

**DEMİR-ÇELİK İŞLETMELERİ İÇİN BİR  
VERİMLİLİK ARTTIRMA UYGULAMASI**

**Fatih Reşad KÖKSAL**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HAZİRAN 2008  
ANKARA**

Fatih Reşad Köksal tarafından hazırlanan “Demir-çelik işletmeleri için bir verimlilik arttırma uygulaması” adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Orhan TÜRKBİY

Tez Danışmanı, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı .....

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Serpil EROL

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, G. Ü. ....

Prof. Dr. Orhan TÜRKBİY

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, G. Ü. ....

Prof. Dr. Reşat KASAP

İstatistik Anabilim Dalı, G. Ü. ....

Tarih: 09/06/2008

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nermin ERTAN

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Fatih Reşad KÖKSAL

# **DEMİR-ÇELİK İŞLETMELERİ İÇİN BİR VERİMLİLİK ARTTIRMA UYGULAMASI**

**(Yüksek Lisans Tezi)**

**Fatih Reşad KÖKSAL**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Haziran 2008**

## **ÖZET**

Demir-çelik sektöründe küresel rekabetin yıldan yıla arttığı günümüzde, diğer birçok sektöre göre daha yüksek maliyetli olan kaynakların etkin kullanılarak mümkün olan en fazla ve en katma değerli çıktıya dönüştürülmesi şirketlerin ayakta kalabilmesi için zorunluluk haline gelmiştir. Demir-çelik sektörünün stratejik bir öneme sahip olması, şirketleri olduğu kadar bu sektörde faaliyet gösteren ülkeleri de bu konuda politikalar geliştirmeye zorlamıştır. Türkiye olarak, büyük bir kısmında dışarıya bağımlı olduğumuz kömür, cevher gibi ana hammaddeelerde kontrolümüz dışında gerçekleşen maliyet artışlarının dengelenmesi açısından bu kaynakların demir-çelik işletmelerimiz tarafından etkin kullanımı hayati derecede önemlidir. Bu amacı gerçekleştirmek için, israfların yok edilmesini prensip edinen çeşitli verimlilik arttırma teknikleri kullanılmaktadır. Her bir tekniğin özünde işgücü, malzeme, enerji gibi kaynakların kullanımında katma değer oluşturmayan işlemlerin bertaraf edilmesiyle verimliliğin arttırılması vardır. İşte bu gerçekler ışığında, Türkiye’de yer alan bir demir-çelik işletmesinde verimliliğin arttırılmasına yönelik gerçekleştirilen uygulama kapsamında öncelikle işletme geneli için bir verimlilik arttırma sistemi kurgulanmış, sistematik dahilinde verimlilik arttırma konusunda çalışacak ekipler oluşturulmuş ve fabrika genelinde verimlilik hakkında eğitim programları düzenlenmiştir. Yine bu sistematik

bünyesinde farklı ihtiyaçlar için kullanılabilecek farklı verimlilik arttırma teknikleri belirlenmiş olup bu tekniklerden iş etüdü ve Kalıpların Tek Haneli Dakikalarda Değişimi (SMED) kullanılarak uygulama yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar ise performans ölçümünün ötesinde iyileştirmeye açık alanları ortaya koymaya yarayan genel ekipman etkinliği parametresi kullanılarak değerlendirilmiştir. Son olarak ta sonuçlar analiz edilmiş, iki teknik karşılaştırılmış ve gelecekte yapılabilecek farklı uygulamalarla ilgili görüşler aktarılmıştır.

**Bilim Kodu : 906.1.141**

**Anahtar Kelimeler : Demir-çelik sektörü, verimlilik arttırma teknikleri, SMED, iş etüdü, genel ekipman etkinliği.**

**Sayfa Adedi : 148**

**Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Orhan TÜRKBEY**

**A PRODUCTIVITY IMPROVEMENT APPLICATION  
FOR IRON AND STEEL COMPANIES**

**(M.Sc. Thesis)**

**Fatih Reşad KÖKSAL**

**GAZİ UNIVERSITY  
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

**June 2008**

**ABSTRACT**

As the global competition in iron and steel industry becomes more violent day by day, the steel companies have to convert their costly resources to more and high value added output in order to compete in this severe environment. Because of its strategic importance, not only companies but also governments have developed some national policies. In Turkey, since very high magnitude of main raw materials like iron ore and coke are imported, it is vital to use these resources more efficiently in order to balance the cost rises. To accomplish this, there are some productivity improvement methods whose aim is to eliminate wastes. In essence, all of these methods try to eliminate any activity that doesn't add value to the product while consuming the resources like labor, material, energy. In the light of this truth, within the context of productivity improvement application, a productivity improvement systematic for the whole of the company was established, productivity improvement teams were formed as the part of this improvement approach and education programs were arranged. Again within this systematic, various productivity improvement methods were selected for various necessities, work study and Single Minute Exchange of Dies (SMED) techniques among these methods were used as an application. The benefits are assessed by Overall Equipment Effectiveness (OEE) parameter which enlightens improvement areas beyond measuring performance. Finally

**the computed results are analyzed, two methods are compared and some opinions about future applications are mentioned.**

**Science Code : 906.1.141**

**Key Words : Iron and steel industry, productivity improvement methods,  
SMED, work study, overall equipment effectiveness.**

**Page Number : 148**

**Adviser : Prof. Dr. Orhan TÜRKBEY**

**TEŞEKKÜR**

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren Hocam Prof. Dr. Orhan TÜRKBEY'e, kıymetli tecrübelerinden faydalandığım yöneticilerim Sn. İlhan GÜNDÜZ, Sn. Cemal TÜRK, Sn. Emrullah ÇAYIR, Sn. Çetin İNALİ'ye, çalışma arkadaşım Sn. Mustafa HAKKIOĞLU'na ve manevi destekleriyle her zaman yanımda olan aileme teşekkürü bir borç bilirim.

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

|                                                     |      |
|-----------------------------------------------------|------|
| ÖZET.....                                           | iv   |
| ABSTRACT.....                                       | vi   |
| TEŞEKKÜR.....                                       | viii |
| İÇİNDEKİLER .....                                   | ix   |
| ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....                           | xii  |
| ŞEKİLLERİN LİSTESİ .....                            | xiii |
| KISALTMALAR.....                                    | xv   |
| 1. GİRİŞ .....                                      | 1    |
| 2. DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE DEMİR-ÇELİK SEKTÖRÜ ..... | 5    |
| 2.1. Dünya'da Demir-Çelik Sektörünün Durumu.....    | 5    |
| 2.2. Türkiye'de Demir-Çelik Sektörünün Durumu.....  | 11   |
| 2.3. Demir-Çelik Üretim Sürecinin Tanıtımı.....     | 15   |
| 3. VERİMLİLİK KAVRAMLARI.....                       | 18   |
| 3.1. Verimlilik.....                                | 18   |
| 3.2. Verimliliğe Dair Çeşitli Kavramlar.....        | 21   |
| 3.2.1. Malzeme verimliliği.....                     | 21   |
| 3.2.2. İşgücü verimliliği.....                      | 22   |
| 3.2.3. Enerji verimliliği.....                      | 22   |
| 3.2.4. Etkinlik.....                                | 23   |
| 3.2.5. Verim.....                                   | 23   |
| 3.3. Genel Ekipman Etkinliği.....                   | 24   |

**Sayfa**

|                                                                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.3.1. Genel ekipman etkinliğinin tanımı ve eşitliği.....                                                                          | 24 |
| 3.3.2. Genel ekipman etkinliğini etkileyen 6 büyük kayıp.....                                                                      | 27 |
| 3.3.3. Net çalışma oranı.....                                                                                                      | 29 |
| 3.3.4. Genel ekipman etkinliği analizinde kullanılan zamana bağlı<br>diğer ifadeler.....                                           | 30 |
| 3.3.5. Performans oranı.....                                                                                                       | 31 |
| 3.3.6. Kalite oranı.....                                                                                                           | 32 |
| 4. VERİMLİLİK ARTTIRMA SİSTEMATİĞİ.....                                                                                            | 34 |
| 4.1. Verimliliğin Arttırılmasının Önemi.....                                                                                       | 37 |
| 4.2. Verimlilik Arttırma Sistematiğinin Amaçları.....                                                                              | 40 |
| 4.3. Bir Verimlilik Arttırma Sistematiği Modeli Olarak Yalın Üretim.....                                                           | 41 |
| 5. VERİMLİLİK ARTTIRMA TEKNİKLERİ.....                                                                                             | 44 |
| 5.1. İş Etüdü.....                                                                                                                 | 49 |
| 5.1.1. İş etüdünün genel tanımı.....                                                                                               | 49 |
| 5.1.2. İş etüdünün amaçları.....                                                                                                   | 50 |
| 5.2. Kalıpların Tek Haneli Dakikalarda Değişimi (Single Minute Exchange of<br>Dies - SMED).....                                    | 51 |
| 5.2.1. SMED'in genel tanımı.....                                                                                                   | 52 |
| 5.2.2. SMED'in amaçları.....                                                                                                       | 54 |
| 6. UYGULAMA: BİR DEMİR-ÇELİK İŞLETMESİNDE VERİMLİLİK<br>ARTTIRMA SİSTEMATİĞİNİN VE TEKNİKLERİNİN UYGULANMASI..                     | 56 |
| 6.1. Uygulama Yapılan Demir-Çelik İşletmesinde Genel Ekipman Etkinliğinin<br>Takip Edilmesi.....                                   | 56 |
| 6.2. Uygulama Yapılan Demir-Çelik İşletmesinde Verimlilik Parametrelerinin<br>Takip Edilmesinde Yararlanılan Bilgi Sistemleri..... | 57 |

**Sayfa**

|                                                                                                        |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.2.1. Genel verimlilik parametrelerinin takip edilmesi için bilgi sistemi.....                        | 59  |
| 6.2.2. İşgücü verimliliğinin takip edilmesi için bilgi sistemi.....                                    | 59  |
| 6.2.3. Verimlilik artırma çalışmalarının takip edilmesi için bilgi sistemi..                           | 61  |
| 6.3. Uygulama Yapılan Demir-Çelik İşletmesinde Uygulamaya Konulan Verimlilik Arttırma Sistematiği..... | 61  |
| 6.3.1. Verimlilik artırma ekipleri.....                                                                | 62  |
| 6.3.2. Verimliliğin arttırılmasına yönelik eğitimler.....                                              | 69  |
| 6.3.3. İşlerin yapısına göre verimlilik artırma tekniği kullanılması.....                              | 74  |
| 6.4. Uygulama Yapılan Demir-Çelik İşletmesinde İş Etüdü Uygulama Sistematiği.....                      | 76  |
| 6.4.1. İş etüdü uygulaması.....                                                                        | 84  |
| 6.5. Uygulama Yapılan Demir-Çelik İşletmesinde SMED Uygulama Sistematiği.....                          | 101 |
| 6.5.1. SMED uygulaması.....                                                                            | 111 |
| 7. SONUÇ VE ÖNERİLER .....                                                                             | 124 |
| KAYNAKLAR .....                                                                                        | 129 |
| EKLER                                                                                                  |     |
| EK-1 .....                                                                                             | 137 |
| EK-2 .....                                                                                             | 138 |
| EK-3 .....                                                                                             | 140 |
| EK-4 .....                                                                                             | 141 |
| EK-5 .....                                                                                             | 142 |
| EK-6 .....                                                                                             | 143 |
| EK-7 .....                                                                                             | 144 |
| EK-8 .....                                                                                             | 145 |
| EK-9 .....                                                                                             | 146 |
| EK-10 .....                                                                                            | 147 |
| ÖZGEÇMİŞ .....                                                                                         | 148 |

## ÇİZELGELERİN LİSTESİ

| Çizelge                                                                                                                                                                                                     | Sayfa |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Çizelge 2.1. Dünya genelinde başlıca çelik üreten ilk 15 ülkenin 2006 yılı üretim miktarı bazında sıralaması.....                                                                                           | 12    |
| Çizelge 2.2. Yıllar itibariyle Türkiye ham çelik üretimi ve tüketimi.....                                                                                                                                   | 13    |
| Çizelge 3.1. Sınıfında en iyi olan (world-class) tesislerin genel ekipman etkinliği değerleri.....                                                                                                          | 25    |
| Çizelge 6.1. Verimlilik arttırma ekibi üyelerinin oluşumu.....                                                                                                                                              | 64    |
| Çizelge 6.2. Numune gönderme işinin kavramlarının tanımlanması.....                                                                                                                                         | 85    |
| Çizelge 6.3. Numune gönderme işinde ilk durumun zaman ölçümü.....                                                                                                                                           | 88    |
| Çizelge 6.4. Numunenin sağlam olduğu durumda zaman hesap tablosu.....                                                                                                                                       | 90    |
| Çizelge 6.5. Numunenin sağlam olmadığı durumda zaman hesap tablosu.....                                                                                                                                     | 91    |
| Çizelge 6.6. Numune gönderme işinde iyileştirilmiş durumun zaman hesap tablosu.....                                                                                                                         | 95    |
| Çizelge 6.7. İyileştirilmiş durumda numunenin sağlam olduğu durumun zaman hesap tablosu .....                                                                                                               | 97    |
| Çizelge 6.8. İyileştirilmiş durumda numunenin sağlam olmadığı durumun zaman hesap tablosu .....                                                                                                             | 98    |
| Çizelge 6.9. İlk durumda iş merdanesi değişim işleminin adımlarının süreleri .....                                                                                                                          | 113   |
| Çizelge 6.10. İlk durumda iş merdanesi değişim işlemi adımlarında iç hazırlık ve dış hazırlık adımlarının işaretlendiği zaman çizelgesi.....                                                                | 115   |
| Çizelge 6.11. İlk durumda iş merdanesi değişim işlemi adımlarında dış hazırlığa dönüştürülebilecek olan iç hazırlık adımlarının işaretlendiği ve neler yapılabileceğinin not alındığı zaman çizelgesi ..... | 117   |
| Çizelge 6.12. İç hazırlıkların dış hazırlıklara dönüştürülmesinin ardından iş merdanesi değişim işleminin zaman çizelgesi.....                                                                              | 118   |
| Çizelge 6.13. İş merdanesi değişim işleminde iç hazırlıkların sürelerinin azaltılması için yapılması gereken faaliyetlerin ve iyileştirilmiş durumda oluşan işlem sürelerinin zaman çizelgesi.....          | 120   |

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

| Şekil                                                                                                                                                   | Sayfa |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Şekil 2.1. Dünya çelik endüstrisinde mülkiyet yapısı.....                                                                                               | 6     |
| Şekil 2.2. 1950-2006 yılları arası dünya çelik üretimi.....                                                                                             | 7     |
| Şekil 2.3. Ham çelik bazında dünya çelik üretimi ve tüketimi.....                                                                                       | 7     |
| Şekil 2.4. Çin'in 2000 ile 2006 (İlk 9 ay) arası çelik ithalat ve ihracat miktarları.....                                                               | 8     |
| Şekil 2.5. Farklı sektörlerin en büyük 10 üreticisinin toplam üretimdeki payları.....                                                                   | 9     |
| Şekil 2.6. Dünya genelinde kişi başına ham çelik tüketimi – 2005 .....                                                                                  | 13    |
| Şekil 3.1. İşletme verimlilik faktörlerinin bütünleşmiş modeli.....                                                                                     | 20    |
| Şekil 3.2. Genel ekipman etkinliği kavramının şematik açıklaması .....                                                                                  | 27    |
| Şekil 3.3. Net çalışma oranının hesabında kullanılan zaman dilimleri.....                                                                               | 29    |
| Şekil 4.1. Verimlilikte yaşanan artış ve azalışın etkileri.....                                                                                         | 38    |
| Şekil 6.1. Uygulama yapılan demir-çelik işletmesinde kullanılan genel ekipman etkinliği tanımının bileşenleri.....                                      | 58    |
| Şekil 6.2. Verimlilik artırma ekibi çalışma şekline ait iş akış şeması.....                                                                             | 70    |
| Şekil 6.3. Verimlilik artırma tekniklerinin uygulandığı demir-çelik işletmesinde farklı iş tiplerine göre kullanılan verimlilik artırma teknikleri..... | 75    |
| Şekil 6.4. Çalışmanın yürütüldüğü demir-çelik tesisinde uygulanan iş etüdü sistemi.....                                                                 | 77    |
| Şekil 6.5. İş sistemi kavramları.....                                                                                                                   | 78    |
| Şekil 6.6.a. Makro ve mikro akış dilimleri b. Kok üretimiyle ilgili akış dilimleri....                                                                  | 80    |
| Şekil 6.7. Numunenin laboratuara gönderilmesi işleminin ilk durumuna ait iş akış şeması .....                                                           | 86    |
| Şekil 6.8. Numunenin laboratuara gönderilmesi işleminin, ölçülen zamanların ilave edildiği durumda iş akış şeması (ilk durum).....                      | 89    |

| <b>Şekil</b>                                                                                                                                   | <b>Sayfa</b> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Şekil 6.9. Numunenin laboratuara gönderilmesi işleminin iyileştirilmiş durumda iş akış şeması.....                                             | 94           |
| Şekil 6.10. Numunenin laboratuara gönderilmesi işleminin, ölçülen zamanların ilave edildiği durumda iş akış şeması (iyileştirilmiş durum)..... | 96           |
| Şekil 6.11. Çalışmanın yürütüldüğü demir-çelik tesisinde uygulanan SMED sistemi.....                                                           | 103          |
| Şekil 6.12. Örnek bir spagetti diyagramı çizimi .....                                                                                          | 104          |
| Şekil 6.13. Örnek bir zaman çizelgesi.....                                                                                                     | 105          |
| Şekil 6.14. Uygulama yapılan makinede periyodik değişim işlemlerinin süreleri ..                                                               | 112          |

## KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

| Kısaltmalar  | Açıklama                                   |
|--------------|--------------------------------------------|
| <b>5S</b>    | Temizlik ve düzen sistemi                  |
| <b>AB</b>    | Avrupa Birliği                             |
| <b>ABD</b>   | Amerika Birleşik Devletleri                |
| <b>Ar-Ge</b> | Araştırma ve geliştirme                    |
| <b>ESTEP</b> | Avrupa Çelik Teknolojisi Platformu         |
| <b>GEE</b>   | Genel ekipman etkinliği                    |
| <b>IISI</b>  | Uluslararası Demir-Çelik Enstitüsü         |
| <b>ILO</b>   | Uluslararası Çalışma Örgütü                |
| <b>IMVP</b>  | Uluslararası Motorlu Taşıtlar Programı     |
| <b>MKEK</b>  | Makine Kimya Endüstrisi Kurumu             |
| <b>MÖ</b>    | Milattan önce                              |
| <b>OTED</b>  | Tek Dokunuşta Kalıp Değişimi               |
| <b>SMED</b>  | Kalıpların Tek Haneli Dakikalarda Değişimi |
| <b>TPM</b>   | Toplam Verimli Bakım                       |
| <b>USD</b>   | Amerikan Doları                            |
| <b>VAE</b>   | Verimlilik Arttırma Ekipleri               |

## 1. GİRİŞ

Günümüzde neredeyse bütün sektörlerde talebin arzı aşması ve talep edilen ürün çeşitliliğinin de artmasından dolayı piyasada müşterinin belirleyici konuma gelmesi nedeniyle maliyetin üzerine kar ilave edilerek belirlenen satış fiyatı formülü değişmiş, globalleşme neticesinde artık satış fiyatından maliyetin çıkarılmasıyla elde edilen yeni karlılık formülü geçerlilik kazanmıştır. Nitekim dünya çelik piyasasında da ürün fiyatları arz talep dengesi içerisinde belirlenmekte olup bu sektörde bulunan firmalar pazarda tutunabilmek için ortaya çıkan fiyatlara yakın şekilde ürün fiyatlarını belirlemektedir. Buna karşın çelik piyasasının ana hammaddelerini tedarik eden kömür, demir cevheri gibi sektörler ise konsolide yapıya sahip olup bu sektörlerde yer alan az sayıdaki büyük üreticiler fiyatlarını kendileri belirleme gücüne sahiptir. Hammadde fiyatları bu büyük üretici firmalar ile alıcılar arasında yıllık olarak yapılan pazarlıklar neticesinde belirlenmektedir. Parçalanmış yapıda olan çelik sektörü üreticileri fiyat artışlarına karşı konsolide olan bu sektörlerin üreticileri karşısında zayıf kalmaktadır ve bu durum talebin yüksek olduğu dönemlerde hammadde fiyatlarında yüksek artışlar olmasına yol açmaktadır. Dolayısıyla çelik üreticilerinin üretim maliyetleri yükselmektedir.

Son yıllarda demir cevheri ve kömür gibi hammaddelerin fiyatlarında önemli artışlar meydana gelmiştir. Bu artışlar sebebiyle çelik üretim maliyetleri de önemli ölçüde artmıştır. İşte hem satış fiyatlarında hem de (hammadde kaynakları olmadığı takdirde) hammadde maliyetlerinde dışa bağımlı olan, yani kendi kendilerine bunları yönetme gücü kısıtlı olan çelik üreticilerinin karlılıklarını arttırmak ve ayakta kalabilmek için işgücü, ekipman, malzeme, enerji gibi her türlü kaynağını en verimli şekilde kullanması zorunludur. Bunu yapabilmek için de belirli bir sistematik dahilinde çalışılması ve en alttaki işçiden en üstteki yöneticiye kadar bütün çalışanların katılımının sağlanması gerekmektedir [1].

Yapılan bu çalışmada demir-çelik işletmelerinde hayata geçirilebilecek verimlilik artırma çalışmalarına ışık tutabilmek maksadıyla Türkiye’de yer alan bir demir-çelik

işletmesinde uygulama gerçekleştirilmiştir. Bu uygulama dahilinde öncelikle işletme geneli için bir verimlilik arttırma sistemi geliştirilmiştir. Sistemik dahilinde çalışma ekipleri oluşturulmuş ve fabrika genelinde verimlilik hakkında eğitim programları düzenlenmiştir. Yine bu sistemik bünyesinde farklı ihtiyaçlar için kullanılabilecek farklı verimlilik arttırma teknikleri belirlenmiştir.

Bugüne kadar demir-çelik sektöründe verimlilikle ilgili ortaya koyulan çalışmaların büyük bir kısmında “işgücü verimliliği” değerleri baz alınarak işletmelerin performanslarının değerlendirildiği ve diğer işletmelerle kıyaslandığı görülmektedir. Ancak bu çalışmanın amacı verimlilik çalışmaları için bir sistemik geliştirerek sahada yapılabilecek, direkt olarak uygulamaya yönelik verimlilik arttırma tekniklerine odaklanmak ve bu çerçevede yeni fikirler ortaya koymak olmuştur. Söz konusu uygulamalar neticesinde elde edilen sonuçlar tesislerin net çalışma sürelerine, performanslarına etki ettiği için sağlanan iyileştirmelerin getirisi genel ekipman etkinliği parametresi kullanılarak değerlendirilmiştir.

Literatürde, demir-çelik sektörüyle ilgili olarak verimlilik arttırma tekniklerinin uygulamalı bir biçimde incelendiği bu kapsamda bir çalışmaya ülkemizde pek rastlanmamaktadır. Dünyada da demir-çelik sektöründe iş yapış biçimlerinin iyileştirilmesiyle verimliliğin arttırılmasından ziyade üretim teknolojileri veya ürünlerin metalurjik kaliteleri üzerinde yapılan iyileştirmelerle elde edilen verimlilik artışlarının incelendiği çalışmalara rastlanmaktadır. Bu gerçeklerden hareketle, bir demir-çelik işletmesinde verimlilik arttırmayı konu aldığı için özellikle Türkiye’nin stratejik sektörlerinden olan ve yıldan yıla büyük bir hızla gelişen çelik sektöründe gerçekleştirilen bu çalışmanın ilgili kişilere katkı sağlaması amaçlanmıştır. Eğer amaçlanan sonuca ulaşırsa elde edilen sonuçlar yalnızca işletmeyle sınırlı kalmayacak olup ülke ekonomisinin içerisinde ciddi bir paya sahip olan bu sektörde elde edilen getiriler makro düzeyde rakamlara da olumlu yansımaya sahip olacaktır. Çalışmada tekniklerin daha rahat anlaşılabilmesi için yapılan uygulamalar detaylı olarak anlatılmış olup şemalar, tablolar ve grafiklerle de anlatım desteklenmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde demir-çelik sektöründe verimliliğin arttırılmasının neden önemli olduğunun açıklığa kavuşturulması amacıyla Dünya ve Türkiye demir-çelik sektörünün genel durumu aktarılmış olup bölümün sonunda da çelik üretim süreci anlatılmıştır.

Çalışmanın üçüncü bölümünde verimliliğin tanımı yapılmış olup ayrıca etkinlik, verim kavramlarıyla birlikte demir-çelik sektöründe takip edilmekte olan önemli parametrelerden malzeme verimliliği, işgücü verimliliği, enerji verimliliği kavramları ortaya konmuştur. Bu kısımda özellikle genel ekipman etkinliği kavramı üzerinde durulmuştur. Bu parametre dünya genelinde uluslararası şirketlerde yaygın olarak kullanılırken ülkemizde henüz pek fazla bilinmemekte ve kullanılmamaktadır. Buna ilaveten bu parametrenin demir-çelik sektörü için önemli olması nedeniyle çalışmanın uygulama kısmında elde edilen sonuçlarda iyileştirme neticeleri bu kavram üzerinden aktarılacağı için bu bölümde söz konusu parametrenin açıklaması detaylı biçimde yapılmıştır.

Dördüncü bölümde verimlilik arttırma sistematigi konusu incelenmiş olup ilk olarak verimliliğin arttırılmasının önemi üzerinde durulmuştur. Daha sonra verimlilik arttırma sistematiginin amaçları aktarılmıştır. Bu kısımda özellikle yalın üretim konusunda detaylı bir anlatım yapılmıştır. Bunun nedeni, uygulanan verimlilik arttırma tekniklerinin temel felsefesinin, bu sistematigin özü olan israfların yok edilmesi olmasıdır.

Beşinci bölümde, bu çalışma kapsamında demir-çelik işletmesinde uygulaması gerçekleştirilen verimlilik arttırma tekniklerinden iş etüdü ve kalıpların tek haneli dakikalarda değişimi (SMED) tekniklerinin teorik olarak anlatımı gerçekleştirilmiş ve bu tekniklerin amaçları aktarılmıştır.

Altıncı bölümde ise önceki bölümlerde teorik olarak anlatılmış olan konuların bir demir-çelik işletmesinde gerçekleştirilen uygulamaları aktarılmıştır. Bu çerçevede, öncelikle üçüncü bölümde anlatılan genel ekipman etkinliği parametresinin demir-çelik işletmesinde takip edilmesi ve verimlilik parametrelerinin izlenmesi amacıyla

kullanılan bilgi sistemleri konularında bilgi verilmiştir. Bu konuların uygulama bölümünde anlatılmasının nedeni, iyileştirme çalışmaları neticesinde elde edilen kazanımların izlendiği genel ekipman etkinliği parametresi için gerekli olan çeşitli değerlerin söz konusu bilgi sistemleri vasıtasıyla temin edilmesidir. Bölümün devamında, verimlilik artırma uygulaması kapsamında söz konusu demir-çelik işletmesinde hayata geçirilen verimlilik artırma sistemi, bu sistematik dahilinde oluşturulan verimlilik artırma ekipleri ve verimlilik adına düzenlenen eğitim programları aktarılmıştır. Ardından yine aynı işletmede iş etüdü ve SMED uygulamalarına yönelik kullanılan sistematikler ve bu sistematikler doğrultusunda hayata geçirilen çalışmalar anlatılmıştır.

Yedinci ve son bölümde ise elde edilen sonuçlar ortaya konmuş, karşılaştırılmış ve gelecekte yapılabilecek çalışmalara dair fikirler beyan edilmiştir.

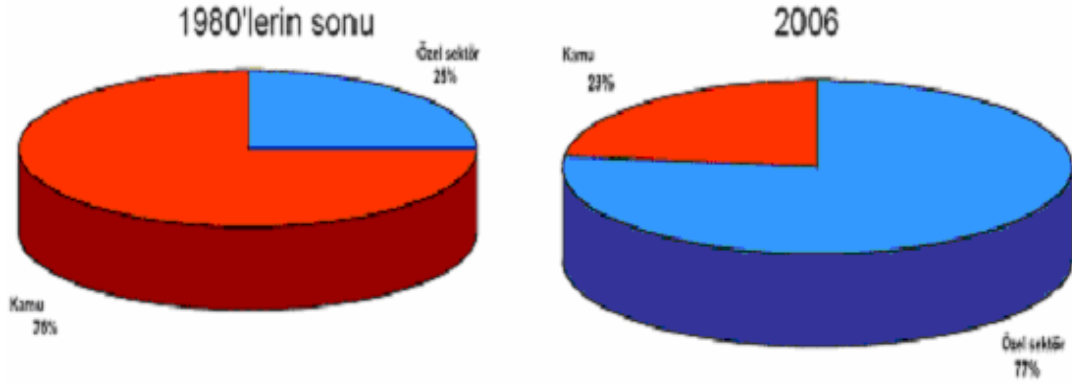
## 2. DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE DEMİR-ÇELİK SEKTÖRÜ

### 2.1. Dünya'da Demir-Çelik Sektörünün Durumu

Demir-çelik sektörü, otomotivden beyaz eşyaya, inşaat sektöründen gemi imalatına kadar birçok endüstriye hammadde sağlayan ve ülkeler için stratejik öneme sahip olan bir sektördür. Tüm sanayilerin anası sayılan çelik, olgun bir sanayi olduğu için periyodik fiyat çevrimleri yaşamakta, çelik fiyatları geleneksel olarak inişli çıkışlı bir seyir izlemektedir. Bu özelliği nedeniyle bu sektör son beş yıla kadar karlılıkta diğer pek çok sanayinin gerisinde kalmıştır. Bununla birlikte, son yıllarda yaşananlar 1970'lerden beri görülmemiş bir refah düzeyini beraberinde getirmiş ve çelik sektörü diğer sanayilerin önünde bir performans göstermiştir. Çelik üreticilerinin yatırımcılar nezdinde cazibesi yeniden artmış ve hisse değerleri hızla yükselmiştir.

Fiyat çevrimleri çelik endüstrisinin vazgeçilmez bir unsurudur. Yine de, fiyatlardaki artışın, üretim ve tüketimdeki rekor büyümenin son beş yıldır sürmesi, sürecin uzun vadeli ve istikrarlı bir süreç olduğunu piyasa gözlemcilerinin benimsemesine yol açmıştır. Zaman zaman fiyatlarda gözlenen düşüşün yavaş seyretmesinin arka planında biraz da bu olgu yer almaktadır.

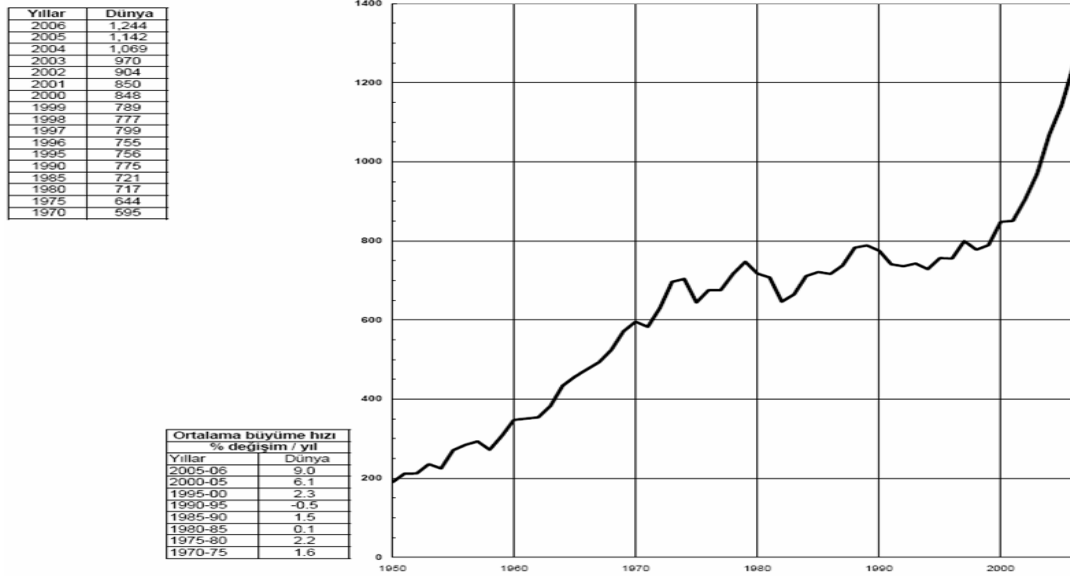
Demir-çelik sektöründe ilk yatırım, hammadde ve enerji maliyetlerinin yüksek olması, demir-çelik üretiminin dünya genelinde yakın döneme kadar devletlerin kontrolü altında yürütülmesine sebep olmuştur. Son yıllarda globalleşmenin etkisiyle dünyada ekonomi, imalat ve ticaret alanında yaşanan gelişmeler çeliğe olan talebi artırmış ve dünya genelinde çelik sektörünün yeniden yapılanma sürecini hızlandırmış olup sektörün karlılığının da yükselmesi nedeniyle özel şirketler bu sektörde ağırlığını artırmaya başlamıştır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Dünya çelik endüstrisinde mülkiyet yapısı [2]

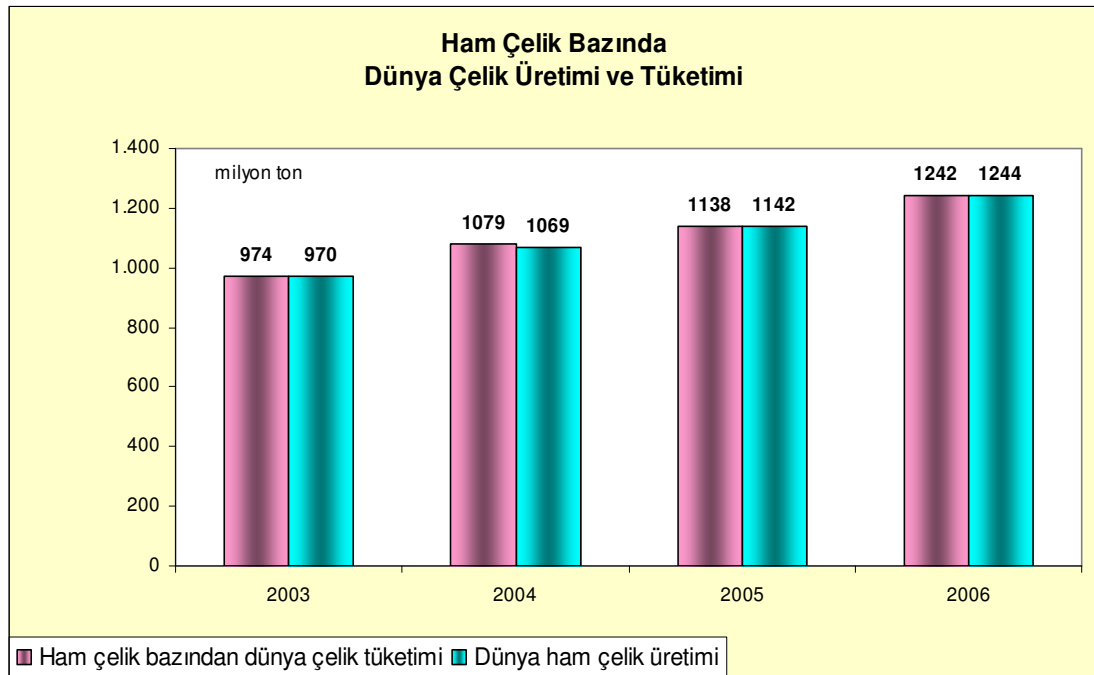
Yaşanan bu gelişmelerin en önemli nedeni gelişmekte olan ülkelerin çeliğe olan talebinin hızla artmasıdır. Bununla birlikte son birkaç yıldır hammadde, enerji, navlun fiyatlarındaki astronomik yükselmelerin yol açtığı maliyet artışı, Çin çelik üretiminin olağanüstü büyümesinin ülkeyi uluslararası pazarda bir ihracat üssü haline getirmesi, farklı coğrafyalarda kontrolsüz büyüme sonucu kapasite bolluğu oluşması ile dünyada arz fazlalığı yaşanması, bu arz fazlalığına ve verimsiz tesislerin çalışmasına neden olan devlet teşviklerini önlemek için yürütülen sübvansiyon anlaşması pazarlıkları, artan birleşme ve satın almaların çelik sanayini daha konsolide yapması, emisyon ölçümleri ve atık malzemelerin oluşturduğu tehlike nedeniyle çevresel kısıtlamaların artması ile çevre maliyetlerinin yükselmesi ve her dönem tehlike arz eden fiyat dalgalanmaları riskleri çelik üreticilerinin göz önünde bulundurmaları gereken en önemli konulardır [3].

Dünya ham çelik üretimi 2006 yılında 1,244 milyar ton, 2007 yılında 1,322 milyar ton olmuştur (Farklı kaynaklarda dünya ham çelik üretim miktarları bir miktar farklılık arz etmektedir). Özellikle 2000 yılından itibaren bu üretim keskin biçimde artmaktadır (Şekil 2.2). Çelik sektöründeki bu çarpıcı sürecin bir süre daha aynı tempoda sürmesi beklenmektedir. Son yıllarda çelik üretiminin artış hızına bakılacak olursa ABD, Avrupa Birliği ve Japonya gibi gelişmiş ülkelerin çelik pazarlarının doygunluğa ulaştığı, buna karşın Çin, Hindistan, Türkiye, Güney Amerika ve Ortadoğu ülkeleri gibi gelişmekte olan ülkelerin çelik pazarlarının ise yüksek büyüme potansiyeli sergiledikleri görülebilir.



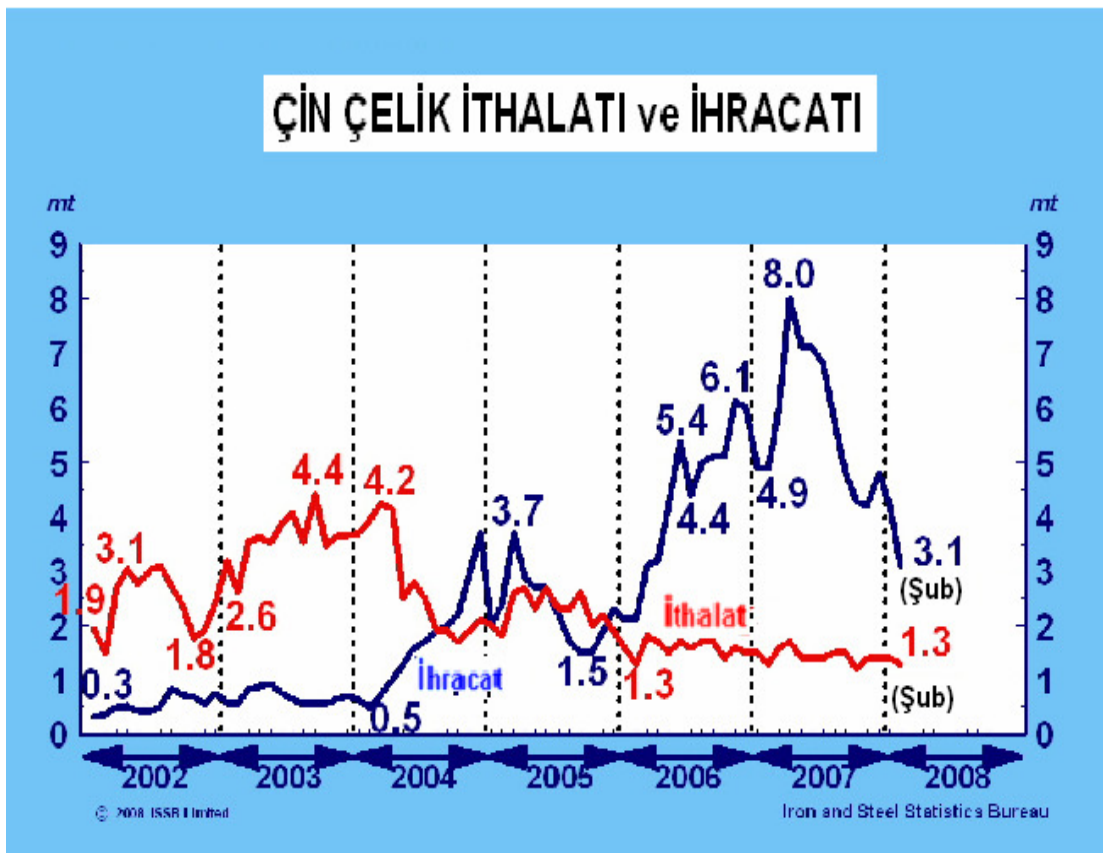
Şekil 2.2. 1950-2006 yılları arası dünya çelik üretimi (x 1000 ton) [4]

Çelik üretimindeki bu artışa paralel olarak çelik tüketimi de son yıllarda artış eğilimindedir (Şekil 2.3). Zaten çelik üretiminin bu ölçüde yüksek bir oranda büyümesinin nedeni yukarıda da bahsedildiği gibi, özellikle gelişmekte olan ülkelerin çeliğe yönelik talebinin yıldan yıla artmasıdır.



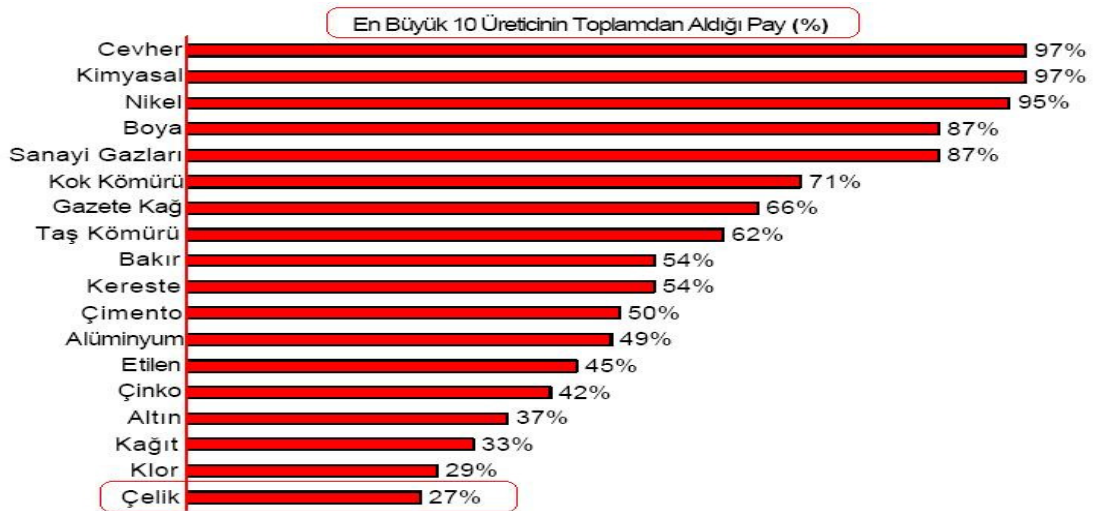
Şekil 2.3. Ham çelik bazında dünya çelik üretimi [4] ve tüketimi [29] (x 1000 ton)

Son yıllarda çelik üretim ve tüketiminde Çin diğer ülkelere göre rekor düzeyde artış performansı göstermiş olup böylece uluslararası pazarlardaki çelik fiyatlarının rotası Çin tarafından çizilmeye başlanmıştır. 2004 yılına kadar net ithalatçı olan Çin, hızla artan çelik üretim kapasiteleriyle birlikte bu yıldan sonra net ihracatçı konumuna gelmiştir (Şekil 2.4). Bu durum Çin menşeli ürünlerden dolayı uluslararası piyasada arzın şişmesi ve fiyatların düşmesi riskini beraberinde getirdiği için özellikle 2006 ve 2007 yılı içerisinde gerek AB, gerekse ABD tarafından bu ülkeden yapılacak ithalatlara yönelik çeşitli kısıtlamalar getirmek suretiyle önlem alınmaya çalışılmıştır. Çin'in yoğun çelik talebinin ana nedenleri olarak 2008 olimpiyatlarına ve konutlaşmaya yönelik yapılar inşa edilmesi, tesisleşme ve altyapı yatırımları öne çıkmaktadır. Bu sebeplerin yanında son yıllarda çeliğe olan talepteki artışta yaşam standartlarının yükselmesine paralel olarak otomotiv, dayanıklı tüketim malları gibi sektörlerde de yatırımların artmasının önemli etkisi olmuştur [5].



Şekil 2.4. Çin'in 2002 ile 2008 (İlk 2 ay) arası çelik ithalat ve ihracat miktarları [6]

Bir diğ er önemli konu da ç elik sektöründeki parçalanmış yapıdır. IISI verilerine göre, 1994 yılında dünyanın en büyük 10 ç elik üreticisi dünya üretiminin %20'sini gerçekleştirmişken, 2006 yılında bu oran %27'ye yükselmiştir. Bu durum dünya ç elik endüstrisinde birleşme ve satın alma faaliyetlerinin yoğun bir biçimde sürmesine rağmen diğ er endüstrilerin hala gerisinde kaldığını ve alınması gereken önemli bir mesafenin olduğunu göstermektedir (Ş ekil 2.5). Zira daha konsolide bir yapıya sahip olan hammadde üreticilerinin, her yıl yapılan fiyat pazarlıklarında ayrı ayrı görüş tükleri ç elik üreticilerine karşı pazarlık gücü daha fazla olmaktadır. Böylece cevher, kömür gibi ürünlerin fiyatlarında belirli dönemlerde önemli oranlarda artışlar meydana gelmektedir.



Ş ekil 2.5. Farklı sektörlerin en büyük 10 üreticisinin toplam üretimdeki payları [8]

Avrupa Ç elik Teknolojisi Platformu (European Steel Technology Platform, ESTEP) global anlamda ç elik üreticilerini etkileyen gelişmeleri globalleşme neticesinde artan şirket birleşmeleri, serbest ticaret neticesinde artan rekabet, tesislerin daha az maliyetli bölgelere taşınması ve çevre konusunda sıkılaştırılmış önlemler olarak sıralarken, üreticilerin odaklanmaları gereken temel konuları da belirlemiştir [9]:

- Hammaddeler

- Ürünler
- Çalışanlar
- Maliyetler

Hammaddeler: Fiyatları son yıllarda astronomik şekilde artan ve birçok üretici için yüksek maliyetli olan hammadde kaynaklarının en verimli şekilde değerlendirilmesi çelik sektöründe rekabetçi olabilmek için hayati bir konudur.

Özellikle çelik üretiminin temel girdileri olan demir cevheri ve koklaşabilir taşkömürü fiyatları son yıllarda önemli ölçüde yükselmiş ve zaman zaman rekor fiyatlar ortaya çıkmıştır. 2003 yılına kadar fiyatı 40 USD/ton'un altında seyreden demir cevherinin fiyatı 80 USD/ton seviyelerine, 40 USD/ton civarında seyreden koklaşabilir taşkömürünün fiyatı 130 USD/ton seviyelerine yükselmiştir. Bunların yanında 10 USD/ton'un altında seyreden navlun ücreti de 40 USD/ton'u aşmıştır. 2008 yılında, bu kalemlerin tamamında %30'dan %70'e varan artışlar beklenmektedir.

Son yıllarda yaşanan bu gelişmeler neticesinde hammadde rezervleri olan şirketlerin maliyet avantajına sahip olduğu ve bu avantajın kara dönüşme potansiyelinin yüksek olduğu görülmüştür. Bu ortam çelik üreticilerini daha önce ihmal ettikleri hammadde yatırımlarına yöneltmiş, kimi tesisler atıl durumdaki madenlerini çalıştırmış, kimileri yeni maden satın almış, kimileri uzun vadeli anlaşmalar yapmış veya yeni projelere ortak olmayı tercih etmiştir.

Ürünler: Müşterilerin ihtiyaçları doğrultusunda farklı ve daha geliştirilmiş ürünlerin üretimine geçilmesi, tedarik zincirinin bütününde hammadde, ara ürünler, nihai ürünlerin kalitesinin en yüksek standartta olmasının sağlanması ve katma değerli ürünlere yönelmek adına müşterilerle ortak Ar-Ge çalışmaları yapılması, çelik üreticilerinin odaklanması gereken bir diğer önemli konudur.

Çalışanlar: Yoğun işgücü kullanılmakta olan çelik sektöründe personelin her an motivasyonunun yüksek tutulması, işçilerden yalnızca bedensel olarak faydalanmak yerine fikirlerinden de faydalanılması, verilen eğitimlerle işe katkılarının arttırılması, iş kazalarının engellenmesine yönelik önlemler alınması çelik şirketleri için büyük önem arz etmektedir. Dünya genelinde işçilik maliyetleri yıldan yıla artmakta olup 2008 yılında da demir-çelik sektöründe faaliyet gösteren firmaların işçilik maliyetlerinde %4'lük bir artış olacağı öngörülmektedir [27].

Maliyetler: Maliyet azaltma, verimlilik artırma faaliyetlerinde belirli bir sistematik oluşturularak süreklilik sağlanması ve bu sürece bütün çalışanların dahil edilmesi, şirketin kontrolü dışında artan maliyetlerin dengelenmesi ve karlılığın korunması veya arttırılması noktasında fayda sağlayacaktır.

Buradan çıkan sonuç göstermektedir ki, uluslararası çelik piyasasında gittikçe daha da zorlayıcı bir hal alan rekabet ortamı nedeniyle çelik üreticilerinin pazarda kalıcı olabilmesi için güçlü bir finansal yapıya, müşteri odaklı bakış açısına, ileri teknoloji kullanımına, teknolojinin sürekli yenilenmesine, müşteri talepleri doğrultusunda yenilikçi ürün geliştirilmesine, eğitilmiş işgücüne ve sürekli azalan maliyet yapısına sahip olmaları zorunluluk haline gelmiştir.

## **2.2. Türkiye’de Demir-Çelik Sektörünün Durumu**

Dünyadaki gelişmelere paralel olarak Türkiye demir-çelik sektöründe de son yıllarda önemli gelişmeler yaşanmıştır. Paslanmaz çelik dışında her türlü çelik mamulü üretmekte olan Türkiye, 2007 yılında 25,7 milyon ton ham çelik üretimiyle dünyada 11., AB ülkeleri arasında ise 3. sırada yer almıştır. Uzun süredir dünyanın en büyük 15 çelik üreten ülkesi arasında yer alan Türkiye, Çin’den sonra en hızlı büyüyen ülke konumundadır (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1. Dünya genelinde başlıca çelik üreten ilk 15 ülkenin 2007 yılı üretim miktarı bazında sıralaması [7]

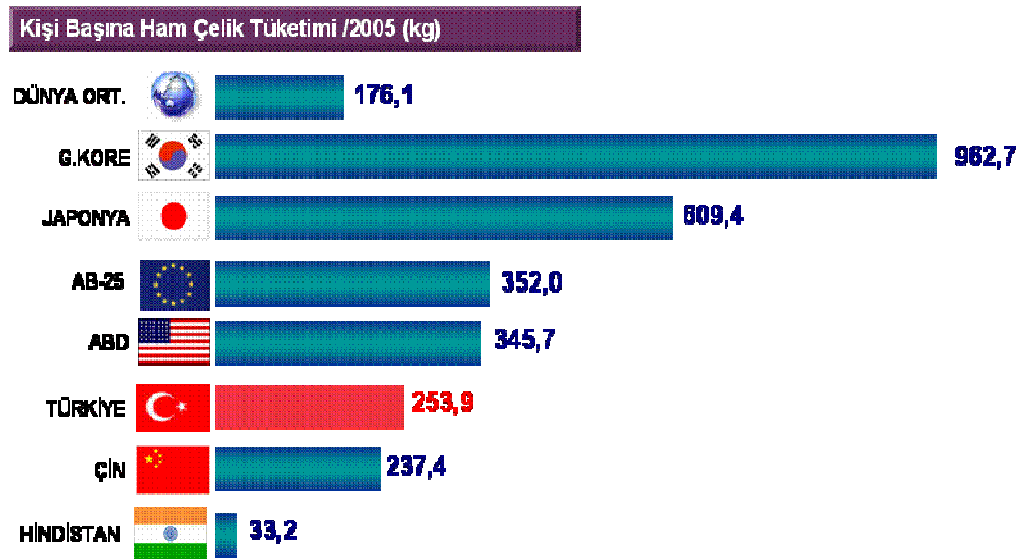
| 2007 YILI DÜNYA HAM ÇELİK ÜRETİM SIRALAMASI (x1000 ton) |                      |                  |                  |             |
|---------------------------------------------------------|----------------------|------------------|------------------|-------------|
|                                                         |                      | 2006             | 2007             | % değişim   |
| 1.                                                      | Çin Halk Cumhuriyeti | 422.660          | 489.000          | 15,7        |
| 2.                                                      | Japonya              | 116.226          | 120.199          | 3,4         |
| 3.                                                      | A.B.D.               | 98.557           | 97.212           | -1,4        |
| 4.                                                      | Rusya                | 70.830           | 72.220           | 2,0         |
| 5.                                                      | Hindistan            | 49.450           | 53.080           | 7,3         |
| 6.                                                      | G.Kore               | 48.455           | 51.367           | 6,0         |
| 7.                                                      | F.Almanya            | 47.224           | 48.550           | 2,8         |
| 8.                                                      | Ukrayna              | 40.892           | 42.830           | 4,7         |
| 9.                                                      | Brezilya             | 30.901           | 33.784           | 9,3         |
| 10.                                                     | İtalya               | 31.624           | 31.990           | 1,2         |
| 11.                                                     | <b>TÜRKİYE</b>       | <b>23.315</b>    | <b>25.761</b>    | <b>10,5</b> |
| 12.                                                     | Tayvan               | 20.000           | 20.450           | 2,3         |
| 13.                                                     | Fransa               | 19.852           | 19.252           | -3,0        |
| 14.                                                     | İspanya              | 18.391           | 19.050           | 3,6         |
| 15.                                                     | Meksika              | 16.313           | 17.170           | 5,3         |
|                                                         | <b>Dünya</b>         | <b>1.228.323</b> | <b>1.321.987</b> | <b>7,6</b>  |

Avrupa Birliği (AB) çelik üretiminin yaklaşık %60'ı entegre tesislerde, %40'ı elektrik ark ocaklı tesislerde yapılırken, Türkiye için bu oran %30 entegre tesis üretimi, %70 elektrik ark ocaklı tesis üretimi şeklindedir. Bunun yanında AB çelik üretiminin %60'ı yüksek katma değerli yassı ürünlerden, %40'ı ihracatta yüksek katma değeri bulunmayan uzun ürünlerden oluşmakta olup Türkiye'de ise aynı oran %15 yassı, %85 uzun ürün şeklinde, uzun ürünler lehinedir. Bu dengesizlikten ötürü yurt içinde ihtiyaç duyulan yassı ürünlerin yarıya yakını ithal edilirken, uzun ürünlerin ise büyük bir kısmı ihraç edilmektedir. Ancak son yıllarda yassı çelik üretimine yönelik yeni tesisler kurulması ve mevcut tesislerde de yassı çelik üretim kapasitelerinin artırılması gibi bu açığı kapatmaya yönelik yatırımlar hız kazanmıştır. Bu durum yurt içinde çelik sektöründe rekabetin daha da artacağına bir işarettir. Nitekim ülkemizin çelik tüketimi de çelik üretimi gibi yıldan yıla artış göstermekte (Çizelge 2.2), bu da yerli yabancı birçok yatırımcının dikkatini Türkiye'de çelik konusunda yatırım yapma konusuna çekmektedir.

Çizelge 2.2. Yıllar itibariyle Türkiye ham çelik üretimi ve tüketimi [10]

| Yıllar | Üretim (000 ton) | Tüketim (000 ton) |
|--------|------------------|-------------------|
| 1950   | 102              | 310               |
| 1956   | 200              | 418               |
| 1960   | 302              | 531               |
| 1966   | 1.021            | 1.129             |
| 1970   | 1.544            | 1.541             |
| 1975   | 2.262            | 3.304             |
| 1980   | 2.764            | 3.211             |
| 1985   | 4.879            | 5.030             |
| 1990   | 9.329            | 8.318             |
| 1995   | 12.700           | 10.304            |
| 2000   | 14.267           | 13.070            |
| 2005   | 20.964           | 18.349            |
| 2006   | 23.308           | 20.900            |

2005 yılı itibariyle Türkiye'nin kişi başına çelik tüketimi yıllık 254 kg'dır. Uzakdoğu'daki yeni gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelerde bu miktar 600 kg'ın üzerinde iken, gelişmiş ABD ve AB ülkelerinde 350 kg seviyesindedir (Şekil 2.6). Bu rakamlar Türkiye'nin çelik tüketimi bakımından hala gelişmekte olan ülkeler kategorisinde bulunduğunu göstermekte olup Türkiye çelik talebinin büyüme potansiyelinin yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 2.6. Dünya genelinde kişi başına ham çelik tüketimi – 2005 (kg)

Türkiye, demir-çelik üretimi için gerekli olan hammadde kaynakları yeterli olmadığı için dışarıya bağımlı bir durumdadır. Üretimin %70 gibi büyük bir kısmının tamamıyla hurda kullanılmakta olan elektrik ark ocaklı tesislerde yapılması, ülkemizi dünyanın en büyük hurda ithalatçısı yapmaktadır. Entegre tesislerin kullandığı demir cevheri ve koklaşabilir taşkömürü konusunda ise miktar ve kalite olarak yeterli rezervler bulunmadığı için yine büyük çoğunlukla ithalat yoluyla hammadde ihtiyacı karşılanmaktadır. Bunun yanında ülkemizin enerji ihtiyacının yaklaşık %70 oranında ithalat yoluyla karşılanması ve en fazla enerji tüketilen sektörlerden birisi olan demir-çelik sektörü için hayati önem taşıyan elektrik, doğalgaz, fuel oil gibi enerji kaynaklarının maliyetlerinin yüksek olması üreticiler için dezavantaj teşkil etmektedir. Bunların yanında yerli sanayicilerimizin üretici olarak bu sektöre girmesi durumunda karşı karşıya kalacakları birtakım ilave zorluklar da mevcuttur:

- Demir-çelik fabrikalarının ilk yatırım maliyetleri yüksektir.
- Sürekli değişen ve gelişen müşteri ihtiyaçlarından dolayı kısa zaman aralıklarında kapasite artırımı ve modernizasyon yatırımları yapılması zorunludur.
- Satıştan üretime, satın almadan Ar-Ge faaliyetlerine kadar birçok alanda deneyim sahibi olunması gerekmektedir.
- Dünya genelinde üretim kapasitesinin talebin üzerinde olması nedeniyle sürekli dalgalanan bir piyasada rekabet edilmesi gerekmektedir.

Bu gibi nedenlerden ötürü demir-çelik sektörüne yatırım yapan şirketler genelde finansal açıdan güçlü ve benzer sektörlerde faaliyet gösteren firmalar olmuştur. 2007 yılı itibarıyla Makine Kimya Endüstrisi Kurumu (MKEK) hariç, Türk çelik üreticileri özel sektör şirketleridir [3].

Bütün bu zorlayıcı şartlara ve olumsuzluklara rağmen hem yurtiçinde hem de yurtdışında çeliğe olan talebin önemli oranda artması ile Türkiye çelik sektörü de sürekli büyümeyi başarmıştır (Bkz. Çizelge 2.2).

Türk demir-çelik üreticilerinin global arenada rekabetçi olabilmesi için kendileri için yüksek maliyet oluşturan kaynaklarını en verimli şekilde kullanması gerekmektedir. Bunun ise sürdürülebilir, sürekli bir yapıda olması, yani belirli bir sistematik dahilinde gerçekleştirilmesi, bu faaliyetlerin yararlarından faydalanılması açısından zorunludur.

### 2.3. Demir-Çelik Üretim Sürecinin Tanıtımı

Demir, MÖ 1500-1200 yıllarında yaygın olarak kullanılmaya başlanmış olup, çelik üretimi ise ilk olarak MÖ 500 yıllarında Hindistan'da gerçekleştirilmiştir. Batı dünyası çelik üretimine geç başlamasına rağmen hızla geliştirip sanayi devrimini gerçekleştirmiştir. Kısaca çelik üretim sürecinin tarihsel gelişimine bakılacak olursa;

1742 - Döküm teknolojisi geliştirilmiştir.

1856 - Sıcak madene hava üflenerek entegre üretim geliştirilmiştir.

1898 - Elektrik ark ocaklı üretim geliştirilmiştir.

1913 - Paslanmaz çelik üretimi geliştirilmiştir.

1934 - Sürekli döküm teknolojisi geliştirilmiştir.

1949 - Entegre üretimde bazik oksijen teknolojisi geliştirilmiştir.

Çelik, demir ve karbon alaşımı olup en çok %1,7 karbon içermektedir. Bunun yanında içeriğinde %1 mangan, az miktarda silis, fosfor, sülfür ve oksijen de bulunmaktadır. Demirdeki karbon oranı arttıkça çeliğin sertliği ve kırılabilirliği artar.

Çelik iki şekilde elde edilir:

1. Karbon oranı sıfıra yakın saf demire karbon eklenebilir.
2. Karbon oranı %1,7 - 4,0 olan dökme demirden karbon uzaklaştırılabilir.

Günümüzde tercih edilen yöntem dökme demirden karbon uzaklaştırmaktır. Demir-çelik ürünlerini uzun ürünler ve yassı ürünler olarak iki ana gruba ayırmak mümkündür. Uzun ürünler genel olarak altyapı çalışmalarında girdi olarak kullanılırken, yassı ürünler ise otomotiv, beyaz eşya, gemi imalatı gibi alanlarda

kullanılır. Uzun ve yassı sektörlerinde üretilen mamuller, entegre ve elektrik ark ocaklı tesisler olmak üzere iki ana yöntemle üretilmektedirler. Bu çalışmada verimlilik artırma tekniklerinin uygulandığı işletme entegre bir tesis olduğu için bu yöntemin üretim süreci anlatılacaktır. Çelik üretim sürecinin resim olarak gösterimi EK-1’de yer almaktadır.

Entegre bir tesiste demir cevheri ve kireçtaşının hammadde olarak, kömürden meydana gelmiş kok ve bazı zamanlarda ilave olarak direkt kömürün de enerji kaynağı olarak kullanımıyla yüksek fırınlarda sıcak maden elde edilir. Bunlara ilaveten çeşitli kimyasal maddeler ve su da yoğun olarak kullanılmaktadır. Daha sonra bu sıcak maden çelikhanede oksijen ve hurda ilave edilerek sıvı çeliğe dönüştürülür. Sıvı çeliğin sürekli dökümlerde dökülmesiyle slab adı verilen ara mamul oluşur. Daha sonra slablar sıcak haddehanelerde sıcak ruloya, levha haddehanesinde ise levhaya dönüştürülür. Sıcak rulo ve levhalar direkt olarak müşteriye satıldığı gibi, şayet nihai ürün soğuk, teneke, kalay-krom kaplı veya galvanizli olacaksa sıcak rulolar soğuk haddehanede haddelenerek ilgili işlemlerden geçirilir. Entegre tesisler oldukça büyük alan kaplamakta olup 3 milyon ton’luk üretim yapan bir tesis yaklaşık 8 km<sup>2</sup>’lik bir alana ihtiyaç duymaktadır [28]. Uluslararası standartlara göre de verimli çelik üretimi için bir entegre demir-çelik fabrikasının kapasitesinin en az 3 milyon ile 3,5 milyon ton aralığında olması gerektiği kabul edilmektedir. Zira bu tip işletmelerde “ölçek ekonomisi” doğrultusunda tesisler büyüdükçe verimlilik te artmaktadır [57].

Çelik üretim süreci belirli bir aşamaya kadar sürekli üretim, sonrasında da kesikli üretim yapısına sahiptir <sup>1</sup>. Kok fabrikasında kok, sinter fabrikasında sinter üretiminden başlayarak yüksek fırınlarda sıcak maden elde edilmesi ve ardından çelikhanede sıvı çelik üretilmesi sürecinde toz, sıvı gibi hacimsel üretim gerçekleştirildiği için, bu tesisler sürekli bir üretim yapısına sahiptir. Sürekli

---

<sup>1</sup> Kesikli üretim, adet bazında, tek tek veya grup olarak parçalar üzerinde işlem yapılmak suretiyle yine adet bazında ürünlerin üretildiği bir sistemdir. Örnek olarak bilgisayar, otomotiv, araç-gereç üretimi verilebilir. Sürekli üretim ise son ürünlerin hacimsel olarak ölçüldüğü (petrol, kimyasal madde gibi) veya son ürünler adet bazında ölçülebilsen de üretim sürecinde nihai ürüne dönüştürülen ara ürünlerin hacimsel olarak ölçüldüğü (çelik, cam, ilaç gibi) üretim sistemleri için yapılan tanımlamadır [42].

dökümlerde slabın elde edilmesinden itibaren başlayan ve sıcak haddehanede sıcak rulo, soğuk haddehanede soğuk rulo üretiminin yapıldığı süreç ise adet bazında üretim yapılmasından dolayı kesikli üretim yapısına sahiptir [42].

### 3. VERİMLİLİK KAVRAMLARI

Verimlilik bir işletmenin başlı başına performansını ortaya koyan bir kavram olmamakla birlikte etkinlik, verim, kalite, iş hayatının kalitesi, yenilik ve karlılıkla birlikte bir işletmenin performansını belirleyen kavramlardan birisidir. Bir işletmenin uzun vadede başarıya ulaşabilmesi için bu yedi faktörün ölçülmesinin, değerlendirilmesinin, kontrol edilmesinin ve iyileştirilmesinin bir plan dahilinde gerçekleştirilmesi gerekmektedir [36].

Bu bölümde öncelikle verimliliğin tanımı yapılmış olup ardından demir-çelik işletmelerinde takip edilmekte olan malzeme, işgücü, enerji verimliliği parametrelerinin yanı sıra etkinlik ve verim kavramları anlatılmıştır. Daha sonra detaylı biçimde genel ekipman etkinliğinin üzerinde durulmuştur.

#### 3.1. Verimlilik

Verimlilik (productivity), eldeki kaynakların etkin kullanımını sağlamak amacıyla bir ürün veya hizmet üretmek için kullanılan girdinin ne oranda çıktıya dönüştüğünü takip etmeye yarayan bir göstergedir. Bir diğer tanımla verimlilik, belirli bir zaman diliminde kullanılan kaynakların ne kadarının değer oluşturan faaliyete, ürüne veya hizmete dönüştüğü ile ilişkilidir. Kullanılan kaynaklar girdiyi, değer oluşturan faaliyet ise çıktıyı temsil etmektedir. Matematiksel olarak verimliliğin ifadesi şu şekildedir:

$$\text{Verimlilik} = \text{Çıktı/Girdi} \quad (3.1)$$

Buradan hareketle, daha yüksek verimliliğe şu yollarla ulaşılması mümkündür [36]:

- Belirli miktarda girdiden daha fazla çıktı elde edilmesi,
- Aynı çıktının daha az girdi kullanılarak ortaya çıkarılması,
- Daha az girdiyle daha çok çıktı elde edilmesi,
- Çıktının artış oranının girdinin artış oranından daha büyük olması,

- Daha az girdiyle aynı çıktının elde edilmesi,
- Girdinin azalış oranının çıktının azalış oranından daha büyük olması.

Bir işletmede kullanılan her tür kaynağın (işgücü, malzeme, enerji vs.) verimliliği hesaplanabilir. Bir başka ifadeyle verimlilik ürün veya hizmet üretimi esnasında tüketilen bu kaynakların etken kullanımı şeklinde de tanımlanabilir [11]. Bu yolla, kullanılan bu kaynakların ne oranda faydaya, değere dönüştüğü sürekli olarak takip edilir, herhangi bir düşüş olması veya belirlenen bir hedefin altında kalınması halinde gerekli önlemler alınarak kaynakların sürekli verimli kullanılması amaçlanır.

Verimlilik işverenden işçiye kadar çok farklı kesimleri ilgilendiren bir kavram olmakla beraber, öz olarak tek bir anlam taşımakta ve kaynakların ürüne dönüşebilirlik düzeyini yansıtmaktadır [12].

Verimliliğin teknik tanımı "üretilen mal ve hizmet miktarı ile bu mal ve hizmet miktarının üretilmesinde kullanılan girdiler arasındaki oran" olarak yapılırsa da son yıllarda yaşanan gelişmeler neticesinde verimlilik denince artık kalitenin yükseltilmesi, çevrenin korunması, çalışanlara en uygun çalışma koşullarının sağlanması ile birim girdi başına çıktı miktarının artırılması çabaları birlikte değerlendirilmeye başlanmıştır. Yani yapılan işin amaç yerine araç olarak konumlandırılması ile insanların yaşam standartlarının ve motivasyonlarının birlikte artması anlayışı hakim olmaya başlamıştır. Bu kavramın toplumun bütün kesimlerini ilgilendirmesinin nedenleri ise şu şekilde sıralanabilir:

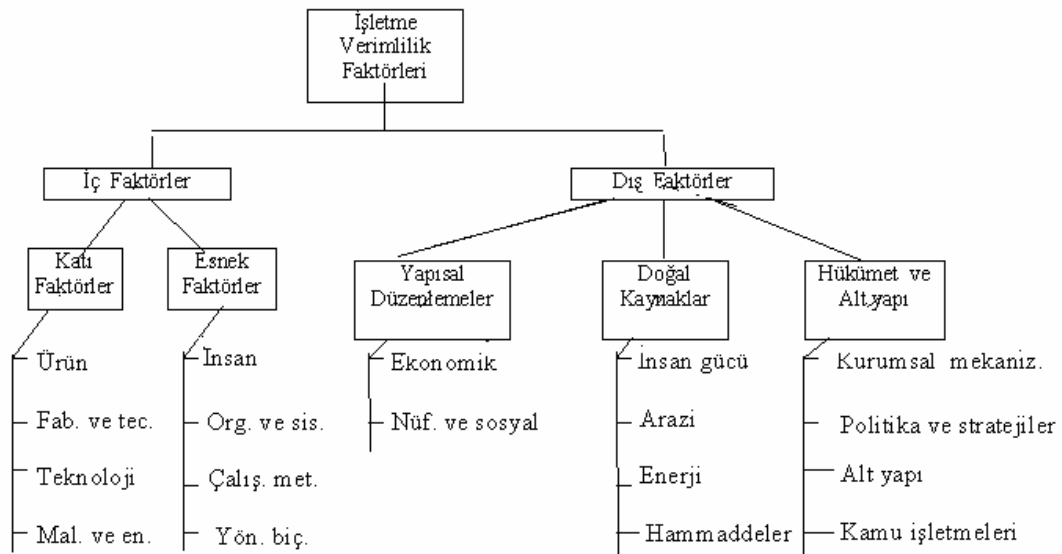
- İşçiler daha iyi çalışma koşullarında, daha kısa çalışma süresinde daha çok ücret alır,
- İşveren, yeni yatırım imkanları yaratacak kaynak sağlar,
- Üretici, daha ucuz maliyetle daha yüksek kazanç elde eder,
- Tüketici, daha ucuz ve bol mal bulma imkanına kavuşur,
- Ülke, sağlıklı bir ekonomik büyüme ile hızla kalkınır.

Bu gelişmeler sonucunda toplum daha yüksek refah düzeyine ulaşır. Böylece verimlilik artışları ile elde edilen kazançtan herkes yararlanmış olur [13].

Kobu (1979) verimliliğe dair görüşlerini şu şekilde aktarmıştır [14]:

“İşletme yöneticisinin üretim faaliyetlerine ilişkin ana amacı verimliliğin artırılması olmalıdır. Mevcut olanakların daha iyi planlama ve kontrol yardımıyla yerinde kullanılması maliyeti düşürebilir ve dolayısıyla karlılığı artırabilir. Verimlilik, mamul dizaynını basitleştirmek, kaliteyi yükseltmek, tedarik ve stoklamayı planlamak vb. tedbirlerle artırılabilir. Üretim miktarının veya üretkenliğin yüksekliği işletme yöneticisinin başarısı için tek ölçü değildir. İşletme yöneticisinin başarısının en iyi ölçüsü kıyaslanabilir periyotlar içindeki maliyet ve karlılık değişimi, yani verimliliktir”

Verimliliği etkileyen çok çeşitli faktörler vardır. Bu nedenle bunları sınıflandırma ihtiyacı duyulmuştur. Bu ihtiyaçtan hareketle, işletmenin denetimi altında olan iç faktörler ile işletmenin denetimi dışında olan dış faktör şeklinde iki farklı çeşit faktör tanımlanmıştır. Verimliliğin artırılması yolunda öncelikli olarak en fazla sorun teşkil eden faktörler tespit edilir, sonrasında ise denetlenebilir faktörler belirlenerek bunların iyileştirilmesine yönelik çalışma başlatılır. Şekil 3.1’de yer alan şemada verimlilik artışının temel kaynağı olan faktörlerin tümü bulunmaktadır:



Şekil 3.1. İşletme verimlilik faktörlerinin bütünlüğü [11]

Bu çalışmanın kapsamında iç faktörlerin alt kırılımında yer alan esnek faktörlerden çalışma metotları üzerinde durulmuştur. Uygulama bölümünde yer alan çalışmalar çalışma metotlarının iyileştirilmesini amaçlamaktadır.

Şekil 3.1’de yer alan dış faktörler, işletmenin kontrolü dışında olan, ancak kurumsal verimliliği önemli derecede etkileyen faktörler olarak tanımlanabilir. Bu faktörler siyasal, toplumsal ve makro ekonomik değişkenlerle, hükümet politikalarıyla, ulusal ve uluslararası mekanizmalarla ilişkili olan faktörlerdir. Verimliliği etkileyen içsel faktörler ise organizasyonun yapısı, üretim, çalışma ortamı ve çalışma yöntemleri, işgücü, makine ve ekipmanların teknolojiye ve üretime uygunluğu, kapasite kullanımı, hammadde niteliği ve kullanımı, yönetim gibi faktörler olarak sıralanabilir [25].

### **3.2. Verimliliğe Dair Çeşitli Kavramlar**

Birçok sektörde takip edilen farklı verimlilik parametreleri mevcuttur. Demir-çelik sektöründe takip edilmekte olan başlıca verimlilik parametreleri ise malzeme, işgücü ve enerji verimliliğidir. Bilhassa bu kaynakların oldukça pahalı olması verimli kullanılmalarını hayati derecede önemli hale getirmektedir. Söz konusu kavramlar bu kısımda yüzeysel olarak tanıtılmıştır. Ancak uygulama kapsamında yapılan çalışmaların yer aldığı bölümlerde bu parametrelerle ilgili bir değerlendirme bulunmamaktadır. Bunun nedeni, bu parametrelerin genel olarak en alt detayda bir tesis için takip ediliyor olmasıdır. Uygulama çalışmaları ise bir işlem ve bir ekipman üzerinde yapıldığı için iyileştirme neticesinde oluşan değişimler bu duruma uygun olarak genel ekipman etkinliği parametresi ile açıklanmıştır.

#### **3.2.1. Malzeme verimliliği**

Malzeme verimliliği (material productivity), çıkan malzeme miktarının (üretim miktarı), giren malzeme miktarına oranıdır. Girdi maliyeti oldukça yüksek olan demir-çelik sektöründe takip edilen en önemli parametrelerden birisi malzeme verimliliğidir. Sürekli döküm tesisinde çıkan slab miktarının giren sıvı çelik

miktarına oranı, sıcak haddehanede çıkan sıcak rulo miktarının giren slab miktarına oranı ve soğuk haddehanede çıkan soğuk rulo miktarının giren sıcak rulo miktarına oranı, takip edilen çeşitli malzeme verimliliği parametreleridir. Hurdaya ayrılan her ton ara ürün veya nihai ürün için boşa harcanmış olan enerji, işçilik, makine süresi gibi etkenler bu kaybın maliyetinin önemli ölçüde yüksek olmasına sebebiyet vermektedir [15]. Bu nedenle malzeme verimliliğinin sürekli takip edilerek yönetilmesi demir-çelik işletmelerinin üzerinde durmaları gereken başlıca konular arasında yer almalıdır.

### **3.2.2. İşgücü verimliliği**

İşgücü verimliliği (labor productivity), işletmeler tarafından takip edilen ve diğer işletmelerle kıyaslama yapmak amacıyla da kullanılan önemli verimlilik parametrelerinden birisi olup, gerek birim işgücü kullanımı başına gerçekleşen üretim miktarını göstermesi ve gerekse işgücü maliyetlerinin yönetilmesi açısından ölçülmesi ve analiz edilmesi gereken bir parametredir. Özellikle üretim miktarının ve çalışan sayısının fazla olduğu demir-çelik sektöründe işgücü verimliliğinin insan kaynakları politikaları ile desteklenmiş olarak etkin bir şekilde yönetilmesi, işletmenin sağlıklı büyümesi ve gelişmesi açısından oldukça önemlidir [16].

### **3.2.3. Enerji verimliliği**

Enerji verimliliği (energy productivity), birim üretim başına tüketilen enerjiyi ifade etmekte kullanılan bir parametredir. Malzeme ile birlikte enerjinin de verimli kullanılmasının önemine dair Akal (2002) şu düşüncelerini ifade etmiştir [17]:

“Malzeme girdileri içinde özellikle hammadde ve enerji dünya üzerinde kıt ve yenilenemeyen ekonomik kaynaklar olarak oldukça büyük önem taşımaktadırlar. Teknolojik gelişim de buna koşut olarak daha az malzeme ve daha az enerji tüketen süreçlerin, uzun ömürlü ürünlerin geliştirilmesine yöneltilmektedir. Ayrıca malzeme girdilerinin üretim kalitesi açısından çok önemli bir ağırlığı vardır”

Demir-elik üretim sürecinin bütün aşamalarında yoğun enerji kullanılmaktadır. Bu nedenle hem yüksek maliyetli olan hem de ülkemizde arz açısından yetersiz olan doğalgaz, fuel oil, kömür gibi enerji kaynakları için verimlilik göstergeleri takip edilmeli, kullanımlarda yaşanan değişimler analiz edilerek oluşan kayıpların azaltılması yönünde önlemler alınmalıdır [72]. Bunların yanında alternatif enerji kaynaklarının kullanılması yönünde araştırmalar yapılarak enerji ihtiyacının daha düşük maliyetli bir şekilde karşılanması, sektörde yer alan üreticiler açısından olduğu kadar ülke ekonomisi açısından da önemli avantajlar sağlayacaktır.

#### 3.2.4. Etkinlik

Etkinlik (effectiveness); genel olarak kuruluşların tanımlanmış amaçlarına ulaşmak için gerçekleştirdikleri faaliyetlerin sonucunda, bu amaçlara ulaşma derecesini belirleyen bir göstergedir. Etkinlik amaçlara ve sonuçlara yönelik bir kavramdır. Kısaca şu eşitlik ile gösterilebilir:

$$\text{Etkinlik} = \frac{\text{Gerçekleşen ıktı (sonuç)} }{\text{Beklenen ıktı (sonuç)}} \quad (3.2)$$

Bir başka ifadeyle etkinlik, gerçekleşmesi mümkün olan çıktıya kıyasla gerçekleşen çıktı şeklinde de tanımlanabilir [11]. Effectiveness, çeşitli kaynaklarda etkenlik olarak ta tanımlanmıştır [37].

#### 3.2.5. Verim

Verim (efficiency), belirli miktarda katmadeğerli çıktı elde etmek için tüketilmesi beklenen girdiye karşın fiili olarak tüketilmiş olan girdinin ölçümüdür. Her ne kadar etkinlik ve verim ilişkili olsa da, bu iki kavram verimlilik ölçümünün iki farklı tarafını temsil etmektedir [34]. Burada önemli olan nokta şudur; etkinlik bir sistemin çıktılarına, verim ise girdilerine odaklanmıştır. Yani etkinlik, yukarıda da ifade edildiği gibi beklenen çıktıya karşılık gerçekleşen çıktıyı ifade ederken, verim ise şu eşitlik ile gösterilir:

Verim=Tüketilmesi beklenen girdi (kaynak)/Fiili olarak tüketilen girdi (kaynak) (3.3)

### 3.3. Genel Ekipman Etkinliği

#### 3.3.1. Genel ekipman etkinliğinin tanımı ve eşitliği

Genel ekipman etkinliği (Overall equipment effectiveness-OEE), bir ekipmanın üretim performansı, net çalışma süresi ve ürettiği kaliteli ürün miktarından hareketle, bir tesiste katma değer üretilen süreye olan katkısını ölçmek için kullanılan bir parametredir [43]. Şirketler tarafından, üretim tesislerinin performanslarını takip etmek ve diğer şirketlerle kıyaslama imkanına sahip olmak amacıyla kullanılmaktadır. Genel ekipman etkinliği, hem ekipmanı kullanan çalışanların, hem bakım etkinliği ile ilgili olan çalışanların hem de bakım politikalarına yön veren yöneticilerin kullanabileceği bir üretim performans göstergesi olarak tanımlanmaktadır [67].

Bir işletmede zaman kullanımı, üretim performansı ve kaliteli üretim faktörleri arasında ilişki kurarak üretim için kullanılan kaynaklardan hangi etkinlikte yararlanıldığını ortaya koymak amacıyla genel ekipman etkinliği kullanılır. Günümüzün yüksek otomasyonlu üretim ortamlarında kalite, maliyet ve teslimat zamanı gibi önemli üretim faktörlerinin neredeyse tümü bu parametre yardımıyla belirlenmektedir [40]. Dolayısıyla, kalite, üretim kaybı ve zamanında teslimat faktörlerini içermesinden dolayı bu parametre üretim ortamları için uygundur. Bunlara ilaveten genel ekipman etkinliği bu faktörlerin yalnızca ölçülmesini değil iyileştirmeye açık alanlarının da açığa çıkarılmasını sağlamaktadır [69].

Genel ekipman etkinliğinin 3 çarpanı bulunmaktadır. Bu çarpanlar şunlardır:

- Net çalışma oranı,
- Performans oranı,
- Kalite oranı.

Genel ekipman etkinliğinin eşitliği şu şekildedir:

$$\text{Genel ekipman etkinliği} = \text{Net alışma oranı} \times \text{Performans oranı} \times \text{Kalite oranı} \quad (3.4)$$

Dünya literatüründe sınıfında en iyi tesislerin ortalama olarak net çalışma oranı %90, performans oranı %95, kalite oranı %99, sonuç olarak genel ekipman etkinliği değeri de %85 olarak kabul edilmektedir [61].

Çizelge 3.1. Sınıfında en iyi olan (world-class) tesislerin genel ekipman etkinliği değerleri

|                         |       |
|-------------------------|-------|
| Net alışma oranı       | = %90 |
| Performans oranı        | = %95 |
| Kalite oranı            | = %99 |
| Genel ekipman etkinliği | = %85 |

Bir işletmede genel ekipman etkinliği parametresinin ölçölmesi ve takip edilmesiyle elde edilebilecek avantajlar şu şekilde sıralanabilir [44]:

- Fabrikanın, hattın ve ekipmanın etkinliğinin ölçölmesi sağlanır,
- Üretim tesisinde hangi performansta, hangi kalitede üretim yapıldığı görölür,
- Üretim duruşlarının gerçek nedenleri ortaya konulur,
- Üretim kayıplarının gerçek nedenleri açığa çıkar,
- Yeni yatırım gereksinimleri ortaya çıkarılır,
- Fabrikanın, tesisin veya ekipmanın darboğaz oluşturan bölümleri belirlenir,
- Verimliliği artıracak ve genel ekipman etkinliğini yükseltecek işlerin öncelik sırası tespit edilir,
- Yapılan iyileştirmelerin etkisinin ne olduğu görölür ve iyileştirme çalışmalarının takip edilmesi imkanı sağlanır,
- Benzer işletmeler veya rakiplerle işletmenin etkinliğinin kıyaslanması imkanı oluşur,

- İyileştirmeye açık alanlar ortaya çıkarılır.

Özetle, genel ekipman etkinliği işletmelerde maliyet azaltmaya ve verimlilik arttırmaya yönelik kullanılan bir gösterge ve ölçüm sistematığıdır. Genel ekipman etkinliğinin en önemli katkılarından birisi de ekipmanların tam kapasite çalışmasına engel olan gizli kayıpların ortaya konması olmuştur. Nitekim bu parametrenin geliştirilmesinden önce ekipman performanslarının takip edilmesi amacıyla yalnızca net çalışma oranı kullanılıyordu ki bu durumdan dolayı ekipman kullanımları tam olarak değerlendirilememekteydi [61]. Oysaki demir-çelik gibi sermaye yoğun sektörlerde ekipman kullanımlarını yüksek oranlarda tutmak temel bir başarı göstergesidir [66].

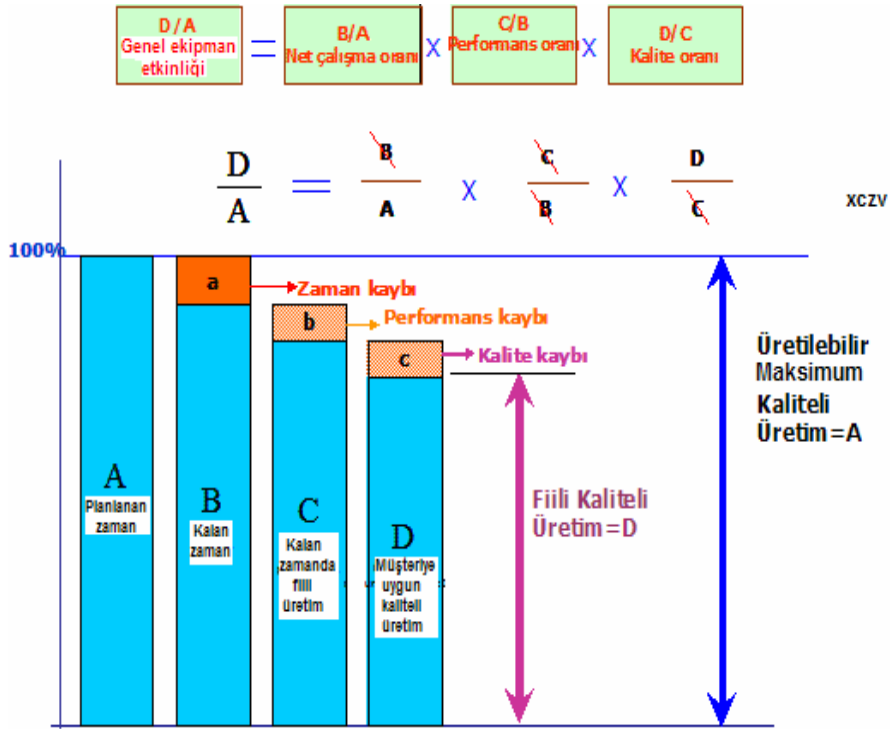
Şekil 3.2’de genel ekipman etkinliğinin model üzerinde şematik anlatımı verilmektedir. Bu şema incelendiği zaman, tüm şartlar uygun olduğu takdirde istenilen standartlarda A miktar ürün üretilebileceği görülmektedir. Ancak aşağıdaki üç nedenden dolayı bu miktar üretilmemektedir:

Programsız duruşlar, arızalar vb. nedenlerden dolayı üretim yapmak için planlanan tüm zaman üretim için kullanılamamaktadır. Bu zaman kayıplarından dolayı yapılacak üretimde “a” kadar bir azalma meydana gelmektedir.

Üretim yapılan zamanın tamamında istenildiği (planlandığı) gibi üretim yapılamayabilir. Bazı nedenlerden dolayı tesisi daha yavaş hızda çalıştırmak durumunda kalınabilir. Bu hız kayıplarından dolayı yapılabilecek üretim “b” kadar düşmektedir.

Üretilen ürünlerden bir kısmı istenilen kalitede (standartlarda) olmayabilir. Bundan dolayı üretilmek istenilen kalitedeki ürün miktarı “c” kadar azalmaktadır.

Neticede A miktar istenilen standartlarda üretim yapma kapasitesine sahip olan tesis, D miktar üretim yapabilmektedir. D miktar üretim yapmaya neden olan yukarıdaki üç nedenin oranlarının çarpımları genel ekipman etkinliğini vermektedir.



Şekil 3.2 Genel ekipman etkinliği kavramının şematik açıklaması

### 3.3.2. Genel ekipman etkinliğini etkileyen 6 büyük kayıp

İşletmelerin mevcut kaynaklarını en yüksek verimlilikle kullanmalarının önünde çeşitli engeller bulunmaktadır. Bu engeller, üretim süreci boyunca karşılaşılan çeşitli kayıplar olarak tanımlanmıştır. Genel ekipman etkinliğini etkileyen kayıplar zaman, hız ve kalite kayıpları olmak üzere 3 ana grupta toplanmaktadır [31]:

#### 1. Zaman kayıpları

- Arıza kayıpları:* Bir makinenin kısmi olarak işlevlerini kaybetmesi veya tamamen çalışamaz hale gelerek üretim yapamamasından kaynaklanan üretim kayıplarıdır.

ii) *Hazırlık ve ayar kayıpları*: Parça, tertibat, kalıp değişimi işlemleri veya bir sonraki ürün çeşidini üretmek için yapılan ayarlama işlemleri gibi hazırlık faaliyetlerinden dolayı bir makinenin durdurulması nedeniyle oluşan kayıplardır.

## 2. Hız kayıpları

i) *Boşluk ve küçük duruş kayıpları*: Arıza kayıplarından farklı olarak makinelerde geçici nedenlerden dolayı oluşan kayıplardır [53]. Aynı çeşitteki iki ürünün üretimi arasında makinede geçen boş süre, işlem görmekte olan parçanın bir yere takılması veya sensörün yanlış algılaması sonucu meydana gelen ufak çaplı duruşlar bu tür kayıplara örnek olarak verilebilir.

ii) *Düşük hız kayıpları*: Bir makinenin tasarlanmış olan hızından daha düşük bir hızda çalıştırılması nedeniyle oluşan kayıplardır.

## 3. Kalite kayıpları

i) *Üretim hataları*: Ürünlerin üretilmesi esnasında oluşan hurdalar veya istenilen kaliteye ulaşılamamasından dolayı yeniden işlem veya tamirat yapılması sebebiyle meydana gelen kayıplardır [53].

ii) *Açılış kayıpları*: Bir makinenin çalıştırılmaya başlanmasından, ilk kaliteli ürünün elde edildiği normal üretim rejimine ulaşıncaya kadar geçen sürede meydana gelen kayıplardır.

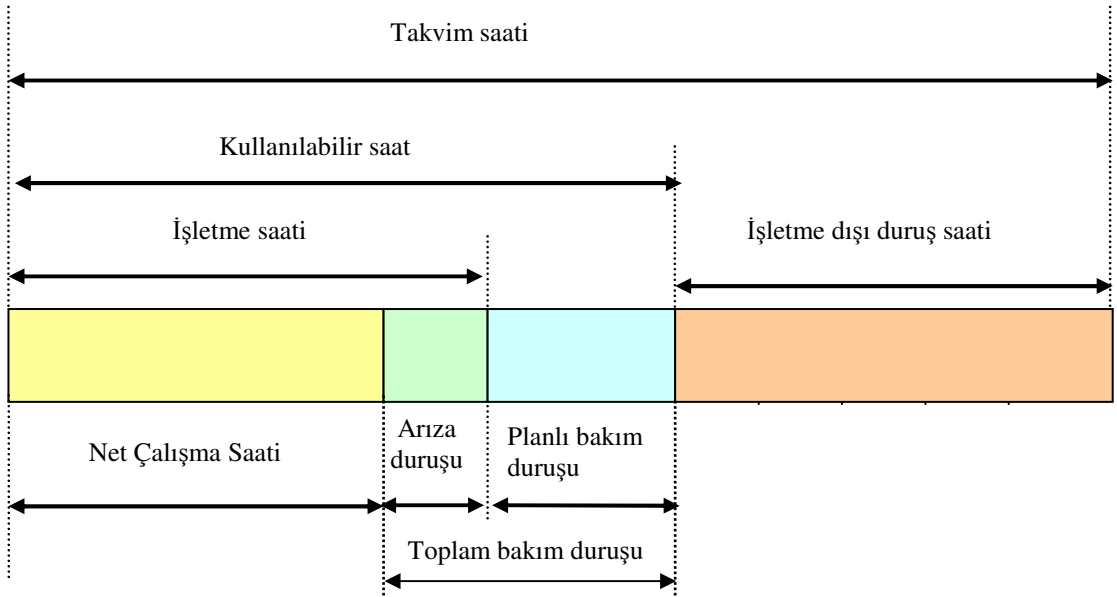
Genel olarak bütün üretim tesisleri için geçerli olan bu 6 büyük kaybın belirli bir sistematik dahilinde izlenerek azaltılması, genel ekipman etkinliğinin artışı ve dolayısıyla işletmenin verimliliğinin yükselmesini sağlamaktadır. EK-3'te 6 büyük kaybın rekabet faktörleri üzerindeki etkisini göstermekte olan şema yer almaktadır.

Genel ekipman etkinliği bu 6 kaybın ölçülmesiyle birlikte iyileştirme çalışmaları için öncelik verilmesi gereken noktaları ortaya çıkarmaktadır. Bu çerçevede, demir-çelik

gibi yüksek hacimli üretimlerin yapıldığı, kapasite kullanımlarının öncelikli olduğu, duruşların, arızaların kapasite kayıplarına yol açmaları nedeniyle yüksek maliyetlere sebebiyet verdiği işletmeler için bu parametrenin takip edilmesi oldukça uygundur [68].

### 3.3.3. Net çalışma oranı

Net çalışma oranı (availability), bir üretim hattında üretim için planlanan zamanın ne kadarında fiili olarak üretim yapıldığını gösteren bir ölçüttür. Net çalışma oranının artması özellikle programsız duruşların (arızaların) azaltılması ile mümkün olmaktadır. Net çalışma süresinin analizinde zaman dilimlerinin gösterimi Şekil 3.3'te yer almaktadır.



Şekil 3.3. Net çalışma oranının hesabında kullanılan zaman dilimleri

Net çalışma oranı üretim için kullanılan net zamanın, işletme saatine oranıyla hesaplanmaktadır:

$$\text{Net çalışma oranı} = \text{Net çalışma saati} / \text{İşletme saati} \quad (3.5)$$

$$\text{İşletme saati} = \text{Takvim saati} - (\text{İşletme dışı duruş saati} + \text{Programlı bakım saati}) \quad (3.6)$$

$$\text{Net çalışma saati} = \text{İşletme saati} - (\text{Toplam programsız duruş saati}) \quad (3.7)$$

### 3.3.4. Genel ekipman etkinliği analizinde kullanılan zamana bağlı diğer ifadeler

*Genel çalışma oranı:* Takvim zamanının ne kadarının üretim için kullanıldığını gösterir.

$$\text{Genel çalışma oranı} = \text{Net çalışma saati} / \text{Takvim saati} \quad (3.8)$$

*Dış gecikme oranı:* Gecikmelerin ne kadarının işletme dışı nedenlerden kaynaklandığını gösterir.

$$\text{Dış gecikme oranı} = \text{İşletme dışı duruş saati} / \text{Takvim saati} \quad (3.9)$$

*Brüt işletme oranı:* Takvim zamanının ne kadarının tesisi işleten birimin yönetiminde olduğunu gösterir.

$$\text{Brüt işletme oranı} = \text{İşletme saati} / \text{Takvim saati} \quad (3.10)$$

*Programsız duruş oranı:* Programsız olarak yapılan duruşların, işletme saatine oranıdır. Amaç, bu oranı minimize etmektir.

$$\text{Programsız duruş oranı} = \text{Toplam programsız duruş} / \text{İşletme saati} \quad (3.11)$$

*Bakım etkinliği:* Yapılan bakımın performansını gösterir. Aşağıdaki eşitlikte toplam bakım duruş saati, programlı ve programsız duruşların toplamını ifade etmektedir.

$$\text{Bakım etkinliği} = 1 - (\text{Toplam bakım duruş saati} / \text{Kullanılabilir saat}) \quad (3.12)$$

*Arıza oranı:* İstenmeyen duruşların üretim için kullanılabilecek zaman içerisindeki oranını verir. Hedef, bu oranı en alt düzeyde tutmaktır.

$$\text{Arıza oranı} = \text{Arıza duruş saati} / \text{İşletme saati} \quad (3.13)$$

*Mekanik arıza oranı:* Mekanik arızalardan kaynaklanan duruşların işletme saatine oranıdır. Elektrik, elektronik, vinç arızası oranları da aynı şekilde hesaplanır.

$$\text{Mekanik arıza oranı} = \text{Mekanik arıza duruşu} / \text{İşletme saati} \quad (3.14)$$

Tesislerin zamana göre verimlilik analizlerinin ve yukarıda açıklanan terimlerin formüllerinin yer aldığı tablo EK-2’de bulunmaktadır.

### 3.3.5. Performans oranı

Performans oranı (performance rate), bir makinenin üretim hızına bağlı olarak kullanım etkinliğini ortaya koyan bir ölçüttür. Fiili olarak gerçekleştirilen üretimin makinede yapılabilecek maksimum üretime veya kapasiteye oranıyla hesaplanmaktadır:

$$\text{Performans oranı} = \text{Fiili üretim} / \text{Maksimum üretim (Kapasite)} \quad (3.15)$$

Performans oranı eşitliğinde, eğer;

Maksimum üretim > Hattın kapasitesi ise, payda “Maksimum üretim”

Maksimum üretim < Hattın kapasitesi ise, payda “Hattın kapasitesi” olarak alınır.

*Fiili üretim:* Hesap yapılan zaman dilimi içerisinde yapılan fiili üretim miktarıdır.

*Maksimum üretim:* Geçmiş yıllarda elde edilen, süreklilik kazanmış en iyi üretim değeridir. Bu değer güvenilir, kabul edilebilir ve süreklilik sağlamış olması gerekir.

Demir-çelik işletmeleri bünyesinde yer alan sıcak ve soğuk haddehanelerde ürün çeşitliliğinin (farklı kalınlık, ebat ve kalitede) çok olmasından ve aylara göre standart olmamasından dolayı maksimum üretim olarak en iyi yıllık üretim miktarının günlük ortalama değeri alınır.

Burada alınan değer, o işletme tarafından geçmişte gerçekleştirilmiş bir değerdir. Aynı şartlar yeniden oluşturulursa aynı miktar üretim yapılabileceği düşünülmektedir. Dolayısıyla tesisin performans oranı bu değerle mukayese edilerek ölçülür. Tesiste etkin bakım planlaması ve çeşitli iyileştirme çalışmaları yoluyla kapasitenin üzerine çıkılabilir ve bu durumda performans oranı eşitliğinde paydaya maksimum üretim alınır.

### 3.3.6. Kalite oranı

Kalite oranı (quality rate), kalite kusuru olmayan ürün miktarının toplam üretim miktarına oranını ortaya koyan bir ölçüt olup müşteri tarafından benimsenen kalite kriterlerine uygunluk oranı olarak tanımlanır. Dolayısıyla bu ölçüt, kaliteli ürün miktarının toplam üretim miktarına bölünmesiyle hesaplanır:

$$\text{Kalite oranı} = \text{Kaliteli üretim miktarı} / \text{Toplam üretim miktarı} \quad (3.16)$$

Sıcak ve soğuk haddehanelerde yapılan üretimin herhangi bir aşamasında, sipariş şartlarından veya önceden belirlenen spesifikasyonlardan farklılık gözlenirse, bu durum uygunsuzluk olarak tanımlanır. Bu uygunsuzluk, haddehane aşamalarında dispoze olarak adlandırılır.

Dispoze: Levhanın, sıcak veya soğuk haddelenmiş ürünün, tenekenin haddelenmesi, işlenmesi ve/veya kontrolü sırasında spesifikasyon değerlerinden sapmasıdır. Dispozeye sebep olan çeşitli kusurlar şu şekildedir: Paslı, makro inklüzyon, kırışık, temper yağ izi, dalgalı, hatalı boy kesimi, çizik, hasarlı, çapak, yaralı hadde vb.

Kalite oranı, farklı bir eşitlik kullanılarak da ölçülebilir:

$$\text{Kalite oranı} = 1 - \text{Dispoze oranı} \quad (3.17)$$

$$\text{Dispoze oranı} = \text{Dispoze bobin adedi} / \text{Toplam bobin adedi} \quad (3.18)$$

#### 4. VERİMLİLİK ARTTIRMA SİSTEMATİĞİ

Verimliliğin nasıl arttırılabileceğine yönelik soruların cevapları kolay olmasına karşın bunların uygulanmasında zorluklarla karşılaşmak mümkündür. Verimliliği arttırmak için dört temel teknik mevcuttur:

- İnsan emeği yerine makine veya yeni teknoloji kullanılması,
- İş yapış biçimlerinin geliştirilmesi,
- İsraf olan, katmadeğer oluşturmeyen aktivitelerin bertaraf edilmesi,
- İnsan odaklı yönetim modellerinin adaptasyonu.

Bir şirketin verimliliğini arttırmak amacıyla yürütülecek herhangi bir girişim bu dört basit ve temel tekniği de kapsamalıdır. Bir işletme yöneticisi verimliliği arttırmaya karar verdikten sonra verimlilikle en yakın ilişkisi olan ve verimlilik arttırmaya yönelik en fazla katkı sağlayabilecek faaliyetleri tespit etmelidir. Ardından öncelikler belirlenmeli, hedefler konulmalı ve belirlenen bir zaman aralığında hedeflenen sonuçlara ulaşılabilmesi için gerekli işgücü tahsis edilmelidir [47].

Verimliliğin arttırılması amacıyla her işletmenin kendi gerçekleri doğrultusunda kendisine uygun bir sistematik geliştirmesi, amaçlanan sonuçları elde edebilmek için önemli bir noktadır. Yani, işletmelerin verimliliklerini arttırmalarına yönelik “tek bir doğru yol” bulunmamaktadır. Verimlilik arttırma sistematiğinin işletmeden işletmeye farklı olmasına sebep olan faktörler şu şekildedir [36]:

- Sistematiğin kapsamı (şirket çapında, tesis çapında, fonksiyon/departman/ünite çapında vs.),
- Sistematiğin oluşumunda yer alan çalışanların kişilikleri ve belirledikleri politikalarla, sistematiğin kapsamında yer alan ve etkilenen kilit şahıslar,
- Sistematiği yürütecek insanların bilgi, beceri ve tecrübeleri,
- Sistematiğin beklenen getirileri,
- Sistematikten etkilenen diğer programlar ve fonksiyonlar,

- Yeni sisteme katılımcı yaklaşım konusunda üst yönetimin ve destekçilerin olgunluğu.

Bütün bu faktörlere karşın, her işletme için önemli olan konu verimlilik arttırma sistematığının üst yönetim tarafından desteklenmesidir. Burada sistematığın amaçları, yürütülme şekli, takip sistematığı gibi faktörler üst yönetim tarafından duyurulmalı, yayılımı sağlanmalı ve belirli aralıklarla takibi yapılmalıdır. Programın devamı için bu kapsamda bir destek sağlanamadığı takdirde bütün çalışanların katılımının sağlanması mümkün olmayacaktır.

Verimliliği artırabilmek, sürekli değişikliklere uyum sağlayabilmeye bağlıdır. Herhangi bir şirket içinde uyum ve değişim zordur. Üst kademe tarafından şirketin yönetimi iyi bir biçimde yürütüldüğü zaman en iyi sonuçların alındığı açıktır. Bu yüzden de verimliliği arttırmak öncelikle üst kademe yöneticilerinin sorumluluğundadır [50].

Verimlilik arttırma, ölçüm, değerlendirme ve planlama aşamalarının ardından gerçekleştirilmelidir. Bu dört aşamanın her biri önemlidir. Verimlilik arttırma sistematığı bir defaya mahsus bir program değil, sürekli işleyen bir süreçtir [48]. Bu çerçevede, verimlilik arttırma için ilk adım olan ölçüm aşaması, doğru işlerin üzerinde çalışılması için önemlidir. Bu aşamada verilerin doğru, güvenilir ve ilgili herkes tarafından ulaşılabilir olması çalışmaların etkinliğini arttıracaktır. Verimliliğin ölçülmesi, uzun vadede işletmenin gidişatı için objektif bir bilgi kaynağı oluşturur, işletmenin performansındaki problemlere ışık tutar ve ilgili kişilerin kaydadeğer fikirler edinmesini sağlar [70].

Verimlilik değerlendirme, planlama ve arttırma safhaları ise ilgili çalışanların yapacakları çalışmalarla yürütülecektir. Bu nedenle çalışanların eğitim faaliyetlerine tabi tutulması ile bilgi ve becerilerinin artırılması, takım çalışmalarıyla elde ettikleri bu kazanımları faydaya dönüştürme imkanı sağlanması ile sürekli olarak kendi işlerini geliştirmeleri ve iyileştirmeleri şirket genelinde verimlilik artışı sağlayacaktır. Nitekim imalat sektöründe rekabetçiliğin ve verimliliğin arttırılabilmesi, işletmelerin

mevcut bilgi birikimlerinin üzerine yeni bilgiler ilave etme yeteneklerine bağlıdır [56]. İşletmenin kendi insan sermayesinin aklından yararlanmayıp onu sadece kas gücü olarak değerlendirmesi ve işgücünün önerilerinden faydalanmaması, çalışanların verimlilik potansiyellerini kullanmasını engelleyen ve eskiden beri var olan sabit iş görevlerine bağlı kalınması, önlenmesi gereken israflardır [51].

İşletmelerde, verimlilik artışına yönelik çalışacak ekipler oluşturulabilir. Verimlilik artırma ekipleri bir işletmede çalışanların moral, kalite ve verimliliklerini arttırmak için etkin bir yöntemdir. Bu ekiplerin temel bir amacı vardır: Şirkette çalışan bireylerin yeteneklerini olabilecek en yüksek düzeye çıkarmak üzere belirli bir eğitim programı uygulamak ve üst yönetim tarafından desteklemek. Bu şekilde yürütülen takım çalışmaları takım üyelerine aidiyet hissi ile elde edilen bir sonuca katkıda bulunma duygularını kazandırarak daha iyi bir çalışan ve daha iyi bir insan yetiştirmeye de katkıda bulunur [47].

Verimlilik artırma ekiplerinin önemli bazı özellikleri şu şekilde sıralanabilir [48]:

- İşçilerin morallerini ve iş tatminlerini artırır,
- İşletmenin bütün kademelerinde çalışanlar arasındaki iletişimi artırır,
- Kalite ve verimliliği artırır,
- Problemleri tespit edip çözmek üzere eğitimler verilir.

Verimlilik artırma ekibi, üzerinde çalışılacak problemin seçilmesinde beyin fırtınası, pareto analizi gibi teknikleri kullanabilir. Problemin nedenlerinin tespit edilmesinde ise sebep-sonuç diyagramı, histogram, kontrol çizelgesi, grafikler, iş akış şemaları, kontrol listelerinden yararlanılabilir [48].

Verimlilik artırma ekibi üyelerinin, fabrika genelinde verimlilikle ilgili eğitimler vermeleri de önemli bir konudur. Bu çerçevede, ilgili mühendislere detaylı şekilde verimlilik artırma tekniklerine yönelik eğitimler verilirken, işçilere de genel hatlarıyla verimlilik konusunda bilinçlendirme eğitimleri verilebilir. Zira çalışanların

katkılarının sağlanabilmesi için herkesin verimlilik artışının neden gerekli olduğunun farkında olması sağlanmalıdır [49].

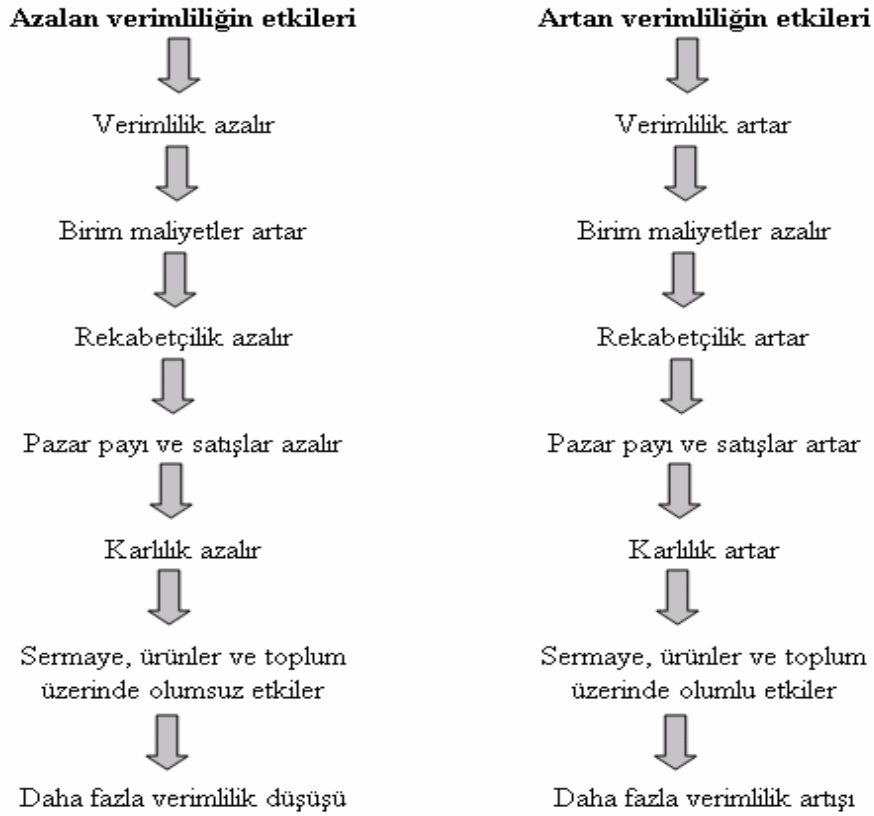
#### 4.1. Verimliliğin Arttırılmasının Önemi

Bir işletmede verimliliğin takip edilmesi, biliniyor olması diğer işletmelerle kıyaslama yapılarak işletmenin kendi durumunu ortaya koyması veya işletme bünyesinde yer alan birimlerin performansını takip etmek açısından faydalı olmakla birlikte verimliliğin ölçülmesindeki ana amaç verimliliğin arttırılması olmalıdır. Bu konuyla ilgili çalışanlar, işletmenin önceki dönem performanslarını ve kıyaslama yapılan diğer işletmelerin değerlerini baz alarak takip ettikleri verimlilik değerlerini arttırmaya yönelik çalışmalar gerçekleştirdiği takdirde işletme olarak verimliliğin takip edilmesinin yararlarından faydalanılabilir.

Bir işletmede verimliliğin artması daha az maliyetle, daha kaliteli ve daha fazla üretim yapılarak karlılığın arttırılmasını sağlayacağı gibi, makro düzeyde değerlendirilecek olursa kullanılan ürün ve hizmetler bazında yaşam standartlarının yükselmesinin direkt olarak bu ürün ve hizmetlerin elde edilmesi süreçlerinin verimliliğinin arttırılmasıyla mümkün olacağı ortaya çıkmaktadır [17]. Bunların yanında verimliliğin arttırılması ürün ve hizmet fiyatlarındaki enflasyon baskısının azaltılması noktasında uzun vadede hayati bir öneme sahiptir. Daha verimli kullanılan işgücü, enerji, malzeme sayesinde bu kalemlerde meydana gelebilecek maliyet artışları dengelenebilir [18].

Öte yandan verimliliğin beklenenden düşük olması yalnızca karlılığı ve rekabetçiliği olumsuz yönde etkilemekle kalmayıp aynı zamanda mevcut kaynaklarla üretilebileceğinden daha az üretildiği anlamına geldiği için bu da genel olarak toplumun olması gereken refah düzeyinden daha aşağı seviyelerde olmasına yol açmaktadır (Şekil 4.1). Buradan hareketle, verimliliğin yalnızca işletmeleri değil, toplumu oluşturan işveren, çalışan, müşteri gibi bütün kesimlerin yaşam standartlarını etkilediği söylenebilir. Bu durum, bütün kesimlerin verimlilik

arttırmaya yönelik çalışmalara katkıda bulunmasının gerekliliğini ve önemini ortaya koymaktadır [25].



Şekil 4.1. Verimlilikte yaşanan artış ve azalışın etkileri [36]

Demir-çelik gibi kritik sektörlerde sağlanan verimlilik artışları yalnızca bu alandaki işletmeler için değil, girdi olarak çelik kullanan birçok sektörün ana hammadde maliyetlerini azaltarak üretimlerini artırmalarını sağlamak suretiyle ilgili diğer sektörler için de olumlu etkilere vesile olur [55].

Dünya genelinde verimliliğe olan ilgi gün geçtikçe artmakla birlikte temel problem olan verimliliğin artırılması halen karışık tepkilerle karşılaşmaktadır. Zira oldukça zorlayıcı olan rekabet ortamında şirketlerin verimlilik arttırmaya yönelik bir sistematik geliştirmek amacıyla yaptıkları girişimler zaman yokluğu, nereden başlanacağını belirsizliği, ilgisizlik ve değişime karşı oluşan direnç gibi sorunlarla

karşılaşmaktadır. Ancak verimliliğin arttırılmasının önemini ortaya koyan çeşitli faktörler mevcuttur [34]:

- Dünya pazarlarında rekabetin artan bir ivmeyle hızlanması, şirketlerin ayakta kalabilmeleri için kalite, maliyet ve teslimat süresi faktörleri arasında denge kurmalarını zorunlu hale getirmiştir.
- Tesislerini üçüncü dünya ülkelerine kaydırarak daha düşük maliyetle çalışan firmalara karşı rekabetçi olabilmek için düşük maliyetli üretmek veya yenilikçi bir üretim anlayışına sahip olmak gerekmektedir.
- Toplumun ekonomik ve sosyal refahı, dolayısıyla global bir huzur ortamı organizasyonların kısıtlı olan kaynakları en etkin şekilde kullanmalarına bağlıdır. Bu sayede günlük ihtiyaçları karşılayacak miktarda gelirin yanında gelecekte yapılması gereken yatırımlar için ilave kazanç ta meydana gelecektir.
- Sosyal altyapının (eğitim, sağlık, ulaşım vs.) geliştirilmesi, sanayi tarafından destekleyici miktarda gelir elde edilmesi ve sonucunda oluşan sermayeyle mümkündür. Zira özellikle birçok ülkede bu hizmetler milli gelirin önemli bir bölümünü tükettiği için ilgili kuruluşların da verimliliklerini daha efektif bir şekilde yönetme sorumluluğu bulunmaktadır.
- Hizmet ve ürünlerin, sanayi kuruluşları ile kamu kurumları tarafından en etkin şekilde üretilmeleri sayesinde çalışan, işsiz, emekli, genç, toplumda yer alan herkes için enflasyonun olumsuz etkileri azaltılabilir.

Verimlilik artışı aynı zamanda bir değişim sürecidir. Bu nedenle verimlilik artışı için değişimi yönetmek gerekir; bu ise değişimin güdülenmesi, yönetilmesi ve gerçekleştirilmesi demektir. İnsan ve işgücü yapısı, tutum ve değerler, beceri ve eğitim, teknoloji ve teçhizat, ürünler ve pazarlar dahil tüm temel örgütsel öğelerdeki değişim hızının ve ölçeğinin planlanması ve koordine edilmesi önemlidir. Bu

değişimler verimlilik artışına olduğu kadar, teknolojik değişime de yardımcı olacak olumlu bir tutumun ve örgüt kültürünün gelişmesini sağlar [11].

#### 4.2. Verimlilik Arttırma Sistematığının Amaçları

Bir işletmede verimlilik arttırma sistematığı geliştirilmesinin temel amaçları bütün şirket çalışanlarının verimlilik değerlerinin farkında olması, verimliliğin arttırılmasının önemi hakkında bilinçli olması ve bu sayede verimlilik arttırma çalışmalarına bütün çalışanların katılımının sağlanmasıdır. Bunun için de işletme olarak bilgi sistemleri yoluyla bu çalışanların verimlilik değerlerine hızlı ve doğru bir şekilde ulaşmasının sağlanması, gerekli görülen konularda kullanılmak üzere verimlilik arttırma tekniklerinin bu çalışanlara eğitim yoluyla aktarılması gerekmektedir. Yapılan çalışmalar belirli bir standart dahilinde izlenmeli, ihtiyaç duyulduğu takdirde güçlük yaşanan çalışmalarda üst yönetim tarafından kolaylaştırıcı müdahaleler yapılmalı ve başarılı uygulamalar bir sunu yaptırılarak veya şirket içi iletişim araçları vasıtasıyla duyurularak onore edilmeli ve ödüllendirilmelidir. Böylece bütün şirkette verimlilik arttırma çalışmalarına katılım konusunda bir heves, istek uyandırılabilir ve elde edilen sonuçların da faydaya dönüştüğü görülebilir.

Bunların yanında yönetsel niteliklerle birlikte planlama ve sorun çözme becerilerini geliştirme, ekip çalışmaları ile insani ilişkileri geliştirme, etkili bir verimlilik bilgi sistemi kurma, daha yüksek düzeyde bir örgütsel performans sağlayacak bir atılım başlatma, takım ruhunun canlandırılmasına yardım etme gibi faktörler de bir işletmenin verimlilik arttırma sistematığı geliştirmesinin amaçları arasında sayılabilir [11]. Son olarak, verimliliği arttırmak şu konulara odaklanmayı gerektirir [34]:

- Değişime adapte olmayı öğrenmek,
- Şirkette her düzeyde çalışanın güvenilir verimlilik değerlerini biliyor olmasını sağlamak,
- Verimlilik konusunda üst yönetimin tam destek vermesi,

- Kısa vadede performansı arttırmak ve uzun vadede yapılan bütün işler için radikal değişimler gerçekleştirmek.

#### **4.3. Bir Verimlilik Arttırma Sistematiği Modeli Olarak Yalın Üretim**

Yalın üretim, bir işletmenin kaynaklarının en yüksek verimlilikte kullanılması amacıyla takım çalışmaları odaklı bir sürekli iyileştirme süreci olup ürüne değer katmayan her türlü faaliyetin, yani israfın ortadan kaldırılmasıyla en düşük maliyete, en yüksek kaliteye ve en kısa teslimat süresine ulaşmayı amaçlayan bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım israfların bertaraf edilmesinin yanında ürüne değer katan faaliyetlerin de etkinliğini artırmaya yönelik teknikleri ve prensipleri içerir.

Bu bölümde yalın üretimin bir verimlilik arttırma sistematiği modeli olarak aktarılmasının nedeni, son yıllarda birçok global şirketin rekabetçi olabilmek adına bu felsefeyi şirketlerinde uygulamaya başlaması, yani bir anlamda bu felsefenin gittikçe dünya genelinde bir örnek teşkil etmeye başlamasıdır. Nitekim yalın üretim sistemlerinin göstermiş olduğu olağanüstü performans, yalın üretimin anavatanı olan Japonya dışındaki ülkelere ve çıkış yeri olan otomotiv sektörü dışındaki firmalara da transferini teşvik etmiştir [54]. Bu sistematiği uygulayan firmaların elde ettikleri başarılı sonuçlar da bu felsefenin bir model haline gelmesinin en büyük sebebidir. Çalışmanın son kısmında uygulanan verimlilik arttırma tekniklerinde sergilenen yaklaşım yalın üretim sisteminin özünde yer alan “israfların yok edilmesi” olduğu için bu kısımda bu felsefe hakkında detaylı bir anlatım gerçekleştirilmiştir.

“Yalın üretim” terimi A.B.D.’deki Massachusetts Institute of Technology Üniversitesi bünyesinde, dünya otomotiv sanayi üzerine çalışmalar yapan International Motor Vehicle Program (IMVP) tarafından, 1980’lerin sonunda ortaya atılmış bir terimdir. Terimin dünya çapında geçerlilik kazanması, IMVP’nin ünlü “The machine that changed the world” kitabının 1990’da piyasaya çıkarılmasıyla mümkün olmuştur [19].

Üretim sürecinde özellikle kalite ve verimlilik açısından sürekli gelişme sağlayan bu model, yoğunlaşan rekabet sürecinde endüstrileşmiş ülkelerin alternatif modeller arasında üzerinde en fazla durdukları ve etkilendikleri bir yaklaşım olmuştur. Yalın üretimi uygulayan işletmelerin elde ettikleri kazanımlar şu şekildedir:

- Üretim akış süresi kısalmır,
- Verimlilik artar,
- Kusurlu ürün sayısı azalır,
- Stoklar ve alan kullanımı azalır,
- İş kazaları azalır,
- Ürün geliştirme süresi kısalmır.

Bütün bu iyileştirmeler çok az yatırım tutarlarıyla gerçekleştirilir. Çünkü yukarıda da bahsedildiği gibi elde edilen sonuçlar mevcut iş yapış biçimlerinin içerisinde yer almakta olan israfların bertaraf edilmesi yoluyla katma değerli işlerin arttırılmasıdır.

Düşük maliyetle yüksek kalitede üretimin gerçekleştirilmesi, insan varlıklı teknoloji anlayışında üretim sisteminin sonuçları olarak belirtilen düşük stok maliyetlerini, düşük işçilik maliyetlerini ve hatalı üretimin az sayıda olmasını gerektirmektedir. Doğal olarak düşük stok ve işçilik maliyeti ile az sayıda hatalı üretim birbirleri ile yakından ilişkili üretim sonuçlarıdır. Örneğin kitle üretiminde üretimin aksamaması için tutulması gereken stok miktarının yalın üretim modelinde çok azaltılması veya sıfıra indirilmesi, bir yandan stok maliyetini düşürürken diğer yandan stokların yönetimi ve dağıtımı için işgücüne olan ihtiyacı azaltarak, işçilik maliyetini de düşürmektedir. Bunların yanında stok miktarının azaltılması veya sıfıra düşürülmesi, ürün kalitesini arttırıcı etki de yapmaktadır. Çünkü yalın üretimde stok miktarının düşük olması nedeniyle beklenmedik herhangi bir aksaklığın üretim sürecini durdurulmaması için olası sorunlar hızla çözüme kavuşturulmakta ve dolayısıyla zaman içerisinde hataların azaltılması üretim kalitesinin yükselmesine yol açmaktadır. Hatalı üretimin sayıca azalması işçilik maliyetine de düşürücü etki yapmaktadır. Bir diğer ifadeyle ürün kalitesinin yükselmesi, ürünlerin kontrolüne ve

hatalı ürünlerin tamirine harcanan zamanın azalmasını ve işçilik maliyetinin düşmesini sağlamaktadır.

Başta otomotiv sektörü olmak üzere kesikli üretim yapısına sahip olan birçok şirket yalın üretim tekniklerini uygulasa da sürekli üretim yapısına sahip şirketlerde bu tekniklerin uygulanmasının zor olduğuna yönelik genel bir kanaat mevcuttur [30]. Bu tip üretim gerçekleştiren işletmelerde yalın tekniklerin uygulanması noktasındaki isteksizliğin temeli yüksek hacim ve düşük çeşitlilikte üretimin gerçekleştirildiği sürekli üretimde üretilen parti büyüklüklerinin azaltılmasının zorluğu, yani esnekliğinin düşük olması ile hazırlık zamanlarının uzun ve duruş maliyetlerinin de yüksek olmasıdır. Bunların yanında yalın üretimin kapsamında yer alan, makinelerin konumlarını hücrel şekilde düzenlemek oldukça maliyetli hatta imkansızdır. Ancak bütün bunlara karşın, sürekli üretim yapılan tesislerde yalın üretim tekniklerinin uygulanabilirliğini ortaya koyan çeşitli literatür çalışmaları gerçekleştirilmiştir [71].

Kesikli üretim ile sürekli üretimin benzer özellikleri olsa da temel farklılık üretim sürecinin sürekliliğidir. Sürekli üretim yapılan bir tesiste ekipmanın durdurulması çok yüksek maliyetlere yol açmaktadır. Ancak sürekli üretim yapılan hemen hemen tüm tesislerde kesikli üretim gibi adet bazında ürünler de üretilmektedir. İşte yalın üretim teknikleri, kesikli üretimdeki gibi parçaların üretildiği bu kısımlarda rahatlıkla uygulanabilir. Buna ilaveten kesikli üretim yapısında israfları yok etmek için uygulanan tekniklerin sürekli üretim yapısında da uygulanabilecek olanları belirlenerek bu üretim sürecinde benzer iyileştirmeye açık alanlara uygulanabilir.

Mevcut sistemlerde israfların ortadan kaldırılması, müşteriler için katma değerli faaliyetlere konsantre olunması, verimliliğin artırılması, teslimat sürelerinin kısaltılması konularına odaklanmasıyla yalın üretim, zorlayıcı piyasa koşullarına etkili şekilde karşı koymayı amaçlayan işletmeler için bir yol gösterici olmuştur [60].

## 5. VERİMLİLİK ARTTIRMA TEKNİKLERİ

Dünya genelinde uygulanan çok çeşitli verimlilik arttırma teknikleri mevcuttur. Bunların her biri çeşitli yönetim felsefelerinin içerisinde doğmuş olup şirketlerin konum ve stratejilerine, bulundukları coğrafi, ticari, kültürel vs. koşullara göre değişkenlik göstermektedir. Ancak temelde bütün bu tekniklerin amacı kaynakların verimli kullanımının önünde engel teşkil eden israfların ortadan kaldırılması ile verimliliğin arttırılması ve nihayetinde şirket karlılığının yükseltilmesidir. Bu çalışma kapsamında üzerinde durulacak olan verimlilik arttırma teknikleri şunlardır:

- İş etüdü,
- Kalıpların tek haneli dakikalarda değişimi (SMED).

İş etüdü ve SMED konularında bu kısımda genel olarak teorik anlatım yapılacak olup ardından bu tekniklerin amaçları aktarılacaktır. Söz konusu tekniklerin bir demir-çelik işletmesinde gerçekleştirilen uygulama sistematiği ve bu sistematiğin çerçevesinde yapılan çalışmalar ise 6. bölümde yer almaktadır. Bu kısımda ise öncelikle her iki teknik için de kullanılmakta olan işlerin sınıflandırılması konusuna değinilecektir.

Verimlilik arttırma tekniklerinin ortak amacı iş yapış biçimlerinin gözden geçirilmesi ile gereksiz faaliyetlerin belirlenerek ortadan kaldırılmasıdır. Gereksiz faaliyet ile kastedilen, ürüne değer katmayan her türlü işlemdir. İsraf olarak nitelenen bu işlemlerin tespit edilmesinden sonra verimliliğin arttırılması için kullanılacak tekniğin seçiminde öncelikle gözden geçirilecek işin niteliği belirlenmelidir. Bu nedenle öncelikle bir iş ortamında yürütülen işlerin daha iyi anlaşılması için bu işler sınıflandırılmıştır:

### İşlerin sınıflandırılması

İş etüdü ve SMED gibi verimlilik arttırma tekniklerinin ortak özelliği yapılan işleri basamaklara ayırarak iyileştirmektir. Bir işe bütün olarak bakıldığı zaman iyileştirme

potansiyellerinin tespit edilmesinin zor olduğu gerçeğinden hareketle, her işlem adımının ayrı ayrı değerlendirilmesi iyileştirme potansiyeli olan adımların daha rahat fark edilebilmesini ve çözüme kavuşturulmasını sağlamaktadır. Yapılan işler üç ana kısma ayrılabilir [74]:

- Katma değerli işler,
- Zorunlu katma değersiz işler,
- İsrarlar.

*Katma değerli işler:* Ürüne değer katan işlerdir. Çelik üretim sürecinde çeşitli katma değerli işler şunlardır:

- Sıvı çeliğin sürekli dökümlerde dökülmesi,
- Slabın sıcak haddehanede haddelenmesi,
- Sıcak bobinlerin soğuk haddehanede haddelenmesi,
- Sacın çinko veya kalay kaplanması.

Burada önemli olan nokta katma değerli iş için “nasıl olsa katma değer sağlıyor” şeklinde düşünülerek üzerine gidilmemesidir. Oysaki sürekli israrları azaltmayı kendisine kültür edinmiş olan bir işletmede çalışanların sadece günlük rutin işlerini yapmaları değil, kişisel tecrübelerini, bilgilerini, yaratıcılıklarını kullanarak iş yapış biçimlerinin sürekli iyileştirilmesine yönelik çalışmalara katılmaları beklenir. Bunun yanında işlerin ayırt edilmesinden sonra tespit edilen katma değerli işlerin geleneksel bakış açısıyla üzerine gidilebilir, yani daha uzun, daha yoğun, daha fazla çalışmanın yanında, gerekliyse işgücü ve ekipman ilave edilmesi gibi iyileştirme alternatifleri değerlendirilebilir.

*Zorunlu katma değersiz işler:* Mevcut teknoloji ve metotlardan dolayı yapılmak zorunda olan ancak ürünün değerini arttırmayan işlerdir. Örnek olarak kalite kontrol faaliyetleri verilebilir. Kalite kontrolün katma değer oluşturmamasına rağmen uygulanmasının zorunlu olmasının nedeni kusurlu ürünlerin bir sonraki prosese

kesinlikle geçmemesi gerekliliğidir. Bu nedenle bu uygulamayı minimize etmek için bütün çalışanların kaliteyi kontrol altında tutması gerekmektedir. Bu iş yalnızca hat sonunda bulunan kalite kontrolcülere bırakıldığı takdirde iyileştirme yapılması zorlaşacaktır.

*İsraf:* Ürüne hiçbir değer katmayan, yapılmaması gereken işlerdir. Tespit edilen israflar çeşitli verimlilik artırma tekniklerinin kullanılması suretiyle bertaraf edilebilir.

İşletmelerde israflarla ilgili genel olarak şu problemler yaşanmaktadır [43]:

- İsrafların tanımlanmamış olması,
- İsrafların tespit edilmesine yönelik herhangi bir ölçüm sisteminin olmaması,
- Ölçüm sistemi olmasına karşın güvenilir veriler sunmaması,
- Kayıpların yapısının anlaşılmamış olması,
- Problemlerin önemlerine göre önceliklendirilmemiş olması,
- Darboğaz prosesin tanımlanmaması.

Yalın üretim sisteminin mercek altına aldığı ve yok edilmesi için üzerinde uğraş verilen israflar Toyota tarafından yıllar süren iyileştirme faaliyetlerinin neticesinde sınıflandırılmış olup neticede 7 adet israf kaynağı ortaya çıkmıştır [20]:

1. Gereğinden fazla üretim
2. Bekleme
3. Taşıma
4. Gereksiz işlem
5. Stok
6. Hareket
7. Kusur

1. Gereğinden fazla üretim: Talep edilenden fazla miktarda üretmek gereğinden fazla stok, alan, makine, işgücü kullanımına yol açmaktadır.

2. Stok: Üretim veya satış için gereğinden fazla malzeme, yarı mamul, ürün, yedek parça, sarf malzemesi stoklamak ara depolamalara ve malzeme hareketlerine sebep olduğu için ilave maliyete sebep olur. Bunun yanında büyük depo alanları ihtiyacı oluşur, depolama sırasında parçaların hasar görmesi ihtimali artar ve nakit para etkin kullanılamaz. Genel itibarı ile işletmeci ve bakımcılar herhangi acil bir durum karşısında zor durumda kalmamak için yedek malzemelerin fazlası ile ellerinin altında olmasını isterler. Ancak burada da büyük bir israf yatmaktadır. Çünkü işletmenin nakit varlıkları bu stoklara bağlanmak suretiyle elde edilebilecek finansal kazançlardan mahrum kalılabilmektedir.

3. Bekleme: Ürüne değer katan herhangi bir işlemin yapılmadığı boş zaman bekleme olup yaygın olan israf kalemlerinden birisidir. İnsan, makine ve malzemenin her türlü bekleme süresi israftır. Örnek olarak bir çalışanın bir makineyi beklemesi, bir makinenin onu çalıştıracak olanı beklemesi, arıza ve duruşlara gerektiği zamanda müdahale edilmemesi, hazırlık, başlangıç süreleri verilebilir.

4. Hareket: Çalışanların değer katmayan herhangi bir iş için hareketi israftır. Malzeme ve ekipman aramak, malzemeye erişim güçlüğü çekildiği için fazladan hareket etmek (arkada veya yüksekte kalmış malzemelere ulaşmak için), uzakta kalan bir malzemeyi almaya gitmek, bölümler arası gezinmelere sebep olan prosedürler, fazla harekete sebep olan yerleşim düzeni ve fiziksel zorlanmaya sebep olan iş ortamları ve ekipmanlar hareket israfına yol açan etmenlerdir.

5. Taşıma: İşletme içi taşımanın hiçbir türü değer artışı getirmez. Malzemenin bir yerden bir yere getirilmesi, malzemenin yanlış yere taşınması, yanlış veya kullanılmayan malzemenin taşınması, taşıma mesafelerinin gereğinden fazla olması, taşıma parti miktarının gereğinden az olması gibi durumlar taşıma israfına örneklerdir.

6. Kusurlu ürün: Ürünü en başta hatalı üretmek, hatalı ürünü onarmak veya yeniden üretmek için harcanan emek ve zaman, kusurdan kaynaklı israflara girmektedir. Bunun yanında ürünün üretimi, paketlenmesi, depolanması, nakliyesi sırasında zarar görmesi, tolerans harici üretimler, hurdalar, bu nedenlerden dolayı ihtiyaç duyulan ek alan, araç, ekipman, işgücü kullanımı kusur kaynaklı problemlerdir. Bunların devamında ise sevkıyatın gecikmesi, teslim tarihinin aşılması, daha düşük karlılık, daha fazla kayıp ve en nihayetinde şirketin kalitesinin sorgulanması ve prestij kaybı gelir.

7. Değer katmayan işlem: Ürüne değer katmayan işlemler için çaba harcamak bir diğer israftır. Müşterilerin isteklerini, beklentilerini anlayamamak, gereksiz formların doldurulması, gereğinden fazla kağıt işi, birleştirilebilir işlemlerin ayrı ayrı yapılması, kötü planlanmış, birbirine benzer işler yürütülmesi değer katmayan işlemlerdir.

Genellikle verimliliğin artırılması bir üretim veya hizmet sürecinde yer alan israfların yok edilmesiyle gerçekleştirilebilir. Böyle bir iyileştirme için ön şart ise uygun hedeflerin belirlenmesidir. Öncelikle iyileştirme kavramının iyi anlaşılması gerekmektedir. İyileştirmenin dört temel hedefi bir işin,

- Daha basit,
- Daha iyi,
- Daha hızlı ve
- Daha ucuz şekilde yapılmasını sağlamaktır.

Bunun için ise ilk adım mevcut durumun tam olarak kavranmasıdır. Şayet mevcut durumun analiz edilmesi aşamasında bir hata olursa mükemmel bir iyileştirme planının bile herhangi bir değeri olmayacaktır [35].

## 5.1. İş Etüdü

### 5.1.1. İş etüdünün genel tanımı

Bir sistem içerisinde yürütülmekte olan bir iş görevi kapsamında gerçekleştirilen hareketlerin ve bunların zamanlarının bir standart dahilinde etüt edilmesi neticesinde, gereksiz adımların tespit edilmesi ve ortadan kaldırılması suretiyle verimliliğin artırılması faaliyetine iş etüdü denir.

İş etüdüyle ilgili çeşitli tanımlamalar yapılmıştır:

İş etüdü üretken birimlerin faaliyetlerini sistematik bir yaklaşımla tanımlamak, geliştirmek, standartlaştırmak ve ölçmek için kullanılan, metot etüdü ve zaman etüdü gibi iki ana bölümden oluşan bilimsel bir problem çözme tekniğidir [21].

İngiliz Standartlar Sözlüğü tarafından iş etüdü, iyileştirme imkanı sağlamak amacıyla belirli bir faaliyeti ekonomiklik ve etkenlik yönünden etkileyen tüm kaynakları ve faktörleri araştırmaya, insan çalışmasını geniş kapsamda incelemeye yönelik bir teknik ve özellikle metot etüdü, iş ölçümü teknikleri için kullanılan genel bir terim olarak tanımlanmıştır.

Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO: International Labour Organization)'ne göre iş etüdü tanımlanmış bir faaliyetin gerçekleşmesi için gerekli insan ve malzeme kaynaklarının en uygun kullanımını sağlamaya yönelik olarak metot etüdü ve iş ölçümü tekniklerinin oluşturduğu bir terimdir.

İş etüdü kapsamında yapılan zaman etüdü;

- Üzerinde çalışılacak işle ilgili mevcut durumun analiz edilmesi ve tam olarak anlaşılması,
- Tespit edilen konularda iyileştirmeler yapılması,

- İyileştirilmiş olan işlemi gerçekleştirmek için geçen sürenin standart zaman olarak belirlenmesi

şeklinde üç adımdan oluşmakla birlikte genellikle bu konuyla ilgili çalışanların ikinci aşamayı ihmal ettikleri görülmektedir. Yani zaman etüdü yalnızca mevcut bir işin gerçekleştirilmesi için geçen sürenin ölçümünün yapılması ve bu sürenin standart zaman olarak kabul edilmesi şeklinde uygulanmaktadır. Oysaki mevcut durumun analiz edilmesi yalnızca başlangıç adımı olmalı, ana amaç üzerinde çalışılan işin iyileştirilmesi ile verimliliğin artırılması olmalıdır [32].

### **5.1.2. İş etüdünün amaçları**

İş etüdünün ana amacı, üzerinde çalışılan bir işin gereksiz faaliyetlerden arındırılmasını sağlayarak verimliliği arttırmaktır. Harcanan emek gücü içerisinde katma değer oluşturmayan faaliyetlerin elimine edilmesi sayesinde işgücü maliyetleri düşürülebilir, birim zamanda yapılan üretim arttırılabilir ve sonuç olarak işletme için mekanizasyona ve otomasyona geçiş daha rahat olur. Zira günümüz imalat sektöründe mekanizasyonun hızla artması neticesinde gün geçtikçe işçiliğin daha fazla değer kazanmasından dolayı gelecekte iş etüdü çalışmalarının önemi daha da artacaktır.

İş etüdü metodunun uygulanmasındaki genel strateji, bir işi tanımlanabilir en alt detaylarına kadar adımlarına ayırmak ve her bir adım için harcanan süreyi tespit etmektir [48].

Katma değeri olmayan faaliyetlerin ortadan kaldırılmasının yanında, katma değerli faaliyetlerin de sürekli iyileştirilmesine yönelik çalışılmalıdır. İş etüdü çalışması neticesinde elde edilen iyileştirilmiş durum optimum durum olarak kabul edilmemeli, mevcut durumun her zaman daha da iyisinin olabileceği düşüncesiyle dinamik olarak faaliyetleri geliştirmeye yönelik çalışmalar yürütülmelidir.

İş etüdünün bir başka amacı yapılan işlerin etkili ve yararlı bir şekilde yönetilebilmesi için direkt ve dolaylı yapılan bütün işlerin güvenilir standartlarını tespit etmektir. Elde edilen güvenilir zaman standartları sayesinde işgücü ve ekipman daha verimli kullanılırken yapılan iş te birim zamanda gerçekleşen çıktıyı enbüyüklemek için çizelgelenebilir. Ayrıca bir işin yapılış biçimi kişilere bağlı olmaktan çıkar, herkes tarafından aynı yöntemle ve aynı süre zarfında gerçekleştirilir. Standart oturtulduktan sonra yapılan gözlemlerde standart zaman ile fiili zaman arasındaki sapmaların azaltılmasına yönelik çalışma yürütülür [18].

İş etüdü çalışmalarından sağlıklı sonuçlar elde etmek için bu sürece katılan herkesin uygulanan sistematik hakkında belirli bir bilgi düzeyine sahip olması gerekmektedir. Bu nedenle bu işi üstlenen departman tarafından farklı departmanlar bünyesinde ilgili çalışanlara eğitim verilebilir. Bu sayede bütün ekip üyeleri aynı bakış açısına sahip olabilecek ve çalışmanın etkinliği artırılacaktır.

## **5.2. Kalıpların Tek Haneli Dakikalarda Değişimi (Single Minute Exchange of Dies - SMED)**

Bir üretim tesisinde herhangi bir makinede yeni bir işleme geçmek için yapılan hazırlık aşamasında meydana gelen maliyetin büyük kısmı değişim işlemi esnasında makinenin durması yani üretim yapamaması nedeniyle hat üzerindeki kalıpların/tertibatların/ekipmanların değişimi için geçen süreden kaynaklanmaktadır. İşte bu noktada Japon mühendis Shigeo Shingo tarafından 1970’li yıllarda Toyota firması bünyesinde Kalıpların Tek Haneli Dakikalarda Değişimi (Single Minute Exchange of Dies – SMED) tekniği geliştirilmiştir. Bu tekniğin temelinde kullanılan mantık oldukça basit olmasına karşın gerek otomotiv sektöründe gerekse diğer birçok sektörde uygulanması sayesinde şirketlerin üretim performanslarında önemli kazanımlar sağlamıştır [41].

### 5.2.1. SMED'in genel tanımı

SMED, yalın üretim sisteminin içerisinde uygulanmakta olan bir sistemattir. Hatta yalın üretim tekniklerinin başarısında oldukça önemli bir rol oynamıştır. SMED tekniği Türkçe'ye çevrildiği zaman “Kalıpların tek haneli dakikalarda değişimi” anlamına gelmekle beraber, demir-çelik tesislerinde konu tekniğin uygulanması kalıplar dışında farklı tertibatların değişim işlemlerinde de kullanılabilir. Çalışma genelinde pratiklik açısından söz konusu teknik SMED olarak adlandırılacaktır. SMED ilk olarak kalıp değişim sürelerini kısaltmak amacıyla kullanılmasına karşın, zamanla dünya genelinde birçok farklı üretim sisteminde farklı değişim işlemleri için de kullanılmış, yalnızca kalıp değişimleri için uygulanan bir sistematik olmanın ötesine geçerek makinelerin, sistemlerin durmasına sebebiyet veren her türlü periyodik değişim işlemi için uygulanmaya başlanmıştır. İşte israfların yok edilmesini amaç edinen yalın üretim felsefesi ışığında SMED tekniği de israf kalemleri arasında yer alan stok, bekleme, hareket, taşıma gibi kalemlerin, uygulandığı yere göre bir kısmının veya tamamının ortadan kaldırılmasına yönelik geliştirilmiş bir tekniktir. Bir başka deyişle SMED bir ekipmanın değişim işlemi esnasında karşılaşılan ve işlem üzerinde katma değeri bulunmayan her türlü faaliyeti yani israfı ortadan kaldırmayı amaçlayan bir tekniktir. Bir planlı değişim işleminde değişim için gerekli malzemeleri arama, seçme, taşıma ile geçen ön hazırlık israfları, sökme, takma ile geçen yerleştirme israfları ve standardı olmayan veya belirlenen standartların dışında çalışılan ayarlama israfları olmak üzere 3 farklı kategoride israf öne çıkmaktadır [52]. İşte bu israfların yok edilmesini amaçlayan SMED, basit ve birçok farklı üretim sürecinde uygulanabilir olduğu için dünya genelinde farklı işletmelerde yaygın olarak kullanımına rastlanmaktadır. Ancak Türkiye’de yalın üretim uygulayan firmalar dışında bu tekniğin kullanımı kısıtlı kalmıştır.

Değişim işlemlerinin sürelerinin kısaltılmasına yönelik araştırmalar 80’li yıllarda başlamış olup bu konuda çalışan birçok araştırmacı ve danışman organizasyonel iyileştirmeyi baz alan çalışmalar yürütmüşlerdir. Bu çalışmalarda genel olarak sahada yürütülen sürekli iyileştirme faaliyetleri yoluyla organizasyonel iyileştirmeler sağlandıysa da tasarım odaklı iyileştirme çalışmaları konusunda pek fazla gelişme

sağlanamamıştır. Ancak insan ve prosedür odaklı olan organizasyonel iyileştirmeler her ne kadar ucuz olsa da değişim süresinde yapılabilecek iyileştirmeler kısıtlı kalabilmekte ve insanlara bağımlı olunmasından dolayı sürdürülebilirliğin sağlanamama riski olmaktadır. Bu nedenle mevcut ekipmanda yatırım yapılması veya yeni alınacak ekipmanda tasarım üzerinde yapılabilecek iyileştirmelere odaklanılması, sağlanacak faydanın artırılması için gereklidir [63].

Elbette sahada yürütülen çalışmalara paralel olarak geleceğin üretim mühendisleri çeşitliliği fazla olan ürün modellerini ekonomik olarak üretebilen, arızalara, değişim işlemlerine karşı daha esnek özelliklere sahip ekipmanların geliştirilmesi için yeni metotlar da ortaya koymalıdır. Böylece düşük maliyetli otomasyon, optimum ekipman ömür çevrim maliyeti, daha yüksek ekipman güvenilirliği, daha yenilikçi ekipman tasarımları elde edilebilir. Buna ek olarak şirketler otomasyon seviyesi daha yüksek, kendilerine özgü ve gelişmiş üretim süreçleri geliştirebilmek için teknolojik altyapıya sahip olmalıdır. Aksi takdirde hızlı bir değişimin yaşandığı günümüzde işletmeler ekipman yatırım maliyetlerini karşılayamadan satın aldıkları ekipmanların eskimesi riskiyle karşı karşıya kalabilirler. Bu durum, ekipman yatırımlarının oldukça pahalı olduğu bir ortamda şirketler için ölümcül bir darbe olabilir [45].

Nitekim SMED tekniğinde değişimlerin tek haneli dakikalarda gerçekleştirilmesi amaç edinilirken, Shingo tarafından bu amacın ötesinde değişim işlemlerinin bir dakikadan daha kısa sürede tamamlanmasını amaç edinen Tek Dokunuşta Kalıp Değişimi (One Touch Exchange of Dies-OTED) tekniği de geliştirilmiştir [64] ancak bu çalışmada bu tekniğin detayına girilmeyecektir.

SMED'in genel ekipman etkinliği değerine olumlu etkilerinin görülebilmesi için darboğaz olan ekipmanlardaki değişim işlemlerinde uygulanması gerekmektedir. Bu çerçevede, söz konusu tekniğin en ideal uygulama alanı kapasite kullanımında kayba yol açan periyodik değişimler ve planlı bakım faaliyetleridir [26].

SMED tekniği, üzerinde çalışılan işleme en yakın olan, sistem ve makine hakkında en fazla bilgiye sahip olan işçilerin de problem çözme ve uygulama faaliyetlerine

katılımını öngörmektedir [59]. Zira iyileştirme çalışmasının sonunda elde edilen sonuçların yönetim direktifleriyle yapılan çalışmalardan ziyade kolektif bir çabanın ürünü olması nedeniyle işçilerde iş tatminiyle birlikte motivasyon artışı da sağlanmaktadır [65].

### 5.2.2. SMED'in amaçları

SMED tekniğinin ana amacı değişim işlemlerinin süresinin azaltılmasıyla makinenin mümkün olduğunca fazla çalışmasını sağlamaktır. Bu tekniğin kullanılmasının sağlayacağı kazançlar şu şekilde sıralanabilir [39]:

- Makine kullanım oranları iyileşir, verimlilik artışıyla birlikte üretim kapasitesi de artar,
- Ekipman değişim işlemi esnasında yaşanan hatalar ortadan kalkar,
- Ürün kalitesi iyileşir,
- Makine hazırlığı sırasında iş güvenliği daha kolay sağlanabilir,
- Toplam değişim süresi kısalmır,
- İyileştirmeler çok düşük bir maliyetle uygulanır,
- Değişim işlemleri basit ve hızlı hale geldiği için işçiler artık ekipman değişimi yapmaktan kaçınmazlar,
- Özel yeteneğe ve deneyime ihtiyaç kalmaz. Herkes değişim işlemini gerçekleştirebilir,
- Üretim süresi kısalmır,
- Müşteri taleplerindeki ani değişikliklere uyumda esneklik ve hız kazanılır,
- Değişim ve hazırlık işlemlerinin saatlerce sürmesi gerektiği bilinci ortadan kalkar,
- “İmkânsız”ın mümkün hale geldiği görülür ve böylece çalışanlar bütün sorunlara çözüm odaklı yaklaşıma başlar.

SMED tekniğinin uygulanması sonucunda elde edilen bu kazanımlara karşın, ilk etapta bu tekniğin bir işletmede uygulanmaya başlanması esnasında özellikle uzun

zamandır çalışmakta olan tecrübeli çalışanların direnciyle karşılaşılması yüksek bir ihtimaldir. Çünkü değişim işleminin o zamana kadar gerçekleştirilme biçiminin ve süresinin uzun yıllar sonunda alışkanlığa dönüşmesinden dolayı ve bu değişim işleminde uzun zamandır çalışmakta olan personelin kendilerini yetkin pozisyonda görme durumlarıyla karşılaştığı için dışarıdan gelecek her türlü iyileştirme önerisine, yani değişime karşı direnç gösterilebilmektedir. İşletme içerisinde geleneksel çalışma metotlarından, davranışlardan ve çalışma şekillerinden dolayı değişimi kabullenmek zor olmaktadır [58]. Bu durumda konuyla ilgili bütün çalışanlara SMED hakkında bir sunum yapılması ile bu tekniğin yararlarının net bir şekilde ifade edilmesi ve yapılan iyileştirmelerin çalışanların kendi işleri açısından daha fazla rahatlık getireceğinin ortaya konması herkesin sürece katılımını sağlayacak, direncin azaltılmasına yardımcı olacaktır.

Bunların yanında hazırlık, değişim sürelerinin azaltılması ile işletmenin elde edeceği kazanımlar iyi anlaşılmalı ve diğer çalışanlarla da paylaşılmazsa SMED projesi gereksiz bir işlem olarak algılanacak ve önem verilmeyecektir [59]. Nitekim birçok işletmede ilgili yöneticiler değişim sürelerinin kısaltılmasıyla sağlanacak avantajlardan habersiz olduğu için bu tip iyileştirme çalışmaları için harcama yapılması veya belirli bir kaynak ayrılması noktasında isteksiz davranmaktadır [64].

## **6. UYGULAMA: BİR DEMİR-ÇELİK İŞLETMESİNDE VERİMLİLİK ARTTIRMA SİSTEMATİĞİNİN VE TEKNİKLERİNİN UYGULANMASI**

Bu bölümde, çalışmanın önceki kısımlarında teorik olarak anlatılan konuların bir demir-çelik işletmesinde gerçekleştirilen uygulamaları aktarılmıştır. Bu çerçevede, ilk olarak söz konusu çalışmaların sonuçlarının değerlendirilmesinde kullanılacak parametre olan genel ekipman etkinliğinin demir-çelik işletmesinde ne şekilde takip edildiği açıklanmıştır. Ardından yine bu işletme bünyesinde verimliliğin yönetilmesi amacıyla kullanılan bilgi sistemleri hakkında bilgi verilmiştir. Nitekim uygulaması yapılan iyileştirme çalışmaları sonucunda parametrelerde meydana gelen değişimler, anlatılacak olan bu bilgi sistemleri üzerinden takip edilmiştir. Daha sonra yine aynı işletmede uygulamaya konulan verimlilik arttırma sistemi ile bu sistematik kapsamında kullanılan verimlilik arttırma tekniklerinin uygulamaları detaylı biçimde açıklanmıştır. Bu kısımda aktarılan uygulamalar farklı demir-çelik tesislerinde de hayata geçirilebilir.

### **6.1. Uygulama Yapılan Demir-Çelik İşletmesinde Genel Ekipman Etkinliğinin Takip Edilmesi**

Verimlilik arttırmaya yönelik uygulamaların gerçekleştirildiği demir-çelik işletmesinde iş sonuçları üzerinde önemli ağırlığı olan ana üretim tesislerinin genel ekipman etkinlikleri bilgi sistemi üzerinden takip edilmektedir. Bu tesisler çalışmadığı takdirde üretimin duracağı, çok büyük maliyetlere katlanılmak zorunda kalınacağı ve verimlilik kaybına uğranılacağı gerçekleri göz önünde bulundurulmuştur. Bununla birlikte işletmenin genelinde verimliliğin yönetilmesi adına elektrik, oksijen, azot vs. üretimi gerçekleştiren yardımcı tesisler ile bakım atölyelerinin de genel ekipman etkinliği değerleri ölçülmektedir.

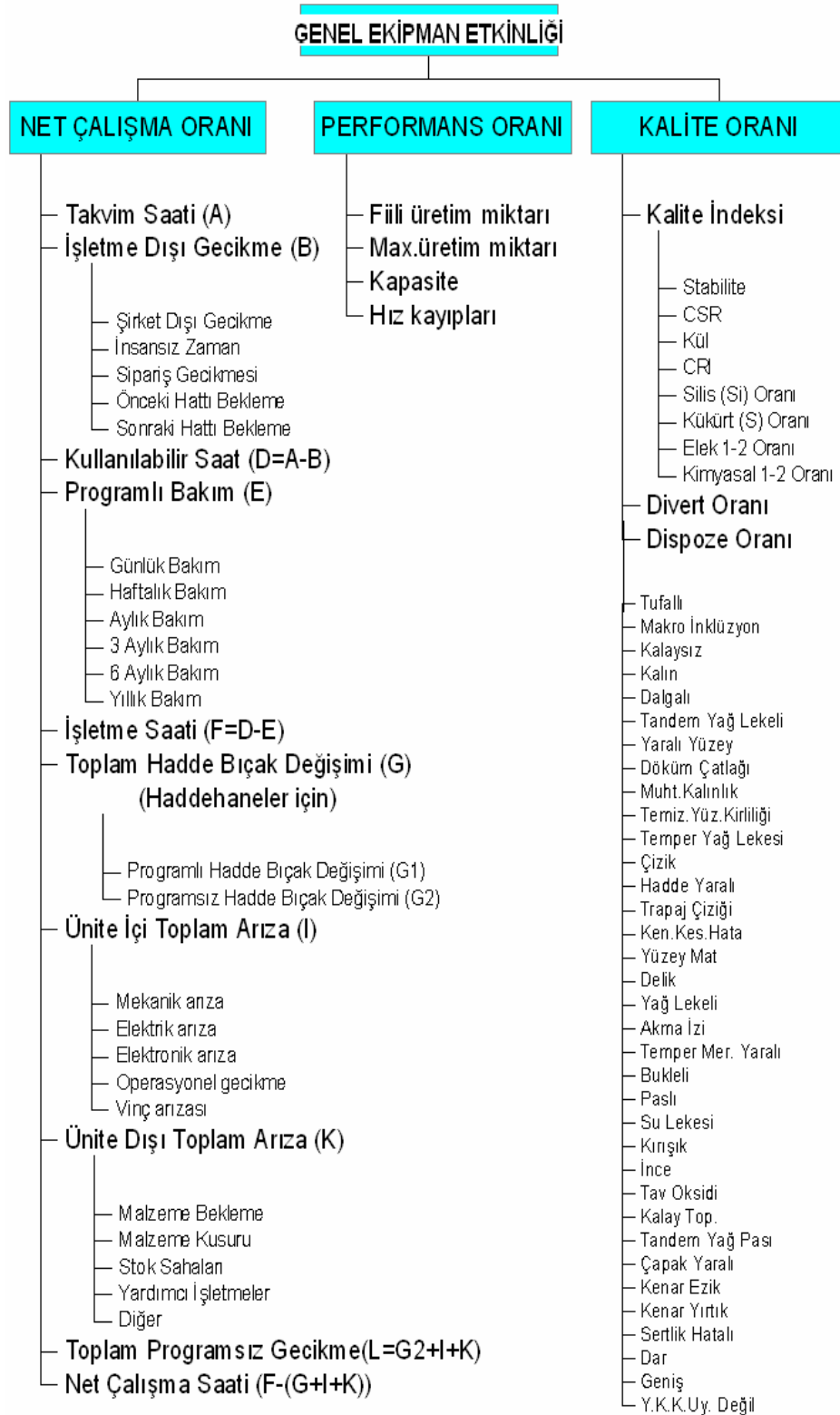
Üçüncü bölümde genel olarak tanımı yapılan genel ekipman etkinliği parametresinin, uygulama yapılan demir-çelik işletmesinde kullanılan bileşenleri Şekil 6.1’de şema olarak, EK-2’de de tablo olarak yer almaktadır. Söz konusu bileşenler, demir-çelik işletmelerinin bünyelerinde barındırdıkları tesis çeşitlerine göre farklılık arz edebilir.

## **6.2. Uygulama Yapılan Demir-Çelik İşletmesinde Verimlilik Parametrelerinin Takip Edilmesinde Yararlanılan Bilgi Sistemleri**

Güçlü bir verimlilik arttırma sistematığı için öncelikle güvenilir bir ölçüm ve takip mekanizması gereklidir. Bunun için de en uygun araç anlık, doğru, anlaşılabilir ve belirlenen hedeflere ulaşılması noktasında işe yarayacak parametrelerin bir bilgi sistemi dahilinde takip edilmesidir.

Verimliliğin arttırılabilmesi için mevcut durumun bilinmesi, işletmenin verimliliğini arttırmaya yarayacak hesaplamalarda kullanılan girdi, çıktı miktarları, hat duruş zamanları vs. değerlerin doğru bir şekilde ölçülüyor olması gerekmektedir. Zira tanımlanmayan faktör ölçülemez, ölçülmeyen bir değer de iyileştirilemez [36]. Bunun için de verilerin doğru, kesintisiz, herkesin ulaşabileceği şekilde takip edilmesine yönelik etkin bir yönetim bilgi sistemi gerekmektedir. Demir-çelik işletmelerinde verimlilik parametrelerinin takip edilip yönetilmesinde amaçlara göre çeşitli bilgi sistemleri kullanılabilir. Genel olarak, kaliteli verilerin toplanabilmesi için yüksek yatırım maliyetine rağmen bilgi sistemlerinin kullanılması önerilmektedir [62]. Nitekim verilerin kalitesi, parametrelerin doğru ve güvenilir olmasını da sağlayacaktır.

Bu bölümde, uygulamaların gerçekleştirildiği demir-çelik tesisinde genel verimlilik parametrelerinin izlendiği bilgi sistemi, işgücü verimliliğini takip etmek üzere kullanılan bilgi sistemi ve verimlilik arttırma çalışmalarının takip edilmesi amacıyla yararlanılan bilgi sistemi incelenmiştir. Söz konusu sistemler, bünyesinde bilgi işlem departmanı bulunduran demir-çelik işletmelerinin kendileri tarafından kurulabileceği gibi yazılım firmalarından da temin edilebilir.



Şekil 6.1. Uygulama yapılan demir-çelik işletmesinde kullanılan genel ekipman etkinliği tanımının bileşenleri

### **6.2.1. Genel verimlilik parametrelerinin takip edilmesi için bilgi sistemleri**

Çalışma yapılan demir-çelik işletmesinde bilgi sistemi kurulması ve kullanılması yoluyla işletme içerisinde yer alan tesislerin verimlilik ve genel ekipman etkinliği değerleri sistem üzerinden hesaplanmaya başlanmış olup anlık olarak takip edilebilen, günlük, haftalık ve aylık periyotlarla izlenen parametrelerin analiz edilmesi sayesinde verimliliği ve genel ekipman etkinliği düşük olan birimlerde bunların düşük olmasının sebepleri tespit edilerek söz konusu parametreleri iyileştirmeye yönelik çalışmalar yürütülmeye başlanmıştır.

Bunların yanı sıra verimlilik parametrelerinin takip edildiği bilgi sistemi yardımıyla üretim tesislerinin günlük, aylık, yıllık veya istenilen tarih aralığında duruş bilgileri de analiz edilerek yönetilmektedir. Üretim ve kalitenin yanında diğer ilgili sistemlerle de entegre çalışacak şekilde tasarlanmış olan bu sistem, fabrika genelinde çeşitli ünitelerin de kullanabilmesi için çok kullanıcı olarak tasarlanmıştır. Diğer sistemlerde oluşan anlık üretim, duruş ve kalite bilgileri otomatik olarak söz konusu bilgi sistemine akmaktadır. Bu sistemde her bir üretim hattı için günlük, aylık, yıllık ve iki tarih arası verimlilik ve etkinlik analiz tabloları oluşmakta, trend, pareto analizi, karşılaştırma grafikleriyle detay bazda analiz yapma imkanı sağlanmaktadır. Uygulama yapılan demir-çelik tesisinde verimliliği yönetmek adına kullanılmakta olan bilgi sisteminin çeşitli ekran görüntüleri EK-4'te bulunmaktadır.

### **6.2.2 İşgücü verimliliğinin takip edilmesi için bilgi sistemleri**

Uygulama yapılan demir-çelik işletmesinde işgücü verimliliklerinin takip edilmesi amacıyla ayrı bir yönetim bilgi sistemi kullanılmaktadır. Bu sistem sayesinde fabrika genelinden kişi bazına kadar tüm kırımlarda işgücü verimliliği parametreleri gün bazlı ve otomatik olarak ölçülmekte, ilgili birimlere sorgulama imkanı verilerek bu parametrelerin etkin biçimde yönetilmesi sağlanmaktadır. İşgücü verimliliğinin ayrı bir bilgi sistemi dahilinde takip edilmesinin nedeni bu parametrenin demir-çelik işletmeleri için ayrı bir öneme sahip olmasıdır. Zira giriş kısmında da ifade edildiği gibi bu sektörün verimliliğine yönelik yapılan çalışmalarda performans

değerlendirmesi ve kıyaslama yapmak amacıyla genellikle işgücü verimliliği parametresi kullanılmıştır. Bu durumun çeşitli sebepleri bulunmaktadır. Bunlardan ilki ve en önemlisi işçilik maliyetlerinin işletme maliyetleri içerisindeki payının yüksek olmasıdır. Verimliliğin artırılması için işçiliği kontrol altına almak ve etkinliğini arttırmak önemli faktörler olarak öne çıkmaktadır. İkinci bir sebep te işçiliğin performansını ve etkinliğini ölçmenin üretimin diğer kalemlerini ölçmeye göre daha kolay olmasıdır. Üçüncü sebep, yönetim ve işçiler arasındaki maaş anlaşmalarında verimliliğin önemli bir konu haline gelmiş olmasıdır [46]. Diğer bir sebep ise, işgücünün üretim sürecinden önce ve üretim aşamasında, tüm üretim faktörlerini bir araya getirip üretime yönlendiren faktör olmasıdır. İşgücü verimliliğindeki artış, işletme verimliliğini çok yakından etkilediği için verimlilik ölçme ve değerlendirme ölçütleri işgücü faktörü üzerinde yoğunlaşmıştır.

İşgücü verimliliğini yönetmek için kullanılan bilgi sistemi dahilinde tüm çalışanların çalışma saatleri, devamsızlıkları ile üretim hatlarının işgücü verimlilikleri günlük, haftalık ve aylık periyotlarda takip ve analiz edilmekte, verimlilik düşüşü olduğu tespit edilen ünitelerde gerekli görüldüğü takdirde iyileştirme çalışmaları başlatılmaktadır. Bunların yanında, demir-çelik işletmelerinin işçilik maliyetleri içerisinde önemli bir paya sahip olan fazla mesailer de böyle bir sistem vasıtasıyla günlük olarak takip edilmekte ve yönetilmektedir.

İşletme yöneticilerinin işgücü verimliliğinin arttırılması konusunda doğru karar verebilmeleri için öncelikle işgücü verimliliği ile ilgili doğru bilgilere sahip olmaları gerekmektedir. İşgücü verimliliğinin ölçümü ve hangi faktörlerden ne ölçüde etkilendiğinin belirlenmesi sonucunda, yönetim bu konuda daha doğru kararlar alabilecek ve işletmenin başarısı artacaktır.

Uygulama yapılan demir-çelik tesisinde işgücü verimliliğini takip etmek amacıyla kullanılan bilgi sistemine ait ekran tasarımları EK-5'te yer almaktadır.

### **6.2.3 Verimlilik arttırma çalışmalarının takip edilmesi için bilgi sistemleri**

Uygulama yapılan demir-çelik işletmesinde şirket çapında uygulanan verimlilik arttırma çalışmalarının bir araya getirilmesi, güncellenmesi ve takip edilmesi için de sistem geliştirilmiştir. Bu sistemde genel olarak her bir ünite için ayrı ayrı iyileştirme çalışmaları kaydedilmekte olup bunun yanında bu çalışmalar işletme geneli için toplu olarak takip edilebilmektedir. Sistemin kurulumunda iyileştirme projelerinin tüm üniteler tarafından aynı veri tabanına girilmesi ve görüntülenebilmesi, veri tabanı üzerinden iyileştirme projelerine yönelik belirlenecek anahtarlar doğrultusunda çeşitli sorgulamaların anında yapılabilmesi, raporlamaların daha hızlı olarak gerçekleştirilebilmesi amaçlanmıştır. İyileştirme projeleriyle ilgili olarak proje adı, projenin tanımı, başlangıç ve hedeflenen bitiş tarihi, projeden sorumlu personel, projenin son durumu, gerekli harcama tutarı, beklenen yıllık getiri, projenin son durumu, proje getiri hesabının nasıl yapıldığı ve proje tamamlandıysa elde edilen fiili getiri bilgileri yer almaktadır.

### **6.3. Uygulama Yapılan Demir-Çelik İşletmesinde Uygulamaya Konulan Verimlilik Arttırma Sistematiği**

Zorlayıcı piyasa koşullarının hakim olduğu demir-çelik sektöründe rekabet etmekte olan üreticilerin, zaten pahalı olan hammadde ve enerji kaynaklarının maliyetlerinin sürekli olarak arttığı günümüzde bu artışlardan etkilenmemek ve rekabetçi olabilmek için verimlilik arttırmaya yönelik çalışmalara ağırlık vermesi gerekmektedir. Bu çalışmaların da üst yönetim tarafından desteklenen belirli bir sistematik dahilinde gerçekleştirilmesi, çalışmaların sürekliliği ve faydasının görülmesi açısından zorunludur. İşte bu nedenle, verimlilik arttırma uygulamalarının gerçekleştirildiği demir-çelik işletmesi için sistematik oluşturulmuştur. Bu sistematik doğrultusunda verimlilik arttırma ekipleri oluşturulmuş ve işletme genelinde eğitim faaliyetleri yürütülerek verimlilik arttırma faaliyetlerinin şirketin geneline yaygınlaştırılması amaçlanmıştır. Ayrıca işlerin yapısına uygun verimlilik arttırma tekniği kullanılması amacıyla hangi iş için hangi tekniğin kullanılacağı belirlenmiştir.

### 6.3.1. Verimlilik arttırma ekipleri

Demir-çelik işletmeleri diğer sektörlerle nispeten yüksek maliyetli işgücü, hammadde, enerji tüketilen ve bünyesinde yüksek teknolojiye fazla sayıda tesis barındıran kuruluşlardır. Bütün çalışanların, bu kaynakların en verimli şekilde değerlendirilmesi amacına odaklanmasını sağlamak için uygulama yapılan demir-çelik işletmesinde takım çalışmalarının temel alındığı bir sistematik oluşturulmuştur. Buna göre, kaynakların etkin kullanılması ile verimliliğin artırılması hedefi doğrultusunda çalışmak üzere farklı disiplinlerden çalışanların katılımı sağlanarak farklı bakış açılarının yer alacağı takımlar oluşturulması yoluyla verimlilik artırma çalışmaları belirli bir sistematik dahilinde yürütülmeye başlanmıştır. Bu çerçevede, verimlilik arttırmaya yönelik konularda çalışmalarda bulunmak üzere, tüm işletme ünitelerinde ve ilgili yardımcı ünitelerde 4-6 kişiden oluşan verimlilik artırma ekipleri kurulmuştur. Bu ekiplerin ana amaçları ürün maliyetlerinin, verimlilik ve enerji değerlerinin analiz edilmesi, maliyetlerin düşürülmesi, verimliliklerin artırılması, atık ve hurdaların azaltılması için iyileştirmeye açık alanların tespit edilerek iyileştirilmesi ve iş yapış biçimlerinin sürekli gözden geçirilmesine yönelik çalışmalar yapılmasıdır.

Kurulan verimlilik artırma ekiplerinin görev tanımları da yapılmış olup yazılı hale getirilmiştir. Buna göre, bu ekiplerin görevleri şu şekildedir [76]:

- Ay boyunca periyodik olarak toplanarak ünite hammadde ve işletme maliyetlerini oluşturan tüm girdi maliyetlerinin sorgulanması, analiz edilmesi, iyileştirmeye açık alanların belirlenerek gerekli çalışmaların yapılması veya alt ekipler kurmak suretiyle belirlenen çalışmaların başlatılması,
- Maliyet düşürücü, verimlilik artırıcı çalışmaların listelenmesi, takip edilmesi ve kurulan ekiplerin çalışıp çalışmadığının sorgulanması,
- Ünitelerin girdi, proses, çıktı ve iş yapış biçimleri olarak diğer şirketlerle kıyaslanması ve o şirketlerdeki iyi uygulamaların ünitelere taşınması,

- Maliyetler konusunda eğitim programları hazırlanması ve en alt çalışana kadar bu eğitimlerin verilmesi,
- Tüm personel ile periyodik toplantılar düzenlenerek beyin fırtınası çalışmaları yapılması ve bu toplantılarda ortaya çıkan verimlilik arttırmaya yönelik önerilerin uygulanmasının sağlanması,
- Ünite maliyetleri ile ilgili bilgilendirme afişleri hazırlanarak tüm panolara asılması ve yayılımının sağlanması,
- Oluşmuş maliyetlerin analiz edilerek hedeften sapan parametrelerle ilgili önlem alınması,
- Ay içerisinde oluşan ana maliyetlerin sürekli incelenmesi suretiyle kontrol altında tutulması, olumsuz seyreden parametrelerin belirlenmesi ve önlem alınması,
- İyileştirme ve geliştirme çalışmalarının başlatılmasında ve yürütülmesinde pareto diyagramları, sebep-sonuç diyagramları, histogramlar gibi problem çözme teknikleri kullanılması,
- Ünite içerisinde iş yapış biçimlerinin sorgulanması ve iyileştirme çalışmaları yapılması,
- İş etüdü ve SMED gibi verimlilik artırma tekniklerinin kullanılması suretiyle sistemlerin verimliliğini arttırıcı çalışmalar yapılması,
- Plansız duruşların kök sebeplerinin analiz edilmesi ve azaltılmasına yönelik uygulamaların takip edilmesi,
- Kendisine ana ve yardımcı girdileri sağlayan ünitelerin ve kendi ünite çıktılarını kullanan ünitelerin verimlilik artırma ekipleri ile görüşmeler yapılması.

Bu görevlerin yazılı hale getirilmesi ile kişiye bağımlılık ortadan kaldırılmış olup dönem içerisinde ekiplere yeni dahil olan veya ekiplerle ortak çalışmalar yürütecek olan çalışanlar da bu görev tanımlarını okumak suretiyle bilgi sahibi olabilmektedir. Bunun yanında, çalışmaların sağlıklı yürütülebilmesi için verimlilik artırma ekiplerinin kurulumu aşamasında üst yönetimin onayı ve desteği de alınmıştır. Ayrıca bu ekipler için bir çalışma prosedürü hazırlanarak yapılacak olan çalışmaların çerçevesi belirlenmiş, standartlaştırılmış ve zaman içerisinde ekip üyelerinin değişme

ihtimaline karşı işlerin yazılı olması sayesinde çalışma biçimlerinin devamlılığı sağlanmıştır.

Verimlilik arttırma ekipleri, şirkette verimlilik çalışmalarını yöneten bir departman koordinasyonunda veya böyle bir departman bulunmaması halinde endüstri mühendisleri tarafından, ürün üreten birimler ile belirli hizmet birimlerinde oluşturulabilir. Verimlilik arttırmaya yönelik çalışmaları yürüten ve koordine eden bu ekipler sürekliidir. Çizelge 6.1’de verimlilik arttırma ekibi üyelerinin oluşumu verilmektedir.

Çizelge 6.1. Verimlilik arttırma ekibi üyelerinin oluşumu

| <b>Verimlilik arttırma ekibi üyeleri ve oluşum şekilleri</b> |                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Lider</b>                                                 | Ekip içerisindeki ilgili ünite personeli arasından ekip üyeleri tarafından seçilir.                                 |
| <b>Rehber-Danışman</b>                                       | Üniteden sorumlu bir endüstri mühendisi seçilir.                                                                    |
| <b>Sekreter</b>                                              | Ekip üyeleri içerisinde seçilir.                                                                                    |
| <b>Üyeler</b>                                                | İlgili ünitedeki işletme, mekanik, elektrik, elektronik veya diğer tüm başmühendisliklerden birer mühendis seçilir. |
|                                                              | Kalite kontrolden sorumlu bir mühendis seçilir.<br>(Gerektiğinde ekibe dahil edilir).                               |
|                                                              | İş sağlığı ve güvenliğinden sorumlu bir mühendis seçilir.<br>(Gerektiğinde ekibe dahil edilir).                     |

Verimlilik arttırma ekiplerinde görev alacak kişiler ilgili ünite müdürleri tarafından belirlendikten sonra toplu liste halinde üst yönetimin onayı ile kesinleşir.

#### Verimlilik arttırma ekibi lideri

Verimlilik arttırma ekibi lideri, maliyet ile ilgili çalışmaları gerçekleştirmek amacıyla kurulan ekip üyeleri tarafından ekip içerisinde çalışmaları yönetmesi amacıyla

seçilir. Ekip lideri seçilirken, ünitenin maliyet ve verimlilik parametrelerine hakim bir kişi olmasına dikkat edilmelidir. Ekiplerin liderleri ilgili birim personeli arasından seçilirler. Lider, ekip toplantılarını organize eder, görev paylaşımlarını yapar, ekip bütünlüğünü sağlar, ekip çalışmalarını planlar ve yönetir. Verimlilik arttırma ekibi liderinde aranan özellikler şu şekildedir:

- Maliyet ve işletme birimi ile ilgili parametreler hakkında bilgi ve tecrübe sahibi olması,
- Verimlilik arttırma, maliyet düşürme çalışmalarını ortaya çıkaracak problem çözme tekniklerini uygulatacak ve uygulayabilecek düzeyde hakim olması,
- Yönetim ve ekip üyelerince kabul görmesi,
- Ekip bütünleşmesini sağlayabilecek etkileşim ve yönetim tecrübesi olması.

Verimlilik arttırma ekibi liderinin görevleri aşağıda verilmiştir:

- Ekibin çalışma programının belirlenmesi,
- Ekibin çalışma programına uygun bir şekilde çalışmasının sağlanması,
- Ekip sekreterinin olmadığı durumlarda çalışmalar ile ilgili bilgi notlarının hazırlanması,
- Ekibin eğitim ihtiyaçlarının belirlenmesi ve karşılanması,
- Ekibin iyileştirme çalışmaları ve sistematikleri hakkında yönlendirilmesinin sağlanması,
- Alt ekiplerin kurulmasının sağlanması,
- Üst yönetime sorumluluklar çerçevesinde gerekli raporlamaların yapılması.

#### Verimlilik arttırma ekibi rehber-danışmanı

Verimlilik arttırma ekibinin rehber-danışmanı, şirkette verimlilik çalışmalarını yöneten bir departmandan veya böyle bir departman bulunmaması halinde ilgili üniteden sorumlu endüstri mühendisleri arasından atanır. Uygulama yapılan şirkette verimlilik çalışmalarını koordine eden bir departman bulunması nedeniyle bu

birimden bir endüstri mühendisi görevlendirilmiştir. Rehber-danışman, verimlilik arttırma çalışmaları ile ilgili danışmanlık ve koordinasyon görevlerini yürütür. Rehber-danışmanın görevleri şu şekildedir:

- Ekibe maliyet ve verimlilik konularında danışmanlık yapılması, ilgili konular hakkında soruların cevaplandırılmasının sağlanması,
- Devam eden maliyet ve verimlilik konulu çalışmaların fiili parasal getirilerinin takibinin yapılması, yeni başlatılacak iyileştirme çalışmalarının parasal getirilerinin hesaplanması, yeni yapılacak çalışmalarda gerekli olan bütçenin belirlenmesi ve finansman imkanlarının araştırılması,
- Ekibe maliyet ve verimlilik konularında maliyet muhasebesi, insan kaynakları gibi dış üniteler ile kendi ünitesinde oluşan ürün maliyetleri, genel ekipman etkinliği, malzeme verimliliği, işgücü verimliliği, enerji kullanımları gibi bilgilerin sağlanması,
- Ekibe “Verimlilik arttırma sistemi” eğitiminin verilmesinin ve öğrenilen tekniklerin uygulanmasının takip edilmesi,
- Ekibe işletmenin genel maliyet yapısı, maliyet ve verimlilik yönetimi, dünya demir-çelik piyasası ve durumu konularında bilgilendirmeler yapılması,
- Ekibin ihtiyacı olan ve şirket dışından alınması gereken eğitimlerin alınması ile ilgili çalışmaların yapılması,
- Diğer ünitelerde de uygulanabilecek örnek iyileştirme çalışmalarının işletme genelinde yayılımının sağlanması ve diğer ünitelerde hayata geçirilmiş olup mensubu olunan ünite de uygulanabilecek olan örnek çalışmaların sorumlu olunan verimlilik arttırma ekibi ile paylaşılması,
- Mensubu olunan verimlilik arttırma ekibinin ünitesi ile diğer üniteler arasındaki koordinasyonun sağlanmasıyla iyileştirme çalışmalarına ve üniteler arasındaki sorunların çözümüne katkı sağlanması,
- Değişik ünitelerdeki verimlilik arttırma ekibi üyelerinin bir araya getirilmesi ile karşılaştırma çalışmaları yapılmasının sağlanması,

- Verimlilik arttırma ekibi tarafından belirlenen konularda dış şirketler ile kıyaslama (benchmark) çalışmaları yapılması, kongre, fuar katılımları ile ilgili koordinasyonun sağlanması,
- Verilerin istatistiksel yöntemler kullanılmak suretiyle yoruma hazır hale getirilmesinin sağlanması,
- Ekip toplantılarının düzenli olarak yapılmasının sağlanması ile toplantı ve çalışmalara süreklilik kazandırılması.

#### Verimlilik arttırma ekibi sekreteri

Verimlilik arttırma ekibi sekreteri ekip lideri tarafından ekip üyeleri arasından seçilir. Sekreterin görevleri aşağıda verilmiştir:

- Verimlilik arttırma ekibi toplantılarının gün ve saatlerinin belirlenerek ekibe duyurulması,
- Verimlilik arttırma ekibi toplantı tutanaklarının, yapılan çalışmaların bilgi notlarının ve sonuç raporlarının tutulması ve dağıtımının yapılması,
- Verimlilik arttırma ekibi kurulum formunun oluşturulması ve imzalanarak duyurulması,
- Verimlilik arttırma ekibi tarafından yapılan çalışmaların dosyalanması,
- Alt ekip kurulması ile ilgili verimlilik arttırma ekibi formlarının hazırlanması, alt ekiplerin listelenerek takibinin raporlanması.

#### Verimlilik arttırma ekibi üyeleri

Verimlilik arttırma ekibi üyeleri ilgili üitedeki tüm birimlerden (işletme, mekanik bakım, elektrik bakım, elektronik otomasyon vs.) birer mühendis, gerekli görülmesi halinde kalite kontrolden sorumlu bir mühendis, ilgili iş sağlığı ve güvenliği mühendisi olacak şekilde belirlenir.

Ekip üyeleri maliyet ve verimlilik hakkında bilgi sahibi ve analiz yeteneği olan, yaratıcı, sistem geliştirmeye yatkın, çalışkan, problem çözme tekniklerini bilen kişilerden seçilirler. Ekip üyeleri bu özelliklerin birden fazlasına sahip olmayabilirler ancak ekibin bütünü bu özelliklerin tamamına sahip olmalıdır. Verimlilik artırma ekibi üyelerinin görevleri aşağıda verilmiştir:

- Verimlilik artırma ekibi toplantılarına düzenli olarak katılım sağlanması,
- Ekip lideri tarafından verilen görevlerin yerine getirilmesi,
- Ünite maliyet, verimlilik, enerji değerlerinin sürekli analizinin yapılarak gözden geçirilmesi ve iyileştirmeye açık alanların belirlenmesi,
- Üst yönetime sunulacak çalışmalarda bilgi notlarının hazırlanması veya hazırlanmasının sağlanması,
- Ünitelerinde iş yapış biçimlerinin gözden geçirilmesi,
- Maliyet düşürme ve verimlilik artırma konularında farklı yaklaşım göstererek sürekli fikir geliştirilmesi,
- Kendi birimlerinde çalışan personelin maliyet, verimlilik, enerji konularında bilgilendirilmesi, personel ile beyin fırtınası yapılarak iyileştirme çalışmalarının ekip toplantılarına getirilmesi ve uygulanabilirliğinin takibinin yapılması,
- Maliyet, verimlilik ve enerji konularındaki eğitimlere personelin katılımının sağlanması,
- Mensubu olunan ünitenin maliyet düşürme ve verimlilik artırma ile ilgili hedeflerinin bir araya getirilmesi, raporlanması ve uygulanmasının sağlanması,
- Kurulan alt ekiplere gerektiğinde maliyet ve verimlilik konularında eğitim verilmesi,
- Ünitelerinde yürütülmekte olan iyileştirme çalışmalarının 3 aylık periyotlarla takibinin yapılması ve çalışmalara ait gelişmelerin verimlilik artırma ekibi toplantılarında ekip üyelerine aktarılması.

Verimlilik artırma ekiplerinin misyonu, sürekli birlikte çalışmak suretiyle ünite hammadde ve işletme maliyetlerini kontrol altında tutmak, sapmaları analiz etmek, verimlilik parametrelerini takip etmek, proseslerde verimlilik artırıcı uygulamaları

araştırmak, iyileştirme ve geliştirmeye açık alanları tespit ederek kendisi veya kendi kontrolü altında kuracağı iyileştirme ekipleri aracılığıyla iyileştirilmesini sağlamaktır. Tespit edilen konularda yürütülen iyileştirme çalışmalarında problemin çeşidine göre uygun verimlilik arttırma teknikleri uygulanır ve bu tekniklerin kapsamında tüm problem çözme tekniklerinden yararlanılır. Söz konusu ekipler ayrıca, giren hammadde, enerji, işgücü gibi kaynakları, çıkan nihai mamul, hurda, atık gibi ürünleri, prosesleri ve iş yapış biçimlerini baz alarak benzer şirketlerle karşılaştırma ve kıyaslama çalışmaları yapabilir ve o şirketlerdeki iyi uygulamaları ünitelerine taşıyarak verimlilik artışı sağlayabilirler [1].

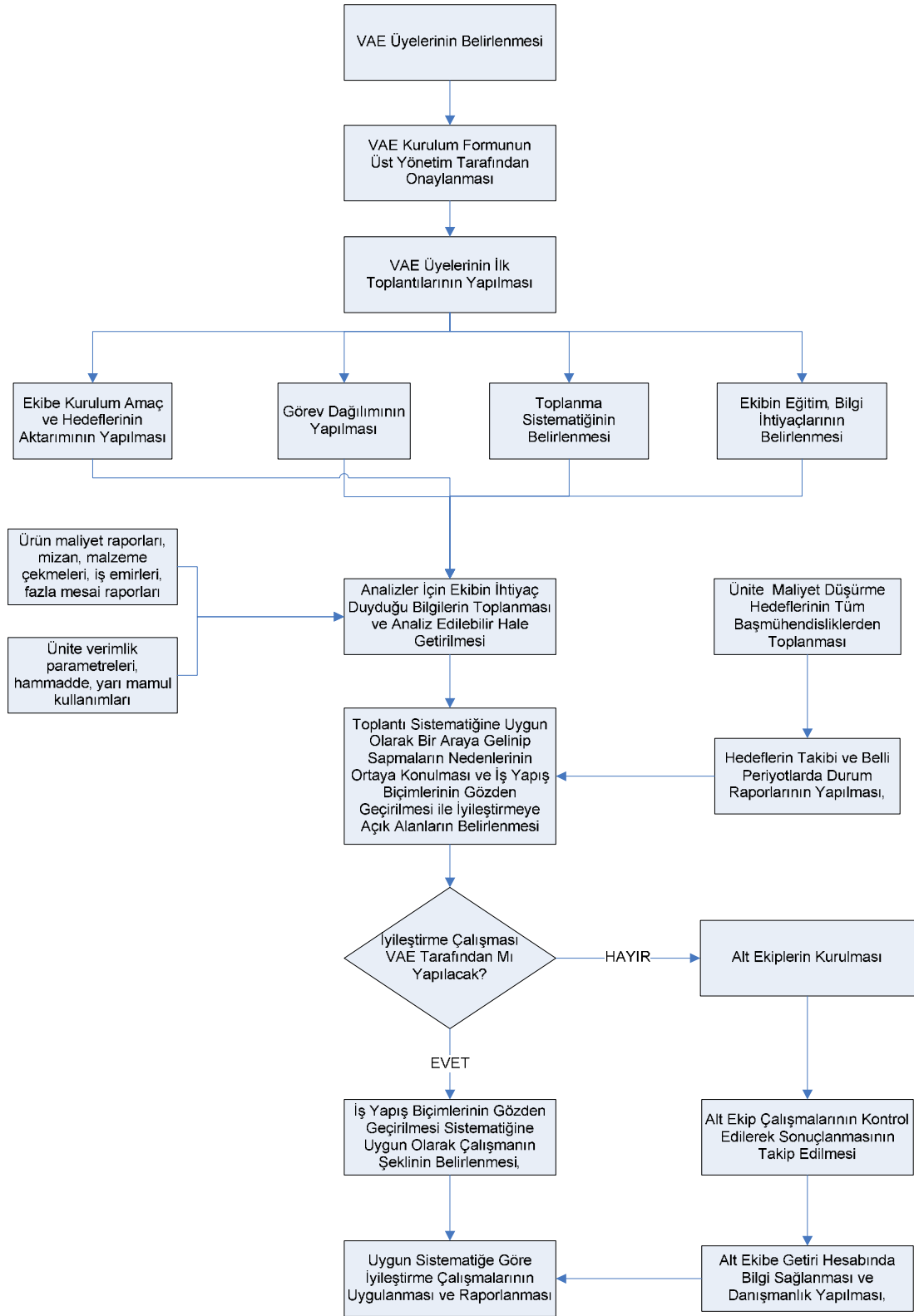
Bir işletmede kurulan verimlilik arttırma ekipleri, iyileştirme ekipleri, kalite çemberleri gibi takım çalışmaları işgücü kaynaklarının en etkin şekilde değerlendirilmesini sağlar. Bu sayede farklı disiplinlerden insanların bilgi ve tecrübelerinin üretim sürecinde yaşanan problemlerin çözümünde kullanılmasıyla belirlenen hedeflere ulaşılmasının yanında çalışanların moral ve motivasyonları da artar. Etkin çalışan takımlar vasıtasıyla sahada çalışanlar daha yüksek verimlilik ve etkinliğe ulaşmak adına kendi kendilerini yönetme becerisini kazanırlar [38].

### **6.3.2. Verimliliğin artırılmasına yönelik eğitimler**

Şirket çapında yürütülen ekip çalışmalarının yanında eğitim faaliyetlerinin de önemi büyüktür. Bu çerçevede, uygulama yapılan demir-çelik işletmesinde verimlilik arttırma ekiplerinin alması gereken eğitimler belirlenmiş, bunun yanında mühendis ve başmühendisler için “Verimlilik arttırma teknikleri eğitimi” ile işçiler için “Maliyet ve verimlilik bilinçlendirme eğitimi” hazırlanmış ve uygulanmaya başlanmıştır.

#### Verimlilik arttırma ekibinin alması gereken eğitimler

Verimlilik arttırma ekibi üyeleri maliyet, verimlilik ve enerji konularında yapılacak çalışmaları gerçekleştirebilmek için bu konularda alınacak eğitimler ile



Şekil 6.2. Verimlilik arttırma ekibi çalışma şekline ait iş akış şeması (Şemada verimlilik arttırma ekibi VAE kısaltması olarak yer almaktadır) [76]

donatılmalıdır. Bu nedenle verimlilik arttırma çalışmaları için altyapı oluşturulması amacıyla bu ekiplerde yer alan çalışanların almaları gereken eğitimler belirlenmiştir. Verimlilik arttırma ekibi üyelerinin almaları gereken eğitimler aşağıda verilmiştir:

- İşletmede uygulanan verimlilik arttırma sistemiği,
- Problem çözme teknikleri (pareto analizi, beyin fırtınası vs.),
- 5S,
- SMED,
- İş etüdü,
- Maliyet optimizasyonu,
- MS Visio eğitimi,
- Temel maliyet yönetimi ve maliyet muhasebesi,
- Toplam Verimli Bakım (Total Productive Maintenance - TPM),
- İstatistiksel proses kontrol.

Belirlenen bu eğitimler şirket bünyesinde bulunan eğitim departmanı vasıtasıyla karşılanabileceği gibi dışkaynak kullanımı yoluyla eğitim firmalarından da tedarik edilebilir. Böylece verimlilik çalışmalarının yürütülmesi, koordine edilmesi konularında çalışan ekipler bilgi ve beceri noktasında gerekli donanıma sahip olurlar.

#### Verimlilik arttırma teknikleri eğitimi

Şirkette çalışan bütün mühendis ve başmühendislere verimlilik arttırma teknikleriyle ilgili eğitim verilerek verimlilik çalışmalarının şirket geneline yayılmasının kolaylaştırılması hedeflenmiştir. Bu çerçevede, öncelikle verimlilik arttırma ekiplerinin üyelerine verilmek üzere söz konusu eğitim hazırlanmıştır. “Verimlilik arttırma teknikleri eğitimi”nin amaçları şu şekildedir [74]:

- Katılımcıların genel olarak çeşitli verimlilik arttırma teknikleri hakkında bilgi sahibi olmaları,
- Katılımcıların, israfların tanımlarını ve neler olduklarını öğrenmeleri,

- Eğitim sonrasında katılımcıların yaptıkları işlere bakış açısı yönünde davranış değişikliği oluşması,
- Demir-çelik tesislerinde uygulanabilecek verimlilik arttırma teknikleri hakkında katılımcıların ayrıntılı bilgi sahibi olmaları,
- Anlatılan teknikler hakkında uygulamalar ile katılımcıların pratik kazanması,
- Katılımcıların, öğrendikleri teknikleri uygulamak suretiyle işlerinde iyileştirme sağlamaları.

Verimlilik arttırma teknikleri eğitimi bünyesinde yalın üretim, israflar, Toplam Verimli Bakım, 5S, görsel yönetim ve kontrol, Tam Zamanında Üretim (Just In Time - JIT), kanban sistemi, problem çözme teknikleri (beyin fırtınası, pareto analizi, 5 neden analizi, balık kılçığı diyagramı), değer mühendisliği, değer analizi, değer akışı haritalama konuları genel hatlarıyla, iş etüdü ve SMED konuları ise detaylı biçimde anlatılmaktadır.

#### Maliyet ve verimlilik bilinçlendirme eğitimi

İşçilere verilen “Maliyet ve verimlilik bilinçlendirme eğitimi” verimlilik artışında kalıcı başarıya ulaşmanın yolunun maliyet ve verimlilik kavramlarının tanımının, içeriğinin ve öneminin tüm çalışanlara yayılımını sağlamak olduğu gerçeğinden hareketle, işçilerde maliyet ve verimlilik bilinci oluşturulması amacıyla düzenlenmiştir. Eğitimin her bir seansı bir tam gün süreli ve haftada iki seans şeklinde planlanmış ve bu şekilde gerçekleştirilmeye başlanmıştır. Konu eğitimin hedefi çalışanların maliyet, verimlilik ve enerji tüketimi konularında bilinçlendirilmesi ile kendi işlerinde değişikliklere açık hale getirilerek, iş yapış biçimlerini gözden geçirip iyileştirme yapacak öneriler getirmelerini ve uygulamalarını sağlamaktır. Bu eğitimin sonunda işçilerin şu kazanımları elde etmeleri beklenmektedir [75]:

- Dünya ve Türkiye demir-çelik piyasaları hakkında bilgi sahibi olunması,
- Maliyetin tanımının yapılabilmesi,

- Maliyetin neden önemli olduğunun kavranması,
- Maliyet kalemlerinin neler olduğunun öğrenilmesi,
- Enerji kalemlerinin neler olduğunun öğrenilmesi,
- Enerji kayıplarının, kaçaklarının hangi noktalarda olduğunun tespit edilebilmesi,
- Çalışılan işletmede enerji tüketiminin boyutu hakkında bilgi sahibi olunması,
- Verimliliğin tanımının yapılabilmesi,
- Verimliliği yükselten etkenlerin neler olduğunun öğrenilmesi,
- İstisna kalemlerinin açıklanabilmesi,
- Çalışma ortamındaki istisnaların belirlenebilmesi ve giderilebilmesi,
- Yapılan işlerin sürekli gözden geçirilerek iyileştirilebilmesi.

Maliyet ve verimlilik eğitimi, çalışanların eğitime aktif olarak katılacağı, uygulama ve görselliğin ön planda olduğu bir eğitim olarak tasarlanmıştır. Eğitimin etkinliğini arttırmak için katılımcılara uygulama yaptırılarak, verilmek istenilen mesajları çalışanların kendilerinin çıkarması amaçlanmıştır [23].

Eğitim sırasında ve sonrasında katılımcılara anket yapılarak hem ünitelerde karşılaşılan verimsizlikler hakkında veri sağlanmakta hem de eğitimin etkinliği gözden geçirilmektedir. Eğitim sırasında verilen “Ünitede karşılaşılan durumlar anketi” katılımcıların işletme ünitelerinde karşılaştıkları verimsizlikler hakkında geri bildirimlerini almak amacıyla hazırlanmıştır. Ankette sorulan sorular ve alınan cevapların istatistikleri EK-6’da yer almaktadır.

Verilen eğitimlerde hedeflenen sonuca ulaşıp ulaşılmadığının görülebilmesi için “Eğitim sonrası değerlendirme anketi” hazırlanmıştır. Anket ilk 6 aylık dönem tamamlandıktan sonra ara değerlendirme yapmak amacıyla uygulanmıştır. “Maliyet ve verimlilik eğitimi sonrası değerlendirme anketi”nde sorulan sorular ve alınan cevapların istatistikleri EK-7’de yer almaktadır. Eğitim sonrası değerlendirme anket sonuçlarına göre;

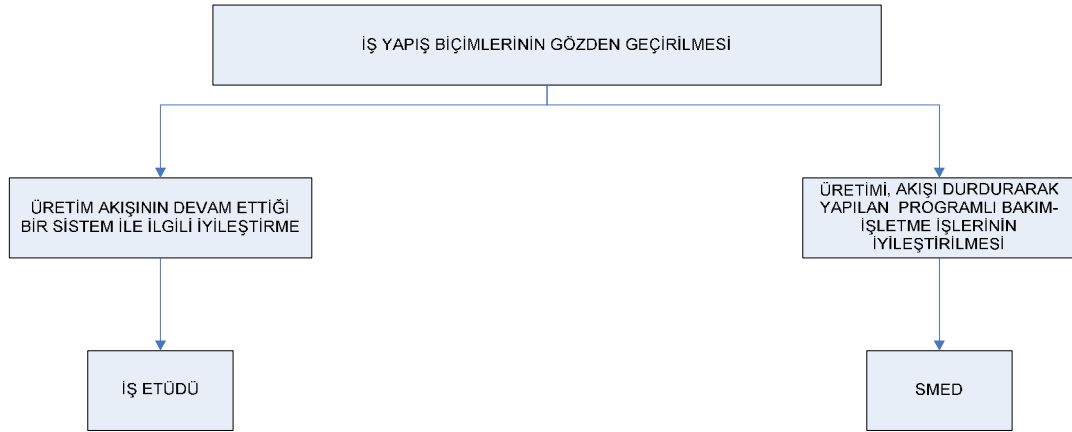
- Çalışanlar eğitim içerisindeki konuları genel olarak hatırlamış ve eğitim konularına ilgilerini sürdürmüşlerdir.
- Çalışanların %49'u eğitim içerisinde verilen bilgi ve becerilerin tamamını, %48'i ise bir kısmını çalışma ortamında uygulayarak katma değer sağlamışlardır.
- Çalışanların %62'sinin israflarla ilgili bilinç seviyeleri yükselmiş olup %19'u da iş yapış biçimleri ile davranış değişikliği hakkında eğitimde öğrendikleri bilgileri diğer çalışanlara aktarmışlardır.

Bir üretim hattında girdi teşkil eden her türlü ürünü bizzat kullanan işçilere maliyet ve verimlilik bilincinin verilmesi, hammadde, malzeme, enerji, işçilik gibi kaynakların tüketildiği iş ortamında israfların büyük ölçüde bertaraf edilmesini sağlayacak olup bu da işletmenin birim sarfların aşağı çekilmesi yönündeki hedeflerine ulaşmasında önemli bir etken olacaktır.

### **6.3.3. İşlerin yapısına göre verimlilik artırma tekniği kullanılması**

Verimlilik artırma çalışmalarında işletmelerin karşılaştıkları en önemli problemler olarak nereden başlanacağını bilinememesi ve hangi iş için hangi tekniğin kullanılacağı konusunda kararsızlığa düşülmesi öne çıkmaktadır. Bu noktada önemli olan konu, yapılmakta olan işe göre uygun bir tekniğin kullanılmasıdır.

İşletmelerde çeşitli unsurları içerisinde barındıran işler yapılmaktadır. Dolayısıyla farklı işlerin gözden geçirilmesi ve iyileştirilmesi için kullanılacak olan yöntemler de farklı olmak durumundadır. Bu çerçevede, uygulama yapılan demir-çelik işletmesinde farklı iş tipleri için kullanılması uygun olabilecek verimlilik artırma teknikleri belirlenmiş ve uygulanmıştır. Şekil 6.3'de iki kısma ayrılmış olan iş tipleri ile bunlar için kullanılacak ve demir-çelik işletmelerinde uygulanabilecek yöntemler yer almaktadır. Buna göre, iş yapış biçimlerinin gözden geçirilmesi aşamasında üretim akışının devam ettiği bir sistemin iyileştirilmesi için iş etüdü, üretimin, akışın durdurulması ile yapılan programlı bakım veya işletme işlerinin iyileştirilmesinde ise SMED tekniği kullanılmaktadır.



Şekil 6.3. Verimlilik artırma tekniklerinin uygulandığı demir-çelik işletmesinde farklı iş tiplerine göre kullanılan verimlilik artırma teknikleri

Verimlilik artırma ekipleri tarafından, üzerinde çalışılması gereken problem pareto analizi vasıtasıyla belirlenir. Daha sonra belirlenen problem üzerinde beyin fırtınası yoluyla potansiyel iyileştirme önerileri bir araya getirilir. Ardından yapılan notlama neticesinde en fazla not alan öneriler belirlenerek bunların üzerine gidilmesine yönelik ya aynı ekip bünyesinde çalışma başlatılır ya da farklı ünitelerden çalışanların iştirak ettiği iyileştirme proje ekibi oluşturulur. Burada dikkat edilmesi gereken husus şudur; bu problem çözme teknikleri direkt olarak kalite kusuru, arıza duruşu gibi belirli bir probleme yoğunlaşılması, kök nedenlerin ortaya konması ve çözüm üretilmesi amacıyla uygulanmaktadır. Bir sistem üzerinde yapılacak iyileştirmelerde öncelikle bu yöntemler yardımıyla hangi alana odaklanılacağı tespit edilir, ardından iş etüdü, SMED gibi tekniklerle o alandaki verimlilik artırılır.

İş etüdü yöntemi, bir işletmede yürütülen birçok faaliyetin yanısıra hazırlık ve değişim işlemlerinin sürelerinin azaltılması için de kullanılırken [73], SMED tekniği yalnızca hazırlık veya değişim işlemlerinde uygulanmaktadır. Yapılan çalışmada bu metotlar uygulama gerçekleştirilen demir-çelik işletmesine uyarlanmış, probleme göre teknik kullanılması ve hangi tekniğin kullanılacağını net olarak anlaşılması için bu şekilde bir sınıflandırma yapılması gerekli görülmüştür. Nitekim her iki

teknik de amacı yapılan işlerin bünyesinde bulunan katmadeğer oluşturmaya faaliyetlerin bertaraf edilmesi olmasına karşın, SMED tekniği direkt olarak ekipmanların durdurulması ile gerçekleştirilen değişim işlemlerine odaklanan bir teknik olduğu için bu şekilde bir ayırım yapılmıştır. Bu sayede her üniteye yürütülen verimlilik artırma ekibi toplantılarında veya bu ekipler kanalıyla oluşturulan iyileştirme proje ekiplerinde, tespit edilen problemlerin hangi tekniğin kullanımıyla çözüme kavuşturulacağı konusunda oluşabilecek kararsızlıklar ortadan kaldırılmıştır.

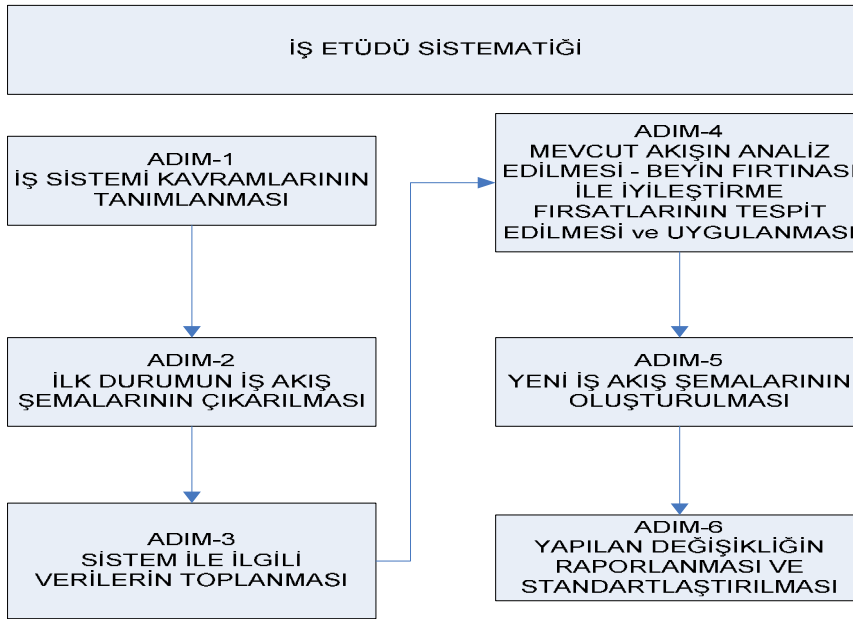
#### **6.4. Uygulama Yapılan Demir-Çelik İşletmesinde İş Etüdü Uygulama Sistematiği**

Verimlilik arttırmaya yönelik çalışmaların gerçekleştirildiği demir-çelik tesisinde iş etüdü uygulaması için 6 adımdan oluşan bir sistematik kullanılmıştır (Şekil 6.4).

Öncelikle uygulanan iş etüdü sistematiğinin adımları sırayla anlatılmış olup ardından bu adımlar eşliğinde demir-çelik tesisinde gerçekleştirilen çalışma aktarılmıştır.

##### Adım-1 : İş sistemi kavramlarının tanımlanması

Bir iş sistemi, aralarında belli ilişkiler olan ya da kurulabilecek olan öğelerin oluşturduğu sınırları belli bir bütündür [22]. İş sistemi kavramları birbirleriyle ilişki halindedir ve birbirlerini etkilerler (Şekil 6.5). Dolayısıyla sistem analizi yapılırken öncelikle iş sistemi kavramlarının tanımlarının yapılması ve ilişkilerinin ölçülmesi gerekmektedir.



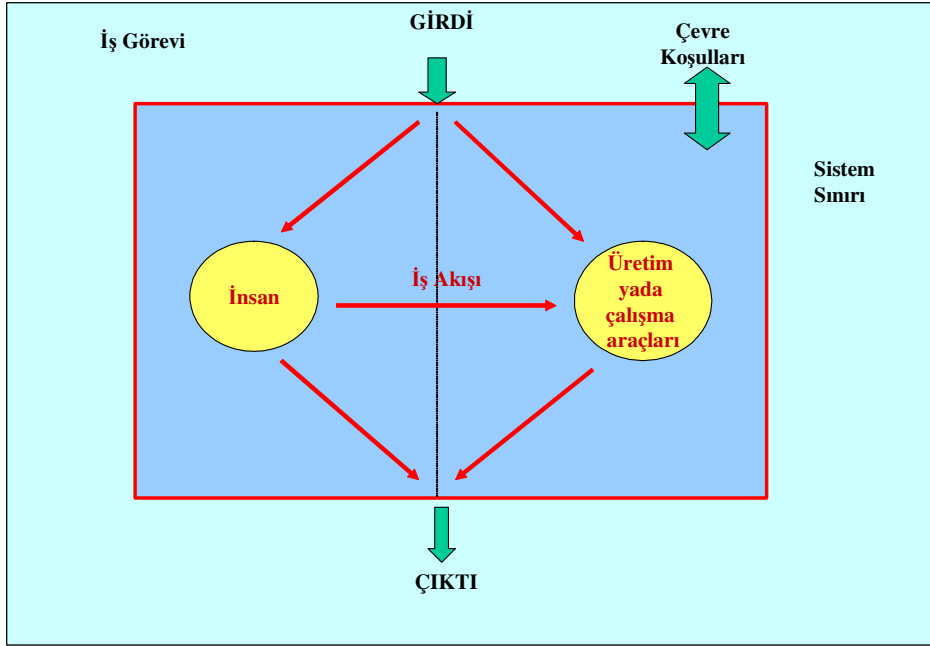
Şekil 6.4. Çalışmanın yürütüldüğü demir-çelik tesisinde uygulanan iş etüdü sistemi [74]

*İş görevi:* İş sisteminin amacını temsil etmekte olup bu amaca ulaşmak için çalışanlara verilen direktiflerdir. Örnek olarak malzemeleri taşıma, ruloları paketlenme, sıcak rulo üretme görevleri verilebilir.

*Girdi:* Görev kapsamında çıktıya dönüştürülecek olan bilgi, enerji, malzeme veya işgücüdür. Örnek olarak demir cevheri, slab, elektrik, doğalgaz verilebilir.

*Çıktı:* Görev kapsamında dönüştürülmüş olan girdilerden oluşur. Örnek olarak sıcak rulo, buhar, atık malzemeler verilebilir.

*İş akışı:* İş görevi çerçevesinde girdinin hangi zamanda, hangi çalışma ortamında, hangi çalışan tarafından, hangi araç ile ne şekilde çıktıya dönüştüğünü kapsar.



Şekil 6.5. İş sistemi kavramları [22]

*İnsan:* Sistem içerisindeki en etkin unsur olup ya kendi başına ya da üretim araçlarını kullanmak suretiyle girdileri çıktıya dönüştürme özelliğine sahiptir.

*Üretim aracı:* İnsanların kullanımı yoluyla girdileri çıktıya dönüştüren ekipmanlar, tesisler, donanımlar, malzemeler üretim aracı olarak tanımlanır.

*Çevre koşulları:* Sistemi ve içerdiği öğeleri etkileyen her türlü çevresel faktörü kapsar.

#### Adım-2 : İlk durumun iş akış şemalarının çıkarılması

İş akış şeması çıkarımı, işlerin bütününe adımlar halinde görülmesini ve kolay bir şekilde okunarak analiz edilmesini sağlamaktadır. İş akış şeması sayesinde iş sistemi ile ilgili nerelerde verilerin toplanması gerektiği, problemlerin ne olduğu rahatça görülebilmektedir. Bu nedenle bir iş etüt edilirken oluşturulacak en önemli kısım iş akışlarının çıkarılmasıdır. İş akış şemalarının çıkarımı ve analiz edilmesi için

öncelikle iş sistemini oluşturan insan ve makine için akış türlerinin, akış içerisindeki faaliyetlerin neler olduğu bilinmelidir.

*Akış dilimleri:* İşletmelerde oluşan iş akışları büyüklüklerine göre makro ve mikro akış dilimleri olarak ikiye ayrılırlar. Makro akış dilimleri akış basamağı ve akış bütünü arasındaki kısımları içerirken işlem ve işlem ögesine kadar olan kısımları mikro akış dilimleri içerir (Şekil 6.6.a). Bir işte mevcut olan problemlerin çözülebilmesi için gerektiğinde işin en küçük adımlarına kadar inilmesi gerekmektedir. Bir demir-çelik tesisinde kok üretimi ile ilgili akış dilimleri Şekil 6.6.b’de gösterilmiştir.

*Akış şemalarında kavram ve semboller:*

Akış şeması gösteriminde kullanılan semboller EK-8’de bulunmaktadır. Çeşitli kavramlar ise şu şekildedir:

Görev sahibi: Görev sahipleri kendilerine görevin sorumluluğunun yüklendiği kişilerdir. Bazen üretim araçları da olabilir.

İş nesnesi: Görevin gerekleri doğrultusunda iş sistemi kapsamında halleri, biçimleri ya da konumları değiştirilen tüm malzemeler, mallar, enformasyon veya enformasyon taşıyıcıları iş nesnesi kabul edilir.

Üretim aracı/çalışma aracı: İş sistemi içerisindeki görevlerin yerine getirilmesine katılan tüm teçhizat, donanım, makine ve organizasyon araçlarıdır.

Çalışma alanı: Bir çalışma alanı tek bir iş yerinden ya da birden fazla iş yerinden oluşabilir.



### Adım-3 : Sistem ile ilgili verilerin toplanması

Veri toplama, iş akışı üzerinde yapılacak iyileştirmelere ışık tutmaktadır. Bu nedenle akış ile ilgili verilerin doğru şekilde toplanması gerekmektedir. Etüt edilecek olan iş görevi adımları ile ilgili olarak öncelikle ne tür verilerin toplanacağına karar verilmelidir. Toplanan verilerin güncel ve işletmeyi temsil ediyor olması gerekmektedir. Veri toplamada genellikle aşağıda verilen konular ele alınmıştır:

- Sarf malzemeleri ile ilgili verilerin toplanması,
- Ekipman durumları ile ilgili verilerin toplanması,
- Çalışan durumu ile ilgili verilerin toplanması,
- İş akış adımları ile ilgili zaman verilerinin toplanması.

#### *Sarf malzemeleri ile ilgili verilerin toplanması:*

- İş için kullanılan sarf malzemelerinin tanımlanması,
- Sistemin kurulumu aşamasında önerilen standart kullanımların çıkartılması,
- Fiili sarf miktarlarının yıllık olarak belirlenmesi,
- Sarf malzeme kullanım değişimlerinin görülmesi için günlük, aylık, yıllık periyotlar için trendlerin çıkarılması.

#### *Ekipman durumları ile ilgili verilerin toplanması:*

- İş için kullanılan makine ve teçhizatların tespit edilmesi,
- Ekipman sayılarının ortaya konması,
- Ekipmanların kullandığı elektrik, yağ, yedek parça vb. gibi kalemlerin sarfiyat miktarlarının belirlenmesi,
- Ekipman ile ilgili var ise verimlilik bilgilerinin sağlanması.

*Çalışan durumu ile ilgili verilerin toplanması:*

- Sistemde çalışan kadroların tanımlanması,
- Çalışan sayılarının çıkartılması,
- Çalışma zamanlarının (normal çalışma saati, fazla mesai saati) belirlenmesi,
- Çalışan personelin eğitim, tecrübe, yetkinlik vb. niteliklerinin ortaya konması,
- Sistem ile ilgili işgücü verimliliklerinin çıkartılması.

*İş akış adımları ile ilgili zaman verilerinin toplanması:*

İş akışı ile ilgili yukarıda belirtilen verilerin yanında önemli olan bir diğer veri de iş akış adımlarının ne kadar zamanda yapıldığıdır. Bunun için iş akış adımları belirlendikten sonra kronometre yardımıyla veya bilgisayar destekli sistemlerde yer alan zaman kayıtları yardımıyla iş adımlarının ne kadar sürede yapıldığı ölçülmelidir. Zaman ölçümleri ile işin toplamda ne kadar sürede yapıldığı görülecektir. Ayrıca her bir adım için geçen süre görülebilecek ve hangi adımlarda iyileştirme yapılması gerektiği ortaya çıkacaktır.

Zaman ölçümleri yapılması esnasında çalışanların çeşitli endişeleri nedeniyle işi çok hızlı veya çok yavaş yapması durumuna dikkat edilmelidir. Bu davranışlar zaman ölçümlerini hatalı sonuçlara götürecektir. Bu nedenle çalışanlara konu hakkında bilgi verilerek endişeleri giderilmeli ve amacın çalışma şartlarını iyileştirmek olduğu belirtilmelidir.

İş akışı ile ilgili zamanlar ölçülürken mutlaka tüm işi temsil edecek bir sayıda ölçüm yapılması gerekmektedir. Ölçüm verilerinin doğrulanması için çalışmalarda en az 30 adet ölçüm alınması istatistiksel olarak güvenilir sonuçlar elde edilmesi açısından önerilmektedir. Ancak üzerinde çalışılan iş yılda 30 defa veya daha az sayıda gerçekleşiyorsa, yani sıklığı az ise sonuç almak için yeterli olacak en ideal ölçüm

sayısı çalışanın kendisi tarafından yapılacak istatistiksel ölçümler neticesinde belirlenebilir.

#### Adım-4: İlk durumun akışının analiz edilmesi – beyin fırtınası ile iyileştirme fırsatlarının tespit edilmesi ve uygulanması

İş etüdü yapılacak proses ile ilgili sistem kavramları tanımlanıp iş akışı çizilerek veriler toplandıktan sonra sistemde yapılabilecek iyileştirmelerin belirlenmesi aşamasına geçilir. Bununla ilgili olarak proses bir kez daha gözden geçirilerek fikir oluşturulur. Daha sonra beyin fırtınası çalışması uygulanır ve iyileştirmeye açık alanlar tespit edilir. Yapılan tespitler önem sırasına konularak puanlama yapıp iyileştirme yapılacak konuların listesi oluşturulur. Daha sonra, sırasıyla belirlenen iyileştirmelerin uygulanmasına geçilir. Akışın analiz edilmesi çalışmalarında yapılan iş mutlaka filme alınarak birkaç kez izlenmelidir. Böylece yapılan hatalar ve gereksiz faaliyetler çok daha net olarak belirlenebilecektir.

#### Adım-5 : Yeni iş akış şemalarının oluşturulması

Adım 4'te belirlenen iyileştirmeler yapıldıktan sonra iş sisteminin yeni çalışma şekli ile ilgili olarak iş akışı tekrar oluşturulur. Yapılan çalışma ile akış adımları azalacağı gibi ilave akış ta işe katılabilecektir. Burada özellikle iş sisteminde gereğinden fazla uzun zaman alan adımların daha hızlı yapılması, gereksiz görülen adımların kaldırılması ve birleştirilebilecek adımların birleştirilmesi sağlanmalıdır. Yeni haliyle iş akışının daha kısa sürede yapılması ve verimlilik değerlerinin arttırılması hedeflenmelidir. Yeni akış oluşturulduktan sonra buna göre tekrar zaman ölçümü yapılarak sağlanan iyileşme ortaya konmalıdır.

#### Adım-6 : Yapılan değişikliğin raporlanması ve standartlaştırılması

İlk 5 adımda yapılan tüm işlerin bir arada olmasının sağlanması, yapılan iyileştirmelerin anlatılması amacıyla tüm çalışmanın ayrıntılı olarak açıklandığı bir rapor hazırlanmalıdır. Hazırlanan raporda çalışma sonucunda sağlanan tüm faydalar

anlatılmalı ve mutlaka çalışmanın parasal getirisi ortaya konmalıdır. Hazırlanacak rapor aynı zamanda iş sisteminin yeni halinin standartlaştırılmasını sağlamalıdır. Yeni haliyle sistemin saha uygulaması takip edilmeli ve çalışanlar arasında yeni uygulamanın alışkanlık haline dönüştürülmesi sağlanmalıdır. Bunun için de sistem belli periyotlarda izlenmelidir. Bu şekilde elde edilen sonuçlar bir süre daha izlendikten sonra belirli bir ekipmanda yapılan iyileştirmenin benzer şekilde fayda sağlanabilecek diğer ekipmanlara da yaygınlaştırılmasına yönelik çalışma yürütülmelidir. Bu yaygınlaştırma diğer ekipmanlardan sorumlu mühendis, formen ve işçilere yapılan iyileştirmenin sunulması veya benzer bir çalışmanın başlatılarak yönlendirici bir rol üstlenilmesi şeklinde gerçekleştirilebilir. Bu sayede aynı iyileştirme fikrinden elde edilen kazanç katlanarak artacaktır.

#### **6.4.1. İş etüdü uygulaması**

Çalışmanın bu kısmında, entegre bir demir-çelik tesisinde sıvı çelik üretiminin gerçekleştirildiği çelikhane prosesinde numunelerin pnömatik hat ile laboratuara gönderilmesi işleminin iyileştirilmesine yönelik uygulama, bir önceki bölümde anlatılan sistematik bünyesinde sıralanan adımlar ışığında aktarılmıştır:

##### Adım-1: İş sistemi kavramlarının tanımlanması

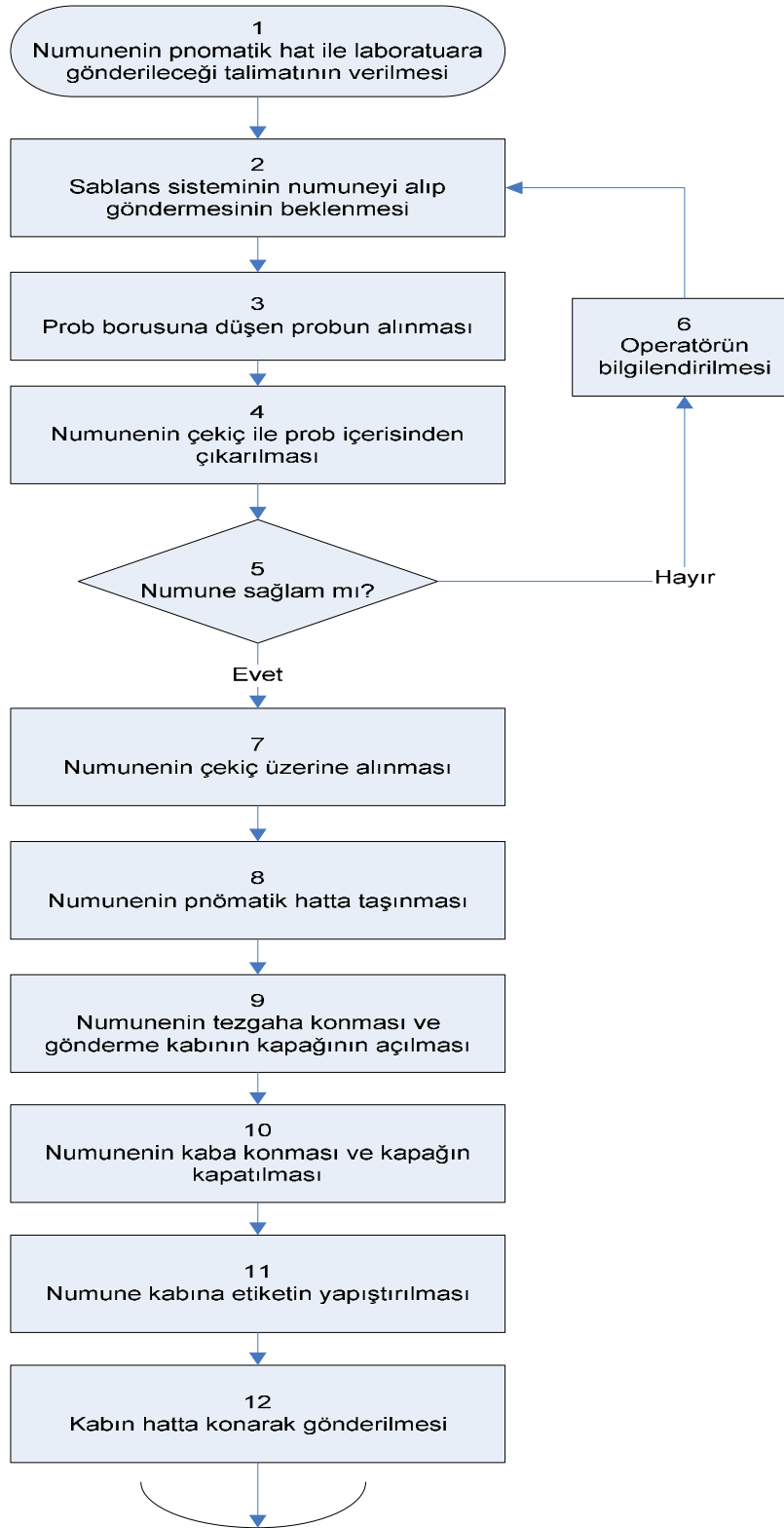
Çelik üretim prosesinde üretimi artırmak için spesifikasyon değerleri yüksek dökümlerde konvertör üfleme sonunda analiz beklenmeden veya TSC (Temperature Sample Carbon) ile döküm pratiği uygulanmaktadır. TSC, üfleminin %80'inde online sıcaklık ve karbon ölçümü ile numune alınması anlamına gelmektedir. TSC numunenin sonucu, üfleme kesildikten ortalama 2 veya 3 dakika sonra gelmektedir. TSO (Temperature Sample Oxygen) ise üfleme kesildikten 1 dakika sonra online sıcaklık ve oksijen değeri ölçümü ve numune alınması anlamına gelmektedir. TSO numune sonucunun gelmesi ortalama 6 ile 7 dakika civarında sürmektedir. Numuneler ne kadar kısa sürede gelirse döküm de o kadar çabuk yapılacaktır. Bu çalışmada numunenin fırıncı personel tarafından gönderilmesi işlemi etüt edilmiştir.

Çizelge 6.2. Numune gönderme işinin kavramlarının tanımlanması

| Sistem Kavramları | İş Sistemi                                           |
|-------------------|------------------------------------------------------|
| İş Görevi         | Numunenin pnomatik hat ile laboratuara gönderilmesi. |
| İş Akışı          | Akış şeması ayrıca verilecektir.                     |
| Girdi             | Numune, çekiç, numune gönderme kabı, eldiven.        |
| Çıktı             | Gönderilmiş numune, yanmış prob atığı.               |
| İnsan             | Fırıncı (10 yıl tecrübeli).                          |
| Üretim Aracı      | Pnomatik hat.                                        |
| Çevre Koşulları   | Aydınlık seviyesi düşük, tozlu ortam.                |

Adım-2: İlk durumun iş akış şemalarının çıkarılması

İlk durumun analizi yapılarak iş akış şeması çıkarılmıştır (Şekil 6.7). İş akış şemasından da görüldüğü gibi, “numunenin pnömatik hat ile laboratuara gönderilmesi” işleminin başlangıç adımı yani tetikleyici adım, fırıncı personele numunenin laboratuara gönderileceğine yönelik talimat verilmesidir (1 numaralı adım). İş akışı boyunca bütün adımlar fırıncı personel tarafından gerçekleştirilmektedir. Öncelikle sablans sisteminin numuneyi alıp göndermesi beklenir (2 numaralı adım). Prob borusuna numunenin yer aldığı probun düşmesinden sonra prob alınır (3 numaralı adım) ve numune çekiç yardımıyla prob içerisinden çıkarılır (4 numaralı adım). Şayet numune sağlam değilse operatör bilgilendirilerek yeniden numune gönderilmesi sağlanır (6 numaralı adım). Numune sağlamsa çekiç üzerine alınır (7 numaralı adım) ve pnömatik hatta taşınır (8 numaralı adım). Pnömatik hattın başına gelince numune tezgaha konur ve gönderme kabının kapağı açılır (9 numaralı adım). Numune kaba konduktan sonra kapak kapatılır (10 numaralı adım) ve numune kabına etiket yapıştırılır (11 numaralı adım). Son olarak numunenin konduğu kap hatta yerleştirilir ve hava yardımıyla gönderilir (12 numaralı adım).



Şekil 6.7. Numunenin laboratuara gönderilmesi işleminin ilk durumuna ait iş akış şeması

### Adım-3: Sistem ile ilgili verilerin toplanması

Sistem ile ilgili veri toplanması esnasında, öncelikle sistemde koşul bulunmasından dolayı (numunenin sağlam olup olmadığının kontrol edildiği 5 numaralı adım) iki farklı gidişat olması nedeniyle belirtilen koşulun sıklığı bulunmuştur. Bunun için de güvenilir sonuçlar elde edilmesi amacıyla 34 adet gözlem yapılarak numuneler izlenmiştir. Yapılan gözlemler neticesinde numunelerin %95'inin sağlam olduğu ölçülmüştür. Ayrıca yıl genelinde numune gönderme işinin ne kadar sayıda yapıldığı tespit edilmiştir. Bu çalışmada döküm başına 1 adet TSC numunesi hesaba katılmış olup yıllık 27 000 adet döküm yapıldığına dair bilgi sistem üzerinden belirlenmiştir.

Bu çalışmada önemli olan diğer bir parametre de işin süresidir. Numune gönderme işi ne kadar kısa sürerse numune sonucu da o kadar çabuk gelecek ve döküme o kadar çabuk geçilecektir. Böylece üretim hızı arttırılmış olacaktır. Bu nedenle sistem adımlarının ne kadar zaman aldığı yani sipariş zamanının hesaplanması gerekmektedir. Numunelerin sağlam çıkmaması halinde operatörün bilgilendirilmesi için 3 saniyelik bir süre geçmektedir. Bu işlem çizelge 6.3'de 6 numaralı akış dilimi olarak yer almakta olup sipariş zamanını uzatmaktadır. Bu noktada dikkat edilmesi gereken iki nokta; iş akışının tetikleyicisi olan, fırıncıya numunenin pnömatik hat ile laboratuara gönderileceği talimatının verilmesi adımının zaman ölçümüne ilave edilmemesi ve çizelge 6.3'de yer alan işlem adımlarına ait numaraların şekil 6.7'de bulunan iş akış şemasındaki numaralarla aynı olmasıdır.

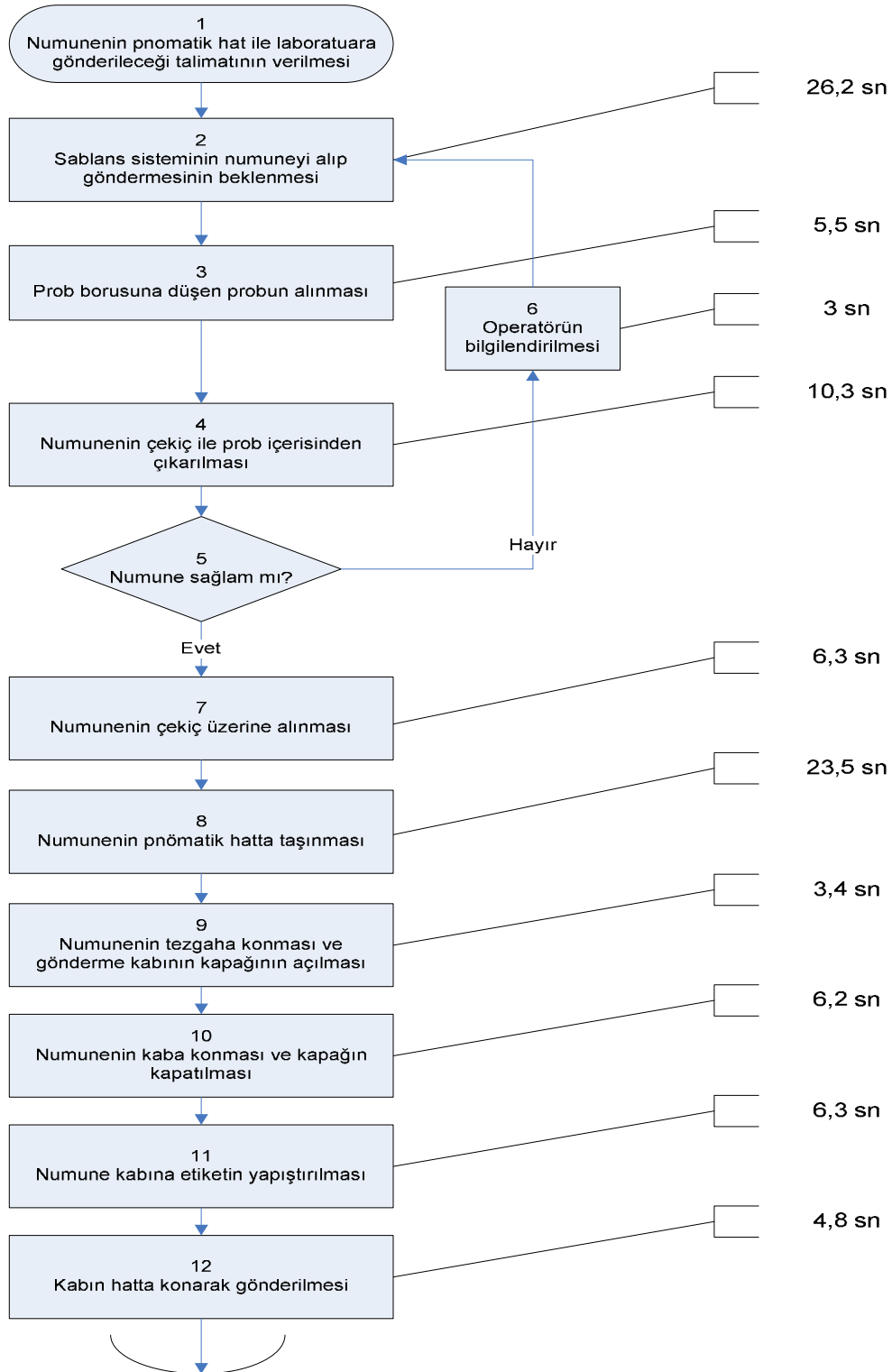
Yukarıda da ifade edildiği gibi yapılan ölçümlerde numunelerin %95'inin sağlam olduğu tespit edilmiştir. Numunelerin sağlam çıkmaması halinde, yani geriye kalan %5 oranında işlemin bünyesinde ise 3 saniyelik ilave bir işlem adımı (6 numaralı adım) yürütülmektedir. Sistem ile ilgili verilerin toplanması aşamasında işlemin videoya çekilmesi, iyileştirme çalışmasında yer alan bütün ilgili çalışanların yürütülen faaliyetleri tam olarak kavrayabileceği ve iyileştirmeye yönelik yorum yapabileceği kadar izlemesi, istenilen sonuçlara daha rahat ulaşılması açısından gereklidir.

Çizelge 6.3. Numune gönderme işinde ilk durumun zaman ölçümü

| No | Akış Dilimi                                                      | Ölçüm (saniye) |
|----|------------------------------------------------------------------|----------------|
| 2  | Sablans sisteminin numuneyi alıp göndermesinin beklenmesi        | 26,2           |
| 3  | Prob borusuna düşen probun alınması                              | 5,5            |
| 4  | Numunenin çekiç ile prob içerisinden çıkarılması                 | 10,3           |
| 6  | Numunenin bozuk çıkması halinde operatörün bilgilendirilmesi     | 3              |
| 7  | Numunenin çekiç üzerine alınması                                 | 6,3            |
| 8  | Numunenin pnömatik hatta taşınması                               | 23,5           |
| 9  | Numunenin tezgaha konması ve gönderme kabının kapağının açılması | 3,4            |
| 10 | Numunenin kaba konması ve kapağın kapatılması                    | 6,2            |
| 11 | Numune kabına etiket yapıştırılması                              | 6,3            |
| 12 | Kabın hatta konarak gönderilmesi                                 | 4,8            |
|    | Toplam Zaman                                                     | 95,5           |

*Sipariş Zamanının Hesaplanması:*

Öncelikle ölçülen zamanlar akış üzerine yerleştirilmiştir (Şekil 6.8). Aynı zamanda zaman hesap tablosuna da değerler yazılarak hesaplama yapılmıştır (Çizelge 6.4).



Şekil 6.8. Numunenin laboratuara gönderilmesi işleminin, ölçülen zamanların ilave edildiği durumda iş akış şeması (ilk durum)

Çizelge 6.4. Numunenin sağlam olduğu durumda zaman hesap tablosu

| No | Akış dilimi                                                      | İşlem süresi<br>(saniye)  |
|----|------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| 2  | Sablans sisteminin numuneyi alıp göndermesinin beklenmesi        | 26,2                      |
| 3  | Prob borusuna düşen probun alınması                              | 5,5                       |
| 4  | Numunenin çekiç ile prob içerisinden çıkarılması                 | 10,3                      |
| 7  | Numunenin çekiç üzerine alınması                                 | 6,3                       |
| 8  | Numunenin pnömatik hatta taşınması                               | 23,5                      |
| 9  | Numunenin tezgaha konması ve gönderme kabının kapağının açılması | 3,4                       |
| 10 | Numunenin kaba konması ve kapağın kapatılması                    | 6,2                       |
| 11 | Numune kabına etiket yapıştırılması                              | 6,3                       |
| 12 | Kabın hatta konarak gönderilmesi                                 | 4,8                       |
|    | Toplam Zaman                                                     | 92,5                      |
|    | Sıklık                                                           | %95                       |
|    | Ağırlandırılmış Zaman                                            | $92,5 \times 0,95 = 87,9$ |

Çizelge 6.5. Numunenin sağlam olmadığı durumda zaman hesap tablosu

| No | Akış dilimi                                                      | İşlem süresi<br>(saniye)  |
|----|------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| 2  | Sablans sisteminin numuneyi alıp göndermesinin beklenmesi        | 26,2                      |
| 3  | Prob borusuna düşen probun alınması                              | 5,5                       |
| 4  | Numunenin çekiç ile prob içerisinden çıkarılması                 | 10,3                      |
| 6  | Numunenin bozuk çıkması halinde operatörün bilgilendirilmesi     | 3                         |
| 2  | Sablans sisteminin numuneyi alıp göndermesinin beklenmesi        | 26,2                      |
| 3  | Prob borusuna düşen probun alınması                              | 5,5                       |
| 4  | Numunenin çekiç ile prob içerisinden çıkarılması                 | 10,3                      |
| 7  | Numunenin çekiç üzerine alınması                                 | 6,3                       |
| 8  | Numunenin pnömatik hatta taşınması                               | 23,5                      |
| 9  | Numunenin tezgaha konması ve gönderme kabının kapağının açılması | 3,4                       |
| 10 | Numunenin kaba konması ve kapağın kapatılması                    | 6,2                       |
| 11 | Numune kabına etiket yapıştırılması                              | 6,3                       |
| 12 | Kabın hatta konarak gönderilmesi                                 | 4,8                       |
|    | Toplam Zaman                                                     | 137,5                     |
|    | Sıklık                                                           | %5                        |
|    | Ağırlandırılmış Zaman                                            | $137,5 \times 0,05 = 6,9$ |

Çizelge 6.4'te görüldüğü gibi, numunenin pnömatik hat ile laboratuara gönderilmesi işleminin uygulanması sırasında numunenin sağlam çıkması durumunda iş akışının toplam süresi 92,5 saniye olarak gerçekleşmektedir. Bu işlem yürütülürken numunenin sağlam çıkması olasılığı %95 olduğu için toplam sürenin bu olasılıkla çarpılması ile 87,9 saniye olan ağırlıklandırılmış zaman elde edilir.

Çizelge 6.5'te ise numunenin sağlam olmadığı durumda iş akışının toplam 137,5 saniye sürdüğü görülmektedir. Numunenin sağlam olmama olasılığı %5 olduğu için ağırlıklandırılmış zaman 6,9 saniye olarak tespit edilmiştir.

Sonuç olarak her iki olasılığın ağırlıklandırılmış zamanlarının toplanması ile ortalama sipariş zamanı hesaplanır. Buna göre;

$$\begin{aligned}\text{İlk durumda numune gönderme işinin ortalama sipariş zamanı} &= 87,9 + 6,9 \\ &= 94,8 \text{ saniye.}\end{aligned}$$

#### Adım-4 : İlk durumun akışının analiz edilmesi-beyin fırtınası ile iyileştirme fırsatlarının tespit edilmesi ve uygulanması

İşlem adım sürelerinin ölçülmesinin ve ortalama sipariş zamanının hesaplanmasının ardından film bir kez daha izlenmiş olup ne gibi iyileştirmeler yapılabileceğine yönelik beyin fırtınası gerçekleştirilmiştir. Beyin fırtınasında sırasıyla her bir ekip üyesinin iyileştirmeye yönelik fikirleri alınarak beyaz tahtaya yazılmıştır. Bu noktada önemli olan ayrıntı, her tür fikrin açıkça ortaya konması ve tahtaya yazılmasıdır. Bütün ekip üyelerinin sırasıyla ilk iyileştirme önerileri alındıktan sonra yeniden başa dönülerek ikinci kez sırasıyla öneriler alınmıştır. Bu şekilde fikirler üretilmeye devam ettikçe döngü devam ettirilmiş olup, ekip üyelerinin üretecekleri fikir kalmayınca sona erdirilmiştir. Yapılan beyin fırtınası sonucunda iyileştirme yapmak adına geliştirilen bütün fikirler şu şekildedir:

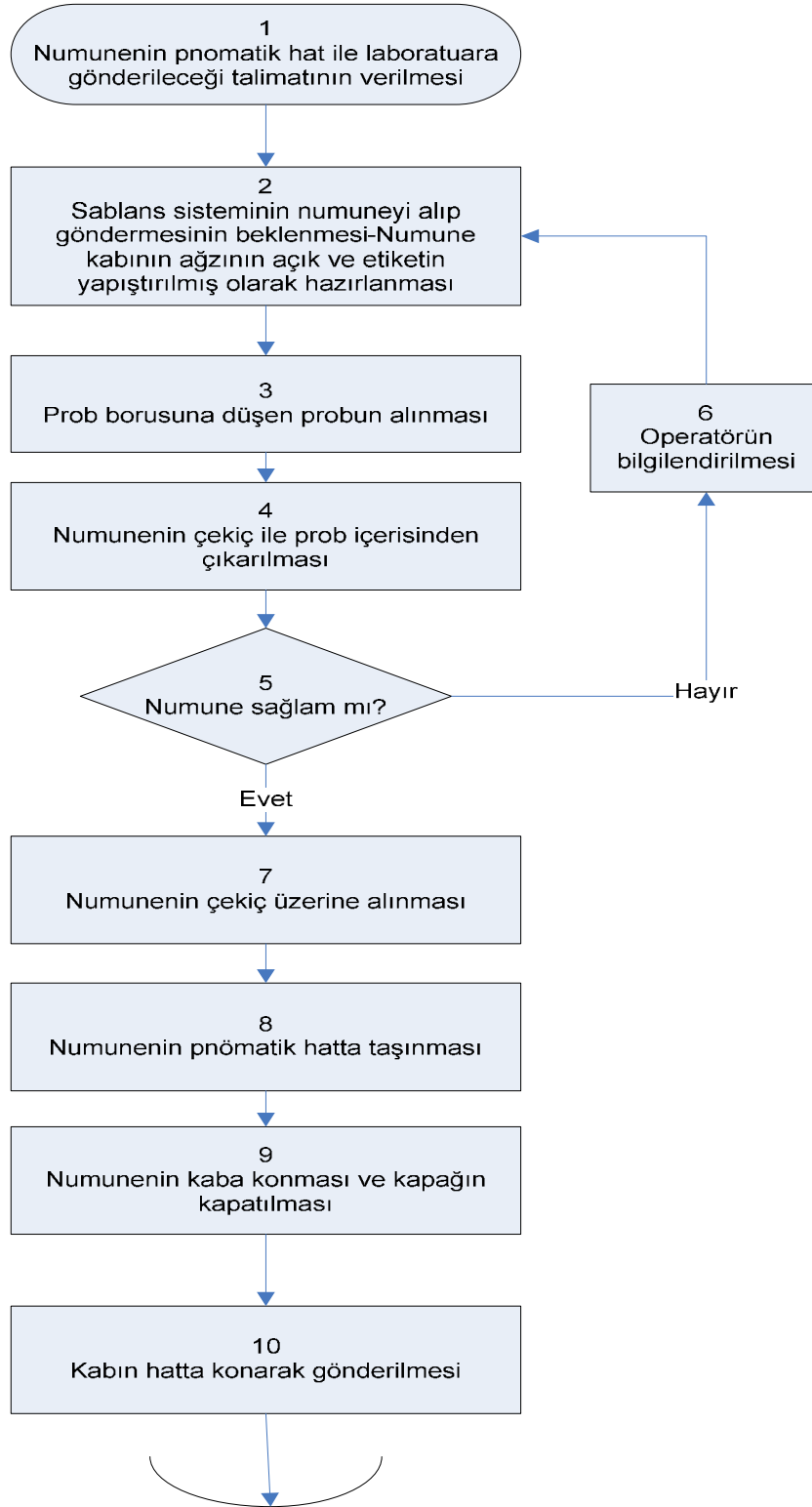
- Çalışanın numuneyi numunenin düştüğü yerde beklemesi,
- Numunelerin bozuk çıkmasının önlenmesi,

- Numunenin probtan çıkarılması için farklı bir aparat yapılması,
- Numunenin çekiç ile değil de başka bir aparat (numune makası gibi) ile taşınması,
- Hattın numunenin bulunduğu yere yaklaştırılması,
- Gönderme kabının kapağının açık bekletilmesi,
- Etiketin daha önceden kaba yapıştırılarak hazır bekletilmesi,
- Çalışanının yürüme yolunu daha hızlı yürütmesi,
- Numunenin çıkarılmasının daha hızlı yapılması.

Bu önerilerin tahtaya yazılmasının ardından sırasıyla her bir öneri üzerinden gidilerek ekip üyeleri tarafından puan verilmiştir. On üzerinden verilen puanlara göre en yüksek puanlı öneriden başlanmak suretiyle öncelikli olarak uygulanacak olan önerilere karar verilerek uygulama planı hazırlanmıştır. Verilen puanlara göre şu öneriler benimsenmiş ve hayata geçirilmiştir:

- Çalışanının numuneyi numunenin düştüğü yerde beklemesi,
- Gönderme kabının kapağının açık bekletilmesi,
- Etiketin daha önceden kaba yapıştırılarak hazır bekletilmesi,
- Çalışanının yürüme yolunu daha hızlı yürütmesi,
- Numunenin çıkarılmasının daha hızlı yapılması.

Buna göre yeni iş akışı yeniden hazırlanmıştır (Şekil 6.9).



Şekil 6.9. Numunenin laboratuara gönderilmesi işleminin iyileştirilmiş durumda iş akış şeması

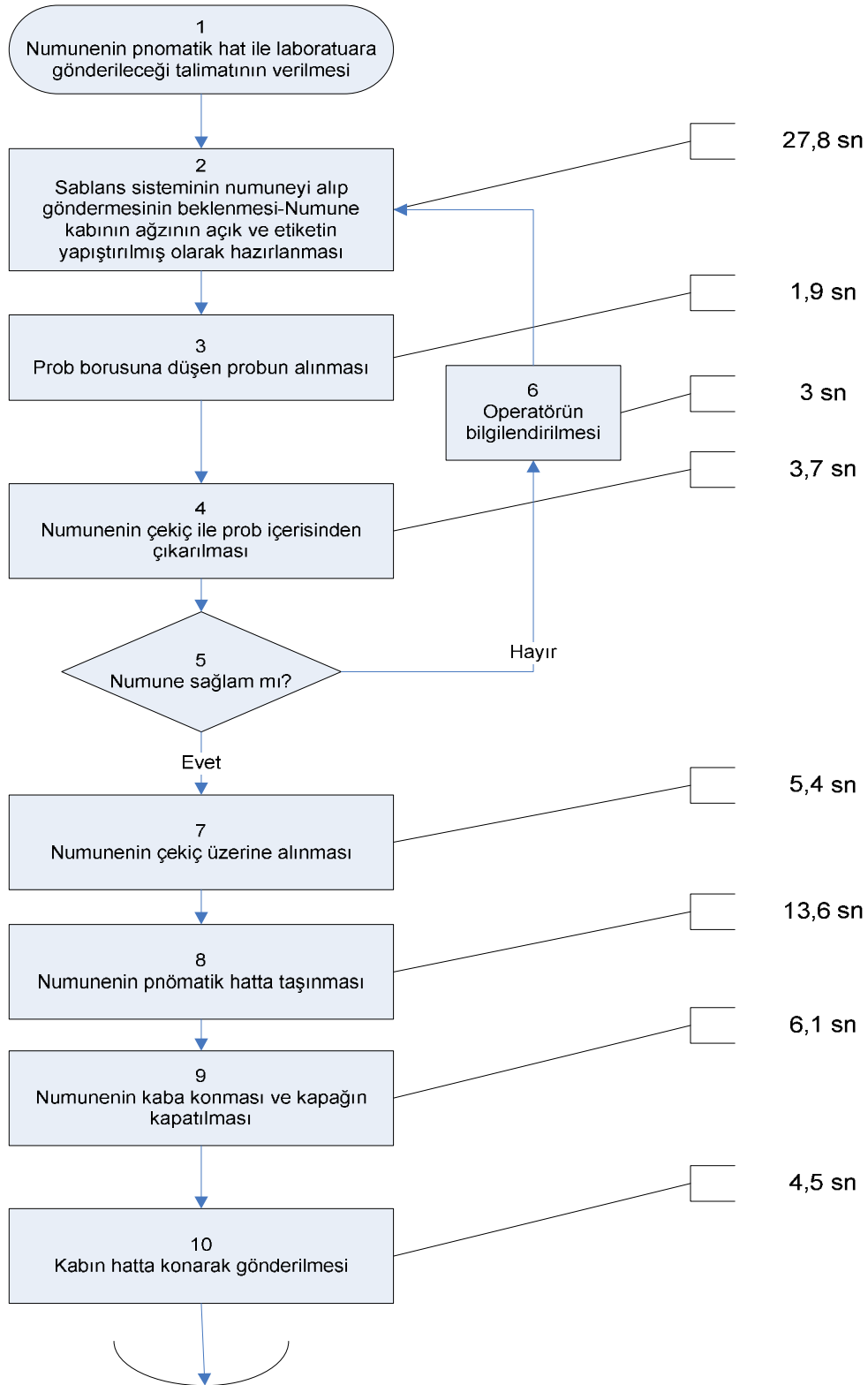
#### Adım 5: Yeni iş akış şemalarının oluşturulması

Yukarıda belirtilen şekliyle yapılan iyileştirmeler sonrasında yeni iş akışı oluşturulmuştur. Buna göre yeni oluşan iş akış şeması bir kez daha analiz edilerek yeni işlem adımlarına göre işlem süresi yeniden hesaplanmıştır.

Çizelge 6.6. Numune gönderme işinde iyileştirilmiş durumun zaman hesap tablosu

| No | Akış Dilimi                                                                                                                                | Ölçüm<br>(saniye) |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| 2  | Sablans sisteminin numuneyi alıp göndermesinin beklenmesi-<br>Numune kabının ağzının açık ve etiketin yapıştırılmış olarak<br>hazırlanması | 27,8              |
| 3  | Prob borusuna düşen probun alınması                                                                                                        | 1,9               |
| 4  | Numunenin çekiç ile prob içerisinden çıkarılması                                                                                           | 3,7               |
| 6  | Numunenin bozuk çıkması halinde operatörün bilgilendirilmesi                                                                               | 3                 |
| 7  | Numunenin çekiç üzerine alınması                                                                                                           | 5,4               |
| 8  | Numunenin pnömatik hatta taşınması                                                                                                         | 13,6              |
| 9  | Numunenin kaba konması ve kapağın kapatılması                                                                                              | 6,1               |
| 10 | Kabın hatta konarak gönderilmesi                                                                                                           | 4,5               |
|    | Toplam Zaman                                                                                                                               | 66                |

Zaman ölçümü yapıldıktan sonra işlem süreleri yeni durumun iş akış şeması üzerine yerleştirilmiş ve ardından sipariş zamanı tekrar hesaplanmıştır.



Şekil 6.10. Numunenin laboratuara gönderilmesi işleminin, ölçülen zamanların ilave edildiği durumda iş akış şeması (iyileştirilmiş durum)

Çizelge 6.7. İyileştirilmiş durumda numunenin sağlam olduğu durumun zaman hesap tablosu

| No | Akış dilimi                                                                                                                         | İşlem süresi<br>(saniye) |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| 2  | Sablans sisteminin numuneyi alıp göndermesinin beklenmesi-Numune kabının ağzının açık ve etiketin yapıştırılmış olarak hazırlanması | 27,8                     |
| 3  | Prob borusuna düşen probun alınması                                                                                                 | 1,9                      |
| 4  | Numunenin çekiç ile prob içerisinden çıkarılması                                                                                    | 3,7                      |
| 7  | Numunenin çekiç üzerine alınması                                                                                                    | 5,4                      |
| 8  | Numunenin pnömatik hatta taşınması                                                                                                  | 13,6                     |
| 9  | Numunenin kaba konması ve kapağın kapatılması                                                                                       | 6,1                      |
| 10 | Kabın hatta konarak gönderilmesi                                                                                                    | 4,5                      |
|    | Toplam Zaman                                                                                                                        | 63                       |
|    | Sıklık                                                                                                                              | %95                      |
|    | Ağırlandırılmış Zaman                                                                                                               | $63 \times 0,95 = 59,8$  |

Çizelge 6.8. İyileştirilmiş durumda numunenin sağlam olmadığı durumun zaman hesap tablosu

| No | Akış dilimi                                                                                                                         | İşlem süresi<br>(saniye) |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| 2  | Sablans sisteminin numuneyi alıp göndermesinin beklenmesi-Numune kabının ağzının açık ve etiketin yapıştırılmış olarak hazırlanması | 27,8                     |
| 3  | Prob borusuna düşen probun alınması                                                                                                 | 1,9                      |
| 4  | Numunenin çekiç ile prob içerisinden çıkarılması                                                                                    | 3,7                      |
| 6  | Numunenin bozuk çıkması halinde operatörün bilgilendirilmesi                                                                        | 3                        |
| 2  | Sablans sisteminin numuneyi alıp göndermesinin beklenmesi-Numune kabının ağzının açık ve etiketin yapıştırılmış olarak hazırlanması | 27,8                     |
| 3  | Prob borusuna düşen probun alınması                                                                                                 | 1,9                      |
| 4  | Numunenin çekiç ile prob içerisinden çıkarılması                                                                                    | 3,7                      |
| 7  | Numunenin çekiç üzerine alınması                                                                                                    | 5,4                      |
| 8  | Numunenin pnömatik hatta taşınması                                                                                                  | 13,6                     |
| 9  | Numunenin kaba konması ve kapağın kapatılması                                                                                       | 6,1                      |
| 10 | Kabın hatta konarak gönderilmesi                                                                                                    | 4,5                      |
|    | Toplam Zaman                                                                                                                        | 99,4                     |
|    | Sıklık                                                                                                                              | %5                       |
|    | Ağırlandırılmış Zaman                                                                                                               | $99,4 \times 0,05 = 5,0$ |

Çizelge 6.7’de görüldüğü gibi numunenin laboratuara gönderilmesi işleminin iyileştirilmesi sonrasında numunenin sağlam çıkması durumunda iş akışının toplam süresi 63 saniye olarak gerçekleşmektedir. Bu işlem yürütülürken numunenin sağlam çıkması olasılığı %95 olduğu için toplam sürenin bu olasılıkla çarpılması ile 59,8 saniye olan ağırlıklandırılmış zaman elde edilir.

Çizelge 6.8’de ise numunenin sağlam olmadığı durumda iş akışının toplam 99,4 saniye sürdüğü görülmektedir. Numunenin sağlam olmama olasılığı %5 olduğu için ağırlıklandırılmış zaman 5 saniye olarak tespit edilmiştir.

Sonuç olarak her iki olasılığın ağırlıklandırılmış zamanlarının toplanması ile ortalama sipariş zamanı hesaplanır. Buna göre;

$$\begin{aligned} \text{İyileştirilmiş durumda numune gönderme işinin ortalama sipariş zamanı} &= 59,8 + 5 \\ &= 64,8 \text{ saniye.} \end{aligned}$$

#### Adım-6: Yapılan iyileştirmelerin raporlanması ve standartlaştırılması

Uygulamanın raporlama kısmı için verimlilik hesabı yapılmıştır. Buna göre elde edilen sonuçlar şu şekildedir:

Numune gönderme işi başına kazanılan süre:  $94,8 - 64,8 = 30$  saniye

Toplam yapılan numune işi: 27 000 adet/yıl

Toplam kazanılan süre (saniye):  $27\ 000 \times 30 = 810\ 000$  saniye/yıl

Toplam kazanılan süre (saat):  $810\ 000 / 3600 = 225$  saat/yıl

Çelikhanede numune süresi ne kadar kısalsın ise o kadar çabuk döküme geçilmekte ve daha fazla döküm yapılmaktadır. Bu nedenle yukarıda belirtilen zaman kazancı boyunca yapılan ilave üretim hesaplanmıştır. İlave üretim miktarının hesaplanabilmesi için gerekli olan döküm hızı, bilgi sistemi üzerinden temin edilmiştir.

Çelikhanenin döküm (üretim) hızı: 127 ton/saat

Toplam kazanılan üretim : 225 saat/yıl x 127 ton/saat = 28 575 ton/yıl

Elde edilen bu kazanımlar ilk duruma göre kıyaslanarak, yapılan iyileştirmeler neticesinde elde edilen getiri ortaya konmuştur. Bu çerçevede genel ekipman etkinliği hesabında kullanılan parametreler içerisinde net çalışma oranı ve kalite oranı parametrelerinin ilk durumdaki değerleriyle iyileştirme sonrasında oluşan değerleri birbiriyle aynı olduğu için, yani etkilenmediği için, bu parametreleri oluşturan değerler yazılmamıştır. Net çalışma süresinin değişmemesinin sebebi herhangi bir programsız gecikme süresinde azalma olmamasından kaynaklanmaktadır. Kalite oranının aynı kalma sebebi ise bu parametreyi etkileyecek herhangi bir iyileştirme yapılmamış olmasıdır. Yalnızca performans oranı parametresi etkilenmiş olup bu parametreyi oluşturan değerlerin ilk durumdaki ve iyileştirme sonrasındaki durumları şu şekildedir:

Performans oranı = Fiili üretim / Maksimum üretim (Kapasite)

İyileştirme öncesi fiili üretim: 3 128 400 ton/yıl

İyileştirme sonrası fiili üretim: 3 128 400 + 28 575 = 3 156 975 ton/yıl

Kapasite: 3 300 000 ton/yıl (Fiili üretimler hattın kapasite değerini aşmadığı için hem iyileştirme öncesinde hem iyileştirme sonrasında paydaya kapasite değeri yazılmıştır.)

Buna göre bu tesisin genel ekipman etkinliğinde meydana gelen iyileşme şu şekilde hesaplanabilir:

İyileştirmeden önce genel ekipman etkinliği ve çarpanlarının değerleri:

Performans oranı:  $3\,128\,400 / 3\,300\,000 = \%94,8$

Net çalışma oranı:  $\%99,3$

Kalite oranı:  $\%98,6$

Genel ekipman etkinliği:  $0,948 \times 0,993 \times 0,986 = \%92,8$

İyileştirme sonrasında genel ekipman etkinliği ve çarpanlarının değerleri:

Performans oranı:  $(3\,128\,400 + 28\,575) / 3\,300\,000 = \%95,7$

Net çalışma oranı:  $\%99,3$  (aynı kalmıştır)

Kalite oranı:  $\%98,6$  (aynı kalmıştır)

Genel ekipman etkinliği:  $0,957 \times 0,993 \times 0,986 = \%93,7$

Görüldüğü gibi üretim miktarında meydana gelen artışla birlikte performans oranı  $\%94,8$ 'den  $\%95,7$ 'ye yükselmiş olup böylece genel ekipman etkinliği değeri de  $\%92,8$ 'den  $\%93,7$ 'ye çıkmıştır. İyileştirme sonrasında gelinecek en iyi durum olarak görülmemiş olup sürekli iyileştirme felsefesi ışığında daha da iyi bir duruma nasıl gelinebileceğine yönelik fikirler üretilmesi için çalışanlar eğitim verilmek suretiyle bilinçlendirilmiştir.

#### **6.5. Uygulama Yapılan Demir-Çelik İşletmesinde SMED Uygulama Sistematiği**

Bu kısımda öncelikle SMED sistematiğinin akışı genel hatlarıyla aktarılmış olup ardından uygulama yapılan demir-çelik işletmesinde takip edilen bu sistematiğin adımları detaylı biçimde incelenmiştir.

Üretimin, akışın durdurulmasıyla yapılan değişim işlemlerinin iyileştirilmesi amacıyla kullanılan SMED tekniğinin (Bkz. Şekil 6.3) uygulanmasında öncelikle mevcut durum analiz edilmektedir. Bu yüzden bir kronometre yardımıyla üzerinde çalışılan işlemin zaman etüdü yapılmaktadır. Bu aşamada, her adımda yapılan işlemler zamanlarıyla birlikte ayrı ayrı yazılmaktadır. Periyodik olarak tekrar eden değişim işlemlerinin yeterli sayıda etüt edilmesi, tespit edilen işlem sürelerinin daha güvenilir olmasını sağlamaktadır. Buna ilaveten işlemin videoya çekilmesi ve daha sonra değişim işleminde görev alan çalışanlarla birlikte izlenmek suretiyle bizzat bu işin içinde bulunan çalışanların fikirlerinin alınması, işlem süresinin kısaltılmasına yönelik geliştirilecek iyileştirilme önerilerinin çeşitliliğinin ve miktarının artmasına yol açmaktadır.

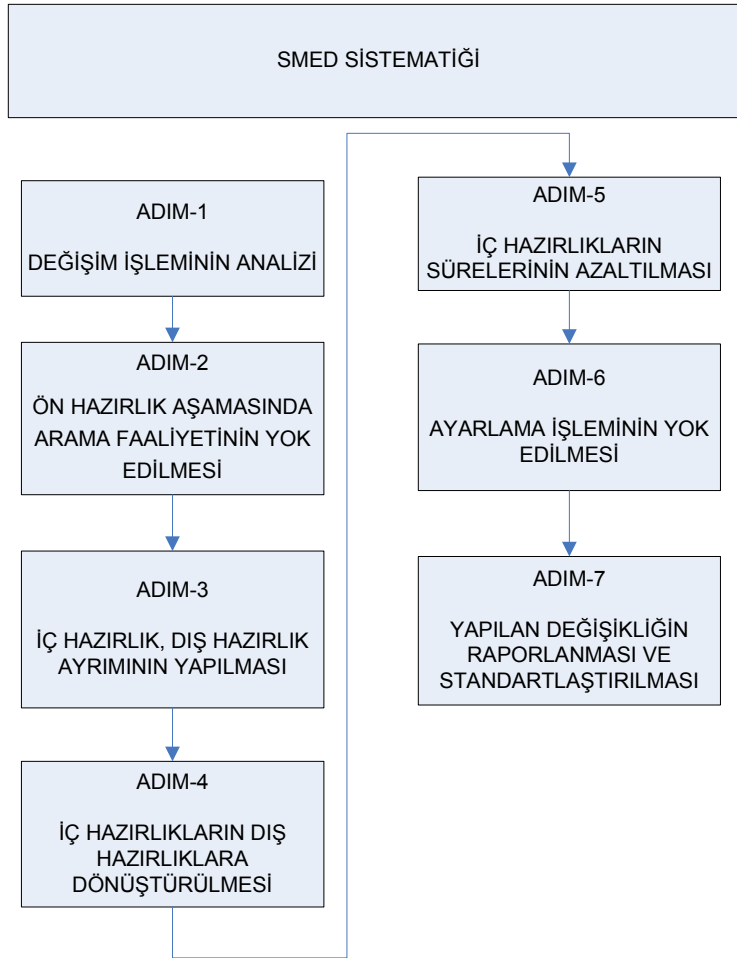
Mevcut durumun analiz edilmesinin ardından değişim işlemi esnasında yapılan işlemlerin hangilerinin makine çalışırken, hangilerinin makine dururken yapıldığı analiz edilmektedir. Makine dururken yapılan işlemler i hazırlık, makine çalışırken yapılan işlemler dış hazırlık olarak tanımlanmaktadır. Bu ayırımın yapılması bile bir değişim işleminin süresinde %30-%50 arasında bir iyileşme sağlamaktadır. Ancak SMED işleminin ulaşmak istediği sonuç bu kadarlık bir iyileştirmeyle yeterli kalmamaktadır. Bu adımdan sonraki aşama makine dururken yapılan işlemlerin yani i hazırlıkların makine çalışırken yapılan işlemlere yani dış hazırlıklara dönüştürölmesidir. Bu noktada iki temel faaliyet öne çıkmaktadır:

- İşlemlerin yeniden gözden geçirilmesi suretiyle i hazırlık olarak tanımlanmış olan adımların dış hazırlığa dönüştürölabilir olup olmadığının gözden geçirilmesi,
- İ hazırlık olarak tanımlanan bu adımların dış hazırlığa dönüştürölmesinin yöntemlerinin bulunması.

Bu iki aşamanın ardından son adım olarak ta hem iç hazırlık hem de dış hazırlık sürelerinin kısaltılmasına yönelik çalışma yürütölür ve sonuç olarak toplam değişim işleminde elde edilen iyileşme standart süre olarak belirlenir [39].

Burada önemli olan konu geleneksel bakış açılarından arınarak farklı ve sürekli yenilikçi bir boyutta operasyon adımlarının düşünölmesiyle mümkün olduğunca her adımın makine çalışırken yürütölabilmesini sağlamaktır.

Verimlilik arttırmaya yönelik çalışmaların gerçekleştirildiği demir-elik tesisinde SMED uygulaması için 7 adımdan oluşan bir sistematik kullanılmıştır (şekil 6.11).



Şekil 6.11. Çalışmanın yürütüldüğü demir-çelik tesisinde uygulanan SMED sistematığı

SMED uygulamasına yönelik olarak Şekil 6.11’de bulunan sistematik bünyesinde yer alan adımlar sırasıyla incelenmiştir:

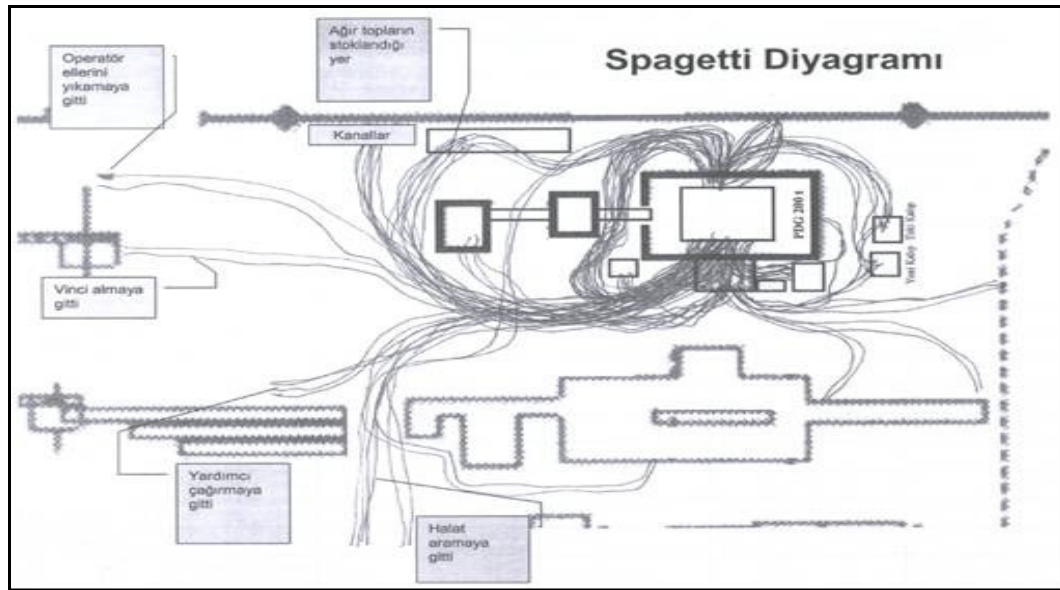
#### Adım 1. Değişim işleminin analizi

Demir-çelik işletmesinde SMED yaklaşımının kullanıldığı çalışmaya başlandığı zaman ilk adım olarak mevcut durumun gözden geçirilmesi ve tam olarak etüt edilmesi hedeflenmiştir. SMED’in ilk kademesi olan iç ve dış hazırlıkların birbirinden ayrılabilmesi için bazı gözlem ve incelemelerle işe başlanmıştır:

- Değişim işlemi başından sonuna kadar filme kaydedilmiştir,
- Ayar ve kontroller ile ilgili tüm bilgiler toplanmıştır,
- Yapılan işin prosedürü yazılmıştır,
- Çalışma elemanları belirlenip süreleri ölçülmüştür,
- Üzerinde çalışılan ekipmanın bulunduğu bölgenin yerleşimi (layout) üzerinde spaghetti diyagramı çizilmiştir:

### *Spagetti diyagramı*

SMED çalışması başlangıcında mevcut durumun analiz edilmesi amacıyla kullanılan diyagramlardan birisi “spagetti diyagramı”dır (Şekil 6.12).



Şekil 6.12. Örnek bir spaghetti diyagramı çizimi [77]

Üzerinde çalışılan makinenin üstten görünüşüne ve yakın çevresine odaklanmış bir yerleşim çiziminde makinede değişim işlemini gerçekleştiren operatörün gidip gelmeleri diyagram üzerine işlenmektedir. İşin bitiminde görülecek olan fazla sayıda operatör yürüyüşlerinin diyagrama bir spaghetti tabağı görüntüsü vermesinden dolayı söz konusu diyagram “spagetti diyagramı” adını almıştır [77]. Farklı kaynaklarda bu diyagram “yürüyüş diyagramı” olarak ta adlandırılmıştır.

Sonradan yapılacak iyileştirme faaliyetinde büyük çoğunluğu israf olan hareket ve taşıma işlemlerinden kurtulmak amaçlanmıştır. Değişim işleminde kullanılan araç gereçlerin uygun yerlerde bulundurulması, tertibatların stoklandığı bölgelerin değişim bölgesine yakınlaştırılması gibi yerleşim düzeninde yapılabilecek iyileştirmeler ile spagetti diyagramının karmaşık görüntüsü ortadan kaldırılabilir.

### *Değişim İşlemi Adımları Zaman Çizelgesi*

Değişim süresini kısaltmak için yapılan çalışmalarda kullanılması gereken bir diğer diyagram da zaman çizelgesidir (Şekil 6.13). Kronometre ile yapılan gözlemin sonuçlarının bu çizelgeye işlenmesiyle dış hazırlığa kaydırılabilecek bazı faaliyetlerin tespit edilmeleri kolaylaşır [77]. Zaman çizelgesinin incelenmesiyle israf olan adımlar kolaylıkla fark edilebilecektir.

| NO | İŞLEM TANIMI                                                                        | SÜRE | İÇ HAZIRLIK | DIŞ HAZIRLIK |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------|------|-------------|--------------|
| 1  | Sink roll merdanesinin muylu temizliği (DS) (WS)                                    | 30   | ✓           |              |
| 2  | Sink roll merdanesine ring, spiral, sleeve, pivot, pivot liner montajı (DS) (WS)    | 120  |             | ✓            |
| 3  | Sink roll merdanesine ring, spiral, sleeve, pivot, pivot liner kaynakları (DS) (WS) | 240  | ✓           |              |
| 4  | Sink roll kollarına bricket liner montajı (DS) (WS)                                 | 120  | ✓           |              |
| 5  | Sink roll kollarına burç montajı (DS) (WS)                                          | 120  | ✓           |              |
| 6  | Sink roll kollarına burç kaynağı (DS) (WS)                                          | 30   |             | ✓            |
| 7  | Sink roll kolunun sete montajı (DS)                                                 | 30   |             | ✓            |
| 8  | Sink roll koluna ara mil takılması (DS)                                             | 10   | ✓           |              |
| 9  | Sink roll koluna merdane takılması (DS)                                             | 30   | ✓           |              |
| 10 | (WS) Kolun sete montajı                                                             | 30   |             | ✓            |
| 11 | Ara mile konik pimlerin takılması                                                   | 15   | ✓           |              |
| 12 | Sink roll setinin ayarı                                                             | 480  | ✓           |              |
| 13 | Sink roll setinin ön ısıtma fırınına konulması                                      | 60   |             | ✓            |
| 14 | Stb roll muylu temizliği (BACK FRONT)                                               | 40   | ✓           |              |
| 15 | Back stb roll e spiral sleeve montajı (OS) (WS)                                     | 60   | ✓           |              |
| 16 | Back stb roll spiral sleeve kaynağı                                                 | 120  |             | ✓            |
| 17 | Back stb roll spiral sleeve temizliği                                               | 30   | ✓           |              |
| 18 | Back stb roll e kaplin montajı (DS)                                                 | 30   |             | ✓            |
| 19 | Front stb roll e spiral sleeve montajı (OS) (WS)                                    | 60   |             | ✓            |
| 20 | Front stb roll spiral sleeve kaynağı                                                | 120  | ✓           |              |

Şekil 6.13. Örnek bir zaman çizelgesi

### Adım-2: Ön hazırlık aşamasında arama faaliyetinin yok edilmesi

SMED işleminin ikinci adımı, değişim işleminde kullanılan araç-gereçlerin değişim işlemi öncesinde hazır edilmesiyle arama faaliyetinin yok edilmesidir. Bunun için şu işlemler gerçekleştirilmelidir:

- Değişim işlemi için ihtiyaç duyulan tüm malzemeleri gösteren bir kontrol listesi hazırlanmalıdır,
- Değişim işlemi için gerekli olan tüm malzemelerin makine durmadan hazır olmaları sağlanmalıdır,
- Değişim işlemi öncesi bu malzemelerin var olduğu ve kullanılabilir durumda olduğu 5S sistemi <sup>2</sup> yoluyla güvence altına alınmalıdır [24].

Daha önce iyileştirme yapılmamış bir değişim süreci izlendiğinde, operatörlerin önemli bir süreyi değişim için gerekli aletleri bulmak için veya sorun çıkan çeşitli aletlerden dolayı yeniden ambara gitmek için kaybettikleri fark edilebilir. Dolayısıyla değişim işlemine başlanmadan önceki en önemli adım 5S sisteminin oturtulmuş olmasıdır. 5S'in özü ise temizlik ve düzendir. Temizlik ve düzen, bir işyerinde verimli çalışabilmenin ön koşullarıdır. Zira karmaşık, düzensiz ve kirli bir çalışma ortamında verimli ve kaliteli iş yapılması oldukça zordur. Ancak temizlik ve düzen faaliyetlerinin de belirli bir sistematik dahilinde yürütülmesi gerekmektedir. Aksi takdirde bir defaya mahsus veya gerekli olduğu durumlarda yapılan temizlik işlerinden kısa bir süre sonra çalışma ortamı yeniden eski haline dönecektir. Bundan dolayı temizlik ve düzen işi için bir kontrol listesi hazırlanarak standarda bağlanmalı, kişilerin keyfiyetinden çıkarılarak organizasyon çapında alışkanlık kazandırılmalı ve kısa zaman aralıklarında periyodik olarak iç tetkik yapılmak suretiyle kontroller gerçekleştirilmelidir [38]. 5S'in avantajları genel olarak şu şekilde sıralanabilir:

---

<sup>2</sup> 5S, işyerlerinde temizlik ve düzen faaliyetlerinin standart bir şekilde yürütülmesini sağlayan bir sistemdir. 5S adı, “ S “ ile başlayan 5 Japonca kelimenin bir arada ifade edilmesidir; Seiri (Sınıflandırma), Seiton (Düzenleme), Seiso (Temizlik), Seiketsu (Standartlaşma) ve Shitsuke (Eğitim ve Disiplin)

- Çalışma ortamının sürekli temiz ve düzenli olması çalışanların motivasyonunun yüksek olmasını sağlar,
- İsraf kalemlerinden birisi olan malzeme taşıma süresi azalır,
- Lüzumsuz alet-edevatın alınması durumu ortadan kalkar,
- Problemler oluşmadan tespit edilebildiği için hatalı ürün sayısı azalır,
- Daha çok kullanılabilir alan oluşur, dar alanlar bile verimli kullanılır,
- Ekipman kontrolleri bir sistematik dahilinde yapıldığı için önleyici bakım faaliyetleri iyileşir,
- Ekipman duruş süreleri azalır,
- Geçiş yolları daha temiz ve bakımlı olur,
- İş kazaları ve yaralanmalar azalır,
- Çeşitli problemler direk gözle tespit edilebilir,
- Yeni ekipmana ihtiyaç olmadan yapılan iş arttırılabilir,
- Çalışanlarda iş yerine bağlılık ruhu oluşur,
- 5S herkesin birlikte gerçekleştirebileceği, topyekün uygulanabilecek bir faaliyetler bütünü olduğu için çalışanların birbirleriyle ilişkisini geliştirir ve işyerine uyumlu çalışmayı sağlar,
- Toplam verimlilik artar.

Bütün bu avantajların toplamında, sonuç olarak 5S'in en büyük avantajı hem çalışanların, hem de müşterilerin ürünlerin ve proseslerin güvenilirliğine olan güvenlerinin tam olarak sağlanmasıdır. Birçok şirkette 5S faaliyetlerinin geliştirilmesi müşterilerinin güvenini kazanmalarını sağlamış ve şirketlerin de istikrarlı büyümelerine olanak tanımıştır [33].

Değişim işlemi için gerekli araç ve gereçler tespit edildikten sonra bunların bir kontrol listesine yazılması ve değişim öncesinde görevli operatörün bu kontrol listesinin üzerinden giderek araç gereç yoklaması yapmasıyla gerekli tüm malzemenin değişim öncesi hazır olduğundan emin olunur.

### Adım-3: İç hazırlık, dış hazırlık ayrımının yapılması

İç hazırlık, makine çalışmıyor iken yapılan hazırlık olup bunlar için amaç yok etmek, dış çalışma haline getirmek veya en aza indirmektir. Dış hazırlık makine çalışıyor iken yapılan hazırlık olup amaç ya yok etmek ya en aza indirmektir.

İç hazırlık ve dış hazırlık tespitleri yapıldıktan sonra dış hazırlıkların değişim öncesi veya sonrası yapılmasını sağlayacak yeni bir prosedür hazırlanması gerekmektedir. İlgili personelin eğitilip bu yeni prosedüre göre çalışmaları sağlanmalı ve gözlenmeli, öngörülen standarttan sapmalar var ise sebepleri araştırılıp giderilmelidir.

İç hazırlıkları dış hazırlıklardan ayırt edebilmek için Adım-1’de hazırlanan ve görsel hale getirilen veriler (spagetti diyagramları ve zaman çizelgesi) ile video çekimleri göz önüne alınarak, değişim işleminde görevli çalışanların da hazır bulunduğu bir oturumda incelenir. Bu aşamada, beyin fırtınası gibi problem çözme tekniklerinin kullanılması oldukça faydalı olmaktadır.

Değişim işleminin her bir adımının üzerinden gidilerek dış hazırlık mı, yoksa iç hazırlık mı olduğu konusunda karar verilmelidir. SMED’in ilk adımında herhangi bir yatırıma ihtiyaç duyulmadan sadece belirli prosedürler üzerinde anlaşarak ve bunları uygulayarak iyileştirme yapılması beklenmektedir.

İç ve dış hazırlık ayrımı yapıldıktan sonra, yeni bir değişim işleminde dış hazırlık yapılabileceği tespit edilmiş olan adımların değişim öncesinde, makine çalışırken yapılması yoluna gidilir. Değişim süresi ve operasyon adımları yeniden ölçülerek raporlanır. Yeni uygulamanın eskisine nazaran daha avantajlı olduğuna karar verildiğinde, değişim talimatı revize edilerek durum resmileştirilir (standartlaştırılır).

#### Adım-4: İç hazırlıkların dış hazırlıklara dönüştürülmesi

Bu adımda tüm iç hazırlık elemanları incelenerek dış hazırlığa çevrilebilmeleri için ne yapılması gerektiği tespit edilmelidir. Ardından iç hazırlık elemanlarının dış hazırlık elemanlarına çevrilmesi için gerekli iyileştirmeler planlanıp uygulanmalıdır.

Bu aşamada dikkate alınması gereken konular şunlardır:

- Parça, araç ve tertibatları getirmek için harcanan zaman,
- Bilgi toplama amaçlı ve kâğıt işleri için harcanan zaman,
- Üretim malzemesini getirmek için harcanan zaman,
- Parçaları temizlemek için harcanan zaman,
- Tamir ve bakım için harcanan zaman.

İç hazırlıkları dış hazırlığa dönüştürebilmek için değişim işleminin alt adımlarının işlevlerine bakılması gerekmektedir. Ardından, iç hazırlık bileşenlerini dış hazırlığa kaydırabilmenin yolları bulunabilir.

Bağlanacak tertibatın makine durdurulmadan önce kaliteli ürün üretilebilecek koşullarda çalışma rejimine hazırlanması iç hazırlıkların dış hazırlıklara dönüştürülmesine katkı sağlayacak bir faaliyettir. Örneğin soğuk haddehanelerde bulunan tandem hattında iş merdaneleri dış hazırlıkta, yani önceden ısı ceketi yardımıyla ısıtıldığı takdirde, üretim safhasına geçildikten sonra birinci veya ikinci denemeden itibaren kaliteli ürün alınabilmektedir.

Bunun yanında bağlanacak tertibatların ebatlarının standartlaştırılması ve ayarlama işlemlerinin makine çalışırken yapılacak şekilde iyileştirilmesi faaliyetleri iç hazırlıkların dış hazırlıklara dönüştürülmesine yönelik diğer örnek uygulamalardır.

#### Adım-5: İç hazırlıkların sürelerinin azaltılması

Bu aşamada iç hazırlık adımları teker teker incelenerek daha kısa sürede nasıl gerçekleştirilebileceği düşünülür. Öngörülen iyileştirme önerileri için bir plan hazırlanıp uygulamaya konulur. İç hazırlık elemanlarında gerçekleştirilebilecek çeşitli iyileştirmeler şu şekilde sıralanabilir:

- Pozisyonlamanın kolaylaştırılması,
- Sökme ve takma işlemlerinin kolaylaştırılması,
- Paralel çalışmanın geliştirilmesi ve uygun ekip sayısının belirlenmesi.

Bu aşamada iç hazırlık faaliyetlerini kısaltmak amacıyla bulunan çözümler dış hazırlık faaliyetlerinin de kısılmasına yol açmaktadır.

Makinelere bağlanacak tertibatların ve diğer teçhizatların stok bölgesinde üretime hazır durumda bekletilmesi, kolay ulaşılabilir ve kolay tanımlanabilir hale getirilmesi, tertibat stok bölgeleri ile tertibat üzerinde renk ve numaralarla işaretleme ve adresleme yapılması, takılacak tertibatların üzerinde taşındığı ve makineye yanaşabilen özel arabaların kullanılması da iç hazırlık sürelerinin kısaltılması noktasında fayda sağlamaktadır [74].

Bunlara ilaveten faaliyetlerin etüt edilmesi sonucunda mevcut bir işin iki operatör arasında paylaşılması suretiyle değişim süresinin paralel çalışma yoluyla kısaltılması da bir diğer verimlilik artırıcı çözümdür.

#### Adım-6: Ayarlama işleminin yok edilmesi

SMED uygulamalarında ayarlama işlemlerinin ortadan kaldırılması verimliliğin artırılması noktasında gereklidir. Ayarlama işlemleri esnasında üretim gerçekleştirilemediği için bekleme israfı oluşmakta ve değişim işleminin süresi uzamaktadır. Bu nedenle ekipmanın ve tertibatın üzerinde ayarlama işlemini ortadan

kaldırarak şekilde iyileştirmeler yapılması değişim süresinin kısılmasını sağlamaktadır. Bu aşamada amaç ayar sürelerinin kısaltılması değil, ayar yapma ihtiyacından tamamen kurtulmak olarak belirlenmiştir.

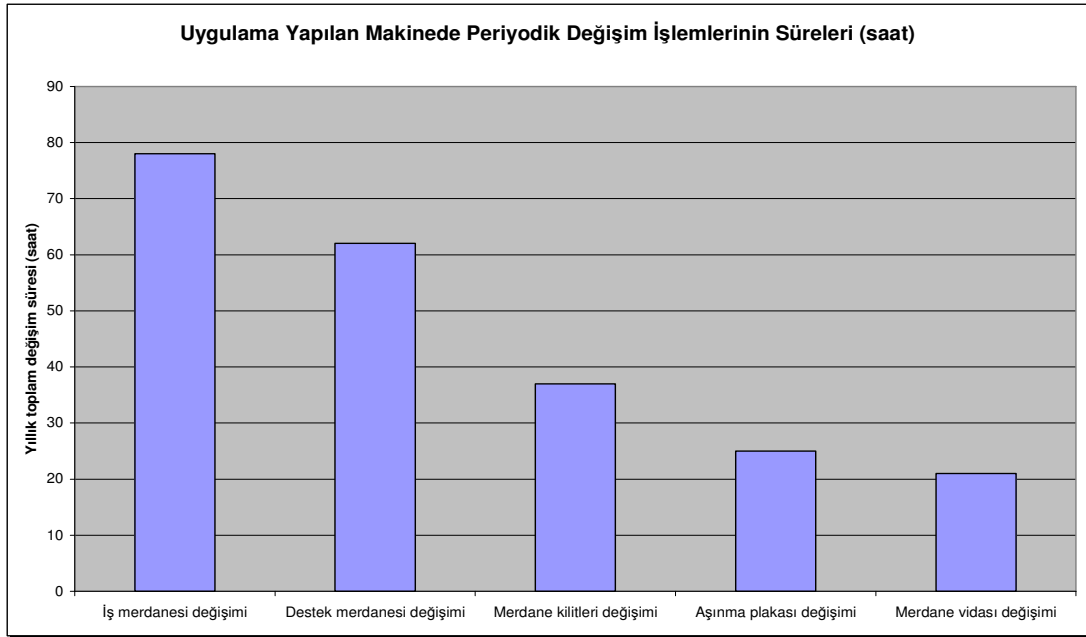
#### Adım-7: Yapılan değişikliğin raporlanması ve standartlaştırılması

Son aşamada SMED uygulamasının sürekliliğinin sağlanması için yapılan iyileştirmeler sonucunda iş akışında oluşan değişiklikler raporlanır ve standardizasyon sağlanır. Bunun için ilk etapta yapılan tüm iyileştirme çalışmalarını kapsayacak şekilde yeni bir prosedür hazırlanıp yayınlanabilir. Nitekim hazırlık ve değişim aşamasında yaşanan problemlerin yarısı organize olmayan prosedürlerden kaynaklanmaktadır [52]. Bu noktada yürütülmesi gereken faaliyetler şunlardır:

- Tertibat değişim işleminde olabilecek değişkenliklerin sebepleri araştırılmalı ve yok edilmelidir,
- Kabul edilebilir bir standart seviyesine gelince resmi prosedür ve standart yayınlanmalıdır,
- Elde edilen sonuçlar yayınlanarak başkalarının da faydalanması sağlanmalıdır,
- Elde edilen sonuçların uygulanabileceği başka makineler var ise onlara da uygulanmaları için plan hazırlanmalıdır.

#### **6.5.1. SMED uygulaması**

Uygulamanın gerçekleştirildiği demir-çelik tesisinde öncelikle SMED tekniği kullanılarak yapılacak olan iyileştirmenin hangi makinede gerçekleştirileceği tespit edilmiştir. Buna göre, darboğaz olan makine belirlenmiş olup bu makine üzerinde gerçekleştirilen değişim işlemleri analiz edilmiş ve pareto analizi sonucunda yıllık bazda en fazla makine duruşuna sebep olan değişim nedenleri zamanlarına göre büyükten küçüğe doğru sıralanmıştır (Şekil.6.14).



Şekil 6.14. Uygulama yapılan makinede periyodik değişim işlemlerinin süreleri

Henüz bu konuda yeterli bilgiye sahip olmayan çalışanların ilgisini çekmek, motivasyonunu artırmak ve sonraki çalışmalara teşvik etmek amacıyla yapılacak olan ilk çalışma, darboğaz olan makinede en uzun süreli duruşa sebebiyet veren ve iyileştirme fırsatı fazla olan iş merdanesi değişim işleminde uygulanmıştır.

Normalde SMED tekniği, çıkış yeri olan otomotiv fabrikalarında kalıp değişimi için kullanılırken demir-çelik işletmelerinde farklı tertibatların değişim işlemlerinde bu teknikten faydalanmak mümkündür. Bunlara örnek olarak yüksek fırınlarda tüyer değişimi, çelikhanede blok değişimi, sürekli döküm tesislerinde tandış değişimi, haddehanelerde de merdane değişimi gösterilebilir. Bu çerçevede, yukarıda da ifade edildiği gibi, yapılan uygulama bir demir-çelik tesisinin haddehanesinde merdane değişim işlemini kısaltmaya yönelik gerçekleştirilmiştir.

Gerçekleştirilen SMED uygulaması şekil 6.11’de yer alan SMED uygulama sistematığının adımları doğrultusunda hayata geçirilmiştir:

### Adım-1: Değişim işleminin analizi

Üzerinde çalışılan makinede, iş merdaneleri kullanılarak çelik üretiminin ana faaliyetlerinden olan haddeleme işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu makinede belirli periyotlarda iş merdanelerinin çift olarak değişimi yapılmaktadır. Bu periyotlar üretilen ürün tonajına bağlı olup 15 000 ton üründe bir programlı olarak değişim işlemi uygulanmaktadır. Bunun yanında iş merdanesinde çeşitli problemler yaşanması durumunda programsız değişimler de gerçekleştirilmektedir. Söz konusu makinenin kapasitesi 1 000 000 ton/yıl olup yılda 900 000 ton çelik üretimi yapılmaktadır. Buna göre, bu makinede yılda 60 defa programlı olarak iş merdanesi değişimi gerçekleştirilmektedir.

Yapılan değişim işlemi incelenerek zaman analizi yapılmıştır. Çizelge 6.9'da, yapılan incelemelerin sonucunda işlem adımlarının elde edilen ortalama süreleri yer almaktadır. İstatistiksel olarak güvenilir sonuçların elde edilmesi amacıyla iş merdanesi değişim işlemi üzerinde 32 adet gözlem yapılmıştır.

Çizelge 6.9. İlk durumda iş merdanesi değişim işleminin adımlarının süreleri (zaman çizelgesi)

| <b>İş Merdanesi Değişim İşlemi Akış Şeması Raporu</b> |                                                                      |                              |
|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------|
|                                                       | <b>Adım</b>                                                          | <b>İşlem Süresi (dakika)</b> |
| 1                                                     | Giriş wiper'in çıkarılması                                           | 1                            |
| 2                                                     | Çıkış wiper'in çıkarılması                                           | 1                            |
| 3                                                     | Üst hadde takoz yuvalarının yıkanması ve takoz yerleştirilmesi       | 3                            |
| 4                                                     | Üst haddenin, alt haddenin üzerine düzgün yerleştirilmesi (oturması) | 1                            |
| 5                                                     | Alt hadde takoz yuvalarının yıkanması ve takoz yerleştirilmesi       | 2                            |
| 6                                                     | Alt haddenin, alt backup üzerine düzgün yerleştirilmesi (oturması)   | 5                            |
| 7                                                     | Alt hadde hortum sökülmesi                                           | 2                            |
| 8                                                     | Alt backup hortum sökülmesi                                          | 2                            |
| 9                                                     | Üst, alt hadde ve backup kilitlerinin açılması                       | 1                            |
| 10                                                    | Haddelerin dışarı alınması                                           | 3                            |
| 11                                                    | Üst haddenin vinç ile alınması (bekleme yerine getirme, bırakma)     | 6                            |
| 12                                                    | Alt haddenin vinç ile alınması (bekleme yerine getirme, bırakma)     | 6                            |
| 13                                                    | Backup'ın dışarı alınması ve şim değişiminin yapılması               | 10                           |
| 14                                                    | Alt hadde konması ve yerleştirilmesi                                 | 5                            |
| 15                                                    | Alt hadde sıyırıcı ayarının kontrol edilmesi                         | 1                            |
| 16                                                    | Üst hadde konması ve yerleştirilmesi                                 | 4                            |
| 17                                                    | Hadde soğutma sularının kontrol edilmesi                             | 1                            |
| 18                                                    | Haddelerin içeri verilmesi                                           | 4                            |
| 19                                                    | Alt backup hidrolik hortumunun bağlanması                            | 3                            |
| 20                                                    | Alt hadde hidrolik hortumunun bağlanması                             | 3                            |
| 21                                                    | Alt haddenin kaldırılması                                            | 1                            |
| 22                                                    | Alt hadde takozlarının alınması                                      | 2                            |
| 23                                                    | Alt backup'ın kaldırılması                                           | 1                            |
| 24                                                    | Alt backup takozlarının alınması                                     | 2                            |
| 25                                                    | Üst hadde kilitlerinin kapanması                                     | 0,5                          |
| 26                                                    | Alt hadde kilitlerinin kapanması                                     | 0,5                          |
| 27                                                    | Giriş wiper'in içeri verilmesi                                       | 1                            |
| 28                                                    | Alt backup kilitlerinin kapanması                                    | 2                            |
| 29                                                    | Çıkış wiper'in içeri verilmesi                                       | 1                            |
| 30                                                    | Enerji verilmesi                                                     | 1                            |
| 31                                                    | Haddenin sıfırlanması                                                | 2                            |
| <b>Toplam Süre</b>                                    |                                                                      | <b>78</b>                    |

Çizelgeden de görüldüğü gibi merdane değişim süresi ortalama 78 dakika sürmektedir. Yapılan bu analizin yanı sıra çalışanların değişim işlemi boyunca gerçekleştirdikleri hareketlerinin resmedildiği spagetti diyagramı çizilmiştir (EK-9). Bu sayede yürütülen işleme kuşbakışı bakılarak tam bir fikir sahibi olunmuştur. Spagetti diyagramında, iş merdanesi değişim işleminin ilk durumunda yapılan hareketlerin toplam mesafesinin 114 m olduğu görülmektedir.

Bu faaliyetlerin yanı sıra, değişim işleminden hemen sonra yapılan işlemin işçilerle birlikte izlenerek iyileştirmeye yönelik fikirlerin geliştirilmesi amacıyla merdane değişim işleminin videoyla kamera çekimi gerçekleştirilmiştir. Bunun yanında, üzerinde çalışılan hattın yanında bulunan panolara hedeflenen değişim süresi, çalışmanın hedeflenen bitiş tarihi, o ana kadar gerçekleştirilmiş olan en iyi değişim süresi gibi bilgiler herkesin görebileceği şekilde asılmış olup bu yolla merdane değişimiyle ilgili çalışanlar üzerinde motivasyonu artırıcı bir etki oluşturulmuştur.

#### Adım-2. Ön hazırlık aşamasında arama faaliyetinin yok edilmesi

İş merdanesi değişim işlemi esnasında takoz, halat, çekiç gibi belirli alet-edevatlarla ihtiyaç duyulmaktadır. Normal şartlar altında yani herhangi bir arıza çıkmadığı durumlarda kullanılan aletler bellidir ve her değişimde kullanılmaktadır. Bu aletler her değişimden önce belirli uzaklıklarda bulunan dolaplardan alınarak kullanılmak suretiyle hareket ve bekleme israflarına yol açmaktadır. Belirtilen bu israfların önüne geçmek maksadıyla 6.5 bölümünde anlatılan 5S sistemi doğrultusunda çeşitli iyileştirmeler hayata geçirilmiştir. İhtiyaç duyulan malzemeleri aramayla vakit kaybetmek, uzak noktalardan almak yerine değişim noktasına olabilecek en yakın noktaya ve düzenli bir şekilde, yani etiketlenmiş, temizlenmiş haliyle stoklamak gereğinden hareketle iş merdanesi değişiminde kullanılan aparatların yerleri en uygun şekilde düzenlenmiştir. Bunun yanında hazırlanan kontrol listeleriyle malzemelerin doğru yerlerinde olup olmadığı, eksik olup olmadığı, temiz, kullanılabilir durumda olup olmadığı periyodik şekilde kontrol edilmeye başlanmıştır.

### Adım-3: İç hazırlık, dış hazırlık ayrımının yapılması

Merdane değişim işlemi adımlarına ayrıldıktan sonra her bir adım analiz edilerek iç hazırlık, yani makine dururken yapılan faaliyetler ile dış hazırlık yani makine çalışırken yürütülen faaliyetler tespit edilmiştir. Buna göre, her bir işlem adımı gözden geçirilerek hangilerinin makine çalışırken yapıldığı, hangilerinin makine dururken yapıldığı işaretlenerek iç hazırlık, dış hazırlık ayrımı yapılmıştır (Çizelge 6.10).

Çizelge 6.10. İlk durumda iş merdanesi değişim işlemi adımlarında iç hazırlık ve dış hazırlık adımlarının işaretlendiği zaman çizelgesi

| <b>İş Merdanesi Değişim İşlemi Akış Şeması Raporu</b> |                                                                       |                              |                    |                     |
|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------|--------------------|---------------------|
|                                                       | <b>Adım</b>                                                           | <b>İşlem Süresi (dakika)</b> | <b>İç Hazırlık</b> | <b>Dış Hazırlık</b> |
| 1                                                     | Giriş wiper'in çıkarılması                                            | 1                            | ✓                  |                     |
| 2                                                     | Çıkış wiper'in çıkarılması                                            | 1                            | ✓                  |                     |
| 3                                                     | Üst hadde takoz yuvalarının yıkanması ve takoz yerleştirilmesi        | 3                            | ✓                  |                     |
| 4                                                     | Üst haddenin, alt haddenin üzerine düzgün yerleştirilmesi (oturtması) | 1                            | ✓                  |                     |
| 5                                                     | Alt hadde takoz yuvalarının yıkanması ve takoz yerleştirilmesi        | 2                            | ✓                  |                     |
| 6                                                     | Alt haddenin, alt backup üzerine düzgün yerleştirilmesi (oturtması)   | 5                            | ✓                  |                     |
| 7                                                     | Alt hadde hortum sökülmesi                                            | 2                            | ✓                  |                     |
| 8                                                     | Alt backup hortum sökülmesi                                           | 2                            | ✓                  |                     |
| 9                                                     | Üst, alt hadde ve backup kilitlerinin açılması                        | 1                            | ✓                  |                     |
| 10                                                    | Haddelerin dışarı alınması                                            | 3                            | ✓                  |                     |
| 11                                                    | Üst haddenin vinç ile alınması (bekleme yerine getirme, bırakma)      | 6                            | ✓                  |                     |
| 12                                                    | Alt haddenin vinç ile alınması (bekleme yerine getirme, bırakma)      | 6                            | ✓                  |                     |
| 13                                                    | Backup'ın dışarı alınması ve şim değişiminin yapılması                | 10                           | ✓                  |                     |
| 14                                                    | Alt hadde konması ve yerleştirilmesi                                  | 5                            | ✓                  |                     |
| 15                                                    | Alt hadde sıyrıcı ayarının kontrol edilmesi                           | 1                            | ✓                  |                     |
| 16                                                    | Üst hadde konması ve yerleştirilmesi                                  | 4                            | ✓                  |                     |
| 17                                                    | Hadde soğutma sularının kontrol edilmesi                              | 1                            | ✓                  |                     |
| 18                                                    | Haddelerin içeri verilmesi                                            | 4                            | ✓                  |                     |
| 19                                                    | Alt backup hidrolik hortumunun bağlanması                             | 3                            | ✓                  |                     |
| 20                                                    | Alt hadde hidrolik hortumunun bağlanması                              | 3                            | ✓                  |                     |
| 21                                                    | Alt haddenin kaldırılması                                             | 1                            | ✓                  |                     |
| 22                                                    | Alt hadde takozlarının alınması                                       | 2                            | ✓                  |                     |
| 23                                                    | Alt backup'ın kaldırılması                                            | 1                            | ✓                  |                     |
| 24                                                    | Alt backup takozlarının alınması                                      | 2                            | ✓                  |                     |
| 25                                                    | Üst hadde kilitlerinin kapanması                                      | 0,5                          | ✓                  |                     |
| 26                                                    | Alt hadde kilitlerinin kapanması                                      | 0,5                          | ✓                  |                     |
| 27                                                    | Giriş wiper'in içeri verilmesi                                        | 1                            | ✓                  |                     |
| 28                                                    | Alt backup kilitlerinin kapanması                                     | 2                            | ✓                  |                     |
| 29                                                    | Çıkış wiper'in içeri verilmesi                                        | 1                            | ✓                  |                     |
| 30                                                    | Enerji verilmesi                                                      | 1                            | ✓                  |                     |
| 31                                                    | Haddenin sıfırlanması                                                 | 2                            | ✓                  |                     |
| <b>Toplam Süre</b>                                    |                                                                       | <b>78</b>                    |                    |                     |

Çizelge 6.10'da da görüldüğü gibi iş merdanesi değişim işleminde yer alan 31 adet adımın tamamı iç hazırlık olup hat dururken yürütülmektedir. İç hazırlıkları dış hazırlıklardan ayırt edebilmek için Adım-1'de hazırlanan spagetti diyagramı ve

zaman çizelgesi incelenerek ilgili çalışanların da hazır bulunduğu bir oturumda değerlendirme yapılmıştır.

#### Adım-4: İç hazırlıkların dış hazırlıklara dönüştürülmesi

Üçüncü adımda iç hazırlık ve dış hazırlık ayrımı yapıldıktan sonra dördüncü adımda hangi adımların dış hazırlığa dönüştürülebileceği konusunda çalışılmıştır. Bu adımda öncelikle video görüntüleri izlenmiş olup bütün çalışanların gerçekleştirilen işlemin bütün detaylarına hakim olması sağlanmıştır. Ardından iş etüdü uygulamasında yapıldığı gibi SMED çalışmasında da ekip üyelerinin iyileştirme önerilerinin toplanması amacıyla beyin fırtınası gerçekleştirilmiştir. Yapılan beyin fırtınasının sonucunda iş merdanesi değişim işleminde hangi adımların makine çalışırken yapılabileceği ve bu iyileştirmeler için neler yapılması gerektiği ortaya konmuştur. Yapılan tespitler neticesinde dış hazırlığa dönüştürülebilecek adımların işaretlendiği ve yapılabilecek faaliyetlerin yer aldığı yeni zaman çizelgesi hazırlanmıştır (Çizelge 6.11). Buna göre, iç hazırlıkların dış hazırlık olarak düzenlenmesi için önerilen iyileştirme faaliyetleri şu şekildedir:

- Yeni merdanelerin tek tek taşınması yerine 2 tanesinin aynı anda taşınması ile zaman kazancı sağlanması,
- Yeni merdanelerin değişim işleminden önce olabilecek en yakın noktaya konulması ile taşıma sürelerinin kısaltılması,
- Şim değişiminin planlı bakımlar esnasında yapılması ile iş merdanesi değişim işlemi esnasında bu adımın ortadan kaldırılması.

İş merdanesi değişim işleminin ilk durumunda 11. adımda yer alan üst haddenin (merdane) vinç ile alınması işlemi ile 12. adımda yer alan alt haddenin vinç ile alınması işlemleri, aynı anda iki merdane taşınması ile tek bir adıma düşmüştür. Benzer şekilde 14. adımda yer alan alt haddenin konması ve yerleştirilmesi ile 16. adımda yer alan üst haddenin konması ve yerleştirilmesi işlemleri tek adıma düşmüş, 15. adımda yer alan alt hadde sıyrıcı ayarının kontrol edilmesi işlemi ise değişim

Çizelge 6.11. İlk durumda iş merdanesi değişim işlemi adımlarında dış hazırlığa dönüştürülebilecek olan iç hazırlık adımlarının işaretlendiği ve neler yapılabileceğinin not alındığı zaman çizelgesi

| <b>İş Merdanesi Değişim İşlemi Akış Şeması Raporu</b> |                                                                      |                              |                    |                     |                                 |                                          |
|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------|--------------------|---------------------|---------------------------------|------------------------------------------|
|                                                       | <b>Adım</b>                                                          | <b>İşlem Süresi (dakika)</b> | <b>İç Hazırlık</b> | <b>Dış Hazırlık</b> | <b>Dış Hazırlık Yapılabilir</b> | <b>Yapılması Gerekenler</b>              |
| 1                                                     | Giriş wiper'in çıkarılması                                           | 1                            | ✓                  |                     |                                 |                                          |
| 2                                                     | Çıkış wiper'in çıkarılması                                           | 1                            | ✓                  |                     |                                 |                                          |
| 3                                                     | Üst hadde takoz yuvalarının yıkanması ve takoz yerleştirilmesi       | 3                            | ✓                  |                     |                                 |                                          |
| 4                                                     | Üst haddenin, alt haddenin üzerine düzgün yerleştirilmesi (oturması) | 1                            | ✓                  |                     |                                 |                                          |
| 5                                                     | Alt hadde takoz yuvalarının yıkanması ve takoz yerleştirilmesi       | 2                            | ✓                  |                     |                                 |                                          |
| 6                                                     | Alt haddenin, alt backup üzerine düzgün yerleştirilmesi (oturması)   | 5                            | ✓                  |                     |                                 |                                          |
| 7                                                     | Alt hadde hortum sökülmesi                                           | 2                            | ✓                  |                     |                                 |                                          |
| 8                                                     | Alt backup hortum sökülmesi                                          | 2                            | ✓                  |                     |                                 |                                          |
| 9                                                     | Üst, alt hadde ve backup kilitlerinin açılması                       | 1                            | ✓                  |                     |                                 |                                          |
| 10                                                    | Haddelerin dışarı alınması                                           | 3                            | ✓                  |                     |                                 |                                          |
| 11                                                    | Üst haddenin vinç ile alınması (bekleme yerine getirme, bırakma)     | 6                            | ✓                  |                     | ✓                               | Aynı anda iki adet merdane taşınması     |
| 12                                                    | Alt haddenin vinç ile alınması (bekleme yerine getirme, bırakma)     | 6                            | ✓                  |                     | ✓                               |                                          |
| 13                                                    | Backup'ın dışarı alınması ve şim değişiminin yapılması               | 10                           | ✓                  |                     | ✓                               | Planlı bakımlar esnasında yapılması      |
| 14                                                    | Alt hadde konması ve yerleştirilmesi                                 | 5                            | ✓                  |                     | ✓                               | Aynı anda iki adet merdane taşınması     |
| 15                                                    | Alt hadde sıyırıcı ayarının kontrol edilmesi                         | 1                            | ✓                  |                     | ✓                               | ve yeni merdanelerin olabilecek en yakın |
| 16                                                    | Üst hadde konması ve yerleştirilmesi                                 | 4                            | ✓                  |                     | ✓                               | noktaya konulması                        |
| 17                                                    | Hadde soğutma sularının kontrol edilmesi                             | 1                            | ✓                  |                     |                                 |                                          |
| 18                                                    | Haddelerin içeri verilmesi                                           | 4                            | ✓                  |                     |                                 |                                          |
| 19                                                    | Alt backup hidrolik hortumunun bağlanması                            | 3                            | ✓                  |                     |                                 |                                          |
| 20                                                    | Alt hadde hidrolik hortumunun bağlanması                             | 3                            | ✓                  |                     |                                 |                                          |
| 21                                                    | Alt haddenin kaldırılması                                            | 1                            | ✓                  |                     |                                 |                                          |
| 22                                                    | Alt hadde takozlarının alınması                                      | 2                            | ✓                  |                     |                                 |                                          |
| 23                                                    | Alt backup'ın kaldırılması                                           | 1                            | ✓                  |                     |                                 |                                          |
| 24                                                    | Alt backup takozlarının alınması                                     | 2                            | ✓                  |                     |                                 |                                          |
| 25                                                    | Üst hadde kilitlerinin kapanması                                     | 0,5                          | ✓                  |                     |                                 |                                          |
| 26                                                    | Alt hadde kilitlerinin kapanması                                     | 0,5                          | ✓                  |                     |                                 |                                          |
| 27                                                    | Giriş wiper'in içeri verilmesi                                       | 1                            | ✓                  |                     |                                 |                                          |
| 28                                                    | Alt backup kilitlerinin kapanması                                    | 2                            | ✓                  |                     |                                 |                                          |
| 29                                                    | Çıkış wiper'in içeri verilmesi                                       | 1                            | ✓                  |                     |                                 |                                          |
| 30                                                    | Enerji verilmesi                                                     | 1                            | ✓                  |                     |                                 |                                          |
| 31                                                    | Haddenin sıfırlanması                                                | 2                            | ✓                  |                     |                                 |                                          |
| <b>Toplam Süre</b>                                    |                                                                      | <b>78</b>                    |                    |                     |                                 |                                          |

işlemden önce yapıldığı için dış hazırlığa dönüştürülmüştür. Bunların yanında taşınacak olan merdane çifti değişim işleminden önce olabilecek en yakın noktaya yerleştirildiği için taşıma süreleri de kısalmıştır. Böylelikle ilk durumda toplam 12 dakika süren 11. ve 12. adımlar toplam 1 dakikaya, 10 dakika süren 14., 15. ve 16. adımların toplamı da 1 dakikaya düşmüştür. Bunların yanında şim değişiminin de planlı bakımlar esnasında gerçekleştirilmesi ile 13. adımda yer alan backup'ın dışarı alınması ve şim değişiminin yapılması faaliyeti dış hazırlığa dönüştürülmüştür. Bu sayede ilk durumda 10 dakika süren 13. adım nedeniyle iş merdanesi değişim işlemi esnasında süre harcanmasının önüne geçilmiştir (Çizelge 6.12).

Çizelge 6.12. İç hazırlıkların dış hazırlıklara dönüştürülmesinin ardından iş merdanesi değişim işleminin zaman çizelgesi

| <b>İş Merdanesi Değişim İşlemi Akış Şeması Raporu</b> |                                                                    |                    |                     |                              |                                                     |                      |
|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------|
|                                                       | <b>Adım</b>                                                        | <b>İç Hazırlık</b> | <b>Dış Hazırlık</b> | <b>İşlem Süresi (dakika)</b> | <b>İyileştirilmiş Durumda İşlem Süresi (dakika)</b> | <b>Fark (dakika)</b> |
| 1                                                     | Giriş wiper'in çıkarılması                                         | ✓                  |                     | 1                            | 1                                                   | -                    |
| 2                                                     | Çıkış wiper'in çıkarılması                                         | ✓                  |                     | 1                            | 1                                                   | -                    |
| 3                                                     | Üst hadde takoz yuvalarının yıkanması ve takoz yerleştirilmesi     | ✓                  |                     | 3                            | 3                                                   | -                    |
| 4                                                     | Üst haddenin, alt haddenin üzerine düzgün yerleştirilmesi (oturma) | ✓                  |                     | 1                            | 1                                                   | -                    |
| 5                                                     | Alt hadde takoz yuvalarının yıkanması ve takoz yerleştirilmesi     | ✓                  |                     | 2                            | 2                                                   | -                    |
| 6                                                     | Alt haddenin, alt backup üzerine düzgün yerleştirilmesi (oturma)   | ✓                  |                     | 5                            | 5                                                   | -                    |
| 7                                                     | Alt hadde hortum sökülmesi                                         | ✓                  |                     | 2                            | 2                                                   | -                    |
| 8                                                     | Alt backup hortum sökülmesi                                        | ✓                  |                     | 2                            | 2                                                   | -                    |
| 9                                                     | Üst, alt hadde ve backup kilitlerinin açılması                     | ✓                  |                     | 1                            | 1                                                   | -                    |
| 10                                                    | Haddelerin dışarı alınması                                         | ✓                  |                     | 3                            | 3                                                   | -                    |
| 11                                                    | Üst haddenin vinç ile alınması (bekleme yerine getirme, bırakma)   |                    | ✓                   | 6                            | 1                                                   | 11                   |
| 12                                                    | Alt haddenin vinç ile alınması (bekleme yerine getirme, bırakma)   |                    | ✓                   | 6                            |                                                     |                      |
| 13                                                    | Backup'ın dışarı alınması ve şim değişiminin yapılması             |                    | ✓                   | 10                           | 0                                                   | 10                   |
| 14                                                    | Alt hadde konması ve yerleştirilmesi                               |                    | ✓                   | 5                            | 1                                                   | 9                    |
| 15                                                    | Alt hadde sıyrıcı ayarının kontrol edilmesi                        |                    | ✓                   | 1                            |                                                     |                      |
| 16                                                    | Üst hadde konması ve yerleştirilmesi                               |                    | ✓                   | 4                            |                                                     |                      |
| 17                                                    | Hadde soğutma suyunun kontrol edilmesi                             | ✓                  |                     | 1                            | 1                                                   | -                    |
| 18                                                    | Haddelerin içeri verilmesi                                         | ✓                  |                     | 4                            | 4                                                   | -                    |
| 19                                                    | Alt backup hidrolik hortumunun bağlanması                          | ✓                  |                     | 3                            | 3                                                   | -                    |
| 20                                                    | Alt hadde hidrolik hortumunun bağlanması                           | ✓                  |                     | 3                            | 3                                                   | -                    |
| 21                                                    | Alt haddenin kaldırılması                                          | ✓                  |                     | 1                            | 1                                                   | -                    |
| 22                                                    | Alt hadde takozlarının alınması                                    | ✓                  |                     | 2                            | 2                                                   | -                    |
| 23                                                    | Alt backup'ın kaldırılması                                         | ✓                  |                     | 1                            | 1                                                   | -                    |
| 24                                                    | Alt backup takozlarının alınması                                   | ✓                  |                     | 2                            | 2                                                   | -                    |
| 25                                                    | Üst hadde kilitlerinin kapanması                                   | ✓                  |                     | 0,5                          | 0,5                                                 | -                    |
| 26                                                    | Alt hadde kilitlerinin kapanması                                   | ✓                  |                     | 0,5                          | 0,5                                                 | -                    |
| 27                                                    | Giriş wiper'in içeri verilmesi                                     | ✓                  |                     | 1                            | 1                                                   | -                    |
| 28                                                    | Alt backup kilitlerinin kapanması                                  | ✓                  |                     | 2                            | 2                                                   | -                    |
| 29                                                    | Çıkış wiper'in içeri verilmesi                                     | ✓                  |                     | 1                            | 1                                                   | -                    |
| 30                                                    | Enerji verilmesi                                                   | ✓                  |                     | 1                            | 1                                                   | -                    |
| 31                                                    | Haddenin sıfırlanması                                              | ✓                  |                     | 2                            | 2                                                   | -                    |
| <b>Toplam Süre</b>                                    |                                                                    |                    |                     | <b>78</b>                    | <b>48</b>                                           | <b>30</b>            |

#### Adım-5: İç hazırlıkların sürelerinin azaltılması

İç hazırlıkların dış hazırlıklara dönüştürülmesinin ardından iç hazırlıkların sürelerini kısaltmaya yönelik çalışmalar yürütülmüştür. Bu çerçevede, yine beyin fırtınası yapılarak uygulanabilecek iyileştirme önerileri tespit edilmiştir:

- Paralel çalışma ile giriş ve çıkış wiper'ların aynı anda çıkarılması.
- Daha hafif bir malzemedan yapılmış takozlar kullanılması.
- 4 adet takozun ayrı ayrı yerleştirilmesi yerine birer demir çubuk yardımıyla 2'şerli şekilde birbirine bağlanarak yerleştirilmesi.
- Hortum başlıklarının hızlı bağlantı sistemine dönüştürülmesi.
- Aynı anda 2 mekanik bakımcı yerine 4 mekanik bakımcı çalıştırılması yoluyla süre kazancı sağlanması (paralel çalışma).

- Merdanelerin dışarıya çıkarılmasını ve içeriye yerleştirilmesini sağlayan mekanizma olan kızak sisteminin daha hızlı çalışır hale getirilmesi.
- Çıkarılan eski merdanelerin olabilecek en yakın noktaya bırakılması.
- Paralel çalışma ile aynı anda giriş ve çıkış wiper'ların içeri verilmesi, kilitlerin kapanması, enerji verilmesi ve haddelerin sıfırlanması.
- Çıkarılan eski merdanelerin tek tek taşınması yerine 2 tanesinin aynı anda taşınması ile zaman kazancı sağlanması.

Beyin fırtınası sonucunda iyileştirme önerilerinin belirlenmesinin ardından, kısa sürede ve düşük maliyetle tamamlanabilecek olanlar seçilerek şu iyileştirmeler hayata geçirilmiştir:

- Takozlar birer demir çubukla birleştirilmiştir. Böylece 4 adet takoz ayrı ayrı yerleştirilmek yerine birer demir çubuk yardımıyla 2'şerli şekilde birbirine bağlanarak yerleştirilmeye başlanmıştır.
- Hortum başlıkları hızlı bağlantı sistemi şeklinde yenilenmiştir.
- Yeni düzenlemeyle birlikte aynı anda 2 mekanik bakımcı yerine 4 mekanik bakımcı paralel olarak çalıştırılmaya başlanmıştır.
- Çıkarılan merdanelerin olabilecek en yakın noktaya bırakılması ile taşıma süresi azaltılmıştır.
- Yapılan testler neticesinde vincin iki adet merdaneyi aynı anda taşıyabileceği tespit edilmiş olup yeni düzenleme sonucunda merdane değişim işlemleri esnasında aynı anda 2 merdane taşınmaya başlanmıştır.

Yapılan iyileştirmenin sonucunda yeni oluşmuş durumun spagetti diyagramı EK-10'da yer almaktadır. Yeni diyagramda görülebileceği gibi, 2. adımda arama faaliyetinin yok edilmesi amacıyla gerekli aparatların bulunduğu takım tezgahının mümkün olduğunca makinenin yanına yerleştirilmesi, 4. adımda merdanelerin tek tek taşınması yerine 2 tanesinin aynı anda taşınması ve yeni merdanelerin değişim işleminden önce olabilecek en yakın noktaya konulması, 5. adımda da aynı anda 2 mekanik bakımcı yerine 4 mekanik bakımcı çalıştırılması ve çıkarılan eski

merdanelerin olabilecek en yakın noktaya bırakılması gibi düzenlemeler neticesinde ilk duruma göre işçilerin hareket sayıları ve mesafeleri daha da azalmıştır. Buna göre yeni durumda spagetti diyagramı ilk duruma göre daha yalın bir hale gelmiş, iyileştirme sonrasında yapılan hareketlerin toplam mesafesi 43 m olarak gerçekleşmiştir. Böylece ilk durumda 114 m olan hareket mesafesinin 43 m'ye düşmesi ile iş merdanesi değişimi için katedilen hareket mesafesinde toplam %62 oranında iyileşme sağlanmıştır. Çizelge 6.13'de iyileştirilmiş durumla ilk durum arasındaki zaman farkı ve iyileştirme faaliyeti için yapılması gereken işlemler görülmektedir.

Çizelge 6.13. İş merdanesi değişim işleminde iç hazırlıkların sürelerinin azaltılması için yapılması gereken faaliyetlerin ve iyileştirilmiş durumda oluşan işlem sürelerinin zaman çizelgesi

| <b>İş Merdanesi Değişim İşlemi Akış Şeması Raporu</b> |                                                                     |                    |                     |                              |                                                     |                      |                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                       | <b>Adım</b>                                                         | <b>İç Hazırlık</b> | <b>Dış Hazırlık</b> | <b>İşlem Süresi (dakika)</b> | <b>İyileştirilmiş Durumda İşlem Süresi (dakika)</b> | <b>Fark (dakika)</b> | <b>Yapılması Gerekenler</b>                                                                                                                                                                    |
| 1                                                     | Giriş wiper'in çıkarılması                                          | ✓                  |                     | 1                            | 1                                                   | 1                    | Paralel çalışma ile giriş ve çıkış wiper'ların aynı anda çıkarılması                                                                                                                           |
| 2                                                     | Çıkış wiper'in çıkarılması                                          | ✓                  |                     | 1                            |                                                     |                      |                                                                                                                                                                                                |
| 3                                                     | Üst hadde takoz yuvalarının yıkanması ve takoz yerleştirilmesi      | ✓                  |                     | 3                            | 0,5                                                 |                      | Daha hafif bir malzemeden yapılmış takozlar kullanılması ve 4 adet takozun aynı aynı yerleştirilmesi yerine birer demir çubuk yardımıyla 2'şerli şekilde birbirine bağlanarak yerleştirilmesi. |
| 4                                                     | Üst haddenin, alt haddenin üzerine düzgün yerleştirilmesi (oturtma) | ✓                  |                     | 1                            | 0,5                                                 |                      |                                                                                                                                                                                                |
| 5                                                     | Alt hadde takoz yuvalarının yıkanması ve takoz yerleştirilmesi      | ✓                  |                     | 2                            | 0,5                                                 |                      |                                                                                                                                                                                                |
| 6                                                     | Alt haddenin, alt backup üzerine düzgün yerleştirilmesi (oturtma)   | ✓                  |                     | 5                            | 0,5                                                 |                      |                                                                                                                                                                                                |
| 7                                                     | Alt hadde hortum sökülmesi                                          | ✓                  |                     | 2                            | 1                                                   | 3                    | Hortum başlıklarının hızlı bağlantı sistemine dönüştürülmesi ve aynı anda 2 mekanik bakımcı yerine 4 mekanik bakımcı çalıştırılması yoluyla süre kazancı sağlanması (paralel çalışma).         |
| 8                                                     | Alt backup hortum sökülmesi                                         | ✓                  |                     | 2                            |                                                     |                      |                                                                                                                                                                                                |
| 9                                                     | Üst, alt hadde ve backup kilitlerinin açılması                      | ✓                  |                     | 1                            | 0,5                                                 | 0,5                  |                                                                                                                                                                                                |
| 10                                                    | Haddelerin dışarı alınması                                          | ✓                  |                     | 3                            | 2                                                   | 1                    |                                                                                                                                                                                                |
| 11                                                    | Üst haddenin vinç ile alınması (bekleme yerine getirme, bırakma)    |                    | ✓                   | 6                            | 1                                                   | 11                   |                                                                                                                                                                                                |
| 12                                                    | Alt haddenin vinç ile alınması (bekleme yerine getirme, bırakma)    |                    | ✓                   | 6                            |                                                     |                      |                                                                                                                                                                                                |
| 13                                                    | Backup'ın dışarı alınması ve şim değişiminin yapılması              |                    | ✓                   | 10                           | 0                                                   | 10                   |                                                                                                                                                                                                |
| 14                                                    | Alt hadde konması ve yerleştirilmesi                                |                    | ✓                   | 5                            | 1                                                   | 9                    |                                                                                                                                                                                                |
| 15                                                    | Alt hadde sıyırıcı ayarının kontrol edilmesi                        |                    | ✓                   | 1                            |                                                     |                      |                                                                                                                                                                                                |
| 16                                                    | Üst hadde konması ve yerleştirilmesi                                |                    | ✓                   | 4                            |                                                     |                      |                                                                                                                                                                                                |
| 17                                                    | Hadde soğutma suyunun kontrol edilmesi                              | ✓                  |                     | 1                            | 1                                                   |                      |                                                                                                                                                                                                |
| 18                                                    | Haddelerin içeri verilmesi                                          | ✓                  |                     | 4                            | 1                                                   | 3                    |                                                                                                                                                                                                |
| 19                                                    | Alt backup hidrolik hortumunun bağlanması                           | ✓                  |                     | 3                            | 1                                                   | 5                    | Hortum başlıklarının hızlı bağlantı sistemine dönüştürülmesi ve aynı anda 2 mekanik bakımcı yerine 4 mekanik bakımcı çalıştırılması yoluyla süre kazancı sağlanması (paralel çalışma).         |
| 20                                                    | Alt hadde hidrolik hortumunun bağlanması                            | ✓                  |                     | 3                            |                                                     |                      |                                                                                                                                                                                                |
| 21                                                    | Alt haddenin kaldırılması                                           | ✓                  |                     | 1                            | 0,5                                                 | 4                    | Daha hafif bir malzemeden yapılmış takozlar kullanılması, 4 adet takozun aynı aynı yerleştirilmesi yerine birer demir çubuk yardımıyla                                                         |
| 22                                                    | Alt hadde takozlarının alınması                                     | ✓                  |                     | 2                            | 0,5                                                 |                      |                                                                                                                                                                                                |
| 23                                                    | Alt backup'ın kaldırılması                                          | ✓                  |                     | 1                            | 0,5                                                 |                      |                                                                                                                                                                                                |
| 24                                                    | Alt backup takozlarının alınması                                    | ✓                  |                     | 2                            | 0,5                                                 |                      |                                                                                                                                                                                                |
| 25                                                    | Üst hadde kilitlerinin kapanması                                    | ✓                  |                     | 0,5                          | 0,5                                                 |                      |                                                                                                                                                                                                |
| 26                                                    | Alt hadde kilitlerinin kapanması                                    | ✓                  |                     | 0,5                          | 0,5                                                 |                      |                                                                                                                                                                                                |
| 27                                                    | Giriş wiper'in içeri verilmesi                                      | ✓                  |                     | 1                            | 1                                                   | 6                    | Paralel çalışma ile aynı anda giriş ve çıkış wiper'ların içeri verilmesi, kilitlerin kapanması, enerji verilmesi ve haddelerin sıfırlanması                                                    |
| 28                                                    | Alt backup kilitlerinin kapanması                                   | ✓                  |                     | 2                            |                                                     |                      |                                                                                                                                                                                                |
| 29                                                    | Çıkış wiper'in içeri verilmesi                                      | ✓                  |                     | 1                            |                                                     |                      |                                                                                                                                                                                                |
| 30                                                    | Enerji verilmesi                                                    | ✓                  |                     | 1                            |                                                     |                      |                                                                                                                                                                                                |
| 31                                                    | Haddenin sıfırlanması                                               | ✓                  |                     | 2                            |                                                     |                      |                                                                                                                                                                                                |
| <b>Toplam Süre</b>                                    |                                                                     |                    |                     | <b>78</b>                    | <b>15,5</b>                                         | <b>62,5</b>          |                                                                                                                                                                                                |

Sonuç olarak, yapılan iyileştirmeler neticesinde ilk durumda 78 dakika süren merdane değişim işlemi 15,5 dakikaya kadar indirilmiştir. Böylece net çalışma süresinde ve üretimde yaşanan artışın neticesinde tesisin genel ekipman etkinliği değerinde artış gerçekleşmiştir. Bu aşamaya kadar yapılan iyileştirmeler için hiçbir yatırım yapılmamıştır. Verilmiş olan iyileştirme önerilerinden, merdanelerin dışarıya çıkarılmasını ve içeriye yerleştirilmesini sağlayan mekanizma olan kızak sisteminin daha hızlı çalışır hale getirilmesi kısa sürede tamamlanamayacağı için ve belirli bir maliyete katlanması gerektiği için daha sonra gerçekleştirilmek üzere işletmenin inisiyatifine bırakılmıştır.

#### Adım-6: Ayarlama işleminin yok edilmesi

Bu aşama için yapılan iyileştirme, daha önce merdanelerin tek tek taşınması ve hatta takılması nedeniyle her seferinde takozlar vasıtasıyla gerçekleştirilen ayarlama işleminin hem takozların birbirine bağlanması hem de iki merdanenin aynı anda taşınması sayesinde ortadan kaldırılması şeklinde gerçekleşmiştir. Ayrıca değişimin son adımları olan giriş ve çıkış wiper'ların içeri verilmesi, kilitlerin kapanması ve enerji verilmesi işlemleri ile bir ayarlama işlemi olan haddelerin sıfırlanması işlemi aynı anda gerçekleştirilmiş, böylece paralel çalışma ile zaman tasarrufu sağlanmıştır.

#### Adım-7: Yapılan değişikliğin raporlanması ve standartlaştırılması

Yapılan iyileştirme neticesinde ulaşılan 15,5 dakikalık süre, ulaşılan en iyi iş merdanesi değişim süresi olarak ilan edilmiş olup değişimin yeni şekli prosedür haline getirilmiştir. Bundan böyle kişilere bağlı olmaksızın söz konusu işlemin bu süre içerisinde tamamlanması hedeflenmiştir. Elbette değişim işlemleri esnasında karşılaşılan çeşitli problemler nedeniyle zaman zaman bazı değişim işlemlerinde bu sürenin üzerine çıkılması ihtimali de mevcuttur. Hedeflenen zamandan sapma yaşandığı bu gibi durumlarda, ilgili ünitenin verimlilik arttırma ekibi tarafından bu sapmaların kök nedenlerinin tespit edilmesi ve önlem alınması suretiyle bir daha yaşanmaması hedef olarak belirlenmiştir.

Yapılan iyileştirme faaliyetinin diğer tesislerde de gerçekleştirilen merdane değişim işlemlerine örnek olması maksadıyla sunumlar hazırlanmasına ve yaygınlaştırması amacıyla ilgili departmanların verimlilik arttırma ekipleri arasında ortak çalışmalar yürütülmesine karar verilmiştir.

Yapılan iyileştirmenin sonucunda elde edilen kazanımlar şu şekildedir:

Merdane değişim işlemi başına kazanılan süre:  $78 - 15,5 = 62,5$  dakika

Makinenin yıllık toplam üretimi: 900 000 ton/yıl

İş merdanesi değişim periyodu: 15 000 ton

Yıllık toplam iş merdanesi değişim adedi:  $900\,000 / 15\,000 = 60$  adet/yıl

Toplam kazanılan süre:  $62,5 \times 60 = 3750$  dakika/yıl = 62,5 saat/yıl

Makinenin ortalama üretim hızı: 125 ton/saat

Toplam kazanılan ilave üretim miktarı:  $62,5 \times 125 = 7813$  ton/yıl

İyileştirme öncesinde genel ekipman etkinliği ve çarpanlarının değerleri:

Performans oranı:  $900\,000 / 1\,000\,000 = \%90,0$

Net çalışma oranı:  $6500/7600 = \%85,5$

Kalite oranı:  $\%97,0$

Genel ekipman etkinliği:  $0,90 \times 0,855 \times 0,97 = \%74,6$

İyileştirme sonrasında genel ekipman etkinliği ve çarpanlarının değerleri:

Performans oranı:  $(900\,000 + 7813) / 1\,000\,000 = \%90,8$

Net çalışma oranı:  $(6500 + 62,5) / 7600 = \%86,3$

Kalite oranı:  $\%97,0$  (aynı kalmıştır)

İşletme etkinliği:  $0,908 \times 0,863 \times 0,97 = \%76,0$

Haddeleme işleminin yapıldığı makine üzerinde gerçekleştirilen iş merdanesi değişim işleminin süresinin azaltılmasıyla birlikte hem yıllık üretim miktarı artmış, hem de yıllık net çalışma süresinde artış yaşanmıştır. Böylece bu makinenin

performans oranı %90'dan %90,8'e, net çalışma oranı da %85,5'ten %86,3'e yükselmiş olup genel ekipman etkinliği değeri de %74,6'dan %76'ya çıkmıştır. Yine iş etüdü uygulamasında olduğu gibi SMED uygulamasıyla elde edilen iyileştirme sonrasında gelinecek en iyi durum olarak görülmemiş olup sürekli iyileştirme felsefesi ışığında daha da iyi bir duruma nasıl gelinebileceğine yönelik fikirler üretilmesi önerilmiştir.

Bu sürelerin çok daha altına düşülmesi için tasarım noktasında yapılabilecek çeşitli iyileştirmeler de düşünülmüş olsa da, bunlar üst yönetimin vereceği kararlar doğrultusunda yapılacak yatırımlarla mümkün olduğu için uygulama kapsamında yer almamıştır. Dünya genelinde geliştirilen yeni teknolojiler arasında merdane değişiminin otomatik olarak yapıldığı sistemler de bulunmakta ve tek düğmeye basılarak kısa sürede değişim işlemi gerçekleştirilebilmektedir. Bu çerçevede, işletmelerde yapılabilecek ekonomiklik etütleri ile yeni sistemin maliyeti ve sağlayacağı kazançlar kıyaslanabilir, uygun bulunduğu takdirde yatırım gerçekleştirilebilir.

## 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tezin içeriğinde belirtildiği gibi genel olarak dışa bağımlı olduğumuz hammadde, enerji gibi faktörlerin daha verimli kullanılması, ülkemizde faaliyet göstermekte olan demir-çelik işletmeleri için oldukça büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle işletmelerin kendi kontrolleri altında bulunan her türlü parametreyi etkin şekilde yönetmesi zorlayıcı global piyasada rekabetçi kalabilmek adına kaçınılmazdır. Bunu gerçekleştirebilmek için de işletmelerin belirli kaynaklarını kontrol etme imkanları bulunmakta olup bu kaynakları nasıl etkin ve verimli kullanacakları ise tercih edecekleri verimlilik artırma teknikleriyle şekillenmektedir.

Bu tez çalışması kapsamında bir demir-çelik işletmesinde oluşturulan sistematik dahilinde iki farklı verimlilik artırma tekniği, iş etüdü ve SMED uygulanmıştır. İş etüdü uygulamasının ardından sağlanan iyileşme neticesinde sıvı çelik üretiminin gerçekleştirildiği tesiste yıllık üretim miktarının 28 575 ton artarak 3 128 400 ton'dan 3 156 975 ton'a yükselmesi ile birlikte performans oranı %94,8'den %95,7'ye yükselmiştir. Net çalışma oranı ile kalite oranı ise sırasıyla %99,3 ve %98,6 değerlerinde sabit kalmıştır. Çünkü bu uygulama neticesinde net çalışma süresi ile kaliteli ürün miktarında bir değişim olmamış, üretim miktarında yaşanan artış neticesinde yalnızca performans oranı yükselmiştir. Böylece genel ekipman etkinliği değeri %92,8'den %93,7'ye çıkmıştır. Genel ekipman etkinliğinin tanımının ve bileşenlerinin ortaya konduğu 3.3.1 bölümünde de belirtildiği üzere, sınıfında en iyi tesislerin net çalışma oranı, performans oranı, kalite oranı ve genel ekipman etkinliği değerleri sırasıyla %90, %95, %99 ve %85'tir. Dolayısıyla söz konusu işletmede yapılan iyileştirme sonrasında performans oranı ideal değerin üzerine çıkmıştır. İlk durumda ideal değerin üzerinde olan genel ekipman etkinliği ise %93,7 ile tesis içinde rekor bir düzeye ulaşmıştır. Bu tesiste net çalışma oranı değerinin %99,3 ile %90 olan ideal değerin oldukça üzerinde olmasının nedeni sıvı çelik üretiminin paralel olarak çalışan 3 adet konvertör tarafından gerçekleştirilmesi ve dolayısıyla 3 konvertörde aynı anda duruş olmadığı müddetçe sıvı çelik üretiminin devam etmesidir. Normal şartlarda aynı anda paralel olarak çalışan bu üç

konvertörden bir veya ikisinde arıza olması durumunda üretim hızındaki düşüşten dolayı performans oranı azalmakta, net çalışma oranı ise etkilenmemektedir.

Uygulanan diğer verimlilik arttırma tekniği olan SMED tekniğinin haddeleme işleminin yapıldığı makine üzerinde gerçekleştirilen iş merdanesi değişim işleminde kullanılması sonucunda değişim işlemi süresinin 62,5 dakika azaltılması ile birlikte net çalışma oranı %85,5'ten %86,3'e yükseltilmiş, yıllık üretim miktarının 7813 ton artması ile birlikte performans oranı da %90'dan %90,8'e yükselmiştir. Bu artışlar neticesinde genel ekipman etkinliği değeri %74,6'dan %76'ya çıkmıştır. Yapılan iyileştirmenin neticesinde elde edilen kaliteli ürün miktarında değişim olmadığı için kalite oranı %97'de sabit kalmıştır. Sınıfında en iyi tesislerin değerlerine göre, uygulama yapılan makinenin genel ekipman etkinliğini oluşturan üç parametre de ideal değerlerin altındadır. Buna göre yukarıda da ifade edildiği gibi net çalışma oranı, performans oranı, kalite oranı ve genel ekipman etkinliği parametrelerinin ideal değerleri sırasıyla %90, %95, %99 ve %85 olmasına karşın, söz konusu makinede iyileştirilmiş durumda bu değerler %86,3, %90,8, %97 ve %76 olarak gerçekleşmiştir. Bu değerlerin arttırılması için uygulama içeriğinde de belirtildiği gibi sürekli olarak iyileştirme olanakları araştırılmalı, son aşama olarak ta ekonomik olduğu tespit edildiği takdirde yatırım yapılmak suretiyle sınıfında en iyi değerlere ulaşılması hedeflenmelidir.

Verimlilik arttırma çalışmalarının sürekliliğinin sağlanabilmesi, kişiye bağımlı olmaktan çıkarılarak bir sistematik dahilinde yürütülmesi gerekmektedir. Çünkü yapılan iyileştirmeler ancak sürekli kılındığı müddetçe uzun dönemde başarılı sonuçlara ulaşılmasını sağlar. Aksi takdirde bir ekipmanda yapılan iyileştirmenin işletme genelinde verimlilik değerlerine ve genel ekipman etkinliği parametresine olumlu etkisi, diğer ekipmanlarda verimliliğin kötüye gitmesinden dolayı tam anlamıyla yansımayabilir. Bu nedenle verimlilik arttırma çalışmalarının bütün işletme geneline yaygınlaştırılması gerekmektedir. Bunun için de en uygun yöntem bütün ünitelerde farklı disiplinlerden çalışanların yer aldığı ve işletmenin bütün birimlerini kapsayan ekipler oluşturulması ve yapılacak yetkilendirme ile verimlilik çalışmalarının bu ekiplerin koordinasyonunda yürütülmesinin ve

yaygınlaştırılmasının sağlanmasıdır. Yani yatay ve dikey olarak organizasyonun tamamının verimlilik artırma faaliyetlerinde yer alması verimlilik artırma sistematığının en önemli ögesidir. Burada üst yönetimin desteği, orta kademenin yönlendirmesi ve eğitim faaliyetlerini yürütmesi, alt kademenin ise işi bizzat yapan çalışanlar olarak yapılan işin daha verimli nasıl yapılacağına yönelik sürekli fikir geliştirmesinin sağlanması gerekmektedir. Bütün bunlar belirli bir zaman sürecinin içerisinde gerçekleşecek olup sahada yapılan çalışmaların neticesinde olumlu sonuçların alınması ve bu faaliyetlerin alışkanlık haline gelmesi ile şirket olarak rekabetçi bir özellik kazanılacaktır.

Tez çalışması kapsamında oluşturulan verimlilik artırma sistematığı bünyesinde verimlilik artırma ekipleri organize edilmiş, bu ekiplerin alacağı eğitimler ve diğer çalışanlara verecekleri eğitimler belirlenmiş ve hangi iş için hangi verimlilik artırma tekniğinin kullanılacağı tespit edilerek işletme geneli için standart bir verimlilik artırma programı hazırlanmıştır. Uygulama dahilinde sahada yapılan iki adet çalışmada kullanılan, dünya genelinde farklı sektörlerde uygulanmakta olan iş etüdü ve SMED teknikleri farklı bir bakış açısı ile ortaya konmuş, hem çelik sektörüne uygulanabilecek, hem de çalışanların daha rahat adapte olabileceği şekilde düzenlemeler yapılmıştır. Burada vurgulanan temel farklılık üretim akışının devam ettiği sistemlerde iş etüdü, üretim akışının durduğu sistemlerde SMED tekniği uygulanmasıdır. Normalde bu iki farklı tekniğin aynı işletme çatısı altında kullanıldığı pek rastlanan bir durum değildir. Yapılan uygulamada SMED tekniğinin makine dururken yapılan değişim işlemlerinde kullanılması, iş etüdünün ise işleyen sistemlerde kullanılmasının ana nedeni SMED tekniğinin direkt olarak hazırlık ve değişim işlemlerine özel olarak geliştirilmiş bir teknik olmasıdır. Diğer işlemler için iş etüdü tekniğinin kullanılmasının nedeni ise bu tekniğin dünya üzerinde en fazla kabul gören ve faydası tecrübelerle kanıtlanmış bir teknik olmasıdır. Hangi iş için hangi tekniğin kullanılacağına belirlenmesi, işletmelerin genel olarak sıkıntıya düştikleri iki konu; nereden başlanacağı ve hangi yöntemin uygulanacağı sorunlarını ortadan kaldıracaktır.

Hem iş etüdü hem de SMED uygulamalarının son aşaması standardizasyondur. Bu aşama, esasında yapılan çalışmaların sürekliliğinin sağlanması, farklı kişilerce algılanmasının kolaylaştırılması, işletme genelindeki diğer departmanlara yaygınlaştırılması açısından oldukça büyük öneme sahiptir. Elbette elde edilen sonuçların standardize edilmesi, mevcut durumu kabullenerek sürekli aynı işin aynı sürede yapılması gerektiği ve ulaşılabilecek en iyi sonuca ulaşıldığı şeklinde algılanmamalıdır. Tam tersine, yapılabilecek diğer iyileştirme çalışmaları için bir başlangıç noktası olarak düşünülmeli ve daha iyi sonuçların elde edilmesinde referans olarak kullanılması gerekmektedir. Bu gerçeklerden hareketle, hem iş etüdü hem de SMED uygulaması sonucunda elde edilen kazanımlar neticesinde gelinecek en iyi durum olarak görülmemiş olup sürekli iyileştirme felsefesi ışığında daha da iyi bir duruma nasıl gelinebileceğine yönelik olarak çalışmalar yapılması amacıyla çalışanlar bilinçlendirilmeye çalışılmıştır.

Bu çalışma kapsamında, iş ortamında gerçekleştirilen uygulamalarda iş yapış biçimlerinin iyileştirilmesiyle elde edilen sonuçlar, işletme genelinde bütün tesisler için takip edilen genel ekipman etkinliği parametresi üzerinden ortaya konmuştur. Çünkü bu parametre ekipman bazında yapılan iyileştirmeler neticesinde elde edilen kazanımları üretim, zaman ve kalite boyutlarıyla ele almakta ve hangi noktalarda ne gibi kayıplar olduğunu ortaya koyma fırsatını sağlamaktadır. Böylece yalnızca ölçmek için değil, iyileştirmeye açık alanların tespit edilmesi için de kullanılmaktadır. Ülkemizde yalın üretim uygulayan işletmeler dışında kullanımına rastlanmayan bu parametre, üretim gerçekleştiren işletmeler tarafından kullanıldığı takdirde kendilerine avantaj sağlayacaktır.

Demir-çelik işletmelerinde üretim süreci üzerinde verimlilik arttırmaya yönelik uygulamalarla ilgili gelecekte yapılacak çalışmalarda, mevcut ekipmanlar kullanılırken tecrübe edinilen verimlilik düşürücü öğelerin dokümanite edilerek yeni ekipmanların alımı sürecinde bütün bu faktörlerin iyileştirilmiş olduğu ekipmanların temin edilmesi sağlanmalı, böylece üretim sürecinin başlangıcında yüksek verimlilikle çalışılması garanti altına alınmalıdır. Bu çerçevede, ekipman tedarikçileriyle ortak çalışmalar yürütülmesi, hatta tedarikçilerle stratejik ortaklıklar

yapılarak aynı şirket bünyesinde yer alan iki departman arasında olduğu gibi bilgi paylaşımının sağlanması her iki taraf için de verimliliklerin yönetilmesi adına fayda sağlayacaktır. Bunun yanında demir-çelik sektöründe gelecekte yapılacak verimlilik arttırma çalışmaları kapsamında teknolojik iyileştirmeler yapılması suretiyle demir-çelik üretim sürecinde bulunan çeşitli adımlar ortadan kaldırılabilir, birleştirilebilir, basitleştirilebilir veya daha az kaynak tüketecek şekilde geliştirilebilir. Bu gibi fikirler, mühendislik ve Ar-Ge departmanlarıyla verimlilik arttırma ekiplerinin ortak çalışmaları neticesinde somutlaştırılabilir. Bunların yanında yoğun enerji tüketilen çelik üretim sürecinde alternatif enerji kaynaklarının kullanılması yönünde araştırmalar yapılması ve öz kaynaklarımız kullanılarak enerji ihtiyacının karşılanması, sektörde yer alan üreticilerin maliyetlerini düşüreceği gibi ülke ekonomisi açısından da önemli avantajlar sağlayacaktır.

Demir-çelik yatırımlarının hızla arttığı ülkemizde, verimliliğe yönelik saha çalışmalarını kapsayan literatür çalışmalarının yetersiz sayıda olması, bu konuyla ilgili ülkemizde daha detaylı çalışma yapılması gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Bu çerçevede, herhangi bir şirket bünyesinde yalın üretim uygulanmasa bile çeşitli yalın üretim tekniklerinin, bu çalışmada olduğu gibi uygun işlere göre kullanılmasına yönelik çalışmalar yürütülebilir, hatta bu çalışmalar simülasyon programları ile desteklenerek, yeni gelişmelere karşı isteksiz olan yöneticilerin de elde edilecek kazanımlar hakkında fikir sahibi olmaları sağlanabilir. Böylece yapılacak olan çalışmalarda işletme ile daha rahat bir şekilde ortak çalışma imkanı oluşturulabilir.

Son olarak, verimliliğin takip edilmesine yönelik geliştirilen bilgi sistemlerinin işletme genelinde kullanılan ilgili sistemlerle entegre edilmesi ile şirketin satış, satınalma, insan kaynakları ve üretim süreçlerinde verimlilik parametreleri daha etkin bir şekilde kullanılabilir. Bu süreçlerin karar mekanizmalarında kullanılan göstergeler arasında verimlilik parametreleri de yönlendirici olabilir. Böylelikle verimlilik, yalnızca üretim sürecinde üzerinde durulan bir kavram olmaktan çıkarak şirketlerin bütün süreçlerinde etkin şekilde değerlendirilebilir.

## KAYNAKLAR

1. Gündüz, İ., Köksal, F. R., Türk, C., İnali, Ç., “Erdemir’de maliyet optimizasyonu”, *V. Endüstri-İşletme Mühendisliği Kurultayı*, Zonguldak, 123-130 (2005).
2. İnternet: Onesteel “Australian Steel Institute Presentation 2006”  
<http://202.66.146.82/listco/au/onesteel/cpresent/cpr060911.pdf> (2006).
3. Akman, E., “Dünya’da ve Türkiye’de Demir Çelik Sektörü ve Türk Demir Çelik Sektörünün Rekabet Gücü”, Yüksek lisans tezi, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Zonguldak, 1-3 (2007).
4. İnternet: International Iron and Steel Institute (IISI), “World Steel In Figures 2006”, <http://www.worldsteel.org/?action=storypages&id=193> (2007).
5. Marcus, P.,Becky, H., “Steel’s New Age of Profits,” *World Steel Dynamics, Global Steel Finance*, Vol.12, 1-15 (2005).
6. İnternet: Iron and Steel Statistics Bureau (ISSB), “Headlines”  
<http://www.issb.co.uk/> (2008).
7. İnternet: International Iron and Steel Institute (IISI), “World Steel In Figures 2007” <http://www.worldsteel.org/pictures/programfiles/WSIF07web%20v6.pdf> (2008).
8. İnternet: Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), “Joint India/OECD/IISI Workshop, Globalisation in the steel industry: Industry restructuring mergers and acquisitions - recent developments and Outlook”,  
<http://www.oecd.org/dataoecd/20/9/36815955.pdf> (2006).
9. Lindorfer, B., “Driving Forces of Steel Industry”, *Metals Mining Journal*, 7-8 (2006).

10. İnternet: Demir Çelik Üreticileri Derneği (DÇÜD) “Türkiye’nin ham çelik üretimi ve tüketimi”, [www.dcud.org.tr/istatistik](http://www.dcud.org.tr/istatistik) (2007).
11. Prokopenko, J., “Verimlilik yönetimi”, Baykal, O., Atalay, N., Fidan, E., *Milli Prodüktivite Merkezi yayınları*, Ankara, 7, 12, 75, 86 (2001).
12. Milli Prodüktivite Merkezi, “Verimliliği Artırıcı Yaklaşım ve Teknikler dizisi, 7-Verimlilik Ölçme”, *Milli Prodüktivite Merkezi*, 1-12 (1999).
13. İnternet: Milli Prodüktivite Merkezi (MPM) “Verimlilik Nedir?” <http://www.mpm.org.tr/verimlilik/> (2007).
14. Kobu, B., Üretim Yönetimi, *Arpaz Matbaacılık*, İstanbul, 4 (1979).
15. Tan, S., “Demir-çelik sanayinde verimlilik”, *Milli Prodüktivite Merkezi yayınları*, Ankara, 20 (1983).
16. Çayır, E., Köksal, F. R., Türk, C., Hakkıoğlu, M., “Bilgisayar Destekli İşgücü Verimlilik Yönetim Sistemi”, *V. Endüstri-İşletme Mühendisliği Kurultayı*, Zonguldak, 25-29 (2005).
17. Akal, Z., “İşletmelerde performans ölçüm ve denetimi”, *Milli Prodüktivite Merkezi yayınları*, Ankara, 27, 281 (2002).
18. Salvendy, G., “Handbook of Industrial Engineering”, *John Wiley & Sons*, New York, 1.4.1, 1.4.2, 4.4.1 (1982).
19. Okur, A. S., “2000’li yıllarda Türkiye sanayi için yapılanma modeli: yalın üretim”, *Vira Reklam, Yayım, Matbaa San. Tic. Ltd. Şti.*, İstanbul, 9 (2005).
20. Suzaki, K., “İmalatta mükemmellik yolu-The new manufacturing challenge”, Özkal, S., *Akçalı*, İstanbul, 30-38 (2005).
21. İnternet: İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) Ergonomi Kulübü “İş etüdü” <http://www.students.itu.edu.tr/~ergonomi/bilbank/isetud1.html#amac>

22. Türkiye Metal Sanayicileri Sendikası (MESS)-Refa, “İş Sistemi ve Süreç Düzenleme Eğitim Dokümanı-Kısım 1, Bölüm 1 ve 2”, *MESS, İstanbul*, 3-33 (2004).
23. Köksal, F. R., İnali, Ç., Hakkıoğlu, M., Bayraktar, S., “Erdemir’de Maliyet ve Verimlilik Eğitim Modülü Hazırlanması ve Uygulanması”, *VI. Endüstri-İşletme Mühendisliği Kurultayı*, Bursa, 101-106 (2007).
24. Liker, J. K., “Toyota tarzı-The Toyota Way”, Şensoy, Ü., *Akçalı*, İstanbul, 192-194 (2005).
25. Atan, M., “Üretim ve Verimlilik Artırma Teknikleri - Eğitim Notları”, 3, 4 (2005).
26. Hansen, R. C., “Overall equipment effectiveness”, *Industrial Press*, New York, 178-180 (2002).
27. İnternet: Steel Business Briefing (SBB) “Global Edition”, <http://www.steelbb.com/steelreports/> (2008).
28. Özdebak, A., “Demir-çelik ve enerji”, *Rengin Basımevi*, İstanbul, 7 (2004).
29. İnternet: International Iron and Steel Institute (IISI) “Short Range Outlook 2007”, <http://www.worldsteel.org/index.php?action=newsdetail&id=186> (2007).
30. Abdullah, F., “Lean manufacturing tools and techniques in the process industry with a focus on steel”, Doktora tezi, *University of Pittsburgh Graduate Faculty of School of Engineering*, A.B.D., 35-36 (2003).
31. Nakajima, S., “Introduction to TPM (Total Productive Maintenance)”, *Productivity Press*, Cambridge, 14 (1988).
32. Shingo, S., “Non-stock production: The Shingo system for continuous improvement”, *Productivity Press*, Cambridge, 91, 92 (1988).

33. Sugiyama, T., "The improvement book", *Productivity Press*, Cambridge, 42 (1989).
34. Lawlor, A., "Productivity improvement manual", *Gower Publishing Company Limited*, Hants, 5, 24, 39 (1985).
35. Shingo, S., "The sayings of Shigeo Shingo: Key strategies for plant improvement", Dillon, A. P., *Productivity Press*, Cambridge, 27, 35 (1985).
36. Sink, D. S., "Productivity management: Planning, measurement and evaluation, control and improvement", *John Wiley & Sons*, New York, 8, 17, 26, 270, 428 (1985).
37. Akal, Z., Yüksek Denetleme Kurulu "Performans kavramları ve performans yönetimi",  
[http://www.ydk.gov.tr/seminerler/performans\\_yonetimi/performans\\_yonetimi.htm](http://www.ydk.gov.tr/seminerler/performans_yonetimi/performans_yonetimi.htm)  
(2003)
38. Kobayashi, I., "20 keys to workplace improvement", Smith W. W., *Productivity Press*, Cambridge, 13, 37 (1990).
39. Shingo, S., "A revolution in manufacturing: The SMED system", Dillon, A. P., *Productivity Press*, Cambridge, 29, 30, 116-123 (1985).
40. Nachi-Fujikoshi, "Training for TPM", *Productivity Press*, Portland, 101 (1990).
41. Nahmias, S., "Production and operations analysis", *McGraw-Hill*, Singapore, 390 (2001).
42. Abdulmalek, F., "A classification scheme for the process industry to guide the implementation of lean", *Engineering Management Journal*, June 1, 3-4, 10 (2006).
43. Shirose, K., "TPM New implementation program in fabrication and assembly industries", *Japan Institute of Plant Maintenance*, Tokyo, 54, 63 (1996).

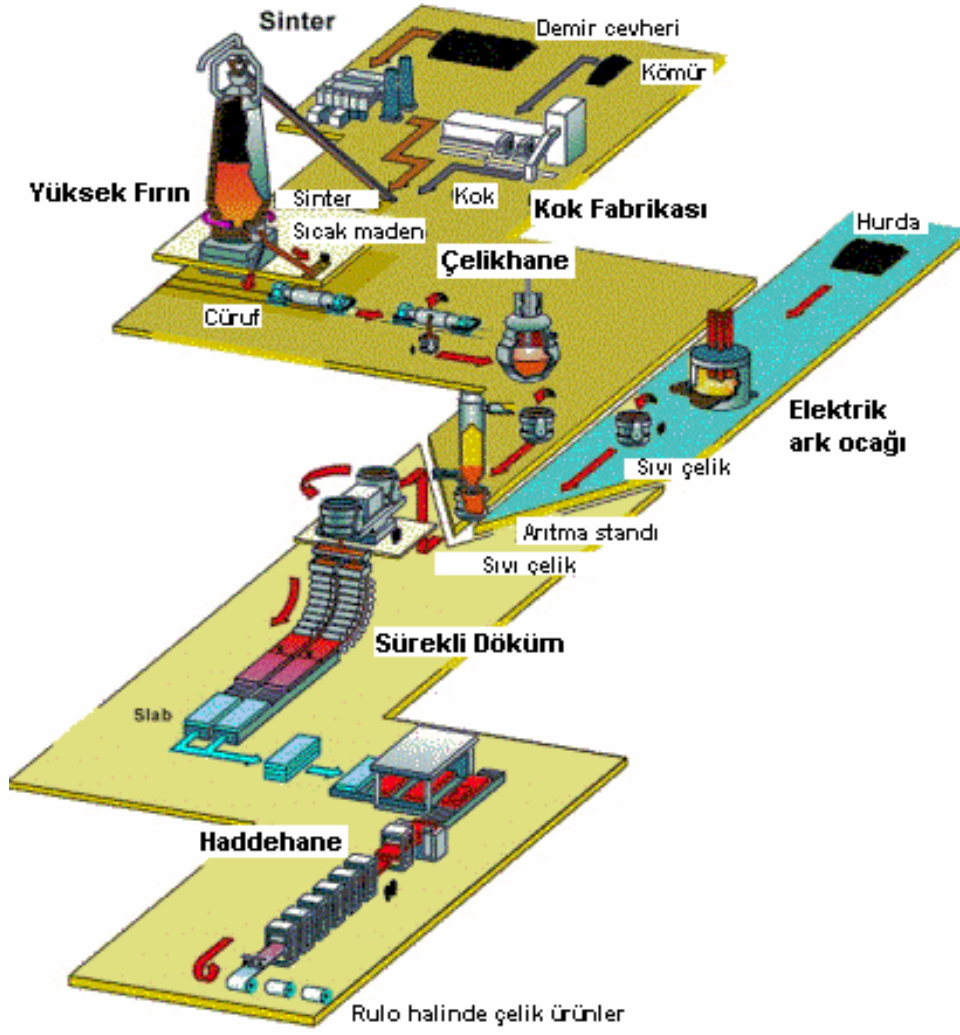
44. Çayır, E., Yanmaz, M., “Demir ve çelik fabrikalarında bilgisayar destekli verimlilik yönetim sistemi”, *III. Demir-Çelik Kongresi ve Sergisi*, Zonguldak, 205-210 (2005).
45. Gotoh, F., “Equipment planning for TPM”, *Productivity Press*, Cambridge, 2, 3 (1991).
46. Slade, B. N., Mohindra R., “Winning the productivity race”, *Lexington Books*, Massachusetts, 55, 56 (1985).
47. Shetty, Y. K., Buehler, V. M., “Productivity and quality through people”, *Greenwood Press*, Connecticut, 113, 114 (1985).
48. Sumanth, D. J., “Productivity engineering and management”, *McGraw-Hill Book Company*, Singapur, 48, 422, 423, 456 (1985).
49. Sumanth, D. J., “Productivity management frontiers-I”, *Elsevier*, Amsterdam, 418 (1987).
50. Greene, A. C., “Verimlilik nasıl artırılır?”, Güneri, Y., *İlgi Yayıncılık*, İstanbul, 24 (1988).
51. Green, M., Berry, J. S., “The challenge of hidden profits: Reducing corporate bureaucracy and waste”, *William Morrow and Company, Inc.*, New York, 14 (1985).
52. Sekine, A., Arai, K., “TPM for the lean factory”, Sandness, K., *Productivity Press*, Portland, 85, 98 (1998).
53. Shirose, K., “TPM for workshop leaders”, Talbot, B., *Productivity Press*, Portland, 44, 47 (1992).
54. Herron, C., Hicks, C., “The transfer of selected lean manufacturing techniques from Japanese automotive manufacturing into general manufacturing (UK)

- through change agents”, *Robotics and Computer-integrated Manufacturing*, 24: 524-531 (2008).
55. Internet: Reserve Bank of Australia “Productivity and Growth”  
<http://www.rba.gov.au/PublicationsAndResearch/Conferences/1995/Demura.pdf>  
 (1995)
56. Tomiura, A., “Productivity in Japan’s manufacturing industry”, *International Journal of Production Economics*, 52: 239-246 (1997).
57. Ma, J., Evans, D. , Fuller, R., Stewart, D., “Technical efficiency and productivity change of China’s iron and steel industry”, *International Journal of Production Economics*, 76: 293-312 (2002).
58. Patel, S., Dale B. G., Shaw, P., “Set-up time reduction and mistake proofing methods: an examination in precision component manufacturing”, *The TQM Magazine*, 13 (3): 175-179 (2001).
59. Moxham, C., Greatbanks, R., “Prerequisites for the implementation of the SMED methodology: A study in a textile processing environment”, *International Journal of Quality & Reliability Management*, 18 (4): 404-414 (2001).
60. Lee-Mortimer, A., “A lean route to manufacturing survival”, *Assembly Automation*, 26 (4): 265-272 (2006).
61. Ahuja, I. P. S., Khamba, J. S., “An evaluation of TPM implementation initiatives in an Indian manufacturing enterprise”, *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 13 (4): 338-352 (2007).
62. Jeong, K., Phillips, D. T. “Operational efficiency and effectiveness measurement”, *International Journal of Operations and Production Management*, 21 (11): 1404-1416 (2001).

63. Mileham A. R., Culley S. J., Owen, G. W., McIntosh, R. I., "Rapid changeover - a pre-requisite for responsive manufacture", *International Journal of Operations and Production Management*, 19 (8): 785-796 (1999).
64. McIntosh, R., Culley S., Gest, G., Mileham, T., Owen, G., "An assessment of the role of design in the improvement of changeover performance", *International Journal of Operations and Production Management*, 16 (9): 5-22 (1996).
65. Gilmore, M., Smith, D. J., "Set-up reduction in pharmaceutical manufacturing: an action research study", *International Journal of Operations and Production Management*, 16 (3): 4-17 (1996).
66. Appelqvist, P., Lehtonen, J., "Combining optimisation and simulation for steel production scheduling", *Journal of Manufacturing Technology Management*, 16 (2): 197-210 (2005)
67. De Groote, P., "Maintenance performance analysis: a practical approach", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 1 (2): 4-24 (1995).
68. Dal, B., Tugwell, P., Greatbanks, R., "Overall equipment effectiveness as a measure of operational improvement - A practical analysis", *International Journal of Operations and Production Management*, 20 (12): 1488-1502 (2000).
69. Bamber, C. J., Castka, P., Sharp, J. M., Motara, Y., "Cross-functional team working for overall equipment effectiveness (OEE)", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 9 (3): 223-238 (2003).
70. Singh, H., Motwani, J., Kumar, A., "A review and analysis of the state-of-the-art research on productivity measurement", *Industrial Management and Data Systems*, 100 (5), 234-241 (2000).

71. Abdulmalek, F. A., Rajgopal, J., “Analyzing benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study”, *International Journal of Production Economics*, 107: 223-236 (2007).
72. Barın, İ., “Demir-çelik sanayi işletmelerinde verimlilik analizi ve İsdemir’de bir uygulama”, Yüksek lisans tezi, *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Adana, 37 (1990).
73. Patel, S., Shaw, P., Dale, B. G., “Set-up time reduction and mistake proofing methods-A study of application in a small company”, *Business Process Management Journal*, 7 (1), 65-75 (2001).
74. Köksal, F. R., İnali, Ç., Hakkıoğlu, M., “Erdemir verimlilik artırma sistematığı eğitim modülü”, *Erdemir*, 4-201 (2007).
75. Köksal, F. R., İnali, Ç., Hakkıoğlu, M., Bayraktar, S., “Erdemir maliyet ve verimlilik eğitim modülü”, *Erdemir*, 4-48 (2006).
76. Köksal, F. R., İnali, Ç., Hakkıoğlu, M., “Maliyet çalışmaları yönetim ekipleri çalışma usulleri”, *Erdemir*, 1-8 (2007).
77. Yalın Enstitü Derneği, “SMED seminer notları”, *Yalın Enstitü, İstanbul*, 17, 18, 66 (2006).

EK-1 Çelik üretim sürecinin resim olarak gösterimi



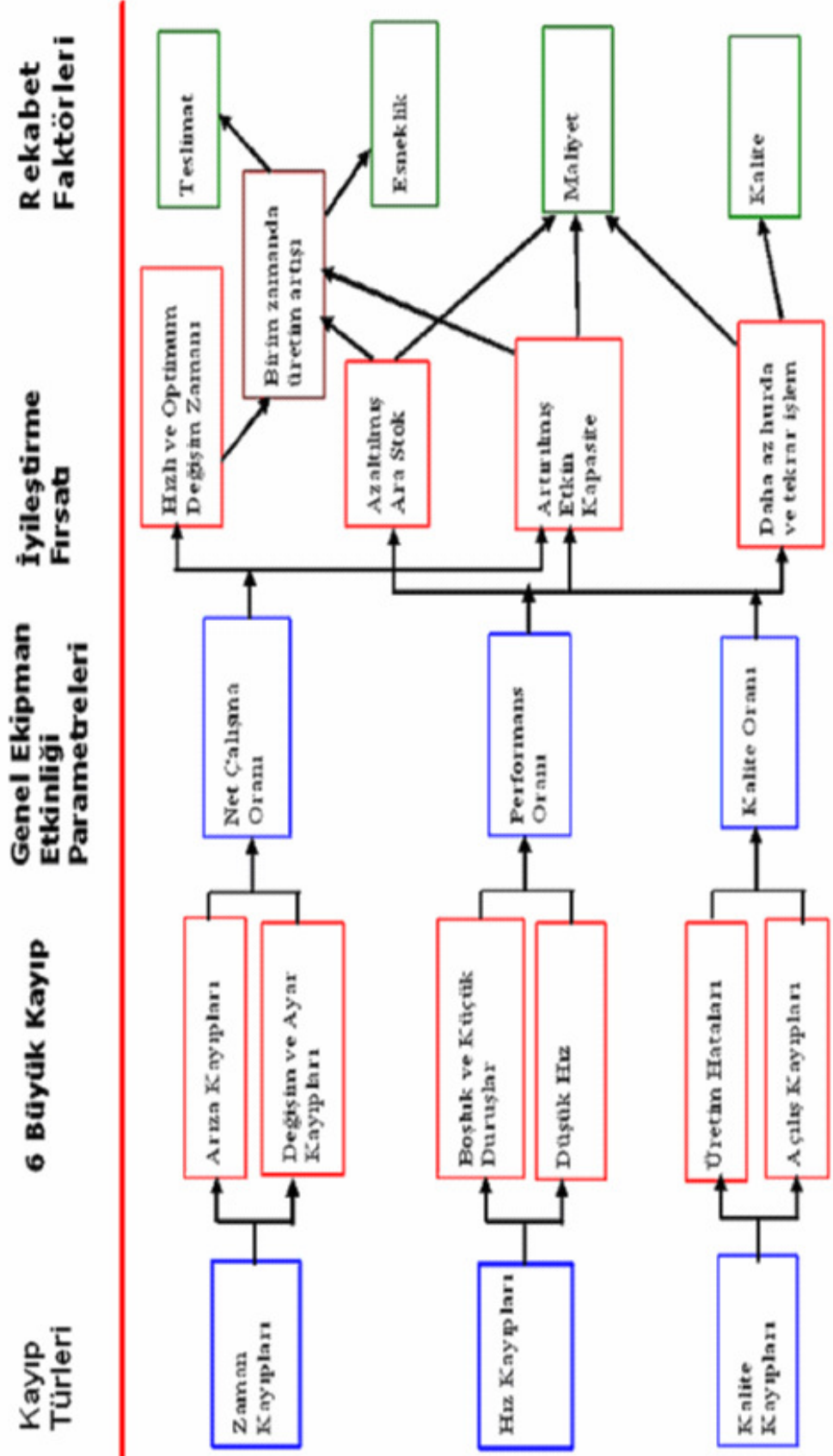
## EK-2 Tesislerin zamana göre verimlilik analizi ve kullanılan terimler

| Parametreler                    | Kod      | AÇIKLAMALAR                                                                                                        |
|---------------------------------|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Takvim Saati                    | A        | Hesap yapılan takvim zaman dilimidir.                                                                              |
| Şirket Dışı Gecikme Saati       | B1       | Doğal afet, Dışarıdan satın alınan Elektriğin/ Doğalgazın kesilmesi vs.                                            |
| İnsansız Zaman                  | B2       | Bayram tatili, Grubu yok, Yemek paydosu, Hafta tatili, Grev vb.                                                    |
| Sipariş/Tedarik Gecikmesi       | B3       | Sipariş alınmadığı veya malzemenin tedarik gecikmesi nedeniyle üretim tesisinin durmasıdır.                        |
| Önceki Hattı Bekleme            | B4       | Önceki tesisten malzeme gelmediği için meydana gelen duruşlardır.                                                  |
| Sonraki Hattı Bekleme           | B5       | Sonraki tesisi zorunlu beklerken meydana gelen duruşlardır. (Çelikhanenin sürekli dökümleri beklemesi vb.)         |
| İşletme Dışı Duruş Saati        | B=ΣB     | Tesisi işleten ünitenin yönetiminde olmayan duruşlardır.                                                           |
| Kullanılabilir saat             | D=A-B    | Tesisi işleten ünitenin yönetiminde olan maksimum zaman dilimidir.                                                 |
| Programlı Bakım                 | E        | Tesisin bakımı nedeniyle yapılan planlı duruşlardır.(Günlük Bakım, Haftalık Bakım ,Aylık Bakım,Yıllık Bakım gibi.) |
| İşletme Saati                   | F=D-E    | Tesisi işleten ünitenin üretim için planladığı zamandır.                                                           |
| Programlı Hadde Bıçak Değişimi  | G1       | Haddehane üretim hatlarına özgü olup, programlı hadde-bıçak değişimi için yapılan duruşlardır.                     |
| Programsız Hadde Bıçak Değişimi | G2       | Haddehane üretim hatlarına özgü olup, hadde-bıçak değişimi için programsız olarak yapılan duruşlardır.             |
| Toplam Hadde Bıçak Değişimi     | G=ΣG     | Haddehane üretim hatlarına özgü olup, programlı ve programsız toplam hadde bıçak değişimi duruşlarıdır.            |
| Mekanik Arıza Duruşu            | I1       | Mekanik arızalardan dolayı meydana gelen duruşlardır.                                                              |
| Elektrik Arıza Duruşu           | I2       | Elektriksel arızalardan kaynaklanan duruşlardır.                                                                   |
| Elektronik Arıza Duruşu         | I3       | Elektronik arızalardan kaynaklanan duruşlardır.                                                                    |
| Operasyonel Duruş               | I4       | Hatalı operasyonel işlem sonucu meydana gelen duruşlardır.                                                         |
| Vinç Arızası Duruşu             | I5       | Vinç arızalarından kaynaklanan duruşlardır.                                                                        |
| Ünite İçi Toplam Arıza Duruşu   | I=ΣI     | Ünite içinde meydana gelen arızalardan kaynaklanan toplam duruşlardır.                                             |
| Malzeme Bekleme                 | K1       | Malzeme olmasına rağmen taşıma problemlerinden kaynaklanan duruşlardır.                                            |
| Malzeme Kusuru                  | K2       | Malzemelerdeki kusurlardan kaynaklanan gecikmelerdir.                                                              |
| Stok Sahaları                   | K3       | Stok sahalarında yer kalmamasından veya malzeme bulunamamasından dolayı meydana gelen duruşlardır.                 |
| Yardımcı İşletmeler             | K4       | Yardımcı İşletmelerden (elektrik,su,doğal gaz,kok gazı vb.) kaynaklanan duruşlardır.                               |
| Diğer                           | K5       | Yüzey kontrolü, Hadde atelyesi, Rum truck/forklift kaynaklı duruşlardır.                                           |
| Ünite Dışı Toplam Arıza Duruşu  | K=ΣK     | Ünite dışı nedenlerden dolayı meydana gelen programsız duruşlardır.                                                |
| Toplam Programsız Duruş         | L=I+K+G2 | Hattın üretimde kullanılmadığı programsız duruşların toplamıdır.                                                   |

## EK-2 (Devam) Tesislerin zamana göre verimlilik analizi ve kullanılan terimler

| <b>Parametreler</b>                  | <b>Kod</b>              | <b>AÇIKLAMALAR</b>                                                                                                           |
|--------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Genel Çalışma Oranı (%)</b>       | $N=M/A*100$             | $N=\text{Net Çalışma Saati/Takvim Saati}*100$                                                                                |
| <b>Brüt İşletme Oranı (%)</b>        | $P=F/A*100$             | $P=\text{İşletme Saati/Takvim Saati}*100$                                                                                    |
| <b>Net Çalışma Oranı (%)</b>         | $R=M/F*100$             | $R=\text{Net Çalışma Saati/İşletme Saat}$                                                                                    |
| <b>Programsız duruş oranı (%)</b>    | $S=L/F*100$             | $S=\text{Toplam Programsız Duruş/İşletme Saati}$                                                                             |
| <b>Bakım Etkinliği (%)</b>           | $T=[1-((E+G+I)/D)]*100$ | $T=[1-((\text{Programlı Bakım}+\text{Hadde Bıçak Değişimi}+\text{Ünite İçi Toplam Arıza}) / \text{Kullanılabilir Saat})*100$ |
| <b>Dış Gecikme Oranı (%)</b>         | $Z=B/A*100$             | $Z=\text{İşletme Dışı Duruş Saati /Takvim Saati}*100$                                                                        |
| <b>Hadde Bıçak Değişim Oranı (%)</b> | $U=G/F*100$             | $U=\text{Toplam Hadde Bıçak Değişimi /İşletme Saati}*100$                                                                    |

EK-3 6 büyük kaybın genel ekipman etkinliği ve rekabet faktörleri üzerindeki etkisi [44]



## EK-4 Genel verimlilik parametrelerinin takip edildiği bir bilgi sisteminden çeşitli ekran görüntüleri

Verimlilik değerlerinin yıllık görünümü

2005/2005 YARILI ANALİZ TABLOSU

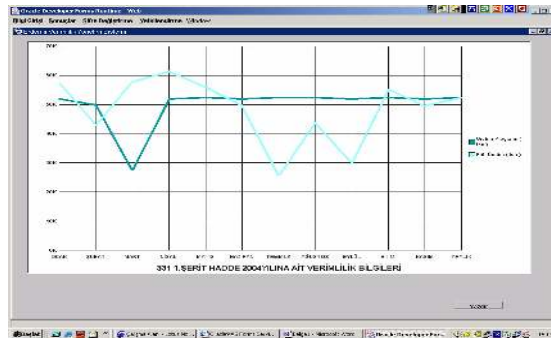
| Proje Adı    | 1. SİYET YILI |       | 2. SİYET YILI |       | 3. SİYET YILI |       | 4. SİYET YILI |       |
|--------------|---------------|-------|---------------|-------|---------------|-------|---------------|-------|
|              | VERİM         | DEĞER | VERİM         | DEĞER | VERİM         | DEĞER | VERİM         | DEĞER |
| Proje Adı 1  | 100           | 100   | 100           | 100   | 100           | 100   | 100           | 100   |
| Proje Adı 2  | 95            | 95    | 95            | 95    | 95            | 95    | 95            | 95    |
| Proje Adı 3  | 90            | 90    | 90            | 90    | 90            | 90    | 90            | 90    |
| Proje Adı 4  | 85            | 85    | 85            | 85    | 85            | 85    | 85            | 85    |
| Proje Adı 5  | 80            | 80    | 80            | 80    | 80            | 80    | 80            | 80    |
| Proje Adı 6  | 75            | 75    | 75            | 75    | 75            | 75    | 75            | 75    |
| Proje Adı 7  | 70            | 70    | 70            | 70    | 70            | 70    | 70            | 70    |
| Proje Adı 8  | 65            | 65    | 65            | 65    | 65            | 65    | 65            | 65    |
| Proje Adı 9  | 60            | 60    | 60            | 60    | 60            | 60    | 60            | 60    |
| Proje Adı 10 | 55            | 55    | 55            | 55    | 55            | 55    | 55            | 55    |
| Proje Adı 11 | 50            | 50    | 50            | 50    | 50            | 50    | 50            | 50    |
| Proje Adı 12 | 45            | 45    | 45            | 45    | 45            | 45    | 45            | 45    |
| Proje Adı 13 | 40            | 40    | 40            | 40    | 40            | 40    | 40            | 40    |
| Proje Adı 14 | 35            | 35    | 35            | 35    | 35            | 35    | 35            | 35    |
| Proje Adı 15 | 30            | 30    | 30            | 30    | 30            | 30    | 30            | 30    |
| Proje Adı 16 | 25            | 25    | 25            | 25    | 25            | 25    | 25            | 25    |
| Proje Adı 17 | 20            | 20    | 20            | 20    | 20            | 20    | 20            | 20    |
| Proje Adı 18 | 15            | 15    | 15            | 15    | 15            | 15    | 15            | 15    |
| Proje Adı 19 | 10            | 10    | 10            | 10    | 10            | 10    | 10            | 10    |
| Proje Adı 20 | 5             | 5     | 5             | 5     | 5             | 5     | 5             | 5     |

Günlük, aylık, yıllık verimlilik değerlerinin yan yana görünümü

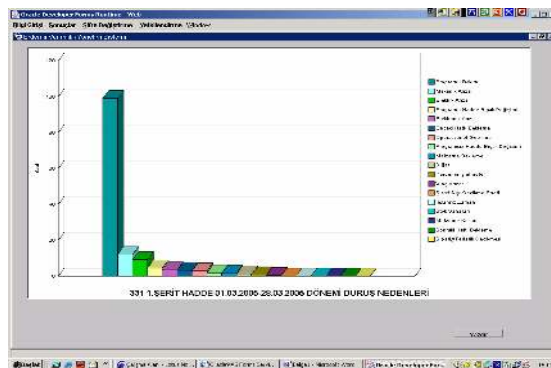
HADDENELER VERİMLİLİK HATIRATI YILLIK VERİMLİLİK DEĞERLERİ

| Proje Adı    | 1. SİYET YILI |       | 2. SİYET YILI |       | 3. SİYET YILI |       | 4. SİYET YILI |       |
|--------------|---------------|-------|---------------|-------|---------------|-------|---------------|-------|
|              | VERİM         | DEĞER | VERİM         | DEĞER | VERİM         | DEĞER | VERİM         | DEĞER |
| Proje Adı 1  | 100           | 100   | 100           | 100   | 100           | 100   | 100           | 100   |
| Proje Adı 2  | 95            | 95    | 95            | 95    | 95            | 95    | 95            | 95    |
| Proje Adı 3  | 90            | 90    | 90            | 90    | 90            | 90    | 90            | 90    |
| Proje Adı 4  | 85            | 85    | 85            | 85    | 85            | 85    | 85            | 85    |
| Proje Adı 5  | 80            | 80    | 80            | 80    | 80            | 80    | 80            | 80    |
| Proje Adı 6  | 75            | 75    | 75            | 75    | 75            | 75    | 75            | 75    |
| Proje Adı 7  | 70            | 70    | 70            | 70    | 70            | 70    | 70            | 70    |
| Proje Adı 8  | 65            | 65    | 65            | 65    | 65            | 65    | 65            | 65    |
| Proje Adı 9  | 60            | 60    | 60            | 60    | 60            | 60    | 60            | 60    |
| Proje Adı 10 | 55            | 55    | 55            | 55    | 55            | 55    | 55            | 55    |
| Proje Adı 11 | 50            | 50    | 50            | 50    | 50            | 50    | 50            | 50    |
| Proje Adı 12 | 45            | 45    | 45            | 45    | 45            | 45    | 45            | 45    |
| Proje Adı 13 | 40            | 40    | 40            | 40    | 40            | 40    | 40            | 40    |
| Proje Adı 14 | 35            | 35    | 35            | 35    | 35            | 35    | 35            | 35    |
| Proje Adı 15 | 30            | 30    | 30            | 30    | 30            | 30    | 30            | 30    |
| Proje Adı 16 | 25            | 25    | 25            | 25    | 25            | 25    | 25            | 25    |
| Proje Adı 17 | 20            | 20    | 20            | 20    | 20            | 20    | 20            | 20    |
| Proje Adı 18 | 15            | 15    | 15            | 15    | 15            | 15    | 15            | 15    |
| Proje Adı 19 | 10            | 10    | 10            | 10    | 10            | 10    | 10            | 10    |
| Proje Adı 20 | 5             | 5     | 5             | 5     | 5             | 5     | 5             | 5     |

Seçilen 2 parametrenin çizgi şeklinde karşılaştırmalı grafik gösterimi



Duruş nedenlerinin büyükten küçüğe (pareto analizi) sütun olarak sıralanması



EK-5 Bir demir-çelik işletmesinde işgücü verimliliğini takip etmek amacıyla kullanılan bilgi sistemine ait bir ekran görünümü

**ORGANİZASYONA GÖRE (NORMAL+BAYRAM) AYLIK FAZLA MESAİ RAPORU (Saat)**

YIL : 2006 ? Sorgu

( 2006 YILI)

590000 ↓

**ÇIKIŞ**

**BUL KRİTERİ :** BUL

**FM Sorgu**

**FM Nedeni**

↓

**FM Analiz**

↓

**FM Yansıma**

↓

**Sorgu Tipi**

☐ Organizasyon
 ☐ Ünvan
 ☐ PersHo
 ☐ PersTip

FİLTRE

**Detay**

**Grafik**

1

2

3

4

5

6

7

8

**KAYIT SAYISI**

**ÜNİTE, ÜNVAN veya PERSONEL**

|                          |                               | FAZLA MESAİ (Saat) |        |       |      |      |      |       |       |      |       |       |       |       |       |
|--------------------------|-------------------------------|--------------------|--------|-------|------|------|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                          |                               | Toplam             | OCA    | ŞUB   | MAR  | İİS  | MAY  | HAZ   | TEM   | AĞUS | EYL   | EKM   | KAS   | ARA   |       |
|                          |                               | ΔV                 | ΔV     | ΔV    | ΔV   | ΔV   | ΔV   | ΔV    | ΔV    | ΔV   | ΔV    | ΔV    | ΔV    | ΔV    |       |
| <input type="checkbox"/> | + Ateleye Elektrikçisi        | 2                  | 202,0  | 50,0  | ,0   | 7,5  | 14,5 | 14,5  | 10,5  | 1,0  | 29,5  | ,0    | 41,5  | 15,5  | 17,5  |
| <input type="checkbox"/> | + Ağır Ekipman Tamircisi      | 1                  | 15,5   | ,0    | ,0   | ,0   | ,0   | ,0    | ,0    | ,0   | ,0    | 6,0   | 2,0   | 7,5   |       |
| <input type="checkbox"/> | + Demiryolu Bakım İşçisi      | 2                  | ,0     | ,0    | ,0   | ,0   | ,0   | ,0    | ,0    | ,0   | ,0    | ,0    | ,0    | ,0    |       |
| <input type="checkbox"/> | + Kontrol Odası Operatörü     | 1                  | ,0     | ,0    | ,0   | ,0   | ,0   | ,0    | ,0    | ,0   | ,0    | ,0    | ,0    | ,0    |       |
| <input type="checkbox"/> | + Lokomotif Tamircisi         | 9                  | 914,0  | 157,0 | 20,5 | ,0   | 15,0 | 45,0  | 42,0  | 34,0 | 79,5  | 3,0   | 193,5 | 10,0  | 314,5 |
| <input type="checkbox"/> | + Marangoz                    | 1                  | ,0     | ,0    | ,0   | ,0   | ,0   | ,0    | ,0    | ,0   | ,0    | ,0    | ,0    | ,0    |       |
| <input type="checkbox"/> | + Manevracı                   | 1                  | 7,5    | 7,5   | ,0   | ,0   | ,0   | ,0    | ,0    | ,0   | ,0    | ,0    | ,0    | ,0    |       |
| <input type="checkbox"/> | + Malzemeci-Takimci           | 1                  | 7,5    | ,0    | ,0   | ,0   | ,0   | ,0    | ,0    | ,0   | ,0    | ,0    | ,0    | 7,5   |       |
| <input type="checkbox"/> | + Saha Destek İşçisi          | 1                  | 7,5    | ,0    | ,0   | ,0   | ,0   | ,0    | ,0    | ,0   | ,0    | ,0    | ,0    | 7,5   |       |
| <input type="checkbox"/> | + Vagon Tamircisi             | 18                 | 796,5  | 206,5 | ,0   | 13,5 | ,0   | 67,5  | 103,5 | 30,0 | 56,0  | ,0    | 155,0 | 74,0  | 90,5  |
| <input type="checkbox"/> | + Vardiya Formeni             | 2                  | 244,5  | 39,5  | 2,5  | 4,5  | ,0   | 15,0  | 32,5  | 16,0 | 15,0  | 4,0   | 38,5  | 53,0  | 24,0  |
| <input type="checkbox"/> | + Demiryolu Bakım             | 50                 | 3469,0 | 887,0 | 8,5  | ,0   | 70,5 | 285,0 | 42,5  | 75,5 | 235,0 | 128,0 | 784,5 | 545,0 | 407,5 |
| <input type="checkbox"/> | + Aday İşçi                   | 8                  | 251,0  | 113,0 | ,0   | ,0   | 1,0  | 30,0  | 7,5   | ,0   | 14,5  | ,0    | 65,5  | 19,5  | ,0    |
| <input type="checkbox"/> | + Buraj Makinası Operatörü    | 2                  | 232,0  | 58,5  | ,0   | ,0   | ,0   | 15,0  | 2,0   | 22,5 | 29,5  | 1,5   | 38,5  | 42,5  | 22,0  |
| <input type="checkbox"/> | + Demiryolu Bakım Postabâşısı | 4                  | 337,0  | 88,5  | ,0   | ,0   | 8,5  | 30,0  | 3,5   | 4,0  | 30,5  | 18,0  | 53,5  | 74,5  | 26,0  |
| <input type="checkbox"/> | + Demiryolu Bakım İşçisi      | 28                 | 1150,0 | 272,0 | 7,5  | ,0   | 5,0  | 60,0  | 3,5   | 16,0 | 51,0  | 29,0  | 288,5 | 261,5 | 156,0 |
| <input type="checkbox"/> | + Demirci Kaynakçı            | 3                  | 146,5  | 36,0  | ,0   | ,0   | 1,0  | 15,0  | ,0    | ,0   | ,0    | 1,5   | 37,0  | 37,5  | 18,5  |
| <input type="checkbox"/> | + Manevracı                   | 1                  | 7,5    | 7,5   | ,0   | ,0   | ,0   | ,0    | ,0    | ,0   | ,0    | ,0    | ,0    | ,0    | ,0    |

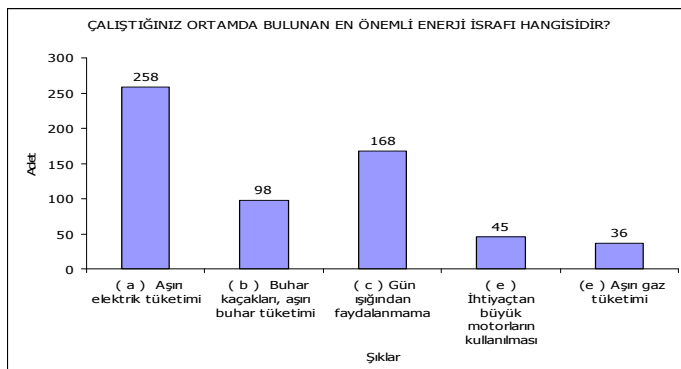
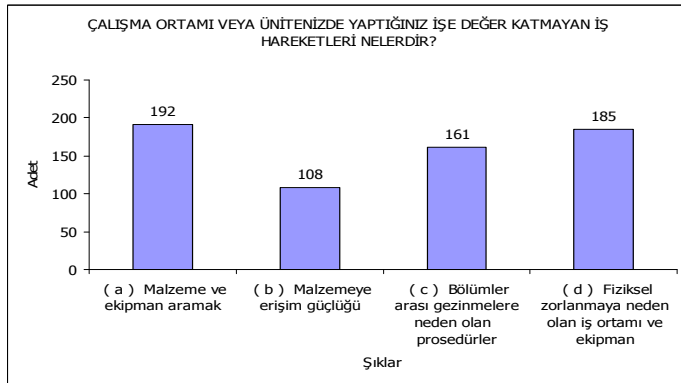
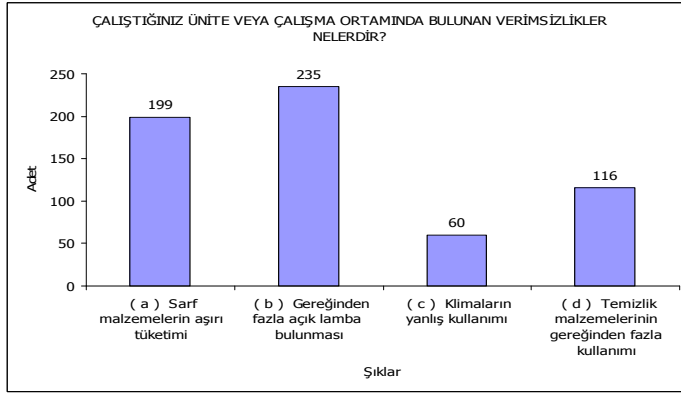
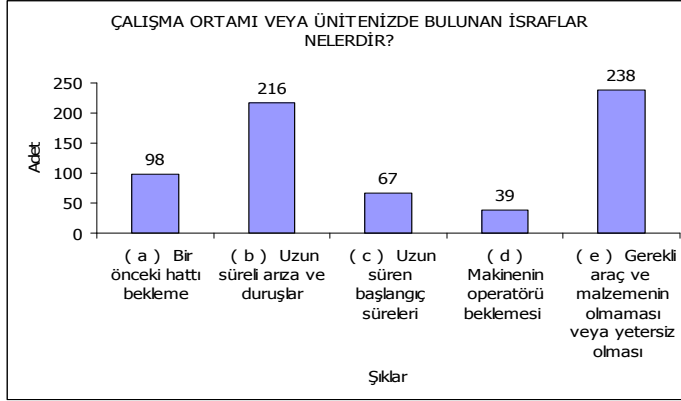
**Kayıt Sayı :** 86

**Toplam Personel :** 562

**Sütun Tipi :**

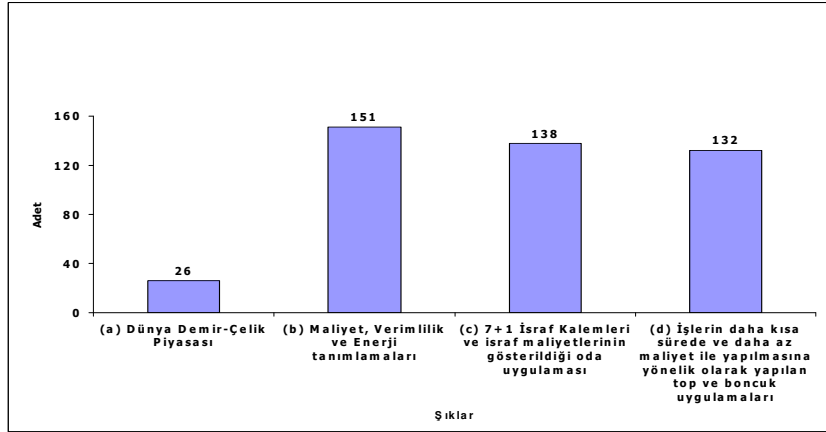
☐ Tümü

### EK-6 Çalışanlara “Ünitede Karşılaşılan Durumlar Anketi”nde sorulan sorular ve alınan cevapların istatistikleri

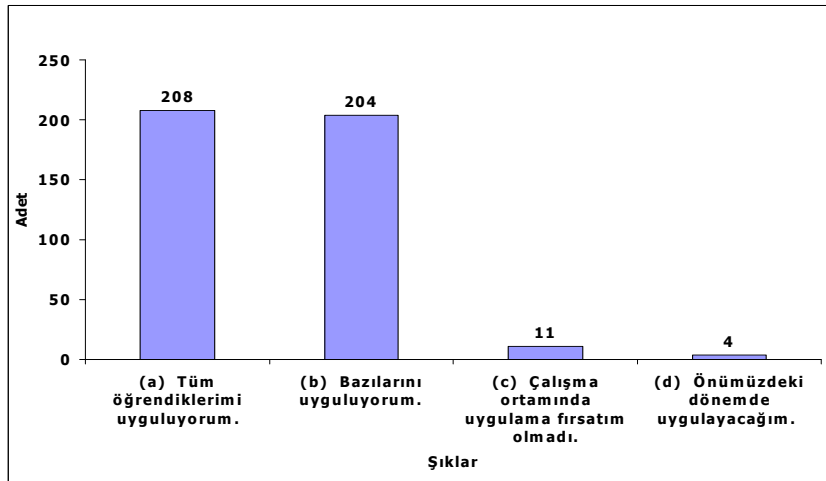


### EK-7 “Maliyet ve Verimlilik Eğitimi Sonrası Değerlendirme Anketi”nde sorulan sorular ve alınan cevapların istatistikleri

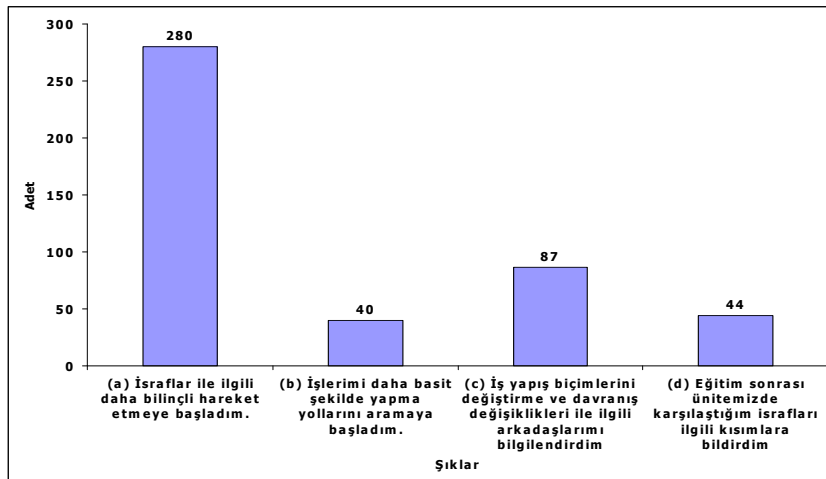
Eğitimde ele alınan aşağıdaki konulardan işiniz ya da işyerinizde en fazla hangisi etkili olmuştur?



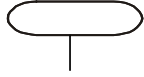
Eğitimde öğrendiklerinizi çalışma ortamında uygulayabiliyor musunuz?



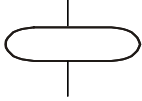
Eğitim sonrası çalışma ortamında yapılan israflar ile ilgili kendinizde ne tür bir değişiklik oldu?



EK-8 İş akış şeması gösteriminde kullanılan çeşitli kavram ve semboller.



**İş Kaynağı** : Bir iş akışını başlatan "itki"dir. İş kaynağının adı sembolün içine yazılır.

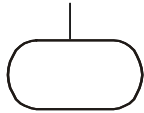


**Yansıtıcılar** : İncelemenin yapıldığı zaman yakından gözlenmesine gerek duyulmayan ya da belirli nedenlerden dolayı tam olarak saptanamayan iş sistemleridir. Yansıtıcının adı sembolün içine yazılır.

**İş düşüşü** : Bir iş akışının sonunun tanımlamak için kullanılır.



Bir iş akışı araştırma alanının içinde bitiyorsa, yandaki sembol ile gösterilir.



Bir iş akışı araştırma alanının dışında devam ediyorsa, devam eden iş sistemi yandaki sembol ile gösterilir. İş sisteminin adı da sembolün içine yazılır.



**Akış şemasının kesintiye uğraması** : araştırılan akış bir noktadan itibaren artık takip edilmeyecekse, gösterim bu durumu ifade eden sembol ile kesilir. Bu akışın sona ermediğini gösterir.

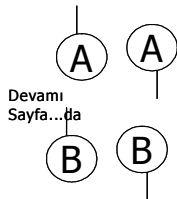


**Akışa ara verilmesi** : Bir akışa ara verildiği yandaki sembolle gösterilir. Örn. 3 gün gibi bir süre olarak da gösterilebilir.



Girdi ve çıktı sembolleri izleme yapısında kare ile gösterilir.

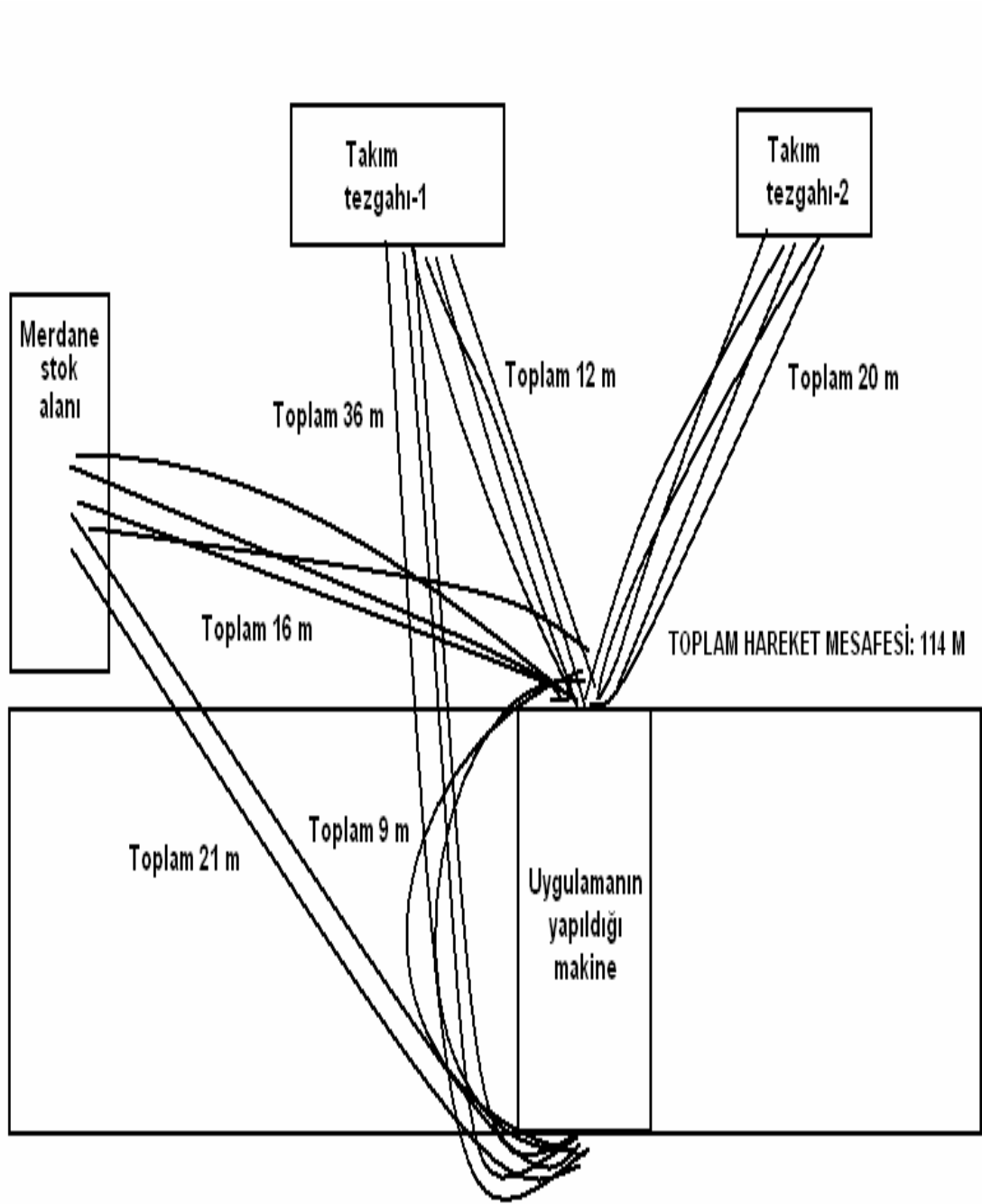
**Bağlantı sembolleri (Konektörler)** : Gösterim örneğin yer yetmediği için, sayfanın başka bir yerinde ya da başka bir sayfada devam edecekse kullanılırlar.



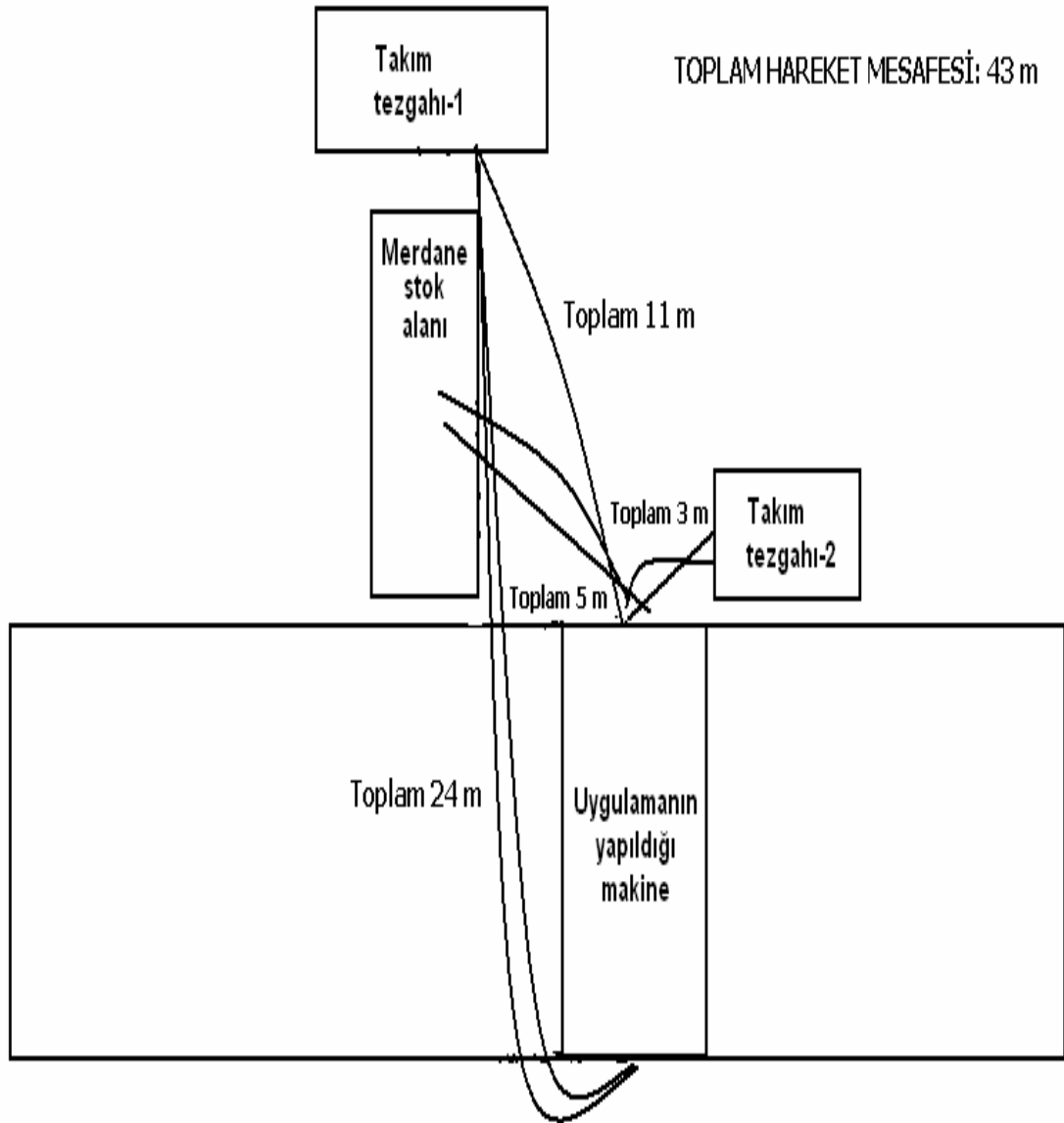
Aynı sayfadaki gösterimin devamı.

Başka bir sayfadaki gösterimin devamı.

EK-9. Merdane değişimi işleminin ilk haline ait spagetti diyagramı



EK-10. Mordane değişimi işleminin iyileştirilmiş haline ait spagetti diyagramı



## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : KÖKSAL, Fatih Reşad  
 Uyuğu : T.C.  
 Doğum tarihi ve yeri : 30.05.1980 İstanbul  
 Medeni hali : Bekar  
 Telefon : 0 (372) 323 43 22  
 Faks : 0 (372) 323 24 97  
 e-mail : [fthkxl@yahoo.com](mailto:fthkxl@yahoo.com)

### Eğitim

| Derece | Eğitim Birimi                              | Mezuniyet tarihi |
|--------|--------------------------------------------|------------------|
| Lisans | Bilkent Üniv./Endüstri Mühendisliği Bölümü | 2004             |
| Lise   | TED Ankara Koleji                          | 1997             |

### İş Deneyimi

| Yıl      | Yer     | Görev                     |
|----------|---------|---------------------------|
| 2004-... | Erdemir | Maliyet Yönetim Mühendisi |

### Yabancı Dil

İngilizce

### Yayınlar

1. Köksal, F. R., Gündüz, İ., Türk, C., İnali, Ç., “Erdemir’de maliyet optimizasyonu”, *V. Endüstri-İşletme Mühendisliği Kurultayı*, Zonguldak, (2005)
2. Köksal, F. R., Çayır, E., Türk, C., Hakkıoğlu, M., “Bilgisayar Destekli İşgücü Verimlilik Yönetim Sistemi”, *V. Endüstri-İşletme Mühendisliği Kurultayı*, Zonguldak (2005)
3. Köksal, F. R., İnali, Ç., Hakkıoğlu, M., Bayraktar, S., “Erdemir’de Maliyet ve Verimlilik Eğitim Modülü hazırlanması ve uygulanması”, *VI. Endüstri-İşletme Mühendisliği Kurultayı*, Bursa (2007)