle, girdi ve çıktı arasında gerçekleşen tüm dönüşüm süreci içerisinde kayıpların ve katma değer üretmeyen faaliyetlerin süreçten arındırılması gerekmektedir (Bulut ve Altunay, 2016).

VSM (değer akış haritalama) metodu, yalın üretim geçiş aşamasında işletme sisteminin incelenerek mevcut durumun belirlenmesi ve israflar kaynaklarını, israf kaynaklarının kök sebepleri ve gelecek durumun göstererek, mevcut durumdan hedeflenen duruma ulaşmak için gerekli olan gelişim planının oluşturulmasına katkı sağlayan yalın üretim aracıdır.

Bir üretim sistemi içerisinde değer akışlarının incelenmesi genellikle bir ürün ailesi üzerinden geliştirilmektedir. Değer tasarımında, ilk olarak seçilen mevcut durumun haritası belirlenir. Sürecin olması gereken şekli daha sonrası gelecek durumun haritalanması aşamasında ele alınır. Mevcut durum ve gelecek durum arasındaki değerlendirmeye bağlı olarak, faaliyet planı hazırlanır ve uygulamaya alınır.



Şekil 3.1. VSM uygulama süreci

VSM süreç israflarının ortadan kaldırılmasının yanında, tüm işletme çalışanlarının ve ilgili taraflarının anlayabileceği bir ortak dilde sürecin görselleştirilerek

değerlendirilmesine olanak tanıyarak, bütünsel olarak kayıpların evrensel bir çözüm dili oluşturulmasına katkı sağlamaktadır (Adalı ve ark., 2017; Tekin ve ark., 2018).

### 3.1.2. Kaizen (sürekli iyileştirme)

Sürekli iyileştirme, üretim ortamında bir yandan etkinliği artırırken diğer yandan da var olan etkinlik kayıplarının ortadan kaldırılmasına odaklanan ve işletme kültürünü değişim sürecine sokan etkin, sürekliliği olan ve takım çalışmasına dayalı çalışmalar bütünüdür (Sarı, 2018). Üretim sürecinde kararlılık sağlandıktan sonra, süreç adımları içerisinde katma değer üretmeyen ve gerekliliği olmayan faaliyetlerin ortaya çıkartılması ve iyileştirici ya da ortadan kaldırıcı aksiyonların belirlenmesi ve uygulanması sürecidir.

Sistematik ve adım adım ilerleyerek toplamda en iyiye ulaşma felsefesi temeline dayanan kaizen, süreç üzerindeki etkisini zaman içerisinde küçük etkilerle göstermeye başlayan çalışmalar bütünüdür. Kaizen çalışmaları, süreçler ile ilgili ölçülebilir hedeflerin konulması, süreçlerin hedefler doğrultusunda geliştirilmesi, standart süreç adımlarının oluşturulması, katma değer üretmeyen işlemlerin ortadan kaldırılmasına bağlı olarak maliyetlerin azaltılması, darboğazların kontrol altına alınması ve geliştirilmesi gibi sistematik çalışmalar bütünü olarak değerlendirilmektedir (Tanık ve ark., 2017).

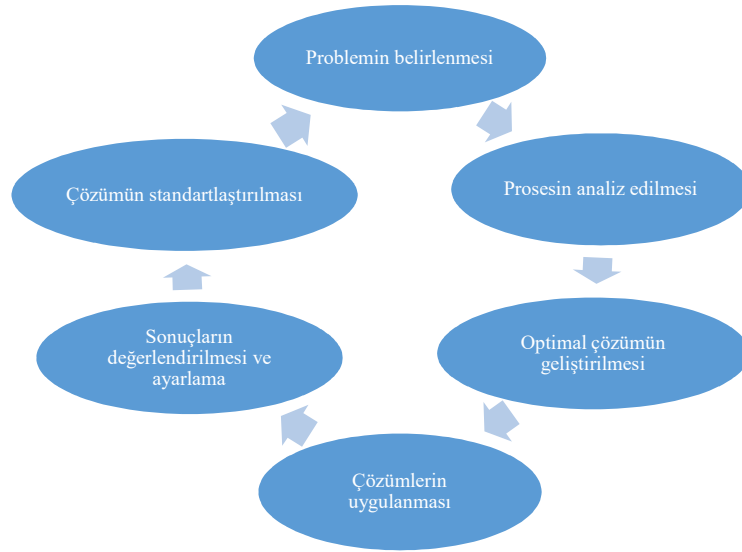
Yalın üretim sürecini uygulayan, süreci uygulamaya çalışan ve yalın üretim sürecinden bağımsız olarak faaliyet gösteren tüm işlemlerin üretim ve diğer faaliyet süreçleri genel olarak ele alındığında, iyileştirilmesi gereken çok sayıda faaliyet adımı ya da problem noktası vardır. Söz konusu problem noktaları ya da kayıp sebeplerine, kaizen çalışmalarında iyileştirme noktaları adı verilmektedir.

İyileştirme noktalarının seçimi, uygulanması ve sonuçlandırılması aşamaları çalışmanın içeriğine ve işletme üzerindeki etkisi üzerine bağlı olarak değişmektedir. Bazı iyileştirme noktaları, veri toplama, analiz, aksiyon ve takip gerektirirken bazı iyileştirme noktaları ise bunlara gerek kalmadan direkt olarak uygulamayı gerektirir.

İyileştirme noktalarının yukarıda belirtilen niteliklerine ve çalışma sonucunun etkisine bağlı olarak kaizen çalışmaları, hızlı (önce-sonra kaizen) ve kobetsu kaizen olarak ikiye ayrılabilir (Albayrak, 2018).

Hızlı kaizen çalışmaları, analiz ve takım çalışması gerektirmeyen, çalışma alanında direkt olarak uygulanabilecek iyileştirme türüdür. Bu nedenle herhangi bir veri toplama, analiz etme ve uzun süreli aksiyom planı oluşturulmasına gerek yoktur. Hızlı kaizen çalışmaları, çoğu zaman öneriyi veren personel tarafından gerçekleştirilebileceği gibi gerektiği durumlarda yardımcı bir kişi ile en fazla iki kişinin katılımı ile gerçekleşen süreç iyileştirme çalışmalarıdır.

Kobetsu Kaizen çalışmaları ise, üretim verimliliği bakımında önemli etkilere sahip olan karmaşık problemlerin sistematik olarak analiz edilmesi, kök nedenlerinin belirlenmesi, sonuca etki eden sebepleri ortadan kaldıracı aksiyonların izlenebilir şekilde kontrol altında yürütüldüğü ekip çalışmasıdır.



Şekil 3.2. Kobetsu kaizen süreci ([www.theleanway.net](http://www.theleanway.net))

Şekil 3.2.'de gösterildiği üzere, Kobetsu Kaizen süreci temel olarak altı aşamalı olarak ele alınabilmektedir. İlk aşama, süreç üzerinde mevcut bir problemin ortaya çıkması ya da bir iyileştirme fırsatının keşfedilmesidir. Bu aşamada, mevcut bir

problem sıklıkla karşılaşılan ve etkileri yüksek olan belirli problemler üzerinden belirlenebileceği gibi, ekipman etkinliklerinin değerlendirilmesine bağlı olarak belirlenen kayıp türleri üzerinden de seçilebilmektedir. Problem belirlendikten sonra, çalışma alanında odaklanılan konuya etki eden durumların belirlenmesi amacı ile proses analizi veya diğer bir ifade ile mevcut durum analizi gerçekleştirilir. Elde edilen verilere bağlı olarak üçüncü aşamada, probleme etki eden kök nedenlerin ortadan kaldırılmasına yönelik aksiyonlar belirlenir ve uygulamaya alınır. Alınan aksiyonlara bağlı iyileşme sürecinin takibi ve aksiyonların yeterliliği, çalışma sonuçlarının değerlendirilmesi aşamasında ele alınır ve çalışma sonuçlarına bağlı olarak gerektiğinde yeni aksiyonlar alınması gerekebilir. Problemin ortadan kaldırılmasından sonra, son olarak tekrar aynı problemin ortaya çıkmaması ve devamlılığın sağlanması için standartlaştırma çalışmaları yürütülür ve kaizen çalışması tamamlanır.

Çoğu işletmelerde, yalın üretim araçlarından SMED çalışmaları ve TPM yapısından geliştirme yönetimi çatısı altında Kobetsu kaizen çalışmaları sıklıkla gerçekleştirilmektedir.

### **3.1.3. Poka- yoke (hatasızlaştırma)**

Üretim süreçlerinin etkinliği, planlanan üretim süresi içerisinde asgari düzeyde duruş ile üretimin devamlılığının sağlanmasına bağlı olduğu gibi gerçekleşen üretim süresi içerisinde elde edilen ürünlerde ve üretim sürecinde minimum hatanın oluşmasını sağlayabilme kabiliyetine de bağlıdır. İstatistiksel proses kontrol yöntemleri, üretim prosesine ait hataların gösterilmesi üzerine kullanılan en etkin yöntem olmakla birlikte, proses ya da personel kaynaklı oluşabilecek hataların tespit edilerek önlenmesi kısmında yetersiz kalmaktadır.

Poka- Yoke, üretim süreçlerinde hataları meydana gelmeden önleme veya diğer bir ifade ile süreçte hata oluşumunu imkânsızlaştırma çalışmalarının genel tanımıdır (Kurahde, 2015; Türkan ve Görener, 2017). Poka ve Yoke kavramları sırası ile

“beklenmedik hata” ve “önleme” kelimelerinin birleşimi olarak “beklenmedik hataların önlenmesi” olarak ifade edilebilir (Bay ve Çiçek, 2007).

Üretim makine ve ekipmanları üzerinde kurulu olan veya daha sonra hatasızlaştırmanın sağlanması için kurulan Poka-Yokelerin önleme ve bulma olmak üzere iki işlevi vardır. Önleme tabanlı Poka-Yokeler, hata oluşmadan önce hatanın tespit edilmesi ve hatanın oluşmasını sağlamak amacı ile kullanılmaktadır. Bunu, hataya neden olacak faktörlerin belirlenerek prosesin durdurulması ve hataya neden olacak malzemelerin kontrol edilerek ayrılması şekilde gerçekleştirmektedir. Bulma tabanlı Poka-Yokeler ise, hata oluşuktan sonra hatayı fark edip, devamının önlenmesi ve minimum hata ile gerçekleşmesini sağlamak istendiği durumlarda kullanılmaktadır. Bulma tabanlı Poka-Yokeler sistemin durdurulması, kontrol edilmesi ve alarm uyarıcı sistemler olmak üzere üç farklı biçimde çalışmaktadır (Pekin ve Çil, 2015).

#### **3.1.4. TPM (toplam üretken bakım)**

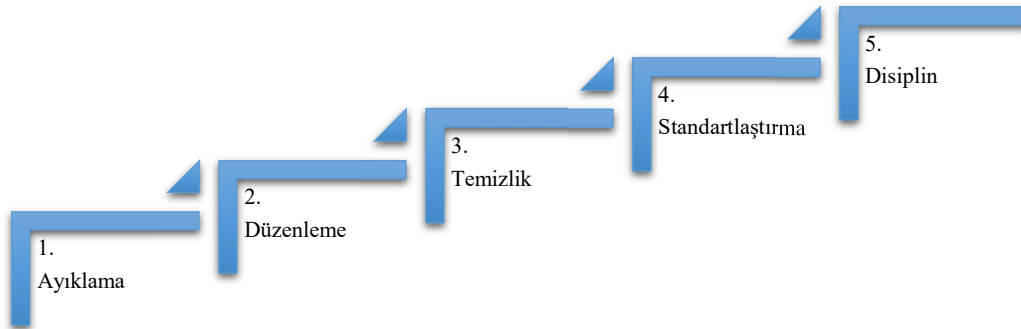
Ekipman ve makine etkinliğinin artırılması amacı ile üretim faaliyeti içerisinde izlenebilir ve sürdürülebilir bakım anlayışının yaygınlaştırılması ve uygulaması başta olmak üzere sıfır kaza, sıfır arıza, sıfır duruş kaybı prensiplerine dayalı olarak uygulanan bütünsel süreç geliştirme aracıdır.

TPM metodolojisi, üretim verimsizliğine neden olan 16 konu belirlemiş ve bunları ekipman kayıpları, iş gücü kayıpları, malzeme ve enerji kayıpları olarak üç kategoriye ayırmıştır. Ekipman kayıpları, kapatma, arıza, ayar, kesici- aparat değişim, başlangıç, hız, hata ve tamir kayıpları ile küçük duruşlar olmak üzere sekiz konu başlığından oluşmaktadır. İşgücü kayıpları, yönetim, üretim içi hareket, hat organizasyonu, lojistik, ölçme ve ayar kayıpları olmak üzere beş konu başlığından; malzeme ve enerji kayıpları ise, ürün ve malzeme, enerji ve donanım kayıpları olmak üzere üç kayıp türünden meydana gelmektedir (Yalvaç, 2015).

Kayıpların azaltılmasında TPM uygulamaları, otonom bakım, odaklanmış bakım (kestirimci bakım), planlı bakım, kalite yönetimi, eğitim, güvenlik, sağlık ve çevre, Ofis TPM ve geliştirme geliştirme yönetimi olmak üzere 5S tabanına kurulu sekiz önemli çalışma bölümünden meydana gelmektedir (Shah ve Deshpande, 2015). Özellikle geliştirme yönetimi, bir üretim hattında ya da üretim makine ve ekipmanında meydana gelebilecek tüm duruş nedenlerini iyileştirerek, etkinliğin artırılmasını TPM metodolojisi içerisinde uygulama aşamasında, diğer yalın üretim tekniklerinden de faydalanarak sağlamaktadır.

### 3.1.5. 5S prensibi

Üretim ortamının, çalışma verimliliğe ve iş güvenliğine katkıda sağlayacak şekilde organize edilmesi, temizlenmesi ve sürekliliğini sağlayan çalışma metodudur. 5S terimi Japonca Seiri (ayıklama), Seiton (düzenleme), Seiso (temizleme), Seiketsu (standartlaştırma) ve Shitsuke (disiplin) kelimelerinin baş harflerinin birleşiminden oluşturulmuş ve kavramların uygulama sırası Şekil 3.3.'de gösterilmiştir (Terli, 2009; Keleş ve ark., 2013; Veres ve ark., 2017).



Şekil 3.3. 5S uygulama adımları

Seiri (ayıklama), faaliyet çalışma alanı ile ilgili olmayan ya da artık kullanım vasfını kaybetmiş ekipman ve malzemelerin çalışma ortamından uzaklaştırılması anlamına gelmektedir. Bu aşamada sıklıkla beyaz ve kırmızı etiket uygulamaları ile çalışma alanındaki ekipmanların gerekliliği görsel olarak belirlenir (Marshettiwar ve Sangode, 2018). Beyaz etiketler, faaliyet için gerekli olan ekipman ve malzemelere

etiketlenirken kırmızı etiketler faaliyet alanından uzaklaştırılması gereken ekipman ve malzemelere yapıştırılmalıdır.

Seiton (düzenleme), ayıklama aşaması sonrası çalışma ortamında kalan ekipman ve malzemelerin kullanım sıklığı, ulaşım kolaylığı ve kullanım alanına mesafesine göre kısa süre içerisinde bulunabilecek ve ulaşılacak şekilde konumlandırılması ve tanımlanması aşamasıdır.

Seiso (temizleme), çalışma ortamının devamlı olarak temiz ve bakımlı halde olmasını sağlayarak, malzeme ve ekipmanların korunması ve kirlilik ile arıza kaynaklarının daha görünür hale getirilmesi amacı ile çalışmalar bütünüdür. Ön temizlik sonrası, çalışma sonrası söz konusu alanın kirlenme sıklığı ve nedenleri araştırılarak, nedenlerin ortadan kaldırılması ve ideal temizlik süresi ile belirlenen sıklıklarda temizleme işleminin yapılarak hedefe ulaşılmasını sağlamaktadır.

Seiketsu (standartlaştırma), çalışmaların kurum kültürüne dönüştürülmesi ve sürekliliğin sağlanması amacı ile belirlenecek olan standartlara uygun kontrollerin sağlanması ve eksikliklerin giderilmesi aşamadır.

5S'in son aşaması olan Shitsuke (disiplin), gerçekleştirilen dört aşamada elde edilen sonuçların devamlılığın sağlanması, farkındalığın artırılması ve işletme sürecine yeni girenlerin kurum kültürünü benimseyip, uygulamalara katılmasını sağlamak amacı ile eğitimlerin düzenlenmesi, iyileştirmelerin duyurulması, çalışma kampanyalarının yapılması, ödül ve onurlandırma sistemlerinin kurulması gibi çalışmaları kapsamaktadır.

5S prensibi çalışma ortamının tertip, düzen, temizlik ve ergonomik olarak sağladığı katkıların yanı sıra iş güvenliği, kalite, moral, verimlilik ve makine performansı artırılması, ekstra kaynak kullanımının ve gereksiz satın almaya bağlı olarak oluşan stok miktarlarının azaltılması gibi konularda fayda sağlamaktadır (Akgün, 2015; Tekin ve ark., 2018).

### 3.1.6. Hücresel üretim

İşletmelerin, üretim süreçlerinden geçen tüm hammadde, parça veya ürünlerin bir bütün olarak değerlendirilerek, benzerlik yaklaşımına dayalı üretim istasyonlarının gruplandırılmasına dayalı üretim modeline hücresel üretim adı verilmektedir. Hücresel üretimin temel amacı, her bir işlemin minimum çevrim süresi ile gerçekleşmesine olanak tanıyacak şekilde makinaların gruplandırılması ve söz konusu üretim girdilerinin diğer hücrelerdeki makine ve ekipmanlarla minimum ilişkisini sağlayarak verimliliğin artırılmasıdır. Hücre oluşumunda, parça ailelerinin belirlenmesi, makine hücrelerinin belirlenmesi, hücrelerin parça aileleri ile ilişkilendirilmesi gibi birbiriyle ilişkili karar verilmesi gereklidir (Öztürk, 2013).

Hücresel üretim, gereksiz malzeme hareketlerinin minimizasyonu ve süreçteki toplam dolaşan parça sayısının indirgenmesi, benzerlik yaklaşımına bağlı ayar sürelerinin ve çevrim zamanının azaltılması, çalışanların efektif kullanımı ve kalite çalışmalarının kolaylaştırılması gibi yalın üretim sürecinde olumlu etkilere sebep olmaktadır. Bu avantajlarının yanında, düzenleme, çalışanların eğitimi ve ilave yatırım maliyetleri işletmeler açısından dezavantajları olarak değerlendirilmektedir.

### 3.1.7. Kanban ve çekme sistemi

JIT (tam zamanında üretim), doğru kalitede ve miktarda hammaddenin, doğru zamanda ve yerde doğru kalite ve miktarda ürüne dönüştürülmesine olanak sağlayan yalın üretim tekniğidir. JIT prensibinin en önemli uygulama aracı Kanban sistemidir.

Kanban, üretim için gerekli olan tüm bilgileri içeren etiket benzer sinyal kartlarıdır. Stok ve üretim kontrolünün basit, ucuz ve etkili bir yöntemidir. Kanban sistemi, stok seviyesinin azaltılması, gereksiz stokların ayrıştırılması ve bunlara bağlı genel giderlerin azaltılmasına sağlayarak üretim, kalite ve servis kalitesinin artırılmasına katkı sağlamaktadır (Muhhopadhyay ve Shanker, 2005).

### 3.2. SMED (Tekli Dakikalarda Ayar Değişimi)

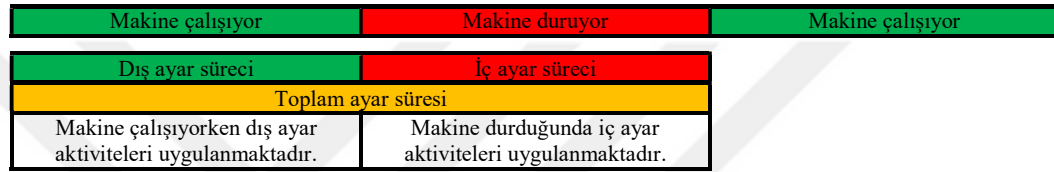
Üretim işletmelerinde parti, sipariş ya da ürün geçişlerinde makine ve ekipmanlarda gerçekleştirilen proses elemanı değişikliklerinin gerçekleştiği zaman dilimine hazırlık ya da ayar zamanı adı verilmektedir. Hazırlık ya da ayar zamanları, üretimin durduğu ve katma değer oluşturulmadığı, planlanan üretim süresinin etkin kullanılamamasına sebep olan kayıp türlerinden birisidir (Esa ve ark., 2015).

Geleneksel üretim metotlarının uygulandığı işletmelerdeki üretim proseslerinin kayıp türleri ve etkileri analiz edildiğinde, ağırlığı en fazla olan kayıp türlerinden birisi ayar kayıplarıdır. Ayar sürecinin düzenlenmesi, azaltılması ve standartlaştırılması amacı ile yalın üretim tekniğine SMED (Single Minute Exchange of Die) geliştirilmiştir. İlk olarak Mazda firmasındaki preslerde kalıp değişim sürelerinin azaltılması amacı ile Shigeo Shingo tarafından, işlem adımlarının iç ve dış işlem adımı olarak ayrıştırılması, dış hazırlık işlem sürelerinin toplam hazırlık sürelerinden düşürülmesi ile oluşturulmuştur (Sarı, 2017).

Shingo'nun uygulamalarında elde edilen tüm sonuçlar, birçok üretim uygulayıcı tarafından kabul görmesi ve literatür çalışmalarının da yöntemin etkinliğini desteklemesi yöntemin geniş bir yelpazede hızlıca yaygınlaşmasını kolaylaştırmıştır (McIntosh ve ark., 2010). Günümüzde başta otomotiv endüstrisi olmak üzere, elektronik ve diğer nihai ürün üreticiler olmak üzere birçok sektörde ve işletmede, diğer yalın üretim teknikleri ile birlikte sıklıkla uygulanan mükemmellik felsefesi ve yönetim kalitesini artıran araçlardan birisi haline gelmiştir (Esa ve ark., 2015).

Ayar sürelerinin azaltılmasına yönelik SMED yaklaşımında, ayar süreci iç ayar süreci ve dış ayar süreci olarak ikiye ayrılmaktadır. İç ayar süreci, makine ve ekipmanın mevcut üretim faaliyeti tamamlandıktan sonra durdurulduktan sonra bir sonraki üretime seri geçiş tamamlanma anına kadar geçen sürede gerçekleşen işlemlerde oluşmaktadır (Amrina ve ark., 2018; Martins ve ark.; 2018). İç ayar faaliyetleri, yalın üretim sürecinde israf kaynaklarından birisi olarak tanımlanmakta olup, azaltılması ve dış faaliyete dönüştürülmesi için çalışmalar yapılması

gerekliliğini ortaya koyar (Deshmukh ve Shete, 2018). Dış ayar süreci ise, mevcut üretim faaliyeti devam ederken sıradaki üretime geçiş yapılmadan önce yapılması gereken ayar faaliyetlerini ifade etmektedir. Ayar sürecinde tüm iç ayar faaliyetlerinin olabildiğinde azaltılması veya dış ayar sürecine dönüştürülmesi hedeflendiği kadar, dış ayar faaliyetlerinin de azaltılmasına yönelik çalışmalar yapılmalıdır. Açıklamalara bağlı olarak, iç ve dış ayar kavramlarının görsel olarak tanımlaması Şekil 3.4’de verilmiştir:



Şekil 3.4. Ayar süreci içerisinde iç ve dış ayar kavramı

Şekil 3.4.’e göre, iki sipariş, iki iş emri veyahut iki ürün arasında geçişte makine üç duruma sahiptir. İlk durumda, mevcut iş devam etmektedir ve makine çalışmaktadır. İkinci durumda, mevcut iş bitmiştir ve hat ayar nedeni ile durmaktadır. Ve son durumda yeni iş için üretim başlamıştır. Bu süreç içerisinde makinanın verimsizliğine sebep olan ikinci durumdur. Yalın üretim çalışmalarında SMED metodolojisinin odaklandığı nokta bu aşamasının olabildiğince birinci duruma çevrilmesi ve işlem sürelerinin azaltılmasıdır.

SMED metodolojisi temel olarak iç ayar faaliyetlerinin azaltılarak en az sürede makine ve ekipmanların durmasını sağlamak olmak ile birlikte, yöntemin uygulanması aşamasında genel anlamda aşağıdaki aşamalar sırası ile uygulanmaktadır.

1. Tesis etkinlik düzeyinin ve çalışma alanının belirlenmesi
2. Makine mevcut durumunun analiz edilmesi
3. İç ve dış ayar adımlarının ayrıştırılması
4. İç ayar faaliyetlerin dış ayara dönüştürülmesi
5. Ayar adımlarının iyileştirilmesi
6. Etkinliğin ölçülmesi

SMED uygulamalarında bu aşamalara dikkat edilmesi ve her bir aşamanın gerekliliklerinin yerine getirilmesi, işletmenin etkinliğinin en büyükleyecek çalışmaların önceliklendirilerek iyileştirilmesine olanak tanıyacaktır. Bu nedenle, her bir adımın tanımlanması ve açıklanmasının, SMED uygulamasının açıklanması açısından faydası olacaktır.

### **3.2.1. Tesis etkinlik düzeyinin ve çalışma alanının belirlenmesi**

İşletmelerde en fazla katkı sağlayacak çalışma konularını belirlemesi ve sürdürülebilir şekilde, işletme ve organizasyon yapısına uygun sayıda projeyi önem sırasına göre uygulamaya almalıdır. Önceliklendirme yapılacağı zaman, ilk olarak tesisin tüm makine ve ekipmanlarının mevcut durumu, bütünsel olarak ele alınması gerekir. Mevcut durumlarda, tüm makine ve ekipmanların verimlilik düzeyinin belirlenmesi gerekir.

Makinaların verimlilik düzeyini belirlemenin ve kıyaslamamanın en etkin yollarından birisi OEE oranına göre değerlendirme yapmaktır. Tüm ekipmanlar içerisinde, OEE oranı düşük olan üretim makine ve ekipmanlarına önceliklendirme yapılmalıdır. Eğer çalışmanın odak noktasında ayar süreleri var ise, planlanan toplam üretim süresi içerisindeki ayar süresi payı en fazla olan üretim makinaları öncelikli olarak proje çalışmalarına dâhil edilmelidir.

Makine ve ekipmanların önceliklendirilmesinde dikkate edilmesi gereken en önemli hususlardan bir diğeri, makine ve ekipmanların kritiklik düzeyidir. Bazı makine ve ekipmanlar, işletme için alternatifi olmayan ve iş yükünün önemli kısmını kapsayan durumda olabilir. Bu gibi durumlarda, OEE oranı ve kritiklik düzeyi düşük olan bir makine yerine, kritiklik düzeyi fazla olan makine ve ekipmanların önceliklendirmesi yapılabilir.

Önceliklendirme durumunda, kriter sayısının artması durumunda karar verme durumunun zorlaştığı durumlarda çoklu karar verme metotlarından faydalanmak karar sürecinin etkinliğini ve zaman tasarrufunu artıracaktır.

### 3.2.2. Makine mevcut durumunun analiz edilmesi

Mevcut durum analizini, kullanım amacına bağılı olarak iki durumda incelenmektedir. Birinci durumda mevcut durum analizi, makinanın genel kayıp türlerinin, ağırlıklarının ve etkilerinin belirlenerek, söz konusu makinada iyileştirilmesi gereken duruş kaynaklarının önceliklendirilmesi ve uygulanacak iyileştirme metodunun seçilmesi amacı ile kullanılmaktadır. Diğer durumda ise, iyileştirilecek kayıp noktasına ait mevcut detay verilerin toplanması ve analiz edilmesi aşaması amacı ile kullanılmaktadır. Analizin sonunda, sürece ait mevcut durum verileri belirlendikten sonra, sürecin iyileştirilmesi amacı ile ayar adımlarının iç ve dış ayar olarak ayrışması aşamasına geçilmelidir.

### 3.2.3. İç ve dış ayar adımlarının ayrıştırılması

Üretim ayar faaliyetlerinin gerçekleşme süresi kadar gerçekleştiği zaman diliminin makinanın çalışma durumuna göre zamansal konumu makine verimliliği açısından kritik öneme sahiptir. Ayar faaliyetlerinin makinanın çalışır duruma göre zamansal konumu, daha önceki kısımlarda iç ve dış ayar faaliyet olarak tanımlanmıştır.

Standartlaşmamış ve düzenlenmemiş ayar prosesleri incelendiğinde, genel olarak ayar adımlarının çoğunluğu iç ayar faaliyeti olarak gerçekleşmektedir. Bu durum, ayar adımlarının zaman boyutunda fazla olmasının yanı sıra fazla zamanın verimsizliğe iç ayar süresi olarak gerçekleşerek ayar sürelerinin toplam kayıpları içerisindeki payının ve verimsizliğe olan etkisinin artmasına neden olmaktadır.

Shingo'ya göre (1985), ayar prosesi işlemlerinin %30 ile %50 arasındaki payı dış ayar prosesi olarak gerçekleşebilme olanağı vardır (Shingo, 1985). Bu yargı, iç ve dış ayar adımlarının ayrıştırılmasının, üretim sahasında ayar prosesinde herhangi bir adımda iyileştirici faaliyetlerde bulunmadan, sadece organizasyonel düzenleme ve çalışma sistematigi ile belirtilen oranda birim ayar süresinin azaltılabileceği sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Diğer taraftan, ayar süresindeki azalma miktarının

toplam ayar süresi içerisindeki payı Shingo'nun belirttiği oranlar arasında olabileceği gibi prosesin yapısı bağlı olarak altında veya üstünde bir değerde olabilir.

Ayar adımlarının detaylı incelenmesi ve analiz edilmesi aşamasında, sıklıkla süreölçer ve ayar adımlarının gösteren video kayıtları kullanılmaktadır (Hülagü, 2011). Özellikle video kaydı kullanmak, gözlemsel kayıpların minimize edilmesine ve işlem zamanlarının video süresi üzerinden daha doğru belirlenmesine olanak tanıdığı gibi, çalışan personelinde katılacağı SMED toplantılarında gerçeğin sunulması, farkındalığın artırılması ve durumun personel tarafından kabul edilmesi açısından kritik öneme sahiptir.

İç ve dış ayar adımlarının ayrıştırılması aşaması incelendiğinde, üretim işletmelerinde kronik olarak arama, temizleme ve stoklama faaliyetlerinin iç ayar adımı olarak gerçekleştiği sonucuna ulaşılmıştır. Örneğin, bir pres hattında sıradaki üretime ait kalıpların, bir önceki üretim bittiğinde aranması, eksiklerinin giderilmeye çalışılması, makinanın yanına taşınması ve değişim sonrası eski kalıbın benzer faaliyetlerle rafına kaldırılması işlemi büyük oranda iç ayar adımı olarak gerçekleşmektedir. Bu ve verilebilecek farklı örneklerde, benzer ayar adımlarının dış ayar adımı olarak gerçekleştirilebileceği açıkça bellidir.

Bu aşamada bazı ayar adımlarının dış ayar olarak ayrıştırılmasının sağlanabileceği gibi, söz konusu faaliyetlerin sürelerinin de azaltılabilmek olanağı vardır. Özellikle, arama, bulma ve eksik malzeme tespitinin kolaylaştırılması için, 5S metodolojisi bu aşamada uygulanabilmektedir.

#### **3.2.4. İç ayar faaliyetlerinin dış ayara dönüştürülmesi**

Ayar adımlarının zamansal konumunun, dış ayar işlemlerinin gerçekleştiği makine çalışırken yapılabilmesine yönelik çalışmalarda, ilk olarak iç ve dış ayar adımlarının ayrıştırılmasından sonra geriye kalan iç ayar adımlarının zamansal konumunun değiştirilmesi için ikincil olarak iç ayar faaliyetlerinin dış ayara dönüştürülmesi çalışmaları gerçekleştirilmelidir.

Bu aşamada, çoğu zaman iyileştirme çalışmalarının yapılmasının sebebi, incelenen üretim hattı veya üretim makinasının mevcut fiziki ve teknik yapısı gereği, iç ayar olarak gerçekleşen faaliyetlerin standart bir düzenleme ve organizasyonla dış ayara dönüştürülemeyecek olmasıdır. Bu yargıya örnek olarak, bir soğuk çekme hatlarında hammadde bağlama istasyon sayısı bir adet olabilmektedir. Bu durumda, söz konusu hammadde istasyonunda devam eden üretime ait hammadde bitmeden, sonraki üretime ait hammaddenin bağlanması olanağı yoktur. Mevcut bu düzende gerçekleşecek olan tüm organizasyonel faaliyetler ve düzenlemeler, söz konusu adımın zaman boyutunda iyileştirilmesine katkı sağlamaktadır. Ancak, soğuk çekme hattı üzerinde ikinci bir hammadde bağlama noktası oluşturulması ve hatta entegre edilmesi, söz konusu ayar adımını tamamı ile dış ayar süreci içerisinde gerçekleşmesine olanak tanıyacaktır. Bir önceki paragrafta belirtilen, SMED ekibinde yer almamasına rağmen değişim sürecinde dâhil edilmesi gereken personellere bu çalışmada, fikrin oluşumu, tasarımı, en uygun imalatı ve montajı konularda katkılar sağlayacaktır.

### **3.2.5. Ayar adımlarının iyileştirilmesi**

SMED metodolojisinin saha uygulamasının son aşaması ayar adımlarının iyileştirilmesi aşamasıdır. Bu kısım, çalışma sonuçlarının şekillendirildiği ve ayar adımlarının zamansal konumunun ve işlem süresinin belirlendiği aşamadır.

Ayar adımlarının iyileştirilmesi, kendisinden önceki aşamalardan birikimli olarak düzenlenmiş ve dönüştürülmüş olarak gelen iç ve dış ayar adımlarının işlem sürelerinin azaltılması ve mümkünse ortadan kaldırılmasına yönelik sürekli iyileştirme faaliyetlerinden oluşmaktadır. Bu nedenle, ayar adımlarının iyileştirilmesi aşaması döngüsel olarak kabul edilebilmektedir. Bu çıkarsamanın nedeni ise, yalın üretim felsefesi altında yatan sürekli iyileştirmedir. Her bir adımın sonsuza kadar iyileşebileceği düşüncesinden yola çıkarak, bu adımın döngüsel olarak uygulanması gerekliliği savunulmuştur. Her döngünün sonu, çalışma etkinliğinin değerlendirilmesi ile tamamlanmalıdır.

Ayar adımlarının iyileştirilmesi aşamasında, odaklanılan çalışma alanı mutlak suretle detaylarına göre incelenerek sorgulanmalıdır. Bazı alışlagelmiş çalışma davranışları ve makine sistematiğine kadar sorgulama gerçekleştirilmelidir. Sürekli olarak “daha iyi ayar işleminin elde edilmesi için neler yapılmalıdır?” sorusuna yanıtlar aranmalıdır. Bu sorunun cevabı, bazen operatör sayısını artırmak, bazen tasarım değişikliği gerçekleştirmek, bazı zamanlarda ise kullanım kolaylaştırıcı değişiklik ve düzenlemeler yapmaktır. Örneğin, proses yapısı gereği birçok makinanın birleşiminden oluşan bir üretim hattında gerçekleştirilecek olan bir ayar prosesinde paralel operasyonlar gerçekleşerek, toplamdaki birim ayar süresi kısaltılabilir. Bunun için, ilave personel görevlendirmesi gerçekleştirilebilir. Bu aşamada, kaç adet personel çalıştırılmalı ve çalıştırılacak personeller hangi paralel ayar adımlarını gerçekleştirmelidir problemi iyileştirme konusu olmaktadır. Başka bir örnek ise, uzun saplı saplama ve cıvataların yerine kelepçe veya geçmeli bağlantılar tercih edilerek, söz konusu ayar adımlarında iyileştirmeler elde edilebilir.

### 3.2.6. Çalışma etkinliğinin ölçülmesi

Çalışma etkinlik değerlendirme aşamasında performans anahtarı seçimi, daha çok çalışma ekibinin belirleyeceği ve hedeflenen değer hakkında bilgi veren ve açıklayan bir gösterge olmalıdır. Bu nedenle, her bir SMED uygulamasında benzer performans anahtarları kullanılabileceği gibi farklı performans anahtarları da tercih edilebilmektedir. Genel anlamda etkinliğin ölçülmesi amacı ile sıklıkla % ayar süresinde azalma, ekipman uygunluğunun artırılma oranı, ayar süresinin iş gücü tasarrufuna etkisi, birim maliyete etkisi ve OEE performans anahtarları kullanılmaktadır. Söz konusu makine etkinliği ve verimlilik kayıpları olduğunda, belirtilen performans anahtarları içerisinde en sık kullanılan performans anahtarı OEE’dir (Chen ve Meng, 2010).

Belirlenen performans anahtarına bağlı olarak, başlangıç aşamasındaki değer, hedef değer ve çalışma sonrası elde edilen değer karşılaştırılarak, çalışma sonrası elde edilen sonuçların hedef değere ulaşip ulaşmadığının belirlenmesine katkı sağladığı

gibi, hedefe ulaşamadığını açığa çıkardığı için çalışma ekibinin ilave aksiyonlar alması gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır.

### 3.3. OEE (Toplam Ekipman Etkinliği)

İşletme rekabet avantajını ele alabilmek ve müşteri gereksinimlerini hızlı yanıt verebilmek için üretim teknolojilerinde yenilikler gerçekleştirerek yatırım miktarlarını artırmıştır. Ancak, artan yatırım maliyetleri ve yatırımların yönetilebilmesi için gerekli olan ilave maliyet kalemleri işletmelerin maliyet kalemlerinin değişmesine ve artmasına neden olmuştur. Bu nedenle birim işlem maliyetlerinin artması, makine ve ekipmanların daha etkin kullanılması gerektirmiştir.

Diğer taraftan mevcut üretim teknolojileri ile faaliyetleri devam ettiren işletmeler, gelen müşteri taleplerine hızlı yanıtlayabilmek için fazla mesai, ilave vardiya gibi ek maliyet kalemi oluşturan yönetim kararlarını başvurmaktadır. Bir işletme ister yatırım yaparak isterse de fazla mesai ve ilave vardiyalar ile üretimi artırmaya çalışsın birim maliyetlerin azaltılabilmesi için üretim kayıplarının minimizasyonu problemi ile karşı karşıya kalmaktadır.

İşletme yöneticileri kayıpların tespit edilmesi, iyileştirilmesi ve etkinliğinin değerlendirilmesi noktasında sıklıkla kullandıkları araçlardan birisi performans anahtarlarıdır. Üretim işletmelerinde sıklıkla kullanılan performans anahtarları üretim miktarı, fire oranı, iade oranı, enerji tüketimi miktarı, bakım onarım süresi olabilmektedir. İşletmeler için temel problem üretim makine ve ekipmanlarının performansı olunca, en fazla kullanılan performans anahtarından birisi OEE (toplam ekipman etkinliği)'dir.

Yalın üretimin sisteminde TPM yapısının temel ve en önemli göstergelerinden birisi olan OEE kavramı, toplam ekipman etkinliği, genel ekipman verimliliği, tesis ekipman etkinliği olarak da tanımlanmaktadır (Çelik, 2018). OEE, makine ve ekipmanların verimlilikten verimsizliğe geçişine neden olan unsurların sistematik

olarak kategorize edilmesine, ölçülmesine ve değerlendirmesine olanak tanıyan yönetim aracıdır.

OEE yapısının verimsizlik unsurlarının kategorize edilmesi ve analiz edilmesine olanak tanınması, üretim süreçlerinin analiz edilmesi aşamasında karar vericilere değerlendirme kolaylığı sağlamaktadır. Genel anlamda makine ve ekipmanların kayıpları OEE yapısı altında kullanılabilirlik, performans ve kalite çatısı altında kategorize edilmiştir (Koçak, 2015).

| OEE               |            |        |
|-------------------|------------|--------|
| Kullanılabilirlik | Performans | Kalite |

Şekil 3.5. OEE unsurları

Üretim işletmelerinin en önemli verimsizlik kaynaklarından birisi duruş kayıplarıdır. OEE içerisinde kullanılabilirlik unsuru içerisinde değerlendirilen duruş kayıpları, sıklıkla arıza, ayar kaynaklı kuruşlar nedeni ile gerçekleşmektedir. Duruş nedenlerinin türü ve makinanın kayıp haritası, üretim sürecine, makine ve üretim teknolojilerine bağlı olarak değişmektedir. Dolayısıyla, OEE kurulumu esnasında kullanılabilirlik çatısı altında etkin bir kayıp analizinin gerçekleşebilmesi için, hedef çalışma noktasındaki kayıp türlerinin doğru değerlendirilerek belirlenmesi önem arz etmektedir.

Makine ve ekipmanlarda, genel duruş kayıplarının dışında hız kayıpları ve küçük duruşlar söz konusudur. Hız kayıpları, makine ve ekipmanların söz konusu üretim sürecinde çalışabilir hız limitlerinin altında çalışmasından ve kısa süresi dur-çalıştır faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır. Hız kayıpları, OEE içerisinde performans unsuru içerisinde değerlendirilmektedir.

Kayıp türlerinden sonuncusu ile kalite kayıplarıdır. Kalite kayıpları, üretim hatlarının deformasyonu ya da üretim kabiliyetini olumsuz etkileyen arızalarından kaynaklı olarak müşteri spesifikasyonunu karşılayamayan ürünlerin elde edilmesine bağlı

olarak üretim performansını değerlendirir. Bu kayıp türü, OEE içerisinde kalite unsuru içerisinde değerlendirilmelidir.

### 3.3.1. OEE unsurları

OEE kavramı, işletmelerin mevcut durumunu ve zamana bağlı gelişim seyrini izlemek amacı ile kullanılan önemli göstergelerden birisidir. Makine ve ekipmanın genel etkinliğinin OEE ile takip edilmesi esnasında kullanılabilirlik, performans ve kalite unsurlarının değerlendirildiği açıklanmıştır. Bu kısımda, söz konusu üç unsuru açıklanması ve hesaplanmasına yönelik teorik bilgiler paylaşılacaktır.

#### 3.3.1.1. Kullanılabilirlik

Kullanılabilirlik kavramı, planlanan üretim süresi içerisindeki reel çalışma payı olarak tanımlanmaktadır. Bu kavramın daha detaylı açıklanabilmesi ve hesaplama yönteminin kavranabilmesi açısından planlanan üretim süresi kavramının da açıklanması gerekmektedir.

Planlanan üretim süresi, işletmenin günlük çalışma planı içerisinde planlı olarak çalışmama kararı aldığı süreler dışında kalan kısım olarak tanımlanabilir. Planlı duruş süreleri, işletmelerin kendi kabul ve değerlendirme kriterlerine göre değişmekle birlikte genel olarak yemek ve dinlenme araları, eğitim nedeniyle üretimin gerçekleşmeyeceği süreler ile planlı bakım süreleri olarak örneklendirilebilir. Üretimin bu üretim süreleri dışında kalan vardiya süresinde çalışacağı kabul edilir ve performansı planlanan üretim süresi üzerinden değerlendirilmektedir.

Planlanmış üretim süresi kavramına bağlı olarak kullanılabilirlik kriteri Denklem 3.1 ile ifade edilebilir.

$$\text{Kullanılabilirlik} = \frac{\text{Reel Çalışma Zamanı}}{\text{Planlı Üretim Zamanı}} \quad (3.1)$$

Reel çalışma zamanı, makinanın hız ve kalite kayıpları göz ardı edilerek aktif olarak çalıştığı üretim süresi olarak kabul edilir. Kullanılabilirlik, planlı üretim süresi içerisinde reel çalışma süresinin payını yansıtmaktadır ve reel çalışma zamanının planlı üretim zamanına yaklaştırılması hedeflenmektedir.

### 3.3.1.2. Performans

Makine ve ekipmanın, reel üretim süresi içerisinde gerçekleşen üretim miktarının, gerçekleşmesi gereken üretim miktarı içerisindeki payı performans oranı ile ifade edilmektedir. Üretim işletmelerinde, hız kayıpları ve gerçekleşen küçük duruşlar, reel üretim süresinin etkin kullanılamamasına neden olduğu için makine etkinliğinin azalmasına neden olmaktadır.

Reel üretim zamanı üretim makine ve ekipmanların üretkenliğin katsayısı olan performans oranı, açıklamalara bağlı olarak Denklem 3.2 ile ifade edilmektedir.

$$\text{Performans} = \frac{\text{Reel Üretim Miktarı}}{\text{Yapılabilir Üretim Miktarı}} \quad (3.2)$$

Reel üretim miktarının, yapılabilir üretim miktarına kadar artırılması için, makine ve ekipmanların çalışma kapasitelerinin ve sınırlarının doğru tanımlanıp, doğru çalışma parametreleri ile çalışılması ve minör duruşlar olarak adlandırılan küçük duruşların azaltılmasına odaklanılması gerekmektedir.

### 3.3.1.3. Kalite

Makinanın genel işlevinde meydana gelen hasar ya da deformasyon ya da uygun olmayan ayar ve kullanıma bağlı olarak, makine ve ekipmanlardan elde edilen ürünlerin müşteri spesifikasyonunun karşılayamama durumu söz konusu olabilir. Bu gibi durumlarda üretilen ürünlere yeniden işlem gibi ilave işlem uygulanabileceği gibi hurdaya da ayrılabilir.

Kalite unsuru, süreçte üretilen ürünün sayısal müşteri spesifikasyonunu sağlayanlarının oranı olarak tanımlanır ve Denklem 3.3 ile gösterilir (Dökme ve Taner, 2013).

$$\text{Kalite} = \frac{\text{İyi Parça Miktarı}}{\text{Toplam Parça Miktarı}} \quad (3.3)$$

İyi parça kavramı, müşteri için uygun olan malzeme olmak üzere, toplam üretilen parça içerisindeki payı OEE'in kalite unsuru olarak tanımlanmaktadır.

### 3.3.2. OEE hesaplanması

OEE, kavramsal olarak değerlendirmek üzere kullanılacağı üretim hattına ya da makineye ait tüm kayıp türlerinin detaylı olarak alt kırılımlarında incelenmesine olarak tanımlanmaktadır. Bunun dışında, bir gösterge olarak değerlendirildiğinde “Çalışan ekipmanların son durumu yada değişim trendi yönünü belirlemek” amacı ile kullanılmaktadır. Bunun için, OEE değerinin hesaplanarak bir sayısal bir göstergeye dönüştürülmesi gerekir.

Kullanılabilirlik, performans ve kalite unsurlarından meydana gelen OEE, bu üç kavramın matematiksel olarak çarpılması (Denklem 3.4) ile elde edilmektedir.

$$\text{OEE} = \text{Kullanılabilirlik} * \text{Performans} * \text{Kalite} \quad (3.4)$$

Kavramsal yapısını uygun olarak kurulan bir OEE sisteminde, elde edilen değerlendirmesi amacı ile beklenen bir dünya standardı oluşturulmuştur. Buna göre, makine ve ekipmanlar için beklenen OEE verimlilik düzeyinin %85 ve üzerinde olması hedeflenmektedir (Gupta ve Garg, 2012). Bu değer taban değerinde elde edilmesi için kullanılabilirlik değerinin %90, performansın %95 ve kalite oranının ise %99,9 olması gerekmektedir.

### 3.4. Taguchi Deney Tasarımı

Taguchi Deney Tasarımı, çalışma konusuna etki etken faktörler ve bu faktörlerin farklı seviyeleri içerisinde, çalışma alanında en ideal kombinasyonun elde edilmesi amacı ile kullanılan yöntemdir. Çalışma alanına etki eden faktör ve faktör seviyelerinin sayısal olarak miktarının fazla olması, çalışmacı grubun faktör ve faktör seviyelerini içeren kombinasyon miktarı kadar deney çalışması gerçekleştirmesi çoğu zaman mümkün olmamaktadır. Taguchi yöntemi, örnekleme en ideal şekilde açıklanabilmesi için ortogonal dizi Tablosunu kullanarak, olması gereken deney sayısından çok daha az deney sayısı ile çalışmaların gerçekleştirilmesine olanak tanımaktadır (Küçük, 2017).

Taguchi deneyinin temel amacı, müşteri gereksinimlerinin ve işletme hedeflerini karşılayabilecek yeterlilikte çıktıların (ürün, proses yeterliği vb.) elde edilebilmesine etki eden faktörlerin ve faktör seviyelerinin belirlenmesidir. Bu sayede, çıktıların etki eden faktörler üzerine yoğunlaşarak ve çıktı üzerindeki etkilerinin azaltılmasına yönelik çalışma yapılarak hedef değer etrafındaki değişkenliğin azaltılmasını sağlamaktır (Ekincioglu, 2016; Sağlam, 2016).

Faktör etkilerinin azaltılması ürün ve müşteri spesifikasyonunu gibi olası kalite konularının iyileştirilmesine katkı sağladığı gibi üretim sürecinin etkinliğinin artırılması açısından da önemlidir. Özellikle rekabet koşullarının artmasına ve işletme sabit maliyetlerinin artmasına bağlı olarak üretim ekipmanlarının daha etkin kullanılması gerekliliği daha fazla önem kazanmıştır. Bu gereklilik, makine, malzeme, insan ve çevre gibi faktörler altında ideal performansa ulaşarak gerçekleşecektir. Taguchi deneyi, özellikle ekipmanların etkin performansa ulaşabilmesi için gerekli olan ortam koşullarının (faktörlerin) belirlenmesi ve iyileştirme çalışması yürütülebilmesi açısından da kritik öneme sahiptir.

Taguchi deneyinin metodoloji dikkate alındığında uygulama adımları genel olarak altı bölüme ayrılmıştır (Küçük, 2017; Sünkür, 2016):

1. Problemin belirlenmesi
2. Probleme etki eden faktörlerin ve seviyelerinin tespit edilmesi
3. Ortogonal dizinin seçilmesi
4. Deneyin gerçekleştirilmesi ve deney sonuçlarının alınması (S/N grafiği ya da yanıt tablosu)
5. Anova analizi

#### **3.4.1. Problemin belirlenmesi**

Çalışma alanında gerçekleştirilen faaliyetlerin genel anlamda performansına etki eden kusurların, eksikliklerin veya diğer bir ifade ile problemin ortaya çıkarılması aşamasıdır. Bu aşamada, eğer odaklanılan proses veyahut çalışma alanı içerisinde problem sayısı birden fazla ise, işletme ve müşteriye olan etkisi en fazla olan problem çalışma konusu olarak önceliklendirilmelidir. Problemin doğru tespit edilmemesi veya süreç üzerine etkisini düşük olan probleme odaklanması, etkinliğin sağlanamamasına neden olacaktır. Bu nedenle, taguchi deney tasarımı metodunun en önemli aşaması problemin belirlenmesi aşamasıdır.

#### **3.4.2. Faktör ve faktör seviyelerinin tespit edilmesi**

Taguchi deneyinde yer alacak faktörler ve faktör seviyeleri, problemin türüne, çalışma ve işletme koşullarına bağlı olarak değişecektir. Bu nedenle, aynı fabrikanın farklı tesislerinde aynı problem üzerinde odaklanılsa bile, probleme etki edecek faktörler ve seviyeler değişebilir. Bu yargı göz önüne alındığında, probleme ait faktör ve seviyelerinin belirlenmesi, çalışmaya özgü olacaktır.

Bu aşamada, genel anlamda beyin fırtınası, ishakawa diyagramı gibi problem çözme metotlarından faydalanılarak, probleme etki eden faktörler belirlenmektedir. Faktör seviyeleri ise, yine katılımcı görüşlerine, çalışma konusu üzerine elde edilmiş mevcut durum analizine bağlı olarak belirlenir ve kategorize edilmelidir (Taylan, 2009).

### 3.4.3. Ortogonal dizinin seçilmesi

Ortogonal dizi, deney sayısını önemli ölçüde azaltan dengelenmiş dizi anlamına gelmektedir. Ortogonal dizi seçimi, deney problemine etki eden faktörlerinin seviyelerine bağlı olarak hesaplanan toplam serbestlik derecesine göre belirlenmelidir. Hesaplanan toplam serbestlik derecesinden daha büyük değere sahip olan ortogonal dizi uygun dizi olarak seçilmelidir (Ekincioğlu, 2016).

Toplam serbestlik derecesi kavramı, probleme etki eden tüm faktörler için ayrı ayrı hesaplanan serbestlik derecelerinin toplanması olarak ifade edilmektedir. Toplam serbestlik derecesinin hesaplanmasında dikkat edilmesi gereken en önemli husus, faktörler arası etkileşimin olup olmamasıdır. Eğer iki faktör arasında bir etkileşim söz konusu ise, bu etkileşime bağlı olarak hesaplanacak olan serbestlik derecesi, toplam serbestlik derecesine mutlaka dâhil edilmesi gereklidir.

Bir faktör için serbestlik derecesi kavramı, söz konusu faktöre ait seviye sayısının bir eksiğine eşit olan değer olarak tanımlanabilir. Diğer taraftan, iki faktör arasından bir etkileşim söz konusu ise etkileşime ait serbestlik derecesi, iki faktörün serbestlik derecelerinin çarpımına eşittir (Küçük, 2017).

Serbestlik derecesi, etkileşimin serbestlik derecesi ve toplam serbestlik derecesi kavramlarına yönelik yapılan açıklamalara bağlı olarak, söz konusu kavramlar Denklem 3.5, Denklem 3.6, Denklem 3.7 ve Denklem 3.8'e göre hesaplanmaktadır.

$V_A \equiv A$  faktörüne ait serbestlik derecesi;  $k_A \equiv A$  faktörü seviye sayısı

$V_{A*B} \equiv A$  ve  $B$  etkileşiminin serbestlik derecesi;  $V_0 \equiv$  Hata serbestlik derecesi

$V_T \equiv$  Toplam serbestlik derecesi;  $N \equiv$  Dizideki toplam deney sayısı

$$V_T = N - 1 \quad (3.5)$$

$$V_A = k_A - 1 \quad (3.6)$$

$$V_{A*B} \equiv V_A * V_B \quad (3.7)$$

$$V_0 \equiv V_T - (V_A + V_B + V_{A*B}) \quad (3.8)$$

Hesaplanan serbestlik derecesi hangi dizinin deneme sayısına uygun ise o dizi seçilmelidir. Hesaplanan toplam serbestlik derecesinin değeri, dizinin deneme sayısından en fazla bir eksik olabilir. Eşit olması durumunda bir üst dizi tercih edilmelidir. Taguchi deneylerinde sıklıkla 2 seviyelilerde  $L_4$ ,  $L_8$ ,  $L_{12}$  ve  $L_{32}$ ; 3 seviyelilerde ise  $L_9$ ,  $L_{18}$  ve  $L_{27}$  dizileri kullanılmaktadır (Küçük, 2017).

#### 3.4.4. Deneyin gerçekleştirilmesi ve sonuçların alınması

Ortogonal dizide belirtilen her bir satırın, her bir sütunda yer alan faktöre ait seviye kriterine bağlı olarak uygun çalışma koşulları altında deney gerçekleştirilir. Yapılan deney sayısının artması, çalışmada elde edilecek sonuçların doğruluğunun ve hassasiyetini artıracaktır. Bu nedenle deneyler birkaç kez tekrarlanmalıdır. Tekrarlanan deney sonuçlarının ortalaması değerlendirmeye alınmalıdır.

Deney sonucunda elde edilen değerlerine bağlı olarak tolerans tasarımı yapılırken en büyük en iyi, en küçük en iyi ve hedef değer en iyi olmak üzere üç kalite değişkeninden faydalanılır (Küçük, 2017).

En büyük en iyi kavramı; kalite değişkeni olan  $Y$ 'nin hedef değeri sonsuzdur. Diğer bir ifade ile üst sınır değeri yoktur. Ölçü büyüdükçe verimlik artacaktır. Bu nedenle, hedef değer artarak verimlilik düzeyine ulaşacağı durumlarda tercih edilmesi gereken kalite değişkenidir. En büyük en iyi kalite değişkenine göre çalışma devam ettirileceğinde  $S/N$  oranının hesaplanması Denklem 3.9'a göre yapılmalıdır.

$$S/N = -10 \left( \log \left( \sum \frac{1}{Y^2} \right) / n \right) \quad (3.9)$$

En küçük en iyi kavramı; kalite değişkeni Y'nin hedef değeri sıfırdır ve negatif yönde bir sapma göstermemektedir (Güneş, 2015). Daima alt sınıf olması istendiği için hedef değerın minimizasyonu problemlerinde kullanılmalıdır. Tolerans değeri azalmasına bağlı olarak problemdeki etkilerde azalma elde edilecektir. Özellikle, iyileştirme çalışmalarda faaliyet süresi optimizasyonlarına yönelik çalışmalarda tercih edilmelidir. En küçük en iyi kalite değişkenine göre çalışma devam ettirileceğinde S/N oranının hesaplanması Denklem 3.10'a göre yapılmalıdır.

$$S/N = -10 (\log (\sum Y^2) / n) \quad (3.10)$$

Hedef değer en iyi kavramı; toleransın iki yönlü durumu söz konusudur. Makine ve makine parçası imalatlarına yönelik toleranslarda iki yönlü tolerans kullanılması örnek olarak gösterilebilir. Hedef değer en iyi değişkenine göre çalışma devam ettirileceğinde S/N oranının hesaplanması Denklem 3.11'e göre yapılmalıdır.

$$S/N = 10 (\log(Y^2) / s^2) \quad (3.11)$$

Hedef değer en iyi kavramı için tanımlanan bu formül, standart sapmanın ve ortalamanın belirli bir hedef değerde olması istendiği durumlarda tercih edilmelidir.

### 3.4.5. Varyans Analizi

ANOVA testi, deney yapılan parça gruplarının ortalama performansları arasındaki farklılığı belirlemek amacı ile kullanılan istatistiksel değerlendirme aracıdır. Varyans analizi ise, deneyde bulunan tüm varyasyonları bileşenlerine ayıştıran matematiksel bir tekniktir ve serbestlik derecesi, kareler toplamı ve varyans gibi niceliksel değerlerin hesaplanmasına katkı sağlamaktadır (Küçük, 2017).

Varyans analizinde genel olarak kareler toplamı, serbestlik derecesi hesaplanması, varyans değerinin bulunması, F değerinin bulunması, % dağılımın bulunması ve F değerlerinin tablo f değerleri ile karşılaştırılması ve yorumlanması işlemlerinden oluşmaktadır.

Analiz içerisindeki toplam kareler toplamı ( $SS_T$ ), deneylerde elde edilen gözlem sonuçlarının ( $y_i$ ) kareleri toplamı ile tüm verilerin aritmetik ortalamasının karesinin ( $T$ ) ortalaması arasındaki farka eşittir. Diğer bir ifade ile kareler toplamı Denklem 3.12 ile ifade edilebilir.

$$SS_T = \left[ \sum_{i=1}^N y_i^2 \right] - \frac{T^2}{N} ; N \equiv \text{Toplam veri sayısı} \quad (3.12)$$

Bir faktöre ait kareler toplamı ( $SS_X$ ), söz konusu faktörün her bir seviyesi için ayrı ayrı S/N oranları toplamının karesi ortalama değerleri hesaplanarak toplanır. Sonrasında tüm verilerin aritmetik ortalamasının karesinin ortalamasından çıkartılır. Bu ifadeye bağlı olarak; örneğin A faktörünün kareler ortalaması Denklem 3.13 ile hesaplanmalıdır.

$$SS_A = \left[ \sum_{i=1}^{k_A} \frac{A_i^2}{n_{A_i}} \right] - \frac{T^2}{N} ; k_A \equiv \text{A faktörü kademe sayısı} \quad (3.13)$$

Hata kareler ortalaması ise, tüm değerlerin kareler toplamından, tüm faktörlerin kareler toplamı arasındaki farka eşittir.

Varyans analizi içerisinde hesaplanan ikinci değer, serbestlik derecesidir. Serbestlik derecesinin hesaplama yöntemine ilişkin açıklamalar 3.4.3. Ortogonal Dizi Seçimi kısmında yapılmıştır. Bu kısımda verilen formüllere bağlı olarak, toplam serbestlik derecesi, faktörlerin ve faktör etkileşiminin serbestlik derecesi hesaplanmaktadır. Hesaplanan bu değerlere bağlı olarak ise, hatanın serbestlik derecesi belirlenmektedir. Hatanın serbestlik derecesi, toplam serbestlik derecesi ile faktör ve faktör etkileşimi serbestlik dereceleri toplamı arasındaki farka eşittir. Hata serbestlik derecesi  $V_0$  olarak tanımlanarak, Denklem 3.14 ile ifade edilebilir.

$$V_0 = V_T - V_A - V_B - V_{A \times B} \quad (3.14)$$

Üçüncü hesaplama değeri olan varyans değeri, faktörlerin kareler toplamının o faktörün serbestlik derecesine oranı ile hesaplanmaktadır. Örneğin A faktörü için varyans değeri Denklem 3.15’de gösterildiği gibi tanımlanabilir.

$$W_A = SS_A / V_A \quad (3.15)$$

Taguchi deneyinde belirlenen faktörlerin birbirlerine kıyasla önem derecesinin belirlenmesi amacı ile F-testi uygulanmalıdır. Faktörlerin F değeri, faktörün hesaplanan varyans değerinin hata varyansına oranı, Denklem 3.16’da gösterilmiştir.

$$F_A = \frac{W_A}{W_B} \quad (3.16)$$

Hesaplanan F değeri ile belirlenen güven seviyesindeki F tablo oranı karşılaştırılır. Elde edilen tabloda, faktörler arası kıyasla F değeri daha büyük olan faktör daha etkin olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Varyans analizinde hesaplanan % dağılım değeri ise, faktörün kareler toplamının hatanın kareler toplamına oranının yüzde biçiminde ifadesi şeklinde tanımlanabilir.

### 3.5. Üretim Planlama Fonksiyonu Olarak İş Sıralama

Üretim faaliyetleri, işletmelerin genel anlamda müşteri için anlam ifade eden nihai ürünler için hammaddenin dönüşüm sürecinin gerçekleştiği değer yaratma adımlarıdır. Değer yaratma sürecininden önemli olan müşteri teslim tarihine uygun, ideal üretim süresi ile işletme kaynaklarının minimum kullanımını sağlayabilmektir.

Bir üretim işletmesinde, değer yaratma sürecinin verimliliğinin artırılması ve müşteri memnuniyetinin sağlanması amacı ile üretim sürecindeki ürün veya siparişlerin yerine getirilmesi için zaman ve sıralama açısından değerlendirme yapılarak üretim gerçekleştirilmelidir. Bu değerlendirmeye üretim planlama, değerlendirme sonrası elde edilen sipariş önceliğine üretim sıralaması olarak tanımlanmaktadır.

İş sıralaması, aynı üretim hattında veya makinalardan geçecek olan birden fazla iş olması durumunda, var olan işlerin hangi sıralama ile işleme alanacağını belirlemesidir. Günlük hayatta yapılan birçok işlem esnasında sıralama faaliyeti ile karşılaşılmaktadır. Hastahanelerde tek ve muayene için sıra bekleyen hastalar örnek olarak verilebileceği gibi, banka ve ATM'ler işlem için sıra bekleyen müşteriler örnek olarak verilebilir. Bu ve benzeri örneklerde olduğu gibi günlük hayatın beraberinde getirdiği sıralama kuralı, genel olarak “ilk gelen ilk işleme alınır” üzerine kurulmuştur. Ancak söz konusu bir üretim işletmesi ve üretim faaliyeti olduğunda, çoğu zaman “ilk gelen ilk işleme alınır” kuralı yetersiz olmaktadır. Bu nedenle, üretim işletmelerinin özelliklerine bağlı olarak sıralama ile ilgili farklı önceliklendirme kuralları belirlenmiştir (Tanyaş ve Baskak, 2013).

1. İlk gelen ilk yapılr: İşletmeler, işlem sırasını gelen taleplerin geliş sırasına göre gerçekleştirmektedir.
2. Son gelen ilk yapılr: Üretim talepleri geliş sıralaması sondan başa doğru olacak şekilde düzenlenmektedir.
3. İşlem süresi en kısa olan iş yapılr: İşletme içerisinde var olan siparişlere ait işlem süreleri bilindiği veya tahmin edilebildiği durumda, üretim sürecine bekleyen işlerden en kısa işlem süreli olan sipariş alınması gerektiği kuralına dayalı önceliklendirme kuralıdır.
4. İşlem süresi en uzun olan iş yapılr: İşletme içerisinde var olan siparişlere ait işlem süreleri bilindiği veya tahmin edilebildiği durumda, üretim sürecine bekleyen işlerden en uzun işlem süreli olan sipariş alınması gerektiği kuralına dayalı önceliklendirme kuralıdır.
5. Gevşek süresi en az olan ilk yapılr: Bekleyen işlere ait planlanan teslim tarihinden, işlem süresi çıkartılır ve sıralamada fark değeri küçükten büyüğe doğru sıralanarak iş sıralaması elde edilir.

6. Rastgele seçim: İşletmede sıradaki işlem, bekleyen işlemler arasından rastgele tercih edilmesi esasına dayalı sıralama kuralıdır.
7. Akış süresi en uzun olan ilk olarak yapılır: Bekleyen işlerin üretim süresi ve üretim hazırlık süresi toplanarak toplam akış süresi belirlenir. Daha sonrasında akış süresi büyük olan işlem önceliklendirilir.
8. Bekleme süresi en uzun olan iş yapılır: Üretim sürecinde en fazla beklemeye neden olacak iş önceliklendirilir.
9. Kalan işlem süresi en uzun olan ilk olarak yapılır: Sonraki işlemlerinin süresi en fazla olan işten itibaren, işlem süresi en az olana doğru sıralama yapılır.
10. Kalan işlem sayısı en fazla olan ilk yapılır: Sonraki işlem sayısı, işletme sipariş grubu içerisinde en fazla olan işlem, ilk olarak işleme alınmaktadır.
11. En fazla maliyetli olan iş ilk yapılır: Üretim ve işlem maliyeti en yüksek olan iş öncelikli olarak yapılmaktadır.

Üretim planlamanın tüm fonksiyonlarında olduğu gibi, iş sıralamada da ekipman etkinliğinin maksimize edilmesi gereklidir. Bu gereklilik, özellikle uzun termin süreleri ile çalışan, geciken sipariş sayısı fazla olan ve akış süresi uzun olan işletmeler açısından kritik öneme sahiptir. Bu tip işletmelerde, önceliklendirme esası müşteri gereksinimlerinden ödün vermeden optimum akış süresi ile işlemi gerçekleşmek üzerine olmalıdır.

## **BÖLÜM 4. SMED TAGUCHİ ESASLI İŞ SIRALAMASI İLE TOPLAM AYAR SÜRESİNİN AZALTILMASI**

Günümüzde değişen müşteri beklentileri, artan rekabet ve daralan sektör hacmi gibi koşullara bağlı olarak, işletmelerin faaliyetlerini ekonomik olarak gerçekleştirebilme zorunlulukları ortaya çıkmaktadır. Bu amaçla işletmeler tarafından ilk olarak gider kalemlerini azaltıcı önlemlere yönelinmesine rağmen, istenilen düzeyde beklenen etkinin sağlanamadığı görülebilmektedir. Bu durum, özellikle üretim işletmelerini, bir ürün ya da ürün grubunun elde edilmesi için süreçlerini iyileştirme çalışmalarına yönlendirmektedir.

Süreç iyileştirme çalışmalarında, faaliyetin gerçekleşmesindeki sürekliliği kısıtlayan ve kayıplara sebep olan unsurların belirlenmesi ve iyileştirilmesine odaklanılmaktadır. Geleneksel ve standartlaştırılmamış üretim proseslerinde genel olarak bu kayıpların en önemli kısmını ayar süreleri oluşturmaktadır. Ayar sürelerinin iyileştirilmesine yönelik yapılan süreç iyileştirme çalışmalarında en sık kullanılan yöntem SMED metodolojisidir.

Ayar sürecine ait süreç adımlarının iyileştirilmesi aşamasında, iç ve dış ayarlar dikkate alınarak, bu ayar adımlarında olabildiğince işlem sürelerinin azaltılmasına odaklanılmaktadır. Bu iyileştirmeler sağlanırken ve ölçülürken çoğu zaman ayar sürecine etki eden çalışan tecrübesi, vardiya tipi gibi unsurlar göz ardı edilmektedir. Bu durum, ayar sürelerinde daha fazla iyileşme elde edilmesinin önüne geçebilmektedir. Ayrıca, bu gibi faktörler dikkate alınmadığı durumda, iyileşme sağlanmasına rağmen ayar sürelerinde dalgalanmalar devam edebilmektedir. En ideal işlem süresine ulaşabilmek için, ayar sürelerine etki eden faktörlerin ve etki düzeylerinin tespit edilmesi, birim ayar sürelerinde iyileşme miktarları artıracaktır. Bu nedenle, Taguchi deney tasarımı kullanılarak değerlendirme yapılması ideal süreye ulaşmaya katkı sağlayacaktır.

Diğer taraftan SMED metodolojisi, iki ürün ya da siparişler arası geçiş esnasında makine hazırlık sürelerinin devamlı olarak iyileştirilmesi ve sürekliliğinin sağlanmasına katkı sağlayan bir yalın üretim aracıdır. Birim hazırlık sürelerinin optimum düzeye indirgenmesi için, hazırlık öncesinde ve esnasında yapılacak olan faaliyetlere ve bu faaliyetlerin iyileştirilmesine odaklanır. Temel amaç, ayar sayısı ne kadar fazla olursa olsun birim ayar süresini azaltarak esnek üretime olanak tanımaktır. Ancak, yapısı gereği birden fazla makine ve ekipmanın birbirine bağlı olduğu üretim hatlarında, toplam ayar süresinin indirgenebilmesi için SMED uygulamaları kadar siparişlerin üretim hattında işlem görme sırasının da bu süreye katkı sağlayacak şekilde hazırlanması önemlidir.

Çalışmanın amacı, SMED, Taguchi deney tasarımı ve iş sıralaması yöntemlerinin birlikte kullanılarak toplam ayar süresinde sağlanacak iyileşme miktarının artırılmasıdır. Bu amaçla, Kocaeli ilinde faaliyet gösteren bir parlak çelik imalatı işletmesinde uygulama yapılmıştır. Fabrikada belirlenen üretim hattı üzerinde, bu üç yöntemin birlikte kullanımı ile toplam ayar süresinin azaltılması amaçlanmıştır.

#### **4.1. İşletme ve Faaliyet Alanı Hakkında Genel Bilgi**

Üretim toplam ayar sürelerinin azaltılması amacı ile vasıflı çelik olarak da adlandırılan parlak çelik imalatının gerçekleştirildiği bir üretim işletmesinde saha çalışması gerçekleştirilmiştir.

Parlak çelik, sıcak haddeleme prosesleri sonrası elde edilmiş bobin ya da çubuk haldeki hammaddelerin soğuk çekme (cold drawing) veya kabuk soyma (peeling) operasyonlarında işlem görmesi sonrası oluşan hassas çap, boy ve yüzey toleranslarındaki ürünlere verilen isimdir. Genel olarak karbonlu çelikler, düşük alaşımlı çelikler, semestasyon, ıslah, otomat ve yay çelikleri gibi hammaddeler parlak çelik imalatlarında kullanılmaktadır.

Parlak çelik imalatı yöntemlerinden birisi olan soğuk çekme işlemi, herhangi bir ön ısıtma işlemine tabi tutulmadan yüzey temizleme işlemi yapılmış olan

hammadelerin soğuk çekme kalıplarından çekme esasına bağlı olarak geçmesi şeklinde gerçekleşmektedir. Soğuk çekme işleminden önce, hammadde ön doğrultma ve yüzey temizleme işlemlerinden geçmelidir. Özellikle yüzey temizleme işlemi, soğuk çekme sırasında akışın kolaylaştırılması ve kalıbın ömrünün artırılması açısından önemlidir. Soğuk çekme işlemi aynı zamanda, malzemenin mekanik özelliklerini iyileştiren bir işlem türüdür.

Parlak çelik imalatında kullanılan bir diğer yöntem ise, kabuk soyma işlemidir. Kabuk soyma makinaları, malzeme üzerinden talaş kaldırılması esasına dayanan ve malzeme mekanik özelliklerinde önemli değişikliğe neden olmayan proseslerdir. Hammadde olarak bobin ya da çubuk kullanılabilen bu hatlarda, işleme esnasında çoklu talaş kaldırma döner kafa mekanizması bölgesinde işlem gerçekleşmektedir. Prosesin devamında ise, ezme ve doğrultma ünitesinden geçirilerek malzemenin doğrusallığı ve yüzey pürüzsüzlüğü elde edilmektedir.

Çalışmanın yapıldığı işletmede, üç adet soğuk çekme hattı ve bir adet kabuk soyma hattı bulunmaktadır. Bunlara ilave olarak, taşlama tezgâhı, çatlak kontrol makinası, pah kırma makinası, şerit testere ve paketleme makinası bulunmaktadır. Bu makine ve ekipmanlar, operasyon tamamlama olarak tanımlanmaktadır. Müşteri temel gereksinimleri üretim hatlarında sağlandığı için, üretim verimliliğini artırmaya yönelik çalışmaların merkezinde yukarıda bahsedilen üç adet soğuk çekme ve bir adet kabuk soyma hattı bulunmaktadır. Bu çalışmada, bu üretim hatlarından önem derecesine göre seçilen bir hatta uygulama gerçekleştirilecektir.

#### **4.2. Ekipman Etkinliğinin Ölçülmesi ve Üretim Hattının Belirlenmesi**

Performans anahtarları, ürün veya hizmet oluşumu sürecine ait etkin düzeyinin belirlenmesinde kullanılan göstergelerdir. Performans anahtarının seçimi, faaliyete ve faaliyetin yapısına bağlı olarak değişmektedir. Örneğin, bir işletmede üretim performansı değerlendirildiğinde üretim miktarı, fire oranı performans anahtarı olarak belirlenirken satış departmanında satış miktarı ya da toplam satış bedeli performans anahtarı olarak seçilebilmektedir. Üretim işletmelerinde, makine ve

ekipmanlarının performansının belirlenebilmesi için kullanılan anahtarlardan en önemlisi OEE (toplam ekipman etkinliği)'dir.

OEE değerin hesaplanabilmesi için, makine ve ekipmanların kullanılabilirlik, performans ve kalite oranlarının hesaplanabilir olması gerekmektedir. Kullanılabilirlik oranının doğru hesaplanabilmesi ve detaylı değerlendirilebilmesi için, makinanın kayıp türlerinin belirlenmesi ve ölçülmesi gereklidir. Aynı zamanda, ekipmanın mevcut durumuna bağlı olarak optimal çalışma hızına bağlı olarak üretim hızının ölçülebilir ve üretilen ürünün kalite hataları tespit edilebilir olmalıdır.

Çalışmada yukarıdaki yapılan açıklamalar ışığında, SMED uygulaması öncesi fabrika kayıp analizi yapılarak, makinelerin performansını etkin biçimde ölçülebileceği bir OEE sistemi oluşturulmuştur.

#### **4.2.1. Kayıp türlerinin belirlenmesi**

Duruş kaynakları ve gereksiz işlem adımları, makine ve ekipmanların verimli kullanımını engelleyen ve gereksiz kaynak tüketimine neden olan üretim faaliyetleridir. Genel anlamda bu tür faaliyetlere üretim kayıpları adı verilmektedir. Üretim kayıplarının belirlenmiş olması, süreç iyileştirme çalışmalarında mevcut durum tespiti ve kök neden analizi için önemli veri kaynağı niteliğindedir. Bu nedenle, çoğu iyileştirme çalışmasından önce, üretim tesise veya sürece ait tüm kayıp türlerinin belirlenmesi gereklidir.

Uygulamanın gerçekleştiği üretim tesisinde bulunan üç adet soğuk çekme ve bir adet kabuk soyma hatları, bir aylık zaman diliminde incelenerek, her bir hatta ait kayıp türleri belirlenmiştir. Kayıp türleri, saha incelemesi raporu, proses başında video kaydı ve üretim kayıtları dikkate alınarak üretim hatlarına atanmıştır. Bu verilere dayalı olarak, hatlarda belirlenen kayıp türleri Tablo 4.1.'de özetlenmiştir.

Üretim hatlarındaki duruş tiplerinde benzerlikler olduğu gibi, bazı üretim hatlarının spesifik özelliğinden kaynaklanan ve sadece kendine özgü kayıp türlerinin olduğu

belirlenmiştir. Örneğin, Tablo 4.1.'de görüldüğü üzere talaş kaldırma prensibine göre çalışan kabuk soyma hattında kesici uç değişimi nedeni ile oluşan duruşlar söz konusu iken, kalıp değişimi nedeni ile oluşan duruşlar söz konusu değildir.

Tablo 4.1. Üretim hatları kayıp türleri

| Duruş tipi              | Üretim hattı                    | Duruş tipi                   | Üretim hattı            |
|-------------------------|---------------------------------|------------------------------|-------------------------|
| Ayar işlemleri          | Tüm hatlar                      | İtme ve çekme çene temizleme | Soğuk çekme-1-2         |
| Diğer operasyon bekleme | Kabuk soyma hattı soğuk çekme-3 | S. çekme kalıbı değişimi     | Tüm soğuk çekme hatları |
| Kesici uç değişimi      | Kabuk soyma hattı               | Doğrultma topu temizleme     | Soğuk çekme-1           |
| Hammadde değişimi       | Tüm hatlar                      | Yağ ilavesi                  | Tüm hatlar              |
| Mekanik arızalar        | Tüm hatlar                      | Filtre temizleme             | Soğuk çekme-1-2         |
| Elektrik arızaları      | Tüm hatlar                      | Granür kum ilavesi           | Soğuk çekme-1-2         |
| Testere arızası         | Soğuk çekme-3                   | Hammadde besleme             | Tüm hatlar              |
| Tavan vinci bekleme     | Tüm hatlar                      | Malzeme taşıma               | Tüm hatlar              |
| Personel geç kalması    | Tüm hatlar                      | Kalite onayı bekleme         | Tüm hatlar              |

Belirlenen kayıp türleri, üretim hatlarının planlanan çalışma zamanı içerisindeki etkin kullanım süresini etkilediği için, direkt olarak performans ve kalite oranları ilişkilendirilmemektedir. Bu nedenle, üretim hattında oluşan kayıpların ve etkilerinin analiz edilmesinde, OEE'nin kullanılabilirlik oranı kullanılmaktadır.

#### 4.2.2. Üretim hatlarının etkinliklerinin hesaplanması

OEE oranı, üretim hatlarının planlanan üretim zamanı içerisinde belirlenen performans kriterlerine göre üretilebilen hatasız üretim oranını ifade eden performans anahtarıdır. OEE oranının hesaplanabilmesi için, kullanılabilirlik, performans ve kalite oranlarının belirlenmiş olması gerekmektedir.

OEE verileri, üretim hatlarının etkinlik düzeylerini belirlemek amacı ile kullanılabildiği gibi, alınan aksiyonların ve çalışmaların etkinliğinin değerlendirilmesi amacıyla da kullanılabilmektedir. Bu nedenle iyileştirme çalışmalarının tüm aşamalarında ve çalışma sonrası sürdürülebilirliğin izlenmesinde OEE verilerinden faydalanılır. Bu çalışmada ise, başlangıç aşamasında “hangi üretim

hattının öncelikli olarak incelenmesi gerekir?” ve devamında “yapılan çalışmaların ekipman etkinliğine etkisi nedir?” sorularının cevaplanması amacı ile OEE oranında faydalanılmıştır.

Üretim hatlarına ait OEE hesaplanması için gerekli veri tipleri ve kaynakları belirlendikten sonra, 2018-2019 yılı arasında 12 aylık dönem içerisinde hatların etkinlik değerleri izlenmiştir. Örnek olarak kabuk soyma hattına ait Ocak ayına veriler Tablo 4.2.’de verilmiş ve devamında OEE oranı hesaplanmıştır.

Tablo 4.2. Kabuk soyma hattı ocak ayı verileri

| Tanım                   | Süre (dk) | Tanım                     | Miktar (ton) |
|-------------------------|-----------|---------------------------|--------------|
| Planlanan üretim süresi | 22341     | Üretilebilecek ürün mik.  | 880          |
| Planlı duruş süresi     | 0         | Üretilen ürün mik.        | 593          |
| Plansız duruş süresi    | 5634      | Üretilen hatalı ürün mik. | 0,47         |

Kullanılabilirlik, planlanan üretim süresi içerisindeki aktif olarak çalışma yapılan üretim süresinin oranını ifade etmektedir. Diğer bir ifade ile planlanan üretim süresinden plansız duruşların çıkartılması sonucunda kalan sürenin, toplam planlı üretim süresi içerisindeki oranıdır. Buna göre kabuk soyma hattına ait kullanılabilirlik değeri Tablo 4.2.’de verilen değerlere bağlı olarak Denklem 3.1 kullanılarak 0,7478 olarak hesaplanmıştır.

Performans, etkin çalışma süresi içerisinde makinanın performansını değerlendirmektedir. Söz konusu süre içerisinde üretilen üretim miktarının, 0,6738 olarak Denklem 3.2. kullanılarak bulunmuştur. Üretilen mamuller içerisinde, müşteri spesifikasyonunu karşılayabilecek ürünlerin payı olan kalite oranını ise, Denklem 0,9992 olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Hesaplanan kullanılabilirlik, performans ve kalite oranlarına bağlı olarak, kabuk soyma hattının Ocak ayına ait OEE değeri Denklem 3.4’e bağlı olarak 0,5034 (%50,34) olduğu hesaplanmıştır.

Örnek hesaplama yöntemine göre, kabuk soyma hattının ocak ayına ait OEE değeri %50,34 olarak hesaplanmıştır. Benzer şekilde, her bir üretim hattının on iki aylık verilerine bağlı olarak aylık ve ortalama yıllık kullanılabilirlik, performans ve kalite oranları hesaplanmış ve Tablo 4.3.'de elde edilen sonuçları gösterilmiştir.

Tablo 4.3.'de ayrıca, kullanılabilirlik, performans ve kalite kriterleri bağlı olarak, her bir hattın her bir ayına ait OEE değerleri belirlenmiştir. Bu hesaplamanın devamında, oniki aylık periyodun sonunda, her bir üretim hattı için herbir OEE unsurunun ortalama değeri aritmetik ortalamaya bağlı olarak hesaplanmış ve bu değerlere bağlı olarak ortalama OEE değerine ulaşılmıştır.

Üretim hatlarının etkinlikleri Tablo 4.3.'e göre değerlendirildiğinde, standartlandırılmamış ve iyileştirilmemiş üretim prosesinde, kayıpların ve OEE değerinin dalgalanma gösterdiği sonucuna ulaşılmaktadır. Bu dalgalanmanın var olması, prosesin etkinlik yeterliliğinin normal dağılıma uygun olmamasına neden olmaktadır. Bu dalgalanmanın önlenmesi amacı ile kök neden analizine bağlı olarak iyileştirme planları oluşturularak uygulanmalıdır.

Tablo 4.3. Üretim hatları OEE oranları

| Üretim hattı   | Değerlendirme kriteri | Ocak   | Şubat  | Mart   | Nisan  | Mayıs   | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül  | Ekim    | Kasım   | Aralık  | Yıl ortalaması |
|----------------|-----------------------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|--------|---------|--------|---------|---------|---------|----------------|
| Kabuk soyma-1  | Kullanılabilirlik     | 74,74% | 70,96% | 74,40% | 67,80% | 67,01%  | 71,66%  | 70,63% | 75,93%  | 57,83% | 72,47%  | 84,68%  | 80,16%  | 72,36%         |
|                | Performans            | 67,37% | 74,16% | 79,94% | 72,53% | 78,19%  | 85,36%  | 80,05% | 80,11%  | 83,72% | 82,94%  | 80,73%  | 74,52%  | 78,30%         |
|                | Kalite                | 99,92% | 99,83% | 99,95% | 99,70% | 99,99%  | 100,00% | 99,95% | 100,00% | 99,00% | 100,00% | 99,77%  | 99,64%  | 99,81%         |
|                | OEE                   | 50,31% | 52,53% | 59,45% | 49,03% | 52,39%  | 61,17%  | 56,51% | 60,83%  | 47,93% | 60,11%  | 68,21%  | 59,52%  | 56,50%         |
| Soğuk çekme-1  | Kullanılabilirlik     | 59,56% | 60,26% | 51,72% | 61,04% | 50,50%  | 43,93%  | 47,72% | 36,28%  | 58,04% | 50,24%  | 59,28%  | 62,27%  | 53,40%         |
|                | Performans            | 69,82% | 56,64% | 65,69% | 67,41% | 74,24%  | 68,85%  | 76,82% | 77,96%  | 67,05% | 69,79%  | 76,91%  | 69,39%  | 70,05%         |
|                | Kalite                | 99,88% | 99,88% | 99,98% | 99,91% | 99,20%  | 98,80%  | 99,19% | 100,00% | 99,00% | 99,65%  | 99,80%  | 99,54%  | 99,57%         |
|                | OEE                   | 41,53% | 34,09% | 33,97% | 41,11% | 37,19%  | 29,88%  | 36,36% | 28,28%  | 38,53% | 34,94%  | 45,51%  | 43,01%  | 37,03%         |
| Soğuk çekme-2  | Kullanılabilirlik     | 53,61% | 75,68% | 77,53% | 75,70% | 66,47%  | 65,16%  | 65,40% | 70,53%  | 88,08% | 77,57%  | 56,67%  | 77,17%  | 70,80%         |
|                | Performans            | 76,06% | 69,59% | 80,53% | 76,92% | 70,09%  | 74,67%  | 81,86% | 82,52%  | 86,22% | 79,91%  | 64,91%  | 75,99%  | 76,61%         |
|                | Kalite                | 99,82% | 99,89% | 99,98% | 99,98% | 100,00% | 100,00% | 99,86% | 100,00% | 99,50% | 100,00% | 99,72%  | 100,00% | 99,90%         |
|                | OEE                   | 40,70% | 52,61% | 62,42% | 58,22% | 46,59%  | 48,66%  | 53,46% | 58,20%  | 75,56% | 61,98%  | 36,68%  | 58,65%  | 54,48%         |
| Üretim hattı-4 | Kullanılabilirlik     | 78,17% | 73,92% | 81,87% | 81,48% | 75,74%  | 78,38%  | 80,95% | 74,21%  | 81,49% | 85,87%  | 77,25%  | 76,41%  | 78,81%         |
|                | Performans            | 75,61% | 71,82% | 76,09% | 83,59% | 79,84%  | 81,25%  | 76,53% | 75,77%  | 79,84% | 63,06%  | 74,25%  | 78,58%  | 76,35%         |
|                | Kalite                | 99,84% | 97,93% | 99,88% | 97,82% | 99,27%  | 100,00% | 99,56% | 99,81%  | 99,40% | 99,93%  | 100,00% | 100,00% | 99,45%         |
|                | OEE                   | 59,01% | 51,99% | 62,22% | 66,62% | 60,03%  | 63,69%  | 61,68% | 56,12%  | 64,67% | 54,11%  | 57,36%  | 60,04%  | 59,80%         |

#### 4.2.3. Üretim hatlarının öncelik sıralaması

Üretim alanında öncelikli olarak hangi üretim hattının inceleneceğine karar verilmesi, iyileştirme çalışmalarında daha etkin sonuçlar elde edilmesine açısından önemlidir. Tablo 4.3.'de belirtilen OEE verilerine göre, üretim işletmesi için eşit önem derecesine sahip olan üretim hatlarının kıyaslanarak öncelikli üretim hattına karar verilmiştir. Ortalama OEE verilerine göre yapılan değerlendirme sonucu elde edilen önceliklendirme tablosu aşağıdaki Tablo 4.4. de özetlenmiştir.

Tablo 4.4. Üretim hatlarının önceliklendirilmesi

| Üretim hattı  | Ortalama yıllık OEE değeri | Önceliklendirme |
|---------------|----------------------------|-----------------|
| Soğuk çekme-1 | % 37,03                    | 1               |
| Soğuk çekme-2 | % 54,48                    | 2               |
| Kabuk soyma   | % 56,50                    | 3               |
| Soğuk çekme-3 | % 59, 80                   | 4               |

Üretim hatlarının yıllık ortalama OEE verilerine göre önceliklendirilmesi göre, üretim etkinliği en düşük olan soğuk çekme-1 hattı seçilmiştir. Farklı üretim hatlarında ve ağırlıklı olarak farklı önem derecelerine sahip üretim işletmelerinde, önceliklendirme yapılırken OEE oranı ile birlikte diğer kriterleri de içerisinde bulunduran çok kriterli karar verme metodlarına bağlı olarak önceliklendirme işlemi yapılabilmektedir. Ancak, bu çalışmada üretim hatları eşit önem derecesine sahip olduğundan farklı bir kriter ön görülmemiş, bu yöntemlerin kullanımı gerek görülmemiştir.

#### 4.3. Kayıp analizi ve iyileştirme planının oluşturulması

Süreç iyileştirme ve geliştirme çalışmalarında, kayıpların belirlenmesi ve söz konusu kayıpların üretim süresi içerisindeki payının belirlenmesi önemlidir. Özellikle, emek, zaman ve fayda üçlüsü dikkate alındığında işletme açısından en önemli olan kayıpların tespit edilmesi ve iyileştirme önceliğinin bu kayıp türlerine verilmesi gerekir.

Kayıp analizi, iyileştirilmek istenen çalışma alanı veya bölgeye ait kayıplarının detaylı olarak incelenmesi sonucunda elde edilecek verilere bağlı olarak yapılacak iyileştirme çalışmaların ve uygulanacak metotların belirlenmesi açısından kritik öneme sahiptir.

İşletmeye ait hatlardan soğuk çekme hattı-1’de çalışma yapılacağına karar verildikten sonra, bu hat üzerindeki kayıplara odaklanılmıştır. Soğuk çekme hattı-1’e ait OEE verilerinin içerisinde yer alan kullanılabilirlik kriterine ait alt kırımları değerlendirilmiştir. Alt kırımlarda yer alan tüm kayıp türlerinin, aylık olarak süreleri, yıl içerisindeki toplam süreleri, duruş süreleri içerisindeki payı ve planlanan üretim süresi içerisindeki payı Tablo 4.5.’de gösterilmiştir.

Kayıp türleri içerisinde ağırlıklı olarak hangi kayıp türlerinin önem derecesinin fazla olduğunun belirlenmesi için Tablo 4.5.’deki veriler kullanılmış ve kayıp türleri için Pareto analizi uygulanmıştır. Pareto analizinin sonucuna göre, genel olarak %75 - %80 oranında duruş sebebi olan kayıp türlerinin etkisini azaltıcı ya da ortadan kaldırıcı önemler alınması gerekmektedir. Ancak bu çalışmanın kapsamında, Pareto analizinde ağırlıklı olarak en fazla paya sahip olan kayıp türünün iyileştirilmesi ele alınmıştır. Soğuk çekme hattı-1 kayıplarının Pareto analizi ve öncelik sıralamasına ait özet analiz verileri Tablo 4.6.’da gösterilmiştir.

Soğuk Çekme Hattı-1 için yapılan kayıp analizi ve önceliklendirme çalışmasına göre, üretim hattında öncelikli olarak değerlendirmeye alınacak olan konu, ayar sürelerinin azaltılması olacaktır. İşletmede tüm iyileştirme çalışmalarında, ekibin aynı kişilerden oluşması ve çalışmalara detaylı odaklanamama probleminden dolayı iyileştirme çalışmaları aynı anda yürütülmemektedir. Bu nedenle, çalışmanın kapsamı ayar sürelerinin iyileştirilmesi ile kısıtlanmıştır. Ayar sürelerinin iyileştirilmesi için yalın üretim araçlarından SMED metodolojisi kullanılacaktır. Bu yöntemin kullanma amacı, sistematik bir ayar prosesinin elde edilmesini sağlamaktır. Ayar prosesinin içerisindeki her bir ayar adımının iyileştirilmesi amacı ile bu çalışmalar “iyileştirme çalışmaları” başlığı altında bütünsel olarak yürütülmüştür.

Tablo 4.5. Soğuk çekme hattı-1 kayıp analizi

| Duruş dönemi                      | Planlanan üretim süresi | Ayar süresi | Diğer operasyon bekleme | Hammadde değişimi | Hammadde bekleme | Mekanik arıza süresi | Elektrik arıza süresi | Vinç bekleme | Personel geç kalma | Çene temizleme | Mühre değişimi | Top silme | Yağ doldurma | Kum ilavesi | Hammadde besleme | Malzeme taşıma | Kalite onayı bekleme | Diğer duruşlar | Toplam plansız duruş |
|-----------------------------------|-------------------------|-------------|-------------------------|-------------------|------------------|----------------------|-----------------------|--------------|--------------------|----------------|----------------|-----------|--------------|-------------|------------------|----------------|----------------------|----------------|----------------------|
| Ocak                              | 9169                    | 1349        | 132                     | 0                 | 0                | 789                  | 30                    | 0            | 0                  | 127            | 0              | 0         | 0            | 0           | 0                | 0              | 348                  | 526            | 3301                 |
| Şubat                             | 12670                   | 2189        | 105                     | 0                 | 20               | 799                  | 58                    | 10           | 0                  | 250            | 223            | 44        | 0            | 0           | 0                | 0              | 81                   | 127            | 3906                 |
| Mart                              | 20422                   | 4063        | 333                     | 0                 | 32               | 1138                 | 230                   | 134          | 90                 | 349            | 727            | 392       | 50           | 20          | 0                | 0              | 1425                 | 752            | 9735                 |
| Nisan                             | 17656                   | 2763        | 0                       | 55                | 56               | 189                  | 890                   | 58           | 0                  | 488            | 35             | 158       | 67           | 80          | 11               | 0              | 390                  | 1492           | 6732                 |
| Mayıs                             | 12436                   | 3419        | 100                     | 30                | 200              | 640                  | 432                   | 0            | 0                  | 238            | 230            | 131       | 110          | 90          | 37               | 20             | 230                  | 357            | 6264                 |
| Haziran                           | 8265                    | 2607        | 10                      | 0                 | 423              | 788                  | 167                   | 71           | 0                  | 49             | 327            | 99        | 0            | 52          | 0                | 0              | 405                  | 824            | 5822                 |
| Temmuz                            | 8421                    | 2504        | 0                       | 31                | 50               | 2158                 | 476                   | 59           | 90                 | 405            | 830            | 264       | 0            | 115         | 0                | 0              | 190                  | 0              | 7172                 |
| Ağustos                           | 12264                   | 1430        | 0                       | 60                | 320              | 634                  | 1507                  | 240          | 0                  | 251            | 520            | 252       | 0            | 45          | 0                | 220            | 501                  | 0              | 5980                 |
| Eylül                             | 8238                    | 1757        | 0                       | 0                 | 155              | 573                  | 323                   | 451          | 0                  | 76             | 239            | 185       | 0            | 0           | 30               | 0              | 135                  | 0              | 3924                 |
| Ekim                              | 17790                   | 3015        | 0                       | 20                | 75               | 3101                 | 1685                  | 76           | 0                  | 412            | 684            | 297       | 25           | 0           | 0                | 0              | 164                  | 0              | 9554                 |
| Kasım                             | 12171                   | 2453        | 76                      | 20                | 140              | 856                  | 457                   | 114          | 20                 | 248            | 348            | 169       | 25           | 45          | 9                | 27             | 412                  | 453            | 5871                 |
| Aralık                            | 12682                   | 2504        | 69                      | 20                | 134              | 1060                 | 569                   | 110          | 18                 | 263            | 378            | 181       | 25           | 41          | 8                | 24             | 389                  | 412            | 6206                 |
| <b>Toplam süre (dk)</b>           | 152184                  | 30054       | 824                     | 235               | 1604             | 12726                | 6824                  | 1323         | 218                | 3156           | 4541           | 2172      | 302          | 487         | 95               | 291            | 4670                 | 4943           | 74466                |
| Duruş yüzdesi                     |                         | %40,36      | %1,11                   | %0,32             | %2,15            | %17,09               | %9,16                 | %1,78        | %0,29              | %4,24          | %6,10          | %2,92     | %0,41        | %0,65       | %0,13            | %0,39          | %6,27                | %6,64          | %100,00              |
| Planlı süre içindeki duruş değeri |                         | %19,75      | %0,54                   | %0,15             | %1,05            | %8,36                | %4,48                 | %0,87        | %0,14              | %2,07          | %2,98          | %1,43     | %0,20        | %0,32       | %0,06            | %0,19          | %3,07                | %3,25          | %48,93               |

Tablo 4.6. Soğuk çekme hattı-1 kayıp oranları ve Pareto analizi

| Duruş türleri           | Toplam duruş Süresi | Toplam duruş süresi içindeki payı | Kümülatif duruş payı |
|-------------------------|---------------------|-----------------------------------|----------------------|
| Ayar                    | 30054               | 40,36%                            | 40,18%               |
| Mekanik arıza           | 12726               | 17,09%                            | 57,45%               |
| Elektrik arıza          | 6824                | 9,16%                             | 66,61%               |
| Diğer duruşlar          | 4943                | 6,64%                             | 73,25%               |
| Kalite onayı bekleme    | 4670                | 6,27%                             | 79,52%               |
| Mühre değişimi          | 4541                | 6,10%                             | 85,62%               |
| Çene temizleme          | 3156                | 4,24%                             | 89,86%               |
| Top silme               | 2172                | 2,92%                             | 92,78%               |
| Hammadde bekleme        | 1604                | 2,15%                             | 94,93%               |
| Vinç bekleme            | 1323                | 1,78%                             | 96,71%               |
| Diğer operasyon bekleme | 824                 | 1,11%                             | 97,81%               |
| Kum ilavesi             | 487                 | 0,65%                             | 98,47%               |
| Yağ doldurma            | 302                 | 0,41%                             | 98,87%               |
| Malzeme taşıma          | 291                 | 0,39%                             | 99,26%               |
| Hammadde değişim        | 235                 | 0,32%                             | 99,58%               |
| Geç kalma               | 218                 | 0,29%                             | 99,87%               |
| Hammadde besleme        | 95                  | 0,13%                             | 100,00%              |
| Toplam (dk)             | 74466               | 100,00%                           | 100,00%              |

#### 4.4. Üretim Prosesinin İncelenmesi ve Mevcut Durum Analizi

Süreç geliştirme çalışmalarında, genel yapının incelenmesi, spesifik üretim prosesinin belirlenmesi ve ardından odaklanılacak çalışma konusunun belirlenmesinden sonra, çalışma konusu ile ilgili detayların ve mevcut koşulların belirlenmesi gerekmektedir.

Soğuk çekme hattı-1'in mevcut durum analizinde saha incelemesi ve işletme kurumsal kaynak planlaması (ERP) sistemi üzerinden verileri analizi gerçekleştirilmiştir. Saha incelemesinde ayar prosesinin genel adımlarının tespit

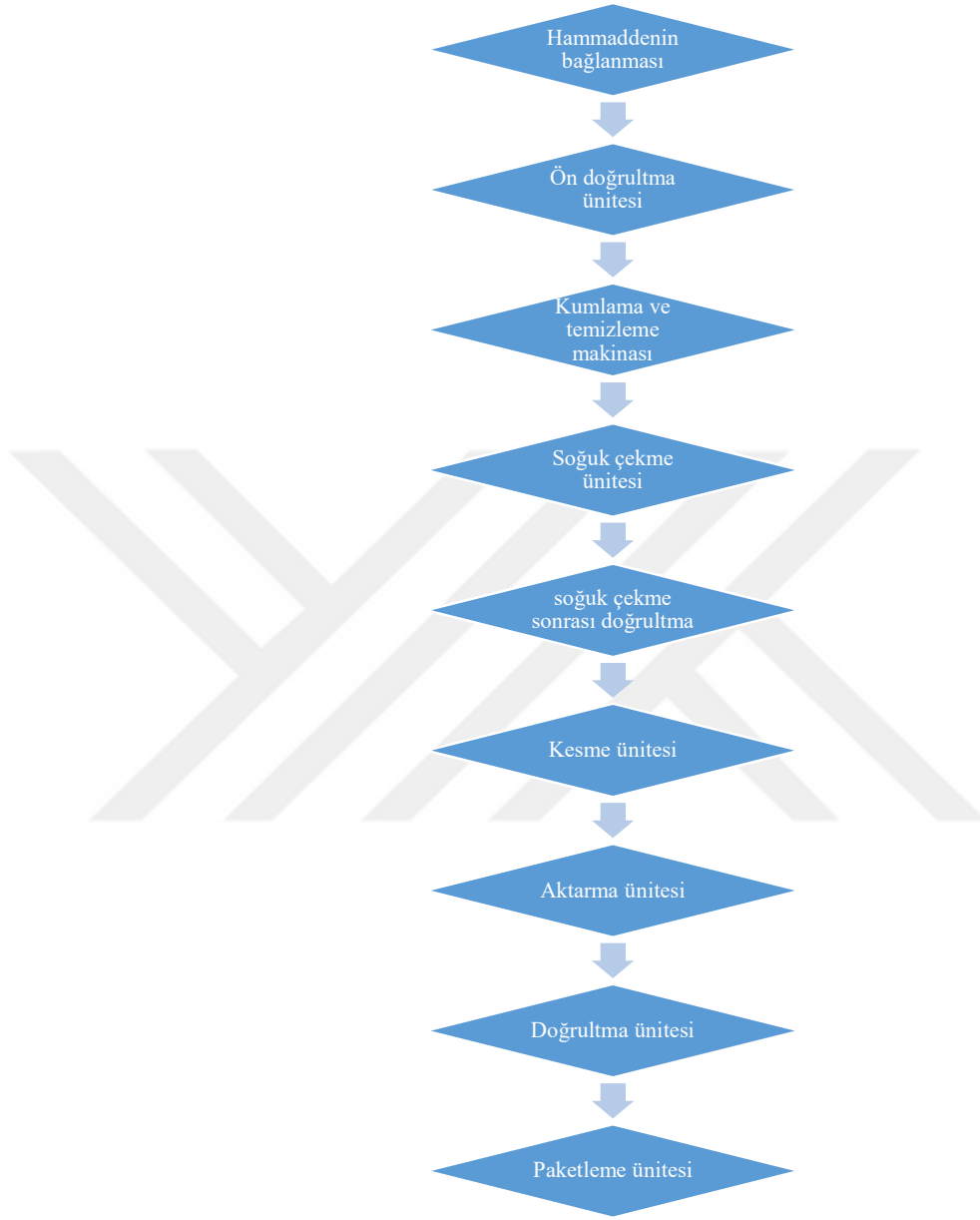
edilebilmesi için video kayıt yöntemine başvurulmuştur. Video kayıt yöntemi ile sahadan sağlanan görüntüler adım adım analiz edilerek süreç içerisinde var olan süreç adımları belirlenmiştir. Ardından, sipariş değişikliklerinde ayar proseslerinde bu adımlardan hangilerinin değiştiği belirlenmiştir.

#### 4.4.1. Üretim prosesi süreç adımları

Standart ya da kompakt bir makina üzerinde ayar sürelerinin incelenmesi ve analiz edilmesine başlanmasında bir sakınca yoktur. Ancak, bir çok makinanın birleşiminden oluşan ve birbirine bağlı şekilde çalışan üretim hatlarında, hattı meydana getiren makine ve ekipmanların belirlenmesi, ayar prosesinin iyileştirilmesine katkı sağlayacaktır.

Üretim prensibi genel olarak bobin hammaddeden soğuk çekme olan üretim hatları; ön doğrultma üniteleri, kumlama ve temizleme ünitesi, soğuk çekme ünitesi, soğuk çekme sonrası doğrultma ünitesi, kesme ünitesi, aktarma ünitesi, toplu doğrultma ve paketlenme ünitelerinden meydana gelmektedir. Diğer bir ifade ile malzemenin yukarıda aşağı akış yönü olduğu kabul edildiğinde ünitelerin akış şeması Şekil 4.1.'de gösterilmiştir.

Şekil 4.1.'de akış diyagramı gösterilen soğuk çekme hattı-1, dokuz makine ve ünitelerden meydana gelmektedir. Bir ürünün üretim sürecinde, hammadde belirtilen tüm ünitelerin içerisinde geçerek nihai halini almaktadır. Bundan dolayı, ayar ve işlem sürecinde, ayar gereksinimi olan herhangi makine veya ünite için işlemler tamamlanmadan seri üretim başlanmamaktadır. Her bir ünitenin ayar işlemleri birbirinden bağımsız olup, bir ayar süresinde bazı ünitelerde ayar işlemi gerçekleşiyorken, bir diğerinde gerçekleşmiyor olabilir. Bu durum, çapı farklı iki işlem arası ayar sürecine ait farklılaşmaya ve farklı işlem sürelerinin oluşmasına neden olmaktadır. Ayar ve işlem sürecinde, üretim hattının bu yapısı üzerinden ayar ve işlem sürelerinin azaltılmasına yönelik çalışmalar yapılacaktır.



Şekil 4.1. Malzeme akış şeması

SMED uygulamaları öncesi, odaklanılan üretim hattının detaylandırılmasının faydası olacağından, soğuk çekme-1 hattının üzerinde kurulu olan dokuz makine veya ünitenin amaç ve görevleri aşağıda açıklanmıştır.

1. Hammadde bağlanması: Mevcut devam eden iş emrine veya bir sonraki iş emrine ait hammaddeye yataklık ederek üretim hattına hammaddenin

beslenmesinin sağlandığı ünedir. Bu ünite, bobin şeklindeki gelen hammaddenin açılarak üretim hattına dahil edilmesi işlemi gerçekleştirilmektedir. Malzeme üzerinde herhangi bir üretim veya imalat yöntemi uygulanmamaktadır.

2. Ön doğrultma ünitesi: Spiral şeklinde sarılmış olan hammaddenin uç kısmı üretim hattına girdiğinde, üretim hattın üzerinde devam etmesi mevcut hali ile zordur. Hat üzerine alınan hammadde ilk olarak ön doğrultma ünitesinden geçirilerek, üretim hattında takılmadan hareket edebilecek doğrusalılığı elde eder. Ön doğrultma işlemi, dikey ve yatay makaraların baskısı ile gerçekleşir. Bu baskı sayesinde, ayrıca malzeme yüzeyinde var olan tufal ve diğer kalıntılar, diğer ünitelere geçmeden temizlenmiş olacaktır. Altıköşe malzemelerde, bu makaraların değişimi söz konusudur.
3. Kumlama ve temizleme makinası: Ön doğrultma sonrası, hammaddenin yüzeyinin derinlemesine temizlenmesi ve soğuk çekmeye hazırlanması amacı ile malzeme yüzeyine çelik bilya püskürtme esasına dayalı yüzey hazırlama makinasıdır. Kumlama içi kanalların, malzeme çapına göre ayarlanması söz konusudur.
4. Soğuk çekme ünitesi: Soğuk şekillendirme işleminin gerçekleştiği ve müşteri siparişinde belirtilen çap gereksinimlerinin elde edildiği ünedir. Söz konusu üniteye gelen hammadde, itici çeneler yardımı ile mührü adı verilen soğuk çekme kalıbından geçirilerek müşterinin talebi doğrultusundaki çapa düşürülür. Ünitenin üzerinde bulunan iki adet çekme arabası yardımı ile mühreden geçen malzemenin çekmesi ve diğer ünitelere aktarımı gerçekleştirilmektedir. Çekme ve itme çenelerinin, belirli çap aralıklarında çeşitleri söz konusudur. Örneğin,  $\phi$  20 mm malzeme kullanılan bir siparişte,  $\phi$  19 mm -  $\phi$  22 mm arası çekme çenesi kullanılırken,  $\phi$  27 çapında bir siparişe geçildiğinde bu çeneler değiştirilmekte; ancak  $\phi$  21 mm değerindeki bir siparişe geçildiğinde, çeneler  $\phi$  19 mm -  $\phi$  22 mm arası olduğunda, değişim söz konusu değildir.

Soğuk çekme ünitesine ait çekme çenesi aralıkları sırasıyla  $\phi$  16 mm -  $\phi$  19 mm;  $\phi$  19 mm -  $\phi$  22 mm;  $\phi$  22 mm -  $\phi$  25 mm;  $\phi$  25 mm -  $\phi$  28 mm;  $\phi$  28 mm -  $\phi$  31 mm;  $\phi$  31 mm -  $\phi$  34 mm;  $\phi$  34 mm -  $\phi$  38 mm;  $\phi$  38 mm -  $\phi$  42 mm;  $\phi$  42 mm -  $\phi$  46 mm olmak üzere dokuz çeşittir. İki sipariş geçişinde, sıradaki siparişte mevcut çekme çenesinin dışında bir çap söz konusu olduğunda çekme çenelerinin değişimi gerçekleşmektedir. Benzer şekilde itme çenelerinde de aynı aralık değerlerinde dokuz çeşit olup, hammadde çapına göre değişmektedir.

Soğuk çekme ünitesinde soğuk çekme kalıbı olan mührenin değişimi ise, direkt olarak aynı çap veya tolerans değeri içerisinde olan iki siparişin geçişinde değişim söz konusu değilken, diğer tüm durumlarda mühre değişmektedir. Mühre sonrası, malzemeye klavuzlama görevi gören kovan ise,  $\phi$ 16mm ile  $\phi$ 45 mm arasında birer artımla her çap değerinde birer adet bulunmaktadır. Her bir ürün çapı için bir üst çap değeri kullanılmaktadır. Örneğin;  $\phi$ 15.30 mm bir ürün için  $\phi$ 16.00 mm çapında bir kovan kullanılmalıdır. Bu kullanım dahilinde, bir sonraki sipariş değerlendirilir ve kovan değişimi söz konusu ise değiştirilir.

5. Soğuk çekme sonrası doğrultma ünitesi: Soğuk çekme ünitesinden çıkan altıköşe formundaki ürünlerin doğrultulması amacı ile kullanılmaktadır. Dolayısıyla, sipariş yuvarlak formda ise herhangi bir ayarlama işlemi söz konusu değildir. Doğrultma ise, makaralar desteği ile yapılmaktadır.
6. Kesme ünitesi: Müşteri boy spesifikasyonuna uygun olacak şekilde, bütünsel olarak çekilen hammaddenin hidrolik makas ile kesildiği ünedir. Bu ünite, bir giriş borusu, iki kesme burcu, bir çıkış borusu ve bir fırlatma makarasından meydana gelmektedir. Dolayısıyla ayarlama işlemleri bu ekipmanların ayarı ile gerçekleşmektedir.

Kesme burçları, 0,5 mm aralıklar 16 mm ile 46 mm arasındaki çaplarda imal edilmiştir. Müşteri siparişine bağlı olarak, ürün çapının bir üst değerindeki iki

kesme burcu tercih yapılarak kullanılmaktadır. Bundan dolayı, çap değişimlerinde kesme burçlarının değişimi söz konusudur.

Makas öncesi ve sonrası borular,  $\phi 30$ ,  $\phi 35$ ,  $\phi 45$ ;  $\phi 55$  mm iç çapına sahip olmak üzere dörder adettir. Malzeme çapına göre kullanılacak boruların değişimi yapılmaktadır. Diğer taraftan fırlatma makaraların aralığı, mazleme çapına göre ayarlanmaktadır.

7. Aktarma ünitesi: Kesme ünitesi ile doğrultma ünitesi arasında malzemelerin aktarılmasını sağlamaktadır. İç kısmında 30mm, 35 mm, 45 mm ve 55 mm olmak üzere dört tip aktarma yolu vardır. Ünitenin ayarı, sipariş çapına uygun yolun çalışma hattına çekilmesi esasına dayanmaktadır. Ayrıca  $\phi 18$  mm ve altı çapların hattan aktarılması için 25 mm aktarma yolu vardır. Mevcut durumda ünite üzerinde ilave yol olmadığına, bu yolun kullanılabilmesi için, diğer dört yoldan biri olan 30 mm yol ile değiştirilmesi gerekmektedir.
8. Doğrultma ünitesi: Kesilen malzemenin, ünitenin içerisinde malzemeye baskı uygulayan iki adet silindirik topun, malzemeyi doğrultması esasına bağlı olarak çalışmaktadır.

Doğrultma ünitesi; doğrultma öncesi aktarma borusu, doğrultma içi aktarma borusu, kestamid klavuzlama ayarı, panel ayarı ve doğrultma sonrası aktarma borusu olmak üzere beş tip işlemten meydana gelmektedir. Doğrultma öncesi aktarma boruları,  $\phi 40$  mm,  $\phi 55$  mm ve  $\phi 60$  mm olmak üzere üç tiptir ve malzemenin akışını engellemeyecek çapta olan boru üretim hattında tercih edilmelidir. Doğrultma içi aktarma borusu ise,  $\phi 20$  mm,  $\phi 35$  mm,  $\phi 55$  mm ve  $\phi 60$  mm olmak üzere dört çeşittir.

Kestamid klavuzlaması, doğrultma içi aktarma borusundan çıkan ve iki silindirik topun arasına giren malzemenin, çalışma ekseninin dışına çıkmaması için kullanılan kestamid yataklama parçalarıdır. Kestamid kalınlıkları, genellikle malzeme çap değerinin 3 mm ile 5 mm altında

kalınlığa sahip olacak şekilde tercih edilmek üzere, değiştirme işlemi gerçekleştirilmektedir. Benzer ve yakın çap değerlerindeki sipariş geçişlerinde, kestamid değişimi yapılmamaktadır. Panel ayarı ise, söz konusu doğrultma toplarının açısı ve çap ayarının girildiği ekran olup operatör paneli üzerinden işlemi gerçekleştirilmektedir.

Doğrultma işlemi uygulanan malzemenin, son ünite olan paketleme ünitesine aktarılması için doğrultma çıkışı aktarma borusu kullanılır. Bu boruların çapları  $\phi 30$  mm,  $\phi 35$  mm,  $\phi 40$  mm,  $\phi 45$  mm,  $\phi 55$  mm ve  $\phi 60$  mm olmak üzere altı çeşittir.

9. Paketleme ünitesi: Üretim hattının son ünitesi olup, malzeme son olarak doğrultma ünitesinden geçerek mekanik özellikleri bakımından müşteri gereksinimlerini sağlamıştır. Bu ünite, paketleme öncesi fırlatma makarası ayarı ve paketleme girişi aktarma borusu ( $\phi 30$  mm,  $\phi 45$  mm ve  $\phi 55$  mm) değişimi söz konusudur.

Üretim hattının ayar prosesi, açıklaması yapılan bu ünite ve makinaların ayar işlemlerinin toplamından meydana gelmektedir. Her bir kısma ait ayar işlemi birbirinden bağımsız olup, seri üretime geçiş için üniteler ve makine üzerinde tüm ayar işlemlerinin tamamlanması gerekmektedir.

#### 4.4.2. Ayar süreci adımları

Üretim hattının proses kabiliyeti ayar sürecinin temel unsurlarından birisidir. Soğuk çekme hattı-1,  $\phi 16$  mm ile  $\phi 45$  mm arasındaki tüm çaplarda soğuk çekme işlemi gerçekleştirmektedir. Üretim aralığının geniş olması ve ünitelerin birbirinden bağımsız işlemlere sahip olması, ayar sürecinde çeşitliliğe neden olmaktadır. Örneğin,  $\phi 16$  mm müşteri siparişinden  $\phi 17$  mm müşteri siparişine geçiş süresi ve adımları ile  $\phi 40$  mm müşterisine geçiş süresi ve adımları eşit olmamaktadır. Bu durum, ayar sürecinde, ünite ve makine özelinde analiz edilmesine ve devamında üretimler arası geçişin toplam süresinin hesaplanmasını zorunlu kılmıştır.

Bir ayar süreci içerisinde üretim hattındaki tüm ayar işlemleri analiz edilerek, mevcut durumun ayar işlemleri bazında değerlendirilmesinin daha doğru olacağına karar verilmiştir. Hattın sabit ayar süresi olmadığından, üretim hattının bir üretim çapından diğer üretim çapına geçişteki toplam ayar süresi, ancak söz konusu geçişte yapılacak olan ayar işlemlerinin mevcut sürelerinin toplamı olarak değerlendirilecektir.

Soğuk Çekme Hattı-1'in genel olarak yapılan tüm ayar işlemleri Tablo 4.7.'de gösterilmiştir.

Tablo 4.7. Soğuk çekme hattı-1 ayar adımları

| Üretim hattı ünitesi                  | Ayar işlemleri                                                                                                                                                                                            |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Hammadde bağlama bölgesi              | Bir sonraki siparişe ait hammaddenin hazırlanması                                                                                                                                                         |
| Ön doğrultma ünitesi                  | Ön doğrultma makara ayarı<br>Altıköşe makara değişimi                                                                                                                                                     |
| Kumlama ve temizleme makinası         | Kumlama kanalının malzeme çapına göre ayarlanması                                                                                                                                                         |
| Soğuk çekme ünitesi                   | Malzeme itme çenesi değişimi<br>Soğuk çekme kalıbı (mühre) değişimi<br>Kovan değişimi<br>Çekme çenesi ve itme çenesi temizleme<br>Çekme çenesi değişimi                                                   |
| Soğuk çekme sonrası doğrultma ünitesi | Doğrultma ünitesi makara ayarı                                                                                                                                                                            |
| Kesme ünitesi                         | Kesme öncesi aktarma borusu değişimi<br>Kesme burcu değişimi<br>Kesme sonrası aktarma borusu değişimi<br>Kesme ünitesi makara ayarı                                                                       |
| Aktarma ünitesi                       | Aktarma ünitesi öncesi aktarma borusu değişimi<br>φ18 ve altı aktarma ünitesi ayarı<br>Aktarma ünitesi ayarı                                                                                              |
| Doğrultma ünitesi                     | Doğrultma ünitesi öncesi aktarma borusu değişimi<br>Doğrultma ünitesi içi boru değişimi<br>Doğrultma ünitesi kestamid ayarı<br>Doğrultma ünitesi panel ayarı<br>Doğrultma sonrası aktarma borusu değişimi |
| Paketleme ünitesi                     | Paketleme öncesi makara ayarları<br>Paketleme öncesi aktarma borusu değişimi                                                                                                                              |
| Hat ayarı                             | Malzemenin üretim hattına alınması<br>Mühre ayarı<br>Doğrusallık ayarı                                                                                                                                    |

Tablo 4.7.'e göre, her bir makine veya üniteye ait yapılabilecek tüm ayar adımları listelenmiş ve bu değişimlerin hangi koşullar altında gerçekleşeceği 4.4.1. kısmında tanımlanmıştır. Hat üzerindeki makine ve ünitelerde yapılabilecek işlemlerin hangilerinin uygulanacağı, mevcut iş emri ile sonraki iş emrinin çapının

değerlendirilmesine göre belirlenecektir. Dolayısıyla sabit bir ayar adımında ve tek bir işlem süresinden bahsedilmesi yanlış olacaktır. Bu nedenle Tablo 3.7.'de gösterilen ayar işlemleri, işlemlerin hangi ünite ya da makineye ait olduğunun açıklanması amacı ile verilmiştir.

#### 4.4.3. Mevcut durumun analiz edilmesi

İyileştirme noktalarının detaylarının belirlenmesi ve çalışma öncesi mevcut durumun ortaya konması, gerek iyileştirme aksiyonlarının önceliklendirilmesi gerekse çalışma sonrası çalışma etkinliğinin ölçülmesi açısından önemlidir. Ayar sürelerinin iyileştirilmesi çalışmalarında öncelikli olarak proses adımlarının ve bu adımlara ait uygulama sürelerinin belirlenmesi, ayar sürelerinin gerçekleşme sıklığının belirlenmesi ve toplamda yıl içi toplam kaybı belirgin hale getirilmesi gereklidir. İlave olarak, SMED uygulamasının temel kavramlarından olan iç ve dış ayar kavramlarına uygun olarak ayar işlemlerinin hangi kategori içerisinde gerçekleştiği belirlenmelidir.

Prosesin yapısı gereği, ayar işlem süresinin sipariş çapındaki değişime bağlı olarak hatta olan farklı makinalardan hangisinde ayar yapılacağının belirlenmesi, toplam ayar süresinin değişkenliğe neden olmuştur. Bu değişkenliğin ortadan kaldırılması için, gerçekleşmesi muhtemel tüm ayar işlemlerinin mevcut durumu analiz edilerek, her bir geçiş noktasına ait kısıtlar belirlenmiştir.

Ayar işlemlerine ait mevcut durumun belirlenmesi için, üretim sahasında ayar esnasında video kayıtları alınmıştır. Video incelemeleri sonucunda belirlenen ayar işlemlerine ait süreler ve söz konusu ayar işlemlerinin iç ve dış ayar kategorisinden hangisinde gerçekleştiği Tablo 4.8.'de özetlenmiştir. Tablo 4.8.'de yer alan ortalama işlem süreleri, ayar adımları ile ilgili herhangi bir faktör etkisi gözetmeden, gerçekleşen on iki gözlem sürelerinin ortalama süresi olarak alınmıştır. Normal koşullar altında, minimum otuz gözlem sayısında elde edilen verilerin normal dağılıma uyması beklenmektedir. Ancak üç aylı proje süresi içerisinde mevcut durumun tespit edilmesi aşaması için belirlenen süre kısıtı ve gözlem sürelerinin

maliyetinden dolayı on iki gözlem yapılmıştır. Gözlem sayısının eksikliğinden kaynaklanan ana kütleli açıklayamama olasılığı, Taguchi Deney Tasarımında ortogonal dizilerin kullanımı ile önlenmeye çalışılmıştır.

Tablo 4.8.'in alt kısmında, mevcut durumda toplam ayar süresini gösteren bir değere yer verilmemesi, daha önce açıklanan hazırlık işlemlerindeki çeşitlilik veya ayar kombinasyonundan kaynaklanmaktadır. Bu nedenle yapılacak olan iyileştirme çalışmalarında, iyileşme sonuçlarının da değerlendirilmesi, aylık bir üretim programı üzerinden değerlendirilerek gösterilecektir.

Üretim hazırlık ve ayar prosesi üzerinde gerçekleşen adımlar Tablo 4.8.'e göre değerlendirildiğinde, ayar işlemlerinin tamamı iç ayar olarak gerçekleşmektedir. Bu durumun temel sebepleri, mevcut proses yetersizliği ve alışlagelmiş personel davranışlarıdır. Mevcut proses yetersizlikleri, prosesin yapısı gereği standart görev tanımlamaları ile önemli iyileştirmeler elde edilemeyeceğini ifade etmektedir. Personel davranışları ise, “usta-çırak” ilişkisi içerisinde zaman içerisinde sorgulanmadan öğrenilen ve yapılaş tarzı kişinin kendisi veya amirleri tarafından sorgulanmayan çalışma alışkanlıklarıdır. Mevcut durum yetersizliklerinin giderilmesinde iyileştirme çalışmaları gerçekleştirilecektir.

Mevcut durum analizi içerisinde değerlendirilmesi gereken bir başka konu, yıl içerisinde gerçekleşmiş olan ayar sayılarının değerlendirilmesidir. Ancak, hat üzerinde farklı çap geçişlerindeki ayar sürelerinin çeşitliliğinden dolayı ayar sayılarının bilinmesi, aylık veya yıllık toplam ayar süreleri hakkında doğrudan bilgi vermemektedir. Bu sebepten dolayı bu çalışma kapsamında ayar sayıları dikkate alınmamıştır. Ayrıca, seçilen soğuk çekme hattı üzerinde, farklı çaplarda siparişlerin işlenerek esnek üretim kabiliyetinin sağlanabilmesi, ayar sürelerinin artışına neden olmaktadır. Bu artışın olumsuz etkilerinin azaltılması ve verimliliğin artırılması amacı ile, SMED metodolojisi ile ayar prosesleri iyileştirilecektir. Diğer taraftan ayar sayısını optimize etmek yerine iki sipariş arası değişen ayar sürelerini dikkate alarak, daha az ayar süresini sağlayacak sipariş sıralama yaklaşımı toplam ayar süresinin azaltılmasına katkı sağlayacaktır.

Tablo 4.8. Ayar işlemleri mevcut durum tablosu

| Üretim hattı ünitesi                  | Ayar işlemleri                                    | Ortalama ayar süresi (sn) | Mevcut durumdaki (iç/dış) |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Hammadde bağlama bölgesi              | Bir sonraki siparişe ait hammaddenin hazırlanması | 182                       | İç                        |
| Ön doğrultma ünitesi                  | Ön doğrultma makara ayarı                         | 176                       | İç                        |
|                                       | Altıköşe makara değişimi                          | 273                       | İç                        |
| Kumlama ve temizleme makinası         | Kumlama kanalının malzeme çapına göre ayarlanması | 43                        | İç                        |
| Soğuk çekme ünitesi                   | Malzeme itme çenesi değişimi                      | 210                       | İç                        |
|                                       | Soğuk çekme kalıbı (mühre) değişimi               | 208                       | İç                        |
|                                       | Kovan değişimi                                    | 157                       | İç                        |
|                                       | Çekme çenesi ve itme çenesi temizleme             | 259                       | İç                        |
|                                       | Çekme çenesi değişimi                             | 112                       | İç                        |
| Soğuk çekme sonrası doğrultma ünitesi | Doğrultma ünitesi makara ayarı                    | 262                       | İç                        |
| Kesme ünitesi                         | Kesme öncesi aktarma borusu değişimi              | 72                        | İç                        |
|                                       | Kesme burcu değişimi                              | 138                       | İç                        |
|                                       | Kesme sonrası aktarma borusu değişimi             | 72                        | İç                        |
|                                       | Kesme ünitesi makara ayarı                        | 47                        | İç                        |
| Aktarma ünitesi                       | Aktarma ünitesi öncesi aktarma borusu değişimi    | 76                        | İç                        |
|                                       | φ18 ve altı aktarma ünitesi ayarı                 | 612                       | İç                        |
|                                       | Aktarma ünitesi ayarı                             | 46                        | İç                        |
| Doğrultma ünitesi                     | Doğrultma ünitesi öncesi aktarma borusu değişimi  | 180                       | İç                        |
|                                       | Doğrultma ünitesi içi boru değişimi               | 108                       | İç                        |
|                                       | Doğrultma ünitesi kestamid ayarı                  | 196                       | İç                        |
|                                       | Doğrultma ünitesi panel ayarı                     | 104                       | İç                        |
|                                       | Doğrultma sonrası aktarma borusu değişimi         | 104                       | İç                        |
| Paketleme ünitesi                     | Paketleme öncesi makara ayarları                  | 49                        | İç                        |
|                                       | Paketleme öncesi aktarma borusu değişimi          | 97                        | İç                        |
| Hat ayarı                             | Malzemenin üretim hattına alınması                | 114                       | İç                        |
|                                       | Mühre ayarı                                       | 173                       | İç                        |
|                                       | Doğrusallık ayarı                                 | 872                       | İç                        |

#### 4.5. SMED Metodolojisi ile Ayar Sürecinin İyileştirilmesi

SMED metodolojisinin temel olarak uygulama adımları iç ve dış ayar işlemlerinin ayrıştırılması, iç ayarın dış ayara dönüştürülmesi ile iç ve dış ayar süreçlerinin iyileştirilmesinden oluşmaktadır.

Çalışmanın bu aşamasında, ayar işlemlerinin SMED metodolojisi ile iyileştirilmesine odaklanılmıştır. Mevcut durumdaki işlem sürelerini ortalama işlem süresi olarak alınmasından dolayı, SMED uygulamasının her bir adımı sonrası, değişen işlem süreleri de ortalama ayar süresi üzerinden değerlendirilmiştir. Çalışmada sıklıkla bahsedilen ortalama ayar süresi kavramı, farklı zamanlarda ve etkenler göz önüne alınmadığı durumda, söz konusu ayar adımı için ölçülen üç zaman verisinin ortalamasını ifade etmektedir. Ayar sürecine etki eden parametrelerin dikkate alınarak, daha ideal süreye ulaşılacak üzere yapılacak çalışma bir sonraki kısımda Taguchi deneyi ile elde edilecektir.

##### 4.5.1. İç ve dış ayar işlemlerinin ayrıştırılması

Makine etkinliğinin sağlanabilmesi, yapılacak her türlü işlem adımının veya işlemin tamamının makine çalışırken yani dış ayar işlemlerde gerçekleştirilmesi gereklidir.

Mevcut durumda standartlaştırılmamış bir ayar sürecine sahip olan üretim hattında işlemlerin tamamı Tablo 4.8.'de gösterildiği gibi iç ayar sürecinde gerçekleşmektedir. İç ve dış ayar sürecinin ayrıştırılması, sahada herhangi bir iyileştirme çalışması yapılmaksızın mevcut çalışma alışkanlıkları ve davranışlarından vazgeçerek, ideal çalışma formuna geçilerek sağlanmaktadır.

Bu adımda, iç ve dış ayar adımı olarak ayrılmasında yalın üretim tekniklerinden 5S metodolojisi uygulanarak, gerekli ekipmanların arama, bulma, temizleme, kontrol ve transfer faaliyetlerinin ortadan kaldırılması sağlanmıştır. Elde edilen süre iyileştirmelerinin tamamı, bu faaliyetlerden kaynaklanan kayıplardır. Genel anlamda, mühre arama, mühre sonrası kovan arama, çekme çenesi temizleme gibi işlemler iç

ayar prosesinde gerçekleştirilmektedir. Ancak, yapılan 5S çalışmalarıyla birlikte bu tür faaliyetlerin tamamı ayar prosesi öncesinde ve sonrasında gerçekleştirilecek hale getirilmiştir. Açıklamalara bağlı olarak, 5S çalışmalarında gerçekleştirilen faaliyetleri Tablo 4.9.'da gösterilmiştir.

Tablo 4.9. 5S Uygulama Faaliyetleri

| 5S Uygulama Adımı | Gerçekleştirilen Faaliyetler                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ayıklama          | <ul style="list-style-type: none"> <li>1- Üretim hattında bulunan gereksiz veya kullanım gereksinimi bitmiş ürünlerin ayrıştırılması için kırmızı etiketleme uygulaması</li> <li>2- Kırmızı etiketli malzemelerin çalışma ortamından uzaklaştırılarak, çalışma alanının arındırılması.</li> <li>3- Geçici depolama alanına alınan gereksiz malzemeler hakkında karar verilmesi (revize et, farklı çalışma alanına sevk et, iade et veya değiştir, hurdaya ayır)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Düzenleme         | <ul style="list-style-type: none"> <li>1- Üretim hattında kullanılan gerekli ekipmanların kullanım sıklığını tespit edilmesi, kullanım yerlerinin ve ergonomik koşulların değerlendirilmesi</li> <li>2- Durum tespitine göre, ekipmanların depolama yerlerinin belirlenmesi, işaretlenmesi ve tanımlanması ( makine ekipmanlarının çalışma alanına yakın konumlandırılması, ekipman raflarında kullanım sıklığı fazla olan ekipmanların omuz hizasında depolanarak ergonomik erişimin sağlanması)</li> <li>3- Benzer boyutta olan kesme burçlarının raflarına tanımlama yapıldığı gibi üzerine açıklama ifade eden tanım markalamalarının yapılması</li> <li>4- Ön doğrultma makaralarının ağırlığından kaynaklı taşıma koşullarının iyileştirilmesi için, makaralar üzerinde mapa kanalların açılması</li> <li>5- Aktarma borularının çapa göre farklı renge boyanarak tanımlanması ve ayrıştırılmasının sağlanması</li> </ul> |
| Temizleme         | <ul style="list-style-type: none"> <li>1- Temizleme bölgelerinin, temizleme sıklığının ve kullanılacak araçların belirlenmesi</li> <li>2- Üretim hattında kullanılan ekipmanların temizleme ve kontrol kriterlerinin ve zamanlarının belirlenmesi ( Örneğin, çekme çenesi temizleme işlemi ayar geçişi tamamlandıktan sonra yapılır. Temizleme esnasında malzeme iç yüzeylerinde aşınmışlık kontrolü yapılır ve aşınma varsa temizlenir veya kullanılamayacak durumdakileri yenilenir. Ekipmanların tamamı yağ ve diğer kalıntılardan arındırılmış olarak kullanım bölgesine bırakılır gibi.)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Disiplin          | <ul style="list-style-type: none"> <li>1- İşletmeye yeni katılan personellerin oryantasyon eğitimlerinde yalın üretim araçları eğitimin zorunlu hale getirilmesi</li> <li>2- Üç aylık periyotlarla yalın üretim araçları (özellikle 5S) eğitimlerinin yinelenmesi</li> <li>3- Öneri ve ödüllendirme sisteminin devreye alınması; 5S ödüllendirme sisteminin uygulanması</li> <li>4- Görsel Yönetim etkinleştirilmesi ve 5S broşülerinin basımı</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

Ayar prosesi için gerekli olan tüm ekipman ve teçhizatlar, ilgili ünitenin değişiklik yapılacak kısmında hazır bulundurulması esasına dahil olarak sistem kurulmuştur. Söz konusu teçhizatın uygunluk kontrolü ve kullanılabilirliği, mevcut siparişin üretimi devam ederken gerçekleşecek şekilde düzenlenmiştir. Olası olumsuzlukların ortadan kaldırılması için, söz konusu ekipman ve teçhizatların yedeklemesi ve yerine kullanılabilecek alternatiflerinin oluşturulması sağlanmıştır.

SMED metolojisinin birinci uygulama adımı olarak, mevcut durumdan farklı olarak olması gereken ideal iç ve dış ayar adımları belirlenmiştir. Örneğin; iki sipariş arasında gerçekleşen “Çekme Çenesi ve İtme Çenesi Temizleme” işlemi iç ayar prosesi için dış ayar prosesi olarak düzenlenmiştir. Üretim sahasından alınan video kayıtları, uzman görüşleri ve yerinde incelemeler sonrası, soğuk çekme ünitesi ekipmanlarının değişimi esnasında bir sonraki iş emrine ait itme ve çekme çenelerinin bağlanmadan önce temizlendiği tespit edilmiştir. Bu uygulamada, “her bir siparişte kullanılan itme ve çekme çeneleri, kullanım sonrası yüzey kontrolü yapıldıktan ve gerekli temizleme işlemleri yapıldıktan sonra rafına kaldırılacaktır.” uygulama disiplini sağlandıktan sonra, dış ayar işlemi olarak uygulanmaya başlamıştır. Bu aşamada, sağlanan diğer ayar adımlarının ayrıştırılması ve uygulamaların ayar sürelerini de katkılarını gösteren veriler Tablo 4.10.’da özetlenmiştir.

İç ve dış ayar aşamalarının ayrıştırılması aşamasında yapılan çalışmalar sonucunda, başlangıç aşamasındaki tüm ayar adımları için toplam ayar süresi 4942 saniyeden 4166 saniyeye kadar düşürülerek % 15,70 oranında iyileştirme elde edilmiştir. Diğer taraftan, üretim hattının duruş süresi olarak değerlendirildiğinde, 4166 saniyenin 383 saniyelik kısmı dış ayar süreci olarak gerçekleştiği için iyileşme oranı %23,45 seviyesinde gerçekleşmiştir.

Tablo 4.10. Ayar işlemleri mevcut durum tablosu

| Ayar işlemleri                                    | Mevcut ayar süresi (sn) | 1. aşama ayar süresi (sn)* | İç ayar süresi (sn) | Dış ayar süresi (sn) |
|---------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------|---------------------|----------------------|
| Bir sonraki siparişe ait hammaddenin hazırlanması | 182                     | 182                        | 0                   | 182                  |
| Ön doğrultma makara ayarı                         | 176                     | 176                        | 176                 | 0                    |
| Altıköşe makara değişimi                          | 273                     | 200                        | 200                 | 0                    |
| Kumlama kanalının malzeme çapına göre ayarlanması | 43                      | 43                         | 0                   | 43                   |
| Malzeme itme çenesi değişimi                      | 210                     | 150                        | 150                 | 0                    |
| Soğuk çekme kalıbı (mühre) değişimi               | 208                     | 168                        | 168                 | 0                    |
| Kovan değişimi                                    | 157                     | 110                        | 110                 | 0                    |
| Çekme çenesi ve itme çenesi temizleme             | 259                     | 158                        | 0                   | 158                  |
| Çekme çenesi değişimi                             | 112                     | 80                         | 80                  | 0                    |
| Doğrultma ünitesi makara ayarı                    | 262                     | 262                        | 262                 | 0                    |
| Kesme öncesi aktarma borusu değişimi              | 72                      | 40                         | 40                  | 0                    |
| Kesme burcu değişimi                              | 138                     | 90                         | 90                  | 0                    |
| Kesme sonrası aktarma borusu değişimi             | 72                      | 40                         | 40                  | 0                    |
| Kesme ünitesi makara ayarı                        | 47                      | 35                         | 35                  | 0                    |
| Aktarma ünitesi öncesi aktarma borusu değişimi    | 76                      | 40                         | 40                  | 0                    |
| φ18 ve altı aktarma ünitesi ayarı                 | 612                     | 612                        | 612                 | 0                    |
| Aktarma ünitesi ayarı                             | 46                      | 46                         | 46                  | 0                    |
| Doğrultma ünitesi öncesi aktarma borusu değişimi  | 180                     | 120                        | 120                 | 0                    |
| Doğrultma ünitesi içi boru değişimi               | 108                     | 62                         | 62                  | 0                    |
| Doğrultma ünitesi kestamid ayarı                  | 196                     | 163                        | 163                 | 0                    |
| Doğrultma ünitesi panel ayarı                     | 104                     | 80                         | 80                  | 0                    |
| Doğrultma sonrası aktarma borusu değişimi         | 104                     | 63                         | 63                  | 0                    |
| Paketleme öncesi makara ayarları                  | 49                      | 35                         | 35                  | 0                    |
| Paketleme öncesi aktarma borusu değişimi          | 97                      | 52                         | 52                  | 0                    |
| Malzemenin üretim hattına alınması                | 114                     | 114                        | 114                 | 0                    |
| Mühre ayarı                                       | 173                     | 173                        | 173                 | 0                    |
| Doğrusallık ayarı                                 | 872                     | 872                        | 872                 | 0                    |
| <b>Toplam</b>                                     | <b>4942</b>             | <b>4166</b>                | <b>3783</b>         | <b>383</b>           |

\*1.aşama ayar süreleri, iç ve dış ayar adımlarının iyileştirilmesi aşaması sonrası elde edilen zaman verilerini ifade etmektedir.

#### 4.5.2. İyileştirme çalışması ile iç ayarlar dış ayara dönüştürülmesi

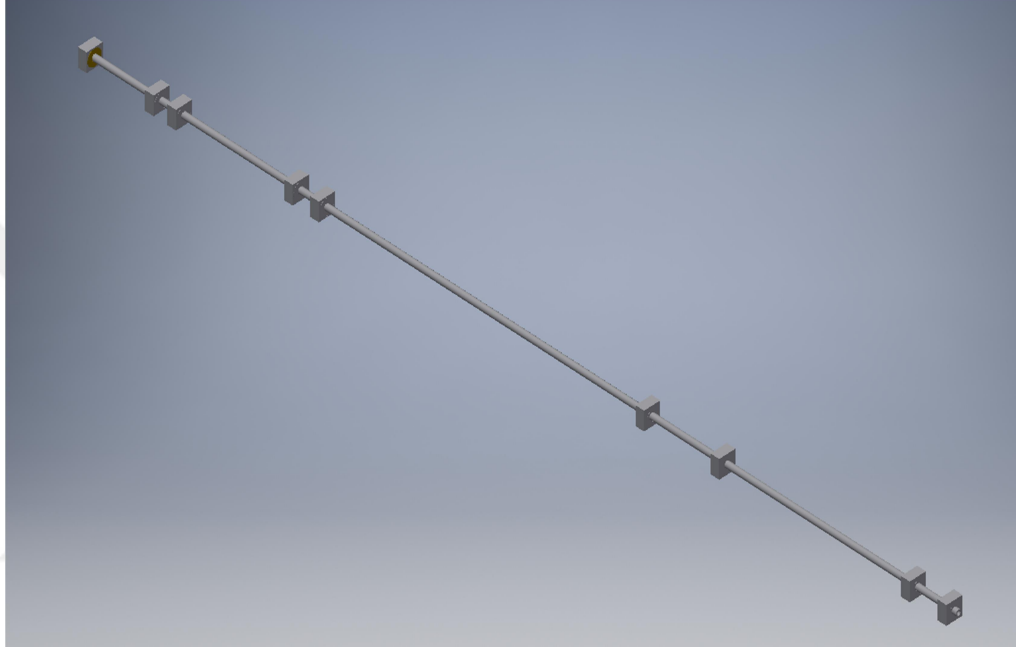
Ayar süreci içerisinde duruşa sebep olan iç ayar adımlarının dış ayar sürecine dahil edilmesi SMED uygulamalarının ikinci aşamasını oluşturmaktadır. İkinci aşamanın amacı, birinci aşama çalışmaları sonucunda ayrıştırılan iç ve dış ayar prosesleri arasında dış ayara doğru geçişi sağlamaktır.

Birinci aşama sonucunda elde edilen sonuçların ardından, iç ayarların dış ayarlara dönüştürülmesi için bir yatırım ya da revizyon ihtiyacı oluşabilir. Makine ya da ekipmanın yapısı gereği iç ayar olarak gerçekleşmek zorunda olan adımların dışsallaştırılması için bu ihtiyaçlar zorunlu hale gelebilmektedir. Çalışma hattında yapılan incelemelerde, direkt olarak dönüşüm sağlanamayıp, üretim hattı üzerinde revizyon ile iyileştirme elde edilmiştir.

Bu aşamada, soğuk çekme hattı-1'in ayar adımlarından “ $\phi 18$  mm ve altı aktarma ünitesi ayarı” gerçekleşmesi süreci dış ayar sürecine dönüştürülmüştür. Mevcut halinde, aktarma ünitesi içerisinde dört adet aktarma sistemine sahip olan üretim hattında,  $\phi 18$  ve altı çap değerindeki siparişlere geçişte bu aktarma sisteminden birisine ait ekipmanları tamamı değiştirilme zorunluluğu vardı. Aktarma ünitesinin dış kısmında, hat çalışırken, sadece  $\phi 18$  ve altı çap değerlerinin bağlanabileceği bir yataklama sistemi kurulmuştur. Söz konusu çap aralığındaki siparişe geçmeden önce, bu bölgede değişim gerçekleşmektedir. Ayar süresinin dışsallaştırılmasının yanı sıra, yapılan sistemin ünite üzerine montaj kolaylığı sağlaması, işlem süresinin azalmasına da katkı sağlamıştır. Çalışma öncesinde, demontaj çalışmaları için ünitenin üzerine çıkarak zor koşullar altında montajı gerçekleştiren personel, bu çalışmayla birlikte ünite üzerine çıkmadan dirsek seviyesinde daha ergonomik bir bölgede çalışma yapabilir hale gelmiştir. Kurulan yataklama sistemine ait görüntü, Şekil 4.2.'de gösterilmiştir.

İyileştirme çalışması sonucunda, sistem başarı ile devreye alındıktan sonra, sahada değişim işlemine ait süreler tespit edilerek iyileştirme başarısı tespit edilmiştir. Elde edilen süreler değerlendirildiğinde, “ $\phi 18$  ve altı aktarma ünitesi ayarı” tamamı ile dış

ayar sürecine dönüştürülmüştür. İlave olarak, ergonomik ve çalışma kolaylığı sağladığı için, işlem süresi 612 saniyeden 57 saniyeye düşürülmüştür. Bu aşamanın sonucunda, toplam ayar süresi 3611 saniyeye düşürülerek, %26,93 oranında iyileştirme sağlanmıştır.



Şekil 4.2. İç ayarın dış ayara dönüştürülmesi çalışması

Şekil 4.2.'de görüldüğü üzere, normal aktarma ünitesinin şasesi üzerinde ayrıca bir aktarma yolu yapılmış, öncesinde gerçekleşen boru değişimi işlemi ortadan kaldırılmıştır. Bu sayede, personelin hareket kabiliyeti kolaylaşmış, montaj ve demontaj koşulları iyileşmiş ve işlem süresinde azalma sağlanmıştır.

#### 4.5.3. Ayar adımlarının iyileştirilmesi

SMED uygulamalarının genel anlamda iyileştirme çalışmaları ile desteklendiği ve hem iç hem de dış ayar adımlarının odaklanıldığı aşamadır. Bu aşama, yöntemin son aşaması olduğu gibi elde edilen sonuçların ilerleyen dönemlerde daha da iyileştirilmesi için döngüsel olarak uygulanabilecek tekrarlanabilir bir aşamadır.

Ayar adımlarının iyileştirilmesi aşamasında gerçekleştirilen on üç adet iyileştirme çalışması gerçekleştirilmiştir. Örneğin, mührelerin ters bağlantısının önüne geçebilmek amacı ile, kamalı bağlantılı soğuk çekme kalıbı yuvası revizyonu gerçekleştirilmiştir. Bu sayede hem mükre doğru hem de açısıal olarak aynı derecede yuvaya takılmış olacaktır. Bunun sonucu olarak, mükre ayarlama esnasında aynı mükrenin bir sonraki kullanımda aynı mükre ayarı ile işlemeı sağlanmıştır. Bu ve diğer iyileştirme çalışmaların, hangi makinada ve hangi ayar işlemlerini iyileştirmek üzere kullanıldığı Tablo 4.11.'da özetlemiştir.

SMED uygulamalarının son adımı olan iç ve dış ayar adımlarının iyileştirilmesi aşaması, sürekliliğe sahip olmalıdır. Tamamlanan her bir iyileştirme aşamasında sonra, ilerleyen dönemlerde ayar sürelerinin azaltılmasına yönelik farklı iyileştirme çalışmaları üzerine yoğunlaşılarak, elde edilen sonuçların daha da iyileştirilmesi sağlanabilir. Bu çalışmada, SMED metodolojisi tek döngülü olarak gerçekleştirilmiştir. Tek döngüde gerçekleştirilen çalışmada on üç adet iyileştirme çalışmalar ve etkileri aşağıdaki gibi açıklanabilir.

1. Bir sonraki siparişe ait hammaddenin hazırlanması: Üretim hattına alınan bobin şeklindeki hammaddeler metal bağlarla düzgün ve sabit tutulabilmektedir. Çalışma esnasında ise, bu bağlar açılarak bobin ucu hatta verilerek sürekli akış sağlanmaktadır. Bu bağların açılması esnasında daha önce kullanılan manuel kullanılan makas tokalarının fazladan efor sarfiyatına ve zaman kaybına neden olmaktadır. Bu olumsuzluğun ortadan kaldırılması için manuel makas kullanımı ortadan kaldırılarak hidrolik makas kullanımına geçilmiştir.
2. Altıköşe makaraların değişimi: Üretim siparişlerinin önemli kısmı yuvarlak hammadde kullanıldığı için, altı köşe hammaddelerde kullanılan makaraların kullanım sıklığı düşüktür. Uzun süre montajlı şekilde duran yuvarlak hammadde makaraların demontajı esnasında zorluk yaşanmaktadır. Bunun temel nedeni, mil-göbek bağlantısında bağlantı yüzeyinin yağlanarak kayganlığının sağlanamamasıdır. Bu problemlerin önlenmesi amacıyla,

makaralar üzerine yağlama kanalları açılarak, otonom bakım çalışmalarında haftalık olarak yağlanması sağlanmıştır. Ayrıca, makaraların demontajında ilave ve homojen çekirme kuvvetinin oluşması amacıyla çekirme delikleri açılmıştır.

3. Kumlama kanalının malzeme çapına göre ayarlanması: Kumlama makinasının iç kısmında kumlama aynalarının konumları manuel olarak operatör tarafından yapılmaktadır ve çoğu zaman başlangıç aşamasındaki operatörler tarafından uygulanması unutulmaktadır. Manuel hareketin ve olası hatanın ortadan kaldırılması için, ana operatör panelinde yazılan üretim çap değerinden komut alarak, kumlama aynalarının konumlandırılması sağlanmıştır.
4. Malzeme itme çenesi değişimi: İtme çenelerinin çalışma esnasında, yuvadan çıkmasını önleyen bağlantı pabuçları kullanılmaktadır. Bu pabuçların itme çenelerine bağlantısında kullanılan M12x70 cıvata boyu 40 mm kadar düşürülerek, bağlantı esnasında tur sayısı azaltılmış ve işlem süresinde iyileşme elde edilmiştir.
5. Soğuk çekme kalıbı (mühre) değişimi: Mühre değişimi esnasında en önemli zaman kayıplarından birisi mühre önü yağlama kapağının demontajı ve montajı için harcanan zamandır. Bunun önlenmesi için, kapak revizyonu yapılarak kilitleme mekanizmalı yağlama kapağı imal edilerek kullanıma başlanmış ve cıvata bağlantısı iptal edilmiştir.
6. Çekme çenesi ve itme çenesi temizleme: Çalışma esnasında hammadde ile temas halinde olan çekme ve itme çenelerinin, kullanım durumuna bağlı olarak temas yüzeylerinde zaman içerisinde aşınma meydana gelebilmektedir. Bu aşınma kaçınılmazdır, ancak aşınma süresi kontrol edilebilmektedir. Aşınma süresinin artırılmasına yönelik olarak, mevcutta 1.2379 malzeme kullanımı yerine Sleipner diye adlandırılan aşınma direnci yüksek malzemeye geçiş yapılmıştır.

7. Çekme çenesi ve itme çenesi temizleme: Çekme ve itme çenelerin temizlenmesi esnasında, yanal yüzeylerin temizlenmesinde zorluk yaşanmakta ve doğru temizleme gerçekleşmemektedir. Bunun önlenmesi için, açılabilir konumlu temizleme aparatı imalatı gerçekleştirilerek temizleme sürecine katkı sağlanmıştır.
8. Doğrultma ünitesi makara ayarı: Makaralar arası mesafenin ayarlanması için döndürme çarkı kullanılmaktadır. Malzemenin çapına göre, makaralar arası mesafe açılmakta ya da kapatılmaktadır. İki makara arası mesafenin ne kadar olduğunun belirlenmesi amacıyla, döndürme çarklarına mesafe numarator montajı yapılmıştır.
9. Kesme burcu değişimi: Malzemelerin müşteri istekleri doğrultusunda boy kesiminin yapılabilmesi, kesme ünitesi kullanılmaktadır. Bu işlem esnasında, ünite içerisinde iki adet kesme burcu bulunmaktadır. Bu burçların değişimi esnasında, kapak ile gövde arasında bulunan bağlantı destek pabucunun düşmesi ve kaybolması nedeniyle zaman kayıpları yaşanmaktadır. Zaman kaybının önlenmesi ve işlem adımının kolaylaştırılması için, bağlantı pabucu kapak kısmına kaynaklı hale getirilmiştir.
10. Doğrultma ünitesi kestamid ayarı: Ürünün müşteri gereksinimlerini karşılayacak nitelikte doğrusalılıkta olması için, toplu doğrultma ünitesinden geçirilmektedir. Bu esnada, ürünün klavuzlanması ve doğrultulmasının kolaylaştırılması için, kestamid lamalar kullanılmaktadır. Lamaların arasındaki açıklık, malzeme çapına göre belirlenmektedir. Bu açıklığın kolay hesaplanabilmesi ve ayarlanabilmesi için, bir referans noktasına göre her bir çap değerinde olması gereken ölçüler belirlenmiştir. Ölçüler sayesinde, deneme yanılma ya da yanlış ayarlama problemleri önenebilir hale getirilmiştir.
11. Mühre ayarı: Soğuk çekme kalıbının yuvaya takılması esnasında yanlışlıkların önlenmesi ve altı köşe kalıplarda yuva içerisinde kalıbın

dönerek imalat hatalarına ve kalıba verdiği zararın önlenmesi için, kamalı bağlantı revizyonu yapılmıştır.

12. Mühre ayarı: Soğuk çekme kalıbının, yuva içerisindeki pozisyonu malzemenin doğrusallığını etkilemektedir. Doğrusallık genel olarak cıvata bağlantılarının sıkma ve gevşetme prensibine bağlı olan manuel yönlendirici ile ayarlanmaktadır. Çoğu zaman, cıvata bağlantılarının çok sıkılması ya da gevşek tutulmasından dolayı, doğrusallık ayar süresi uzamaktadır. Sıklıkla karşılaşılan bu problemin çözülebilmesi için, ayar mekanizmasında revizyon yapılarak operatör paneli üzerinden düğmeli hale getirilmiştir. Devamında, döndürme açısı değerini gösteren ekranda, daha önce sağlanan doğru veriler tekrar girilerek süreç hızlandırılmıştır.

13. Doğrusallık ayarı: Toplu doğrultma ünitesinde, doğrusallık ayarı nihai ürüne direkt etkilediği için kritik öneme sahiptir. Ayar esnasında top açıları, baskı düzeyi ve hız parametrelerinin girilmesi ve uygun çıktının elde edilmesi çoğu zaman deneme-yanılma yöntemiyle bulunmaktadır. Bu ise, seri üretime geçiş sürelerinin uzamasına neden olmaktadır. Doğrusallık ayar süresinin azaltılması amacıyla, ayar parametreleri belirlenerek gelen sipariş föyüne aktarılacak sistem kurulmuştur.

İç ve dış ayar adımlarının iyileştirilmesi amacıyla yapılan on üç adet iyileştirmeye ait özet açıklamalar Tablo 4.11.'de özetlenmiştir. Gerçekleşen iyileşme çalışmalarına bağlı olarak, elde edilen zaman boyutunda iyileştirme miktarları ortalama işlem adımı süreleri üzerinden değerlendirilecektir.

Çalışmanın üçüncü aşamasında, her bir ayar adımına ait işlem süreleri bir sonraki kısımda yer alan Taguchi deneylerinde seçilen ortogonal dizilere bağlı olarak yapılan deney sonuçlarının aritmetik ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Elde edilen zaman verilerinin aritmetik ortalamasına bağlı olarak, SMED çalışması sonucunda ulaşılan her bir ayar adımına ait işlem süreleri ve mevcut duruma göre işlem sürelerindeki iyileşme miktarı 4.12.'de gösterilmiştir.

Tablo 4.11. İyileştirme aksiyonları

| Üretim hattı ünitesi                  | Ayar İşlemleri                                    | İyileştirme Aksiyonu                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Hammadde bağlama bölgesi              | Bir sonraki siparişe ait hammaddenin hazırlanması | Hammadde bağ çözme makası ile hammaddenin açılmasının kolaylaştırılması                                                                                                                      |
| Ön doğrultma ünitesi                  | Altıköşe makara değişimi                          | Altıköşe / yuvarlak makara değişimlerinde tutukluk yapılmasını önlemek amacı ile manuel gres yağlama kanallarının açılması ve çekirme kullanıma olanak verecek şekilde makaraların revizyonu |
| Kumlama ve temizleme makinası         | Kumlama kanalının malzeme çapına göre ayarlanması | Operatör panelinden, üretim çapı girildiğinde klapeleri ayarlayan sistem kurulması                                                                                                           |
|                                       | Malzeme itme çenesi değişimi                      | Bağlantı cıvatalarının dış boylarının ve bağlantı boyunun kısaltılması                                                                                                                       |
|                                       | Soğuk çekme kalıbı (mühre) değişimi               | Mühre önu yağlama kapağının revizyonu ile bağlantı kolaylığının sağlanması                                                                                                                   |
| Soğuk çekme ünitesi                   | Çekme çenesi ve itme çenesi temizleme             | Çekme ve itme çenelerinin, yüksek aşınma mukavemetine sahip malzemeden imalatına geçilmesi                                                                                                   |
|                                       |                                                   | Çekme ve itme çenesi temizleme aparatı imalatı ve kullanımı                                                                                                                                  |
| Soğuk çekme sonrası doğrultma ünitesi | Doğrultma ünitesi makara ayarı                    | Makaraların hareketinin takip edilebilmesi ve kolaylıkla çap değerine getirilebilmesi için, numaratör göstergeli volan kullanımı                                                             |
| Kesme ünitesi                         | Kesme burcu değişimi                              | Kesme burcu kapağının önünde yer alan pabuç parçanın kapağa kaynatılarak, demontajı ve montajının kolaylaştırılması.                                                                         |
| Doğrultma ünitesi                     | Doğrultma ünitesi kestamid ayarı                  | Kestamid ara mesafelerinin belirlenmesine yönelik parametre çalışması                                                                                                                        |
|                                       |                                                   | Mührelerin aynı yönlü takılması için POKA-YOKE çalışması                                                                                                                                     |
| Hat ayarı                             | Mühre ayarı                                       | Aynı yönlü takılan mührelerin açılma ayarının takip edilmesi için açılma parametre gösterici otomatik mühre ayarlama sistemi kurulması                                                       |
|                                       | Doğrusallık ayarı                                 | Üretim hattı doğrusallık ayar parametrelerinin belirlenmesi çalışması                                                                                                                        |

Tablo 4.12. SMED çalışması ayar adımları işlem süreleri

| Ayar işlemleri                                    | Mevcut ayar süresi (sn) | 1. aşama ayar süresi (sn) | 2. aşama ayar süresi (sn) | 3. aşama ayar süresi (sn) | İç ayar süresi (sn) | Dış ayar süresi (sn) | Toplam iyileştirme oranı |
|---------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------|----------------------|--------------------------|
| Bir sonraki siparişe ait hammaddenin hazırlanması | 182                     | 182                       | 182                       | 160*                      | 0                   | 160                  | 12,09%                   |
| Ön doğrultma makara ayarı                         | 176                     | 176                       | 176                       | 176                       | 176                 | 0                    | 0,00%                    |
| Altıköşe makara değişimi                          | 273                     | 200                       | 200                       | 174*                      | 174                 | 0                    | 36,26%                   |
| Kumlama kanalının malzeme çapına göre ayarlanması | 43                      | 43                        | 43                        | 0*                        | 0                   | 0                    | 100,00%                  |
| Malzeme itme çenesi değişimi                      | 210                     | 150                       | 150                       | 144*                      | 144                 | 0                    | 31,43%                   |
| Soğuk çekme kalıbı (mühre) değişimi               | 208                     | 168                       | 168                       | 130*                      | 130                 | 0                    | 37,50%                   |
| Kovan değişimi                                    | 157                     | 110                       | 110                       | 110                       | 110                 | 0                    | 29,94%                   |
| Çekme çenesi ve itme çenesi temizleme             | 259                     | 158                       | 158                       | 141*                      | 0                   | 141                  | 45,56%                   |
| Çekme çenesi değişimi                             | 112                     | 80                        | 80                        | 80                        | 80                  | 0                    | 28,57%                   |
| Doğrultma ünitesi makara ayarı                    | 262                     | 262                       | 262                       | 105*                      | 105                 | 0                    | 59,92%                   |
| Kesme öncesi aktarma borusu değişimi              | 72                      | 40                        | 40                        | 40                        | 40                  | 0                    | 44,44%                   |
| Kesme burcu değişimi                              | 138                     | 90                        | 90                        | 80*                       | 80                  | 0                    | 42,03%                   |
| Kesme sonrası aktarma borusu değişimi             | 72                      | 40                        | 40                        | 40                        | 40                  | 0                    | 44,44%                   |
| Kesme ünitesi makara ayarı                        | 47                      | 35                        | 35                        | 35                        | 35                  | 0                    | 25,53%                   |
| Aktarma ünitesi öncesi aktarma borusu değişimi    | 76                      | 40                        | 40                        | 40                        | 40                  | 0                    | 47,37%                   |
| φ18 ve altı aktarma ünitesi ayarı                 | 612                     | 612                       | 57*                       | 57                        | 0                   | 57                   | 90,69%                   |
| Aktarma ünitesi ayarı                             | 46                      | 46                        | 46                        | 46                        | 46                  | 0                    | 0,00%                    |
| Doğrultma ünitesi öncesi aktarma borusu değişimi  | 180                     | 120                       | 120                       | 120                       | 120                 | 0                    | 33,33%                   |
| Doğrultma ünitesi içi boru değişimi               | 108                     | 62                        | 62                        | 62                        | 62                  | 0                    | 42,59%                   |
| Doğrultma ünitesi kestamid ayarı                  | 196                     | 163                       | 163                       | 119*                      | 119                 | 0                    | 39,29%                   |
| Doğrultma ünitesi panel ayarı                     | 104                     | 80                        | 80                        | 80                        | 80                  | 0                    | 23,08%                   |
| Doğrultma sonrası aktarma borusu değişimi         | 104                     | 63                        | 63                        | 63                        | 63                  | 0                    | 39,42%                   |
| Paketleme öncesi makara ayarları                  | 49                      | 35                        | 35                        | 35                        | 35                  | 0                    | 28,57%                   |
| Paketleme öncesi aktarma borusu değişimi          | 97                      | 52                        | 52                        | 52                        | 52                  | 0                    | 46,39%                   |
| Malzemenin üretim hattına alınması                | 114                     | 114                       | 114                       | 114                       | 114                 | 0                    | 0,00%                    |
| Mühre ayarı                                       | 173                     | 173                       | 173                       | 137*                      | 137                 | 0                    | 20,81%                   |
| Doğrusallık ayarı                                 | 872                     | 872                       | 872                       | 207*                      | 207                 | 0                    | 76,26%                   |
| <b>Toplam</b>                                     | <b>4942<sup>b</sup></b> | <b>4166</b>               | <b>3611</b>               | <b>2547<sup>a</sup></b>   | <b>2189</b>         | <b>358</b>           | <b>48,46%*</b>           |

\* 48,46% değeri, elde edilen “<sup>a</sup>” ve mevcut duruma (“<sup>b</sup>”) göre hesaplanan iyileşme oranıdır. ((b-a)/b)

Tablo 4.12.'e göre, her bir ayar adımının iyileştirme oranları arasında farklılık söz konusudur. Bunun sebebi, ayar sürecinde birbirinden bağımsız olan makine ve üniteler üzerinde gerçekleşen iyileştirme çalışması, ilgili ayar adımları üzerinde etki göstermesidir. Diğer bir ifadeyle, iyileştirme faaliyetinin gerçekleştirilmediği ya da çalışma etkinliğinin az olduğu ayar adımlarında yeterince iyileşme sağlanamıştır.

Daha öncede kısımlarda bahsedildiği üzere, iki sipariş arası ayar prosesinin çeşitliliğinden dolayı, toplamda hattın ayar süresinin azalma oranının değerlendirilmesi söz konusu değildir. Ancak, iyileştirme çalışma sonucunda toplamda %48,46 oranında toplam işlem süresinde ve iç ayar süresinin ise %55,70 oranında azalma olduğu sonucuna ulaşılabilir. İyileştirme miktarının anlamlı bir şekilde değerlendirilmesi için, Taguchi deneyi ve planlama etkisinin de değerlendirileceği bir aylık üretim planı üzerinden değerlendirme yapılacaktır.

#### **4.6. Taguchi Metodu İle Ayar Süresi Optimizasyonu**

Bir süreç adımı ya da faaliyete ait ideal işlem sürelerinin belirlenmesi için sürece ya da faaliyete etki eden faktörlerin analiz edildiği ve kontrollü şekilde uygulandığı çalışmalar gerçekleştirmek gerekir. Çalışmaların büyüklüğü, zaman ve uygulama boyutunda zorluğuna bu faktörlerin sayısı ve seviyesi etki etmektedir. Saha uygulamalarında çok sayıda deney yapmak ekonomik olmadığı gibi bu fırsatı elde edebilmekte zordur. Bu gibi durumlarda faktörleri dikkate alarak optimum seviyelerde deney veya çalışma gerçekleştirilmesi gerekir.

SMED çalışması sonrası elde edilen zaman verilerini üzerinden, ayar sürelerine etki eden faktörlerin analiz edilmesi ve ideal işlem sürelerinin elde edilmesi amacı ile çalışma gerçekleştirilmiş ve bu kısımda açıklanmıştır. Sahadaki örneklem sayısının en düşük düzeyde gerçekleşmesi amacı ile Taguchi deney tasarımı metodundan faydalanılmıştır ve çalışmada Minitab programı üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır. Bu metod, ayar çeşitliliğinden dolayı her bir ayar işlemine ayrı ayrı uygulanmış ve her bir ayar işlemi için değerlendirme yapılarak ideal sürelere ulaşılması hedeflenmiştir.

#### 4.6.1. Faktör türlerinin ve seviyelerinin belirlenmesi

Faaliyetlerin gerçekleşmiş olduğu tesisin yapısı, üretim hattı ya da makinanın özellikleri, işgücü yeteneği ve işgücüne efor sarfıyatı gibi faktörler çalışma performansını etkileyebilmektedir. Bu faktörlerin ve faktör içi sınıflandırmanın yapılması, faktör ve etki analizleri açısından önemlidir.

SMED çalışması içerisinde ele alınan iyileştirme çalışmalar ve diğer aksiyonların, uygulama alanına etkisinin ölçülmesi için üretim hattında faktörlerin tespit edilerek kontrollü uygulama yapılması çalışmanın etkinliğini ve geçerliliğini artıracaktır.

Üretim hattı üzerinde ayar işlemlerine etki eden faktörler incelendiğinde, iki tip faktör grubu tespit edilmiştir. Bunlardan birincisi, üç faktörlü ayar işlemleri için uygulanacak olan faktör grubu-1 ve diğeri ise dört faktörlü ayar işlemleri için uygulanacak olan faktör grubu-2'dir. Faktör seviyesi değerlendirildiğinde, tüm faktör gruplarındaki faktörlerin üç seviyeleri olduğu belirlenmiştir. Bu açıklamalara bağlı tüm faktörler ve faktör grupları Tablo 4.13.'de gösterilmiştir.

Tablo 4.13. Faktör ve faktör seviyeleri

| Faktör türü         | Faktör seviyeleri |              |         | Faktör grubu   |                |
|---------------------|-------------------|--------------|---------|----------------|----------------|
|                     | 1                 | 2            | 3       | Faktör grubu-1 | Faktör grubu-2 |
| Vardiya tipi        | Gündüz            | Gece         | Ara     | x              | x              |
| Operatör            | X                 | Y            | Z       | x              | x              |
| Vardiya ayar sayısı | 1                 | 2            | 3       | x              | x              |
| Malzeme sertliği    | <200 HB           | 200 ÷ 250 HB | 250 HB< | -              | x              |

Malzeme sertliği faktörü, malzeme doğrusalığının sağlanması için gerekli olan ayar adımlarının işlem süreleri üzerinde etkisi olduğu belirlenmiştir. Bunun yanı sıra, operatör tecrübesinin malzeme sertliğinin ayar süresine olan etkisi üzerinde bir tesiri olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle, malzeme sertliğinin etken olduğu ayar adımları dört faktör ve malzeme sertliği ile operatör etkileşimi dikkate alınarak analiz edilecektir.

Tablo 3.13.'de malzeme sertliği dışındaki diğer tüm faktörler (vardiya tipi, operatör ve vardiyadaki ayar sayısı), tüm ayar adımları için birer parametre olduğu ve hem faktör-1 hemde faktör-2 grupları içerisinde yer alacağını göstermektedir.

Soğuk çekme hattı-1 ayar ve proses adımlarının hangi faktör grubu ile Taguchi deneyine hazırlanacağını belirlenmesi amacı ile Tablo 4.14. hazırlanmıştır. Tablo 4.14. üzerinde, işlem adımının karşısında “x” ile işaretlenmiş olan faktör grubu, ilgili işlem adımına etki eden faktörleri ifade etmektedir.

Ön doğrultma makara ayarı, doğrultma sonrası doğrusalılık ayarı ve doğrusalılık ayarı adımları faktör grubu-2 içerisinde değerlendirilerek dört faktör ve üç seviyeli olarak değerlendirilmiştir. Diğer ayar işlemleri ise, faktör grubu-1 içerisinde üç faktör ve üç seviyeli olarak işlem görmüştür.

Tablo 4.14. Ayar işlemlerinin faktör grupları

| Ayar işlemleri                                    | Faktör grubu-1 | Faktör grubu-2 |
|---------------------------------------------------|----------------|----------------|
| Bir sonraki siparişe ait hammaddenin hazırlanması | x              |                |
| Ön doğrultma makara ayarı                         |                | x              |
| Altıköşe makara değişimi                          | x              |                |
| Malzeme itme çenesi değişimi                      | x              |                |
| Soğuk çekme kalıbı (mühre) değişimi               | x              |                |
| Kovan değişimi                                    | x              |                |
| Çekme çenesi ve itme çenesi temizleme             | x              |                |
| Çekme çenesi değişimi                             | x              |                |
| Doğrultma ünitesi makara ayarı                    |                | x              |
| Kesme öncesi aktarma borusu değişimi              | x              |                |
| Kesme burcu değişimi                              | x              |                |
| Kesme sonrası aktarma borusu değişimi             | x              |                |
| Kesme ünitesi makara ayarı                        | x              |                |
| Aktarma ünitesi öncesi aktarma borusu değişimi    | x              |                |
| φ18 ve altı aktarma ünitesi ayarı                 | x              |                |
| Aktarma ünitesi ayarı                             | x              |                |
| Doğrultma ünitesi öncesi aktarma borusu değişimi  | x              |                |
| Doğrultma ünitesi içi boru değişimi               | x              |                |
| Doğrultma ünitesi kestamid ayarı                  | x              |                |
| Doğrultma ünitesi panel ayarı                     | x              |                |
| Doğrultma sonrası aktarma borusu değişimi         | x              |                |
| Paketleme öncesi makara ayarları                  | x              |                |
| Paketleme öncesi aktarma borusu değişimi          | x              |                |
| Malzemenin üretim hattına alınması                | x              |                |
| Mühre ayarı                                       | x              |                |
| Doğrusallık ayarı                                 |                | x              |

#### 4.6.2. Serbestlik derecesi ve ortogonal dizi seçimi

Taguchi metodu, örneklem boyutunda deney sayısı ile çok sayıda gerçekleşmesi gereken deneysel sonuçları açıklamak üzere ortogonal dizilerden meydana gelmektedir.

Ortogonal dizinin seçimi, yapılan çalışmanın sonucuna etki edecektir. Bu nedenle dizinin doğru belirlenmesi gerekmektedir. Ortogonal dizinin seçiminde faktörlerin toplam serbestlik dereceleri dikkate alınmalıdır.

Ayar işlemlerinin sürelerine etki eden faktörler ele alındığında, iki tip faktör grubu için ayrı ayrı serbestlik derecesi hesaplanmıştır. Faktör grubu-1 ve faktör grubu-2 için hesaplanan toplam serbestlik derecesi Tablo 4.15.'de gösterilmiştir.

Tablo 4.15. Faktör serbestlik dereceleri ve ortogonal dizi seçimi

| Faktör türü                | Faktör grubu-1  |                     | Faktör grubu    |                     |
|----------------------------|-----------------|---------------------|-----------------|---------------------|
|                            | Faktör seviyesi | Serbestlik derecesi | Faktör seviyesi | Serbestlik derecesi |
| Vardiya tipi               | 3               | 2                   | 3               | 2                   |
| Operatör                   | 3               | 2                   | 3               | 2                   |
| Vardiya ayar sayısı        | 3               | 2                   | 3               | 2                   |
| Malzeme sertliği           | 0               | 0                   | 3               | 2                   |
| Operatör* Malzeme sertliği | 0               | 0                   | -               | 4                   |
| Toplam serbestlik derecesi | -               | 6                   | -               | 12                  |
| Ortogonal Dizi             | -               | L9                  | -               | L27                 |

Toplam serbestlik derecesi değerinin üzerinde en uygun ve yakın olan ortogonal dizi seçimi kuralı uygulanarak faktör grubu-1 için L9 seçilmiş ve Tablo 4.16.'da gösterilmiştir.

Faktör-1 grubu için belirlenen L9 ortogonal dizisi, dört faktör ve iki faktör etkileşimin olduğu faktör grubu-2 için yetersiz kalmış ve toplam serbestlik derecesine uygunluğun elde edilebilmesi amacı ile L27 tercih edilmiş ve oluşturulan deney seti Tablo 4.17.'de gösterilmiştir.

Tablo 4.16. Faktör grubu-1 için L9 ortogonal dizisi

| L9 dizisi | Faktör grubu-1 |          |                     |
|-----------|----------------|----------|---------------------|
| Deney no  | Vardiya tipi   | Operatör | Vardiya ayar sayısı |
| 1         | Gündüz         | X        | 1                   |
| 2         | Gündüz         | Y        | 2                   |
| 3         | Gündüz         | Z        | 3                   |
| 4         | Gece           | X        | 2                   |
| 5         | Gece           | Y        | 3                   |
| 6         | Gece           | Z        | 1                   |
| 7         | Ara            | X        | 3                   |
| 8         | Ara            | Y        | 1                   |
| 9         | Ara            | Z        | 2                   |

Tablo 4.17. Faktör grubu-2 için L27 ortogonal dizisi

| L27 dizisi | Faktör grubu-2 |          |                     |                  |
|------------|----------------|----------|---------------------|------------------|
| Deney no   | Vardiya tipi   | Operatör | Gün içi ayar sayısı | Malzeme sertliği |
| 1          | Gündüz         | X        | 1                   | <200 HB          |
| 2          | Gündüz         | X        | 1                   | 200÷250 HB       |
| 3          | Gündüz         | X        | 1                   | 250 HB<          |
| 4          | Gece           | X        | 2                   | <200 HB          |
| 5          | Gece           | X        | 2                   | 200÷250 HB       |
| 6          | Gece           | X        | 2                   | 250 HB<          |
| 7          | Ara            | Z        | 3                   | <200 HB          |
| 8          | Ara            | Z        | 3                   | 200÷250 HB       |
| 9          | Ara            | Z        | 3                   | 250 HB<          |
| 10         | Gündüz         | Y        | 3                   | <200 HB          |
| 11         | Gündüz         | Y        | 3                   | 200÷250 HB       |
| 12         | Gündüz         | Y        | 3                   | 250 HB<          |
| 13         | Gece           | Z        | 1                   | <200 HB          |
| 14         | Gece           | Z        | 1                   | 200÷250 HB       |
| 15         | Gece           | Z        | 1                   | 250 HB<          |
| 16         | Ara            | X        | 2                   | <200 HB          |
| 17         | Ara            | X        | 2                   | 200÷250 HB       |
| 18         | Ara            | X        | 2                   | 250 HB<          |
| 19         | Gündüz         | Z        | 2                   | <200 HB          |
| 20         | Gündüz         | Z        | 2                   | 200÷250 HB       |
| 21         | Gündüz         | Z        | 2                   | 250 HB<          |
| 22         | Gece           | X        | 3                   | <200 HB          |
| 23         | Gece           | X        | 3                   | 200÷250 HB       |
| 24         | Gece           | X        | 3                   | 250 HB<          |
| 25         | Ara            | Y        | 1                   | <200 HB          |
| 26         | Ara            | Y        | 1                   | 200÷250 HB       |
| 27         | Ara            | Y        | 1                   | 250 HB<          |

Ayar işlemleri için belirlenen faktör grupları ve ortogonal diziler dikkate alınarak, gerçekleşen deneylerin tamamında üçer adet deney tekrarı uygulanarak Taguchi deney tasarımı ile etkin parametrelerin belirlenmesi ve analiz edilmesi aşamasına geçilmiştir.

#### 4.6.3. Deneyin gerçekleştirilmesi ve etkin faktörün belirlenmesi

Taguchi deney tasarımında yapılan deneylerde, seçilen ortogonal dizinin doğruluğu ve deney tekrar sayısı çalışmanın başarılı bir şekilde uygulanması için en önemli faktörlerden birisidir. 3.7.3. kısmında da belirtildiği üzere, genel ortogonal dizi seçim kurallarına göre dizi seçimi gerçekleştirilmiş ve deney tekrar sayısı belirlenmiştir.

Belirlenen faktörler ve faktör seviyelerine bağlı olarak, her bir makine ve ünitenin ayar işlemine ait Taguchi deneyi uygulanmış ve sonuçları değerlendirilmiştir. Bu kısım altında “soğuk çekme kalıbı değişimi” ayar adımının faktör analizi ve değerlendirmesi ele alınmıştır. Soğuk çekme kalıbı değişimi için L9 ortogonal dizisi kullanılarak “en küçük en iyi değer” yaklaşımına bağlı olarak gerçekleştirilen deney setinde elde edilen sonuçlar Tablo 4.18.’de özetlenmiştir.

Tablo 4.18. Soğuk çekme kalıbı değişim deney sonuçları ve S/N tablosu

| Vardiya tipi | Operatör | Vardiya ayar sayısı | Ölçüm-1 (sn) | Ölçüm-2 (sn) | Ölçüm-3 (sn) | S/N oranı   | Ortalama değeri (sn) |
|--------------|----------|---------------------|--------------|--------------|--------------|-------------|----------------------|
| Gündüz       | X        | 1                   | 119          | 132          | 127          | -41,592262  | 120,00               |
| Gündüz       | Y        | 2                   | 108          | 125          | 118          | -40,92358   | 111,00               |
| Gündüz       | Z        | 3                   | 112          | 122          | 115          | -40,8603933 | 110,33               |
| Gece         | X        | 2                   | 149          | 172          | 168          | -43,9356935 | 157,00               |
| Gece         | Y        | 3                   | 159          | 154          | 171          | -43,8344432 | 155,33               |
| Gece         | Z        | 1                   | 108          | 113          | 124          | -40,7648267 | 109,00               |
| Ara          | X        | 3                   | 142          | 148          | 134          | -42,6358873 | 135,33               |
| Ara          | Y        | 1                   | 114          | 122          | 120          | -41,0398606 | 112,67               |
| Ara          | Z        | 2                   | 108          | 114          | 122          | -40,7340061 | 108,67               |

Deney setinde elde edilen ölçüm sonuçlarına bağlı olarak S/N yanıt Tablosu Tablo 4.19.’da gösterilmiştir.

Tablo 4.19. Soğuk çekme kalıbı değişim S/N yanıt tablosu

| Level | Vardiya tipi   | Operatör       | Vardiya ayar sayısı |
|-------|----------------|----------------|---------------------|
| 1     | <b>-41,57*</b> | -43,1          | <b>-41,58*</b>      |
| 2     | -43,22         | -42,34         | -42,28              |
| 3     | -41,9          | <b>-41,25*</b> | -42,83              |
| Delta | 1,65           | 1,85           | 1,25                |
| Rank  | 2              | 1              | 2                   |

Soğuk çekme kalıbı değişimi işlemine etki eden faktörler Tablo 4.19.'da verilen S/N oranı yanıt Tablosuna göre değerlendirildiğinde en etkin faktör sıralaması operatör, vardiya tipi ve vardiyadaki ayar sayısı olarak belirlenmiştir. Faktörlerin ideal seviyeleri ise sırasıyla Z, 1.vardiya ve 1 adet gün içi ayar sayısı ile ideal işlem süresine ulaşılabileceği sonucuna ulaşılmaktadır. Diğer ayar adımlarında elde edilen ideal seviyeler Tablo 4.20.'de özetlenmiştir.

Tablo 4.20. Ayar adımları ideal faktör seviyeleri

| Ayar işlemleri                                    | İdeal Faktör Sırası | İdeal Faktör Seviyeleri |
|---------------------------------------------------|---------------------|-------------------------|
| Bir sonraki siparişe ait hammaddenin hazırlanması | (1,3,1)             | (1.V, Z, 1)             |
| Ön doğrultma makara ayarı                         | (1,3,1,1)           | (1.V, Z, 1, S<190)      |
| Altıköşe makara değişimi                          | (1,3,1)             | (1.V, Z, 1)             |
| Malzeme itme çenesi değişimi                      | (1,3,1)             | (1.V, Z, 1)             |
| Soğuk çekme kalıbı (mühre) değişimi               | (1,3,1)             | (1.V, Z, 1)             |
| Kovan değişimi                                    | (1,2,1)             | (1.V, Y, 1)             |
| Çekme çenesi ve itme çenesi temizleme             | (1,3,1)             | (1.V, Z, 1)             |
| Çekme çenesi değişimi                             | (1,3,1)             | (1.V, Z, 1)             |
| Doğrultma ünitesi makara ayarı                    | (1,3,1,1)           | (1.V, Z, 1, S<190)      |
| Kesme öncesi aktarma borusu değişimi              | (1,3,1)             | (1.V, Z, 1)             |
| Kesme burcu değişimi                              | (1,3,1)             | (1.V, Z, 1)             |
| Kesme sonrası aktarma borusu değişimi             | (1,3,1)             | (1.V, Z, 1)             |
| Kesme ünitesi makara ayarı                        | (1,3,1)             | (1.V, Z, 1)             |
| Aktarma ünitesi öncesi aktarma borusu değişimi    | (1,3,1)             | (1.V, Z, 1)             |
| φ18 ve altı aktarma ünitesi ayarı                 | (1,3,1)             | (1.V, Z, 1)             |
| Aktarma ünitesi ayarı                             | (1,3,1)             | (1.V, Z, 1)             |
| Doğrultma ünitesi öncesi aktarma borusu değişimi  | (1,3,1)             | (1.V, Z, 1)             |
| Doğrultma ünitesi içi boru değişimi               | (1,3,1)             | (1.V, Z, 1)             |
| Doğrultma ünitesi kestamid ayarı                  | (1,3,1)             | (1.V, Z, 1)             |
| Doğrultma ünitesi panel ayarı                     | (1,3,1)             | (1.V, Z, 1)             |
| Doğrultma sonrası aktarma borusu değişimi         | (1,3,1)             | (1.V, Z, 1)             |
| Paketleme öncesi makara ayarları                  | (1,3,1)             | (1.V, Z, 1)             |
| Paketleme öncesi aktarma borusu değişimi          | (1,3,1)             | (1.V, Z, 1)             |
| Malzemenin üretim hattına alınması                | (1,3,1)             | (1.V, Z, 1)             |
| Mühre ayarı                                       | (1,3,1)             | (1.V, Z, 1)             |
| Doğrusallık ayarı                                 | (1,3,1,1)           | (1.V, Z, 1, S<190)      |

\* Vardiya Türü, tablo içerisinde V. Olarak kısaltılmıştır.

İdeal işlem sürelerinde çalışma koşullarının normal koşullar altında sürekliliğinin sağlanması veya ideal koşullar altında çalışmak mümkün olmamaktadır. Bundan dolayı, faktörlerin etkilerini azaltacak iyileştirme çalışmaları veya organizasyonel düzenlemeler, işlem sürelerinin ideale yaklaşmasını sağlamaktadır.

Soğuk çekme hattı-1 üzerinde gerçekleşmesi muhtemel ayar adımları için, daha önceki kısımlarda belirlenen ortogonal dizilere bağlı olarak gerçekleşen deney verileri, S/N sonuçları ve S/N yanıt Tablosu EK-A verilmiştir.

#### 4.6.4. Varyans analizi

Anova analizi, gruplar arası ortalamalar arasındaki farkın anlamlılık düzeyinin ölçülmesi amacı ile kullanılan hipotez testidir. Soğuk çekme kalıbı değişimi işlemine ait deneysel sonuçlar kullanılarak, Tablo 4.21.'de ANOVA tablosu oluşturulmuştur.

Tablo 4.21. Soğuk çekme kalıbı değişim anova testi

| Kontrol faktörü     | Serbestlik derecesi | Kareler toplamı (SS) | Kareler ortalaması (MS) | F oranı            | P     |
|---------------------|---------------------|----------------------|-------------------------|--------------------|-------|
| Vardiya tipi        | 2                   | 3605,6               | 1802,8                  | 22,71              | 0,000 |
| Operatör            | 2                   | 3608,1               | 1804                    | 22,73              | 0,000 |
| Vardiya ayar sayısı | 2                   | 1779,2               | 889,6                   | 11,21              | 0,001 |
| Hata                | 20                  | 1587,4               | 79,4                    |                    |       |
| Toplam              | 26                  | 10580,3              |                         |                    |       |
| S=8,90901           |                     | R-Sq=% 85,00         |                         | R-Sq (adj)= %80,50 |       |

Tablo 4.21.'de gösterilen ANOVA testinin sonucuna göre %95 anlamlılık düzeyinde, kriterlerin tamamında  $p < 0,05$  denkliği elde edildiği için, faktörler arasında anlamlı bir farklılık olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Bunun yanı sıra, F oranı değerlendirildiğinde, en yüksek F değerine sahip olan operatör tecrübesi, S/N yanıt Tablosundaki sonuç gibi en etkin kriter olduğu ve R-sq (adj) değerinin %80,00 değerinin üzerinde olmasından dolayı çalışmanın sonuçlarının başarıya ulaştığı çikartılmaktadır.

Bu kısımda yapılan açıklamalar ışığında, diğer ayar adımlarının ANOVA testi gerçekleştirilmiş ve EK-A kısmında Tablolarda sunulmuştur.

#### 4.6.5. İdeal seviye sonuçları ve iyileştirme planı

Deney ölçüm sonuçlarına bağlı olarak elde edilen ideal faktör seviyeleri, bazı durumlarda faktörlerin deney setleri içerisinde yer almayan faktör seviyelerinin birleşiminden oluşabilir. Dolayısıyla, ideal işlem sonuçlarının elde edilmesi amacı ile tekrar deney gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Deneyin gerçekleştirilemeyeceği durumlarda, Minitab programının “Predict Taguchi Results” komutu kullanılarak, ideal seviyelere bağlı olarak tahminleme yapılabilmektedir.

Soğuk çekme kalıbı değişimi işlemi için ideal faktör seviyeleri, vardiya türü için 1. vardiya, operatör için Z ve vardiya işlem sayısı için 1 olarak belirlenmişti. Bu faktör seviyelerinde, deney seti içerisinde gerçekleştirilmiş bir deney olmadığı için deney üç tekrarlı olarak gerçekleştirilmiş ve Tablo 4.22.’deki ortalama işlem süresi değerine ulaşılmıştır.

Tablo 4.22. Soğuk çekme kalıbı için iyileşme sonrası süreler

| Vardiya tipi | Operatör | Vardiya ayar sayısı | Tahmin  | Üç ölçüm ortalaması | Doğruluk |
|--------------|----------|---------------------|---------|---------------------|----------|
| Gündüz       | Z        | 1                   | 94,2593 | <b>106</b>          | %88,92   |

İdeal faktör seviyelerine göre Minitab programının “Predict Taguchi Results” komutu da kullanılmış ve 94,2593 sonucuna ulaşılmış ve sahadan elde edilen sonuçlar ile kıyaslandığında tahminleme %88,92 oranında yakınlık derecesine sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Ayar adımlarının tamamı için tanımlanan ideal seviye ölçümleri yapılmış ve EK-A kısmında sunulmuştur.

İdeal işlem sürelerini sağlayacak faktör seviyelerinde çalışmak, çoğu zaman uygulamada mümkün olmayabilir. Bu gibi durumlarda faktörlerin etkilerinin azaltıcı

önlemler alınarak, olası diğer seviyelerle çalışma esnasında dahi ideal işlem sürelerine yakın çalışma sağlanabilmektedir. Genel olarak; tüm ayar adımlarının tamamında etkin faktör seviyelerindeki işlem sürelerine ulaşabilmek için Tablo 4.23.'de özetlenen organizasyonel ve iyileştirme temelli aksiyonlar alınmıştır.

Tablo 4.23. Faktör etkisi azaltıcı aksiyonlar

| Faktör türü         | Faktörler arası farklılığın temel nedeni                                                                                                                   | İyileştirme aksiyonu                                                                                                                                                                                                        |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Vardiya türü        | Yönetim ve denetleme eksikliği                                                                                                                             | Organizasyonel yapıda düzenleme yapılarak, takım liderliği pozisyonunda bulunacak personelin ayar ve çalışma operasyonunu yürütmesinin ve denetlemesinin sağlanması                                                         |
| Operatör            | Hat üzerindeki operatör tecrübe ve hakimiyet eksikliği                                                                                                     | Ayar süreçlerinde, tecrübesizlik kavramının kademeli olarak azaltılabilmesi için "setup-men" kavramında ayar süreçlerini yürütecek tecrübeli personellerin görevlendirilmesi                                                |
| Vardiya ayar sayısı | Personel efor miktarının artması                                                                                                                           | Ayar süreçlerinin, tecrübeli personeller tarafından gerçekleştirilmesi (Hattın çalıştırılması görevinden alınan ayar personellerinin, bedensel yorgunluklarının azaltıcı zihinsel ve idari faaliyetlerde görevlendirilmesi) |
| Malzeme sertliği    | Malzeme sertliğine bağlı olarak doğrultma işlemlerinin sürelerinde artış meydana gelmesinin kök nedeni, malzemenin şekil değiştirme direncinin artmasıdır. | Hat girişine ilave doğrultma makaraları ilave edilerek, malzemenin şekil değiştirme direncinin ilave olarak azaltılması                                                                                                     |

Faktör etkisinin azaltılmasına yönelik Tablo 4.23.'de tanımlanan aksiyonlar, uygulamaya alınmasına rağmen, çalışmanın zaman kısıtından dolayı belirlenen aksiyonlar sonuçları, ideal işlem süresi olarak kabul edilmiştir. Ayrıca, Tablo 4.20.'de görüldüğü üzere oluşan ayar adımlarının bazılarında farklı faktör seviyeleri oluşmasından dolayı ideal işlem süreleri sıklığı en fazla olan faktör seviyeleri (1. vardiya, Z personeli, 1 adet ayar sayısı, Sertlik<190) kullanılarak belirlenmiştir. Bu açıklamalara bağlı olarak, hesaplanan ideal işlem süreleri Tablo 4.24.'de özetlenmiştir.

Tablo 4.24. Taguchi deney tasarımı sonrası işlem süreleri

| Ayar işlemleri                                    | Mevcut ayar süresi (sn) | 3. aşama ayar süresi (sn) | Taguchi sonrası ayar süresi (sn) | İç ayar süresi (sn) | Dış ayar süresi (sn) | Taguchi iyileştirme oranı (SMED süreleri üzerinde) | Toplam iyileştirme oranı |
|---------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------|----------------------------------------------------|--------------------------|
| Bir sonraki siparişe ait hammaddenin hazırlanması | 182                     | 160                       | 122                              | 0                   | 122                  | 31,15%                                             | 32,97%                   |
| Ön Doğrultma makara ayarı                         | 176                     | 176                       | 140                              | 140                 | 0                    | 25,71%                                             | 20,45%                   |
| Altıköşe makara değişimi                          | 273                     | 174                       | 143                              | 143                 | 0                    | 21,68%                                             | 47,62%                   |
| Kumlama kanalının malzeme çapına göre ayarlanması | 43                      | 0                         | 0                                | 0                   | 0                    | 0%                                                 | 100,00%                  |
| Malzeme itme çenesi değişimi                      | 210                     | 144                       | 139                              | 139                 | 0                    | 3,60%                                              | 33,81%                   |
| Soğuk çekme kalıbı (mühre) değişimi               | 208                     | 130                       | 106                              | 106                 | 0                    | 22,64%                                             | 49,04%                   |
| Kovan değişimi                                    | 157                     | 110                       | 98                               | 98                  | 0                    | 12,24%                                             | 37,58%                   |
| Çekme çenesi ve itme çenesi temizleme             | 259                     | 141                       | 132                              | 0                   | 132                  | 6,82%                                              | 49,03%                   |
| Çekme çenesi değişimi                             | 112                     | 80                        | 57                               | 57                  | 0                    | 40,35%                                             | 49,11%                   |
| Doğrultma ünitesi makara ayarı                    | 262                     | 105                       | 80                               | 80                  | 0                    | 31,25%                                             | 69,47%                   |
| Kesme öncesi aktarma borusu değişimi              | 72                      | 40                        | 32                               | 32                  | 0                    | 25,00%                                             | 55,56%                   |
| Kesme burcu değişimi                              | 138                     | 80                        | 65                               | 65                  | 0                    | 23,08%                                             | 52,90%                   |
| Kesme sonrası aktarma borusu değişimi             | 72                      | 40                        | 34                               | 34                  | 0                    | 17,65%                                             | 52,78%                   |
| Kesme ünitesi makara ayarı                        | 47                      | 35                        | 30                               | 30                  | 0                    | 16,67%                                             | 36,17%                   |
| Aktarma ünitesi öncesi aktarma borusu değişimi    | 76                      | 40                        | 33                               | 33                  | 0                    | 21,21%                                             | 56,58%                   |
| φ18 ve altı aktarma ünitesi ayarı                 | 612                     | 57                        | 41                               | 0                   | 41                   | 39,02%                                             | 93,30%                   |
| Aktarma ünitesi ayarı                             | 46                      | 46                        | 43                               | 43                  | 0                    | 6,98%                                              | 6,52%                    |
| Doğrultma ünitesi öncesi aktarma borusu değişimi  | 180                     | 120                       | 112                              | 112                 | 0                    | 7,14%                                              | 37,78%                   |
| Doğrultma ünitesi içi boru değişimi               | 108                     | 62                        | 56                               | 56                  | 0                    | 10,71%                                             | 48,15%                   |
| Doğrultma ünitesi kestamid ayarı                  | 196                     | 119                       | 111                              | 111                 | 0                    | 7,21%                                              | 43,37%                   |
| Doğrultma ünitesi panel ayarı                     | 104                     | 80                        | 70                               | 70                  | 0                    | 14,29%                                             | 32,69%                   |
| Doğrultma sonrası aktarma borusu değişimi         | 104                     | 63                        | 54                               | 54                  | 0                    | 16,67%                                             | 48,08%                   |
| Paketleme öncesi makara ayarları                  | 49                      | 35                        | 29                               | 29                  | 0                    | 20,69%                                             | 40,82%                   |
| Paketleme öncesi aktarma borusu değişimi          | 97                      | 52                        | 41                               | 41                  | 0                    | 26,83%                                             | 57,73%                   |
| Malzemenin üretim hattına alınması                | 114                     | 114                       | 101                              | 101                 | 0                    | 12,87%                                             | 11,40%                   |
| Mühre ayarı                                       | 173                     | 137                       | 112                              | 112                 | 0                    | 22,32%                                             | 35,26%                   |
| Doğrusallık ayarı                                 | 872                     | 207                       | 150                              | 150                 | 0                    | 38,00%                                             | 82,80%                   |
| toplam                                            | 4942                    | 2547                      | 2131                             | 1836                | 295                  | 19,52%                                             | 56,88%                   |

Tablo 4.24.'de özetlenen Taguchi deney sonucu verileri, ayar adımlarının sürelerinin minimizasyonu amacı söz konusu olduğu için “en küçük en iyi değer” yaklaşımı ile analiz edilerek elde edilmiştir. Her bir ayar adımıyla elde edilen iyileştirme miktarları ve oranlarında farklılık olduğu görülmektedir. Bu durum, iki sipariş arası hesaplanan ayar süresindeki iyileştirme miktarlarının da farklı olacağını göstermektedir.

Ayar adımlarının iyileştirilmesi çalışmasında SMED uygulamasına ilave olarak Taguchi yöntemi ile faktörlerin iyileştirilmesi çalışması ilave edilerek 416 saniyelik zaman kazancı (% 8,42 oranında artış) elde edilmiştir.

Elde edilen işlem adımlarına bağlı olarak bir sonraki kısımda, iş sıralama yaklaşımı ile toplam ayar süresinin minimizasyonu üzerine çalışma gerçekleştirilecektir.

#### **4.6.6. İki sipariş arası ayar sürelerinin belirlenmesi**

Üretim hattı veya makinalarının teknik özelliklerinden dolayı, iki farklı sipariş arası üretim geçişi esnasında gerçekleştirilen iki farklı ayar tipine ait işlem sürelerinin farklı olması durumu söz konusudur. Bu ve benzeri durumlar karşısında, geçiş kombinasyonları az olabildiği gibi çok sayıda da olabilmektedir.

Soğuk çekme-1 hattı üzerinde 16 ile 45 mm arasında bulunan her 1 mm aralıklarla bulunan çap değerinden bir diğerine geçiş kombinasyonu söz konusudur. Ayrıca, bu geçişler, yuvarlak hammadden yuvarlak ürüne, yuvarlak hammaddeden altıköşe malzemeye ve altıköşe malzemedan altıköşe malzemeye olmak üzere üç farklı alternatif oluşturmaktadır. Bu alternatifler değerlendirildiğinde, 2698 adet ayar geçişinin söz konusu olduğu belirlenmiştir. Bu ayar geçişlerinin elde edilen ayar işlemleri adımlarında ve toplam süreleri aynı olan alternatifler söz konusudur. Bu nedenle, belirlenen değer kadar farklı işlem türü ve süresinden ziyade hammadde ve mamul çapı alternatifini ifade etmektedir. Her bir alternatife ait işlem sürelerinin belirlenmesi özellikle bir sonraki kısımda visual basic üzerinden gerçekleştirilecek olan iş sıralama çalışmasına katkı sağlayacaktır.

Bu açıklamalara bağılı olarak, üretim hattında  $\phi 16$  mm ile  $\phi 30$  mm olan iki sipariş arasında gerçekleşen ayar adımları ve süreleri detaylı olarak Tablo 4.25.'de gösterilmiştir.

Tablo 4.25. İki sipariş arası örnek ayar adımları incelemesi ( $\phi 16$  ile  $\phi 30$  mm)

| Ayar işlemleri                                    | Mevcut ayar süresi (sn) | SMED sonrası iç ayar süresi (sn) | Taguchi sonrası iç ayar süresi (sn) |
|---------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| Bir sonraki siparişe ait hammaddenin hazırlanması | 186                     | 0                                | 0                                   |
| Ön doğrultma makara ayarı                         | 176                     | 176                              | 140                                 |
| Malzeme itme çenesi değişimi                      | 210                     | 144                              | 139                                 |
| Soğuk çekme kalıbı (mühre) değişimi               | 208                     | 130                              | 106                                 |
| Kovan değişimi                                    | 157                     | 110                              | 98                                  |
| Çekme çenesi değişimi                             | 112                     | 80                               | 57                                  |
| Doğrultma ünitesi makara ayarı                    | 262                     | 105                              | 80                                  |
| Kesme öncesi aktarma borusu değişimi              | 72                      | 40                               | 32                                  |
| Kesme burcu değişimi                              | 138                     | 80                               | 65                                  |
| Kesme sonrası aktarma borusu değişimi             | 72                      | 40                               | 34                                  |
| Kesme ünitesi makara ayarı                        | 47                      | 35                               | 30                                  |
| Aktarma ünitesi öncesi aktarma borusu değişimi    | 76                      | 40                               | 33                                  |
| Aktarma ünitesi ayarı                             | 46                      | 46                               | 43                                  |
| Doğrultma ünitesi öncesi aktarma borusu değişimi  | 180                     | 120                              | 112                                 |
| Doğrultma ünitesi içi boru değişimi               | 108                     | 62                               | 56                                  |
| Doğrultma ünitesi kestamid ayarı                  | 196                     | 119                              | 111                                 |
| Doğrultma ünitesi panel ayarı                     | 104                     | 80                               | 70                                  |
| Doğrultma sonrası aktarma borusu değişimi         | 104                     | 63                               | 54                                  |
| Paketleme öncesi makara ayarları                  | 49                      | 35                               | 29                                  |
| Paketleme öncesi aktarma borusu değişimi          | 97                      | 52                               | 41                                  |
| Malzemenin üretim hattına alınması                | 114                     | 114                              | 101                                 |
| Mühre ayarı                                       | 173                     | 137                              | 112                                 |
| Doğrusallık ayarı                                 | 872                     | 207                              | 150                                 |
| <b>Toplam (sn)</b>                                | <b>3759</b>             | <b>2015</b>                      | <b>1693</b>                         |
| <b>Toplam (dk)</b>                                | <b>63</b>               | <b>34</b>                        | <b>28</b>                           |

Tablo 4.25.'de gösterilen ayar analizi, her bir çap geçişi için tekrarlanmış ve elde edilen toplam işlem süreleri gösteren tablo oluşturularak EK-C'de özetlenmiştir.

#### 4.7. İş Sıralama Yaklaşımı ile Toplam Ayar Süresinin Minimizasyonu

Üretim planlama çalışmalarında iş sıralama çalışmaları, zamanında teslimat ve müşteri memnuniyetinin sağlanmasına katkı sağladığı gibi üretim süreçlerinin etkin kullanımı açısından da büyük öneme sahiptir. Bu nedenle, SMED çalışması esnasında odaklanılan soğuk çekme-1 hattının iş sıralama çalışması ele alınarak, üretim etkinliğinin artırılmasına yönelik iş sıralama modeli gerçekleştirilmiştir.

Başlangıç aşamasında, “ilk giren ilk işlem görür” prensibine dayalı olarak işlemri oluşturulan siparişler, işlemri sıra numarasına göre işlem görmektedir. Bu yaklaşım, özellikle iki sipariş arası işlem sürelerinin değişkenlik gösterdiği üretim hatlarında, üretim verimliliğin dikkate alınmamasına ve etkinlik kayıplarına neden olmaktadır. Bu olumsuz durumun ortadan kaldırılması için aşağıdaki önceliklendirme kuralları belirlenmiştir.

1. En kısa ayar süresi
2. Birim zamandaki en büyük üretim miktarı
3. En karlı sipariş
4. En fazla sipariş miktarı
5. En yakın termin tarihi
6. İlk girenin ilk işleme alınması

Belirlenen önceliklendirme kurallarının, kendi içerisinde en ideal sıralamasının elde edilmesi için tecrübeye dayalı olarak alternatif sıralamalar elde edilmiştir. Bu sıralamalara bağlı olarak SMED Taguchi uygulaması sonrası ayar süreleri dikkate alınarak, mevcut bir aylık siparişler sıralanarak kıyaslanmıştır. Alternat bağlı olarak elde edilen iş sıralamaları sonrasında elde edilen ayar süreleri Tablo 4.26.'da gösterilmiştir.

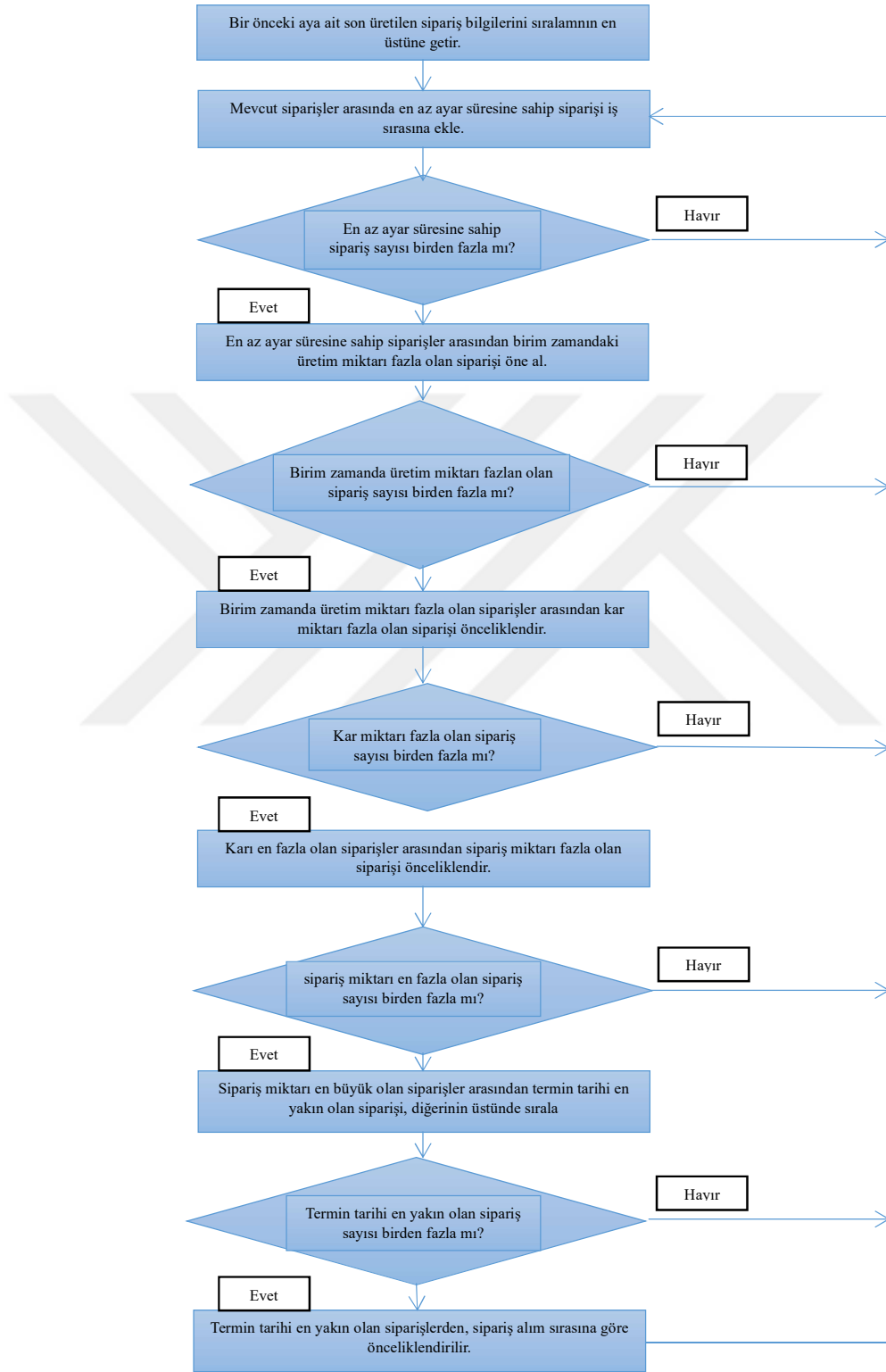
Tablo 3.26.'ya göre, ayar sürelerinin optimum düzeyde gerçekleşmesine olanak tanıyan önceliklendirme sıralaması 4. Alternatif elde edilmiştir. Bu sonuca bağlı

olarak, SMED Taguchi uygulaması sonrası soğuk çekme-1 hattında oluşturulacak iş sıralamaları 4. Alternatife göre gerçekleştirilecektir.

Tablo 4.26. Alternatif önceliklendirme sıralamaları

| Öncelik                 | 1. Alternatif                           | 2. Alternatif                           | 3. Alternatif                           | 4. Alternatif                           | 5. Alternatif                           |
|-------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1.                      | En yakın termin tarihi                  | En karlı sipariş                        | En fazla sipariş miktarı                | En kısa ayar süresi                     | En karlı sipariş                        |
| 2.                      | Birim zamandaki en büyük üretim miktarı | Birim zamandaki en büyük üretim miktarı | En kısa ayar süresi                     | Birim zamandaki en büyük üretim miktarı | En kısa ayar süresi                     |
| 3.                      | En karlı sipariş                        | En yakın termin tarihi                  | En karlı sipariş                        | En karlı sipariş                        | En fazla sipariş miktarı                |
| 4.                      | En kısa ayar süresi                     | En kısa ayar süresi                     | En yakın termin tarihi                  | En fazla sipariş miktarı                | Birim zamandaki en büyük üretim miktarı |
| 5.                      | En fazla sipariş miktarı                | En fazla sipariş miktarı                | Birim zamandaki en büyük üretim miktarı | En yakın termin tarihi                  | En yakın termin tarihi                  |
| 6.                      | İlk girenin ilk işleme alınması         | İlk girenin ilk işleme alınması         | İlk girenin ilk işleme alınması         | İlk girenin ilk işleme alınması         | İlk girenin ilk işleme alınması         |
| Toplam ayar süresi (dk) | 1078                                    | 1136                                    | 1096                                    | 826                                     | 1093                                    |

4. alternatifte bağlı olarak, sipariş sıralamasında ilk olarak bir önceki ayın sonunda üretilen son üretim dikkate alınmaktadır. Son üretime verilerine göre, mevcut siparişler arasından en az ayar süresine sahip olan siparişler, sıralamanın başına kaydedilir. Eğer sıralamada en düşük ayar süresine sahip olan siparişlerin sayısı birden fazla ise, sırasıyla birim zamandaki üretim miktarı, karlılık düzeyi, sipariş miktarı, termin tarihi ve ilk giren ilk işleme alınması kurallarına göre önceliklendirilerek sıralamada üretim kuyruğuna dahil edilmektedir. Bu ifadelerin, basitleştirilerek gösterilmiş akış diyagramı Şekil 4.3.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.3. İş Sıralama Akış Diyagramı

İş sıralamasında için belirlenen 4. Alternatif sıralamasına bağı olarak, bir aylık üretim planında yer alan siparişler üzerinden değerlendirme yapılacaktır. Önceliklendirme kurallarından birisi olan toplam kar miktarı, hesaplama katılmasına rağmen işletmenin bu bilginin paylaşılmasını istemediğinden dolayı çalışma içerisinde yer verilmemiştir.

Elde edilen sonuçlar ve iş sıralamasının etkileri bu kısımda incelenmemiştir. 4.8. Çalışmanın Etkinliğinin Ölçülmesi kısmında, çalışma yöntemlerinin tamamı bir aylık programı ile değerlendirilecektir.

#### **4.8. Çalışma Etkinliğinin Ölçülmesi**

Süreç iyileştirme çalışmalarında, planlanan veya hedeflenen üretim etkinliğine ya da problem çözümüne yönelik gerçekleştirilen çalışmaların ölçülmesi ve değerlendirilmesi, gerek eksikliklerin giderilmesi için odaklanılması gereken noktaların belirlenmesi, gerek çalışma çıktılarının yansımalarının hesaplanması gerekse de çalışma esnasında öğrenilmiş derslerin yaygınlaştırılması açısından önemlidir.

Soğuk çekme hattı-1 için gerçekleştirilen toplam ayar sürelerinin iyileştirilmesine yönelik çalışmada, mevcut durumun belirlenmesinin ardından ayar adımlarının iyileştirilmesinde SMED metodolojisi ve ardından Taguchi Deney Tasarımı metodundan faydalanılmıştır. SMED ve Taguchi metodunun, birim işlem sürelerinin azaltılmasına olan katkısına ilave olarak toplam işlem süresinin daha indirgenebilmesi için ayar sürelerini minimize edecek bir amaç fonksiyonu iş iş çizelgeleme gerçekleştirilmiştir.

Ele alınan ve uygulanan bu yöntem ve metodların etkinliğinin ölçülebilmesi ve değerlendirilebilmesi amacı ile bir aylık üretim programı ele alınmıştır. Bu üretim programının, iş sıralamasının mevcut ve şimdiki durumu kıyaslandığı gibi, SMED ve Taguchi yöntemlerinin uygulaması sonrası iş sıralamasının toplam iyileştirmeye olan etkisi birim zaman kazancı ve OEE ile değerlendirilmiştir.

#### 4.8.1. Mevcut plana göre çalışma etkinliğinin ölçülmesi

Geleneksel süreç iyileştirme yaklaşımında, kullanılan iyileştirme aracının (SMED, TPM, vb.) kullanımı sonrası ulaşılan durumda yöntemin etkinliği, birim ayar süresindeki azalma miktarı, ekipman etkinliğindeki artış miktarı gibi göstergeler yardımı ile değerlendirilmektedir.

Bu kısımda, mevcut iş sıralamasına göre çalışma öncesi tespit edilen ortalama ayar süreleri üzerinden SMED ve Taguchi yöntemlerinin etkinlikleri değerlendirilmiştir. EK-B’de verilen mevcut sipariş üzerinden değerlendirme verilerine bağlı olarak çıkartılan sonuçlar Tablo 4.27.’de gösterilmiştir.

Tablo 4.27. Mevcut plana göre toplam ayar süresinin değerlendirilmesi

| Planlanan üretim süresi (dk)        | İyileştirme öncesi ayar süresi (dk) | SMED sonrası toplam ayar süresi (dk) | Taguchi uygulaması sonrası toplam ayar süresi (dk) |
|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 13792                               | 2724                                | 1296                                 | 1080                                               |
| Toplam iyileştirme miktarı          | -                                   | 1428                                 | 1644                                               |
| Toplam iyileştirme oranı            |                                     | %52,42                               | %60,35                                             |
| Planlı üretim süresi payı           | %19,75                              | %9,39                                | %7,83                                              |
| Planlı üretim süresi iyileşme oranı | -                                   | %10,35                               | %11,92                                             |
| OEE etkisi                          |                                     | + %7,218                             | + %8,313                                           |

Tablo 4.27.’e göre; iş sıralamasında herhangi bir düzenleme ve verimliliği artırıcı değişiklik yapılmadan SMED ve Taguchi yöntemlerinin, çalışmalara olan etkinliği değerlendirildiğinde, planlanan bir aylık üretim dönem (13792 dk) içerisindeki ayar kayıpları SMED uygulanması ile %52,42 oranında azalmıştır. SMED uygulaması sonrası, faktör etkilerinin azaltılarak üretim etkinliğini artırmak üzere yapılan çalışmalar toplam ayar süresini ilave olarak %7,93 oranında daha azaltarak, toplamda %60,35 oranında ayar sürelerinin azaltmasına katkı sağlamıştır.

OEE katsayısı içerisinde yer alan ortalama performans\*kalite oranı %69,74 olarak alındığında, SMED uygulaması OEE değerini % 7,218 oranında artırırken, SMED uygulaması sonrası uygulanan Taguchi yöntemi ile bu oran % 8,313 değerine yükselmiştir.

#### 4.8.2. İş sıralamasına göre çalışma etkinliğinin ölçülmesi

Üretim planınında, makine ve ekipmanların kullanılabilirliği artıracak şekilde iş sıralaması elde edilmesi, prosesin dengelenmesi açısından önemlidir. Özellikle, tek ve ya benzer tip ayar prosesine sahip olmayan ve yapılacak ayar süresinde farklılıkların söz konusu olduğu üretim hattında, toplam kaybı en küçükleyecek iş sıralamasının elde edilmesi gereklidir.

Çalışmada, değerlendirmeye alınan bir aylık üretim planının mevcut duruma göre sıralaması ve iyileştirme araçlarının etkinliği bir önceki kısımda ele alınmıştı. Bu kısımda, 4.7. kısımda açıklanan önceliklendirme kısıtlarına bağlı olarak iş sıralaması üzerinden mevcut durum, SMED ve Taguchi yaklaşımına göre ayar süreleri değerlendirilecektir.

İş sıralaması önceliklendirme kuralına göre, siparişlerin sıralaması elde edileceği için, gerek mevcut ortalama ayar süreleri, gerek SMED sonrası gerekse de Taguchi sonrası elde edilen ayar sürelerine göre yapılan değerlendirmede farklı sıralamalar elde edilecektir. Bu nedenle, bu kısımda üç iş sıralaması oluşturulmuş ve EK-C’de gösterilmiştir. Bu verilere dayalı olarak, aşağıdaki Tablo 4.28. özet tablosu oluşturulmuştur.

Tablo 4.28. İş sıralamaya göre toplam ayar süresinin değerlendirilmesi

| Planlanan üretim süresi (dk)        | İyileştirme öncesi ayar süresi (dk) | SMED sonrası toplam ayar süresi (dk) | Taguchi uygulaması sonrası toplam ayar süresi (dk) |
|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 13792                               | 2234                                | 1004                                 | 826                                                |
| Toplam iyileştirme miktarı          | -                                   | 1230                                 | 1408                                               |
| Toplam iyileştirme oranı            |                                     | %55,05                               | %63,02                                             |
| Planlı üretim süresi payı           | %16,197                             | %7,2795                              | %5,9889                                            |
| Planlı üretim süresi iyileşme oranı | -                                   | % 8,918                              | % 10,208                                           |
| OEE etkisi                          |                                     | + %5,033                             | + %7,119                                           |

Tablo 4.28.’e göre, ayar sürelerini en küçükleme üzere yapılan sıralama kuralına göre hazırlanan bir aylık üretim planında SMED uygulaması ile toplam ayar süresi 1004 dakikaya kadar indirilerek % 55,05 oranında iyileştirme elde edilmiştir. Faktör

analizi ve iyileştirmesi sonucu, elde edilen bu oran %63,02'e ulaşmıştır. Çalışmanın sonucunda, performans ve kalite oranlarının değişmediği kabule göre, ortalama performans\*kalite oranı %69,74 olarak kabul edildiğinde toplamda OEE oranı % 7,119 birimlik artışa katkı sağlamıştır.

#### 4.8.3. Mevcut ve oluşturulan planın değerlendirilmesi

Ayar sürelerinin azaltılmasına geleneksel SMED yaklaşımı ile yapılan iyileştirmelerin, toplam ayar süresini azaltıcı etkisinin artırılması için üretim planında iş sıralamanın da etkin olarak kullanılması gerekliliği bu çalışmanın odak noktalarında birisidir. Bu ifadeye yönelik, gerçekleştirilen saha çalışmasında elde edilen verilere dayalı olarak oluşturulan karşılaştırma tablosu aşağıda Tablo 4.29.'da özetlemiştir.

Tablo 4.29. SMED Taguchi esaslı iş sıralama yaklaşımının değerlendirilmesi

| Planlanan üretim süresi (dk)        | İyileştirme öncesi ayar süresi (dk) | SMED sonrası toplam ayar süresi (dk) | Taguchi uygulaması sonrası toplam ayar süresi (dk) |
|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 13792                               | -                                   | -                                    | -                                                  |
| Mevcut plana göre                   | 2724                                | 1296                                 | 1080                                               |
| İş sıralamaya göre                  | 2234                                | 1004                                 | 826                                                |
| Planlama etkisi (dk)                | 490                                 | 292                                  | 254                                                |
| Planlama etkisi (%)                 | % 17,988                            | %22,53                               | %23,51                                             |
| Planlı üretim süresi artış payı (%) | %3,552                              | %2,11716                             | %1,8416                                            |
| OEE etkisi (ilave katkı)            |                                     | + %1,4765                            | + %1,284                                           |

Çalışma sonucunda elde edilen ve Tablo 4.29.'da özetlenen verilere göre, üretim planında ayar sürelerinin önceliklendirme kısıtı olarak kullanıldığı bir yaklaşımda, toplam ayar süresinde sağlanan iyileştirme miktarında artış sağlanmaktadır. Tablo 4.29.'a göre değerlendirildiğinde, SMED ve Taguchi uygulamalarında elde edilen sonuçlarının planlama faaliyetlerinde kullanılarak oluşturulan bir iş planı veya çizelgesi, “ilk giren ilk işlem görür” veya benzer yaklaşımlarla hazırlanan iş planlarına oranla daha etkin üretim prosesinin elde edilmesine ve toplam ayar süresinin kısalmasına katkı sağlamaktadır.

## BÖLÜM 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Maliyet kalemlerinde meydana gelen artış, değişen müşteri beklentileri ve sektörel rekabetin daha da kızışması, işletmelerin kendilerini dinamik koşullara uyarlaması ve düzenlemesi gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Bu gerekliliği sağlamak için, değişen müşteri taleplerini kısa süre içerisinde karşılamalı ve işletme kaynaklarını israf etmeden kullanmalıdır.

Daralan ve artan rekabetin var olduğu sektörlerde faaliyet gösteren işletmeler için, işletme kaynaklarının etkin kullanımı direkt olarak karlılık ve rekabet avantajının elde edilmesi anlamını taşımaktadır. Aksi takdirde düşük kar oranları ve yüksek işletme maliyetleri karşısında hedeflere ulaşamama ve faaliyetlerin devam ettirememesi problemi ortaya çıkacaktır. Bu sonucun ortaya çıkmaması için işletmeler, faaliyetleri içerisindeki tüm kayıp türlerini ortadan kaldırılması veya etkisinin azaltılması hedef haline getirmiştir.

İsrafların belirlenmesi, iyileştirilmesi ve yönetilmesi için sıklıkla kullanılan üretim yönetimi prensiplerinden birisi yalın üretim prensibidir. Yalın üretim, işletmelerin girdileri ile çıktıları arasında optimum düzeyde kaynak kullanımını sağlayan bir yönetim aracıdır. Bunu gerçekleştirirken, adına yalın üretim teknikleri (SMED, TPM, Kanban vs.) adı verilen yöntemlerden yararlanmaktadır.

Bir üretim veya montaj hattı ele alınarak israf türleri ve etkileri analiz edildiğinden, sıklıkla karşılaşılan israf kaynağı ayar süreleridir. Ayar süreleri, bir dönüşüm faaliyetinin tamamlanıp, sıradaki dönüşüm faaliyetinin başladığı ana kadar geçen zaman dilimi olarak tanımlanır. Bu sürelerin azaltılması için, yalın üretim tekniklerinden SMED metodolojisinden faydalanılmaktadır. SMED metodolojisi, birim ayar faaliyetlerinin ideal işlem süreleri ile olabildiğince dış ayar sürecinde gerçekleşmesini sağlayacak çalışmalar bütünüdür.

Üretim veya montaj hatlarında ayar sürelerinin azaltılması çalışmalarında SMED metodolojisi uygulanırken göz ardı edilen iki durum söz konusudur. Birinci durum, yöntem uygulayıcıları SMED metodolojisini ile çalışırken, üretim hattı veya makinanın ayar süresine etki eden parametreleri dikkate almamasıdır. Bunun sonucunda, iyileştirmeler elde edildiği durumda bile faktör etkilerine bağlı olarak ayar sürelerinde dalgalanmalar devam etmektedir. İkinci durumda ise, SMED ile birim ayar sürelerinin iyileştirmesine odaklanılırken toplam ayar süresinin azaltıcı diğer önlemler göz ardı edilmektedir. Toplam ayar süresine odaklanılmaması, iyileştirme sonuçlarının etkilerini kısıtlamaktadır.

Bu çalışmada, birim ayar sürelerinden daha ziyade toplam ayar süresinin azaltılmasına odaklanılmıştır. Toplam ayar süresinin azaltılmasına yönelik SMED, Taguchi ve iş sıralaması yöntemleri birlikte uygulanmıştır. Taguchi deney tasarımı ile faktör etkilerinin azaltılması ve iş sıralamasıyla ise, toplam ayar süresini en küçükleyecek iş geçişlerinin elde edilmesine odaklanılmıştır.

Çalışmanın uygulandığı üretim hattı, işletmede bulunan dört üretim hattında birisidir. On iki aylık OEE verilerine dayalı olarak, Pareto analizinden faydalanılarak ekipman etkinliği en düşük olan soğuk çekme hattı-1 seçilmiştir. Devamında soğuk çekme hattı-1 kayıp türleri ve miktarı belirlenmiş ve en fazla duruşun ayar sürelerinden kaynaklı olduğu tespit edilmiştir.

Üretim hattının ayar sürecinin mevcut durumu belirlendikten sonra, ilk olarak SMED metodolojisi uygulanarak birim ayar sürelerinde iyileşme sağlanması hedeflenmiştir. SMED uygulamasında, genel ayar organizasyonun yanı sıra 14 adet iyileştirme çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalara bağlı olarak, her bir ayar adımında farklı iyileştirme oranları elde edilmesine rağmen (bakınız Tablo 3.12.), ayar süresi toplamda 4942 saniyeden 2547 saniyeye indirgenerek % 48,46 oranında iyileşme elde edilmiştir. 2547 saniyelik toplam ayar süresinin 358 saniyesi dış ayar faaliyetinde gerçekleştiği için, hattın durmasına neden olan süre değerlendirildiğinde iyileşme oranı %55,70 olarak hesaplanmıştır.

SMED uygulamasının ardından, ayar süresinde meydana gelecek dalgalanmanın ve süre sapmalarının azaltılabilmesi amacı ile Taguchi deney tasarımı uygulanmıştır. Ayar adımlarının her birine etki eden faktörler ve faktör düzeyleri belirlenerek, 26 adet Taguchi deneyi gerçekleştirilmiştir. Taguchi deneylerinin üç tanesi L27 ve geri kalan kısmı ise L9 ortogonal dizisine göre dizayn edilmiştir. Deney sonuçlarına göre, faktörlerin önem düzeyleri, seviyeleri ve etkileşimleri değerlendirilerek ideal faktör düzeylerinde çalışmaların elde edilmesi için aksiyonlar belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, SMED çalışmaları sonucunda elde edilen iyileşme miktarına ilave olarak ayar süresinde 416 saniyelik azalma sağlanmıştır.

SMED ve Taguchi yöntemlerinin birlikte uygulanması ile birim ayar süresinde, mevcut duruma göre 2811 saniye azalarak %56,88 oranında iyileşme olduğu hesaplanmıştır. Bu sürenin 295 saniyesi dış ayar olarak gerçekleştiği göz önüne alındığında, birim düzeyde iyileşme miktarı % 62,84 olarak belirlenmiştir. SMED ve Taguchi yöntemleri ile birim ayar adımlarının ve sürelerinde gerçekleştirilmesinden sonra, toplam ayar süresinin en küçüklenmesi için ideal sipariş sıralaması elde edilmesi üzerine çalışma devam edilmiştir.

Soğuk çekme hattı-1 üzerinde işlem görecektir siparişlerin, toplam ayar süresini en küçüklemesi amacı ile 6 adet önceliklendirme kuralı belirlenmiştir. Belirlenen bu kuralların sıralaması ise, ideal süreyi verecek şekilde tecrübeye dayalı olarak oluşturulan beş alternatif sıralamasının bir aylık üretim planının değerlendirilmesine bağlı olarak belirlenmiştir. Alternatif değerlendirmesine bağlı olarak ideal önceliklendirme sıralaması “ en kısa ayar süresi – birim zamandaki en büyük üretim miktarı- en karlı sipariş- en fazla üretim miktarı- en yakın termin tarihi- ilk girenin ilk işleme alınması” olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Belirlenen sıralama kuralına göre, mevcut durum ile kıyaslama yapılarak, Tablo 5.1. oluşturulmuştur.

Tablo 5.1.’e göre, iş sıralamasının toplam ayar süresinin indirgenmesinde önemi fazladır. Tabloda elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde; hiçbir iyileştirme yöntemi kullanılmadığı, SMED ve SMED Taguchi yaklaşımının kullanıldığı üç durumda da iş

sıralamasının toplam ayar süresinin azaltılmasına katkı sağladığı sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 5.1. Çalışma değerlendirme tablosu

| Planlanan üretim süresi (dk) | İyileştirme öncesi ayar süresi (dk) | SMED sonrası toplam ayar süresi (dk) | Taguchi uygulaması sonrası toplam ayar süresi (dk) |
|------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 13792                        | -                                   | -                                    | -                                                  |
| Mevcut plana göre            | 2724                                | 1296                                 | 1080                                               |
| İş sıralamaya göre           | 2234                                | 1004                                 | 826                                                |

SMED Taguchi esaslı iş sıralaması kullanılarak gerçekleştirilen çalışmanın üretim hattının etkinliğini artırmaya olan katkısı, Tablo 5.2.'e göre değerlendirilmiştir.

Tablo 5.2. SMED Taguchi esaslı iş sıralaması değerlendirme sonuçları

| Planlanan üretim süresi (dk)            | İyileştirme öncesi ayar süresi (dk) | SMED Sonrası toplam ayar süresi (dk) | Taguchi uygulaması sonrası toplam ayar süresi (dk) | SMED Taguchi esaslı iş sıralamasına göre toplam ayar süresi (dk) |
|-----------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| 13792                                   | 2724                                | 1296                                 | 1080                                               | 826                                                              |
| İyileştirme miktarı                     | -                                   | 1428                                 | 1644                                               | 1898                                                             |
| Mevcut duruma göre iyileştirme oranları | -                                   | %52,42                               | %60,35                                             | %69,67                                                           |
| Kullanılabilirlik etkisi (%)            | -                                   | %10,35                               | %11,92                                             | %13,76                                                           |
| OEE etkisi (ilave katkı)                |                                     | + %7,218                             | + %8,313                                           | + %9,596                                                         |

Tablo 5.2.'e göre, ayar sürelerinin iyileştirilmesine yönelik çalışmalar SMED uygulaması ile sınırlı kaldığında, kullanılabilir üretim süresinde %10,35 oranında artış elde edilirken, SMED çalışmasına Taguchi yöntemi ilave edildiğinde bu oran %11,92'e yükselmektedir. Bu çalışmanın odak noktası olan, toplam ayar süresinin azaltılması için ön görülen SMED Taguchi esaslı iş sıralaması yaklaşımı ile kullanılabilir süre, planlanan üretim süresi içerisinde %13,76 artış göstermiştir. Diğer taraftan %69,74 kalite\*performans oranı dikkate alındığında, OEE değeri %9,596 artarak ekipman etkinliğine katkı sağlamıştır.

Elde edilen sonuçlara bağlı olarak, toplam ayar süresinin azaltılmasına yönelik yapılan çalışmalarda, toplam ayar süresinin azaltılmasına odaklanılmasının

gerekliliği ortaya çıkmıştır. Çalışma sonuçları, araştırmacıları ve uygulayıcıların, birim ayar süresinin azaltılmasına odaklanılmasının ve çalışmaların SMED ile kısıtlı kalmasının toplam ayar süresinin azaltılmasında kısıtlı etki oluşturacağını göstermiştir. Ayrıca, iş sıralaması çalışmalarında önceliklendirme kuralları içerisine SMED Taguchi esaslı ayar süreleri dâhil edilmiştir.

Çalışmada ele alınan yaklaşımın sonuçlarına bağlı olarak, öne sürülen önceliklendirme kuralları ve yeni hibrit SMED Taguchi esaslı iş sıralaması yaklaşımı ile literatüre katkı sağlamıştır. Ayrıca, gelecek dönemde yapılacak olan çalışmalarda, yalın üretim tekniklerini kullanacak olan araştırmacı ve uygulayıcılara, hedeflerini bütünüleşik yaklaşımlar ile gerçekleştirmelerinin daha fazla katkı sağlayacağını ispatlamıştır. Tüm bunlara ilave olarak, çalışma süresi kısıtından dolayı çalışmada yer verilmeyen çalışma etkinliğinin aylara bağlı değişiminin belirlenmesi çalışması, ilerleyen dönemlerde yapılacak benzer veya farklı hedefler doğrultusunda gerçekleştirecek olan çalışmalarda dikkate alınarak uygulanması tavsiye edilmektedir.

## KAYNAKLAR

- Adalı, M. R., Kiraz, A., Akyüz, U., Halk, B. 2017. Yalın üretime geçiş sürecinde değer akışı haritalama tekniğinin kullanılması: Büyük ölçekli bir traktör işletmesinde uygulama. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 21(2): 242-251.
- Akgün, S. 2015. Sağlık hizmetlerinde yalın yönetim “5S” yaklaşımının uygulanması. Sağlık Akademisyenleri Dergisi, 2(1): 1-7.
- Albayrak, H. M. 2018. Toplam Kalite Yönetimi Tekniklerinden Kaizen Ve Altı Sigma Uygulamalarının Kıyaslanması Üzerine Örnek Bir Uygulama. International Anatolia Academic Online Journal, 4(1): 24-57.
- Amrina, U., Junaedi, D., Prasetyo, E. 2018. Setup Reduction in Injection Moulding Machine Type JT220RAD By Applying Single Minutes Exchange of Die (SMED). International Conference on Design, Engineering and Computer Sciences, 1-9.
- Azizi, A., Manoharan, T. 2015. Designing a Future Value Stream Mapping to Reduce Lead Time using SMED-A Case Study. 2nd International Materials, Industrial, and Manufacturing Engineering Conference, Indonesia, 153-158.
- Baskak, M., Tanyaş, M. 2013. Üretim Planlama ve Kontrol, Genişletilmiş 3. Yayın, İrfan Yayınevi, 1-432.
- Bay, M., Çiçek, E. 2007. Tam Zamanında Üretim Sistemlerinde Hata Önleyiciler: Poka-Yokeler. Selçuk Üniversitesi Karaman İ.İ.B.F Dergisi, Yerel Ekonomiler Özel Sayısı: 53-62.
- Brito, M., Ramos, A. L., Carneiro, P., Gonçalves, M. A. 2017. Combining SMED methodology and ergonomics for reduction of setup in a turning production area. Manufacturing Engineering Society International Conference, Spain, 1112-1119.
- Bulut, K., Altunay, H. 2016. Değer Akışı Haritalama Yöntemi: Mobilya Sektöründe Bir Uygulama. Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi, 8(1): 48-55.
- Chen, L., Meng, B. 2010. The Application of Setup Reduction in Lean Production. Asian Social Science, 6(7): 108-113.
- Chowdhury, S., Haque, K. A., Sumon, M. 2015. Implementation of Lean Strategies in a Furniture Manufacturing Factory. IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering, 12(1): 45-50.

- Çelik, H. 2018. SMED Uygulamalarının İmalat Sürelerine ve Birim Maliyete Olan Etkisi ve Toplam Ekipman Etkinliği İle Değerlendirilmesi, Sakarya Üniversitesi, İşletme Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Darade, M., Khare, P., Desai, P. 2017. Overall Equipment Effectiveness in Construction Equipment's (Implementation of OEE for Improving Performance and Quality Output of the Equipment). *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology* , 5(7): 1808-1811.
- Deshmukh, S., Shete, M. 2018. A Literature Review on Single Minute Exchange of Dies. *International Journal for Scientific Research & Development*, 5(12): 202-206.
- Dhake, R. J., Narkhede, B. E., Rajhans, N. R. 2014. Setup Time Reduction on Press Using SMED & Quick Changeover Philosophy: A Case Study. *ResearchGate*. VII(10): 5-13.
- Dökme, F., Taner, E. 2013. Toplam Verimli Bakım Stratejisi ve Endüstriyel Tesislerde Uygulanmasının Önemi. *Teknik Bülten* , 42(4): 21-31.
- Ertek, H. 2018. Toplam Verimli Yönetim (TPM) Uygulamasının İşletme Verimliliğine Etkileri ve Örnek Bir İşletmede TPM Uygulamasının İncelenmesi. İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Yönetimi ve Organizasyon Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Esa, M. M., Rahman, N. A. A., Jamaludin, M. 2015. Reducing High Setup Time in Assembly Line: A Case Study of Automotive Manufacturing Company in Malaysia, 2nd Global Conference on Social Science, Indonesia, 215-220.
- Ekincioglu, C. 2016. Ergonomik Risk Değerlendirme Ve Gri Esaslı Taguchi Yöntemleri İle Bir Smed Yaklaşımı Önerisi Ve Uygulaması. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Godina, R., Pimentel, C., Silva, F. J. G., Matias, J. C. O. 2018. A Structural Literature Review of the Single Minute Exchange of Die: The Latest Trends. 28th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing (FAIM2018), USA, 783-790.
- Görener, A. 2012. Toplam Verimli Bakım ve Ekipman Etkinliği: Bir İmalat İşletmesinde Uygulama. *Electronic Journal of Vocational Colleges* , 2(1): 15-20.
- Gupta, A. K., Garg, R. K. 2012. OEE Improvement by TPM Implementation: A Case Study. *International Journal of IT, Engineering and Applied Sciences Research (IJIEASR)*, 1(1): 115-124.
- Güner, M., İşler, M. 2013. The Effect of Model Change Processes on the Overall Equipment Effectiveness in Clothing Production. *Tekstil ve Konfeksiyon* , 23(3): 297-302.
- Güneş, S. 2015. Honlama Prosesinde Yüzey Kalitesini Etkileyen Parametrelerin Taguchi Metodu İle Optimizasyonu. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.

- Güvercin, S. 2018. Optimum Yüzey İşleme Parametrelerinin ANP Ve Taguchi Yöntemleri İle Belirlenmesi. Amasya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Hülagü, K. T. 2011. Çelik Boru İmalatında Yalın Üretim Ve SMED Uygulaması. Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Joshi, R. R., Naik, G. R. 2012. Application of SMED Methodology- A Case Study in Small Scale Industry. International Journal of Scientific and Research Publications , 2(8):1-4.
- Kalpande, S. D. 2014. OEE an Effective Tool for TPM Implementation- A Case Study, 8th International Quality Conference, Serbia, 521-526.
- Karagöz, N. 2014. Taguchi Metodunun Hava Aracı Kanat Tasarımı Sürecine Uygulanması. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Karam, A. A., Livin, M., Cristina, V., Radu, H. 2017. The contribution of lean manufacturing tools to changeover time decrease in the pharmaceutical industry. A SMED project. 11th International Conference Interdisciplinarity in Engineering, Romania, 886-892.
- Karasu, M. K., Cakmakci, M., Cakiroglu, M. B., Ayva, E., Ortabas, N. D. 2014. Improvement of changeover times via Taguchi empowered SMED/case study on injection molding production. Measurement, 47: 741-748.
- Keleş, A. E., Gürsoy, G., Çelik, G. T. 2013. 5S Sistematiği Aşamaları ve Örnek Bir Uygulama. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 28(2): 51-60.
- Kholil, M., Alfa, B. N., Supriyanto 2018. Optimization of Production Process Time with Network/PERT Analysis Technique and SMED Method. International Conference on Design, Engineering and Computer Sciences, 1-11.
- Kılınç, K. 2018. Yüksek Üretim Esnekliği Olan Bir Fabrikada Atölye Tipi Üretimden Hücresel Üretime Geçiş: Bir Simülasyon Modeli. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Koçak, A. 2015. İmalat Süreçlerinde Kullanılan Performans Ölçütleri Üzerine Bir Literatür Araştırması. Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi , 17(3): 160-184.
- Kurhade, A. J. 2015. Review on “Poka-Yoke: Technique To Prevent Defects”. International Journal Of Engineering Sciences & Research Technology, 4(11): 652- 659.
- Küçük, Z. 2017. Taguchi Deney Tasarım Yöntemi Kullanılarak Teğetsel ve Ortogonal Tornalama- Frezeleme Yöntemlerinin Karşılaştırılması. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Marshettiwar, M., Sangode, P. B. 2018. Implementation of 5S Methodology in the Banking Sector, International Journal of Research in Humanities, Arts and Literature, 6(8): 627-636.

- Martins, M., Godina, R., Pimentel, C., Silva, F. J. G., Matias, J. C. O. 2018. A Practical Study of the Application of SMED to Electron-beam Machining in Automotive Industry. 28th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing, USA, 647-654.
- McIntosh, R. I., Culley, S. J., Mileham, A. R., Owen, G. W. 2000. A critical evaluation of Shingo's SMED (Single Minute Exchange of Die) methodology. *International Journal of Production Research*, 38(11): 2377-2395.
- Mukhopadhyay, S. K., Shanker, S. 2005. Kanban implementation at a tyre manufacturing plant: a case study. *Production Planning & Control*, 16(5): 488-499.
- Nayak, D. M., Kumar, V. M. N., Naidu, G. S., Sharkar, V. 2013. Evaluation of OEE in A Continuous Process Industry on An Insulation Line in A Cable Manufacturing Unit. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 2(5): 1629-1634.
- Otur, B., Yıldırım, I. S., Ayhan, M. B. 2018. Single Minutes Exchange Of Die (SMED) Applications At The Color Changeover Process Of Plastic Bottles. 4th Global Business Research Congress, Istanbul, 233-236.
- Öz, O. 2018. Doğal Taşların Cnc Makinesi İle İşlenmesinde Taguchi Deney Tasarımı Yöntemi Uygulanarak Yüzey Kalitesinin Araştırılması. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Öztürk, Ö. 2013. Bir Otomobil Fabrikasının Şanzuman Üretim Bölümü İçin Hücresel Üretim Sistemi Önerisi. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 13(4) : 78-99.
- Pekin, E., Çil, İ. 2015. Kauçuk Sektörü Poka-Yoke Uygulaması. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 19:2: 163-170.
- Polat, İ. 2014. İşletmelerde Toplam Ekipman Etkinliği (OEE) Kullanımı ile Elektrik Enerjisi Tasarrufu. *Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*.
- Ramachandra, C. G., Prashanth P. M., Srinivas, T. R., Raghavendra, M. J. 2016. OEE - A Tool to Measure the Effectiveness of TPM Implementation in Industries - A Review. *GRD Journals- Global Research and Development Journal for Engineering*, 1(12): 92-96.
- Rıdvanoğulları, A. 2018. Tren Tekerleğinin İşlenebilirlik Parametrelerinin Taguchi Yöntemiyle Araştırılması. *Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*.
- Rimawan, E., Irawan, A. P. B. 2017. Analysis of Calculation Overall Equipment Effectiveness (OEE) in the Implementation of Total Productive Maintenance (TPM) PC 200-8 Excavator Grab and Magnet Type Case Study in Cakratunggal Steel Mills Company. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 8(1): 1363-1398.
- Sağlam, M. 2016. Taguchi Deney Tasarım Yöntemi Kullanılarak Sementasyon Çeliğinin Teğetsel Silindirik Taşlama Yöntemi İle İşlenmesinde Kesme

Parametrelerinin Araştırılması. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

- Sahah, M. K., Deshpande, V. A., Patil, R. M. 2015. A Review on Tools & Techniques: Continuous Improvement in Industry. *International Journal of Advance Industrial Engineering*, 3(4): 200-207.
- Samtaş, G., Korucu, S. 2019. Temperlenmiş Alüminyum 5754 Alaşımının Frezelenmesinde Kesme Parametrelerinin Taguchi Metodu Kullanılarak Optimizasyonu. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7: 45-60.
- Sarı, E. B. 2017. Modern Üretim Sistemlerinde Smed İle Hazırlık Sürelerinin İyileştirilmesine Yönelik Sanayi Uygulaması. *International Journal of Academic Value Studies*, 3(9): 433-441.
- Sarı, E. B. 2018. Yalın Üretim Uygulamaları ve Kazanımları. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 17. ÜİK Özel Sayısı: 585-600.
- Singh, A., Ahuja, I. S. 2015. Review of 5S methodology and its contributions towards manufacturing performance, *International Journal of Process Management and Benchmarking*, 5(4): 408- 424.
- Sivaselvam, E. ve Gajendran, S. 2014. Improvement of Overall Equipment Effectiveness In a Plastic Injection Moulding Industry. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering* , 5,(53):12-16.
- Shingo, S. 1985. *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Cambridge: MA.
- Sundar, R., Balaji, A. N., SatheeshKumar, R. M. 2014. A Review on Lean Manufacturing Implementation Techniques. 12th Global Congress on Manufacturing and Management, India, 1875-1885.
- Sünkür, E. 2016. Ekstrüzyon İşleminde Proses Parametrelerinin Etkisinin Sonlu Elemanlar İle Analizi Ve Taguchi Yöntemi İle Optimizasyonu. Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Şah, A. 2018. Frezeleme İşleminde Kesme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Ve Kesme Enerjisine Etkisinin Taguchi Metodu İle Optimizasyonu, Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Şirin, E., Şirin, Ş., Turgut, Y., Korkut, İ. 2015. AISI D2 Soğuk İş Takım Çeliğinin Frezelenmesinde Yüzey Pürüzlülüğünün Taguchi Metodu İle Optimizasyonu. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3: 132-144.
- Tanık, M. 2010. Kalıp Ayar Sürelerinin SMED Metodolojisi ile İyileştirilmesi: Bir Yalın Altı Sigma Uygulaması. *Muğla Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 25: 117-140.
- Taylan, D. 2009. Taguchi Deney Tasarımı Uygulaması. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.

- Taylan, M. 2011. Sertleştirilmiş Takım Çeliklerinin Delinmesinde Kesme Parametrelerinin Takım Aşınması Ve Talaş Oluşumuna Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Tekin, M., Arslandere, M., Etlioğlu, M., Koyuncuoğlu, Ö., Tekin, E. 2018. Büyük Ölçekli Bir İşletmede 5S Uygulaması. *International Journal of Social and Humanities Sciences*, 2(1): 106-122.
- Tekin, M., Arslandere, M., Etlioğlu, M., Koyuncuoğlu, Ö., Tekin, E. 2019. An Application of SMED and Jidoka in Lean Production. *International Symposium for Production Research*, Switzerland, 530-545.
- Terli, A. 2009. Yalın Üretime Geçiş Sürecinde “5S” Sisteminin Hazır Giyim İşletmelerinde Uygulanma Düzeyleri. Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Giyim Endüstrisi ve Moda Tasarımı Eğitimi Bölümü Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Temiz, İ., Atasoy, E., Sucu, A. 2011. Toplam Ekipman Etkinliği ve Bir Uygulama. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 12(4): 49-60.
- Türkan, T., Görener, A. 2017. Süreç İyileştirme: Vasıflı Çelik Üretim Sektöründe Bir Uygulama. *Optimum Ekonomi ve Yönetim Bilimleri Dergisi*, 4(2): 23-40.
- Veres, C., Marian, L., Moica, S., Akel, K. A. 2018. Case study concerning 5S method impact in an automotive company. *11th International Conference Interdisciplinarity in Engineering*, Romania, 900-905.
- Vijayakumar, S. R., Gajendran, S. 2014. Improvement of Overall Equipment Effectiveness (OEE) in Injection Moulding Process Industry. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*, 2(22): 44-60.
- VivekPrabhu, M., Karthick, R., Kumar, G. S. 2014. Optimization of Overall Equipment Effectiveness in A Manufacturing System. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 3(3): 1192-1196.
- Wang, T. Y., Song, J. Y., Chen, L. H. 2010. The economic justification of machine changeover time reduction in a manufacturing cell. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 14(4): 409-420.
- Yalvaç, N. 2015. Plastik Film Sektöründe Toplam Üretken Bakım (TPM) Uygulamaları ve Ödül Süreci. *Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.*
- Yaşın, M. F., Daş, G. S. 2017. KOBİ’lerde ekipman etkinliğinin iyileştirilmesinde TEE tabanlı yeni bir yaklaşım: bir ahşap işleme kuruluşunda uygulama. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32(1): 45-52.

## EKLER

### EK A: Taguchi deneyleri

Deney Grubu: Bir sonraki siparişe ait hammaddenin hazırlanması

Tablo E1. L9 ortogonal dizisi için ölçüm ve S/N oranı

| Vardiya Tipi | Operatör | Vardiya Ayar Sayısı | Ölçüm 1 (sn) | Ölçüm 2 (sn) | Ölçüm 3 (sn) | S/N Oranı | Ortalama Değeri |
|--------------|----------|---------------------|--------------|--------------|--------------|-----------|-----------------|
| Gündüz       | X        | 1                   | 142          | 152          | 163          | -43,670   | 152,33          |
| Gündüz       | Y        | 2                   | 129          | 126          | 134          | -42,259   | 129,67          |
| Gündüz       | Z        | 3                   | 133          | 137          | 136          | -42,629   | 135,33          |
| Gece         | X        | 2                   | 164          | 192          | 172          | -44,930   | 176,00          |
| Gece         | Y        | 3                   | 172          | 175          | 182          | -44,929   | 176,33          |
| Gece         | Z        | 1                   | 132          | 140          | 144          | -42,845   | 138,67          |
| Ara          | X        | 3                   | 174          | 175          | 181          | -44,944   | 176,67          |
| Ara          | Y        | 1                   | 132          | 136          | 118          | -42,205   | 128,67          |
| Ara          | Z        | 2                   | 127          | 141          | 130          | -42,464   | 132,67          |

Tablo E2. S/N yanıt tablosu

| Level | Vardiya Tipi                                                                                       | Operatör | Vardiya Ayar Sayısı |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---------------------|
| 1     | -42,85                                                                                             | -44,51   | -42,91              |
| 2     | -44,23                                                                                             | -43,13   | -43,22              |
| 3     | -43,20                                                                                             | -42,65   | -44,17              |
| Delta | 1,38                                                                                               | 1,87     | 1,26                |
| Rank  | 2                                                                                                  | 1        | 3                   |
| Sonuç | En Çok Etki Eden Parametre Operatördür. En büyük S/N oranı Faktörlerin Seviyelerin Göstermektedir. |          |                     |

Tablo E3. Optimum faktör seviyeleri

| Faktör Türü         | Faktör Seviyeleri |      |     |
|---------------------|-------------------|------|-----|
|                     | 1                 | 2    | 3   |
| Vardiya Tipi        | Gündüz            | Gece | Ara |
| Operatör            | X                 | Y    | Z   |
| Gün İçi Ayar Sayısı | 1                 | 2    | 3   |

Tablo E4. S/N oranı için anova testi

| Kontrol Faktörü     | DF | Kareler Toplamı (SS) | Kareler Ortalaması (MS) | F Oranı           | P     |
|---------------------|----|----------------------|-------------------------|-------------------|-------|
| Vardiya Tipi        | 2  | 2887,6               | 1443,8                  | 21,07             | 0,000 |
| Operatör            | 2  | 5133,4               | 2566,7                  | 37,46             | 0,000 |
| Vardiya Ayar Sayısı | 2  | 2521,2               | 1260,6                  | 18,40             | 0,000 |
| Hata                | 20 | 1370,3               | 68,5                    |                   |       |
| Toplam              | 26 | 11912,5              |                         |                   |       |
| S=8,27737           |    | R-Sq=% 88,50         |                         | R-Sq(adj)= %85,05 |       |

Tablo E5. İdeal işlem süresi (saha uygulaması)

| Vardiya Tipi | Operatör | Vardiya Ayar Sayısı | Tahmin  | Üç Ölçüm Ortalaması | Doğruluk |
|--------------|----------|---------------------|---------|---------------------|----------|
| Gündüz       | Z        | 1                   | 115.370 | 122                 | %94,56   |

## Deney Grubu: Altıköşe değişimi

Tablo E6. L9 ortogonal dizisi için ölçüm ve S/N oranı

| Vardiya Tipi | Operatör | Vardiya Ayar Sayısı | Ölçüm 1 (sn) | Ölçüm 2 (sn) | Ölçüm 3 (sn) | S/N Oranı | Ortalama Değeri |
|--------------|----------|---------------------|--------------|--------------|--------------|-----------|-----------------|
| Gündüz       | X        | 1                   | 182          | 165          | 177          | -44,851   | 174,67          |
| Gündüz       | Y        | 2                   | 187          | 175          | 163          | -44,874   | 175,00          |
| Gündüz       | Z        | 3                   | 175          | 166          | 175          | -44,713   | 172,00          |
| Gece         | X        | 2                   | 220          | 205          | 226          | -46,736   | 217,00          |
| Gece         | Y        | 3                   | 225          | 231          | 242          | -47,339   | 232,67          |
| Gece         | Z        | 1                   | 147          | 164          | 156          | -43,853   | 155,67          |
| Ara          | X        | 3                   | 220          | 198          | 218          | -46,536   | 212,00          |
| Ara          | Y        | 1                   | 175          | 195          | 163          | -45,016   | 177,67          |
| Ara          | Z        | 2                   | 151          | 165          | 175          | -44,295   | 163,67          |

Tablo E7. S/N yanıt tablosu

| Level | Vardiya Tipi                                                                                       | Operatör      | Vardiya Ayar Sayısı |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------|
| 1     | <b>-44,81</b>                                                                                      | -46,04        | <b>-44,57</b>       |
| 2     | -45,98                                                                                             | -45,74        | -45,30              |
| 3     | -45,28                                                                                             | <b>-44,29</b> | -46,20              |
| Delta | 1,16                                                                                               | 1,75          | 1,62                |
| Rank  | 3                                                                                                  | 1             | 2                   |
| Sonuç | En Çok Etki Eden Parametre Operatördür. En büyük S/N oranı Faktörlerin Seviyelerin Göstermektedir. |               |                     |

Tablo E8. Optimum faktör seviyeleri

| Faktör Türü         | Faktör Seviyeleri |      |          |
|---------------------|-------------------|------|----------|
|                     | 1                 | 2    | 3        |
| Vardiya Tipi        | <b>Gündüz</b>     | Gece | Ara      |
| Operatör            | X                 | Y    | <b>Z</b> |
| Gün İçi Ayar Sayısı | <b>1</b>          | 2    | 3        |

Tablo E9. S/N oranı için anova testi

| Kontrol Faktörü     | DF | Kareler Toplamı (SS) | Kareler Ortalaması (MS) | F Oranı                  | P     |
|---------------------|----|----------------------|-------------------------|--------------------------|-------|
| Vardiya Tipi        | 2  | 3569,0               | 1784,5                  | 13,74                    | 0,000 |
| Operatör            | 2  | 7263,6               | 3631,8                  | 27,97                    | 0,000 |
| Vardiya Ayar Sayısı | 2  | 5933,9               | 2966,9                  | 22,85                    | 0,000 |
| Hata                | 20 | 2597,2               | 129,9                   |                          |       |
| Toplam              | 26 | 19363,6              |                         |                          |       |
| S=11,3956           |    | <b>R-Sq=% 86,59</b>  |                         | <b>R-Sq(adj)= %82,66</b> |       |

Tablo E10. İdeal işlem süresi (saha uygulaması)

| Vardiya Tipi | Operatör | Vardiya Ayar Sayısı | Tahmin  | Üç Ölçüm Ortalaması | Doğruluk |
|--------------|----------|---------------------|---------|---------------------|----------|
| Gündüz       | Z        | 1                   | 133,593 | <b>143</b>          | %93,42   |

## Deney Grubu: Malzeme itme çenesi değişimi

Tablo E11. L9 Ortogonal Dizisi için Ölçüm ve S/N oranı

| Vardiya Tipi | Operatör | Vardiya Ayar Sayısı | Ölçüm 1 (sn) | Ölçüm 2 (sn) | Ölçüm 3 (sn) | S/N Oranı | Ortalama Değeri |
|--------------|----------|---------------------|--------------|--------------|--------------|-----------|-----------------|
| Gündüz       | X        | 1                   | 163          | 175          | 170          | -44,579   | 169,33          |
| Gündüz       | Y        | 2                   | 171          | 158          | 167          | -44,372   | 165,33          |
| Gündüz       | Z        | 3                   | 167          | 158          | 160          | -44,175   | 161,67          |
| Gece         | X        | 2                   | 185          | 187          | 198          | -45,579   | 190,00          |
| Gece         | Y        | 3                   | 196          | 201          | 187          | -45,790   | 194,67          |
| Gece         | Z        | 1                   | 141          | 156          | 140          | -43,278   | 145,67          |
| Ara          | X        | 3                   | 186          | 193          | 188          | -45,530   | 189,00          |
| Ara          | Y        | 1                   | 163          | 158          | 182          | -44,505   | 167,67          |
| Ara          | Z        | 2                   | 151          | 162          | 148          | -43,738   | 153,67          |

Tablo E12. S/N yanıt tablosu

| Level | Vardiya Tipi                                                                                       | Operatör      | Vardiya Ayar Sayısı |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------|
| 1     | <b>-44,38</b>                                                                                      | -45,23        | <b>-44,12</b>       |
| 2     | -44,88                                                                                             | -44,89        | -44,56              |
| 3     | -44,59                                                                                             | <b>-43,73</b> | -45,16              |
| Delta | 0,51                                                                                               | 1,50          | 1,04                |
| Rank  | 3                                                                                                  | 1             | 2                   |
| Sonuç | En Çok Etki Eden Parametre Operatördür. En büyük S/N oranı Faktörlerin Seviyelerin Göstermektedir. |               |                     |

Tablo E13. Optimum faktör seviyeleri

| Faktör Türü         | Faktör Seviyeleri |      |          |
|---------------------|-------------------|------|----------|
|                     | 1                 | 2    | 3        |
| Vardiya Tipi        | <b>Gündüz</b>     | Gece | Ara      |
| Operatör            | X                 | Y    | <b>Z</b> |
| Gün İçi Ayar Sayısı | <b>1</b>          | 2    | 3        |

Tablo E14. S/N oranı için anova testi

| Kontrol Faktörü     | DF | Kareler Toplamı (SS) | Kareler Ortalaması (MS) | F Oranı                  | P     |
|---------------------|----|----------------------|-------------------------|--------------------------|-------|
| Vardiya Tipi        | 2  | 584,00               | 292,00                  | 4,67                     | 0,022 |
| Operatör            | 2  | 4166,2               | 2083,1                  | 33,32                    | 0,000 |
| Vardiya Ayar Sayısı | 2  | 1980,2               | 990,1                   | 15,84                    | 0,000 |
| Hata                | 20 | 1250,2               | 62,5                    |                          |       |
| Toplam              | 26 | 7980,7               |                         |                          |       |
| S=7,90640           |    | <b>R-Sq=% 84,33</b>  |                         | <b>R-Sq(adj)= %79,63</b> |       |

Tablo E15. İdeal işlem süresi (saha uygulaması)

| Vardiya Tipi | Operatör | Vardiya Ayar Sayısı | Tahmin  | Üç Ölçüm Ortalaması | Doğruluk |
|--------------|----------|---------------------|---------|---------------------|----------|
| Gündüz       | Z        | 1                   | 138,144 | <b>139</b>          | %99,38   |

## Deney Grubu: Kovan değişimi

Tablo E16. L9 ortogonal dizisi için ölçüm ve S/N oranı

| Vardiya Tipi | Operatör | Vardiya Ayar Sayısı | Ölçüm 1 (sn) | Ölçüm 2 (sn) | Ölçüm 3 (sn) | S/N Oranı | Ortalama Değeri |
|--------------|----------|---------------------|--------------|--------------|--------------|-----------|-----------------|
| Gündüz       | X        | 1                   | 103          | 102          | 104          | -40,257   | 103,00          |
| Gündüz       | Y        | 2                   | 102          | 104          | 100          | -40,173   | 102,00          |
| Gündüz       | Z        | 3                   | 111          | 108          | 113          | -40,882   | 110,67          |
| Gece         | X        | 2                   | 118          | 112          | 121          | -41,368   | 117,00          |
| Gece         | Y        | 3                   | 114          | 121          | 119          | -41,440   | 118,00          |
| Gece         | Z        | 1                   | 116          | 120          | 110          | -41,245   | 115,33          |
| Ara          | X        | 3                   | 121          | 118          | 122          | -41,609   | 120,33          |
| Ara          | Y        | 1                   | 102          | 100          | 98           | -40,001   | 100,00          |
| Ara          | Z        | 2                   | 109          | 113          | 106          | -40,778   | 109,33          |

Tablo E17. S/N yanıt tablosu

| Level | Vardiya Tipi                                                                                           | Operatör      | Vardiya Ayar Sayısı |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------|
| 1     | <b>-40,44</b>                                                                                          | -41,08        | <b>-40,50</b>       |
| 2     | -41,35                                                                                                 | <b>-40,54</b> | -40,77              |
| 3     | -40,80                                                                                                 | -40,97        | -41,31              |
| Delta | 0,91                                                                                                   | 0,54          | 0,81                |
| Rank  | 1                                                                                                      | 3             | 2                   |
| Sonuç | En Çok Etki Eden Parametre Vardiya Tipidir. En büyük S/N oranı Faktörlerin Seviyelerin Göstermektedir. |               |                     |

Tablo E18. Optimum faktör seviyeleri

| Faktör Türü         | Faktör Seviyeleri |          |     |
|---------------------|-------------------|----------|-----|
|                     | 1                 | 2        | 3   |
| Vardiya Tipi        | <b>Gündüz</b>     | Gece     | Ara |
| Operatör            | X                 | <b>Y</b> | Z   |
| Gün İçi Ayar Sayısı | <b>1</b>          | 2        | 3   |

Tablo E19. S/N oranı için anova testi

| Kontrol Faktörü     | DF | Kareler Toplamı (SS) | Kareler Ortalaması (MS) | F Oranı                  | P     |
|---------------------|----|----------------------|-------------------------|--------------------------|-------|
| Vardiya Tipi        | 2  | 608,30               | 304,15                  | 25,74                    | 0,000 |
| Operatör            | 2  | 224,52               | 112,26                  | 9,50                     | 0,001 |
| Vardiya Ayar Sayısı | 2  | 489,19               | 244,59                  | 20,70                    | 0,000 |
| Hata                | 20 | 236,30               | 11,81                   |                          |       |
| Toplam              | 26 | 1558,30              |                         |                          |       |
| S=3,43727           |    | <b>R-Sq=% 84,84</b>  |                         | <b>R-Sq(adj)= %80,29</b> |       |

Tablo E20. İdeal işlem süresi (saha uygulaması)

| Vardiya Tipi | Operatör | Vardiya Ayar Sayısı | Tahmin  | Üç Ölçüm Ortalaması | Doğruluk |
|--------------|----------|---------------------|---------|---------------------|----------|
| Gündüz       | Y        | 1                   | 96,7407 | <b>98</b>           | %98,715  |

## Deney Grubu: Çekme ve itme çenesi temizleme işlemi

Tablo E21. L9 ortogonal dizisi için ölçüm ve S/N oranı

| Vardiya Tipi | Operatör | Vardiya Ayar Sayısı | Ölçüm 1 (sn) | Ölçüm 2 (sn) | Ölçüm 3 (sn) | S/N Oranı | Ortalama Değeri |
|--------------|----------|---------------------|--------------|--------------|--------------|-----------|-----------------|
| Gündüz       | X        | 1                   | 136          | 135          | 138          | -42,692   | 136,33          |
| Gündüz       | Y        | 2                   | 140          | 141          | 139          | -42,923   | 140,00          |
| Gündüz       | Z        | 3                   | 141          | 139          | 143          | -42,985   | 141,00          |
| Gece         | X        | 2                   | 145          | 147          | 149          | -43,347   | 147,00          |
| Gece         | Y        | 3                   | 147          | 148          | 146          | -43,346   | 147,00          |
| Gece         | Z        | 1                   | 139          | 141          | 137          | -42,861   | 139,00          |
| Ara          | X        | 3                   | 145          | 148          | 146          | -43,307   | 146,33          |
| Ara          | Y        | 1                   | 137          | 136          | 140          | -42,777   | 137,67          |
| Ara          | Z        | 2                   | 141          | 136          | 142          | -42,903   | 139,67          |

Tablo E22. S/N yanıt tablosu

| Level | Vardiya Tipi                                                                                                 | Operatör      | Vardiya Ayar Sayısı |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------|
| 1     | <b>-42,87</b>                                                                                                | -43,12        | <b>-42,78</b>       |
| 2     | -43,18                                                                                                       | -43,02        | -43,06              |
| 3     | -43,00                                                                                                       | <b>-42,92</b> | -43,21              |
| Delta | 0,32                                                                                                         | 0,20          | 0,44                |
| Rank  | 2                                                                                                            | 3             | 1                   |
| Sonuç | En Çok Etki Eden Parametre Vardiya ayar sayısıdır.En büyük S/N oranı Faktörlerin Seviyelerin Göstermektedir. |               |                     |

Tablo E23. Optimum faktör seviyeleri

| Faktör Türü         | Faktör Seviyeleri |      |          |
|---------------------|-------------------|------|----------|
|                     | 1                 | 2    | 3        |
| Vardiya Tipi        | <b>Gündüz</b>     | Gece | Ara      |
| Operatör            | X                 | Y    | <b>Z</b> |
| Gün İçi Ayar Sayısı | <b>1</b>          | 2    | 3        |

Tablo E24. S/N oranı için anova testi

| Kontrol Faktörü     | DF | Kareler Toplamı (SS) | Kareler Ortalaması (MS) | F Oranı                  | P     |
|---------------------|----|----------------------|-------------------------|--------------------------|-------|
| Vardiya Tipi        | 2  | 124,222              | 62,111                  | 17,52                    | 0,000 |
| Operatör            | 2  | 50,000               | 25,000                  | 7,05                     | 0,005 |
| Vardiya Ayar Sayısı | 2  | 233,556              | 116,778                 | 32,95                    | 0,000 |
| Hata                | 20 | 70,889               | 3,544                   |                          |       |
| Toplam              | 26 | 478,667              |                         |                          |       |
| S=1,88267           |    | <b>R-Sq=% 85,19</b>  |                         | <b>R-Sq(adj)= %80,75</b> |       |

Tablo E25. İdeal işlem süresi (saha uygulaması)

| Vardiya Tipi | Operatör | Vardiya Ayar Sayısı | Tahmin  | Üç Ölçüm Ortalaması | Doğruluk |
|--------------|----------|---------------------|---------|---------------------|----------|
| Gündüz       | Z        | 1                   | 133,556 | <b>132</b>          | %98,83   |

## Deney Grubu: Çekme çenesi değişimi

Tablo E26. L9 ortogonal dizisi için ölçüm ve S/N oranı

| Vardiya Tipi | Operatör | Vardiya Ayar Sayısı | Ölçüm 1 (sn) | Ölçüm 2 (sn) | Ölçüm 3 (sn) | S/N Oranı | Ortalama Değeri |
|--------------|----------|---------------------|--------------|--------------|--------------|-----------|-----------------|
| Gündüz       | X        | 1                   | 67           | 64           | 67           | -36,393   | 66,00           |
| Gündüz       | Y        | 2                   | 71           | 71           | 73           | -37,107   | 71,67           |
| Gündüz       | Z        | 3                   | 65           | 68           | 80           | -37,061   | 71,00           |
| Gece         | X        | 2                   | 105          | 101          | 99           | -40,146   | 101,67          |
| Gece         | Y        | 3                   | 102          | 104          | 100          | -40,173   | 102,00          |
| Gece         | Z        | 1                   | 65           | 73           | 67           | -36,703   | 68,33           |
| Ara          | X        | 3                   | 93           | 100          | 94           | -39,620   | 95,67           |
| Ara          | Y        | 1                   | 68           | 77           | 71           | -37,158   | 72,00           |
| Ara          | Z        | 2                   | 71           | 76           | 74           | -37,349   | 73,67           |

Tablo E27. S/N yanıt tablosu

| Level | Vardiya Tipi                                                                                                  | Operatör      | Vardiya Ayar Sayısı |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------|
| 1     | <b>-36,85</b>                                                                                                 | -38,72        | <b>-40,81</b>       |
| 2     | -39,01                                                                                                        | -38,15        | -41,77              |
| 3     | -38,04                                                                                                        | <b>-37,04</b> | -42,27              |
| Delta | 2,15                                                                                                          | 1,68          | 2,20                |
| Rank  | 2                                                                                                             | 3             | 1                   |
| Sonuç | En Çok Etki Eden Parametre Gün İçi Ayar Sayısıdır. En büyük S/N oranı Faktörlerin Seviyelerin Göstermektedir. |               |                     |

Tablo E28. Optimum faktör seviyeleri

| Faktör Türü         | Faktör Seviyeleri |      |          |
|---------------------|-------------------|------|----------|
|                     | 1                 | 2    | 3        |
| Vardiya Tipi        | <b>Gündüz</b>     | Gece | Ara      |
| Operatör            | X                 | Y    | <b>Z</b> |
| Gün İçi Ayar Sayısı | <b>1</b>          | 2    | 3        |

Tablo E29. S/N oranı için anova testi

| Kontrol Faktörü     | DF | Kareler Toplamı (SS) | Kareler Ortalaması (MS) | F Oranı                  | P     |
|---------------------|----|----------------------|-------------------------|--------------------------|-------|
| Vardiya Tipi        | 2  | 2006,22              | 1003,11                 | 62,43                    | 0,000 |
| Operatör            | 2  | 1304,22              | 652,11                  | 40,59                    | 0,000 |
| Vardiya Ayar Sayısı | 2  | 2002,89              | 1001,44                 | 62,33                    | 0,000 |
| Hata                | 20 | 312,33               | 16,07                   |                          |       |
| Toplam              | 26 | 5634,67              |                         |                          |       |
| S=4,00832           |    | <b>R-Sq=% 94,30</b>  |                         | <b>R-Sq(adj)= %92,59</b> |       |

Tablo E30. İdeal işlem süresi (saha uygulaması)

| Vardiya Tipi | Operatör | Vardiya Ayar Sayısı | Tahmin  | Üç Ölçüm Ortalaması | Doğruluk |
|--------------|----------|---------------------|---------|---------------------|----------|
| Gündüz       | Z        | 1                   | 48,8889 | <b>57</b>           | %85,77   |

## Deney Grubu: Kesme öncesi aktarma borusu değişimi

Tablo E31. L9 ortogonal dizisi için ölçüm ve S/N oranı

| Vardiya Tipi | Operatör | Vardiya Ayar Sayısı | Ölçüm 1 (sn) | Ölçüm 2 (sn) | Ölçüm 3 (sn) | S/N Oranı | Ortalama Değeri |
|--------------|----------|---------------------|--------------|--------------|--------------|-----------|-----------------|
| Gündüz       | X        | 1                   | 37           | 38           | 41           | -31,755   | 38,67           |
| Gündüz       | Y        | 2                   | 37           | 36           | 35           | -31,128   | 36,00           |
| Gündüz       | Z        | 3                   | 34           | 34           | 37           | -30,888   | 35,00           |
| Gece         | X        | 2                   | 45           | 48           | 49           | -33,509   | 47,33           |
| Gece         | Y        | 3                   | 46           | 45           | 47           | -33,257   | 46,00           |
| Gece         | Z        | 1                   | 39           | 37           | 37           | -31,522   | 37,67           |
| Ara          | X        | 3                   | 45           | 46           | 48           | -33,321   | 46,33           |
| Ara          | Y        | 1                   | 37           | 38           | 42           | -31,835   | 39,00           |
| Ara          | Z        | 2                   | 42           | 40           | 38           | -32,048   | 40,00           |

Tablo E32. S/N yanıt tablosu

| Level | Vardiya Tipi                                                                                           | Operatör      | Vardiya Ayar Sayısı |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------|
| 1     | <b>-31,26</b>                                                                                          | -32,86        | <b>-31,70</b>       |
| 2     | -32,76                                                                                                 | -32,07        | -32,23              |
| 3     | -32,40                                                                                                 | <b>-31,49</b> | -32,49              |
| Delta | 1,51                                                                                                   | 1,38          | 0,78                |
| Rank  | 1                                                                                                      | 2             | 3                   |
| Sonuç | En Çok Etki Eden Parametre Vardiya tipidir. En büyük S/N oranı Faktörlerin Seviyelerin Göstermektedir. |               |                     |

Tablo E33. Optimum faktör seviyeleri

| Faktör Türü         | Faktör Seviyeleri |      |          |
|---------------------|-------------------|------|----------|
|                     | 1                 | 2    | 3        |
| Vardiya Tipi        | <b>Gündüz</b>     | Gece | Ara      |
| Operatör            | X                 | Y    | <b>Z</b> |
| Gün İçi Ayar Sayısı | <b>1</b>          | 2    | 3        |

Tablo E34. S/N Oranı için anova testi

| Kontrol Faktörü     | DF | Kareler Toplamı (SS) | Kareler Ortalaması (MS) | F Oranı                  | P     |
|---------------------|----|----------------------|-------------------------|--------------------------|-------|
| Vardiya Tipi        | 2  | 244,222              | 122,111                 | 35,80                    | 0,000 |
| Operatör            | 2  | 194,889              | 97,444                  | 28,57                    | 0,000 |
| Vardiya Ayar Sayısı | 2  | 74,667               | 37,333                  | 10,94                    | 0,001 |
| Hata                | 20 | 68,222               | 3,411                   |                          |       |
| Toplam              | 26 | 582,000              |                         |                          |       |
| S=1,84692           |    | <b>R-Sq=% 88,28</b>  |                         | <b>R-Sq(adj)= %84,76</b> |       |

Tablo E35. İdeal işlem süresi (saha uygulaması)

| Vardiya Tipi | Operatör | Vardiya Ayar Sayısı | Tahmin | Üç Ölçüm Ortalaması | Doğruluk |
|--------------|----------|---------------------|--------|---------------------|----------|
| Gündüz       | Z        | 1                   | 31,222 | <b>32</b>           | %97,56   |

## Deney Grubu: Kesme burcu değişimi

Tablo E36. L9 ortogonal dizisi için ölçüm ve S/N oranı

| Vardiya Tipi | Operatör | Vardiya Ayar Sayısı | Ölçüm 1 (sn) | Ölçüm 2 (sn) | Ölçüm 3 (sn) | S/N Oranı | Ortalama Değeri |
|--------------|----------|---------------------|--------------|--------------|--------------|-----------|-----------------|
| Gündüz       | X        | 1                   | 73           | 79           | 81           | -37,813   | 77,67           |
| Gündüz       | Y        | 2                   | 73           | 77           | 77           | -37,581   | 75,67           |
| Gündüz       | Z        | 3                   | 68           | 74           | 82           | -37,488   | 74,67           |
| Gece         | X        | 2                   | 91           | 84           | 86           | -38,795   | 87,00           |
| Gece         | Y        | 3                   | 96           | 98           | 94           | -39,647   | 96,00           |
| Gece         | Z        | 1                   | 62           | 70           | 74           | -36,758   | 68,67           |
| Ara          | X        | 3                   | 91           | 96           | 95           | -39,465   | 94,00           |
| Ara          | Y        | 1                   | 76           | 78           | 77           | -37,730   | 77,00           |
| Ara          | Z        | 2                   | 68           | 72           | 75           | -37,113   | 71,67           |

Tablo E37. S/N yanıt tablosu

| Level | Vardiya Tipi                                                                                       | Operatör      | Vardiya Ayar Sayısı |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------|
| 1     | <b>-37,63</b>                                                                                      | -38,69        | <b>-37,43</b>       |
| 2     | -38,40                                                                                             | -38,32        | -37,83              |
| 3     | -38,10                                                                                             | <b>-37,12</b> | -38,87              |
| Delta | 1,31                                                                                               | 2,44          | 1,44                |
| Rank  | 3                                                                                                  | 1             | 2                   |
| Sonuç | En Çok Etki Eden Parametre Operatördür. En büyük S/N oranı Faktörlerin Seviyelerin Göstermektedir. |               |                     |

Tablo E38. Optimum faktör seviyeleri

| Faktör Türü         | Faktör Seviyeleri |      |          |
|---------------------|-------------------|------|----------|
|                     | 1                 | 2    | 3        |
| Vardiya Tipi        | <b>Gündüz</b>     | Gece | Ara      |
| Operatör            | X                 | Y    | <b>Z</b> |
| Gün İçi Ayar Sayısı | <b>1</b>          | 2    | 3        |

Tablo E39. S/N oranı için anova testi

| Kontrol Faktörü     | DF | Kareler Toplamı (SS) | Kareler Ortalaması (MS) | F Oranı                  | P     |
|---------------------|----|----------------------|-------------------------|--------------------------|-------|
| Vardiya Tipi        | 2  | 285,41               | 142,70                  | 8,79                     | 0,002 |
| Operatör            | 2  | 1046,74              | 523,37                  | 32,26                    | 0,000 |
| Vardiya Ayar Sayısı | 2  | 916,52               | 458,26                  | 28,24                    | 0,000 |
| Hata                | 20 | 324,52               | 16,23                   |                          |       |
| Toplam              | 26 | 2573,19              |                         |                          |       |
| S=4,02814           |    | <b>R-Sq=% 87,39</b>  |                         | <b>R-Sq(adj)= %83,60</b> |       |

Tablo E40. İdeal işlem süresi (saha uygulaması)

| Vardiya Tipi | Operatör | Vardiya Ayar Sayısı | Tahmin  | Üç Ölçüm Ortalaması | Doğruluk |
|--------------|----------|---------------------|---------|---------------------|----------|
| Gündüz       | Z        | 1                   | 61,5926 | <b>65,38</b>        | %94,20   |

## Deney Grubu: Kesme sonrası aktarma borusu değişimi

Tablo E41. L9 ortogonal dizisi için ölçüm ve S/N oranı

| Vardiya Tipi | Operatör | Vardiya Ayar Sayısı | Ölçüm 1 (sn) | Ölçüm 2 (sn) | Ölçüm 3 (sn) | S/N Oranı | Ortalama Değeri |
|--------------|----------|---------------------|--------------|--------------|--------------|-----------|-----------------|
| Gündüz       | X        | 1                   | 38           | 39           | 38           | -31,672   | 38,33           |
| Gündüz       | Y        | 2                   | 38           | 37           | 41           | -31,755   | 38,67           |
| Gündüz       | Z        | 3                   | 36           | 33           | 38           | -31,060   | 35,67           |
| Gece         | X        | 2                   | 47           | 44           | 50           | -33,454   | 47,00           |
| Gece         | Y        | 3                   | 49           | 45           | 51           | -33,696   | 48,33           |
| Gece         | Z        | 1                   | 36           | 38           | 39           | -31,524   | 37,67           |
| Ara          | X        | 3                   | 50           | 48           | 51           | -33,924   | 49,67           |
| Ara          | Y        | 1                   | 36           | 38           | 37           | -31,366   | 37,00           |
| Ara          | Z        | 2                   | 37           | 39           | 37           | -31,522   | 37,67           |

Tablo E42. S/N yanıt tablosu

| Level | Vardiya Tipi                                                                                       | Operatör      | Vardiya Ayar Sayısı |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------|
| 1     | <b>-31,50</b>                                                                                      | -33,02        | <b>-31,52</b>       |
| 2     | -32,89                                                                                             | -32,27        | -32,24              |
| 3     | -32,27                                                                                             | <b>-31,37</b> | -32,89              |
| Delta | 1,40                                                                                               | 1,65          | 1,37                |
| Rank  | 2                                                                                                  | 1             | 3                   |
| Sonuç | En Çok Etki Eden Parametre Operatördür. En büyük S/N oranı Faktörlerin Seviyelerin Göstermektedir. |               |                     |

Tablo E43. Optimum faktör seviyeleri

| Faktör Türü         | Faktör Seviyeleri |      |          |
|---------------------|-------------------|------|----------|
|                     | 1                 | 2    | 3        |
| Vardiya Tipi        | <b>Gündüz</b>     | Gece | Ara      |
| Operatör            | X                 | Y    | <b>Z</b> |
| Gün İçi Ayar Sayısı | <b>1</b>          | 2    | 3        |

Tablo E44. S/N oranı için anova testi

| Kontrol Faktörü     | DF | Kareler Toplamı (SS) | Kareler Ortalaması (MS) | F Oranı                  | P     |
|---------------------|----|----------------------|-------------------------|--------------------------|-------|
| Vardiya Tipi        | 2  | 208,22               | 104,11                  | 22,10                    | 0,000 |
| Operatör            | 2  | 288,67               | 144,33                  | 30,64                    | 0,000 |
| Vardiya Ayar Sayısı | 2  | 213,56               | 106,78                  | 22,67                    | 0,000 |
| Hata                | 20 | 94,22                | 4,71                    |                          |       |
| Toplam              | 26 | 804,67               |                         |                          |       |
| S=2,17051           |    | <b>R-Sq=% 88,29</b>  |                         | <b>R-Sq(adj)= %84,78</b> |       |

Tablo E45. İdeal işlem süresi (saha uygulaması)

| Vardiya Tipi | Operatör | Vardiya Ayar Sayısı | Tahmin | Üç Ölçüm Ortalaması | Doğruluk |
|--------------|----------|---------------------|--------|---------------------|----------|
| Gündüz       | Z        | 1                   | 30     | <b>34</b>           | %88,235  |

## Deney Grubu: Kesme ünitesi makara ayarı

Tablo E46. L9 ortogonal dizisi için ölçüm ve S/N oranı

| Vardiya Tipi | Operatör | Vardiya Ayar Sayısı | Ölçüm 1 (sn) | Ölçüm 2 (sn) | Ölçüm 3 (sn) | S/N Oranı | Ortalama Değeri |
|--------------|----------|---------------------|--------------|--------------|--------------|-----------|-----------------|
| Gündüz       | X        | 1                   | 32           | 32           | 31           | -30,013   | 31,67           |
| Gündüz       | Y        | 2                   | 33           | 31           | 31           | -30,016   | 31,67           |
| Gündüz       | Z        | 3                   | 36           | 34           | 34           | -30,801   | 34,67           |
| Gece         | X        | 2                   | 41           | 40           | 41           | -32,185   | 40,67           |
| Gece         | Y        | 3                   | 42           | 41           | 43           | -32,467   | 42,00           |
| Gece         | Z        | 1                   | 30           | 33           | 35           | -30,299   | 32,67           |
| Ara          | X        | 3                   | 39           | 38           | 39           | -31,747   | 38,67           |
| Ara          | Y        | 1                   | 34           | 36           | 36           | -30,967   | 35,33           |
| Ara          | Z        | 2                   | 32           | 34           | 32           | -30,286   | 32,67           |

Tablo E47. S/N yanıt tablosu

| Level | Vardiya Tipi                                                                                           | Operatör      | Vardiya Ayar Sayısı |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------|
| 1     | <b>-30,28</b>                                                                                          | -31,32        | <b>-30,43</b>       |
| 2     | -31,65                                                                                                 | -31,15        | -30,83              |
| 3     | -31,00                                                                                                 | <b>-30,46</b> | -31,67              |
| Delta | 1,37                                                                                                   | 0,85          | 1,25                |
| Rank  | 1                                                                                                      | 3             | 2                   |
| Sonuç | En Çok Etki Eden Parametre Vardiya Tipidir. En büyük S/N oranı Faktörlerin Seviyelerin Göstermektedir. |               |                     |

Tablo E48. Optimum faktör seviyeleri

| Faktör Türü         | Faktör Seviyeleri |      |          |
|---------------------|-------------------|------|----------|
|                     | 1                 | 2    | 3        |
| Vardiya Tipi        | <b>Gündüz</b>     | Gece | Ara      |
| Operatör            | X                 | Y    | <b>Z</b> |
| Gün İçi Ayar Sayısı | <b>1</b>          | 2    | 3        |

Tablo E49. S/N oranı için anova testi

| Kontrol Faktörü     | DF | Kareler Toplamı (SS) | Kareler Ortalaması (MS) | F Oranı                  | P     |
|---------------------|----|----------------------|-------------------------|--------------------------|-------|
| Vardiya Tipi        | 2  | 150,222              | 75,111                  | 26,41                    | 0,000 |
| Operatör            | 2  | 68,667               | 34,333                  | 12,07                    | 0,000 |
| Vardiya Ayar Sayısı | 2  | 126,889              | 63,444                  | 22,30                    | 0,000 |
| Hata                | 20 | 56,889               | 2,844                   |                          |       |
| Toplam              | 26 | 402,667              |                         |                          |       |
| S=1,68655           |    | <b>R-Sq=% 85,87</b>  |                         | <b>R-Sq(adj)= %81,63</b> |       |

Tablo E50. İdeal işlem süresi (saha uygulaması)

| Vardiya Tipi | Operatör | Vardiya Ayar Sayısı | Tahmin  | Üç Ölçüm Ortalaması | Doğruluk |
|--------------|----------|---------------------|---------|---------------------|----------|
| Gündüz       | Z        | 1                   | 28,1111 | <b>30</b>           | %93,70   |

## Deney Grubu: Aktarma ünitesi öncesi aktarma borusu değişimi

Tablo E51. L9 ortogonal dizisi için ölçüm ve S/N oranı

| Vardiya Tipi | Operatör | Vardiya Ayar Sayısı | Ölçüm 1 (sn) | Ölçüm 2 (sn) | Ölçüm 3 (sn) | S/N Oranı | Ortalama Değeri |
|--------------|----------|---------------------|--------------|--------------|--------------|-----------|-----------------|
| Gündüz       | X        | 1                   | 36           | 38           | 35           | -31,211   | 36,33           |
| Gündüz       | Y        | 2                   | 36           | 37           | 36           | -31,207   | 36,33           |
| Gündüz       | Z        | 3                   | 39           | 38           | 37           | -31,598   | 38,00           |
| Gece         | X        | 2                   | 45           | 43           | 44           | -32,871   | 44,00           |
| Gece         | Y        | 3                   | 43           | 44           | 43           | -32,737   | 43,33           |
| Gece         | Z        | 1                   | 41           | 38           | 40           | -31,973   | 39,67           |
| Ara          | X        | 3                   | 43           | 44           | 44           | -32,804   | 43,67           |
| Ara          | Y        | 1                   | 43           | 42           | 42           | -32,534   | 42,33           |
| Ara          | Z        | 2                   | 41           | 43           | 41           | -32,398   | 41,67           |

Tablo E52. S/N yanıt tablosu

| Level | Vardiya Tipi                                                                                           | Operatör      | Vardiya Ayar Sayısı |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------|
| 1     | <b>-31,34</b>                                                                                          | -32,30        | <b>-31,91</b>       |
| 2     | -32,53                                                                                                 | -32,16        | -32,16              |
| 3     | -32,58                                                                                                 | <b>-31,99</b> | -32,38              |
| Delta | 1,24                                                                                                   | 0,31          | 0,47                |
| Rank  | 1                                                                                                      | 3             | 2                   |
| Sonuç | En Çok Etki Eden Parametre Vardiya Tipidir. En büyük S/N oranı Faktörlerin Seviyelerin Göstermektedir. |               |                     |

Tablo E53. Optimum faktör seviyeleri

| Faktör Türü         | Faktör Seviyeleri |      |          |
|---------------------|-------------------|------|----------|
|                     | 1                 | 2    | 3        |
| Vardiya Tipi        | <b>Gündüz</b>     | Gece | Ara      |
| Operatör            | X                 | Y    | <b>Z</b> |
| Gün İçi Ayar Sayısı | <b>1</b>          | 2    | 3        |

Tablo E54. S/N oranı için anova testi

| Kontrol Faktörü     | DF | Kareler Toplamı (SS) | Kareler Ortalaması (MS) | F Oranı | P                        |
|---------------------|----|----------------------|-------------------------|---------|--------------------------|
| Vardiya Tipi        | 2  | 185,407              | 92,704                  | 62,11   | 0,000                    |
| Operatör            | 2  | 10,963               | 5,481                   | 3,67    | 0,044                    |
| Vardiya Ayar Sayısı | 2  | 22,296               | 11,148                  | 7,47    | 0,004                    |
| Hata                | 20 | 29,852               | 1,493                   |         |                          |
| Toplam              | 26 | 248,519              |                         |         |                          |
| S=1,22172           |    | <b>R-Sq=% 87,99</b>  |                         |         | <b>R-Sq(adj)= %84,38</b> |

Tablo E55. İdeal işlem süresi (saha uygulaması)

| Vardiya Tipi | Operatör | Vardiya Ayar Sayısı | Tahmin  | Üç Ölçüm Ortalaması | Doğruluk |
|--------------|----------|---------------------|---------|---------------------|----------|
| Gündüz       | Z        | 1                   | 34,9259 | <b>33,33</b>        | %95,43   |

Deney Grubu:  $\phi$  18 ve altı aktarma ünitesi ayarı

Tablo E56. L9 ortogonal dizisi için ölçüm ve S/N oranı

| Vardiya Tipi | Operatör | Vardiya Ayar Sayısı | Ölçüm 1 (sn) | Ölçüm 2 (sn) | Ölçüm 3 (sn) | S/N Oranı | Ortalama Değeri |
|--------------|----------|---------------------|--------------|--------------|--------------|-----------|-----------------|
| Gündüz       | X        | 1                   | 54           | 57           | 54           | -34,810   | 55,00           |
| Gündüz       | Y        | 2                   | 53           | 48           | 52           | -34,159   | 51,00           |
| Gündüz       | Z        | 3                   | 54           | 57           | 55           | -34,862   | 55,33           |
| Gece         | X        | 2                   | 67           | 62           | 65           | -36,218   | 64,67           |
| Gece         | Y        | 3                   | 69           | 71           | 72           | -36,986   | 70,67           |
| Gece         | Z        | 1                   | 43           | 46           | 47           | -33,134   | 45,33           |
| Ara          | X        | 3                   | 71           | 72           | 74           | -37,188   | 72,33           |
| Ara          | Y        | 1                   | 63           | 62           | 67           | -36,129   | 64,00           |
| Ara          | Z        | 2                   | 67           | 69           | 72           | -36,823   | 69,33           |

Tablo E57. S/N yanıt tablosu

| Level | Vardiya Tipi                                                                                           | Operatör      | Vardiya Ayar Sayısı |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------|
| 1     | <b>-34,61</b>                                                                                          | -36,07        | <b>-34,69</b>       |
| 2     | -35,45                                                                                                 | -35,76        | -35,73              |
| 3     | -36,71                                                                                                 | <b>-34,94</b> | -36,35              |
| Delta | 2,10                                                                                                   | 1,13          | 1,65                |
| Rank  | 1                                                                                                      | 3             | 2                   |
| Sonuç | En Çok Etki Eden Parametre Vardiya Tipidir. En büyük S/N oranı Faktörlerin Seviyelerin Göstermektedir. |               |                     |

Tablo E58. Optimum faktör seviyeleri

| Faktör Türü         | Faktör Seviyeleri |      |          |
|---------------------|-------------------|------|----------|
|                     | 1                 | 2    | 3        |
| Vardiya Tipi        | <b>Gündüz</b>     | Gece | Ara      |
| Operatör            | X                 | Y    | <b>Z</b> |
| Gün İçi Ayar Sayısı | <b>1</b>          | 2    | 3        |

Tablo E59. S/N oranı için anova testi

| Kontrol Faktörü     | DF | Kareler Toplamı (SS) | Kareler Ortalaması (MS) | F Oranı                  | P     |
|---------------------|----|----------------------|-------------------------|--------------------------|-------|
| Vardiya Tipi        | 2  | 998,07               | 494,04                  | 22,88                    | 0,000 |
| Operatör            | 2  | 256,52               | 128,26                  | 5,94                     | 0,009 |
| Vardiya Ayar Sayısı | 2  | 586,96               | 293,48                  | 13,59                    | 0,000 |
| Hata                | 20 | 431,85               | 21,59                   |                          |       |
| Toplam              | 26 | 2263,41              |                         |                          |       |
| S=4,64678           |    | <b>R-Sq=% 80,92</b>  |                         | <b>R-Sq(adj)= %75,20</b> |       |

Tablo E60. İdeal işlem süresi (saha uygulaması)

| Vardiya Tipi | Operatör | Vardiya Ayar Sayısı | Tahmin  | Üç Ölçüm Ortalaması | Doğruluk |
|--------------|----------|---------------------|---------|---------------------|----------|
| Gündüz       | Z        | 1                   | 43,5185 | <b>41,66</b>        | %95,73   |

## Deney Grubu: Aktarma ünitesi ayarı

Tablo E61. L9 ortogonal dizisi için ölçüm ve S/N oranı

| Vardiya Tipi | Operatör | Vardiya Ayar Sayısı | Ölçüm 1 (sn) | Ölçüm 2 (sn) | Ölçüm 3 (sn) | S/N Oranı | Ortalama Değeri |
|--------------|----------|---------------------|--------------|--------------|--------------|-----------|-----------------|
| Gündüz       | X        | 1                   | 44           | 44           | 46           | -33,002   | 44,67           |
| Gündüz       | Y        | 2                   | 45           | 44           | 47           | -33,132   | 45,33           |
| Gündüz       | Z        | 3                   | 46           | 48           | 48           | -33,505   | 47,33           |
| Gece         | X        | 2                   | 52           | 52           | 54           | -34,432   | 52,67           |
| Gece         | Y        | 3                   | 51           | 53           | 52           | -34,321   | 52,00           |
| Gece         | Z        | 1                   | 40           | 42           | 44           | -32,472   | 42,00           |
| Ara          | X        | 3                   | 54           | 53           | 51           | -34,433   | 52,67           |
| Ara          | Y        | 1                   | 47           | 46           | 48           | -33,443   | 47,00           |
| Ara          | Z        | 2                   | 46           | 45           | 45           | -33,129   | 45,33           |

Tablo E62. S/N yanıt tablosu

| Level | Vardiya Tipi                                                                                          | Operatör      | Vardiya Ayar Sayısı |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------|
| 1     | <b>-33,21</b>                                                                                         | -33,96        | <b>-32,97</b>       |
| 2     | -33,74                                                                                                | -33,63        | -33,56              |
| 3     | -33,67                                                                                                | <b>-33,04</b> | -34,09              |
| Delta | 0,53                                                                                                  | 0,92          | 1,11                |
| Rank  | 3                                                                                                     | 2             | 1                   |
| Sonuç | En Çok Etki Eden Parametre Ayar Sayısıdır. En büyük S/N oranı Faktörlerin Seviyelerin Göstermektedir. |               |                     |

Tablo E63. Optimum faktör seviyeleri

| Faktör Türü         | Faktör Seviyeleri |      |          |
|---------------------|-------------------|------|----------|
|                     | 1                 | 2    | 3        |
| Vardiya Tipi        | <b>Gündüz</b>     | Gece | Ara      |
| Operatör            | X                 | Y    | <b>Z</b> |
| Gün İçi Ayar Sayısı | <b>1</b>          | 2    | 3        |

Tablo E64. S/N oranı için anova testi

| Kontrol Faktörü     | DF | Kareler Toplamı (SS) | Kareler Ortalaması (MS) | F Oranı | P                        |
|---------------------|----|----------------------|-------------------------|---------|--------------------------|
| Vardiya Tipi        | 2  | 49,556               | 24,778                  | 8,85    | 0,002                    |
| Operatör            | 2  | 120,222              | 60,111                  | 21,47   | 0,000                    |
| Vardiya Ayar Sayısı | 2  | 168,222              | 84,111                  | 30,04   | 0,000                    |
| Hata                | 20 | 56,000               | 2,80                    |         |                          |
| Toplam              | 26 | 394,000              |                         |         |                          |
| S=1,67332           |    | <b>R-Sq=% 85,79</b>  |                         |         | <b>R-Sq(adj)= %81,52</b> |

Tablo E65. Ideal işlem süresi (saha uygulaması)

| Vardiya Tipi | Operatör | Vardiya Ayar Sayısı | Tahmin  | Üç Ölçüm Ortalaması | Doğruluk |
|--------------|----------|---------------------|---------|---------------------|----------|
| Gündüz       | Z        | 1                   | 39,8889 | <b>43,33</b>        | %92,05   |

### Deney Grubu: Doğrultma ünitesi öncesi aktarma borusu değişimi

Tablo E66. L9 ortogonal dizisi için ölçüm ve S/N oranı

| Vardiya Tipi | Operatör | Vardiya Ayar Sayısı | Ölçüm 1 (sn) | Ölçüm 2 (sn) | Ölçüm 3 (sn) | S/N Oranı | Ortalama Değeri |
|--------------|----------|---------------------|--------------|--------------|--------------|-----------|-----------------|
| Gündüz       | X        | 1                   | 117          | 118          | 121          | -41,487   | 118,67          |
| Gündüz       | Y        | 2                   | 118          | 117          | 120          | -41,463   | 118,33          |
| Gündüz       | Z        | 3                   | 116          | 119          | 117          | -41,389   | 117,33          |
| Gece         | X        | 2                   | 126          | 138          | 137          | -42,528   | 133,67          |
| Gece         | Y        | 3                   | 127          | 128          | 130          | -42,167   | 128,33          |
| Gece         | Z        | 1                   | 116          | 119          | 121          | -41,488   | 118,67          |
| Ara          | X        | 3                   | 124          | 128          | 129          | -42,077   | 127,00          |
| Ara          | Y        | 1                   | 112          | 117          | 116          | -41,215   | 115,00          |
| Ara          | Z        | 2                   | 112          | 118          | 114          | -41,191   | 114,67          |

Tablo E67. S/N yanıt tablosu

| Level | Vardiya Tipi                                                                                       | Operatör      | Vardiya Ayar Sayısı |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------|
| 1     | <b>-41,45</b>                                                                                      | -42,03        | <b>-41,40</b>       |
| 2     | -42,06                                                                                             | -41,62        | -41,73              |
| 3     | -41,49                                                                                             | <b>-41,36</b> | -41,88              |
| Delta | 0,61                                                                                               | 0,67          | 0,48                |
| Rank  | 2                                                                                                  | 1             | 3                   |
| Sonuç | En Çok Etki Eden Parametre Operatördür. En büyük S/N oranı Faktörlerin Seviyelerin Göstermektedir. |               |                     |

Tablo E68. Optimum faktör seviyeleri

| Faktör Türü         | Faktör Seviyeleri |      |          |
|---------------------|-------------------|------|----------|
|                     | 1                 | 2    | 3        |
| Vardiya Tipi        | <b>Gündüz</b>     | Gece | Ara      |
| Operatör            | X                 | Y    | <b>Z</b> |
| Gün İçi Ayar Sayısı | <b>1</b>          | 2    | 3        |

Tablo E69. S/N oranı için anova testi

| Kontrol Faktörü     | DF | Kareler Toplamı (SS) | Kareler Ortalaması (MS) | F Oranı                  | P     |
|---------------------|----|----------------------|-------------------------|--------------------------|-------|
| Vardiya Tipi        | 2  | 424,96               | 212,48                  | 23,60                    | 0,000 |
| Operatör            | 2  | 418,30               | 209,15                  | 23,23                    | 0,000 |
| Vardiya Ayar Sayısı | 2  | 218,30               | 109,15                  | 12,12                    | 0,000 |
| Hata                | 20 | 180,07               | 9,00                    |                          |       |
| Toplam              | 26 | 1241,63              |                         |                          |       |
| S=3,00062           |    | <b>R-Sq=% 85,50</b>  |                         | <b>R-Sq(adj)= %81,15</b> |       |

Tablo E70. Ideal işlem süresi (saha uygulaması)

| Vardiya Tipi | Operatör | Vardiya Ayar Sayısı | Tahmin  | Üç Ölçüm Ortalaması | Doğruluk |
|--------------|----------|---------------------|---------|---------------------|----------|
| Gündüz       | Z        | 1                   | 109,852 | <b>112</b>          | %98,08   |

## Deney Grubu: Doğrultma ünitesi içi boru değişimi

Tablo E71. L9 ortogonal dizisi için ölçüm ve S/N oranı

| Vardiya Tipi | Operatör | Vardiya Ayar Sayısı | Ölçüm 1 (sn) | Ölçüm 2 (sn) | Ölçüm 3 (sn) | S/N Oranı | Ortalama Değeri |
|--------------|----------|---------------------|--------------|--------------|--------------|-----------|-----------------|
| Gündüz       | X        | 1                   | 58           | 59           | 61           | -35,468   | 59,33           |
| Gündüz       | Y        | 2                   | 60           | 58           | 62           | -35,566   | 60,00           |
| Gündüz       | Z        | 3                   | 59           | 62           | 63           | -35,757   | 61,33           |
| Gece         | X        | 2                   | 64           | 67           | 68           | -36,437   | 66,33           |
| Gece         | Y        | 3                   | 68           | 64           | 69           | -36,526   | 67,00           |
| Gece         | Z        | 1                   | 60           | 59           | 58           | -35,418   | 59,00           |
| Ara          | X        | 3                   | 72           | 69           | 74           | -37,110   | 71,67           |
| Ara          | Y        | 1                   | 61           | 62           | 59           | -35,661   | 60,67           |
| Ara          | Z        | 2                   | 57           | 56           | 59           | -35,170   | 57,33           |

Tablo E72. S/N yanıt tablosu

| Level | Vardiya Tipi                                                                                                   | Operatör      | Vardiya Ayar Sayısı |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------|
| 1     | <b>-35,60</b>                                                                                                  | -36,34        | <b>-35,52</b>       |
| 2     | -36,13                                                                                                         | -35,92        | -35,72              |
| 3     | -35,98                                                                                                         | <b>-35,45</b> | -36,46              |
| Delta | 0,53                                                                                                           | 1,90          | 0,95                |
| Rank  | 3                                                                                                              | 2             | 1                   |
| Sonuç | En Çok Etki Eden Parametre Gün içi Ayar Sayısıdır.. En büyük S/N oranı Faktörlerin Seviyelerin Göstermektedir. |               |                     |

Tablo E73. Optimum faktör seviyeleri

| Faktör Türü         | Faktör Seviyeleri |      |          |
|---------------------|-------------------|------|----------|
|                     | 1                 | 2    | 3        |
| Vardiya Tipi        | <b>Gündüz</b>     | Gece | Ara      |
| Operatör            | X                 | Y    | <b>Z</b> |
| Gün İçi Ayar Sayısı | <b>1</b>          | 2    | 3        |

Tablo E74. S/N oranı için anova testi

| Kontrol Faktörü     | DF | Kareler Toplamı (SS) | Kareler Ortalaması (MS) | F Oranı                  | P     |
|---------------------|----|----------------------|-------------------------|--------------------------|-------|
| Vardiya Tipi        | 2  | 74,741               | 37,370                  | 8,00                     | 0,000 |
| Operatör            | 2  | 193,407              | 96,704                  | 20,71                    | 0,000 |
| Vardiya Ayar Sayısı | 2  | 243,185              | 121,593                 | 26,03                    | 0,000 |
| Hata                | 20 | 93,407               | 93,407                  |                          |       |
| Toplam              | 26 | 604,741              |                         |                          |       |
| S=2,16110           |    | <b>R-Sq=% 84,55</b>  |                         | <b>R-Sq(adj)= %79,92</b> |       |

Tablo E75. İdeal işlem süresi (saha uygulaması)

| Vardiya Tipi | Operatör | Vardiya Ayar Sayısı | Tahmin  | Üç Ölçüm Ortalaması | Doğruluk |
|--------------|----------|---------------------|---------|---------------------|----------|
| Gündüz       | Z        | 1                   | 54,0741 | <b>56</b>           | %96,56   |

## Deney Grubu: Doğrultma içi kestamid ayarı

Tablo E76. L9 ortogonal dizisi için ölçüm ve S/N oranı

| Vardiya Tipi | Operatör | Vardiya Ayar Sayısı | Ölçüm 1 (sn) | Ölçüm 2 (sn) | Ölçüm 3 (sn) | S/N Oranı | Ortalama Değeri |
|--------------|----------|---------------------|--------------|--------------|--------------|-----------|-----------------|
| Gündüz       | X        | 1                   | 113          | 114          | 121          | -41,293   | 116,00          |
| Gündüz       | Y        | 2                   | 133          | 127          | 129          | -42,258   | 129,67          |
| Gündüz       | Z        | 3                   | 112          | 116          | 115          | -41,164   | 114,33          |
| Gece         | X        | 2                   | 134          | 125          | 139          | -42,464   | 132,67          |
| Gece         | Y        | 3                   | 146          | 150          | 149          | -43,425   | 148,33          |
| Gece         | Z        | 1                   | 120          | 124          | 123          | -41,752   | 122,33          |
| Ara          | X        | 3                   | 127          | 125          | 132          | -42,146   | 128,00          |
| Ara          | Y        | 1                   | 124          | 127          | 126          | -41,985   | 125,67          |
| Ara          | Z        | 2                   | 115          | 124          | 121          | -41,588   | 120,00          |

Tablo E77. S/N yanıt tablosu

| Level | Vardiya Tipi                                                                                       | Operatör      | Vardiya Ayar Sayısı |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------|
| 1     | <b>-41,57</b>                                                                                      | -41,97        | <b>-41,68</b>       |
| 2     | -42,55                                                                                             | -42,56        | -42,10              |
| 3     | -41,91                                                                                             | <b>-41,50</b> | -42,25              |
| Delta | 0,97                                                                                               | 1,05          | 0,57                |
| Rank  | 2                                                                                                  | 1             | 3                   |
| Sonuç | En Çok Etki Eden Parametre Operatördür. En büyük S/N oranı Faktörlerin Seviyelerin Göstermektedir. |               |                     |

Tablo E78. Optimum faktör seviyeleri

| Faktör Türü         | Faktör Seviyeleri |      |          |
|---------------------|-------------------|------|----------|
|                     | 1                 | 2    | 3        |
| Vardiya Tipi        | <b>Gündüz</b>     | Gece | Ara      |
| Operatör            | X                 | Y    | <b>Z</b> |
| Gün İçi Ayar Sayısı | <b>1</b>          | 2    | 3        |

Tablo E79. S/N oranı için anova testi

| Kontrol Faktörü     | DF | Kareler Toplamı (SS) | Kareler Ortalaması (MS) | F Oranı                  | P     |
|---------------------|----|----------------------|-------------------------|--------------------------|-------|
| Vardiya Tipi        | 2  | 981,56               | 490,78                  | 30,15                    | 0,000 |
| Operatör            | 2  | 1112,67              | 556,33                  | 34,18                    | 0,000 |
| Vardiya Ayar Sayısı | 2  | 372,22               | 186,11                  | 11,43                    | 0,000 |
| Hata                | 20 | 325,56               | 16,28                   |                          |       |
| Toplam              | 26 | 2792,00              |                         |                          |       |
| S=4,03457           |    | <b>R-Sq=% 88,34</b>  |                         | <b>R-Sq(adj)= %84,84</b> |       |

Tablo E80. Ideal işlem süresi (saha uygulaması)

| Vardiya Tipi | Operatör | Vardiya Ayar Sayısı | Tahmin  | Üç Ölçüm Ortalaması | Doğruluk |
|--------------|----------|---------------------|---------|---------------------|----------|
| Gündüz       | Z        | 1                   | 107,556 | <b>111</b>          | %96,89   |

## Deney Grubu: Doğrultma ünitesi panel ayarı

Tablo E81. L9 ortogonal dizisi için ölçüm ve S/N oranı

| Vardiya Tipi | Operatör | Vardiya Ayar Sayısı | Ölçüm 1 (sn) | Ölçüm 2 (sn) | Ölçüm 3 (sn) | S/N Oranı | Ortalama Değeri |
|--------------|----------|---------------------|--------------|--------------|--------------|-----------|-----------------|
| Gündüz       | X        | 1                   | 71           | 77           | 75           | -37,429   | 74,33           |
| Gündüz       | Y        | 2                   | 79           | 78           | 81           | -37,990   | 79,33           |
| Gündüz       | Z        | 3                   | 73           | 71           | 75           | -37,269   | 73,00           |
| Gece         | X        | 2                   | 87           | 86           | 83           | -38,624   | 85,33           |
| Gece         | Y        | 3                   | 91           | 92           | 90           | -39,181   | 91,00           |
| Gece         | Z        | 1                   | 84           | 82           | 83           | -38,382   | 83,00           |
| Ara          | X        | 3                   | 83           | 83           | 82           | -38,347   | 82,67           |
| Ara          | Y        | 1                   | 77           | 72           | 76           | -37,505   | 75,00           |
| Ara          | Z        | 2                   | 73           | 71           | 69           | -37,027   | 71,00           |

Tablo E82. S/N yanıt tablosu

| Level | Vardiya Tipi                                                                                           | Operatör      | Vardiya Ayar Sayısı |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------|
| 1     | <b>-37,56</b>                                                                                          | -38,13        | <b>-37,77</b>       |
| 2     | -38,73                                                                                                 | -38,23        | -37,88              |
| 3     | -37,63                                                                                                 | <b>-37,56</b> | -38,27              |
| Delta | 1,17                                                                                                   | 0,67          | 0,49                |
| Rank  | 1                                                                                                      | 2             | 3                   |
| Sonuç | En Çok Etki Eden Parametre Vardiya Tipidir. En büyük S/N oranı Faktörlerin Seviyelerin Göstermektedir. |               |                     |

Tablo E83. Optimum faktör seviyeleri

| Faktör Türü         | Faktör Seviyeleri |      |          |
|---------------------|-------------------|------|----------|
|                     | 1                 | 2    | 3        |
| Vardiya Tipi        | <b>Gündüz</b>     | Gece | Ara      |
| Operatör            | X                 | Y    | <b>Z</b> |
| Gün İçi Ayar Sayısı | <b>1</b>          | 2    | 3        |

Tablo E84. S/N oranı için anova testi

| Kontrol Faktörü     | DF | Kareler Toplamı (SS) | Kareler Ortalaması (MS) | F Oranı                  | P     |
|---------------------|----|----------------------|-------------------------|--------------------------|-------|
| Vardiya Tipi        | 2  | 670,52               | 335,26                  | 47,87                    | 0,000 |
| Operatör            | 2  | 193,41               | 96,70                   | 13,81                    | 0,000 |
| Vardiya Ayar Sayısı | 2  | 112,52               | 56,26                   | 8,03                     | 0,003 |
| Hata                | 20 | 140,07               | 7,00                    |                          |       |
| Toplam              | 26 | 1116,52              |                         |                          |       |
| S=2,64645           |    | <b>R-Sq=% 87,45</b>  |                         | <b>R-Sq(adj)= %83,69</b> |       |

Tablo E85. İdeal işlem süresi (saha uygulaması)

| Vardiya Tipi | Operatör | Vardiya Ayar Sayısı | Tahmin  | Üç Ölçüm Ortalaması | Doğruluk |
|--------------|----------|---------------------|---------|---------------------|----------|
| Gündüz       | Z        | 1                   | 69,8519 | <b>70,5</b>         | %99      |

## Deney Grubu: Doğrultma sonrası aktarma borusu değişimi

Tablo E86. L9 ortogonal dizisi için ölçüm ve S/N oranı

| Vardiya Tipi | Operatör | Vardiya Ayar Sayısı | Ölçüm 1 (sn) | Ölçüm 2 (sn) | Ölçüm 3 (sn) | S/N Oranı | Ortalama Değeri |
|--------------|----------|---------------------|--------------|--------------|--------------|-----------|-----------------|
| Gündüz       | X        | 1                   | 59           | 61           | 61           | -35,612   | 60,33           |
| Gündüz       | Y        | 2                   | 63           | 65           | 61           | -35,990   | 63,00           |
| Gündüz       | Z        | 3                   | 59           | 58           | 62           | -35,518   | 59,67           |
| Gece         | X        | 2                   | 68           | 69           | 70           | -36,778   | 69,00           |
| Gece         | Y        | 3                   | 74           | 71           | 71           | -37,148   | 72,00           |
| Gece         | Z        | 1                   | 64           | 67           | 66           | -36,349   | 65,67           |
| Ara          | X        | 3                   | 65           | 67           | 69           | -36,524   | 67,00           |
| Ara          | Y        | 1                   | 58           | 62           | 61           | -35,615   | 60,33           |
| Ara          | Z        | 2                   | 56           | 61           | 61           | -35,473   | 59,33           |

Tablo E87. S/N yanıt tablosu

| Level | Vardiya Tipi                                                                                           | Operatör      | Vardiya Ayar Sayısı |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------|
| 1     | <b>-35,71</b>                                                                                          | -36,30        | <b>-35,86</b>       |
| 2     | -36,76                                                                                                 | -36,25        | -36,08              |
| 3     | -35,87                                                                                                 | <b>-35,78</b> | -36,40              |
| Delta | 1,05                                                                                                   | 0,52          | 0,54                |
| Rank  | 1                                                                                                      | 3             | 2                   |
| Sonuç | En Çok Etki Eden Parametre Vardiya Tipidir. En büyük S/N oranı Faktörlerin Seviyelerin Göstermektedir. |               |                     |

Tablo E88. Optimum faktör seviyeleri

| Faktör Türü         | Faktör Seviyeleri |      |          |
|---------------------|-------------------|------|----------|
|                     | 1                 | 2    | 3        |
| Vardiya Tipi        | <b>Gündüz</b>     | Gece | Ara      |
| Operatör            | X                 | Y    | <b>Z</b> |
| Gün İçi Ayar Sayısı | <b>1</b>          | 2    | 3        |

Tablo E89. S/N oranı için anova testi

| Kontrol Faktörü     | DF | Kareler Toplamı (SS) | Kareler Ortalaması (MS) | F Oranı | P                        |
|---------------------|----|----------------------|-------------------------|---------|--------------------------|
| Vardiya Tipi        | 2  | 324,519              | 162,259                 | 36,94   | 0,000                    |
| Operatör            | 2  | 83,630               | 41,815                  | 9,52    | 0,001                    |
| Vardiya Ayar Sayısı | 2  | 76,963               | 38,481                  | 8,76    | 0,002                    |
| Hata                | 20 | 87,852               | 4,393                   |         |                          |
| Toplam              | 26 | 572,963              |                         |         |                          |
| S=2,09585           |    | <b>R-Sq=% 84,67</b>  |                         |         | <b>R-Sq(adj)= %80,07</b> |

Tablo E90. Ideal işlem süresi (saha uygulaması)

| Vardiya Tipi | Operatör | Vardiya Ayar Sayısı | Tahmin  | Üç Ölçüm Ortalaması | Doğruluk |
|--------------|----------|---------------------|---------|---------------------|----------|
| Gündüz       | Z        | 1                   | 56,5926 | <b>54</b>           | %95,41   |

### Deney Grubu: Paketleme öncesi makara değişimi

Tablo E91. L9 ortogonal dizisi için ölçüm ve S/N oranı

| Vardiya Tipi | Operatör | Vardiya Ayar Sayısı | Ölçüm 1 (sn) | Ölçüm 2 (sn) | Ölçüm 3 (sn) | S/N Oranı | Ortalama Değeri |
|--------------|----------|---------------------|--------------|--------------|--------------|-----------|-----------------|
| Gündüz       | X        | 1                   | 32           | 31           | 31           | -29,921   | 31,33           |
| Gündüz       | Y        | 2                   | 33           | 34           | 32           | -30,373   | 33,00           |
| Gündüz       | Z        | 3                   | 33           | 35           | 35           | -30,718   | 34,33           |
| Gece         | X        | 2                   | 40           | 41           | 42           | -32,257   | 41,00           |
| Gece         | Y        | 3                   | 41           | 42           | 43           | -32,467   | 42,00           |
| Gece         | Z        | 1                   | 33           | 34           | 33           | -30,458   | 33,33           |
| Ara          | X        | 3                   | 36           | 34           | 34           | -30,802   | 34,67           |
| Ara          | Y        | 1                   | 34           | 34           | 35           | -30,715   | 34,33           |
| Ara          | Z        | 2                   | 33           | 32           | 32           | -30,194   | 32,33           |

Tablo E92. S/N yanıt tablosu

| Level | Vardiya Tipi                                                                                           | Operatör      | Vardiya Ayar Sayısı |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------|
| 1     | <b>-30,34</b>                                                                                          | -30,99        | <b>-30,36</b>       |
| 2     | -31,73                                                                                                 | -31,18        | -30,94              |
| 3     | -30,57                                                                                                 | <b>-30,46</b> | -31,33              |
| Delta | 1,39                                                                                                   | 0,73          | 0,96                |
| Rank  | 1                                                                                                      | 3             | 2                   |
| Sonuç | En Çok Etki Eden Parametre Vardiya Tipidir. En büyük S/N oranı Faktörlerin Seviyelerin Göstermektedir. |               |                     |

Tablo E93. Optimum faktör seviyeleri

| Faktör Türü         | Faktör Seviyeleri |      |          |
|---------------------|-------------------|------|----------|
|                     | 1                 | 2    | 3        |
| Vardiya Tipi        | <b>Gündüz</b>     | Gece | Ara      |
| Operatör            | X                 | Y    | <b>Z</b> |
| Gün İçi Ayar Sayısı | <b>1</b>          | 2    | 3        |

Tablo E94. S/N oranı için anova testi

| Kontrol Faktörü     | DF | Kareler Toplamı (SS) | Kareler Ortalaması (MS) | F Oranı                  | P     |
|---------------------|----|----------------------|-------------------------|--------------------------|-------|
| Vardiya Tipi        | 2  | 181,407              | 90,704                  | 35,14                    | 0,002 |
| Operatör            | 2  | 47,185               | 23,593                  | 9,14                     | 0,000 |
| Vardiya Ayar Sayısı | 2  | 73,185               | 36,593                  | 14,18                    | 0,000 |
| Hata                | 20 | 51,630               | 2,581                   |                          |       |
| Toplam              | 26 | 353,407              |                         |                          |       |
| S=1,60670           |    | <b>R-Sq=% 85,39</b>  |                         | <b>R-Sq(adj)= %81,01</b> |       |

Tablo 95. İdeal işlem süresi (saha uygulaması)

| Vardiya Tipi | Operatör | Vardiya Ayar Sayısı | Tahmin  | Üç Ölçüm Ortalaması | Doğruluk |
|--------------|----------|---------------------|---------|---------------------|----------|
| Gündüz       | Z        | 1                   | 28,9259 | <b>29</b>           | %99,74   |

## Deney Grubu: Paketleme öncesi aktarma borusu değişimi

Tablo E96. L9 ortogonal dizisi için ölçüm ve S/N oranı

| Vardiya Tipi | Operatör | Vardiya Ayar Sayısı | Ölçüm 1 (sn) | Ölçüm 2 (sn) | Ölçüm 3 (sn) | S/N Oranı | Ortalama Değeri |
|--------------|----------|---------------------|--------------|--------------|--------------|-----------|-----------------|
| Gündüz       | X        | 1                   | 43           | 45           | 44           | -32,871   | 44,00           |
| Gündüz       | Y        | 2                   | 52           | 49           | 56           | -34,389   | 52,33           |
| Gündüz       | Z        | 3                   | 50           | 51           | 53           | -34,211   | 51,33           |
| Gece         | X        | 2                   | 61           | 56           | 58           | -35,324   | 58,33           |
| Gece         | Y        | 3                   | 63           | 62           | 63           | -35,941   | 62,67           |
| Gece         | Z        | 1                   | 46           | 47           | 47           | -33,381   | 46,67           |
| Ara          | X        | 3                   | 63           | 61           | 61           | -35,802   | 61,67           |
| Ara          | Y        | 1                   | 46           | 50           | 48           | -33,630   | 48,00           |
| Ara          | Z        | 2                   | 45           | 49           | 51           | -33,697   | 48,33           |

Tablo E97. S/N yanıt tablosu

| Level | Vardiya Tipi                                                                                                 | Operatör      | Vardiya Ayar Sayısı |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------|
| 1     | <b>-33,82</b>                                                                                                | -34,69        | <b>-33,29</b>       |
| 2     | -34,88                                                                                                       | -34,65        | -34,47              |
| 3     | -34,38                                                                                                       | <b>-33,76</b> | -35,32              |
| Delta | 1,06                                                                                                         | 0,90          | 2,02                |
| Rank  | 2                                                                                                            | 3             | 1                   |
| Sonuç | En Çok Etki Eden Parametre Vardiya ayar sayısıdır.En büyük S/N oranı Faktörlerin Seviyelerin Göstermektedir. |               |                     |

Tablo E98. Optimum faktör seviyeleri

| Faktör Türü         | Faktör Seviyeleri |      |          |
|---------------------|-------------------|------|----------|
|                     | 1                 | 2    | 3        |
| Vardiya Tipi        | <b>Gündüz</b>     | Gece | Ara      |
| Operatör            | X                 | Y    | <b>Z</b> |
| Gün İçi Ayar Sayısı | <b>1</b>          | 2    | 3        |

Tablo E99. S/N oranı için anova testi

| Kontrol Faktörü     | DF | Kareler Toplamı (SS) | Kareler Ortalaması (MS) | F Oranı                  | P     |
|---------------------|----|----------------------|-------------------------|--------------------------|-------|
| Vardiya Tipi        | 2  | 200,07               | 100,04                  | 22,05                    | 0,000 |
| Operatör            | 2  | 196,96               | 98,48                   | 21,71                    | 0,000 |
| Vardiya Ayar Sayısı | 2  | 686,74               | 343,37                  | 75,68                    | 0,000 |
| Hata                | 20 | 90,74                | 4,54                    |                          |       |
| Toplam              | 26 | 1174,52              |                         |                          |       |
| S=2,13003           |    | <b>R-Sq=% 92,27</b>  |                         | <b>R-Sq(adj)= %89,96</b> |       |

Tablo E100. İdeal işlem süresi (saha uygulaması)

| Vardiya Tipi | Operatör | Vardiya Ayar Sayısı | Tahmin  | Üç Ölçüm Ortalaması | Doğruluk |
|--------------|----------|---------------------|---------|---------------------|----------|
| Gündüz       | Z        | 1                   | 39,0370 | <b>41</b>           | %95,212  |

## Deney Grubu: Malzemenin üretim hattına alınması

Tablo E101. L9 ortogonal dizisi için ölçüm ve S/N oranı

| Vardiya Tipi | Operatör | Vardiya Ayar Sayısı | Ölçüm 1 (sn) | Ölçüm 2 (sn) | Ölçüm 3 (sn) | S/N Oranı | Ortalama Değeri |
|--------------|----------|---------------------|--------------|--------------|--------------|-----------|-----------------|
| Gündüz       | X        | 1                   | 113          | 116          | 114          | -41,164   | 114,33          |
| Gündüz       | Y        | 2                   | 110          | 111          | 110          | -40,854   | 110,33          |
| Gündüz       | Z        | 3                   | 103          | 105          | 102          | -40,285   | 103,33          |
| Gece         | X        | 2                   | 121          | 120          | 121          | -41,632   | 120,67          |
| Gece         | Y        | 3                   | 119          | 118          | 121          | -41,536   | 119,33          |
| Gece         | Z        | 1                   | 114          | 117          | 118          | -41,315   | 116,33          |
| Ara          | X        | 3                   | 132          | 136          | 139          | -42,651   | 135,67          |
| Ara          | Y        | 1                   | 114          | 114          | 117          | -41,215   | 115,00          |
| Ara          | Z        | 2                   | 109          | 112          | 114          | -40,960   | 111,67          |

Tablo E102. S/N yanıt tablosu

| Level | Vardiya Tipi                                                                                       | Operatör      | Vardiya Ayar Sayısı |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------|
| 1     | <b>-40,77</b>                                                                                      | -41,82        | -41,23              |
| 2     | -41,49                                                                                             | -41,20        | <b>-41,15</b>       |
| 3     | -41,61                                                                                             | <b>-40,85</b> | -41,49              |
| Delta | 0,84                                                                                               | 1,37          | 0,34                |
| Rank  | 2                                                                                                  | 1             | 2                   |
| Sonuç | En Çok Etki Eden Parametre Operatördür. En büyük S/N oranı Faktörlerin Seviyelerin Göstermektedir. |               |                     |

Tablo E103. Optimum faktör seviyeleri

| Faktör Türü         | Faktör Seviyeleri |      |          |
|---------------------|-------------------|------|----------|
|                     | 1                 | 2    | 3        |
| Vardiya Tipi        | <b>Gündüz</b>     | Gece | Ara      |
| Operatör            | X                 | Y    | <b>Z</b> |
| Gün İçi Ayar Sayısı | 1                 | 2    | 3        |

Tablo E104. S/N oranı için anova testi

| Kontrol Faktörü     | DF | Kareler Toplamı (SS) | Kareler Ortalaması (MS) | F Oranı                  | P     |
|---------------------|----|----------------------|-------------------------|--------------------------|-------|
| Vardiya Tipi        | 2  | 672,52               | 336,26                  | 18,76                    | 0,000 |
| Operatör            | 2  | 800,30               | 400,15                  | 22,32                    | 0,000 |
| Vardiya Ayar Sayısı | 2  | 138,30               | 69,15                   | 3,86                     | 0,038 |
| Hata                | 20 | 358,52               | 17,93                   |                          |       |
| Toplam              | 26 | 1969,63              |                         |                          |       |
| S=4,23390           |    | <b>R-Sq=% 81,80</b>  |                         | <b>R-Sq(adj)= %76,34</b> |       |

Tablo E105. Ideal işlem süresi (saha uygulaması)

| Vardiya Tipi | Operatör | Vardiya Ayar Sayısı | Tahmin  | Üç Ölçüm Ortalaması | Doğruluk |
|--------------|----------|---------------------|---------|---------------------|----------|
| Gündüz       | Z        | 1                   | 101,407 | <b>101</b>          | %99,53   |

## Deney Grubu: Mühre ayarı

Tablo E106. L9 ortogonal dizisi için ölçüm ve S/N oranı

| Vardiya Tipi | Operatör | Vardiya Ayar Sayısı | Ölçüm 1 (sn) | Ölçüm 2 (sn) | Ölçüm 3 (sn) | S/N Oranı | Ortalama Değeri |
|--------------|----------|---------------------|--------------|--------------|--------------|-----------|-----------------|
| Gündüz       | X        | 1                   | 115          | 119          | 112          | -41,242   | 115,33          |
| Gündüz       | Y        | 2                   | 129          | 125          | 127          | -42,077   | 127,00          |
| Gündüz       | Z        | 3                   | 135          | 129          | 133          | -42,435   | 132,33          |
| Gece         | X        | 2                   | 156          | 159          | 161          | -44,010   | 158,67          |
| Gece         | Y        | 3                   | 161          | 163          | 158          | -44,119   | 160,67          |
| Gece         | Z        | 1                   | 134          | 137          | 142          | -42,779   | 137,67          |
| Ara          | X        | 3                   | 164          | 167          | 168          | -44,420   | 166,33          |
| Ara          | Y        | 1                   | 117          | 122          | 117          | -41,488   | 118,67          |
| Ara          | Z        | 2                   | 120          | 124          | 121          | -41,704   | 121,67          |

Tablo E107. S/N yanıt tablosu

| Level | Vardiya Tipi                                                                                                 | Operatör      | Vardiya Ayar Sayısı |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------|
| 1     | <b>-41,92</b>                                                                                                | -43,22        | <b>-41,84</b>       |
| 2     | -43,64                                                                                                       | -42,56        | -42,60              |
| 3     | -42,54                                                                                                       | <b>-42,31</b> | -43,66              |
| Delta | 1,72                                                                                                         | 0,92          | 1,82                |
| Rank  | 2                                                                                                            | 3             | 1                   |
| Sonuç | En Çok Etki Eden Parametre Vardiya ayar sayısıdır.En büyük S/N oranı Faktörlerin Seviyelerin Göstermektedir. |               |                     |

Tablo E108. Optimum faktör seviyeleri

| Faktör Türü         | Faktör Seviyeleri |      |          |
|---------------------|-------------------|------|----------|
|                     | 1                 | 2    | 3        |
| Vardiya Tipi        | <b>Gündüz</b>     | Gece | Ara      |
| Operatör            | X                 | Y    | <b>Z</b> |
| Gün İçi Ayar Sayısı | <b>1</b>          | 2    | 3        |

Tablo E109. S/N oranı için anova testi

| Kontrol Faktörü     | DF | Kareler Toplamı (SS) | Kareler Ortalaması (MS) | F Oranı | P                        |
|---------------------|----|----------------------|-------------------------|---------|--------------------------|
| Vardiya Tipi        | 2  | 3445,4               | 1722,7                  | 48,30   | 0,000                    |
| Operatör            | 2  | 1246,5               | 623,3                   | 17,47   | 0,000                    |
| Vardiya Ayar Sayısı | 2  | 3887,2               | 1943,6                  | 54,49   | 0,000                    |
| Hata                | 20 | 713,4                | 35,7                    |         |                          |
| Toplam              | 26 | 9292,5               |                         |         |                          |
| S=5,97247           |    | <b>R-Sq=% 92,32</b>  |                         |         | <b>R-Sq(adj)= %90,02</b> |

Tablo E110. Ideal işlem süresi (saha uygulaması)

| Vardiya Tipi | Operatör | Vardiya Ayar Sayısı | Tahmin  | Üç Ölçüm Ortalaması | Doğruluk |
|--------------|----------|---------------------|---------|---------------------|----------|
| Gündüz       | Z        | 1                   | 104,148 | <b>112</b>          | %92,989  |

## Deney Grubu: Ön doğrultma makara ayarı

Tablo E111. L27 ortogonal dizisi için ölçüm ve S/N oranı

| Deney No | Vardiya Tipi | Operatör | Vardiya Ayar Sayısı | Malzeme Sertliği | Ölçüm1 (sn) | S/N Oranı | Deney No | Vardiya Tipi | Operatör | Vardiya Ayar Sayısı | Malzeme Sertliği | Ölçüm1 (sn) | S/N Oranı |
|----------|--------------|----------|---------------------|------------------|-------------|-----------|----------|--------------|----------|---------------------|------------------|-------------|-----------|
| 1        | Gündüz       | X        | 1                   | <200 HB          | 160         | -44,0824  | 15       | Gece         | Z        | 1                   | 250 HB<          | 171         | -44,6599  |
| 2        | Gündüz       | X        | 1                   | 200÷250 HB       | 166         | -44,4022  | 16       | Ara          | X        | 2                   | <200 HB          | 180         | -45,1055  |
| 3        | Gündüz       | X        | 1                   | 250 HB<          | 179         | -45,0571  | 17       | Ara          | X        | 2                   | 200÷250 HB       | 187         | -45,4368  |
| 4        | Gece         | Y        | 2                   | <200 HB          | 194         | -45,756   | 18       | Ara          | X        | 2                   | 250 HB<          | 195         | -45,8007  |
| 5        | Gece         | Y        | 2                   | 200÷250 HB       | 175         | -44,8608  | 19       | Gündüz       | Z        | 2                   | <200 HB          | 145         | -43,2274  |
| 6        | Gece         | Y        | 2                   | 250 HB<          | 183         | -45,249   | 20       | Gündüz       | Z        | 2                   | 200÷250 HB       | 147         | -43,3463  |
| 7        | Ara          | Z        | 3                   | <200 HB          | 165         | -44,3497  | 21       | Gündüz       | Z        | 2                   | 250 HB<          | 156         | -43,8625  |
| 8        | Ara          | Z        | 3                   | 200÷250 HB       | 169         | -44,5577  | 22       | Gece         | X        | 3                   | <200 HB          | 204         | -46,1926  |
| 9        | Ara          | Z        | 3                   | 250 HB<          | 183         | -45,249   | 23       | Gece         | X        | 3                   | 200÷250 HB       | 212         | -46,5267  |
| 10       | Gündüz       | Y        | 3                   | <200 HB          | 171         | -44,6599  | 24       | Gece         | X        | 3                   | 250 HB<          | 234         | -47,3843  |
| 11       | Gündüz       | Y        | 3                   | 200÷250 HB       | 177         | -44,9595  | 25       | Ara          | Y        | 1                   | <200 HB          | 153         | -43,6938  |
| 12       | Gündüz       | Y        | 3                   | 250 HB<          | 192         | -45,666   | 26       | Ara          | Y        | 1                   | 200÷250 HB       | 163         | -44,2438  |
| 13       | Gece         | Z        | 1                   | <200 HB          | 153         | -43,6938  | 27       | Ara          | Y        | 1                   | 250 HB<          | 173         | -44,7609  |

Tablo E112. S/N yanıt tablosu

| Level | Vardiya Tipi                                                                                       | Operatör      | Vardiya Ayar Sayısı | Malzeme Sertliği |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------|------------------|
| 1     | <b>-44,36</b>                                                                                      | -45,55        | <b>-44,27</b>       | <b>-44,53</b>    |
| 2     | -45,35                                                                                             | -44,87        | -44,74              | -44,69           |
| 3     | -44,80                                                                                             | <b>-44,09</b> | -45,51              | -45,30           |
| Delta | 0,99                                                                                               | 1,46          | 1,23                | 1,82             |
| Rank  | 3                                                                                                  | 1             | 2                   | 4                |
| Sonuç | En Çok Etki Eden Parametre Operatördür. En büyük S/N oranı Faktörlerin Seviyelerin Göstermektedir. |               |                     |                  |

Tablo E113. Optimum faktör seviyeleri

| Faktör Türü         | Faktör Seviyeleri     |                 |             |
|---------------------|-----------------------|-----------------|-------------|
|                     | 1                     | 2               | 3           |
| Vardiya Tipi        | <b>Gündüz</b>         | Gece            | Ara         |
| Operatör            | X                     | Y               | <b>Z</b>    |
| Vardiya Ayar Sayısı | <b>1</b>              | 2               | 3           |
| Malzeme Sertliği    | <b>Sertlik&lt;190</b> | 190<Sertlik<230 | Sertlik>230 |

Tablo E114. S/N oranı için anova testi

| Kontrol Faktörü             | DF | Kareler Toplamı (SS) | Kareler Ortalaması (MS) | F Oranı                 | P     |
|-----------------------------|----|----------------------|-------------------------|-------------------------|-------|
| Vardiya Tipi                | 2  | 4,4433               | 2,22167                 | 28,72                   | 0,000 |
| Operatör                    | 2  | 9,6648               | 4,83241                 | 62,47                   | 0,000 |
| Vardiya Ayar Sayısı         | 2  | 6,9678               | 3,48389                 | 45,04                   | 0,000 |
| Malzeme Sertliği            | 2  | 2,9718               | 1,48588                 | 19,21                   | 0,000 |
| Operatör * Malzeme Sertliği | 4  | 0,1673               | 0,04184                 | 0,54                    | 0,708 |
| Hata                        | 14 | 1,0829               | 0,07735                 |                         |       |
| Toplam                      | 26 | 25,2980              |                         |                         |       |
| S=0,2781                    |    | <b>R-Sq=% 95,7</b>   |                         | <b>R-Sq(adj)= %92,1</b> |       |

Tablo E115. Ideal işlem süresi (saha uygulaması)

| Vardiya Tipi | Operatör | Vardiya Ayar Sayısı | Malzeme Sertliği | Tahmin  | Saha Ölçümü | Doğruluk |
|--------------|----------|---------------------|------------------|---------|-------------|----------|
| Gündüz       | Z        | 1                   | Sertlik<190      | 132,667 | <b>140</b>  | %94,76   |

## Deney Grubu: Doğrultma ünitesi makara ayarı

Tablo E116. L27 ortogonal dizisi için ölçüm ve S/N oranı

| Deney No | Vardiya Tipi | Operatör | Vardiya Ayar Sayısı | Malzeme Sertliği | Ölçüm1 (sn) | S/N Oranı | Deney No | Vardiya Tipi | Operatör | Vardiya Ayar Sayısı | Malzeme Sertliği | Ölçüm1 (sn) | S/N Oranı |
|----------|--------------|----------|---------------------|------------------|-------------|-----------|----------|--------------|----------|---------------------|------------------|-------------|-----------|
| 1        | Gündüz       | X        | 1                   | <200 HB          | 91          | -39,1808  | 15       | Gece         | Z        | 1                   | 250 HB<          | 119         | -41,5109  |
| 2        | Gündüz       | X        | 1                   | 200÷250 HB       | 98          | -39,8245  | 16       | Ara          | X        | 2                   | <200 HB          | 112         | -40,9844  |
| 3        | Gündüz       | X        | 1                   | 250 HB<          | 106         | -40,5061  | 17       | Ara          | X        | 2                   | 200÷250 HB       | 118         | -41,4376  |
| 4        | Gece         | Y        | 2                   | <200 HB          | 97          | -39,7354  | 18       | Ara          | X        | 2                   | 250 HB<          | 126         | -42,0074  |
| 5        | Gece         | Y        | 2                   | 200÷250 HB       | 103         | -40,2567  | 19       | Gündüz       | Z        | 2                   | <200 HB          | 81          | -38,1697  |
| 6        | Gece         | Y        | 2                   | 250 HB<          | 124         | -41,8684  | 20       | Gündüz       | Z        | 2                   | 200÷250 HB       | 79          | -37,9525  |
| 7        | Ara          | Z        | 3                   | <200 HB          | 96          | -39,6454  | 21       | Gündüz       | Z        | 2                   | 250 HB<          | 86          | -38,69    |
| 8        | Ara          | Z        | 3                   | 200÷250 HB       | 94          | -39,4626  | 22       | Gece         | X        | 3                   | <200 HB          | 126         | -42,0074  |
| 9        | Ara          | Z        | 3                   | 250 HB<          | 102         | -40,172   | 23       | Gece         | X        | 3                   | 200÷250 HB       | 131         | -42,3454  |
| 10       | Gündüz       | Y        | 3                   | <200 HB          | 95          | -39,5545  | 24       | Gece         | X        | 3                   | 250 HB<          | 139         | -42,8603  |
| 11       | Gündüz       | Y        | 3                   | 200÷250 HB       | 102         | -40,172   | 25       | Ara          | Y        | 1                   | <200 HB          | 84          | -38,4856  |
| 12       | Gündüz       | Y        | 3                   | 250 HB<          | 115         | -41,214   | 26       | Ara          | Y        | 1                   | 200÷250 HB       | 93          | -39,3697  |
| 13       | Gece         | Z        | 1                   | <200 HB          | 105         | -40,4238  | 27       | Ara          | Y        | 1                   | 250 HB<          | 102         | -40,172   |

Tablo E117. S/N yanıt tablosu

| Level | Vardiya Tipi                                                                                           | Operatör      | Vardiya Ayar Sayısı | Malzeme Sertliği |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------|------------------|
| 1     | <b>-39,47</b>                                                                                          | -41,24        | <b>-40,05</b>       | <b>-39,80</b>    |
| 2     | -41,33                                                                                                 | -40,09        | -40,12              | -40,20           |
| 3     | -40,19                                                                                                 | <b>-39,67</b> | -10,83              | -41,00           |
| Delta | 1,86                                                                                                   | 1,57          | 0,78                | 1,20             |
| Rank  | 1                                                                                                      | 2             | 4                   | 3                |
| Sonuç | En Çok Etki Eden Parametre Vardiya Tipidir. En büyük S/N oranı Faktörlerin Seviyelerin Göstermektedir. |               |                     |                  |

Tablo E118. Optimum faktör seviyeleri

| Faktör Türü         | Faktör Seviyeleri     |                 |             |
|---------------------|-----------------------|-----------------|-------------|
|                     | 1                     | 2               | 3           |
| Vardiya Tipi        | <b>Gündüz</b>         | Gece            | Ara         |
| Operatör            | X                     | Y               | <b>Z</b>    |
| Vardiya Ayar Sayısı | <b>1</b>              | 2               | 3           |
| Malzeme Sertliği    | <b>Sertlik&lt;190</b> | 190<Sertlik<230 | Sertlik>230 |

Tablo E119. s/n oranı için anova testi

| Kontrol Faktörü             | DF | Kareler Toplamı (SS) | Kareler Ortalaması (MS) | F Oranı                 | P     |
|-----------------------------|----|----------------------|-------------------------|-------------------------|-------|
| Vardiya Tipi                | 2  | 15,812               | 7,9062                  | 21,54                   | 0,000 |
| Operatör                    | 2  | 11,897               | 5,9483                  | 16,21                   | 0,000 |
| Vardiya Ayar Sayısı         | 2  | 3,302                | 1,6511                  | 4,50                    | 0,031 |
| Malzeme Sertliği            | 2  | 6,734                | 3,3670                  | 9,17                    | 0,003 |
| Operatör * Malzeme Sertliği | 4  | 1,039                | 0,2597                  | 0,71                    | 0,600 |
| Hata                        | 14 | 5,139                | 0,3671                  |                         |       |
| Toplam                      | 26 | 5,139                |                         |                         |       |
| S=0,6059                    |    | <b>R-Sq=% 88,3</b>   |                         | <b>R-Sq(adj)= %78,3</b> |       |

Tablo E120. Ideal işlem süresi (saha uygulaması)

| Vardiya Tipi | Operatör | Vardiya Ayar Sayısı | Malzeme Sertliği | Tahmin | Ölçüm Değeri | Doğruluk |
|--------------|----------|---------------------|------------------|--------|--------------|----------|
| Gündüz       | Z        | 1                   | Sertlik<190      | 79,81  | <b>80</b>    | %99,76   |

## Deney Grubu: Doğrusallık ayarı

Tablo E121. L27 ortogonal dizisi için ölçüm ve S/N oranı

| Deney No | Vardiya Tipi | Operatör | Vardiya Ayar Sayısı | Malzeme Sertliği | Ölçüm1 (sn) | S/N Oranı | Deney No | Vardiya Tipi | Operatör | Vardiya Ayar Sayısı | Malzeme Sertliği | Ölçüm1 (sn) | S/N Oranı |
|----------|--------------|----------|---------------------|------------------|-------------|-----------|----------|--------------|----------|---------------------|------------------|-------------|-----------|
| 1        | Gündüz       | X        | 1                   | <200 HB          | 182         | -39,1808  | 15       | Gece         | Z        | 1                   | 250 HB<          | 195         | -41,5109  |
| 2        | Gündüz       | X        | 1                   | 200÷250 HB       | 207         | -39,8245  | 16       | Ara          | X        | 2                   | <200 HB          | 206         | -40,9844  |
| 3        | Gündüz       | X        | 1                   | 250 HB<          | 224         | -40,5061  | 17       | Ara          | X        | 2                   | 200÷250 HB       | 229         | -41,4376  |
| 4        | Gece         | Y        | 2                   | <200 HB          | 183         | -39,7354  | 18       | Ara          | X        | 2                   | 250 HB<          | 259         | -42,0074  |
| 5        | Gece         | Y        | 2                   | 200÷250 HB       | 220         | -40,2567  | 19       | Gündüz       | Z        | 2                   | <200 HB          | 153         | -38,1697  |
| 6        | Gece         | Y        | 2                   | 250 HB<          | 249         | -41,8684  | 20       | Gündüz       | Z        | 2                   | 200÷250 HB       | 184         | -37,9525  |
| 7        | Ara          | Z        | 3                   | <200 HB          | 182         | -39,6454  | 21       | Gündüz       | Z        | 2                   | 250 HB<          | 192         | -38,69    |
| 8        | Ara          | Z        | 3                   | 200÷250 HB       | 182         | -39,4626  | 22       | Gece         | X        | 3                   | <200 HB          | 234         | -42,0074  |
| 9        | Ara          | Z        | 3                   | 250 HB<          | 209         | -40,172   | 23       | Gece         | X        | 3                   | 200÷250 HB       | 264         | -42,3454  |
| 10       | Gündüz       | Y        | 3                   | <200 HB          | 188         | -39,5545  | 24       | Gece         | X        | 3                   | 250 HB<          | 270         | -42,8603  |
| 11       | Gündüz       | Y        | 3                   | 200÷250 HB       | 214         | -40,172   | 25       | Ara          | Y        | 1                   | <200 HB          | 182         | -38,4856  |
| 12       | Gündüz       | Y        | 3                   | 250 HB<          | 223         | -41,214   | 26       | Ara          | Y        | 1                   | 200÷250 HB       | 199         | -39,3697  |
| 13       | Gece         | Z        | 1                   | <200 HB          | 181         | -40,4238  | 27       | Ara          | Y        | 1                   | 250 HB<          | 217         | -40,172   |

Tablo E122. S/N yanıt tablosu

| Level | Vardiya Tipi                                                                                       | Operatör      | Vardiya Ayar Sayısı | Malzeme Sertliği |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------|------------------|
| 1     | <b>-45,80</b>                                                                                      | -47,19        | <b>-45,85</b>       | <b>-45,43</b>    |
| 2     | -46,74                                                                                             | -46,33        | -46,27              | -46,35           |
| 3     | -46,27                                                                                             | <b>-45,30</b> | -46,70              | -47,04           |
| Delta | 0,94                                                                                               | 1,89          | 0,85                | 1,62             |
| Rank  | 3                                                                                                  | 1             | 4                   | 2                |
| Sonuç | En Çok Etki Eden Parametre Operatördür. En büyük S/N oranı Faktörlerin Seviyelerin Göstermektedir. |               |                     |                  |

Tablo E123. Optimum faktör seviyeleri

| Faktör Türü         | Faktör Seviyeleri     |                 |             |
|---------------------|-----------------------|-----------------|-------------|
|                     | 1                     | 2               | 3           |
| Vardiya Tipi        | <b>Gündüz</b>         | Gece            | Ara         |
| Operatör            | X                     | Y               | <b>Z</b>    |
| Vardiya Ayar Sayısı | <b>1</b>              | 2               | 3           |
| Malzeme Sertliği    | <b>Sertlik&lt;190</b> | 190<Sertlik<230 | Sertlik>230 |

Tablo E124. S/N oranı için anova testi

| Kontrol Faktörü             | DF | Kareler Toplamı (SS) | Kareler Ortalaması (MS) | F Oranı                 | P     |
|-----------------------------|----|----------------------|-------------------------|-------------------------|-------|
| Vardiya Tipi                | 2  | 3,9470               | 1,9735                  | 14,52                   | 0,000 |
| Operatör                    | 2  | 16,1865              | 8,0933                  | 59,54                   | 0,000 |
| Vardiya Ayar Sayısı         | 2  | 3,2687               | 1,6343                  | 12,02                   | 0,001 |
| Malzeme Sertliği            | 2  | 11,8237              | 5,9118                  | 43,49                   | 0,000 |
| Operatör * Malzeme Sertliği | 4  | 0,4003               | 0,1001                  | 0,74                    | 0,582 |
| Hata                        | 14 | 1,9031               | 0,1359                  |                         |       |
| Toplam                      | 26 | 37,5293              |                         |                         |       |
| S=0,3687                    |    | <b>R-Sq=% 94,9</b>   |                         | <b>R-Sq(adj)= %90,6</b> |       |

Tablo E125. Ideal işlem süresi (saha uygulaması)

| Vardiya Tipi | Operatör | Vardiya Ayar Sayısı | Malzeme Sertliği | Tahmin  | Üç Ölçüm Ortalaması | Doğruluk |
|--------------|----------|---------------------|------------------|---------|---------------------|----------|
| Gündüz       | Z        | 1                   | Sertlik<190      | 149,370 | <b>150</b>          | %99,58   |

## EK B: İş sıralama tabloları

Tablo E126. Mevcut duruma göre sipariş sıralaması ve ayar süreleri

| İş Emri Numarası | Hammadde Kesit Türü | Kesit (mm) | Mamul Kesit Türü | Mamul Kesit (mm) | Mevcut Durum (dk) | SMED Uygulaması Sonrası (dk) | Taguchi Uygulaması Sonrası (dk) |
|------------------|---------------------|------------|------------------|------------------|-------------------|------------------------------|---------------------------------|
| 31588            | Ø                   | 24         | Ø                | 22               | 56                | 31                           | 23                              |
| 34418            | Ø                   | 32         | Ø                | 30               | 58                | 28                           | 24                              |
| 34419            | Ø                   | 26         | Ø                | 25               | 57                | 28                           | 23                              |
| 34421            | Ø                   | 27         | Ø                | 25               | 39                | 17                           | 14                              |
| 34501            | Ø                   | 34         | Ø                | 32               | 60                | 29                           | 25                              |
| 34502            | Ø                   | 29         | Ø                | 28               | 60                | 29                           | 25                              |
| 34503            | Ø                   | 38         | Ø                | 37               | 63                | 31                           | 26                              |
| 34504            | Ø                   | 29         | Ø                | 27               | 63                | 31                           | 26                              |
| 35198            | Ø                   | 30         | Ø                | 27,7             | 44                | 20                           | 17                              |
| 35441            | Ø                   | 32         | Ø                | 30               | 49                | 24                           | 20                              |
| 35442            | Ø                   | 26         | Ø                | 25               | 57                | 28                           | 23                              |
| 35445            | Ø                   | 27         | Ø                | 25               | 39                | 17                           | 14                              |
| 35447            | Ø                   | 26         | Ø                | 24               | 47                | 22                           | 18                              |
| 35620            | Ø                   | 26         | Ø                | 25,2             | 56                | 27                           | 23                              |
| 35669            | Ø                   | 32         | Ø                | 30,16            | 58                | 28                           | 24                              |
| 35686            | Ø                   | 27         | Ø                | 25,4             | 60                | 29                           | 25                              |
| 35832            | Ø                   | 32         | Ø                | 29,89            | 49                | 24                           | 20                              |
| 35835            | Hex                 | 18,5       | Hex              | 17               | 59                | 28                           | 23                              |
| 35836            | Hex                 | 18,5       | Hex              | 17               | 39                | 17                           | 13                              |
| 35837            | Hex                 | 18,5       | Hex              | 17               | 39                | 17                           | 13                              |
| 36079            | Ø                   | 22         | Ø                | 20               | 51                | 25                           | 21                              |
| 36080            | Ø                   | 26         | Ø                | 25               | 53                | 25                           | 21                              |
| 36084            | Ø                   | 24         | Ø                | 22               | 52                | 26                           | 21                              |
| 36085            | Ø                   | 26         | Ø                | 25               | 51                | 25                           | 20                              |
| 36087            | Ø                   | 32         | Ø                | 30               | 55                | 26                           | 22                              |
| 36089            | Ø                   | 22         | Ø                | 20               | 58                | 28                           | 24                              |
| 36090            | Ø                   | 30         | Ø                | 28               | 58                | 28                           | 24                              |
| 36096            | Ø                   | 32         | Ø                | 30               | 49                | 24                           | 20                              |
| 36116            | Ø                   | 26         | Ø                | 24               | 58                | 28                           | 24                              |
| 36132            | Ø                   | 28         | Ø                | 27               | 56                | 27                           | 23                              |
| 36133            | Ø                   | 30         | Ø                | 28               | 44                | 20                           | 17                              |
| 36182            | Ø                   | 26         | Ø                | 23,7             | 58                | 28                           | 24                              |
| 36187            | Ø                   | 26         | Ø                | 23,7             | 39                | 17                           | 14                              |
| 36476            | Ø                   | 26         | Ø                | 25               | 45                | 21                           | 17                              |
| 36479            | Ø                   | 22         | Ø                | 20               | 55                | 26                           | 22                              |
| 36518            | Ø                   | 32         | Ø                | 30               | 58                | 28                           | 24                              |
| 36691            | Ø                   | 32         | Ø                | 30               | 39                | 17                           | 14                              |
| 36780            | Ø                   | 38         | Ø                | 37               | 63                | 31                           | 26                              |
| 37214            | Ø                   | 30         | Ø                | 28               | 63                | 31                           | 26                              |
| 37295            | Ø                   | 24         | Ø                | 22               | 58                | 28                           | 24                              |
| 37307            | Ø                   | 24         | Ø                | 22               | 39                | 17                           | 14                              |
| 37361            | Ø                   | 26         | Ø                | 25               | 51                | 25                           | 20                              |
| 37553            | Ø                   | 30         | Ø                | 28               | 55                | 26                           | 22                              |
| 37653            | Ø                   | 42         | Ø                | 40               | 63                | 31                           | 26                              |
| 37723            | Ø                   | 42         | Ø                | 40               | 39                | 17                           | 14                              |
| 37733            | Ø                   | 42         | Ø                | 40               | 39                | 17                           | 14                              |
| 37744            | Ø                   | 42         | Ø                | 40               | 39                | 17                           | 14                              |
| 37751            | Ø                   | 42         | Ø                | 40               | 39                | 17                           | 14                              |
| 38078            | Ø                   | 32         | Ø                | 30               | 63                | 31                           | 26                              |
| 38087            | Ø                   | 27         | Ø                | 25               | 57                | 28                           | 23                              |
| 38096            | Ø                   | 27         | Ø                | 25               | 39                | 17                           | 14                              |
| 38113            | Ø                   | 27         | Ø                | 24               | 47                | 22                           | 18                              |
| 38149            | Ø                   | 26         | Ø                | 24               | 39                | 17                           | 14                              |
| Toplam Süre      | -                   | -          | -                | -                | 2724              | 1296                         | 1080                            |

Tablo E127. İş Sıralama ve mevcut ayar sürelerine göre toplam ayar süresi

| İş Emri Numarası | Hammadde Kesit Türü | Kesit (mm) | Mamul Kesit Türü | Mamul Kesit (mm) | İş Emri Miktarı (kg) | Termin Tarihi | Üretim Süresi (dk) | Süre |
|------------------|---------------------|------------|------------------|------------------|----------------------|---------------|--------------------|------|
| 35837            | Hex                 | 19         | Hex              | 17               | 2540                 | 18.02.2019    | 59                 | 39   |
| 35835            | Hex                 | 19         | Hex              | 17               | 2530                 | 18.02.2019    | 59                 | 39   |
| 35836            | Hex                 | 19         | Hex              | 17               | 2140                 | 18.02.2019    | 50                 | 39   |
| 36089            | Ø                   | 22         | Ø                | 20               | 20000                | 8.02.2019     | 465                | 51   |
| 36079            | Ø                   | 22         | Ø                | 20               | 8000                 | 8.02.2019     | 186                | 39   |
| 36479            | Ø                   | 22         | Ø                | 20               | 2000                 | 20.02.2019    | 46                 | 39   |
| 37295            | Ø                   | 24         | Ø                | 22               | 23000                | 15.01.2019    | 434                | 46   |
| 31588            | Ø                   | 24         | Ø                | 22               | 17480                | 15.01.2019    | 330                | 39   |
| 36084            | Ø                   | 24         | Ø                | 22               | 8205                 | 8.02.2019     | 155                | 39   |
| 37307            | Ø                   | 24         | Ø                | 22               | 2060                 | 8.02.2019     | 39                 | 39   |
| 38113            | Ø                   | 27         | Ø                | 24               | 35000                | 15.01.2019    | 660                | 49   |
| 36182            | Ø                   | 26         | Ø                | 24               | 14155                | 26.02.2019    | 267                | 39   |
| 36116            | Ø                   | 26         | Ø                | 24               | 10000                | 8.02.2019     | 189                | 39   |
| 35447            | Ø                   | 26         | Ø                | 24               | 2015                 | 25.01.2019    | 38                 | 39   |
| 38149            | Ø                   | 26         | Ø                | 24               | 2000                 | 25.01.2019    | 38                 | 39   |
| 36187            | Ø                   | 26         | Ø                | 24               | 2000                 | 26.02.2019    | 38                 | 39   |
| 35620            | Ø                   | 26         | Ø                | 26               | 22000                | 26.02.2019    | 338                | 56   |
| 35686            | Ø                   | 27         | Ø                | 26               | 2000                 | 5.02.2019     | 31                 | 39   |
| 36085            | Ø                   | 26         | Ø                | 25               | 20000                | 8.02.2019     | 377                | 57   |
| 37361            | Ø                   | 26         | Ø                | 25               | 8000                 | 8.01.2019     | 151                | 39   |
| 36080            | Ø                   | 26         | Ø                | 25               | 5220                 | 8.02.2019     | 98                 | 39   |
| 35442            | Ø                   | 26         | Ø                | 25               | 5200                 | 25.01.2019    | 98                 | 39   |
| 36476            | Ø                   | 26         | Ø                | 25               | 5195                 | 20.02.2019    | 98                 | 39   |
| 34419            | Ø                   | 26         | Ø                | 25               | 5000                 | 14.02.2019    | 94                 | 39   |
| 35445            | Ø                   | 27         | Ø                | 25               | 2020                 | 25.01.2019    | 38                 | 39   |
| 34421            | Ø                   | 27         | Ø                | 25               | 2010                 | 14.02.2019    | 38                 | 39   |
| 38096            | Ø                   | 27         | Ø                | 25               | 2000                 | 25.01.2019    | 38                 | 39   |
| 38087            | Ø                   | 27         | Ø                | 25               | 1000                 | 14.02.2019    | 19                 | 39   |
| 35669            | Ø                   | 32         | Ø                | 31               | 2600                 | 5.02.2019     | 39                 | 60   |
| 36087            | Ø                   | 32         | Ø                | 30               | 20000                | 8.02.2019     | 307                | 54   |
| 36096            | Ø                   | 32         | Ø                | 30               | 16000                | 8.02.2019     | 246                | 39   |
| 35832            | Ø                   | 32         | Ø                | 30               | 10000                | 5.02.2019     | 154                | 39   |
| 34418            | Ø                   | 32         | Ø                | 30               | 8000                 | 14.02.2019    | 123                | 39   |
| 36691            | Ø                   | 32         | Ø                | 30               | 5300                 | 15.01.2019    | 81                 | 39   |
| 35441            | Ø                   | 32         | Ø                | 30               | 5285                 | 25.01.2019    | 33                 | 39   |
| 38078            | Ø                   | 32         | Ø                | 30               | 4000                 | 8.02.2019     | 61                 | 39   |
| 36518            | Ø                   | 32         | Ø                | 30               | 2000                 | 15.01.2019    | 31                 | 39   |
| 36133            | Ø                   | 30         | Ø                | 28               | 18595                | 8.02.2019     | 286                | 51   |
| 36090            | Ø                   | 30         | Ø                | 28               | 10000                | 8.02.2019     | 154                | 39   |
| 34502            | Ø                   | 29         | Ø                | 28               | 6000                 | 31.01.2019    | 92                 | 39   |
| 35198            | Ø                   | 30         | Ø                | 28               | 5300                 | 19.02.2019    | 81                 | 39   |
| 37553            | Ø                   | 30         | Ø                | 28               | 2915                 | 14.02.2019    | 45                 | 39   |
| 37214            | Ø                   | 30         | Ø                | 28               | 2600                 | 8.02.2019     | 40                 | 39   |
| 34504            | Ø                   | 29         | Ø                | 27               | 6000                 | 31.01.2019    | 92                 | 46   |
| 36132            | Ø                   | 28         | Ø                | 27               | 5280                 | 8.02.2019     | 81                 | 39   |
| 34501            | Ø                   | 34         | Ø                | 32               | 23560                | 31.01.2019    | 349                | 58   |
| 34503            | Ø                   | 38         | Ø                | 37               | 10370                | 31.01.2019    | 151                | 56   |
| 36780            | Ø                   | 38         | Ø                | 37               | 2000                 | 31.01.2019    | 29                 | 39   |
| 37744            | Ø                   | 42         | Ø                | 40               | 6000                 | 14.02.2019    | 87                 | 51   |
| 37733            | Ø                   | 42         | Ø                | 40               | 5300                 | 31.01.2019    | 77                 | 39   |
| 37723            | Ø                   | 42         | Ø                | 40               | 5300                 | 18.02.2019    | 77                 | 39   |
| 37751            | Ø                   | 42         | Ø                | 40               | 2600                 | 7.02.2019     | 38                 | 39   |
| 37653            | Ø                   | 42         | Ø                | 40               | 2600                 | 7.02.2019     | 38                 | 39   |
| Toplam Süre      | -                   | -          | -                | -                | -                    | -             | -                  | 2234 |

Tablo E128. İş Sıralama ve SMED sonrası ayar sürelerine göre toplam ayar süresi

| İş Emri Numarası | Hammadde Kesit Türü | Kesit (mm) | Mamul Kesit Türü | Mamul Kesit (mm) | İş Emri Miktarı (kg) | Termin Tarihi | Üretim Süresi | Ayar Süresi |
|------------------|---------------------|------------|------------------|------------------|----------------------|---------------|---------------|-------------|
| 35837            | Hex                 | 19         | Hex              | 17               | 2540                 | 18.02.2019    | 59            | 17          |
| 35835            | Hex                 | 19         | Hex              | 17               | 2530                 | 18.02.2019    | 59            | 17          |
| 35836            | Hex                 | 19         | Hex              | 17               | 2140                 | 18.02.2019    | 50            | 17          |
| 36089            | Ø                   | 22         | Ø                | 20               | 20000                | 8.02.2019     | 465           | 25          |
| 36079            | Ø                   | 22         | Ø                | 20               | 8000                 | 8.02.2019     | 186           | 17          |
| 36479            | Ø                   | 22         | Ø                | 20               | 2000                 | 20.02.2019    | 46            | 17          |
| 37295            | Ø                   | 24         | Ø                | 22               | 23000                | 15.01.2019    | 434           | 21          |
| 31588            | Ø                   | 24         | Ø                | 22               | 17480                | 15.01.2019    | 330           | 17          |
| 36084            | Ø                   | 24         | Ø                | 22               | 8205                 | 8.02.2019     | 155           | 17          |
| 37307            | Ø                   | 24         | Ø                | 22               | 2060                 | 8.02.2019     | 39            | 17          |
| 38113            | Ø                   | 27         | Ø                | 24               | 35000                | 15.01.2019    | 660           | 24          |
| 36182            | Ø                   | 26         | Ø                | 24               | 14155                | 26.02.2019    | 267           | 17          |
| 36116            | Ø                   | 26         | Ø                | 24               | 10000                | 8.02.2019     | 189           | 17          |
| 35447            | Ø                   | 26         | Ø                | 24               | 2015                 | 25.01.2019    | 38            | 17          |
| 38149            | Ø                   | 26         | Ø                | 24               | 2000                 | 25.01.2019    | 38            | 17          |
| 36187            | Ø                   | 26         | Ø                | 24               | 2000                 | 26.02.2019    | 38            | 17          |
| 35620            | Ø                   | 26         | Ø                | 26               | 22000                | 26.02.2019    | 338           | 27          |
| 35686            | Ø                   | 27         | Ø                | 26               | 2000                 | 5.02.2019     | 31            | 17          |
| 36085            | Ø                   | 26         | Ø                | 25               | 20000                | 8.02.2019     | 377           | 28          |
| 37361            | Ø                   | 26         | Ø                | 25               | 8000                 | 8.01.2019     | 151           | 17          |
| 36080            | Ø                   | 26         | Ø                | 25               | 5220                 | 8.02.2019     | 98            | 17          |
| 35442            | Ø                   | 26         | Ø                | 25               | 5200                 | 25.01.2019    | 98            | 17          |
| 36476            | Ø                   | 26         | Ø                | 25               | 5195                 | 20.02.2019    | 98            | 17          |
| 34419            | Ø                   | 26         | Ø                | 25               | 5000                 | 14.02.2019    | 94            | 17          |
| 35445            | Ø                   | 27         | Ø                | 25               | 2020                 | 25.01.2019    | 38            | 17          |
| 34421            | Ø                   | 27         | Ø                | 25               | 2010                 | 14.02.2019    | 38            | 17          |
| 38096            | Ø                   | 27         | Ø                | 25               | 2000                 | 25.01.2019    | 38            | 17          |
| 38087            | Ø                   | 27         | Ø                | 25               | 1000                 | 14.02.2019    | 19            | 17          |
| 35669            | Ø                   | 32         | Ø                | 31               | 2600                 | 5.02.2019     | 39            | 29          |
| 36087            | Ø                   | 32         | Ø                | 30               | 20000                | 8.02.2019     | 307           | 26          |
| 36096            | Ø                   | 32         | Ø                | 30               | 16000                | 8.02.2019     | 246           | 17          |
| 35832            | Ø                   | 32         | Ø                | 30               | 10000                | 5.02.2019     | 154           | 17          |
| 34418            | Ø                   | 32         | Ø                | 30               | 8000                 | 14.02.2019    | 123           | 17          |
| 36691            | Ø                   | 32         | Ø                | 30               | 5300                 | 15.01.2019    | 81            | 17          |
| 35441            | Ø                   | 32         | Ø                | 30               | 5285                 | 25.01.2019    | 33            | 17          |
| 38078            | Ø                   | 32         | Ø                | 30               | 4000                 | 8.02.2019     | 61            | 17          |
| 36518            | Ø                   | 32         | Ø                | 30               | 2000                 | 15.01.2019    | 31            | 17          |
| 36133            | Ø                   | 30         | Ø                | 28               | 18595                | 8.02.2019     | 286           | 25          |
| 36090            | Ø                   | 30         | Ø                | 28               | 10000                | 8.02.2019     | 154           | 17          |
| 34502            | Ø                   | 29         | Ø                | 28               | 6000                 | 31.01.2019    | 92            | 17          |
| 35198            | Ø                   | 30         | Ø                | 28               | 5300                 | 19.02.2019    | 81            | 17          |
| 37553            | Ø                   | 30         | Ø                | 28               | 2915                 | 14.02.2019    | 45            | 17          |
| 37214            | Ø                   | 30         | Ø                | 28               | 2600                 | 8.02.2019     | 40            | 17          |
| 34504            | Ø                   | 29         | Ø                | 27               | 6000                 | 31.01.2019    | 92            | 21          |
| 36132            | Ø                   | 28         | Ø                | 27               | 5280                 | 8.02.2019     | 81            | 17          |
| 34501            | Ø                   | 34         | Ø                | 32               | 23560                | 31.01.2019    | 349           | 28          |
| 34503            | Ø                   | 38         | Ø                | 37               | 10370                | 31.01.2019    | 151           | 28          |
| 36780            | Ø                   | 38         | Ø                | 37               | 2000                 | 31.01.2019    | 29            | 17          |
| 37744            | Ø                   | 42         | Ø                | 40               | 6000                 | 14.02.2019    | 87            | 25          |
| 37733            | Ø                   | 42         | Ø                | 40               | 5300                 | 31.01.2019    | 77            | 17          |
| 37723            | Ø                   | 42         | Ø                | 40               | 5300                 | 18.02.2019    | 77            | 17          |
| 37751            | Ø                   | 42         | Ø                | 40               | 2600                 | 7.02.2019     | 38            | 17          |
| 37653            | Ø                   | 42         | Ø                | 40               | 2600                 | 7.02.2019     | 38            | 17          |
| Toplam Süre      | -                   | -          | -                | -                | -                    | -             | -             | 1004        |

Tablo E129. İş sıralama ve Taguchi sonrası ayar sürelerine göre toplam ayar süresi

| İş Emri Numarası | Hammadde Kesit Türü | Kesit (mm) | Mamul Kesit Türü | Mamul Kesit (mm) | İş Emri Miktarı (kg) | Termin Tarihi | Üretim Süresi | Ayar Süresi |
|------------------|---------------------|------------|------------------|------------------|----------------------|---------------|---------------|-------------|
| 35837            | Hex                 | 19         | Hex              | 17               | 2540                 | 18.02.2019    | 59            | 13          |
| 35835            | Hex                 | 19         | Hex              | 17               | 2530                 | 18.02.2019    | 59            | 13          |
| 35836            | Hex                 | 19         | Hex              | 17               | 2140                 | 18.02.2019    | 50            | 13          |
| 36089            | Ø                   | 22         | Ø                | 20               | 20000                | 8.02.2019     | 465           | 21          |
| 36079            | Ø                   | 22         | Ø                | 20               | 8000                 | 8.02.2019     | 186           | 14          |
| 36479            | Ø                   | 22         | Ø                | 20               | 2000                 | 20.02.2019    | 46            | 14          |
| 37295            | Ø                   | 24         | Ø                | 22               | 23000                | 15.01.2019    | 434           | 17          |
| 31588            | Ø                   | 24         | Ø                | 22               | 17480                | 15.01.2019    | 330           | 14          |
| 36084            | Ø                   | 24         | Ø                | 22               | 8205                 | 8.02.2019     | 155           | 14          |
| 37307            | Ø                   | 24         | Ø                | 22               | 2060                 | 8.02.2019     | 39            | 14          |
| 35620            | Ø                   | 26         | Ø                | 26               | 22000                | 26.02.2019    | 338           | 23          |
| 35686            | Ø                   | 27         | Ø                | 26               | 2000                 | 5.02.2019     | 31            | 14          |
| 36085            | Ø                   | 26         | Ø                | 25               | 20000                | 8.02.2019     | 377           | 23          |
| 37361            | Ø                   | 26         | Ø                | 25               | 8000                 | 8.01.2019     | 151           | 14          |
| 36080            | Ø                   | 26         | Ø                | 25               | 5220                 | 8.02.2019     | 98            | 14          |
| 35442            | Ø                   | 26         | Ø                | 25               | 5200                 | 25.01.2019    | 98            | 14          |
| 36476            | Ø                   | 26         | Ø                | 25               | 5195                 | 20.02.2019    | 98            | 14          |
| 34419            | Ø                   | 26         | Ø                | 25               | 5000                 | 14.02.2019    | 94            | 14          |
| 35445            | Ø                   | 27         | Ø                | 25               | 2020                 | 25.01.2019    | 38            | 14          |
| 34421            | Ø                   | 27         | Ø                | 25               | 2010                 | 14.02.2019    | 38            | 14          |
| 38096            | Ø                   | 27         | Ø                | 25               | 2000                 | 25.01.2019    | 38            | 14          |
| 38087            | Ø                   | 27         | Ø                | 25               | 1000                 | 14.02.2019    | 19            | 14          |
| 38113            | Ø                   | 27         | Ø                | 24               | 35000                | 15.01.2019    | 660           | 18          |
| 36182            | Ø                   | 26         | Ø                | 24               | 14155                | 26.02.2019    | 267           | 14          |
| 36116            | Ø                   | 26         | Ø                | 24               | 10000                | 8.02.2019     | 189           | 14          |
| 35447            | Ø                   | 26         | Ø                | 24               | 2015                 | 25.01.2019    | 38            | 14          |
| 38149            | Ø                   | 26         | Ø                | 24               | 2000                 | 25.01.2019    | 38            | 14          |
| 36187            | Ø                   | 26         | Ø                | 24               | 2000                 | 26.02.2019    | 38            | 14          |
| 36133            | Ø                   | 30         | Ø                | 28               | 18595                | 8.02.2019     | 286           | 23          |
| 36090            | Ø                   | 30         | Ø                | 28               | 10000                | 8.02.2019     | 154           | 14          |
| 34502            | Ø                   | 29         | Ø                | 28               | 6000                 | 31.01.2019    | 92            | 14          |
| 35198            | Ø                   | 30         | Ø                | 28               | 5300                 | 19.02.2019    | 81            | 14          |
| 37553            | Ø                   | 30         | Ø                | 28               | 2915                 | 14.02.2019    | 45            | 14          |
| 37214            | Ø                   | 30         | Ø                | 28               | 2600                 | 8.02.2019     | 40            | 14          |
| 34504            | Ø                   | 29         | Ø                | 27               | 6000                 | 31.01.2019    | 92            | 18          |
| 36132            | Ø                   | 28         | Ø                | 27               | 5280                 | 8.02.2019     | 81            | 14          |
| 35669            | Ø                   | 32         | Ø                | 31               | 2600                 | 5.02.2019     | 39            | 24          |
| 36087            | Ø                   | 32         | Ø                | 30               | 20000                | 8.02.2019     | 307           | 21          |
| 36096            | Ø                   | 32         | Ø                | 30               | 16000                | 8.02.2019     | 246           | 14          |
| 35832            | Ø                   | 32         | Ø                | 30               | 10000                | 5.02.2019     | 154           | 14          |
| 34418            | Ø                   | 32         | Ø                | 30               | 8000                 | 14.02.2019    | 123           | 14          |
| 36691            | Ø                   | 32         | Ø                | 30               | 5300                 | 15.01.2019    | 81            | 14          |
| 35441            | Ø                   | 32         | Ø                | 30               | 5285                 | 25.01.2019    | 33            | 14          |
| 38078            | Ø                   | 32         | Ø                | 30               | 4000                 | 8.02.2019     | 61            | 14          |
| 36518            | Ø                   | 32         | Ø                | 30               | 2000                 | 15.01.2019    | 31            | 14          |
| 34501            | Ø                   | 34         | Ø                | 32               | 23560                | 31.01.2019    | 349           | 24          |
| 34503            | Ø                   | 38         | Ø                | 37               | 10370                | 31.01.2019    | 151           | 23          |
| 36780            | Ø                   | 38         | Ø                | 37               | 2000                 | 31.01.2019    | 29            | 14          |
| 37744            | Ø                   | 42         | Ø                | 40               | 6000                 | 14.02.2019    | 87            | 20          |
| 37733            | Ø                   | 42         | Ø                | 40               | 5300                 | 31.01.2019    | 77            | 14          |
| 37723            | Ø                   | 42         | Ø                | 40               | 5300                 | 18.02.2019    | 77            | 14          |
| 37751            | Ø                   | 42         | Ø                | 40               | 2600                 | 7.02.2019     | 38            | 14          |
| 37653            | Ø                   | 42         | Ø                | 40               | 2600                 | 7.02.2019     | 38            | 14          |
| Toplam Süre      | -                   | -          | -                | -                | -                    | -             | -             | 826         |

## EK C: İki sipariş arası çapa bağlı geçiş süreleri

Tablo E130. İki sipariş arası çapa bağlı geçiş süreleri

| Kategori | Mevcut Çap | Kategori | Sonraki Çap | 1. | 2. | 3. | Kategori | Mevcut Çap | Kategori | Sonraki Çap | 1. | 2. | 3. |
|----------|------------|----------|-------------|----|----|----|----------|------------|----------|-------------|----|----|----|
| ø        | 16         | ø        | 17          | 44 | 20 | 17 | Hex      | 31         | Hex      | 17          | 54 | 26 | 21 |
| ø        | 16         | ø        | 18          | 44 | 20 | 17 | Hex      | 31         | Hex      | 18          | 54 | 26 | 21 |
| ø        | 16         | ø        | 19          | 44 | 20 | 17 | Hex      | 31         | Hex      | 19          | 54 | 26 | 21 |
| ø        | 16         | ø        | 20          | 49 | 24 | 20 | Hex      | 31         | Hex      | 20          | 54 | 26 | 21 |
| ø        | 16         | ø        | 21          | 52 | 25 | 20 | Hex      | 31         | Hex      | 21          | 54 | 26 | 21 |
| ø        | 16         | ø        | 22          | 53 | 26 | 21 | Hex      | 31         | Hex      | 22          | 54 | 26 | 21 |
| ø        | 16         | ø        | 23          | 53 | 26 | 21 | Hex      | 31         | Hex      | 23          | 54 | 26 | 21 |
| ø        | 16         | ø        | 24          | 53 | 26 | 21 | Hex      | 31         | Hex      | 24          | 54 | 26 | 21 |
| ø        | 16         | ø        | 25          | 55 | 26 | 22 | Hex      | 31         | Hex      | 25          | 54 | 26 | 21 |
| ø        | 16         | ø        | 26          | 58 | 28 | 24 | Hex      | 31         | Hex      | 26          | 52 | 25 | 20 |
| ø        | 16         | ø        | 27          | 58 | 28 | 24 | Hex      | 31         | Hex      | 27          | 50 | 24 | 20 |
| ø        | 16         | ø        | 28          | 58 | 28 | 24 | Hex      | 31         | Hex      | 28          | 49 | 23 | 19 |
| ø        | 16         | ø        | 29          | 58 | 28 | 24 | Hex      | 31         | Hex      | 29          | 45 | 21 | 17 |
| ø        | 16         | ø        | 30          | 63 | 28 | 24 | Hex      | 31         | Hex      | 30          | 45 | 21 | 17 |
| ø        | 16         | ø        | 31          | 63 | 29 | 25 | Hex      | 31         | Hex      | 31          | 39 | 17 | 13 |
| ø        | 16         | ø        | 32          | 63 | 29 | 25 | Hex      | 31         | Hex      | 32          | 50 | 24 | 19 |
| ø        | 16         | ø        | 33          | 63 | 29 | 25 | Hex      | 31         | Hex      | 33          | 50 | 24 | 19 |
| ø        | 16         | ø        | 34          | 63 | 29 | 25 | Hex      | 31         | Hex      | 34          | 51 | 24 | 20 |
| ø        | 16         | ø        | 35          | 63 | 29 | 25 | Hex      | 31         | Hex      | 35          | 53 | 25 | 21 |
| ø        | 16         | ø        | 36          | 63 | 31 | 26 | Hex      | 31         | Hex      | 36          | 54 | 26 | 21 |
| ø        | 16         | ø        | 37          | 63 | 31 | 26 | Hex      | 31         | Hex      | 37          | 54 | 26 | 21 |
| ø        | 16         | ø        | 38          | 63 | 31 | 26 | Hex      | 31         | Hex      | 38          | 54 | 26 | 21 |
| ø        | 16         | ø        | 39          | 63 | 31 | 26 | Hex      | 31         | Hex      | 39          | 54 | 26 | 21 |
| ø        | 16         | ø        | 40          | 63 | 31 | 26 | Hex      | 31         | Hex      | 40          | 54 | 26 | 21 |
| ø        | 16         | ø        | 41          | 63 | 31 | 26 | Hex      | 31         | Hex      | 41          | 54 | 26 | 21 |
| ø        | 16         | ø        | 42          | 63 | 31 | 26 | Hex      | 31         | Hex      | 42          | 54 | 26 | 21 |
| ø        | 16         | ø        | 43          | 63 | 31 | 26 | Hex      | 31         | Hex      | 43          | 54 | 26 | 21 |
| ø        | 16         | ø        | 44          | 63 | 31 | 26 | Hex      | 31         | Hex      | 44          | 54 | 26 | 21 |
| ø        | 16         | ø        | 45          | 63 | 31 | 26 | Hex      | 31         | Hex      | 45          | 54 | 26 | 21 |
| ø        | 17         | ø        | 16          | 46 | 21 | 18 | Hex      | 32         | Hex      | 16          | 54 | 26 | 21 |
| ø        | 17         | ø        | 17          | 39 | 17 | 14 | Hex      | 32         | Hex      | 17          | 54 | 26 | 21 |
| ø        | 17         | ø        | 18          | 44 | 20 | 17 | Hex      | 32         | Hex      | 18          | 54 | 26 | 21 |
| ø        | 17         | ø        | 19          | 44 | 20 | 17 | Hex      | 32         | Hex      | 19          | 54 | 26 | 21 |
| ø        | 17         | ø        | 20          | 49 | 24 | 20 | Hex      | 32         | Hex      | 20          | 54 | 26 | 21 |
| ø        | 17         | ø        | 21          | 52 | 25 | 20 | Hex      | 32         | Hex      | 21          | 54 | 26 | 21 |
| ø        | 17         | ø        | 22          | 52 | 25 | 20 | Hex      | 32         | Hex      | 22          | 54 | 26 | 21 |
| ø        | 17         | ø        | 23          | 53 | 26 | 21 | Hex      | 32         | Hex      | 23          | 54 | 26 | 21 |
| ø        | 17         | ø        | 24          | 53 | 26 | 21 | Hex      | 32         | Hex      | 24          | 54 | 26 | 21 |

|   |    |   |    |    |    |    |     |    |     |    |    |    |    |
|---|----|---|----|----|----|----|-----|----|-----|----|----|----|----|
| ø | 17 | ø | 25 | 55 | 26 | 22 | Hex | 32 | Hex | 25 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 17 | ø | 26 | 58 | 28 | 24 | Hex | 32 | Hex | 26 | 52 | 25 | 20 |
| ø | 17 | ø | 27 | 58 | 28 | 24 | Hex | 32 | Hex | 27 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 17 | ø | 28 | 58 | 28 | 24 | Hex | 32 | Hex | 28 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 17 | ø | 29 | 58 | 28 | 24 | Hex | 32 | Hex | 29 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 17 | ø | 30 | 58 | 28 | 24 | Hex | 32 | Hex | 30 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 17 | ø | 31 | 60 | 29 | 25 | Hex | 32 | Hex | 31 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 17 | ø | 32 | 60 | 29 | 25 | Hex | 32 | Hex | 32 | 39 | 17 | 13 |
| ø | 17 | ø | 33 | 60 | 29 | 25 | Hex | 32 | Hex | 33 | 44 | 20 | 16 |
| ø | 17 | ø | 34 | 60 | 29 | 25 | Hex | 32 | Hex | 34 | 46 | 21 | 17 |
| ø | 17 | ø | 35 | 60 | 29 | 25 | Hex | 32 | Hex | 35 | 51 | 24 | 20 |
| ø | 17 | ø | 36 | 63 | 31 | 26 | Hex | 32 | Hex | 36 | 53 | 25 | 21 |
| ø | 17 | ø | 37 | 63 | 31 | 26 | Hex | 32 | Hex | 37 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 17 | ø | 38 | 63 | 31 | 26 | Hex | 32 | Hex | 38 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 17 | ø | 39 | 63 | 31 | 26 | Hex | 32 | Hex | 39 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 17 | ø | 40 | 63 | 31 | 26 | Hex | 32 | Hex | 40 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 17 | ø | 41 | 63 | 31 | 26 | Hex | 32 | Hex | 41 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 17 | ø | 42 | 63 | 31 | 26 | Hex | 32 | Hex | 42 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 17 | ø | 43 | 63 | 31 | 26 | Hex | 32 | Hex | 43 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 17 | ø | 44 | 63 | 31 | 26 | Hex | 32 | Hex | 44 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 17 | ø | 45 | 63 | 31 | 26 | Hex | 32 | Hex | 45 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 18 | ø | 16 | 46 | 21 | 18 | Hex | 33 | Hex | 16 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 18 | ø | 17 | 46 | 21 | 18 | Hex | 33 | Hex | 17 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 18 | ø | 18 | 39 | 17 | 14 | Hex | 33 | Hex | 18 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 18 | ø | 19 | 44 | 20 | 17 | Hex | 33 | Hex | 19 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 18 | ø | 20 | 49 | 24 | 20 | Hex | 33 | Hex | 20 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 18 | ø | 21 | 52 | 25 | 20 | Hex | 33 | Hex | 21 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 18 | ø | 22 | 52 | 25 | 20 | Hex | 33 | Hex | 22 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 18 | ø | 23 | 52 | 25 | 20 | Hex | 33 | Hex | 23 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 18 | ø | 24 | 53 | 26 | 21 | Hex | 33 | Hex | 24 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 18 | ø | 25 | 55 | 26 | 22 | Hex | 33 | Hex | 25 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 18 | ø | 26 | 58 | 28 | 24 | Hex | 33 | Hex | 26 | 52 | 25 | 20 |
| ø | 18 | ø | 27 | 58 | 28 | 24 | Hex | 33 | Hex | 27 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 18 | ø | 28 | 58 | 28 | 24 | Hex | 33 | Hex | 28 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 18 | ø | 29 | 58 | 28 | 24 | Hex | 33 | Hex | 29 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 18 | ø | 30 | 58 | 28 | 24 | Hex | 33 | Hex | 30 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 18 | ø | 31 | 60 | 29 | 25 | Hex | 33 | Hex | 31 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 18 | ø | 32 | 60 | 29 | 25 | Hex | 33 | Hex | 32 | 45 | 21 | 17 |
| ø | 18 | ø | 33 | 60 | 29 | 25 | Hex | 33 | Hex | 33 | 39 | 17 | 13 |
| ø | 18 | ø | 34 | 60 | 29 | 25 | Hex | 33 | Hex | 34 | 46 | 21 | 17 |
| ø | 18 | ø | 35 | 60 | 29 | 25 | Hex | 33 | Hex | 35 | 51 | 24 | 20 |
| ø | 18 | ø | 36 | 63 | 31 | 26 | Hex | 33 | Hex | 36 | 53 | 25 | 21 |
| ø | 18 | ø | 37 | 63 | 31 | 26 | Hex | 33 | Hex | 37 | 53 | 25 | 21 |
| ø | 18 | ø | 38 | 63 | 31 | 26 | Hex | 33 | Hex | 38 | 53 | 25 | 21 |
| ø | 18 | ø | 39 | 63 | 31 | 26 | Hex | 33 | Hex | 39 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 18 | ø | 40 | 63 | 31 | 26 | Hex | 33 | Hex | 40 | 54 | 26 | 21 |

|   |    |   |    |    |    |    |     |    |     |    |    |    |    |
|---|----|---|----|----|----|----|-----|----|-----|----|----|----|----|
| ø | 18 | ø | 41 | 63 | 31 | 26 | Hex | 33 | Hex | 41 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 18 | ø | 42 | 63 | 31 | 26 | Hex | 33 | Hex | 42 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 18 | ø | 43 | 63 | 31 | 26 | Hex | 33 | Hex | 43 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 18 | ø | 44 | 63 | 31 | 26 | Hex | 33 | Hex | 44 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 18 | ø | 45 | 63 | 31 | 26 | Hex | 33 | Hex | 45 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 19 | ø | 16 | 46 | 21 | 18 | Hex | 34 | Hex | 16 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 19 | ø | 17 | 46 | 21 | 18 | Hex | 34 | Hex | 17 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 19 | ø | 18 | 46 | 21 | 18 | Hex | 34 | Hex | 18 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 19 | ø | 19 | 39 | 17 | 14 | Hex | 34 | Hex | 19 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 19 | ø | 20 | 49 | 24 | 20 | Hex | 34 | Hex | 20 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 19 | ø | 21 | 52 | 25 | 20 | Hex | 34 | Hex | 21 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 19 | ø | 22 | 52 | 25 | 20 | Hex | 34 | Hex | 22 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 19 | ø | 23 | 52 | 25 | 20 | Hex | 34 | Hex | 23 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 19 | ø | 24 | 52 | 25 | 20 | Hex | 34 | Hex | 24 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 19 | ø | 25 | 55 | 26 | 22 | Hex | 34 | Hex | 25 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 19 | ø | 26 | 58 | 28 | 24 | Hex | 34 | Hex | 26 | 52 | 25 | 20 |
| ø | 19 | ø | 27 | 58 | 28 | 24 | Hex | 34 | Hex | 27 | 52 | 25 | 20 |
| ø | 19 | ø | 28 | 58 | 28 | 24 | Hex | 34 | Hex | 28 | 52 | 25 | 20 |
| ø | 19 | ø | 29 | 58 | 28 | 24 | Hex | 34 | Hex | 29 | 52 | 25 | 20 |
| ø | 19 | ø | 30 | 58 | 28 | 24 | Hex | 34 | Hex | 30 | 52 | 25 | 20 |
| ø | 19 | ø | 31 | 60 | 29 | 25 | Hex | 34 | Hex | 31 | 52 | 25 | 20 |
| ø | 19 | ø | 32 | 60 | 29 | 25 | Hex | 34 | Hex | 32 | 46 | 21 | 17 |
| ø | 19 | ø | 33 | 60 | 29 | 25 | Hex | 34 | Hex | 33 | 46 | 21 | 17 |
| ø | 19 | ø | 34 | 60 | 29 | 25 | Hex | 34 | Hex | 34 | 39 | 17 | 13 |
| ø | 19 | ø | 35 | 60 | 29 | 25 | Hex | 34 | Hex | 35 | 50 | 23 | 19 |
| ø | 19 | ø | 36 | 63 | 31 | 26 | Hex | 34 | Hex | 36 | 52 | 24 | 20 |
| ø | 19 | ø | 37 | 63 | 31 | 26 | Hex | 34 | Hex | 37 | 52 | 24 | 20 |
| ø | 19 | ø | 38 | 63 | 31 | 26 | Hex | 34 | Hex | 38 | 52 | 24 | 20 |
| ø | 19 | ø | 39 | 63 | 31 | 26 | Hex | 34 | Hex | 39 | 53 | 25 | 20 |
| ø | 19 | ø | 40 | 63 | 31 | 26 | Hex | 34 | Hex | 40 | 53 | 25 | 20 |
| ø | 19 | ø | 41 | 63 | 31 | 26 | Hex | 34 | Hex | 41 | 53 | 25 | 20 |
| ø | 19 | ø | 42 | 63 | 31 | 26 | Hex | 34 | Hex | 42 | 53 | 25 | 20 |
| ø | 19 | ø | 43 | 63 | 31 | 26 | Hex | 34 | Hex | 43 | 53 | 25 | 20 |
| ø | 19 | ø | 44 | 63 | 31 | 26 | Hex | 34 | Hex | 44 | 53 | 25 | 20 |
| ø | 19 | ø | 45 | 63 | 31 | 26 | Hex | 34 | Hex | 45 | 53 | 25 | 20 |
| ø | 20 | ø | 16 | 51 | 25 | 21 | Hex | 35 | Hex | 16 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 20 | ø | 17 | 51 | 25 | 21 | Hex | 35 | Hex | 17 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 20 | ø | 18 | 51 | 25 | 21 | Hex | 35 | Hex | 18 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 20 | ø | 19 | 51 | 25 | 21 | Hex | 35 | Hex | 19 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 20 | ø | 20 | 39 | 17 | 14 | Hex | 35 | Hex | 20 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 20 | ø | 21 | 46 | 21 | 17 | Hex | 35 | Hex | 21 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 20 | ø | 22 | 46 | 21 | 17 | Hex | 35 | Hex | 22 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 20 | ø | 23 | 52 | 25 | 20 | Hex | 35 | Hex | 23 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 20 | ø | 24 | 52 | 25 | 20 | Hex | 35 | Hex | 24 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 20 | ø | 25 | 53 | 25 | 21 | Hex | 35 | Hex | 25 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 20 | ø | 26 | 58 | 28 | 24 | Hex | 35 | Hex | 26 | 54 | 26 | 21 |

|   |    |   |    |    |    |    |     |    |     |    |    |    |    |
|---|----|---|----|----|----|----|-----|----|-----|----|----|----|----|
| ø | 20 | ø | 27 | 58 | 28 | 24 | Hex | 35 | Hex | 27 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 20 | ø | 28 | 58 | 28 | 24 | Hex | 35 | Hex | 28 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 20 | ø | 29 | 58 | 28 | 24 | Hex | 35 | Hex | 29 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 20 | ø | 30 | 58 | 28 | 24 | Hex | 35 | Hex | 30 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 20 | ø | 31 | 60 | 29 | 25 | Hex | 35 | Hex | 31 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 20 | ø | 32 | 60 | 29 | 25 | Hex | 35 | Hex | 32 | 52 | 24 | 20 |
| ø | 20 | ø | 33 | 60 | 29 | 25 | Hex | 35 | Hex | 33 | 52 | 24 | 20 |
| ø | 20 | ø | 34 | 60 | 29 | 25 | Hex | 35 | Hex | 34 | 51 | 24 | 20 |
| ø | 20 | ø | 35 | 60 | 29 | 25 | Hex | 35 | Hex | 35 | 39 | 17 | 13 |
| ø | 20 | ø | 36 | 63 | 31 | 26 | Hex | 35 | Hex | 36 | 46 | 21 | 17 |
| ø | 20 | ø | 37 | 63 | 31 | 26 | Hex | 35 | Hex | 37 | 46 | 21 | 17 |
| ø | 20 | ø | 38 | 63 | 31 | 26 | Hex | 35 | Hex | 38 | 50 | 24 | 19 |
| ø | 20 | ø | 39 | 63 | 31 | 26 | Hex | 35 | Hex | 39 | 50 | 24 | 19 |
| ø | 20 | ø | 40 | 63 | 31 | 26 | Hex | 35 | Hex | 40 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 20 | ø | 41 | 63 | 31 | 26 | Hex | 35 | Hex | 41 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 20 | ø | 42 | 63 | 31 | 26 | Hex | 35 | Hex | 42 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 20 | ø | 43 | 63 | 31 | 26 | Hex | 35 | Hex | 43 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 20 | ø | 44 | 63 | 31 | 26 | Hex | 35 | Hex | 44 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 20 | ø | 45 | 63 | 31 | 26 | Hex | 35 | Hex | 45 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 21 | ø | 16 | 53 | 26 | 21 | Hex | 36 | Hex | 16 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 21 | ø | 17 | 53 | 26 | 21 | Hex | 36 | Hex | 17 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 21 | ø | 18 | 53 | 26 | 21 | Hex | 36 | Hex | 18 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 21 | ø | 19 | 53 | 26 | 21 | Hex | 36 | Hex | 19 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 21 | ø | 20 | 48 | 22 | 18 | Hex | 36 | Hex | 20 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 21 | ø | 21 | 39 | 17 | 14 | Hex | 36 | Hex | 21 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 21 | ø | 22 | 44 | 20 | 17 | Hex | 36 | Hex | 22 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 21 | ø | 23 | 49 | 24 | 20 | Hex | 36 | Hex | 23 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 21 | ø | 24 | 49 | 24 | 20 | Hex | 36 | Hex | 24 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 21 | ø | 25 | 51 | 25 | 20 | Hex | 36 | Hex | 25 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 21 | ø | 26 | 56 | 27 | 23 | Hex | 36 | Hex | 26 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 21 | ø | 27 | 58 | 28 | 24 | Hex | 36 | Hex | 27 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 21 | ø | 28 | 58 | 28 | 24 | Hex | 36 | Hex | 28 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 21 | ø | 29 | 58 | 28 | 24 | Hex | 36 | Hex | 29 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 21 | ø | 30 | 58 | 28 | 24 | Hex | 36 | Hex | 30 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 21 | ø | 31 | 60 | 29 | 25 | Hex | 36 | Hex | 31 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 21 | ø | 32 | 60 | 29 | 25 | Hex | 36 | Hex | 32 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 21 | ø | 33 | 60 | 29 | 25 | Hex | 36 | Hex | 33 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 21 | ø | 34 | 60 | 29 | 25 | Hex | 36 | Hex | 34 | 53 | 25 | 20 |
| ø | 21 | ø | 35 | 60 | 29 | 25 | Hex | 36 | Hex | 35 | 47 | 22 | 18 |
| ø | 21 | ø | 36 | 63 | 31 | 26 | Hex | 36 | Hex | 36 | 39 | 17 | 13 |
| ø | 21 | ø | 37 | 63 | 31 | 26 | Hex | 36 | Hex | 37 | 44 | 20 | 16 |
| ø | 21 | ø | 38 | 63 | 31 | 26 | Hex | 36 | Hex | 38 | 48 | 22 | 18 |
| ø | 21 | ø | 39 | 63 | 31 | 26 | Hex | 36 | Hex | 39 | 48 | 22 | 18 |
| ø | 21 | ø | 40 | 63 | 31 | 26 | Hex | 36 | Hex | 40 | 50 | 24 | 19 |
| ø | 21 | ø | 41 | 63 | 31 | 26 | Hex | 36 | Hex | 41 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 21 | ø | 42 | 63 | 31 | 26 | Hex | 36 | Hex | 42 | 50 | 24 | 20 |

|   |    |   |    |    |    |    |     |    |     |    |    |    |    |
|---|----|---|----|----|----|----|-----|----|-----|----|----|----|----|
| ø | 21 | ø | 43 | 63 | 31 | 26 | Hex | 36 | Hex | 43 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 21 | ø | 44 | 63 | 31 | 26 | Hex | 36 | Hex | 44 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 21 | ø | 45 | 63 | 31 | 26 | Hex | 36 | Hex | 45 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 22 | ø | 16 | 53 | 26 | 21 | Hex | 37 | Hex | 16 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 22 | ø | 17 | 53 | 26 | 21 | Hex | 37 | Hex | 17 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 22 | ø | 18 | 53 | 26 | 21 | Hex | 37 | Hex | 18 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 22 | ø | 19 | 53 | 26 | 21 | Hex | 37 | Hex | 19 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 22 | ø | 20 | 48 | 22 | 18 | Hex | 37 | Hex | 20 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 22 | ø | 21 | 46 | 21 | 18 | Hex | 37 | Hex | 21 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 22 | ø | 22 | 39 | 17 | 14 | Hex | 37 | Hex | 22 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 22 | ø | 23 | 49 | 24 | 20 | Hex | 37 | Hex | 23 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 22 | ø | 24 | 49 | 24 | 20 | Hex | 37 | Hex | 24 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 22 | ø | 25 | 51 | 25 | 20 | Hex | 37 | Hex | 25 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 22 | ø | 26 | 56 | 27 | 23 | Hex | 37 | Hex | 26 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 22 | ø | 27 | 56 | 27 | 23 | Hex | 37 | Hex | 27 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 22 | ø | 28 | 58 | 28 | 24 | Hex | 37 | Hex | 28 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 22 | ø | 29 | 58 | 28 | 24 | Hex | 37 | Hex | 29 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 22 | ø | 30 | 58 | 28 | 24 | Hex | 37 | Hex | 30 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 22 | ø | 31 | 60 | 29 | 25 | Hex | 37 | Hex | 31 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 22 | ø | 32 | 60 | 29 | 25 | Hex | 37 | Hex | 32 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 22 | ø | 33 | 60 | 29 | 25 | Hex | 37 | Hex | 33 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 22 | ø | 34 | 60 | 29 | 25 | Hex | 37 | Hex | 34 | 53 | 25 | 20 |
| ø | 22 | ø | 35 | 60 | 29 | 25 | Hex | 37 | Hex | 35 | 47 | 22 | 18 |
| ø | 22 | ø | 36 | 63 | 31 | 26 | Hex | 37 | Hex | 36 | 45 | 21 | 17 |
| ø | 22 | ø | 37 | 63 | 31 | 26 | Hex | 37 | Hex | 37 | 39 | 17 | 13 |
| ø | 22 | ø | 38 | 63 | 31 | 26 | Hex | 37 | Hex | 38 | 48 | 22 | 18 |
| ø | 22 | ø | 39 | 63 | 31 | 26 | Hex | 37 | Hex | 39 | 48 | 22 | 18 |
| ø | 22 | ø | 40 | 63 | 31 | 26 | Hex | 37 | Hex | 40 | 50 | 24 | 19 |
| ø | 22 | ø | 41 | 63 | 31 | 26 | Hex | 37 | Hex | 41 | 50 | 24 | 19 |
| ø | 22 | ø | 42 | 63 | 31 | 26 | Hex | 37 | Hex | 42 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 22 | ø | 43 | 63 | 31 | 26 | Hex | 37 | Hex | 43 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 22 | ø | 44 | 63 | 31 | 26 | Hex | 37 | Hex | 44 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 22 | ø | 45 | 63 | 31 | 26 | Hex | 37 | Hex | 45 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 23 | ø | 16 | 53 | 26 | 21 | Hex | 38 | Hex | 16 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 23 | ø | 17 | 53 | 26 | 21 | Hex | 38 | Hex | 17 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 23 | ø | 18 | 53 | 26 | 21 | Hex | 38 | Hex | 18 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 23 | ø | 19 | 53 | 26 | 21 | Hex | 38 | Hex | 19 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 23 | ø | 20 | 53 | 26 | 21 | Hex | 38 | Hex | 20 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 23 | ø | 21 | 51 | 25 | 21 | Hex | 38 | Hex | 21 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 23 | ø | 22 | 51 | 25 | 21 | Hex | 38 | Hex | 22 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 23 | ø | 23 | 39 | 17 | 14 | Hex | 38 | Hex | 23 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 23 | ø | 24 | 44 | 20 | 17 | Hex | 38 | Hex | 24 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 23 | ø | 25 | 45 | 21 | 17 | Hex | 38 | Hex | 25 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 23 | ø | 26 | 56 | 27 | 23 | Hex | 38 | Hex | 26 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 23 | ø | 27 | 56 | 27 | 23 | Hex | 38 | Hex | 27 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 23 | ø | 28 | 56 | 27 | 23 | Hex | 38 | Hex | 28 | 54 | 26 | 21 |

|   |    |   |    |    |    |    |     |    |     |    |    |    |    |
|---|----|---|----|----|----|----|-----|----|-----|----|----|----|----|
| ø | 23 | ø | 29 | 58 | 28 | 24 | Hex | 38 | Hex | 29 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 23 | ø | 30 | 58 | 28 | 24 | Hex | 38 | Hex | 30 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 23 | ø | 31 | 60 | 29 | 25 | Hex | 38 | Hex | 31 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 23 | ø | 32 | 60 | 29 | 25 | Hex | 38 | Hex | 32 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 23 | ø | 33 | 60 | 29 | 25 | Hex | 38 | Hex | 33 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 23 | ø | 34 | 60 | 29 | 25 | Hex | 38 | Hex | 34 | 53 | 25 | 20 |
| ø | 23 | ø | 35 | 60 | 29 | 25 | Hex | 38 | Hex | 35 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 23 | ø | 36 | 63 | 31 | 26 | Hex | 38 | Hex | 36 | 49 | 23 | 19 |
| ø | 23 | ø | 37 | 63 | 31 | 26 | Hex | 38 | Hex | 37 | 49 | 23 | 19 |
| ø | 23 | ø | 38 | 63 | 31 | 26 | Hex | 38 | Hex | 38 | 39 | 17 | 13 |
| ø | 23 | ø | 39 | 63 | 31 | 26 | Hex | 38 | Hex | 39 | 44 | 20 | 16 |
| ø | 23 | ø | 40 | 63 | 31 | 26 | Hex | 38 | Hex | 40 | 46 | 21 | 17 |
| ø | 23 | ø | 41 | 63 | 31 | 26 | Hex | 38 | Hex | 41 | 50 | 24 | 19 |
| ø | 23 | ø | 42 | 63 | 31 | 26 | Hex | 38 | Hex | 42 | 50 | 24 | 19 |
| ø | 23 | ø | 43 | 63 | 31 | 26 | Hex | 38 | Hex | 43 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 23 | ø | 44 | 63 | 31 | 26 | Hex | 38 | Hex | 44 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 23 | ø | 45 | 63 | 31 | 26 | Hex | 38 | Hex | 45 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 24 | ø | 16 | 53 | 26 | 21 | Hex | 39 | Hex | 16 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 24 | ø | 17 | 53 | 26 | 21 | Hex | 39 | Hex | 17 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 24 | ø | 18 | 53 | 26 | 21 | Hex | 39 | Hex | 18 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 24 | ø | 19 | 53 | 26 | 21 | Hex | 39 | Hex | 19 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 24 | ø | 20 | 53 | 26 | 21 | Hex | 39 | Hex | 20 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 24 | ø | 21 | 51 | 25 | 21 | Hex | 39 | Hex | 21 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 24 | ø | 22 | 51 | 25 | 21 | Hex | 39 | Hex | 22 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 24 | ø | 23 | 46 | 21 | 18 | Hex | 39 | Hex | 23 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 24 | ø | 24 | 39 | 17 | 14 | Hex | 39 | Hex | 24 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 24 | ø | 25 | 45 | 21 | 17 | Hex | 39 | Hex | 25 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 24 | ø | 26 | 56 | 27 | 23 | Hex | 39 | Hex | 26 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 24 | ø | 27 | 56 | 27 | 23 | Hex | 39 | Hex | 27 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 24 | ø | 28 | 56 | 27 | 23 | Hex | 39 | Hex | 28 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 24 | ø | 29 | 56 | 27 | 23 | Hex | 39 | Hex | 29 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 24 | ø | 30 | 58 | 28 | 24 | Hex | 39 | Hex | 30 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 24 | ø | 31 | 60 | 29 | 25 | Hex | 39 | Hex | 31 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 24 | ø | 32 | 60 | 29 | 25 | Hex | 39 | Hex | 32 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 24 | ø | 33 | 60 | 29 | 25 | Hex | 39 | Hex | 33 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 24 | ø | 34 | 60 | 29 | 25 | Hex | 39 | Hex | 34 | 53 | 25 | 20 |
| ø | 24 | ø | 35 | 60 | 29 | 25 | Hex | 39 | Hex | 35 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 24 | ø | 36 | 63 | 31 | 26 | Hex | 39 | Hex | 36 | 49 | 23 | 19 |
| ø | 24 | ø | 37 | 63 | 31 | 26 | Hex | 39 | Hex | 37 | 49 | 23 | 19 |
| ø | 24 | ø | 38 | 63 | 31 | 26 | Hex | 39 | Hex | 38 | 45 | 21 | 17 |
| ø | 24 | ø | 39 | 63 | 31 | 26 | Hex | 39 | Hex | 39 | 39 | 17 | 13 |
| ø | 24 | ø | 40 | 63 | 31 | 26 | Hex | 39 | Hex | 40 | 46 | 21 | 17 |
| ø | 24 | ø | 41 | 63 | 31 | 26 | Hex | 39 | Hex | 41 | 50 | 24 | 19 |
| ø | 24 | ø | 42 | 63 | 31 | 26 | Hex | 39 | Hex | 42 | 50 | 24 | 19 |
| ø | 24 | ø | 43 | 63 | 31 | 26 | Hex | 39 | Hex | 43 | 50 | 24 | 19 |
| ø | 24 | ø | 44 | 63 | 31 | 26 | Hex | 39 | Hex | 44 | 50 | 24 | 19 |

|   |    |   |    |    |    |    |     |    |     |    |    |    |    |
|---|----|---|----|----|----|----|-----|----|-----|----|----|----|----|
| ø | 24 | ø | 45 | 63 | 31 | 26 | Hex | 39 | Hex | 45 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 25 | ø | 16 | 55 | 26 | 22 | Hex | 40 | Hex | 16 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 25 | ø | 17 | 55 | 26 | 22 | Hex | 40 | Hex | 17 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 25 | ø | 18 | 55 | 26 | 22 | Hex | 40 | Hex | 18 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 25 | ø | 19 | 55 | 26 | 22 | Hex | 40 | Hex | 19 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 25 | ø | 20 | 55 | 26 | 22 | Hex | 40 | Hex | 20 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 25 | ø | 21 | 52 | 26 | 21 | Hex | 40 | Hex | 21 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 25 | ø | 22 | 52 | 26 | 21 | Hex | 40 | Hex | 22 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 25 | ø | 23 | 47 | 22 | 18 | Hex | 40 | Hex | 23 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 25 | ø | 24 | 47 | 22 | 18 | Hex | 40 | Hex | 24 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 25 | ø | 25 | 39 | 17 | 14 | Hex | 40 | Hex | 25 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 25 | ø | 26 | 55 | 26 | 22 | Hex | 40 | Hex | 26 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 25 | ø | 27 | 55 | 26 | 22 | Hex | 40 | Hex | 27 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 25 | ø | 28 | 55 | 26 | 22 | Hex | 40 | Hex | 28 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 25 | ø | 29 | 55 | 26 | 22 | Hex | 40 | Hex | 29 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 25 | ø | 30 | 55 | 26 | 22 | Hex | 40 | Hex | 30 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 25 | ø | 31 | 60 | 29 | 25 | Hex | 40 | Hex | 31 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 25 | ø | 32 | 60 | 29 | 25 | Hex | 40 | Hex | 32 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 25 | ø | 33 | 60 | 29 | 25 | Hex | 40 | Hex | 33 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 25 | ø | 34 | 60 | 29 | 25 | Hex | 40 | Hex | 34 | 53 | 25 | 20 |
| ø | 25 | ø | 35 | 60 | 29 | 25 | Hex | 40 | Hex | 35 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 25 | ø | 36 | 63 | 31 | 26 | Hex | 40 | Hex | 36 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 25 | ø | 37 | 63 | 31 | 26 | Hex | 40 | Hex | 37 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 25 | ø | 38 | 63 | 31 | 26 | Hex | 40 | Hex | 38 | 47 | 22 | 18 |
| ø | 25 | ø | 39 | 63 | 31 | 26 | Hex | 40 | Hex | 39 | 47 | 22 | 18 |
| ø | 25 | ø | 40 | 63 | 31 | 26 | Hex | 40 | Hex | 40 | 39 | 17 | 13 |
| ø | 25 | ø | 41 | 63 | 31 | 26 | Hex | 40 | Hex | 41 | 48 | 22 | 18 |
| ø | 25 | ø | 42 | 63 | 31 | 26 | Hex | 40 | Hex | 42 | 48 | 22 | 18 |
| ø | 25 | ø | 43 | 63 | 31 | 26 | Hex | 40 | Hex | 43 | 48 | 22 | 18 |
| ø | 25 | ø | 44 | 63 | 31 | 26 | Hex | 40 | Hex | 44 | 48 | 22 | 18 |
| ø | 25 | ø | 45 | 63 | 31 | 26 | Hex | 40 | Hex | 45 | 48 | 22 | 18 |
| ø | 26 | ø | 16 | 58 | 28 | 24 | Hex | 41 | Hex | 16 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 26 | ø | 17 | 58 | 28 | 24 | Hex | 41 | Hex | 17 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 26 | ø | 18 | 58 | 28 | 24 | Hex | 41 | Hex | 18 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 26 | ø | 19 | 58 | 28 | 24 | Hex | 41 | Hex | 19 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 26 | ø | 20 | 58 | 28 | 24 | Hex | 41 | Hex | 20 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 26 | ø | 21 | 58 | 28 | 24 | Hex | 41 | Hex | 21 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 26 | ø | 22 | 58 | 28 | 24 | Hex | 41 | Hex | 22 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 26 | ø | 23 | 58 | 28 | 24 | Hex | 41 | Hex | 23 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 26 | ø | 24 | 58 | 28 | 24 | Hex | 41 | Hex | 24 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 26 | ø | 25 | 57 | 28 | 23 | Hex | 41 | Hex | 25 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 26 | ø | 26 | 39 | 17 | 14 | Hex | 41 | Hex | 26 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 26 | ø | 27 | 44 | 20 | 17 | Hex | 41 | Hex | 27 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 26 | ø | 28 | 44 | 20 | 17 | Hex | 41 | Hex | 28 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 26 | ø | 29 | 49 | 24 | 20 | Hex | 41 | Hex | 29 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 26 | ø | 30 | 49 | 24 | 20 | Hex | 41 | Hex | 30 | 54 | 26 | 21 |

|   |    |   |    |    |    |    |     |    |     |    |    |    |    |
|---|----|---|----|----|----|----|-----|----|-----|----|----|----|----|
| ø | 26 | ø | 31 | 58 | 28 | 24 | Hex | 41 | Hex | 31 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 26 | ø | 32 | 60 | 29 | 25 | Hex | 41 | Hex | 32 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 26 | ø | 33 | 60 | 29 | 25 | Hex | 41 | Hex | 33 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 26 | ø | 34 | 60 | 29 | 25 | Hex | 41 | Hex | 34 | 53 | 25 | 20 |
| ø | 26 | ø | 35 | 60 | 29 | 25 | Hex | 41 | Hex | 35 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 26 | ø | 36 | 63 | 31 | 26 | Hex | 41 | Hex | 36 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 26 | ø | 37 | 63 | 31 | 26 | Hex | 41 | Hex | 37 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 26 | ø | 38 | 63 | 31 | 26 | Hex | 41 | Hex | 38 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 26 | ø | 39 | 63 | 31 | 26 | Hex | 41 | Hex | 39 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 26 | ø | 40 | 63 | 31 | 26 | Hex | 41 | Hex | 40 | 49 | 23 | 19 |
| ø | 26 | ø | 41 | 63 | 31 | 26 | Hex | 41 | Hex | 41 | 39 | 17 | 13 |
| ø | 26 | ø | 42 | 63 | 31 | 26 | Hex | 41 | Hex | 42 | 44 | 20 | 16 |
| ø | 26 | ø | 43 | 63 | 31 | 26 | Hex | 41 | Hex | 43 | 44 | 20 | 16 |
| ø | 26 | ø | 44 | 63 | 31 | 26 | Hex | 41 | Hex | 44 | 48 | 22 | 18 |
| ø | 26 | ø | 45 | 63 | 31 | 26 | Hex | 41 | Hex | 45 | 48 | 22 | 18 |
| ø | 27 | ø | 16 | 58 | 28 | 24 | Hex | 42 | Hex | 16 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 27 | ø | 17 | 58 | 28 | 24 | Hex | 42 | Hex | 17 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 27 | ø | 18 | 58 | 28 | 24 | Hex | 42 | Hex | 18 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 27 | ø | 19 | 58 | 28 | 24 | Hex | 42 | Hex | 19 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 27 | ø | 20 | 58 | 28 | 24 | Hex | 42 | Hex | 20 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 27 | ø | 21 | 58 | 28 | 24 | Hex | 42 | Hex | 21 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 27 | ø | 22 | 58 | 28 | 24 | Hex | 42 | Hex | 22 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 27 | ø | 23 | 58 | 28 | 24 | Hex | 42 | Hex | 23 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 27 | ø | 24 | 58 | 28 | 24 | Hex | 42 | Hex | 24 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 27 | ø | 25 | 57 | 28 | 23 | Hex | 42 | Hex | 25 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 27 | ø | 26 | 46 | 21 | 18 | Hex | 42 | Hex | 26 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 27 | ø | 27 | 39 | 17 | 14 | Hex | 42 | Hex | 27 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 27 | ø | 28 | 44 | 20 | 17 | Hex | 42 | Hex | 28 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 27 | ø | 29 | 49 | 24 | 20 | Hex | 42 | Hex | 29 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 27 | ø | 30 | 49 | 24 | 20 | Hex | 42 | Hex | 30 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 27 | ø | 31 | 58 | 28 | 24 | Hex | 42 | Hex | 31 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 27 | ø | 32 | 58 | 28 | 24 | Hex | 42 | Hex | 32 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 27 | ø | 33 | 60 | 29 | 25 | Hex | 42 | Hex | 33 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 27 | ø | 34 | 60 | 29 | 25 | Hex | 42 | Hex | 34 | 53 | 25 | 20 |
| ø | 27 | ø | 35 | 60 | 29 | 25 | Hex | 42 | Hex | 35 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 27 | ø | 36 | 63 | 31 | 26 | Hex | 42 | Hex | 36 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 27 | ø | 37 | 63 | 31 | 26 | Hex | 42 | Hex | 37 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 27 | ø | 38 | 63 | 31 | 26 | Hex | 42 | Hex | 38 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 27 | ø | 39 | 63 | 31 | 26 | Hex | 42 | Hex | 39 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 27 | ø | 40 | 63 | 31 | 26 | Hex | 42 | Hex | 40 | 49 | 23 | 19 |
| ø | 27 | ø | 41 | 63 | 31 | 26 | Hex | 42 | Hex | 41 | 45 | 21 | 17 |
| ø | 27 | ø | 42 | 63 | 31 | 26 | Hex | 42 | Hex | 42 | 39 | 17 | 13 |
| ø | 27 | ø | 43 | 63 | 31 | 26 | Hex | 42 | Hex | 43 | 44 | 20 | 16 |
| ø | 27 | ø | 44 | 63 | 31 | 26 | Hex | 42 | Hex | 44 | 48 | 22 | 18 |
| ø | 27 | ø | 45 | 63 | 31 | 26 | Hex | 42 | Hex | 45 | 48 | 22 | 18 |
| ø | 28 | ø | 16 | 58 | 28 | 24 | Hex | 43 | Hex | 16 | 54 | 26 | 21 |

|   |    |   |    |    |    |    |     |    |     |    |    |    |    |
|---|----|---|----|----|----|----|-----|----|-----|----|----|----|----|
| ø | 28 | ø | 17 | 58 | 28 | 24 | Hex | 43 | Hex | 17 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 28 | ø | 18 | 58 | 28 | 24 | Hex | 43 | Hex | 18 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 28 | ø | 19 | 58 | 28 | 24 | Hex | 43 | Hex | 19 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 28 | ø | 20 | 58 | 28 | 24 | Hex | 43 | Hex | 20 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 28 | ø | 21 | 58 | 28 | 24 | Hex | 43 | Hex | 21 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 28 | ø | 22 | 58 | 28 | 24 | Hex | 43 | Hex | 22 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 28 | ø | 23 | 58 | 28 | 24 | Hex | 43 | Hex | 23 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 28 | ø | 24 | 58 | 28 | 24 | Hex | 43 | Hex | 24 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 28 | ø | 25 | 57 | 28 | 23 | Hex | 43 | Hex | 25 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 28 | ø | 26 | 46 | 21 | 18 | Hex | 43 | Hex | 26 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 28 | ø | 27 | 46 | 21 | 18 | Hex | 43 | Hex | 27 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 28 | ø | 28 | 39 | 17 | 14 | Hex | 43 | Hex | 28 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 28 | ø | 29 | 49 | 24 | 20 | Hex | 43 | Hex | 29 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 28 | ø | 30 | 49 | 24 | 20 | Hex | 43 | Hex | 30 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 28 | ø | 31 | 58 | 28 | 24 | Hex | 43 | Hex | 31 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 28 | ø | 32 | 58 | 28 | 24 | Hex | 43 | Hex | 32 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 28 | ø | 33 | 58 | 28 | 24 | Hex | 43 | Hex | 33 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 28 | ø | 34 | 60 | 29 | 25 | Hex | 43 | Hex | 34 | 53 | 25 | 20 |
| ø | 28 | ø | 35 | 60 | 29 | 25 | Hex | 43 | Hex | 35 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 28 | ø | 36 | 63 | 31 | 26 | Hex | 43 | Hex | 36 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 28 | ø | 37 | 63 | 31 | 26 | Hex | 43 | Hex | 37 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 28 | ø | 38 | 63 | 31 | 26 | Hex | 43 | Hex | 38 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 28 | ø | 39 | 63 | 31 | 26 | Hex | 43 | Hex | 39 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 28 | ø | 40 | 63 | 31 | 26 | Hex | 43 | Hex | 40 | 49 | 23 | 19 |
| ø | 28 | ø | 41 | 63 | 31 | 26 | Hex | 43 | Hex | 41 | 45 | 21 | 17 |
| ø | 28 | ø | 42 | 63 | 31 | 26 | Hex | 43 | Hex | 42 | 45 | 21 | 17 |
| ø | 28 | ø | 43 | 63 | 31 | 26 | Hex | 43 | Hex | 43 | 39 | 17 | 13 |
| ø | 28 | ø | 44 | 63 | 31 | 26 | Hex | 43 | Hex | 44 | 48 | 22 | 18 |
| ø | 28 | ø | 45 | 63 | 31 | 26 | Hex | 43 | Hex | 45 | 48 | 22 | 18 |
| ø | 29 | ø | 16 | 58 | 28 | 24 | Hex | 44 | Hex | 16 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 29 | ø | 17 | 58 | 28 | 24 | Hex | 44 | Hex | 17 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 29 | ø | 18 | 58 | 28 | 24 | Hex | 44 | Hex | 18 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 29 | ø | 19 | 58 | 28 | 24 | Hex | 44 | Hex | 19 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 29 | ø | 20 | 58 | 28 | 24 | Hex | 44 | Hex | 20 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 29 | ø | 21 | 58 | 28 | 24 | Hex | 44 | Hex | 21 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 29 | ø | 22 | 58 | 28 | 24 | Hex | 44 | Hex | 22 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 29 | ø | 23 | 58 | 28 | 24 | Hex | 44 | Hex | 23 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 29 | ø | 24 | 58 | 28 | 24 | Hex | 44 | Hex | 24 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 29 | ø | 25 | 57 | 28 | 23 | Hex | 44 | Hex | 25 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 29 | ø | 26 | 51 | 25 | 21 | Hex | 44 | Hex | 26 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 29 | ø | 27 | 51 | 25 | 21 | Hex | 44 | Hex | 27 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 29 | ø | 28 | 51 | 25 | 21 | Hex | 44 | Hex | 28 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 29 | ø | 29 | 39 | 17 | 14 | Hex | 44 | Hex | 29 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 29 | ø | 30 | 44 | 20 | 17 | Hex | 44 | Hex | 30 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 29 | ø | 31 | 53 | 24 | 20 | Hex | 44 | Hex | 31 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 29 | ø | 32 | 58 | 28 | 24 | Hex | 44 | Hex | 32 | 54 | 26 | 21 |

|   |    |   |    |    |    |    |     |    |     |    |    |    |    |
|---|----|---|----|----|----|----|-----|----|-----|----|----|----|----|
| ø | 29 | ø | 33 | 58 | 28 | 24 | Hex | 44 | Hex | 33 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 29 | ø | 34 | 58 | 28 | 24 | Hex | 44 | Hex | 34 | 53 | 25 | 20 |
| ø | 29 | ø | 35 | 60 | 29 | 25 | Hex | 44 | Hex | 35 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 29 | ø | 36 | 63 | 31 | 26 | Hex | 44 | Hex | 36 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 29 | ø | 37 | 63 | 31 | 26 | Hex | 44 | Hex | 37 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 29 | ø | 38 | 63 | 31 | 26 | Hex | 44 | Hex | 38 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 29 | ø | 39 | 63 | 31 | 26 | Hex | 44 | Hex | 39 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 29 | ø | 40 | 63 | 31 | 26 | Hex | 44 | Hex | 40 | 49 | 23 | 19 |
| ø | 29 | ø | 41 | 63 | 31 | 26 | Hex | 44 | Hex | 41 | 49 | 23 | 19 |
| ø | 29 | ø | 42 | 63 | 31 | 26 | Hex | 44 | Hex | 42 | 49 | 23 | 19 |
| ø | 29 | ø | 43 | 63 | 31 | 26 | Hex | 44 | Hex | 43 | 49 | 23 | 19 |
| ø | 29 | ø | 44 | 63 | 31 | 26 | Hex | 44 | Hex | 44 | 39 | 17 | 13 |
| ø | 29 | ø | 45 | 63 | 31 | 26 | Hex | 44 | Hex | 45 | 44 | 20 | 16 |
| ø | 30 | ø | 16 | 58 | 28 | 24 | Hex | 45 | Hex | 16 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 30 | ø | 17 | 58 | 28 | 24 | Hex | 45 | Hex | 17 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 30 | ø | 18 | 58 | 28 | 24 | Hex | 45 | Hex | 18 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 30 | ø | 19 | 58 | 28 | 24 | Hex | 45 | Hex | 19 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 30 | ø | 20 | 58 | 28 | 24 | Hex | 45 | Hex | 20 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 30 | ø | 21 | 58 | 28 | 24 | Hex | 45 | Hex | 21 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 30 | ø | 22 | 58 | 28 | 24 | Hex | 45 | Hex | 22 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 30 | ø | 23 | 58 | 28 | 24 | Hex | 45 | Hex | 23 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 30 | ø | 24 | 58 | 28 | 24 | Hex | 45 | Hex | 24 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 30 | ø | 25 | 57 | 28 | 23 | Hex | 45 | Hex | 25 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 30 | ø | 26 | 51 | 25 | 21 | Hex | 45 | Hex | 26 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 30 | ø | 27 | 51 | 25 | 21 | Hex | 45 | Hex | 27 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 30 | ø | 28 | 51 | 25 | 21 | Hex | 45 | Hex | 28 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 30 | ø | 29 | 46 | 21 | 18 | Hex | 45 | Hex | 29 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 30 | ø | 30 | 39 | 17 | 14 | Hex | 45 | Hex | 30 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 30 | ø | 31 | 53 | 24 | 20 | Hex | 45 | Hex | 31 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 30 | ø | 32 | 58 | 28 | 24 | Hex | 45 | Hex | 32 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 30 | ø | 33 | 58 | 28 | 24 | Hex | 45 | Hex | 33 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 30 | ø | 34 | 58 | 28 | 24 | Hex | 45 | Hex | 34 | 53 | 25 | 20 |
| ø | 30 | ø | 35 | 58 | 28 | 24 | Hex | 45 | Hex | 35 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 30 | ø | 36 | 63 | 31 | 26 | Hex | 45 | Hex | 36 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 30 | ø | 37 | 63 | 31 | 26 | Hex | 45 | Hex | 37 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 30 | ø | 38 | 63 | 31 | 26 | Hex | 45 | Hex | 38 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 30 | ø | 39 | 63 | 31 | 26 | Hex | 45 | Hex | 39 | 50 | 24 | 20 |
| ø | 30 | ø | 40 | 63 | 31 | 26 | Hex | 45 | Hex | 40 | 49 | 23 | 19 |
| ø | 30 | ø | 41 | 63 | 31 | 26 | Hex | 45 | Hex | 41 | 49 | 23 | 19 |
| ø | 30 | ø | 42 | 63 | 31 | 26 | Hex | 45 | Hex | 42 | 49 | 23 | 19 |
| ø | 30 | ø | 43 | 63 | 31 | 26 | Hex | 45 | Hex | 43 | 49 | 23 | 19 |
| ø | 30 | ø | 44 | 63 | 31 | 26 | Hex | 45 | Hex | 44 | 45 | 21 | 17 |
| ø | 30 | ø | 45 | 63 | 31 | 26 | Hex | 45 | Hex | 45 | 39 | 17 | 13 |
| ø | 31 | ø | 16 | 60 | 29 | 25 | ø   | 16 | Hex | 16 | 52 | 25 | 21 |
| ø | 31 | ø | 17 | 60 | 29 | 25 | ø   | 16 | Hex | 17 | 54 | 27 | 22 |
| ø | 31 | ø | 18 | 60 | 29 | 25 | ø   | 16 | Hex | 18 | 57 | 27 | 22 |

|   |    |   |    |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |
|---|----|---|----|----|----|----|---|----|-----|----|----|----|----|
| ø | 31 | ø | 19 | 60 | 29 | 25 | ø | 16 | Hex | 19 | 57 | 28 | 23 |
| ø | 31 | ø | 20 | 60 | 29 | 25 | ø | 16 | Hex | 20 | 57 | 28 | 23 |
| ø | 31 | ø | 21 | 60 | 29 | 25 | ø | 16 | Hex | 21 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 31 | ø | 22 | 60 | 29 | 25 | ø | 16 | Hex | 22 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 31 | ø | 23 | 60 | 29 | 25 | ø | 16 | Hex | 23 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 31 | ø | 24 | 60 | 29 | 25 | ø | 16 | Hex | 24 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 31 | ø | 25 | 60 | 29 | 25 | ø | 16 | Hex | 25 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 31 | ø | 26 | 60 | 29 | 25 | ø | 16 | Hex | 26 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 31 | ø | 27 | 60 | 29 | 25 | ø | 16 | Hex | 27 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 31 | ø | 28 | 60 | 29 | 25 | ø | 16 | Hex | 28 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 31 | ø | 29 | 54 | 26 | 21 | ø | 16 | Hex | 29 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 31 | ø | 30 | 54 | 26 | 21 | ø | 16 | Hex | 30 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 31 | ø | 31 | 39 | 17 | 14 | ø | 16 | Hex | 31 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 31 | ø | 32 | 49 | 24 | 20 | ø | 16 | Hex | 32 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 31 | ø | 33 | 49 | 24 | 20 | ø | 16 | Hex | 33 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 31 | ø | 34 | 49 | 24 | 20 | ø | 16 | Hex | 34 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 31 | ø | 35 | 49 | 24 | 20 | ø | 16 | Hex | 35 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 31 | ø | 36 | 56 | 28 | 23 | ø | 16 | Hex | 36 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 31 | ø | 37 | 57 | 29 | 24 | ø | 16 | Hex | 37 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 31 | ø | 38 | 57 | 29 | 24 | ø | 16 | Hex | 38 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 31 | ø | 39 | 57 | 29 | 24 | ø | 16 | Hex | 39 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 31 | ø | 40 | 58 | 30 | 25 | ø | 16 | Hex | 40 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 31 | ø | 41 | 61 | 30 | 25 | ø | 16 | Hex | 41 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 31 | ø | 42 | 61 | 30 | 25 | ø | 16 | Hex | 42 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 31 | ø | 43 | 61 | 30 | 25 | ø | 16 | Hex | 43 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 31 | ø | 44 | 61 | 30 | 25 | ø | 16 | Hex | 44 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 31 | ø | 45 | 61 | 30 | 25 | ø | 16 | Hex | 45 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 32 | ø | 16 | 60 | 29 | 25 | ø | 17 | Hex | 16 | 54 | 27 | 22 |
| ø | 32 | ø | 17 | 60 | 29 | 25 | ø | 17 | Hex | 17 | 52 | 25 | 21 |
| ø | 32 | ø | 18 | 60 | 29 | 25 | ø | 17 | Hex | 18 | 57 | 27 | 22 |
| ø | 32 | ø | 19 | 60 | 29 | 25 | ø | 17 | Hex | 19 | 57 | 27 | 22 |
| ø | 32 | ø | 20 | 60 | 29 | 25 | ø | 17 | Hex | 20 | 57 | 28 | 23 |
| ø | 32 | ø | 21 | 60 | 29 | 25 | ø | 17 | Hex | 21 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 32 | ø | 22 | 60 | 29 | 25 | ø | 17 | Hex | 22 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 32 | ø | 23 | 60 | 29 | 25 | ø | 17 | Hex | 23 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 32 | ø | 24 | 60 | 29 | 25 | ø | 17 | Hex | 24 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 32 | ø | 25 | 60 | 29 | 25 | ø | 17 | Hex | 25 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 32 | ø | 26 | 60 | 29 | 25 | ø | 17 | Hex | 26 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 32 | ø | 27 | 60 | 29 | 25 | ø | 17 | Hex | 27 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 32 | ø | 28 | 60 | 29 | 25 | ø | 17 | Hex | 28 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 32 | ø | 29 | 60 | 29 | 25 | ø | 17 | Hex | 29 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 32 | ø | 30 | 60 | 29 | 25 | ø | 17 | Hex | 30 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 32 | ø | 31 | 51 | 25 | 21 | ø | 17 | Hex | 31 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 32 | ø | 32 | 39 | 17 | 14 | ø | 17 | Hex | 32 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 32 | ø | 33 | 44 | 20 | 17 | ø | 17 | Hex | 33 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 32 | ø | 34 | 44 | 20 | 17 | ø | 17 | Hex | 34 | 59 | 28 | 23 |

|   |    |   |    |    |    |    |
|---|----|---|----|----|----|----|
| ø | 32 | ø | 35 | 49 | 24 | 20 |
| ø | 32 | ø | 36 | 56 | 28 | 23 |
| ø | 32 | ø | 37 | 56 | 28 | 23 |
| ø | 32 | ø | 38 | 57 | 29 | 24 |
| ø | 32 | ø | 39 | 57 | 29 | 24 |
| ø | 32 | ø | 40 | 58 | 30 | 25 |
| ø | 32 | ø | 41 | 61 | 30 | 25 |
| ø | 32 | ø | 42 | 61 | 30 | 25 |
| ø | 32 | ø | 43 | 61 | 30 | 25 |
| ø | 32 | ø | 44 | 61 | 30 | 25 |
| ø | 32 | ø | 45 | 61 | 30 | 25 |
| ø | 33 | ø | 16 | 60 | 29 | 25 |
| ø | 33 | ø | 17 | 60 | 29 | 25 |
| ø | 33 | ø | 18 | 60 | 29 | 25 |
| ø | 33 | ø | 19 | 60 | 29 | 25 |
| ø | 33 | ø | 20 | 60 | 29 | 25 |
| ø | 33 | ø | 21 | 60 | 29 | 25 |
| ø | 33 | ø | 22 | 60 | 29 | 25 |
| ø | 33 | ø | 23 | 60 | 29 | 25 |
| ø | 33 | ø | 24 | 60 | 29 | 25 |
| ø | 33 | ø | 25 | 60 | 29 | 25 |
| ø | 33 | ø | 26 | 60 | 29 | 25 |
| ø | 33 | ø | 27 | 60 | 29 | 25 |
| ø | 33 | ø | 28 | 60 | 29 | 25 |
| ø | 33 | ø | 29 | 60 | 29 | 25 |
| ø | 33 | ø | 30 | 60 | 29 | 25 |
| ø | 33 | ø | 31 | 51 | 25 | 21 |
| ø | 33 | ø | 32 | 46 | 21 | 18 |
| ø | 33 | ø | 33 | 39 | 17 | 14 |
| ø | 33 | ø | 34 | 44 | 20 | 17 |
| ø | 33 | ø | 35 | 49 | 24 | 20 |
| ø | 33 | ø | 36 | 56 | 28 | 23 |
| ø | 33 | ø | 37 | 56 | 28 | 23 |
| ø | 33 | ø | 38 | 56 | 28 | 23 |
| ø | 33 | ø | 39 | 57 | 29 | 24 |
| ø | 33 | ø | 40 | 58 | 30 | 25 |
| ø | 33 | ø | 41 | 61 | 30 | 25 |
| ø | 33 | ø | 42 | 61 | 30 | 25 |
| ø | 33 | ø | 43 | 61 | 30 | 25 |
| ø | 33 | ø | 44 | 61 | 30 | 25 |
| ø | 33 | ø | 45 | 61 | 30 | 25 |
| ø | 34 | ø | 16 | 60 | 29 | 25 |
| ø | 34 | ø | 17 | 60 | 29 | 25 |
| ø | 34 | ø | 18 | 60 | 29 | 25 |
| ø | 34 | ø | 19 | 60 | 29 | 25 |
| ø | 34 | ø | 20 | 60 | 29 | 25 |

|   |    |     |    |    |    |    |
|---|----|-----|----|----|----|----|
| ø | 17 | Hex | 35 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 17 | Hex | 36 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 17 | Hex | 37 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 17 | Hex | 38 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 17 | Hex | 39 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 17 | Hex | 40 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 17 | Hex | 41 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 17 | Hex | 42 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 17 | Hex | 43 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 17 | Hex | 44 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 17 | Hex | 45 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 18 | Hex | 16 | 54 | 27 | 22 |
| ø | 18 | Hex | 17 | 54 | 27 | 22 |
| ø | 18 | Hex | 18 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 18 | Hex | 19 | 57 | 27 | 22 |
| ø | 18 | Hex | 20 | 57 | 28 | 23 |
| ø | 18 | Hex | 21 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 18 | Hex | 22 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 18 | Hex | 23 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 18 | Hex | 24 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 18 | Hex | 25 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 18 | Hex | 26 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 18 | Hex | 27 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 18 | Hex | 28 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 18 | Hex | 29 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 18 | Hex | 30 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 18 | Hex | 31 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 18 | Hex | 32 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 18 | Hex | 33 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 18 | Hex | 34 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 18 | Hex | 35 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 18 | Hex | 36 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 18 | Hex | 37 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 18 | Hex | 38 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 18 | Hex | 39 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 18 | Hex | 40 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 18 | Hex | 41 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 18 | Hex | 42 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 18 | Hex | 43 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 18 | Hex | 44 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 18 | Hex | 45 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 19 | Hex | 16 | 52 | 25 | 20 |
| ø | 19 | Hex | 17 | 54 | 27 | 22 |
| ø | 19 | Hex | 18 | 57 | 27 | 22 |
| ø | 19 | Hex | 19 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 19 | Hex | 20 | 57 | 27 | 22 |

|   |    |   |    |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |
|---|----|---|----|----|----|----|---|----|-----|----|----|----|----|
| ø | 34 | ø | 21 | 60 | 29 | 25 | ø | 19 | Hex | 21 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 34 | ø | 22 | 60 | 29 | 25 | ø | 19 | Hex | 22 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 34 | ø | 23 | 60 | 29 | 25 | ø | 19 | Hex | 23 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 34 | ø | 24 | 60 | 29 | 25 | ø | 19 | Hex | 24 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 34 | ø | 25 | 60 | 29 | 25 | ø | 19 | Hex | 25 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 34 | ø | 26 | 60 | 29 | 25 | ø | 19 | Hex | 26 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 34 | ø | 27 | 60 | 29 | 25 | ø | 19 | Hex | 27 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 34 | ø | 28 | 60 | 29 | 25 | ø | 19 | Hex | 28 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 34 | ø | 29 | 60 | 29 | 25 | ø | 19 | Hex | 29 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 34 | ø | 30 | 60 | 29 | 25 | ø | 19 | Hex | 30 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 34 | ø | 31 | 51 | 25 | 21 | ø | 19 | Hex | 31 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 34 | ø | 32 | 46 | 21 | 18 | ø | 19 | Hex | 32 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 34 | ø | 33 | 46 | 21 | 18 | ø | 19 | Hex | 33 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 34 | ø | 34 | 39 | 17 | 14 | ø | 19 | Hex | 34 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 34 | ø | 35 | 49 | 24 | 20 | ø | 19 | Hex | 35 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 34 | ø | 36 | 56 | 28 | 23 | ø | 19 | Hex | 36 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 34 | ø | 37 | 56 | 28 | 23 | ø | 19 | Hex | 37 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 34 | ø | 38 | 56 | 28 | 23 | ø | 19 | Hex | 38 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 34 | ø | 39 | 56 | 28 | 23 | ø | 19 | Hex | 39 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 34 | ø | 40 | 58 | 30 | 25 | ø | 19 | Hex | 40 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 34 | ø | 41 | 61 | 30 | 25 | ø | 19 | Hex | 41 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 34 | ø | 42 | 61 | 30 | 25 | ø | 19 | Hex | 42 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 34 | ø | 43 | 61 | 30 | 25 | ø | 19 | Hex | 43 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 34 | ø | 44 | 61 | 30 | 25 | ø | 19 | Hex | 44 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 34 | ø | 45 | 61 | 30 | 25 | ø | 19 | Hex | 45 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 35 | ø | 16 | 60 | 29 | 25 | ø | 20 | Hex | 16 | 55 | 27 | 22 |
| ø | 35 | ø | 17 | 60 | 29 | 25 | ø | 20 | Hex | 17 | 52 | 25 | 20 |
| ø | 35 | ø | 18 | 60 | 29 | 25 | ø | 20 | Hex | 18 | 57 | 27 | 22 |
| ø | 35 | ø | 19 | 60 | 29 | 25 | ø | 20 | Hex | 19 | 57 | 27 | 22 |
| ø | 35 | ø | 20 | 60 | 29 | 25 | ø | 20 | Hex | 20 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 35 | ø | 21 | 60 | 29 | 25 | ø | 20 | Hex | 21 | 58 | 28 | 23 |
| ø | 35 | ø | 22 | 60 | 29 | 25 | ø | 20 | Hex | 22 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 35 | ø | 23 | 60 | 29 | 25 | ø | 20 | Hex | 23 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 35 | ø | 24 | 60 | 29 | 25 | ø | 20 | Hex | 24 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 35 | ø | 25 | 60 | 29 | 25 | ø | 20 | Hex | 25 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 35 | ø | 26 | 60 | 29 | 25 | ø | 20 | Hex | 26 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 35 | ø | 27 | 60 | 29 | 25 | ø | 20 | Hex | 27 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 35 | ø | 28 | 60 | 29 | 25 | ø | 20 | Hex | 28 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 35 | ø | 29 | 60 | 29 | 25 | ø | 20 | Hex | 29 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 35 | ø | 30 | 60 | 29 | 25 | ø | 20 | Hex | 30 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 35 | ø | 31 | 51 | 25 | 21 | ø | 20 | Hex | 31 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 35 | ø | 32 | 51 | 25 | 21 | ø | 20 | Hex | 32 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 35 | ø | 33 | 51 | 25 | 21 | ø | 20 | Hex | 33 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 35 | ø | 34 | 51 | 25 | 21 | ø | 20 | Hex | 34 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 35 | ø | 35 | 39 | 17 | 14 | ø | 20 | Hex | 35 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 35 | ø | 36 | 50 | 24 | 20 | ø | 20 | Hex | 36 | 59 | 28 | 23 |

|   |    |   |    |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |
|---|----|---|----|----|----|----|---|----|-----|----|----|----|----|
| ø | 35 | ø | 37 | 50 | 24 | 20 | ø | 20 | Hex | 37 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 35 | ø | 38 | 54 | 26 | 22 | ø | 20 | Hex | 38 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 35 | ø | 39 | 56 | 28 | 23 | ø | 20 | Hex | 39 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 35 | ø | 40 | 57 | 28 | 24 | ø | 20 | Hex | 40 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 35 | ø | 41 | 61 | 30 | 25 | ø | 20 | Hex | 41 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 35 | ø | 42 | 61 | 30 | 25 | ø | 20 | Hex | 42 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 35 | ø | 43 | 61 | 30 | 25 | ø | 20 | Hex | 43 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 35 | ø | 44 | 61 | 30 | 25 | ø | 20 | Hex | 44 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 35 | ø | 45 | 61 | 30 | 25 | ø | 20 | Hex | 45 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 36 | ø | 16 | 63 | 31 | 26 | ø | 21 | Hex | 16 | 57 | 28 | 23 |
| ø | 36 | ø | 17 | 63 | 31 | 26 | ø | 21 | Hex | 17 | 57 | 28 | 23 |
| ø | 36 | ø | 18 | 63 | 31 | 26 | ø | 21 | Hex | 18 | 52 | 25 | 20 |
| ø | 36 | ø | 19 | 63 | 31 | 26 | ø | 21 | Hex | 19 | 54 | 27 | 22 |
| ø | 36 | ø | 20 | 63 | 31 | 26 | ø | 21 | Hex | 20 | 54 | 27 | 22 |
| ø | 36 | ø | 21 | 63 | 31 | 26 | ø | 21 | Hex | 21 | 53 | 26 | 21 |
| ø | 36 | ø | 22 | 63 | 31 | 26 | ø | 21 | Hex | 22 | 58 | 28 | 23 |
| ø | 36 | ø | 23 | 63 | 31 | 26 | ø | 21 | Hex | 23 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 36 | ø | 24 | 63 | 31 | 26 | ø | 21 | Hex | 24 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 36 | ø | 25 | 63 | 31 | 26 | ø | 21 | Hex | 25 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 36 | ø | 26 | 63 | 31 | 26 | ø | 21 | Hex | 26 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 36 | ø | 27 | 63 | 31 | 26 | ø | 21 | Hex | 27 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 36 | ø | 28 | 63 | 31 | 26 | ø | 21 | Hex | 28 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 36 | ø | 29 | 63 | 31 | 26 | ø | 21 | Hex | 29 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 36 | ø | 30 | 63 | 31 | 26 | ø | 21 | Hex | 30 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 36 | ø | 31 | 57 | 29 | 24 | ø | 21 | Hex | 31 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 36 | ø | 32 | 57 | 29 | 24 | ø | 21 | Hex | 32 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 36 | ø | 33 | 57 | 29 | 24 | ø | 21 | Hex | 33 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 36 | ø | 34 | 57 | 29 | 24 | ø | 21 | Hex | 34 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 36 | ø | 35 | 52 | 25 | 21 | ø | 21 | Hex | 35 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 36 | ø | 36 | 39 | 17 | 14 | ø | 21 | Hex | 36 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 36 | ø | 37 | 44 | 20 | 17 | ø | 21 | Hex | 37 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 36 | ø | 38 | 47 | 23 | 19 | ø | 21 | Hex | 38 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 36 | ø | 39 | 49 | 24 | 20 | ø | 21 | Hex | 39 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 36 | ø | 40 | 51 | 25 | 20 | ø | 21 | Hex | 40 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 36 | ø | 41 | 56 | 27 | 23 | ø | 21 | Hex | 41 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 36 | ø | 42 | 58 | 28 | 24 | ø | 21 | Hex | 42 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 36 | ø | 43 | 58 | 28 | 24 | ø | 21 | Hex | 43 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 36 | ø | 44 | 58 | 28 | 24 | ø | 21 | Hex | 44 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 36 | ø | 45 | 58 | 28 | 24 | ø | 21 | Hex | 45 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 37 | ø | 16 | 63 | 31 | 26 | ø | 22 | Hex | 16 | 57 | 28 | 23 |
| ø | 37 | ø | 17 | 63 | 31 | 26 | ø | 22 | Hex | 17 | 57 | 28 | 23 |
| ø | 37 | ø | 18 | 63 | 31 | 26 | ø | 22 | Hex | 18 | 55 | 27 | 22 |
| ø | 37 | ø | 19 | 63 | 31 | 26 | ø | 22 | Hex | 19 | 52 | 25 | 20 |
| ø | 37 | ø | 20 | 63 | 31 | 26 | ø | 22 | Hex | 20 | 54 | 27 | 22 |
| ø | 37 | ø | 21 | 63 | 31 | 26 | ø | 22 | Hex | 21 | 55 | 27 | 22 |
| ø | 37 | ø | 22 | 63 | 31 | 26 | ø | 22 | Hex | 22 | 56 | 27 | 22 |

|   |    |   |    |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |
|---|----|---|----|----|----|----|---|----|-----|----|----|----|----|
| ø | 37 | ø | 23 | 63 | 31 | 26 | ø | 22 | Hex | 23 | 58 | 28 | 23 |
| ø | 37 | ø | 24 | 63 | 31 | 26 | ø | 22 | Hex | 24 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 37 | ø | 25 | 63 | 31 | 26 | ø | 22 | Hex | 25 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 37 | ø | 26 | 63 | 31 | 26 | ø | 22 | Hex | 26 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 37 | ø | 27 | 63 | 31 | 26 | ø | 22 | Hex | 27 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 37 | ø | 28 | 63 | 31 | 26 | ø | 22 | Hex | 28 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 37 | ø | 29 | 63 | 31 | 26 | ø | 22 | Hex | 29 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 37 | ø | 30 | 63 | 31 | 26 | ø | 22 | Hex | 30 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 37 | ø | 31 | 57 | 29 | 24 | ø | 22 | Hex | 31 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 37 | ø | 32 | 57 | 29 | 24 | ø | 22 | Hex | 32 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 37 | ø | 33 | 57 | 29 | 24 | ø | 22 | Hex | 33 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 37 | ø | 34 | 57 | 29 | 24 | ø | 22 | Hex | 34 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 37 | ø | 35 | 52 | 25 | 21 | ø | 22 | Hex | 35 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 37 | ø | 36 | 46 | 21 | 18 | ø | 22 | Hex | 36 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 37 | ø | 37 | 39 | 17 | 14 | ø | 22 | Hex | 37 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 37 | ø | 38 | 47 | 23 | 19 | ø | 22 | Hex | 38 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 37 | ø | 39 | 49 | 24 | 20 | ø | 22 | Hex | 39 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 37 | ø | 40 | 51 | 25 | 20 | ø | 22 | Hex | 40 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 37 | ø | 41 | 56 | 27 | 23 | ø | 22 | Hex | 41 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 37 | ø | 42 | 56 | 27 | 23 | ø | 22 | Hex | 42 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 37 | ø | 43 | 58 | 28 | 24 | ø | 22 | Hex | 43 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 37 | ø | 44 | 58 | 28 | 24 | ø | 22 | Hex | 44 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 37 | ø | 45 | 58 | 28 | 24 | ø | 22 | Hex | 45 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 38 | ø | 16 | 63 | 31 | 26 | ø | 23 | Hex | 16 | 57 | 28 | 23 |
| ø | 38 | ø | 17 | 63 | 31 | 26 | ø | 23 | Hex | 17 | 57 | 28 | 23 |
| ø | 38 | ø | 18 | 63 | 31 | 26 | ø | 23 | Hex | 18 | 55 | 27 | 22 |
| ø | 38 | ø | 19 | 63 | 31 | 26 | ø | 23 | Hex | 19 | 55 | 27 | 22 |
| ø | 38 | ø | 20 | 63 | 31 | 26 | ø | 23 | Hex | 20 | 54 | 27 | 22 |
| ø | 38 | ø | 21 | 63 | 31 | 26 | ø | 23 | Hex | 21 | 55 | 27 | 22 |
| ø | 38 | ø | 22 | 63 | 31 | 26 | ø | 23 | Hex | 22 | 58 | 28 | 23 |
| ø | 38 | ø | 23 | 63 | 31 | 26 | ø | 23 | Hex | 23 | 56 | 27 | 22 |
| ø | 38 | ø | 24 | 63 | 31 | 26 | ø | 23 | Hex | 24 | 58 | 28 | 23 |
| ø | 38 | ø | 25 | 63 | 31 | 26 | ø | 23 | Hex | 25 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 38 | ø | 26 | 63 | 31 | 26 | ø | 23 | Hex | 26 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 38 | ø | 27 | 63 | 31 | 26 | ø | 23 | Hex | 27 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 38 | ø | 28 | 63 | 31 | 26 | ø | 23 | Hex | 28 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 38 | ø | 29 | 63 | 31 | 26 | ø | 23 | Hex | 29 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 38 | ø | 30 | 63 | 31 | 26 | ø | 23 | Hex | 30 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 38 | ø | 31 | 57 | 29 | 24 | ø | 23 | Hex | 31 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 38 | ø | 32 | 57 | 29 | 24 | ø | 23 | Hex | 32 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 38 | ø | 33 | 57 | 29 | 24 | ø | 23 | Hex | 33 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 38 | ø | 34 | 57 | 29 | 24 | ø | 23 | Hex | 34 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 38 | ø | 35 | 55 | 28 | 23 | ø | 23 | Hex | 35 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 38 | ø | 36 | 49 | 24 | 20 | ø | 23 | Hex | 36 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 38 | ø | 37 | 49 | 24 | 20 | ø | 23 | Hex | 37 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 38 | ø | 38 | 39 | 17 | 14 | ø | 23 | Hex | 38 | 59 | 28 | 23 |

|   |    |   |    |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |
|---|----|---|----|----|----|----|---|----|-----|----|----|----|----|
| ø | 38 | ø | 39 | 46 | 21 | 18 | ø | 23 | Hex | 39 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 38 | ø | 40 | 47 | 22 | 18 | ø | 23 | Hex | 40 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 38 | ø | 41 | 56 | 27 | 23 | ø | 23 | Hex | 41 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 38 | ø | 42 | 56 | 27 | 23 | ø | 23 | Hex | 42 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 38 | ø | 43 | 56 | 27 | 23 | ø | 23 | Hex | 43 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 38 | ø | 44 | 58 | 28 | 24 | ø | 23 | Hex | 44 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 38 | ø | 45 | 58 | 28 | 24 | ø | 23 | Hex | 45 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 39 | ø | 16 | 63 | 31 | 26 | ø | 24 | Hex | 16 | 57 | 28 | 23 |
| ø | 39 | ø | 17 | 63 | 31 | 26 | ø | 24 | Hex | 17 | 57 | 28 | 23 |
| ø | 39 | ø | 18 | 63 | 31 | 26 | ø | 24 | Hex | 18 | 55 | 27 | 22 |
| ø | 39 | ø | 19 | 63 | 31 | 26 | ø | 24 | Hex | 19 | 55 | 27 | 22 |
| ø | 39 | ø | 20 | 63 | 31 | 26 | ø | 24 | Hex | 20 | 52 | 25 | 20 |
| ø | 39 | ø | 21 | 63 | 31 | 26 | ø | 24 | Hex | 21 | 55 | 27 | 22 |
| ø | 39 | ø | 22 | 63 | 31 | 26 | ø | 24 | Hex | 22 | 58 | 28 | 23 |
| ø | 39 | ø | 23 | 63 | 31 | 26 | ø | 24 | Hex | 23 | 58 | 28 | 23 |
| ø | 39 | ø | 24 | 63 | 31 | 26 | ø | 24 | Hex | 24 | 56 | 27 | 22 |
| ø | 39 | ø | 25 | 63 | 31 | 26 | ø | 24 | Hex | 25 | 58 | 28 | 23 |
| ø | 39 | ø | 26 | 63 | 31 | 26 | ø | 24 | Hex | 26 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 39 | ø | 27 | 63 | 31 | 26 | ø | 24 | Hex | 27 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 39 | ø | 28 | 63 | 31 | 26 | ø | 24 | Hex | 28 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 39 | ø | 29 | 63 | 31 | 26 | ø | 24 | Hex | 29 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 39 | ø | 30 | 63 | 31 | 26 | ø | 24 | Hex | 30 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 39 | ø | 31 | 57 | 29 | 24 | ø | 24 | Hex | 31 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 39 | ø | 32 | 57 | 29 | 24 | ø | 24 | Hex | 32 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 39 | ø | 33 | 57 | 29 | 24 | ø | 24 | Hex | 33 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 39 | ø | 34 | 57 | 29 | 24 | ø | 24 | Hex | 34 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 39 | ø | 35 | 57 | 29 | 24 | ø | 24 | Hex | 35 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 39 | ø | 36 | 51 | 25 | 21 | ø | 24 | Hex | 36 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 39 | ø | 37 | 51 | 25 | 21 | ø | 24 | Hex | 37 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 39 | ø | 38 | 47 | 23 | 19 | ø | 24 | Hex | 38 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 39 | ø | 39 | 39 | 17 | 14 | ø | 24 | Hex | 39 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 39 | ø | 40 | 45 | 21 | 17 | ø | 24 | Hex | 40 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 39 | ø | 41 | 54 | 26 | 22 | ø | 24 | Hex | 41 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 39 | ø | 42 | 54 | 26 | 22 | ø | 24 | Hex | 42 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 39 | ø | 43 | 56 | 27 | 23 | ø | 24 | Hex | 43 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 39 | ø | 44 | 56 | 27 | 23 | ø | 24 | Hex | 44 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 39 | ø | 45 | 58 | 28 | 24 | ø | 24 | Hex | 45 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 40 | ø | 16 | 63 | 31 | 26 | ø | 25 | Hex | 16 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 40 | ø | 17 | 63 | 31 | 26 | ø | 25 | Hex | 17 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 40 | ø | 18 | 63 | 31 | 26 | ø | 25 | Hex | 18 | 56 | 28 | 23 |
| ø | 40 | ø | 19 | 63 | 31 | 26 | ø | 25 | Hex | 19 | 56 | 28 | 23 |
| ø | 40 | ø | 20 | 63 | 31 | 26 | ø | 25 | Hex | 20 | 56 | 28 | 23 |
| ø | 40 | ø | 21 | 63 | 31 | 26 | ø | 25 | Hex | 21 | 52 | 25 | 20 |
| ø | 40 | ø | 22 | 63 | 31 | 26 | ø | 25 | Hex | 22 | 57 | 27 | 22 |
| ø | 40 | ø | 23 | 63 | 31 | 26 | ø | 25 | Hex | 23 | 57 | 27 | 22 |
| ø | 40 | ø | 24 | 63 | 31 | 26 | ø | 25 | Hex | 24 | 57 | 27 | 22 |

|   |    |   |    |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |
|---|----|---|----|----|----|----|---|----|-----|----|----|----|----|
| ø | 40 | ø | 25 | 63 | 31 | 26 | ø | 25 | Hex | 25 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 40 | ø | 26 | 63 | 31 | 26 | ø | 25 | Hex | 26 | 57 | 28 | 23 |
| ø | 40 | ø | 27 | 63 | 31 | 26 | ø | 25 | Hex | 27 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 40 | ø | 28 | 63 | 31 | 26 | ø | 25 | Hex | 28 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 40 | ø | 29 | 63 | 31 | 26 | ø | 25 | Hex | 29 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 40 | ø | 30 | 63 | 31 | 26 | ø | 25 | Hex | 30 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 40 | ø | 31 | 58 | 30 | 25 | ø | 25 | Hex | 31 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 40 | ø | 32 | 58 | 30 | 25 | ø | 25 | Hex | 32 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 40 | ø | 33 | 58 | 30 | 25 | ø | 25 | Hex | 33 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 40 | ø | 34 | 58 | 30 | 25 | ø | 25 | Hex | 34 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 40 | ø | 35 | 58 | 30 | 25 | ø | 25 | Hex | 35 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 40 | ø | 36 | 52 | 26 | 21 | ø | 25 | Hex | 36 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 40 | ø | 37 | 52 | 26 | 21 | ø | 25 | Hex | 37 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 40 | ø | 38 | 49 | 23 | 19 | ø | 25 | Hex | 38 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 40 | ø | 39 | 47 | 22 | 18 | ø | 25 | Hex | 39 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 40 | ø | 40 | 39 | 17 | 14 | ø | 25 | Hex | 40 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 40 | ø | 41 | 53 | 25 | 21 | ø | 25 | Hex | 41 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 40 | ø | 42 | 53 | 25 | 21 | ø | 25 | Hex | 42 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 40 | ø | 43 | 55 | 26 | 22 | ø | 25 | Hex | 43 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 40 | ø | 44 | 55 | 26 | 22 | ø | 25 | Hex | 44 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 40 | ø | 45 | 55 | 26 | 22 | ø | 25 | Hex | 45 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 41 | ø | 16 | 63 | 31 | 26 | ø | 26 | Hex | 16 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 41 | ø | 17 | 63 | 31 | 26 | ø | 26 | Hex | 17 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 41 | ø | 18 | 63 | 31 | 26 | ø | 26 | Hex | 18 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 41 | ø | 19 | 63 | 31 | 26 | ø | 26 | Hex | 19 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 41 | ø | 20 | 63 | 31 | 26 | ø | 26 | Hex | 20 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 41 | ø | 21 | 63 | 31 | 26 | ø | 26 | Hex | 21 | 57 | 28 | 23 |
| ø | 41 | ø | 22 | 63 | 31 | 26 | ø | 26 | Hex | 22 | 52 | 25 | 20 |
| ø | 41 | ø | 23 | 63 | 31 | 26 | ø | 26 | Hex | 23 | 54 | 27 | 22 |
| ø | 41 | ø | 24 | 63 | 31 | 26 | ø | 26 | Hex | 24 | 54 | 27 | 22 |
| ø | 41 | ø | 25 | 63 | 31 | 26 | ø | 26 | Hex | 25 | 54 | 27 | 22 |
| ø | 41 | ø | 26 | 63 | 31 | 26 | ø | 26 | Hex | 26 | 54 | 26 | 21 |
| ø | 41 | ø | 27 | 63 | 31 | 26 | ø | 26 | Hex | 27 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 41 | ø | 28 | 63 | 31 | 26 | ø | 26 | Hex | 28 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 41 | ø | 29 | 63 | 31 | 26 | ø | 26 | Hex | 29 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 41 | ø | 30 | 63 | 31 | 26 | ø | 26 | Hex | 30 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 41 | ø | 31 | 61 | 30 | 25 | ø | 26 | Hex | 31 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 41 | ø | 32 | 61 | 30 | 25 | ø | 26 | Hex | 32 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 41 | ø | 33 | 61 | 30 | 25 | ø | 26 | Hex | 33 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 41 | ø | 34 | 61 | 30 | 25 | ø | 26 | Hex | 34 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 41 | ø | 35 | 61 | 30 | 25 | ø | 26 | Hex | 35 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 41 | ø | 36 | 58 | 28 | 24 | ø | 26 | Hex | 36 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 41 | ø | 37 | 58 | 28 | 24 | ø | 26 | Hex | 37 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 41 | ø | 38 | 58 | 28 | 24 | ø | 26 | Hex | 38 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 41 | ø | 39 | 56 | 27 | 23 | ø | 26 | Hex | 39 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 41 | ø | 40 | 55 | 26 | 22 | ø | 26 | Hex | 40 | 59 | 28 | 23 |

|   |    |   |    |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |
|---|----|---|----|----|----|----|---|----|-----|----|----|----|----|
| ø | 41 | ø | 41 | 39 | 17 | 14 | ø | 26 | Hex | 41 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 41 | ø | 42 | 44 | 20 | 17 | ø | 26 | Hex | 42 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 41 | ø | 43 | 46 | 21 | 18 | ø | 26 | Hex | 43 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 41 | ø | 44 | 49 | 24 | 20 | ø | 26 | Hex | 44 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 41 | ø | 45 | 49 | 24 | 20 | ø | 26 | Hex | 45 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 42 | ø | 16 | 63 | 31 | 26 | ø | 27 | Hex | 16 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 42 | ø | 17 | 63 | 31 | 26 | ø | 27 | Hex | 17 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 42 | ø | 18 | 63 | 31 | 26 | ø | 27 | Hex | 18 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 42 | ø | 19 | 63 | 31 | 26 | ø | 27 | Hex | 19 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 42 | ø | 20 | 63 | 31 | 26 | ø | 27 | Hex | 20 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 42 | ø | 21 | 63 | 31 | 26 | ø | 27 | Hex | 21 | 57 | 28 | 23 |
| ø | 42 | ø | 22 | 63 | 31 | 26 | ø | 27 | Hex | 22 | 55 | 27 | 22 |
| ø | 42 | ø | 23 | 63 | 31 | 26 | ø | 27 | Hex | 23 | 52 | 25 | 20 |
| ø | 42 | ø | 24 | 63 | 31 | 26 | ø | 27 | Hex | 24 | 54 | 27 | 22 |
| ø | 42 | ø | 25 | 63 | 31 | 26 | ø | 27 | Hex | 25 | 54 | 27 | 22 |
| ø | 42 | ø | 26 | 63 | 31 | 26 | ø | 27 | Hex | 26 | 57 | 27 | 22 |
| ø | 42 | ø | 27 | 63 | 31 | 26 | ø | 27 | Hex | 27 | 56 | 27 | 22 |
| ø | 42 | ø | 28 | 63 | 31 | 26 | ø | 27 | Hex | 28 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 42 | ø | 29 | 63 | 31 | 26 | ø | 27 | Hex | 29 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 42 | ø | 30 | 63 | 31 | 26 | ø | 27 | Hex | 30 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 42 | ø | 31 | 61 | 30 | 25 | ø | 27 | Hex | 31 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 42 | ø | 32 | 61 | 30 | 25 | ø | 27 | Hex | 32 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 42 | ø | 33 | 61 | 30 | 25 | ø | 27 | Hex | 33 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 42 | ø | 34 | 61 | 30 | 25 | ø | 27 | Hex | 34 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 42 | ø | 35 | 61 | 30 | 25 | ø | 27 | Hex | 35 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 42 | ø | 36 | 58 | 28 | 24 | ø | 27 | Hex | 36 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 42 | ø | 37 | 58 | 28 | 24 | ø | 27 | Hex | 37 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 42 | ø | 38 | 58 | 28 | 24 | ø | 27 | Hex | 38 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 42 | ø | 39 | 56 | 27 | 23 | ø | 27 | Hex | 39 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 42 | ø | 40 | 55 | 26 | 22 | ø | 27 | Hex | 40 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 42 | ø | 41 | 46 | 21 | 18 | ø | 27 | Hex | 41 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 42 | ø | 42 | 39 | 17 | 14 | ø | 27 | Hex | 42 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 42 | ø | 43 | 46 | 21 | 18 | ø | 27 | Hex | 43 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 42 | ø | 44 | 49 | 24 | 20 | ø | 27 | Hex | 44 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 42 | ø | 45 | 49 | 24 | 20 | ø | 27 | Hex | 45 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 43 | ø | 16 | 63 | 31 | 26 | ø | 28 | Hex | 16 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 43 | ø | 17 | 63 | 31 | 26 | ø | 28 | Hex | 17 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 43 | ø | 18 | 63 | 31 | 26 | ø | 28 | Hex | 18 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 43 | ø | 19 | 63 | 31 | 26 | ø | 28 | Hex | 19 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 43 | ø | 20 | 63 | 31 | 26 | ø | 28 | Hex | 20 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 43 | ø | 21 | 63 | 31 | 26 | ø | 28 | Hex | 21 | 57 | 28 | 23 |
| ø | 43 | ø | 22 | 63 | 31 | 26 | ø | 28 | Hex | 22 | 55 | 27 | 22 |
| ø | 43 | ø | 23 | 63 | 31 | 26 | ø | 28 | Hex | 23 | 55 | 27 | 22 |
| ø | 43 | ø | 24 | 63 | 31 | 26 | ø | 28 | Hex | 24 | 52 | 25 | 20 |
| ø | 43 | ø | 25 | 63 | 31 | 26 | ø | 28 | Hex | 25 | 54 | 27 | 22 |
| ø | 43 | ø | 26 | 63 | 31 | 26 | ø | 28 | Hex | 26 | 57 | 27 | 22 |

|   |    |   |    |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |
|---|----|---|----|----|----|----|---|----|-----|----|----|----|----|
| ø | 43 | ø | 27 | 63 | 31 | 26 | ø | 28 | Hex | 27 | 58 | 28 | 23 |
| ø | 43 | ø | 28 | 63 | 31 | 26 | ø | 28 | Hex | 28 | 56 | 27 | 22 |
| ø | 43 | ø | 29 | 63 | 31 | 26 | ø | 28 | Hex | 29 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 43 | ø | 30 | 63 | 31 | 26 | ø | 28 | Hex | 30 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 43 | ø | 31 | 61 | 30 | 25 | ø | 28 | Hex | 31 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 43 | ø | 32 | 61 | 30 | 25 | ø | 28 | Hex | 32 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 43 | ø | 33 | 61 | 30 | 25 | ø | 28 | Hex | 33 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 43 | ø | 34 | 61 | 30 | 25 | ø | 28 | Hex | 34 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 43 | ø | 35 | 61 | 30 | 25 | ø | 28 | Hex | 35 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 43 | ø | 36 | 58 | 28 | 24 | ø | 28 | Hex | 36 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 43 | ø | 37 | 58 | 28 | 24 | ø | 28 | Hex | 37 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 43 | ø | 38 | 58 | 28 | 24 | ø | 28 | Hex | 38 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 43 | ø | 39 | 58 | 28 | 24 | ø | 28 | Hex | 39 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 43 | ø | 40 | 57 | 28 | 23 | ø | 28 | Hex | 40 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 43 | ø | 41 | 47 | 23 | 19 | ø | 28 | Hex | 41 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 43 | ø | 42 | 47 | 23 | 19 | ø | 28 | Hex | 42 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 43 | ø | 43 | 39 | 17 | 14 | ø | 28 | Hex | 43 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 43 | ø | 44 | 47 | 23 | 19 | ø | 28 | Hex | 44 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 43 | ø | 45 | 47 | 23 | 19 | ø | 28 | Hex | 45 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 44 | ø | 16 | 63 | 31 | 26 | ø | 29 | Hex | 16 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 44 | ø | 17 | 63 | 31 | 26 | ø | 29 | Hex | 17 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 44 | ø | 18 | 63 | 31 | 26 | ø | 29 | Hex | 18 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 44 | ø | 19 | 63 | 31 | 26 | ø | 29 | Hex | 19 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 44 | ø | 20 | 63 | 31 | 26 | ø | 29 | Hex | 20 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 44 | ø | 21 | 63 | 31 | 26 | ø | 29 | Hex | 21 | 57 | 28 | 23 |
| ø | 44 | ø | 22 | 63 | 31 | 26 | ø | 29 | Hex | 22 | 55 | 27 | 22 |
| ø | 44 | ø | 23 | 63 | 31 | 26 | ø | 29 | Hex | 23 | 55 | 27 | 22 |
| ø | 44 | ø | 24 | 63 | 31 | 26 | ø | 29 | Hex | 24 | 55 | 27 | 22 |
| ø | 44 | ø | 25 | 63 | 31 | 26 | ø | 29 | Hex | 25 | 52 | 25 | 20 |
| ø | 44 | ø | 26 | 63 | 31 | 26 | ø | 29 | Hex | 26 | 57 | 27 | 22 |
| ø | 44 | ø | 27 | 63 | 31 | 26 | ø | 29 | Hex | 27 | 58 | 28 | 23 |
| ø | 44 | ø | 28 | 63 | 31 | 26 | ø | 29 | Hex | 28 | 58 | 28 | 23 |
| ø | 44 | ø | 29 | 63 | 31 | 26 | ø | 29 | Hex | 29 | 56 | 27 | 22 |
| ø | 44 | ø | 30 | 63 | 31 | 26 | ø | 29 | Hex | 30 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 44 | ø | 31 | 61 | 30 | 25 | ø | 29 | Hex | 31 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 44 | ø | 32 | 61 | 30 | 25 | ø | 29 | Hex | 32 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 44 | ø | 33 | 61 | 30 | 25 | ø | 29 | Hex | 33 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 44 | ø | 34 | 61 | 30 | 25 | ø | 29 | Hex | 34 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 44 | ø | 35 | 61 | 30 | 25 | ø | 29 | Hex | 35 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 44 | ø | 36 | 58 | 28 | 24 | ø | 29 | Hex | 36 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 44 | ø | 37 | 58 | 28 | 24 | ø | 29 | Hex | 37 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 44 | ø | 38 | 58 | 28 | 24 | ø | 29 | Hex | 38 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 44 | ø | 39 | 58 | 28 | 24 | ø | 29 | Hex | 39 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 44 | ø | 40 | 57 | 28 | 23 | ø | 29 | Hex | 40 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 44 | ø | 41 | 51 | 25 | 21 | ø | 29 | Hex | 41 | 59 | 28 | 23 |
| ø | 44 | ø | 42 | 51 | 25 | 21 | ø | 29 | Hex | 42 | 59 | 28 | 23 |

|     |    |     |    |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |
|-----|----|-----|----|----|----|----|---|----|-----|----|----|----|----|
| ø   | 44 | ø   | 43 | 49 | 24 | 20 | ø | 29 | Hex | 43 | 59 | 28 | 23 |
| ø   | 44 | ø   | 44 | 39 | 17 | 14 | ø | 29 | Hex | 44 | 59 | 28 | 23 |
| ø   | 44 | ø   | 45 | 44 | 20 | 17 | ø | 29 | Hex | 45 | 59 | 28 | 23 |
| ø   | 45 | ø   | 16 | 63 | 31 | 26 | ø | 30 | Hex | 16 | 59 | 28 | 23 |
| ø   | 45 | ø   | 17 | 63 | 31 | 26 | ø | 30 | Hex | 17 | 59 | 28 | 23 |
| ø   | 45 | ø   | 18 | 63 | 31 | 26 | ø | 30 | Hex | 18 | 59 | 28 | 23 |
| ø   | 45 | ø   | 19 | 63 | 31 | 26 | ø | 30 | Hex | 19 | 59 | 28 | 23 |
| ø   | 45 | ø   | 20 | 63 | 31 | 26 | ø | 30 | Hex | 20 | 59 | 28 | 23 |
| ø   | 45 | ø   | 21 | 63 | 31 | 26 | ø | 30 | Hex | 21 | 57 | 28 | 23 |
| ø   | 45 | ø   | 22 | 63 | 31 | 26 | ø | 30 | Hex | 22 | 55 | 27 | 22 |
| ø   | 45 | ø   | 23 | 63 | 31 | 26 | ø | 30 | Hex | 23 | 55 | 27 | 22 |
| ø   | 45 | ø   | 24 | 63 | 31 | 26 | ø | 30 | Hex | 24 | 55 | 27 | 22 |
| ø   | 45 | ø   | 25 | 63 | 31 | 26 | ø | 30 | Hex | 25 | 55 | 27 | 22 |
| ø   | 45 | ø   | 26 | 63 | 31 | 26 | ø | 30 | Hex | 26 | 57 | 27 | 22 |
| ø   | 45 | ø   | 27 | 63 | 31 | 26 | ø | 30 | Hex | 27 | 58 | 28 | 23 |
| ø   | 45 | ø   | 28 | 63 | 31 | 26 | ø | 30 | Hex | 28 | 58 | 28 | 23 |
| ø   | 45 | ø   | 29 | 63 | 31 | 26 | ø | 30 | Hex | 29 | 58 | 28 | 23 |
| ø   | 45 | ø   | 30 | 63 | 31 | 26 | ø | 30 | Hex | 30 | 56 | 27 | 22 |
| ø   | 45 | ø   | 31 | 61 | 30 | 25 | ø | 30 | Hex | 31 | 59 | 28 | 23 |
| ø   | 45 | ø   | 32 | 61 | 30 | 25 | ø | 30 | Hex | 32 | 59 | 28 | 23 |
| ø   | 45 | ø   | 33 | 61 | 30 | 25 | ø | 30 | Hex | 33 | 59 | 28 | 23 |
| ø   | 45 | ø   | 34 | 61 | 30 | 25 | ø | 30 | Hex | 34 | 59 | 28 | 23 |
| ø   | 45 | ø   | 35 | 61 | 30 | 25 | ø | 30 | Hex | 35 | 59 | 28 | 23 |
| ø   | 45 | ø   | 36 | 58 | 28 | 24 | ø | 30 | Hex | 36 | 59 | 28 | 23 |
| ø   | 45 | ø   | 37 | 58 | 28 | 24 | ø | 30 | Hex | 37 | 59 | 28 | 23 |
| ø   | 45 | ø   | 38 | 58 | 28 | 24 | ø | 30 | Hex | 38 | 59 | 28 | 23 |
| ø   | 45 | ø   | 39 | 58 | 28 | 24 | ø | 30 | Hex | 39 | 59 | 28 | 23 |
| ø   | 45 | ø   | 40 | 57 | 28 | 23 | ø | 30 | Hex | 40 | 59 | 28 | 23 |
| ø   | 45 | ø   | 41 | 51 | 25 | 21 | ø | 30 | Hex | 41 | 59 | 28 | 23 |
| ø   | 45 | ø   | 42 | 51 | 25 | 21 | ø | 30 | Hex | 42 | 59 | 28 | 23 |
| ø   | 45 | ø   | 43 | 49 | 24 | 20 | ø | 30 | Hex | 43 | 59 | 28 | 23 |
| ø   | 45 | ø   | 44 | 46 | 21 | 18 | ø | 30 | Hex | 44 | 59 | 28 | 23 |
| ø   | 45 | ø   | 45 | 39 | 17 | 14 | ø | 30 | Hex | 45 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 16 | Hex | 17 | 44 | 20 | 16 | ø | 31 | Hex | 16 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 16 | Hex | 18 | 47 | 21 | 17 | ø | 31 | Hex | 17 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 16 | Hex | 19 | 47 | 21 | 17 | ø | 31 | Hex | 18 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 16 | Hex | 20 | 52 | 24 | 20 | ø | 31 | Hex | 19 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 16 | Hex | 21 | 54 | 26 | 21 | ø | 31 | Hex | 20 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 16 | Hex | 22 | 54 | 26 | 21 | ø | 31 | Hex | 21 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 16 | Hex | 23 | 54 | 26 | 21 | ø | 31 | Hex | 22 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 16 | Hex | 24 | 54 | 26 | 21 | ø | 31 | Hex | 23 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 16 | Hex | 25 | 54 | 26 | 21 | ø | 31 | Hex | 24 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 16 | Hex | 26 | 54 | 26 | 21 | ø | 31 | Hex | 25 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 16 | Hex | 27 | 54 | 26 | 21 | ø | 31 | Hex | 26 | 53 | 25 | 21 |
| Hex | 16 | Hex | 28 | 54 | 26 | 21 | ø | 31 | Hex | 27 | 54 | 27 | 22 |
| Hex | 16 | Hex | 29 | 54 | 26 | 21 | ø | 31 | Hex | 28 | 54 | 27 | 22 |

|     |    |     |    |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |
|-----|----|-----|----|----|----|----|---|----|-----|----|----|----|----|
| Hex | 16 | Hex | 30 | 54 | 26 | 21 | ø | 31 | Hex | 29 | 54 | 27 | 22 |
| Hex | 16 | Hex | 31 | 54 | 26 | 21 | ø | 31 | Hex | 30 | 54 | 27 | 22 |
| Hex | 16 | Hex | 32 | 54 | 26 | 21 | ø | 31 | Hex | 31 | 52 | 25 | 21 |
| Hex | 16 | Hex | 33 | 54 | 26 | 21 | ø | 31 | Hex | 32 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 16 | Hex | 34 | 54 | 26 | 21 | ø | 31 | Hex | 33 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 16 | Hex | 35 | 54 | 26 | 21 | ø | 31 | Hex | 34 | 56 | 28 | 23 |
| Hex | 16 | Hex | 36 | 54 | 26 | 21 | ø | 31 | Hex | 35 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 16 | Hex | 37 | 54 | 26 | 21 | ø | 31 | Hex | 36 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 16 | Hex | 38 | 54 | 26 | 21 | ø | 31 | Hex | 37 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 16 | Hex | 39 | 54 | 26 | 21 | ø | 31 | Hex | 38 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 16 | Hex | 40 | 54 | 26 | 21 | ø | 31 | Hex | 39 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 16 | Hex | 41 | 54 | 26 | 21 | ø | 31 | Hex | 40 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 16 | Hex | 42 | 54 | 26 | 21 | ø | 31 | Hex | 41 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 16 | Hex | 43 | 54 | 26 | 21 | ø | 31 | Hex | 42 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 16 | Hex | 44 | 54 | 26 | 21 | ø | 31 | Hex | 43 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 16 | Hex | 45 | 54 | 26 | 21 | ø | 31 | Hex | 44 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 17 | Hex | 16 | 45 | 21 | 17 | ø | 31 | Hex | 45 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 17 | Hex | 17 | 39 | 17 | 13 | ø | 32 | Hex | 16 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 17 | Hex | 18 | 47 | 21 | 17 | ø | 32 | Hex | 17 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 17 | Hex | 19 | 47 | 21 | 17 | ø | 32 | Hex | 18 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 17 | Hex | 20 | 52 | 24 | 20 | ø | 32 | Hex | 19 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 17 | Hex | 21 | 53 | 25 | 21 | ø | 32 | Hex | 20 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 17 | Hex | 22 | 54 | 26 | 21 | ø | 32 | Hex | 21 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 17 | Hex | 23 | 54 | 26 | 21 | ø | 32 | Hex | 22 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 17 | Hex | 24 | 54 | 26 | 21 | ø | 32 | Hex | 23 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 17 | Hex | 25 | 54 | 26 | 21 | ø | 32 | Hex | 24 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 17 | Hex | 26 | 54 | 26 | 21 | ø | 32 | Hex | 25 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 17 | Hex | 27 | 54 | 26 | 21 | ø | 32 | Hex | 26 | 56 | 28 | 23 |
| Hex | 17 | Hex | 28 | 54 | 26 | 21 | ø | 32 | Hex | 27 | 52 | 25 | 20 |
| Hex | 17 | Hex | 29 | 54 | 26 | 21 | ø | 32 | Hex | 28 | 54 | 27 | 22 |
| Hex | 17 | Hex | 30 | 54 | 26 | 21 | ø | 32 | Hex | 29 | 54 | 27 | 22 |
| Hex | 17 | Hex | 31 | 54 | 26 | 21 | ø | 32 | Hex | 30 | 54 | 27 | 22 |
| Hex | 17 | Hex | 32 | 54 | 26 | 21 | ø | 32 | Hex | 31 | 54 | 27 | 22 |
| Hex | 17 | Hex | 33 | 54 | 26 | 21 | ø | 32 | Hex | 32 | 52 | 25 | 21 |
| Hex | 17 | Hex | 34 | 54 | 26 | 21 | ø | 32 | Hex | 33 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 17 | Hex | 35 | 54 | 26 | 21 | ø | 32 | Hex | 34 | 56 | 28 | 23 |
| Hex | 17 | Hex | 36 | 54 | 26 | 21 | ø | 32 | Hex | 35 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 17 | Hex | 37 | 54 | 26 | 21 | ø | 32 | Hex | 36 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 17 | Hex | 38 | 54 | 26 | 21 | ø | 32 | Hex | 37 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 17 | Hex | 39 | 54 | 26 | 21 | ø | 32 | Hex | 38 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 17 | Hex | 40 | 54 | 26 | 21 | ø | 32 | Hex | 39 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 17 | Hex | 41 | 54 | 26 | 21 | ø | 32 | Hex | 40 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 17 | Hex | 42 | 54 | 26 | 21 | ø | 32 | Hex | 41 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 17 | Hex | 43 | 54 | 26 | 21 | ø | 32 | Hex | 42 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 17 | Hex | 44 | 54 | 26 | 21 | ø | 32 | Hex | 43 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 17 | Hex | 45 | 54 | 26 | 21 | ø | 32 | Hex | 44 | 59 | 28 | 23 |

|     |    |     |    |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |
|-----|----|-----|----|----|----|----|---|----|-----|----|----|----|----|
| Hex | 18 | Hex | 16 | 48 | 21 | 17 | ø | 32 | Hex | 45 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 18 | Hex | 17 | 48 | 21 | 17 | ø | 33 | Hex | 16 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 18 | Hex | 18 | 39 | 17 | 13 | ø | 33 | Hex | 17 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 18 | Hex | 19 | 44 | 20 | 16 | ø | 33 | Hex | 18 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 18 | Hex | 20 | 50 | 24 | 19 | ø | 33 | Hex | 19 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 18 | Hex | 21 | 51 | 24 | 20 | ø | 33 | Hex | 20 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 18 | Hex | 22 | 53 | 25 | 21 | ø | 33 | Hex | 21 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 18 | Hex | 23 | 54 | 26 | 21 | ø | 33 | Hex | 22 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 18 | Hex | 24 | 54 | 26 | 21 | ø | 33 | Hex | 23 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 18 | Hex | 25 | 54 | 26 | 21 | ø | 33 | Hex | 24 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 18 | Hex | 26 | 54 | 26 | 21 | ø | 33 | Hex | 25 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 18 | Hex | 27 | 54 | 26 | 21 | ø | 33 | Hex | 26 | 56 | 28 | 23 |
| Hex | 18 | Hex | 28 | 54 | 26 | 21 | ø | 33 | Hex | 27 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 18 | Hex | 29 | 54 | 26 | 21 | ø | 33 | Hex | 28 | 52 | 25 | 20 |
| Hex | 18 | Hex | 30 | 54 | 26 | 21 | ø | 33 | Hex | 29 | 54 | 27 | 22 |
| Hex | 18 | Hex | 31 | 54 | 26 | 21 | ø | 33 | Hex | 30 | 54 | 27 | 22 |
| Hex | 18 | Hex | 32 | 54 | 26 | 21 | ø | 33 | Hex | 31 | 54 | 27 | 22 |
| Hex | 18 | Hex | 33 | 54 | 26 | 21 | ø | 33 | Hex | 32 | 54 | 27 | 22 |
| Hex | 18 | Hex | 34 | 54 | 26 | 21 | ø | 33 | Hex | 33 | 53 | 26 | 21 |
| Hex | 18 | Hex | 35 | 54 | 26 | 21 | ø | 33 | Hex | 34 | 56 | 28 | 23 |
| Hex | 18 | Hex | 36 | 54 | 26 | 21 | ø | 33 | Hex | 35 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 18 | Hex | 37 | 54 | 26 | 21 | ø | 33 | Hex | 36 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 18 | Hex | 38 | 54 | 26 | 21 | ø | 33 | Hex | 37 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 18 | Hex | 39 | 54 | 26 | 21 | ø | 33 | Hex | 38 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 18 | Hex | 40 | 54 | 26 | 21 | ø | 33 | Hex | 39 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 18 | Hex | 41 | 54 | 26 | 21 | ø | 33 | Hex | 40 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 18 | Hex | 42 | 54 | 26 | 21 | ø | 33 | Hex | 41 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 18 | Hex | 43 | 54 | 26 | 21 | ø | 33 | Hex | 42 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 18 | Hex | 44 | 54 | 26 | 21 | ø | 33 | Hex | 43 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 18 | Hex | 45 | 54 | 26 | 21 | ø | 33 | Hex | 44 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 19 | Hex | 16 | 48 | 21 | 17 | ø | 33 | Hex | 45 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 19 | Hex | 17 | 48 | 21 | 17 | ø | 34 | Hex | 16 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 19 | Hex | 18 | 45 | 21 | 17 | ø | 34 | Hex | 17 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 19 | Hex | 19 | 39 | 17 | 13 | ø | 34 | Hex | 18 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 19 | Hex | 20 | 50 | 24 | 19 | ø | 34 | Hex | 19 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 19 | Hex | 21 | 51 | 24 | 20 | ø | 34 | Hex | 20 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 19 | Hex | 22 | 53 | 25 | 21 | ø | 34 | Hex | 21 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 19 | Hex | 23 | 53 | 25 | 21 | ø | 34 | Hex | 22 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 19 | Hex | 24 | 54 | 26 | 21 | ø | 34 | Hex | 23 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 19 | Hex | 25 | 54 | 26 | 21 | ø | 34 | Hex | 24 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 19 | Hex | 26 | 54 | 26 | 21 | ø | 34 | Hex | 25 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 19 | Hex | 27 | 54 | 26 | 21 | ø | 34 | Hex | 26 | 56 | 28 | 23 |
| Hex | 19 | Hex | 28 | 54 | 26 | 21 | ø | 34 | Hex | 27 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 19 | Hex | 29 | 54 | 26 | 21 | ø | 34 | Hex | 28 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 19 | Hex | 30 | 54 | 26 | 21 | ø | 34 | Hex | 29 | 52 | 25 | 20 |
| Hex | 19 | Hex | 31 | 54 | 26 | 21 | ø | 34 | Hex | 30 | 54 | 27 | 22 |

|     |    |     |    |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |
|-----|----|-----|----|----|----|----|---|----|-----|----|----|----|----|
| Hex | 19 | Hex | 32 | 54 | 26 | 21 | ø | 34 | Hex | 31 | 54 | 27 | 22 |
| Hex | 19 | Hex | 33 | 54 | 26 | 21 | ø | 34 | Hex | 32 | 54 | 27 | 22 |
| Hex | 19 | Hex | 34 | 54 | 26 | 21 | ø | 34 | Hex | 33 | 54 | 27 | 22 |
| Hex | 19 | Hex | 35 | 54 | 26 | 21 | ø | 34 | Hex | 34 | 54 | 26 | 22 |
| Hex | 19 | Hex | 36 | 54 | 26 | 21 | ø | 34 | Hex | 35 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 19 | Hex | 37 | 54 | 26 | 21 | ø | 34 | Hex | 36 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 19 | Hex | 38 | 54 | 26 | 21 | ø | 34 | Hex | 37 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 19 | Hex | 39 | 54 | 26 | 21 | ø | 34 | Hex | 38 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 19 | Hex | 40 | 54 | 26 | 21 | ø | 34 | Hex | 39 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 19 | Hex | 41 | 54 | 26 | 21 | ø | 34 | Hex | 40 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 19 | Hex | 42 | 54 | 26 | 21 | ø | 34 | Hex | 41 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 19 | Hex | 43 | 54 | 26 | 21 | ø | 34 | Hex | 42 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 19 | Hex | 44 | 54 | 26 | 21 | ø | 34 | Hex | 43 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 19 | Hex | 45 | 54 | 26 | 21 | ø | 34 | Hex | 44 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 20 | Hex | 16 | 53 | 25 | 20 | ø | 34 | Hex | 45 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 20 | Hex | 17 | 53 | 25 | 20 | ø | 35 | Hex | 16 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 20 | Hex | 18 | 50 | 24 | 20 | ø | 35 | Hex | 17 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 20 | Hex | 19 | 50 | 24 | 20 | ø | 35 | Hex | 18 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 20 | Hex | 20 | 39 | 17 | 13 | ø | 35 | Hex | 19 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 20 | Hex | 21 | 46 | 21 | 17 | ø | 35 | Hex | 20 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 20 | Hex | 22 | 48 | 21 | 17 | ø | 35 | Hex | 21 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 20 | Hex | 23 | 51 | 24 | 20 | ø | 35 | Hex | 22 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 20 | Hex | 24 | 53 | 25 | 21 | ø | 35 | Hex | 23 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 20 | Hex | 25 | 53 | 25 | 21 | ø | 35 | Hex | 24 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 20 | Hex | 26 | 54 | 26 | 21 | ø | 35 | Hex | 25 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 20 | Hex | 27 | 54 | 26 | 21 | ø | 35 | Hex | 26 | 56 | 28 | 23 |
| Hex | 20 | Hex | 28 | 54 | 26 | 21 | ø | 35 | Hex | 27 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 20 | Hex | 29 | 54 | 26 | 21 | ø | 35 | Hex | 28 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 20 | Hex | 30 | 54 | 26 | 21 | ø | 35 | Hex | 29 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 20 | Hex | 31 | 54 | 26 | 21 | ø | 35 | Hex | 30 | 52 | 25 | 20 |
| Hex | 20 | Hex | 32 | 54 | 26 | 21 | ø | 35 | Hex | 31 | 54 | 27 | 22 |
| Hex | 20 | Hex | 33 | 54 | 26 | 21 | ø | 35 | Hex | 32 | 54 | 27 | 22 |
| Hex | 20 | Hex | 34 | 54 | 26 | 21 | ø | 35 | Hex | 33 | 54 | 27 | 22 |
| Hex | 20 | Hex | 35 | 54 | 26 | 21 | ø | 35 | Hex | 34 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 20 | Hex | 36 | 54 | 26 | 21 | ø | 35 | Hex | 35 | 56 | 27 | 22 |
| Hex | 20 | Hex | 37 | 54 | 26 | 21 | ø | 35 | Hex | 36 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 20 | Hex | 38 | 54 | 26 | 21 | ø | 35 | Hex | 37 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 20 | Hex | 39 | 54 | 26 | 21 | ø | 35 | Hex | 38 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 20 | Hex | 40 | 54 | 26 | 21 | ø | 35 | Hex | 39 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 20 | Hex | 41 | 54 | 26 | 21 | ø | 35 | Hex | 40 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 20 | Hex | 42 | 54 | 26 | 21 | ø | 35 | Hex | 41 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 20 | Hex | 43 | 54 | 26 | 21 | ø | 35 | Hex | 42 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 20 | Hex | 44 | 54 | 26 | 21 | ø | 35 | Hex | 43 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 20 | Hex | 45 | 54 | 26 | 21 | ø | 35 | Hex | 44 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 21 | Hex | 16 | 54 | 26 | 21 | ø | 35 | Hex | 45 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 21 | Hex | 17 | 54 | 26 | 21 | ø | 36 | Hex | 16 | 59 | 28 | 23 |

|     |    |     |    |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |
|-----|----|-----|----|----|----|----|---|----|-----|----|----|----|----|
| Hex | 21 | Hex | 18 | 52 | 25 | 20 | ø | 36 | Hex | 17 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 21 | Hex | 19 | 52 | 25 | 20 | ø | 36 | Hex | 18 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 21 | Hex | 20 | 46 | 21 | 17 | ø | 36 | Hex | 19 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 21 | Hex | 21 | 39 | 17 | 13 | ø | 36 | Hex | 20 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 21 | Hex | 22 | 47 | 21 | 17 | ø | 36 | Hex | 21 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 21 | Hex | 23 | 50 | 23 | 19 | ø | 36 | Hex | 22 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 21 | Hex | 24 | 52 | 24 | 20 | ø | 36 | Hex | 23 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 21 | Hex | 25 | 52 | 24 | 20 | ø | 36 | Hex | 24 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 21 | Hex | 26 | 53 | 25 | 20 | ø | 36 | Hex | 25 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 21 | Hex | 27 | 54 | 26 | 21 | ø | 36 | Hex | 26 | 56 | 28 | 23 |
| Hex | 21 | Hex | 28 | 54 | 26 | 21 | ø | 36 | Hex | 27 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 21 | Hex | 29 | 54 | 26 | 21 | ø | 36 | Hex | 28 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 21 | Hex | 30 | 54 | 26 | 21 | ø | 36 | Hex | 29 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 21 | Hex | 31 | 54 | 26 | 21 | ø | 36 | Hex | 30 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 21 | Hex | 32 | 54 | 26 | 21 | ø | 36 | Hex | 31 | 52 | 25 | 20 |
| Hex | 21 | Hex | 33 | 54 | 26 | 21 | ø | 36 | Hex | 32 | 54 | 27 | 22 |
| Hex | 21 | Hex | 34 | 54 | 26 | 21 | ø | 36 | Hex | 33 | 54 | 27 | 22 |
| Hex | 21 | Hex | 35 | 54 | 26 | 21 | ø | 36 | Hex | 34 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 21 | Hex | 36 | 54 | 26 | 21 | ø | 36 | Hex | 35 | 58 | 28 | 23 |
| Hex | 21 | Hex | 37 | 54 | 26 | 21 | ø | 36 | Hex | 36 | 56 | 27 | 22 |
| Hex | 21 | Hex | 38 | 54 | 26 | 21 | ø | 36 | Hex | 37 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 21 | Hex | 39 | 54 | 26 | 21 | ø | 36 | Hex | 38 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 21 | Hex | 40 | 54 | 26 | 21 | ø | 36 | Hex | 39 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 21 | Hex | 41 | 54 | 26 | 21 | ø | 36 | Hex | 40 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 21 | Hex | 42 | 54 | 26 | 21 | ø | 36 | Hex | 41 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 21 | Hex | 43 | 54 | 26 | 21 | ø | 36 | Hex | 42 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 21 | Hex | 44 | 54 | 26 | 21 | ø | 36 | Hex | 43 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 21 | Hex | 45 | 54 | 26 | 21 | ø | 36 | Hex | 44 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 22 | Hex | 16 | 54 | 26 | 21 | ø | 36 | Hex | 45 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 22 | Hex | 17 | 54 | 26 | 21 | ø | 37 | Hex | 16 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 22 | Hex | 18 | 54 | 26 | 21 | ø | 37 | Hex | 17 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 22 | Hex | 19 | 54 | 26 | 21 | ø | 37 | Hex | 18 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 22 | Hex | 20 | 49 | 22 | 18 | ø | 37 | Hex | 19 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 22 | Hex | 21 | 48 | 21 | 17 | ø | 37 | Hex | 20 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 22 | Hex | 22 | 39 | 17 | 13 | ø | 37 | Hex | 21 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 22 | Hex | 23 | 48 | 22 | 18 | ø | 37 | Hex | 22 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 22 | Hex | 24 | 50 | 24 | 19 | ø | 37 | Hex | 23 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 22 | Hex | 25 | 50 | 24 | 19 | ø | 37 | Hex | 24 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 22 | Hex | 26 | 52 | 24 | 20 | ø | 37 | Hex | 25 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 22 | Hex | 27 | 54 | 26 | 21 | ø | 37 | Hex | 26 | 56 | 28 | 23 |
| Hex | 22 | Hex | 28 | 54 | 26 | 21 | ø | 37 | Hex | 27 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 22 | Hex | 29 | 54 | 26 | 21 | ø | 37 | Hex | 28 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 22 | Hex | 30 | 54 | 26 | 21 | ø | 37 | Hex | 29 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 22 | Hex | 31 | 54 | 26 | 21 | ø | 37 | Hex | 30 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 22 | Hex | 32 | 54 | 26 | 21 | ø | 37 | Hex | 31 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 22 | Hex | 33 | 54 | 26 | 21 | ø | 37 | Hex | 32 | 52 | 25 | 20 |

|     |    |     |    |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |
|-----|----|-----|----|----|----|----|---|----|-----|----|----|----|----|
| Hex | 22 | Hex | 34 | 54 | 26 | 21 | ø | 37 | Hex | 33 | 54 | 27 | 22 |
| Hex | 22 | Hex | 35 | 54 | 26 | 21 | ø | 37 | Hex | 34 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 22 | Hex | 36 | 54 | 26 | 21 | ø | 37 | Hex | 35 | 58 | 28 | 23 |
| Hex | 22 | Hex | 37 | 54 | 26 | 21 | ø | 37 | Hex | 36 | 58 | 28 | 23 |
| Hex | 22 | Hex | 38 | 54 | 26 | 21 | ø | 37 | Hex | 37 | 56 | 27 | 22 |
| Hex | 22 | Hex | 39 | 54 | 26 | 21 | ø | 37 | Hex | 38 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 22 | Hex | 40 | 54 | 26 | 21 | ø | 37 | Hex | 39 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 22 | Hex | 41 | 54 | 26 | 21 | ø | 37 | Hex | 40 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 22 | Hex | 42 | 54 | 26 | 21 | ø | 37 | Hex | 41 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 22 | Hex | 43 | 54 | 26 | 21 | ø | 37 | Hex | 42 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 22 | Hex | 44 | 54 | 26 | 21 | ø | 37 | Hex | 43 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 22 | Hex | 45 | 54 | 26 | 21 | ø | 37 | Hex | 44 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 23 | Hex | 16 | 54 | 26 | 21 | ø | 37 | Hex | 45 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 23 | Hex | 17 | 54 | 26 | 21 | ø | 38 | Hex | 16 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 23 | Hex | 18 | 54 | 26 | 21 | ø | 38 | Hex | 17 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 23 | Hex | 19 | 54 | 26 | 21 | ø | 38 | Hex | 18 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 23 | Hex | 20 | 52 | 24 | 20 | ø | 38 | Hex | 19 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 23 | Hex | 21 | 51 | 24 | 20 | ø | 38 | Hex | 20 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 23 | Hex | 22 | 49 | 23 | 19 | ø | 38 | Hex | 21 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 23 | Hex | 23 | 39 | 17 | 13 | ø | 38 | Hex | 22 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 23 | Hex | 24 | 46 | 21 | 17 | ø | 38 | Hex | 23 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 23 | Hex | 25 | 46 | 21 | 17 | ø | 38 | Hex | 24 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 23 | Hex | 26 | 52 | 24 | 20 | ø | 38 | Hex | 25 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 23 | Hex | 27 | 53 | 25 | 21 | ø | 38 | Hex | 26 | 56 | 28 | 23 |
| Hex | 23 | Hex | 28 | 54 | 26 | 21 | ø | 38 | Hex | 27 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 23 | Hex | 29 | 54 | 26 | 21 | ø | 38 | Hex | 28 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 23 | Hex | 30 | 54 | 26 | 21 | ø | 38 | Hex | 29 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 23 | Hex | 31 | 54 | 26 | 21 | ø | 38 | Hex | 30 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 23 | Hex | 32 | 54 | 26 | 21 | ø | 38 | Hex | 31 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 23 | Hex | 33 | 54 | 26 | 21 | ø | 38 | Hex | 32 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 23 | Hex | 34 | 54 | 26 | 21 | ø | 38 | Hex | 33 | 54 | 27 | 22 |
| Hex | 23 | Hex | 35 | 54 | 26 | 21 | ø | 38 | Hex | 34 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 23 | Hex | 36 | 54 | 26 | 21 | ø | 38 | Hex | 35 | 58 | 28 | 23 |
| Hex | 23 | Hex | 37 | 54 | 26 | 21 | ø | 38 | Hex | 36 | 58 | 28 | 23 |
| Hex | 23 | Hex | 38 | 54 | 26 | 21 | ø | 38 | Hex | 37 | 58 | 28 | 23 |
| Hex | 23 | Hex | 39 | 54 | 26 | 21 | ø | 38 | Hex | 38 | 56 | 27 | 22 |
| Hex | 23 | Hex | 40 | 54 | 26 | 21 | ø | 38 | Hex | 39 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 23 | Hex | 41 | 54 | 26 | 21 | ø | 38 | Hex | 40 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 23 | Hex | 42 | 54 | 26 | 21 | ø | 38 | Hex | 41 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 23 | Hex | 43 | 54 | 26 | 21 | ø | 38 | Hex | 42 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 23 | Hex | 44 | 54 | 26 | 21 | ø | 38 | Hex | 43 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 23 | Hex | 45 | 54 | 26 | 21 | ø | 38 | Hex | 44 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 24 | Hex | 16 | 54 | 26 | 21 | ø | 38 | Hex | 45 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 24 | Hex | 17 | 54 | 26 | 21 | ø | 39 | Hex | 16 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 24 | Hex | 18 | 54 | 26 | 21 | ø | 39 | Hex | 17 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 24 | Hex | 19 | 54 | 26 | 21 | ø | 39 | Hex | 18 | 59 | 28 | 23 |

|     |    |     |    |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |
|-----|----|-----|----|----|----|----|---|----|-----|----|----|----|----|
| Hex | 24 | Hex | 20 | 54 | 26 | 21 | ø | 39 | Hex | 19 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 24 | Hex | 21 | 53 | 25 | 20 | ø | 39 | Hex | 20 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 24 | Hex | 22 | 50 | 24 | 20 | ø | 39 | Hex | 21 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 24 | Hex | 23 | 47 | 22 | 18 | ø | 39 | Hex | 22 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 24 | Hex | 24 | 39 | 17 | 13 | ø | 39 | Hex | 23 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 24 | Hex | 25 | 44 | 20 | 16 | ø | 39 | Hex | 24 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 24 | Hex | 26 | 50 | 23 | 19 | ø | 39 | Hex | 25 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 24 | Hex | 27 | 51 | 24 | 20 | ø | 39 | Hex | 26 | 56 | 28 | 23 |
| Hex | 24 | Hex | 28 | 53 | 25 | 21 | ø | 39 | Hex | 27 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 24 | Hex | 29 | 54 | 26 | 21 | ø | 39 | Hex | 28 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 24 | Hex | 30 | 54 | 26 | 21 | ø | 39 | Hex | 29 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 24 | Hex | 31 | 54 | 26 | 21 | ø | 39 | Hex | 30 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 24 | Hex | 32 | 54 | 26 | 21 | ø | 39 | Hex | 31 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 24 | Hex | 33 | 54 | 26 | 21 | ø | 39 | Hex | 32 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 24 | Hex | 34 | 54 | 26 | 21 | ø | 39 | Hex | 33 | 52 | 25 | 20 |
| Hex | 24 | Hex | 35 | 54 | 26 | 21 | ø | 39 | Hex | 34 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 24 | Hex | 36 | 54 | 26 | 21 | ø | 39 | Hex | 35 | 58 | 28 | 23 |
| Hex | 24 | Hex | 37 | 54 | 26 | 21 | ø | 39 | Hex | 36 | 58 | 28 | 23 |
| Hex | 24 | Hex | 38 | 54 | 26 | 21 | ø | 39 | Hex | 37 | 58 | 28 | 23 |
| Hex | 24 | Hex | 39 | 54 | 26 | 21 | ø | 39 | Hex | 38 | 58 | 28 | 23 |
| Hex | 24 | Hex | 40 | 54 | 26 | 21 | ø | 39 | Hex | 39 | 56 | 27 | 22 |
| Hex | 24 | Hex | 41 | 54 | 26 | 21 | ø | 39 | Hex | 40 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 24 | Hex | 42 | 54 | 26 | 21 | ø | 39 | Hex | 41 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 24 | Hex | 43 | 54 | 26 | 21 | ø | 39 | Hex | 42 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 24 | Hex | 44 | 54 | 26 | 21 | ø | 39 | Hex | 43 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 24 | Hex | 45 | 54 | 26 | 21 | ø | 39 | Hex | 44 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 25 | Hex | 16 | 54 | 26 | 21 | ø | 39 | Hex | 45 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 25 | Hex | 17 | 54 | 26 | 21 | ø | 40 | Hex | 16 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 25 | Hex | 18 | 54 | 26 | 21 | ø | 40 | Hex | 17 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 25 | Hex | 19 | 54 | 26 | 21 | ø | 40 | Hex | 18 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 25 | Hex | 20 | 54 | 26 | 21 | ø | 40 | Hex | 19 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 25 | Hex | 21 | 53 | 25 | 20 | ø | 40 | Hex | 20 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 25 | Hex | 22 | 50 | 24 | 20 | ø | 40 | Hex | 21 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 25 | Hex | 23 | 47 | 22 | 18 | ø | 40 | Hex | 22 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 25 | Hex | 24 | 45 | 21 | 17 | ø | 40 | Hex | 23 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 25 | Hex | 25 | 39 | 17 | 13 | ø | 40 | Hex | 24 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 25 | Hex | 26 | 50 | 23 | 19 | ø | 40 | Hex | 25 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 25 | Hex | 27 | 51 | 24 | 20 | ø | 40 | Hex | 26 | 56 | 28 | 23 |
| Hex | 25 | Hex | 28 | 53 | 25 | 21 | ø | 40 | Hex | 27 | 56 | 28 | 23 |
| Hex | 25 | Hex | 29 | 53 | 25 | 21 | ø | 40 | Hex | 28 | 56 | 28 | 23 |
| Hex | 25 | Hex | 30 | 54 | 26 | 21 | ø | 40 | Hex | 29 | 56 | 28 | 23 |
| Hex | 25 | Hex | 31 | 54 | 26 | 21 | ø | 40 | Hex | 30 | 56 | 28 | 23 |
| Hex | 25 | Hex | 32 | 54 | 26 | 21 | ø | 40 | Hex | 31 | 56 | 28 | 23 |
| Hex | 25 | Hex | 33 | 54 | 26 | 21 | ø | 40 | Hex | 32 | 56 | 28 | 23 |
| Hex | 25 | Hex | 34 | 54 | 26 | 21 | ø | 40 | Hex | 33 | 56 | 28 | 23 |
| Hex | 25 | Hex | 35 | 54 | 26 | 21 | ø | 40 | Hex | 34 | 52 | 25 | 20 |

|     |    |     |    |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |
|-----|----|-----|----|----|----|----|---|----|-----|----|----|----|----|
| Hex | 25 | Hex | 36 | 54 | 26 | 21 | ø | 40 | Hex | 35 | 57 | 27 | 22 |
| Hex | 25 | Hex | 37 | 54 | 26 | 21 | ø | 40 | Hex | 36 | 57 | 27 | 22 |
| Hex | 25 | Hex | 38 | 54 | 26 | 21 | ø | 40 | Hex | 37 | 57 | 27 | 22 |
| Hex | 25 | Hex | 39 | 54 | 26 | 21 | ø | 40 | Hex | 38 | 57 | 27 | 22 |
| Hex | 25 | Hex | 40 | 54 | 26 | 21 | ø | 40 | Hex | 39 | 57 | 28 | 23 |
| Hex | 25 | Hex | 41 | 54 | 26 | 21 | ø | 40 | Hex | 40 | 55 | 26 | 22 |
| Hex | 25 | Hex | 42 | 54 | 26 | 21 | ø | 40 | Hex | 41 | 57 | 28 | 23 |
| Hex | 25 | Hex | 43 | 54 | 26 | 21 | ø | 40 | Hex | 42 | 57 | 28 | 23 |
| Hex | 25 | Hex | 44 | 54 | 26 | 21 | ø | 40 | Hex | 43 | 57 | 28 | 23 |
| Hex | 25 | Hex | 45 | 54 | 26 | 21 | ø | 40 | Hex | 44 | 57 | 28 | 23 |
| Hex | 26 | Hex | 16 | 54 | 26 | 21 | ø | 40 | Hex | 45 | 57 | 28 | 23 |
| Hex | 26 | Hex | 17 | 54 | 26 | 21 | ø | 41 | Hex | 16 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 26 | Hex | 18 | 54 | 26 | 21 | ø | 41 | Hex | 17 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 26 | Hex | 19 | 54 | 26 | 21 | ø | 41 | Hex | 18 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 26 | Hex | 20 | 54 | 26 | 21 | ø | 41 | Hex | 19 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 26 | Hex | 21 | 53 | 25 | 20 | ø | 41 | Hex | 20 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 26 | Hex | 22 | 53 | 25 | 20 | ø | 41 | Hex | 21 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 26 | Hex | 23 | 53 | 25 | 20 | ø | 41 | Hex | 22 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 26 | Hex | 24 | 51 | 24 | 20 | ø | 41 | Hex | 23 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 26 | Hex | 25 | 51 | 24 | 20 | ø | 41 | Hex | 24 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 26 | Hex | 26 | 39 | 17 | 13 | ø | 41 | Hex | 25 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 26 | Hex | 27 | 46 | 21 | 17 | ø | 41 | Hex | 26 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 26 | Hex | 28 | 47 | 22 | 18 | ø | 41 | Hex | 27 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 26 | Hex | 29 | 51 | 24 | 20 | ø | 41 | Hex | 28 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 26 | Hex | 30 | 51 | 24 | 20 | ø | 41 | Hex | 29 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 26 | Hex | 31 | 51 | 24 | 20 | ø | 41 | Hex | 30 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 26 | Hex | 32 | 52 | 25 | 20 | ø | 41 | Hex | 31 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 26 | Hex | 33 | 52 | 25 | 20 | ø | 41 | Hex | 32 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 26 | Hex | 34 | 52 | 25 | 20 | ø | 41 | Hex | 33 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 26 | Hex | 35 | 54 | 26 | 21 | ø | 41 | Hex | 34 | 57 | 28 | 23 |
| Hex | 26 | Hex | 36 | 54 | 26 | 21 | ø | 41 | Hex | 35 | 52 | 25 | 20 |
| Hex | 26 | Hex | 37 | 54 | 26 | 21 | ø | 41 | Hex | 36 | 54 | 27 | 22 |
| Hex | 26 | Hex | 38 | 54 | 26 | 21 | ø | 41 | Hex | 37 | 54 | 27 | 22 |
| Hex | 26 | Hex | 39 | 54 | 26 | 21 | ø | 41 | Hex | 38 | 54 | 27 | 22 |
| Hex | 26 | Hex | 40 | 54 | 26 | 21 | ø | 41 | Hex | 39 | 54 | 27 | 22 |
| Hex | 26 | Hex | 41 | 54 | 26 | 21 | ø | 41 | Hex | 40 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 26 | Hex | 42 | 54 | 26 | 21 | ø | 41 | Hex | 41 | 53 | 26 | 21 |
| Hex | 26 | Hex | 43 | 54 | 26 | 21 | ø | 41 | Hex | 42 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 26 | Hex | 44 | 54 | 26 | 21 | ø | 41 | Hex | 43 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 26 | Hex | 45 | 54 | 26 | 21 | ø | 41 | Hex | 44 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 27 | Hex | 16 | 54 | 26 | 21 | ø | 41 | Hex | 45 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 27 | Hex | 17 | 54 | 26 | 21 | ø | 42 | Hex | 16 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 27 | Hex | 18 | 54 | 26 | 21 | ø | 42 | Hex | 17 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 27 | Hex | 19 | 54 | 26 | 21 | ø | 42 | Hex | 18 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 27 | Hex | 20 | 54 | 26 | 21 | ø | 42 | Hex | 19 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 27 | Hex | 21 | 54 | 26 | 21 | ø | 42 | Hex | 20 | 59 | 28 | 23 |

|     |    |     |    |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |
|-----|----|-----|----|----|----|----|---|----|-----|----|----|----|----|
| Hex | 27 | Hex | 22 | 54 | 26 | 21 | ø | 42 | Hex | 21 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 27 | Hex | 23 | 54 | 26 | 21 | ø | 42 | Hex | 22 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 27 | Hex | 24 | 52 | 24 | 20 | ø | 42 | Hex | 23 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 27 | Hex | 25 | 52 | 24 | 20 | ø | 42 | Hex | 24 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 27 | Hex | 26 | 46 | 21 | 17 | ø | 42 | Hex | 25 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 27 | Hex | 27 | 39 | 17 | 13 | ø | 42 | Hex | 26 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 27 | Hex | 28 | 46 | 21 | 17 | ø | 42 | Hex | 27 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 27 | Hex | 29 | 50 | 24 | 19 | ø | 42 | Hex | 28 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 27 | Hex | 30 | 50 | 24 | 19 | ø | 42 | Hex | 29 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 27 | Hex | 31 | 50 | 24 | 19 | ø | 42 | Hex | 30 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 27 | Hex | 32 | 50 | 24 | 19 | ø | 42 | Hex | 31 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 27 | Hex | 33 | 50 | 24 | 20 | ø | 42 | Hex | 32 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 27 | Hex | 34 | 52 | 25 | 20 | ø | 42 | Hex | 33 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 27 | Hex | 35 | 54 | 26 | 21 | ø | 42 | Hex | 34 | 57 | 28 | 23 |
| Hex | 27 | Hex | 36 | 54 | 26 | 21 | ø | 42 | Hex | 35 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 27 | Hex | 37 | 54 | 26 | 21 | ø | 42 | Hex | 36 | 52 | 25 | 20 |
| Hex | 27 | Hex | 38 | 54 | 26 | 21 | ø | 42 | Hex | 37 | 54 | 27 | 22 |
| Hex | 27 | Hex | 39 | 54 | 26 | 21 | ø | 42 | Hex | 38 | 54 | 27 | 22 |
| Hex | 27 | Hex | 40 | 54 | 26 | 21 | ø | 42 | Hex | 39 | 54 | 27 | 22 |
| Hex | 27 | Hex | 41 | 54 | 26 | 21 | ø | 42 | Hex | 40 | 54 | 27 | 22 |
| Hex | 27 | Hex | 42 | 54 | 26 | 21 | ø | 42 | Hex | 41 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 27 | Hex | 43 | 54 | 26 | 21 | ø | 42 | Hex | 42 | 53 | 26 | 21 |
| Hex | 27 | Hex | 44 | 54 | 26 | 21 | ø | 42 | Hex | 43 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 27 | Hex | 45 | 54 | 26 | 21 | ø | 42 | Hex | 44 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 28 | Hex | 16 | 54 | 26 | 21 | ø | 42 | Hex | 45 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 28 | Hex | 17 | 54 | 26 | 21 | ø | 43 | Hex | 16 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 28 | Hex | 18 | 54 | 26 | 21 | ø | 43 | Hex | 17 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 28 | Hex | 19 | 54 | 26 | 21 | ø | 43 | Hex | 18 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 28 | Hex | 20 | 54 | 26 | 21 | ø | 43 | Hex | 19 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 28 | Hex | 21 | 54 | 26 | 21 | ø | 43 | Hex | 20 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 28 | Hex | 22 | 54 | 26 | 21 | ø | 43 | Hex | 21 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 28 | Hex | 23 | 54 | 26 | 21 | ø | 43 | Hex | 22 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 28 | Hex | 24 | 54 | 26 | 21 | ø | 43 | Hex | 23 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 28 | Hex | 25 | 54 | 26 | 21 | ø | 43 | Hex | 24 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 28 | Hex | 26 | 48 | 23 | 18 | ø | 43 | Hex | 25 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 28 | Hex | 27 | 47 | 22 | 18 | ø | 43 | Hex | 26 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 28 | Hex | 28 | 39 | 17 | 13 | ø | 43 | Hex | 27 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 28 | Hex | 29 | 48 | 22 | 18 | ø | 43 | Hex | 28 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 28 | Hex | 30 | 48 | 22 | 18 | ø | 43 | Hex | 29 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 28 | Hex | 31 | 48 | 22 | 18 | ø | 43 | Hex | 30 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 28 | Hex | 32 | 50 | 24 | 19 | ø | 43 | Hex | 31 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 28 | Hex | 33 | 50 | 24 | 20 | ø | 43 | Hex | 32 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 28 | Hex | 34 | 52 | 25 | 20 | ø | 43 | Hex | 33 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 28 | Hex | 35 | 54 | 26 | 21 | ø | 43 | Hex | 34 | 57 | 28 | 23 |
| Hex | 28 | Hex | 36 | 54 | 26 | 21 | ø | 43 | Hex | 35 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 28 | Hex | 37 | 54 | 26 | 21 | ø | 43 | Hex | 36 | 55 | 27 | 22 |

|     |    |     |    |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |
|-----|----|-----|----|----|----|----|---|----|-----|----|----|----|----|
| Hex | 28 | Hex | 38 | 54 | 26 | 21 | ø | 43 | Hex | 37 | 52 | 25 | 20 |
| Hex | 28 | Hex | 39 | 54 | 26 | 21 | ø | 43 | Hex | 38 | 54 | 27 | 22 |
| Hex | 28 | Hex | 40 | 54 | 26 | 21 | ø | 43 | Hex | 39 | 54 | 27 | 22 |
| Hex | 28 | Hex | 41 | 54 | 26 | 21 | ø | 43 | Hex | 40 | 54 | 27 | 22 |
| Hex | 28 | Hex | 42 | 54 | 26 | 21 | ø | 43 | Hex | 41 | 54 | 27 | 22 |
| Hex | 28 | Hex | 43 | 54 | 26 | 21 | ø | 43 | Hex | 42 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 28 | Hex | 44 | 54 | 26 | 21 | ø | 43 | Hex | 43 | 53 | 26 | 21 |
| Hex | 28 | Hex | 45 | 54 | 26 | 21 | ø | 43 | Hex | 44 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 29 | Hex | 16 | 54 | 26 | 21 | ø | 43 | Hex | 45 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 29 | Hex | 17 | 54 | 26 | 21 | ø | 44 | Hex | 16 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 29 | Hex | 18 | 54 | 26 | 21 | ø | 44 | Hex | 17 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 29 | Hex | 19 | 54 | 26 | 21 | ø | 44 | Hex | 18 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 29 | Hex | 20 | 54 | 26 | 21 | ø | 44 | Hex | 19 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 29 | Hex | 21 | 54 | 26 | 21 | ø | 44 | Hex | 20 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 29 | Hex | 22 | 54 | 26 | 21 | ø | 44 | Hex | 21 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 29 | Hex | 23 | 54 | 26 | 21 | ø | 44 | Hex | 22 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 29 | Hex | 24 | 54 | 26 | 21 | ø | 44 | Hex | 23 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 29 | Hex | 25 | 54 | 26 | 21 | ø | 44 | Hex | 24 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 29 | Hex | 26 | 52 | 25 | 20 | ø | 44 | Hex | 25 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 29 | Hex | 27 | 50 | 24 | 20 | ø | 44 | Hex | 26 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 29 | Hex | 28 | 49 | 23 | 19 | ø | 44 | Hex | 27 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 29 | Hex | 29 | 39 | 17 | 13 | ø | 44 | Hex | 28 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 29 | Hex | 30 | 44 | 20 | 16 | ø | 44 | Hex | 29 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 29 | Hex | 31 | 44 | 20 | 16 | ø | 44 | Hex | 30 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 29 | Hex | 32 | 50 | 24 | 19 | ø | 44 | Hex | 31 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 29 | Hex | 33 | 50 | 24 | 19 | ø | 44 | Hex | 32 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 29 | Hex | 34 | 52 | 25 | 20 | ø | 44 | Hex | 33 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 29 | Hex | 35 | 54 | 26 | 21 | ø | 44 | Hex | 34 | 57 | 28 | 23 |
| Hex | 29 | Hex | 36 | 54 | 26 | 21 | ø | 44 | Hex | 35 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 29 | Hex | 37 | 54 | 26 | 21 | ø | 44 | Hex | 36 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 29 | Hex | 38 | 54 | 26 | 21 | ø | 44 | Hex | 37 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 29 | Hex | 39 | 54 | 26 | 21 | ø | 44 | Hex | 38 | 52 | 25 | 20 |
| Hex | 29 | Hex | 40 | 54 | 26 | 21 | ø | 44 | Hex | 39 | 54 | 27 | 22 |
| Hex | 29 | Hex | 41 | 54 | 26 | 21 | ø | 44 | Hex | 40 | 54 | 27 | 22 |
| Hex | 29 | Hex | 42 | 54 | 26 | 21 | ø | 44 | Hex | 41 | 54 | 27 | 22 |
| Hex | 29 | Hex | 43 | 54 | 26 | 21 | ø | 44 | Hex | 42 | 54 | 27 | 22 |
| Hex | 29 | Hex | 44 | 54 | 26 | 21 | ø | 44 | Hex | 43 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 29 | Hex | 45 | 54 | 26 | 21 | ø | 44 | Hex | 44 | 53 | 26 | 21 |
| Hex | 30 | Hex | 16 | 54 | 26 | 21 | ø | 44 | Hex | 45 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 30 | Hex | 17 | 54 | 26 | 21 | ø | 45 | Hex | 16 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 30 | Hex | 18 | 54 | 26 | 21 | ø | 45 | Hex | 17 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 30 | Hex | 19 | 54 | 26 | 21 | ø | 45 | Hex | 18 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 30 | Hex | 20 | 54 | 26 | 21 | ø | 45 | Hex | 19 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 30 | Hex | 21 | 54 | 26 | 21 | ø | 45 | Hex | 20 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 30 | Hex | 22 | 54 | 26 | 21 | ø | 45 | Hex | 21 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 30 | Hex | 23 | 54 | 26 | 21 | ø | 45 | Hex | 22 | 59 | 28 | 23 |

|     |    |     |    |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |
|-----|----|-----|----|----|----|----|---|----|-----|----|----|----|----|
| Hex | 30 | Hex | 24 | 54 | 26 | 21 | ø | 45 | Hex | 23 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 30 | Hex | 25 | 54 | 26 | 21 | ø | 45 | Hex | 24 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 30 | Hex | 26 | 52 | 25 | 20 | ø | 45 | Hex | 25 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 30 | Hex | 27 | 50 | 24 | 20 | ø | 45 | Hex | 26 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 30 | Hex | 28 | 49 | 23 | 19 | ø | 45 | Hex | 27 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 30 | Hex | 29 | 45 | 21 | 17 | ø | 45 | Hex | 28 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 30 | Hex | 30 | 39 | 17 | 13 | ø | 45 | Hex | 29 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 30 | Hex | 31 | 44 | 20 | 16 | ø | 45 | Hex | 30 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 30 | Hex | 32 | 50 | 24 | 19 | ø | 45 | Hex | 31 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 30 | Hex | 33 | 50 | 24 | 19 | ø | 45 | Hex | 32 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 30 | Hex | 34 | 51 | 24 | 20 | ø | 45 | Hex | 33 | 59 | 28 | 23 |
| Hex | 30 | Hex | 35 | 54 | 26 | 21 | ø | 45 | Hex | 34 | 57 | 28 | 23 |
| Hex | 30 | Hex | 36 | 54 | 26 | 21 | ø | 45 | Hex | 35 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 30 | Hex | 37 | 54 | 26 | 21 | ø | 45 | Hex | 36 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 30 | Hex | 38 | 54 | 26 | 21 | ø | 45 | Hex | 37 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 30 | Hex | 39 | 54 | 26 | 21 | ø | 45 | Hex | 38 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 30 | Hex | 40 | 54 | 26 | 21 | ø | 45 | Hex | 39 | 54 | 27 | 22 |
| Hex | 30 | Hex | 41 | 54 | 26 | 21 | ø | 45 | Hex | 40 | 54 | 27 | 22 |
| Hex | 30 | Hex | 42 | 54 | 26 | 21 | ø | 45 | Hex | 41 | 54 | 27 | 22 |
| Hex | 30 | Hex | 43 | 54 | 26 | 21 | ø | 45 | Hex | 42 | 54 | 27 | 22 |
| Hex | 30 | Hex | 44 | 54 | 26 | 21 | ø | 45 | Hex | 43 | 54 | 27 | 22 |
| Hex | 30 | Hex | 45 | 54 | 26 | 21 | ø | 45 | Hex | 44 | 55 | 27 | 22 |
| Hex | 31 | Hex | 16 | 54 | 26 | 21 | ø | 45 | Hex | 45 | 53 | 26 | 21 |

\*1. Mevcut Durum (dk) 2. SMED Sonrası Süre(dk) 3. Taguchi Sonrası Süre(

## ÖZGEÇMİŞ

Yazar, ilk ve orta öğretimini Kocaeli ilinde tamamlamıştır. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümünü 2011 yılında bölüm birincisi olarak tamamlamıştır. Devamında Anadolu Üniversitesi, Çalışma Ekonomisi ve Endüstri İlişkileri Bölümünü 2014 yılında tamamlamıştır. Çalışma hayatında, 2012 yılında beri çeşitli sektörlerde üretim sorumlusu olarak görev almaktadır. 2015 yılında Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Endüstri Mühendisliği Bilim Dalında yüksek lisans eğitimine başlamıştır.